
UNIVERZITET U BEOGRADU

MAŠINSKI FAKULTET

Tamara Golubović

**INTEGRACIJA LJUDSKIH I
ORGANIZACIONIH FAKTORA U MODEL
PROCENE RIZIKA I INTEGRITETA
OPREME POD PRITISKOM**

Doktorska Disertacija

U Beogradu, 2018.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

Tamara Golubović

**INTEGRATION OF HUMAN AND
ORGANIZATIONAL FACTORS IN THE
RISK AND INTEGRITY ASSESSMENT
MODEL FOR PRESSURE EQUIPMENT**

Doctoral Dissertation

In Belgrade, 2018.

Mentor doktorske disertacije

Dr Vesna Spasojević Brkić, redovni profesor,
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Članovi komisije doktorske disertacije:

Dr Uglješa Bugarić, redovni profesor,
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Zorica Veljković, vanredni profesor,
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Aleksandar Petrović, redovni profesor,
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Marko Rakin, redovni profesor,
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Datum odbrane:

ZAHVALNOST

Pre svega želim najiskrenije da se zahvalim mojoj mentorki prof. dr Vesni Spasojević Brkić, na neizmernom strpljenju i podršci tokom svih ovih godina, i pomoći kad god je to bilo potrebno. Zatim želim da se zahvalim i svim članovima komisije na nizu korisnih sugestija koje su omogućile da ovaj rad bude kvalitetniji. Takođe, svom ocu, prof. dr Aleksandru Sedmaku, dugujem zahvalnost za duge razgovore u kojima se iskristalisala osnovna ideja ove teze. Moja je velika zahvalnost mom kumu, Bogdanu Gnjatoviću, koji je svojim znanjem iz prakse, kao jedan od najvećih stručnjaka za opremu pod pritikom u Srbiji, znatno doprineo dubini mog razumevanja ove teme. Kako je prikupljanje odgovora na upitnik koji je formiran u okviru ovog doktorata bio veliki izazov, zahvalna sam i dekanu Mašinskog fakulteta, prof. dr Radivoju Mitroviću, koji je podržao prikupljanje ovih odgovora iz različitih fabrika u Srbiji, kao i velikom broju ljudi koji su nesebično pomogli u prikupljanju što većeg broja tih odgovora. Bez njihove pomoći ova teza ne bi bila moguća. Velika zahvalnost i ljubav ide i mojoj sestri Tei Sedmak i bratu Simonu Sedmaku, koji su kad god je to bilo potrebno pomogli oko nekih tehničkih stvari za vreme stvaranja ove disertacije.

Svoju doktorsku tezu posvećujem svom dedi, prof. dr Stojanu Sedmaku. On nažalost nije bio živ tokom procesa stvaranja ove teze, ali je godinama pre toga bio podrška, a pre svega motivacija da se posvetim doktoratu i nauci, neumorno pričajući o svojim životnim iskustvima u ovoj oblasti i ističući značaj i ulogu toga u odnosu na druge aspekata života. Te razgovore i njega, kao čoveka i kao naučnika, nikad neću zaboraviti.

Autor

INTEGRACIJA LJUDSKIH I ORGANIZACIONIH FAKTORA U MODEL PROCENE RIZIKA I INTEGRITETA OPREME POD PRITISKOM

SAŽETAK

Predmet doktorske disertacije je razvoj originalne metodologije za procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom, bazirane na mehanici loma i uticaju ljudskih i organizacionih faktora. Novopredložena metodologija zasnovana na sistematizaciji postojećih znanja iz oblasti procesne bezbednosti, inoviranja i integracije postojećih alata i modela za procenu rizika, kao i unapređenja oblasti mehanike loma i rada sa opremom pod pritiskom generalno, rešava glavne nedostatke u predmetnim oblastima, uz odlike jednostavnosti i prilagođavanja primeni u praksi, kao i problem nedostatka sistematičnog i praktičnog pristupa oceni uticaja ljudskih i organizacionih faktora na rizik.

Polazna osnova za razvoj metodologije procene rizika u radu sa opremom pod pritiskom za svoj krajnji cilj treba da obezbedi finansijski i vremenski relativno jednostavan alat koji mogu primeniti kako veliki industrijski sistemi, tako i mala i srednja preduzeća koja rade sa visokorizičnom opremom pod pritiskom, a koji će biti baziran na kvantitativnom pristupu, kako bi bio dovoljno precizan da rezultati mogu da se porede kako u okviru jednog preduzeća tako i među različitim preduzećima. Takođe, cilj je da se metodologija ne ograniči samo na jednu oblast industrije, već da može biti primenjena bilo gde, gde je procesna bezbednost važan deo poslovanja.

Razvijena metodologija obuhvatila je definisanje originalne formule za proračun verovatnoće odigravanja otkaza opreme pod pritiskom, koja se sastoji iz dve verovatnoće. Jedna je verovatnoća definisana preko mehanike loma, kroz originalno tumačenje položaja tačke na dijagramu analize loma (jednom od postojećih alata koji se koriste u mehanici loma), kao kombinacija verovatnoće da će doći do krto g loma i verovatnoće da će doći do plastičnog loma. Druga verovatnoća je definisana preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora, tako što je u okviru

glavne metodologije disertacije razvijena još jedna metodologija za dobijanje originalnog mernog instrumenta, za ispitivanje uticaja ovih faktora, u formi upitnika, validiranog eksperimentalnim istraživanjem na uzorku 268 operatera i 253 menadžera u nekoliko desetina kompanija iz Srbije koje pripadaju različitim oblastima poslovanja, ali sve koriste opremu pod pritiskom. Rezultati mernog instrumenta su statistički obrađeni primenom eksplorativne i konfirmatorne faktorske analize, kao i analize pouzdanosti, nakon čega su dobijeni novi modeli koji kvantitativno opisuju uticaje ljudskih i organizacionih faktora i pomoću kojih se može precizno izračunati ova komponenta verovatnoće. Dalje, metodologija je obuhvatila predlog pojednostavljenog načina za određivanje posledica otkaza opreme pod pritiskom, kroz interpretaciju postojeće kategorizacije ove opreme prema standardu (na 4 osnovne kategorije plus jednu nultu kategoriju), kao 5 kategorija ozbiljnosti posledica. Na kraju je dat predlog izgleda matrice rizika, sa definisanim kategorijama rizika, a na osnovu prethodno definisanih raspona verovatnoća i posledica.

Kako bi se verifikovala integracija ljudskih i organizacionih faktora u model procene rizika i integriteta opreme pod pritiskom, sprovedena je studija slučaja u Srbiji, u hidroelektrani Bajina Bašta, u kojoj su jednostavnost i preciznost originalne metodologije potvrđeni.

Rezultati istraživanja, kao i njihova generalizacija, potvrđeni su dokazom osnovnih istraživačkih hipoteza, kako na velikom uzorku, tako i kroz studiju slučaja, koje se odnose na to da uticaj ljudskih i organizacionih faktora nije u dovoljnoj meri niti na dovoljno tačan i precizan način uzet u obzir u postojećim modelima procene rizika, kao i na to da integritet konstrukcija može doprineti preciznijoj proceni rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom. Dobijeni rezultati pružaju jasan uvid u rizike u radu sa opremom pod pritiskom i značaj kontrolisanja, procene i mitigacije tih rizika, a takođe pokazuju i da se kroz sistemski pristup kvantitativnoj oceni rizika u radu sa opremom pod pritiskom u bilo kom preduzeću koje radi sa ovakvom opremom, bez obzira na veličinu ili oblast poslovanja datog preduzeća, na jednostavan a precizan način, na osnovama novopredložene metodologije, mogu

ponuditi vredni zaključci značajni za naučnu javnost, ali i širu društvenu zajednicu, kroz unapređenje procesne bezbednosti.

Ključne reči: uticaj ljudskih i organizacionih faktora, procesni rizik, integritet opreme pod pritiskom, mehanika loma, metodologija procene rizika

Naučna oblast: Mašinstvo

Uža naučna oblast: Industrijsko inženjerstvo

UDK: 65.011.3 : 331.101.262(043.3)

65.011.3 : 331.103(043.3)

65.011.3 : [62-988 : 620.17(043.3)

ACKNOWLEDGMENT

First of all, I would like to thank my mentor, prof. dr Vesna Spasojević Brkić, on her immeasurable patience and support during these years, as well as the aid she provided whenever asked. Then, I would like to thank all of the members of the commission on all of their suggestions, which made this dissertation to be of much higher quality. I would also like to thank my father, prof. dr Aleksandar Sedmak, for our lengthy conversations which helped me in clearly defining the fundamental ideas behind this dissertation. I am grateful to my godfather, Bogdan Gnjatović, whose vast practical knowledge, making him one of the leading pressure equipment experts in Serbia, significantly contributed to the depth of my understanding of the subject of my dissertation. Since gathering of answers for the questionnaire which was developed as a part of this doctoral thesis represented a considerable challenge, I would like to thank the Dean of Faculty of Mechanical Engineering, prof. dr Radivoje Mitrović, for his support in gathering these answers from various factories in Serbia, along with the help of many others. Without their help, it would have been impossible to finish this dissertation. Finally, I would like to express my gratitude and love to my sister, Tea Sedmak and my brother, Simon Sedmak, who helped me with certain technical aspects of my dissertation whenever it was necessary.

I dedicate my doctoral dissertation to my grandfather, prof. dr Stojan Sedmak. Sadly, he did not live to see the development of dissertation, but provided immense support in the years before it, especially when it came to motivating me to devote myself to the doctoral dissertation and science, through his tireless stories about his experience in this field, wherein he pointed out the significance and role of this experience on other aspects of life, as well. I will never forget these conversation, as well as my grandfather, both as a person and a scientist.

Author

INTEGRATION OF HUMAN AND ORGANIZATIONAL FACTORS IN THE RISK AND INTEGRITY ASSESSMENT MODEL FOR PRESSURE EQUIPMENT

ABSTRACT

The goal of this doctoral dissertation is establishing of an the original methodology for risk assessment of the pressure equipment, based on fracture mechanics, and influence of human and organisational factors. The methodology was based on systemisation of existing knowledge in the fields of process safety, inovation of existing tools and models for risk assessment, improvement of general pressure equipment exploitation and fracture mechanics, and solving the main disadvantages present in these areas, their simplification and adapting to practical application, with an emphasis on solving the issues related to a lack of a systematic and practical approach to determine influence of the human and organisational factors.

The ultimate goal of developing a methodology for risk assessment should lie in providing a relatively simple tool, from financial and time related points of view, which can be applied to a large industrial systems and small and medium enterprises alike, involving high risk pressure equipment exploitation.

This methodology will be based on a quantitative approach, while providing results accurate enough to be comparable within a company, or between different companies. An additional goal was to not limit the model to a single industrial branch, but to make it applicable to any situation which involves process safety.

Developed methodology included defining of the original equation for the probability assessment of pressure equipment failure, based on two different probabilities. One being fracture mechanics probability, defined through original consideration of the point position in the failure assessment diagram (one of the well known tools used in fracture mechanics), as a combination of the probability of fracture and the probability of plastic collapse. Second probability is defined

through influence of the human and organizational factors, for which new methodology (within the main developed methodology) was developed. The result was original measurement instrument, in the questionnaire form, which can be used to determine influence of the human and organizational factors. The questionnaire was validated through experimental research on the sample of 268 operators and 253 managers, from few dozen companies in Serbia, which operate in different fields but all utilize pressure equipment. Obtained answers were put through statistical analysis, namely explorative and confirmatory factor analysis, which resulted in new models that quantitatively describe influence of the human and organizational factors, giving the way to precisely calculate probability defined through these factors. Further more, the developed methodology included suggestion of simplified manner to asses consequences of pressure equipment failure, based on existing standard categorization of pressure equipment in four different categories plus one pre-category. At the end, the risk matrix was suggested, with defined risk categories, based on earlier defined ranges for probabilities and consequences.

In order to verify integration of human and organizational factors in the risk and integrity assessment model for pressure equipment, a case study was conducted in the reversible hydro-power plant Bajina Bašta. This case study confirmed the simplicity and the accuracy of the methodology.

Research results, as well as their generalization, were confirmed by proving of basic research hypotheses, through large sample as well as through case study, which were related to the fact that the influence of the human and organizational factors is not taken into account in a sufficiently accurate and detailed manner, when it comes to risk assessment models, along with the fact that structural integrity can contribute to a more accurate risk assessment of pressure equipment exploitation. Obtained results provided a clear insight into risks related to pressure equipment exploitation, as well as the significance of controlling of these risks. It was concluded that newly suggested methodology can provide a systematic approach to the quantitative risk assessment, involving pressure equipment exploitation, in any and all companies working with such equipment, regardless of its size or the scope of its

business, in a simple, yet accurate way, which will give a valuable conclusion to the scientific community, as well as the public, through improved process safety.

Keywords: influence of human and organisational factors, process risk, pressure equipment integrity, fracture mechanics, methodology for risk assessment

Scientific field: Mechanical engineering

Scientific subfield: Industrial engineering

UDK: 65.011.3 : 331.101.262(043.3)

65.011.3 : 331.103(043.3)

65.011.3 : [62-988 : 620.17(043.3)

SADRŽAJ

1 UVODNA RAZMATRANJA	1
1.1 Oblast i motivi za izbor teme doktorske disertacije	1
1.2 Uvodna razmatranja o menadžmentu rizikom	4
1.3 Uvodna razmatranja o integritetu konstrukcija i mehanici loma	10
2 PRETHODNA ISTRAŽIVANJA.....	21
2.1 Analiza velikih industrijskih nesreća sa ozbiljnim posledicama	21
2.1.1. Esso fabrika gasova iz Longfordu.....	21
2.1.2. Eksplozija u BP rafineriji u Teksasu.....	24
2.1.3. Nesreće sa amonijum nitratom.....	26
2.1.4. Naftna platforma Piper Alfa	28
2.1.5. Nesreća u fabrici gasova Pemex.....	29
2.1.6. Toskon rafinerija u Martinezu, Kalifornija.....	31
2.1.7. Izlivanje nafte "Deepwater Horizon"	33
2.1.8. Otkazi vezani za opremu koja je projektovana i proizvedena prema standardima koji nisu više u generalnoj upotrebi.....	34
2.1.9. Analiza trenutne situacije industrijskih nesreća sa ozbiljnim posledicama	36
2.2 Uloga ljudskih i organizacionih faktora u industrijskim nesrećama sa ozbiljnim posledicama	38
2.3 Razlika između procesne i lične bezbednosti	42

2.4 Uloga opreme pod pritiskom u industrijskim nesrećama sa ozbiljnim posledicama.....	44
2.5 Ljudski i organizacioni faktori u postojećim modelima i alatima rizika	48
2.5.1. Upitnici za ocenu klime bezbednosti.....	48
2.5.2. Tehnike za ocenu neposredne ljudske greške	50
2.5.3. Standard API 581.....	51
2.5.4. Evropske direktive.....	55
2.5.5. Alat za ocenu ljudskih faktora u upravljanju nesrećama sa ozbiljnim posledicama.....	57
2.5.6. Smernice za viši menadžment u visokorizičnoj industriji	58
2.6 Integritet konstrukcija u postojećim modelima i alatima rizika	59
2.7 Zaključak prethodnih istraživanja	64
3 PREDMET I NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA.....	68
3.1 Predmet istraživanja	68
3.2 Naučni cilj istraživanja	69
3.3 Metod istraživanja	70
3.4 Plan istraživanja doktorske disertacije	71
3.5 Postavka osnovnih i izvedenih hipoteza.....	72
3.6 Očekivani naučni doprinos istraživanja	74
4 RAZVOJ METODOLOGIJE PROCENE RIZIKA U RADU SA OPREMOM POD PRITISKOM BAZIRANE NA MEHANICI LOMA I UTICAJU LJUDSKIH I ORGANIZACIONIH FAKTORA.....	76
4.1 Procena verovatnoće odigravanja neželjenog događaja.....	79

4.1.1. Verovatnoća definisana preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora	79
4.1.1.1. Definisanje preliminarnog mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora	80
4.1.1.2. Karakteristike i veličina uzorka	101
4.1.1.3. Statističke procedure obrade prikupljenih podataka putem upitnika	103
4.1.1.4. Rezultati statističke procedure obrade prikupljenih podataka	112
4.1.1.5. Definisanje konačnog mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora	130
4.1.1.6. Poređenje odgovora na konačne upitnike za organizacione i ljudske faktore putem t-testa	139
4.1.1.7. Zaključak postavke mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora	142
4.1.1.8. Procena verovatnoće definisane preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora	148
4.1.2. Verovatnoća definisana preko mehanike loma	152
4.1.3. Ukupna verovatnoća odigravanja neželjenog događaja	158
4.2 Procena posledica prema kategorizaciji PED 97/23 i PED 2014/68	160
4.3 Matrica rizika, sa definisanim opsezima verovatnoća i posledica	166
5 VERIFIKACIJA METODOLOGIJE PROCENE RIZIKA U RADU SA OPREMOM POD PRITISKOM BAZIRANE NA MEHANICI LOMA I UTICAJU LJUDSKIH I ORGANIZACIONIH FAKTORA	169
5.1 Osnovni podaci o studiji slučaja	169
5.2 Verovatnoća definisana preko mehanike loma	175
5.3 Verovatnoća definisana preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora	178

5.4 Ukupna verovatnoća otkaza rezervoara u okviru reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta.....	179
5.5 Procena posledica otkaza rezervoara u okviru reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta.....	180
5.6 Procena rizika prema matrici rizika u radu sa rezervoarom u okviru reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta	181
ZAKLJUČNA RAZMATRANJA.....	185
LITERATURA	190
PRILOG 1	201
PRILOG 2.....	220

Spisak slika

Slika 1.1. Šematski prikaz koncepta upravljanja rizikom [10]

Slika 1.2. Osnovni oblici razvoja prslina i formiranja površina preloma [23]

Slika 1.3. a) Raspodela normalnog napona na ravan prsline, zavisno od rastojanja od vrha prsline; b) Raspodela napona u slučaju zategnute beskonačne ploče [24]

Slika 1.4. Modeli otvaranja prsline: a) Irvinov, [18] b) Dagdejlov (model trake popuštanja) [19]

Slika 1.5. Dagdejlov model [19]

Slika 1.6. Dijagram analize loma (FAD) [24]

Slika 2.1. Prikaz kvantitativnih, kvalitativnih i hibridnih tehnika za procenu i analizu rizika [9]

Slika 2.2. Specifični uzroci nesreća vezani za ljudske i organizacione faktore za nesreće sa ozbiljnim posledicama u petrohemijskoj industriji (14)

Slika 2.3. Prikaz procesne i lične bezbednosti na dijagramu posledica-verovatnoća događaja [1]

Slika 2.4. Računanje verovatnoće otkaza po API 581 standardu [13]

Slika 2.5. Proizvodnja, efikasnost i ušteda kao glavni cilj RCM i RBI (Md - milioni dinara) [62]

Slika 2.6. Matrica rizika [13]

Slika 4.1. Šematski prikaz razvijene metodologije za procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom, bazirane na mehanici loma i uticaju ljudskih i organizacionih faktora

Slika 4.2. Tehnike multivarijantne statističke analize [80]

Slika 4.3. Dobijeni strukturalni model za ljudske faktore

Slika 4.4. Dobijeni strukturalni model za organizacione faktore

Slika 4.5. Pareto analiza ljudskih faktora

Slika 4.6. Pareto analiza organizacionih faktora

Slika 4.7. Opšti oblik matričnih jednačina izvedenih iz CFA modela [74]

Slika 4.8. Verovatnoće prikazane na dijagramu ocene otkaza (FAD dijagram)

Slika 4.9. FAD dijagram za rezervoar za VHM, sa prslinama u OM, MŠ i ZUT-u

Slika 4.10. Klasifikacija posude u zavisnosti od pritiska i zapremine (Pravilnik PED 97/23 i PED 2014/68) [109]

Slika 5.1. Skica sa položajima 3 otkrivene greške [93, 110]

Slika 5.2. Skica preseka u kome se analizira prslina 970-64 [110]

Slika 5.3. Skica preseka u kome se analizira prslina 978-14 [110]

Slika 5.4. Skica dela omotača u kome se analiza prslina 971-57 [110]

Slika 5.5. Dijagram analize loma [110]

Slika 5.6. FAD dijagram za posudu pod pritiskom u okviru HE Bajina Bašta [93]

Slika 5.7. Matrica rizika u slučaju procene rizika u okviru reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašte

Spisak tabela

Tabela 1.1. Definicije kategorija učestalosti

Tabela 1.2. Definicije kategorija posledica

Tabela 1.3. Matrica rizika za ocenu opasnosti od teških nesreća

Tabela 2.1. Poređenje postojećih alata i modela za procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom, sa ciljevima metodologije procene rizika koja će biti predložena u ovoj disertaciji

Tabela 4.1. Formirani faktori u okviru upitnika za merenje uticaja ljudskih i organizacionih faktora

Tabela 4.2. Opis definisanih faktora i primeri pitanja iz relevantnih izvora

Tabela 4.3. Demografski podaci o ispitanicima

Tabela 4.4. Kaiser-Meyerto-Olkin (KMO) vrednosti za ljudske i organizacione faktore

Tabela 4.5. Faktorska opterećenja za ljudske faktore

Tabela 4.6. Faktorska opterećenja za organizacione faktore

Tabela 4.7. Vrednosti Cronbach-ovog α za ljudske i organizacione faktore

Tabela 4.8. Sumirane vrednosti indeksa uklapanja za dobijene modele ljudskih i organizacionih faktora

Tabela 4.9. Konačni merni instrument za ispitivanje uticaja ljudskih faktora

Tabela 4.10. Konačni merni instrument za ispitivanje uticaja organizacionih faktora

Tabela 4.11. Poređenje odgovora na konačne upitnike za organizacione i ljudske faktore

Tabela 4.12. Maksimalne vrednosti ljudskih faktora

Tabela 4.13. Maksimalne vrednosti organizacionih faktora

Tabela 4.14. Ukupna merna skala za ljudske faktore

Tabela 4.15. Ukupna merna skala za organizacione faktore

Tabela 4.16. Klasifikacija fluida u grupu 1 prema Pravilniku, PED 97/23 i PED 2014/68 [108]

Tabela 4.17. Predložena matrica rizika

Tabela 4.18. Prikaz dobijanja verovatnoća definisanih preko mehanike loma za 5 tačaka iz studije slučaja

1 UVODNA RAZMATRANJA

1.1 Oblast i motivi za izbor teme doktorske disertacije

Moje interesovanje za oblast procene rizika u radu sa opremom pod pritiskom je počelo pre mnogo godina, jer sam praktično odrasla uz priče o toj opremi. Uvek mi je bilo neverovatno da jedna mala prslina, koja se ne vidi golim okom, negde duboko u nekoj opremi, može da dovede do toga da ljudi izgube živote, da se toliko zagadi okolina da posledice traju decenijama ili da finansijski udar bude toliko jak da praktično zatvori jednu celu fabriku. Pošto što sam upisala Mašinski fakultet, izabrala sam smer Industrijsko inženjerstvo, koji nije imao direktne veze sa opremom pod pritiskom, ali se u okviru njega izučava terotehnološko upravljanje rizikom, koje velikim delom obuhvata upravljanje procesnim rizicima, gde zapravo pripadaju rizici u radu sa opremom pod pritiskom. Kada sam se zaposlila na Katedri za Industrijsko inženjerstvo, izabrana sam za asistenta baš na tom predmetu. Tada sam još bolje razumela koliko tragične mogu da budu posledice otkaza opreme, ali i shvatila da uzroci nisu uvek tehničke prirode. Ispostavilo se da je data oblast, iako dosta izučavana poslednjih decenija, daleko od zadovoljavajućeg nivoa ovladavanja, jer se nesreće i dalje dešavaju. Stoga je ovaj doktorat nastao u želji da doprinesem povećanju bezbednosti u različitim tipovima industrije gde se radi sa visoko rizičnom opremom pod pritiskom, spajajući čista tehničko-tehnološka znanja sa znanjima iz oblasti industrijskog inženjerstva, vezanim za upravljanje rizikom, obuhvatajući i uticaj ljudskih i organizacionih faktora na bezbednost.

Kada posmatramo kako ljudi danas žive, sve što nam je dostupno, i brzinu kojom napredujemo, definitivno se može reći da sve to umnogome zavisi od dostupnosti energije, goriva, hrane, odeće, lekova i svega drugog što nam je industrija donela. Ova zavisnost ljudi od industrije će samo biti sve veća, tim pre što postoji ogroman procenat nerazvijenih zemalja na planeti koje tek idu u pravcu potpune industrijalizacije [1]. Naravno sve ovo ima svoju cenu, a deo te cene su rizici koje industrijski razvoj nosi. Posebno su značajni rizici povezani sa događajima koji

imaju jako malu verovatnoću da se odigraju, međutim, kada se realizuju, imaju izrazito velike posledice, skoro neprihvatljive (te posledice obuhvataju veliki broj smrtnih slučajeva, velike gubitke imovine, ogromne finansijske gubitke, velike i dugotrajne štete po okolinu i zdravlje ljudi).

U današnje vreme bezbednost procesa i održiv uspeh u poslovanju se ne mogu više posmatrati odvojeno. U procesnoj industriji, veoma je popularna izreka "ako mislite da je bezbednost skupa...probajte realizaciju nesreće..." [2]. Neuspešno upravljanje procesnom bezbednošću nikada ne može dovesti do dobrih performansi na duže staze. Kako kaže jedan italijanski pisac "pametan čovek nađe svoj izlaz iz neprijatne situacije, u kojoj se mudar čovek nikad ne bi ni našao" [3]. Međutim, i nakon nekoliko decenija uspona petrohemijske i procesne industrije, problemi vezani za procesnu bezbednost su i dalje veoma aktualno pitanje i još uvek se može reći da je suštinska bezbednost stvar zdravog razuma, ali nije stvar uobičajene prakse. Nesreće sa ozbiljnim posledicama nikad nisu rezultat jedne nekom pripisane greške ili jednog otkaza, nego su rezultat obrasca događaja koji svoje korene imaju u tehnologiji, organizaciji i ljudskom faktoru [4]. Ključno pitanje ovde je, da li taj obrazac može da se obuhvati i/ili opiše sa jednim ili više indikatora (uticajnih faktora), na adekvatan način i na vreme da se nesreća spreči.

Neverovatno je kako je lako pomisliti, dok se čitaju izveštaji o velikim industrijskim nesrećama koje su se odigrale pre 20, 30 godina [5], i analizira strukturiran prikaz svih uzroka, koji su sinergijski doveli do katastrofalnog ishoda, da deluje očigledno koliko su stvari bile urađene pogrešno, da je dobro što se nakon svega toga toliko uznapređovalo u oblasti procesne bezbednosti i da su sada sve regulative na mestu i sve učinjeno da se takve greške ne ponavljaju. Međutim, kada se pređe na analizu nesreća iz poslednjih 5 do 10 godina [6, 7, 8], postane jasno da se jako slični scenariji i dalje odigravaju i dovede i danas do ogromnih gubitaka, merenih kako ljudskim životima tako i ogromnim finansijskim gubicima i posledicama po okolinu (koje nekada traju i po nekoliko decenija). I pored svih regulativa i uvedenih promena, opet dolazi do velikog broja većih ili manjih propusta, koji krenu kumulativno da se nadovezuju jedni na druge, i kad pređu neku

granicu ili neki određen broj, verovatnoća za veliku katastrofu postane znatno veća. Ovo bi slikovito moglo da se predstavi na poznatom Reasonovom modelu „Švajcarski sir„ [1] u smislu pojavljivanja previše rupa na svakom „parčetu„, pri čemu se povećava verovatnoća da se rupe poklope i linija prođe kroz sve slojeve, rezultujući nesrećom na kraju. Bez obzira na činjenicu da su menadžeri i operateri svesni ovoga, do ovakvih situacija i dalje dolazi. Zato i jeste prirodno posumnjati da se problem svodi na ljudsku prirodu. Tehnički sistem najčešće radi na način na koji je projektovan, a mehanički problem ili neznanje koje se jednom reši u suštini je rešeno zauvek. Uspostavljene procedure pokrivaju prepoznate uzroke nesreća. Međutim, kada se sve to stavi u kontekst i okruženje ljudi, i njihovog načina funkcionisanja i organizovanja, situacija postane mnogo nesigurnija nego što bi trebalo da bude. Kada bi nekako bilo moguće da čovek, čim oseti gomilanje raznih problema u radu i u procesima, sa istom mudrošću koju svi imaju odmah nakon neke nesreće, zbog šoka od njenih posledica, kada potpuno shvate šta sve nije funkcionisalo kako treba i koliko se nije isplatilo odlaganje tih propusta i problema, stane sa svim akcijama, i posveti se redom tim problemima, verovatno bi većina nesreća bila sprečena. Međutim, ovo je protivno samoj ljudskoj prirodi. Analogno tome je kako ljudi shvate šta je bitno a šta nije u životu tek kad im je on ugrožen, a ovakav pogrešan pristup, kroz celu istoriju čovečanstva, čak i ljudi koji su ga svesni, nisu uspeali da promene. Međutim, ovo nikako ne znači da zbog toga treba odustati od težnje ka potpunom izbegavanju nesreća. Upravo suprotno, treba raditi više, i shvatati problem na sveobuhvatniji način, a naročito uzimati u obzir samu prirodu čoveka i posledično načine formalnog i neformalnog organizovanja celog sistema oko njega. Odatle i potreba da se još jednom prođe kroz što više primera nesreća koje su se već odigrale, kako onih koje su poznate i dokumentovane, tako i onih koje su manje poznate ili nisu dovele do katastrofalnih posledica, ali su imale potencijal za to. Detaljno istražiti uzroke i kontekst nesreća, a zatim odrediti uticajne faktore odatle, koji će, kada se sledeći put uzmu u obzir, izvući tačnu i preciznu informaciju koja može možda da približi opštu sliku o samoj organizaciji, ljudskom faktoru i mestu istih, u pomenutom kontekstu akumuliranja grešaka i propusta. Glavni cilj ovog istraživanja u širem kontekstu je da se otvori perspektiva ka budućim

metodološkim poboljšanjima u oblasti procesnog rizika, koja su neophodna u okruženju većitog porasta kompleksnosti i brojnosti sistema, koji rade sa visoko rizičnom opremom kao što je oprema pod pritiskom. Naročito uzimajući u obzir pravac u kome ide čitav svet poslednjih godina, a to su sve brža razmena informacija, sve kraći rokovi i sve jača konkurencija i zahtevi koji su stavljeni pred svakog čoveka, od operatera koji obavlja repetitivan posao do menadžera koji vode fabrike i sisteme vredne milijarde evra.

Osnovni cilj izabrane teme je da doprinese povećanju stepena bezbednosti rada sa opremom pod pritiskom bilo u velikim, malim ili srednjim preduzećima, širom sveta, a naročito u Srbiji, tako što će ponuditi metodologiju koja zaposlenima na različitim hijerarhijskim nivoima omogućava da na jednostavan i finansijski prihvatljiv način procene rizik u okviru svojih aktivnosti.

1.2 Uvodna razmatranja o menadžmentu rizikom

Tokom prethodnih trideset godina, učinjen je veliki iskorak u pogledu javnog interesa u oblasti analize rizika, nakon što se ova oblast uspostavila kao efikasna i sveobuhvatna procedura koja u značajnoj meri pomaže i poboljšava ukupno upravljanje brojnim aspektima naših života [9].

Postoji mnogo definicija rizika, ali generalno rizik se definiše kao mogućnost povrede ili gubitka definisan kao mera verovatnoće i ozbiljnosti posledica na zdravlje, imovinu, okolinu i druge bitne resurse.

Rizik je konstrukt koji opisuju dva ključna pojma, "nesigurnost" i "nepoželjnost". Ovakvo tumačenje podrazumeva dve dimenzije rizika:

1. verovatnoću odigravanja neželjenog događaja u određenom vremenu,
2. posledicu tog događaja na ljude, imovinu i okolinu.

Iz ovoga proizlazi i kvantitativna definicija rizika u kojoj se rizik definiše kao proizvod verovatnoće da će se otkaz dogoditi i posledice datog otkaza.

Rizik se definiše i kao verovatnoća da se neko ili nešto izloži opasnosti, pri čemu se termin opasnost odnosi na bilo koji nebezbedan uslov ili potencijalni izvor neželjenih događaja, a koji mogu imati štetan uticaj. Štaviše, rizik se definiše i kao mera nesigurnosti usled težine posledica opasnosti, ili kao mera verovatnoće događaja i težine posledice potencijalno negativnih uticaja [9].

Rizik, dakle, predstavlja kombinaciju dve gore navedene veličine. Treba naglasiti da se rizik generalno mnogo više posmatra sa tačke gledišta težine posledica nego verovatnoće, što je posledica katastrofalnih gubitaka usled nesreća koje su se dešavale u prošlosti. Usled toga, zaključeno je da rizik predstavlja opasnost plus reakciju javnosti vezanu za posledice. Ipak, neophodno je uzeti u obzir dvo-dimenzioni prikaz prirode rizika [10]. Ovakvim pristupom upravljanju rizika se obezbeđuje umanjeње gubitaka ili posledica nesreće sa jedne strane, odnosno umanjeњу ili eliminaciji mogućnosti da do nesreće dođe, sa druge strane.

Formalna definicija rizika glasi: „verovatnoća događaja koji bi mogao da nanese određenu štetu ljudima, imovini i okolini, kao i finansijske gubitke tokom određenog vremenskog perioda“ [10]. Ključni koncepti obuhvaćeni ovom definicijom su: verovatnoća događanja – odnosno učestalost dešavanja nepovoljnih događaja; prihvatač rizika – meta potencijalnih posledica rizika, što se ne odnosi samo na ljude, opremu, okolinu ili finansije, već i na reputacije kompanija, njihovu budućnosti ili pravne aspekte; nivo oštećenja – koji određuje obim uticaja posledica nesreće. U slučaju ljudi, može se odnositi na povrede ili smrtne slučajeve, pri čemu povrede obuhvataju opekotine, trovanje i slično.

U srpskom zakonodavstvu jedini zakon vezan za rizik koji postoji je Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu objavljen je u Službenom glasniku Republike Srbije br. 101/2005 i 91/2015. U okviru njega rizik je definisan kao verovatnoća nastanka povrede, oboljenja ili oštećenja zdravlja zaposlenog usled opasnosti (član 4. Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu). Procena rizika spominje se kroz sledeći navod: “Procena rizika jeste sistematsko evidentiranje i procenjivanje svih faktora u procesu rada, koji mogu uzrokovati nastanak povreda na radu, oboljenja ili oštećenja zdravlja i utvrđivanje mogućnosti, odnosno načina sprečavanja,

otklanjanja ili smanjenja rizika.“ Međutim, ovaj zakon se isključivo odnosi na ličnu bezbednost i rizik vezan za tu vrstu bezbednosti, dok procesna bezbednost, kao mnogo širi i važniji pojam, nije uopšte obuhvaćena.

Upravljanje rizikom ili menadžment rizikom, je pristup menadžmenta usmeren na očuvanje imovine i profitne moći preduzeća uz sprečavanje rizika gubitka, posebno slučajnih i nepredviđenih gubitaka [11]. Obuhvata prepoznavanje (identifikaciju) rizika, procenu rizika i klasifikaciju rešavanja rizika po važnosti (prioriterizacija), nakon čega sledi usklađena i racionalna upotreba resursa kako bi se minimizirala, pratila i kontrolisala verovatnoća i uticaj (posledice) nepoželjnih događaja [11].

Opasnost znači potencijalan relevantan uslov, stanje, odnosno događaj koji može u određenoj situaciji ili okolnostima da dovede do stvarnog gubitka. Definicija koja je preciznije opisuje glasi [12]: "Opasnost je situacija koja predstavlja stepen opasnosti po život, zdravlje, imovinu ili životnu sredinu". Većina opasnosti se svrstava u pasivne ili potencijalne, sa samo teoretskim rizikom od povrede. Može se reći da bez postojanja opasnosti ne postoji rizik. U tom smislu pojam rizika se odnosi na verovatnoću da se opasnost ostvari. Opasnost se formalno može definisati kao: "Izvor potencijalne štete ili situacija koji bi mogla da dovede do gubitaka" [10]. Ključne ideje obuhvaćene ovom definicijom su: izvor ili situacija – odnose se na karakteristiku nečega ili skup okolnosti koji mogu dovesti do neželjenih uticaja; potencijal – postojanje mogućnosti da, pod odgovarajućim uslovima ili okolnostima, dođe do određenih posledica; šteta ili gubitak – implicirane neželjene posledice koje bi mogli da utiču na ljude, opremu, okolinu ili druge unapred definisane prihvatače rizika (poput reputacije, finansijske situacije...). U kontekstu industrijskih operacija, opasnosti su vezane za sledeće situacije [10]: (i) Visoki pritisci i/ili temperature u sistemu (ii) Pušenje u određenim prostorijama (iii) Prisustvo eksplozivnih materija (iv) Neodgovarajuće ponašanje zaposlenih (v) Skladištenje velikih količina toksičnih supstanci (vi) Industrijske operacije u blizini gusto naseljenih urbanih oblasti. Kako bi se adekvatno odgovorilo na gubitke, neophodno je da identifikacija opasnosti bude sveobuhvatna i temeljna. Stoga, uloga upravljanja rizikom je da se obezbedi da

ne dođe do realizacije opasnosti (ukoliko je moguće), ili da se, u najgorem slučaju, posledice umanje u najvećoj mogućoj meri.

Nesreće su stvarne realizacije opasnosti. One su iznenadna, nenamerna odstupanja od normalnih uslova, u kojima je prouzrokovan neki stepen oštećenja. One se kreću od manjih incidenata, kao što su mala curenja gasa, do velikih nesreća kao što su eksplozije ili požari većih razmera.

Procedura upravljanja rizikom data je na slici 1.1. Upravljanje rizikom je zasnovano na konceptu životnog ciklusa, s obzirom na višestran pristup riziku; traje tokom celog životnog ciklusa procesa ili proizvoda; budući da se može primeniti na svim nivoima korporacija, vlasti i lokalnih zajednica, ovaj pristup se može posmatrati kao multidisciplinarnan; takođe je dinamične prirode usled stalnih promena u oblastima zakonodavstva, kao i u očekivanjima, poslovnim pritiscima i tehnologijama.

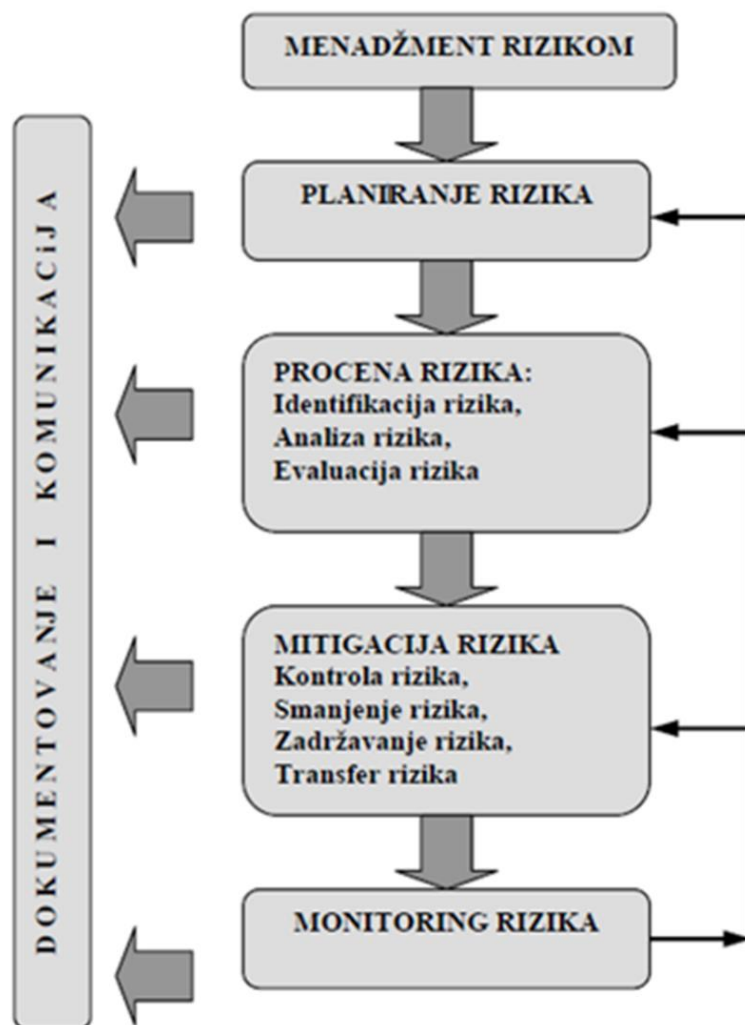
Kvantifikacija svakog identifikovanog rizika podrazumeva definisanje kvantitativne i kvalitativne ocene rizika.

Kvantitativna ocena rizika podrazumeva numerički izraženu ocenu rizika, koja se dobija pomoću formule:

$$\text{RIZIK} = \text{VEROVATNOĆA ODIGRAVANJA DOGAĐAJA} \times \text{POSLEDICA DOGAĐAJA}$$

- Verovatnoća odigravanja se izražava preko frekvencije događaja u jedinici vremena ili preko šanse da će se događaj odigrati pod određenim uslovima (koja se izražava brojem od 0 do 1, ili u procentima).

- Posledica izazvana odigravanjem događaja se može izražavati preko novčane vrednosti (gubitak prihoda, cena popravke,..).



Slika 1.1. Šematski prikaz koncepta upravljanja rizikom [10]

Kvalitativna ocena podrazumeva ocenu rizika na osnovu matrice nivoa rizika [11]. Matrica nivoa rizika se koristi za procenu ukupnog rizika u sistemu na osnovu: procene verovatnoće odigravanja događaja, veličine tj. ozbiljnosti posledica događaja i primenjenih mera za smanjivanje rizika. Matrica može biti forme 3x3, sa tri nivoa verovatnoće (mala, srednja, velika) i tri nivoa ozbiljnosti posledica (niska, srednja, visoka). U zavisnosti od kategorizacije sistema matrica može da ima i oblik 4x4 ili 5x5 (dodaju se veoma niska ili mala, veoma velika ili visoka). Primeri definicija kategorija učestalosti (verovatnoće) događaja, posledica i nivoa rizika dati su u tabelama 1.1, 1.2 i 1.3 [13].

Tabela 1.1 Definicije kategorija učestalosti

Kategorija	Definicija
Visoka (V)	Događaj se odigrao ili se očekuje da se odigra nekoliko puta tokom radnog veka postrojenja (20-30 godina)
Srednja (S)	Događaj se može odigrati jednom tokom radnog veka
Niska (N)	Ne očekuje se da se događaj odigra tokom radnog veka postrojenja, ali se može odigrati jednom tokom rada svih sličnih postrojenja
Zanemarljiva (Z)	Događaj se najverovatnije neće odigraditi ni na svim sličnim postrojenjima u periodu od 100 godina, pri sadašnjem nivou operacija

Tabela 1.2 Definicije kategorija posledica

Kategorija	Definicija
Katastrofalna (K)	Smrt, nepopravljiva šteta po okolinu ili gubitak sistema
Teška (T)	Teške povrede, teži slučajevi bolesti vezanih za posao, dugoročna šteta po okolinu ili ozbiljno oštećenje sistema
Manja (M)	Lakše povrede, blaži slučajevi bolesti, kratkoročno šteta po okolinu, manja oštećenja sistema
Zanemarljiva (Z)	Zanemarljive povrede, zanemarljivi slučajevi bolesti (ili odsustvo istih), zanemarljiva šteta po okolinu (ili odsustvo iste), zanemarljivo (ili nepostojeće) oštećenje sistema

Tabela 1.3. Matrica rizika za ocenu opasnosti od teških nesreća

Učestalost	Posledica			
	Katastrofalna (K)	Teška (T)	Manja (M)	Zanemarljiva (Z)
Visoka (V)	1	1	2	3
Srednja (S)	1	1	2	3
Niska (N)	1	2	3	3
Zanemarljiva (Z)	2	3	3	3

Napomena: 1 - odnosi se na Kategoriju 1 (Rizik od teške nesreće); 2 - odnosi se na Kategoriju 2 (Srednji rizik); 3 - odnosi se na Kategoriju 3 (Nizak rizik)

Matrica rizika koja se koristi u slučaju rizika od teških nesreća je koncentrisana na potencijalne posledice, što odgovara realnim situacijama, s obzirom na činjenicu da opasnosti vezane za ozbiljne nesreće imaju malu verovatnoću događanja, dok su potencijalne posledice katastrofalne.

U API 581 standardu [13] je slikovito prikazana razlika između događaja sa različitim nivoom ozbiljnosti posledica i različitim verovatnoćama događaja. Nakon izbora scenarija inicijalne teške nesreće, sve opasnosti Kategorije 1 (teška nesreća) bi trebalo grupisati na osnovu vrste opasnosti (npr. toksične i zapaljive materije). Iz svake grupe opasnosti se bira najgori reprezentativni slučaj, za potrebe dalje analize. Merodavni najgori slučaj predstavlja opasnost Kategorije 1 sa najgorim posledicama, i takođe se naziva i najgori merodavan slučaj. Nakon što je najgori merodavan slučaj odabran i ocenjen, pažnju treba posvetiti opasnostima Kategorije 2 sa katastrofalnim posledicama. Iako se smatra da one imaju veoma malu verovatnoću događanja, njihove posledice mogu biti još gore i od najgoreg merodavnog slučaja. Njih treba grupisati u skladu sa vrstom opasnosti i merodavnim najgorim slučajem za svaku grupu za potrebe ocenjivanja pri planiranju vanrednih stanja. Odabrani scenario u ovom slučaju se naziva najgori mogući slučaj. Na kraju, potrebno je grupisati i opasnosti sa većom verovatnoćom a manjim posledicama, pri čemu je ponovo potrebno izabrati reprezentativni slučaj za svaku grupu. Budući da ove opasnosti imaju veću verovatnoću da se dogode, za njih se može reći da predstavljaju najgori verovatni slučaj.

1.3 Uvodna razmatranja o integritetu konstrukcija i mehanici loma

Mehanika loma je naučna disciplina koja se bavi problemima prslina koje nastaju u materijalima i konstrukcijama i načinom na koje oni utiču na celu konstrukciju. Prvi radovi na tu temu pojavili su se početkom dvadesetog veka u kojima se pisalo o koncentraciji napona u materijalu [14] i o brzini oslobađanja energije [15], a nakon nekoliko decenija uveden je faktor intenziteta napona i definisane su kritične vrednosti ovog napona [16, 17]. Tada je mehanika loma doživela ekspanziju, jer je u praksi uspela da objasni tada vrlo nejasne događaje kao što su lomovi brodova tipa Liberti i mlaznih aviona tipa Komet [18]. Dalji razvoj ove naučne discipline obuhvatio je njeno proširenje na elasto-plastičnu oblast analizom

plastične zone ispred vrha prsline i uvođenje odgovarajućih parametara – otvaranja vrha prsline i J integrala [18, 19, 20, 21].

Mehanika loma sje bazirana tumačenju pojava sa dva bitna aspekta : s jedne strane se posmatra opterećenje i geometrija konstrukcije, uključujući geometriju prsline, a s druge strane svojstvo materijala, odnosno njegova otpornost na rast prsline. Ukoliko se ovo pažljivo analizira, može se zaključiti da je mehanika loma zapravo moćan alat za inženjere čiji je zadatak da lom spreče.

Od velikog značaja za razvoj prsline i pojavu loma je raspodela napona u blizini vrha prsline. Uzimajući u obzir porast dužine prsline za inkrementalno malu veličinu da , utvrđeno je da će prsline rasti nestabilno ako je oslobođena potencijalna energija, $-dII$, najmanje jednaka radu potrebnom za nastanak novih površina prsline, dW_s . [15]:

$$-\frac{dII}{da} = \frac{dW_s}{da} \quad (1.1)$$

Ako se, s jedne strane, pretpostavi da je rad, dW_s , jednak jediničnoj površinskoj energiji, γ_s , pomnoženoj odgovarajućom površinom, $dA=4Bda$, odnosno $dW_s=4Bda\gamma_s$, a sa druge strane, primeni naponska analiza, može da se pokaže da za potencijalnu energiju ploče važi:

$$II = II_0 - \frac{\pi\sigma^2 a^2 B}{E}, \quad (1.2)$$

gde je II_0 potencijalna energija ploče bez prsline. Na osnovu toga, može da se inkrement potencijalne energije dII , izrazi kao:

$$dII = -\frac{\pi\sigma^2 2adaB}{E} \quad (1.3)$$

Svođenjem inkrementa potencijalne enerije, dII , i rada, dW_s , na inkrement dužine prsline da , i primenom Grifitovog kriterijuma za nestabilni rast prsline (jed. 1.2) dobija se:

$$\frac{\pi\sigma^2 a}{E} = 2\gamma_s \quad (1.4)$$

Leva strana izraza 1.4 predstavlja brzinu oslobađanja energije, a desna strana otpornost materijala na nestabilni rast prsline. Brzina oslobađanja energije, koja se u čast Grifita označava sa G , zove se još i sila rasta prsline i predstavlja opterećenje i geometriju tela, uključujući geometriju prsline, dok je otpornost materijala na rast prsline njena kritična vrednost, koja predstavlja svojstvo materijala, pod određenim uslovima [15]. Prema tome, jed. 1.4 može da se napiše i u obliku:

$$G = G_c. \quad (1.5)$$

Na osnovu izraza 1.4 i 1.5 dobija se napon potreban za nestabilni rast prsline, odnosno za krta lom ploče, [15] :

$$\sigma_c = \left(\frac{2E\gamma_S}{\pi a} \right)^{1/2}. \quad (1.6)$$

Teorija Grifita daje dobro objašnjenje za čvrstoću krta materijala, ali njena primena na metalne materijale zahteva odgovarajuće modifikacije, zbog nezanimarljive plastičnosti. Irvin je pokazao [22], da se kritična vrednost napona može izraziti kao:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{EG_c}{\pi a}}, \quad (1.7)$$

pri čemu je G_c mnogo veće od površinske energije materijala $2\gamma_S$. Irvin [22] je takođe zaključio da se značajna energija troši na razvoj plastične deformacije oko vrha prsline, što čini da ukupna energija pri lomu bude znatno veća od površinske energije $2\gamma_S$. Rad (energija) plastične deformacije, kao i površinska energija, karakteriše otpornost materijala prema lomu, nezavisno od početne dužine prsline. Ipak, jednačine linearno elastične mehanike loma mogu da se koriste pod uslovom da je područje plastične deformacije veoma malo u poređenju sa dužinom prsline i sa širinom ploče. Dakle, Grifitov kriterijum krta loma se proširuje uvođenjem energije potrebne za rad plastične deformacije γ_p koja prethodi nestabilnom razvoju prsline, na sledeći način [23]:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{E(2\gamma_S + \gamma_p)}{\pi a}}. \quad (1.8)$$

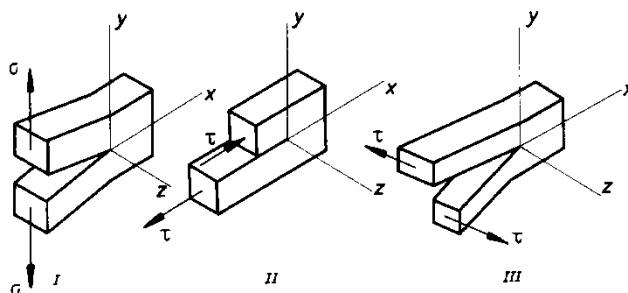
Kada je $\gamma_p + 2\gamma_s$ mnogo veće od $2\gamma_s$, približno važi:

$$\sigma_c \cong \sqrt{\frac{E\gamma_p}{\pi a}}. \quad (1.9)$$

Kriterijumi krtog (jed. 1.6) ili kvazi-krtog loma (jed. 1.9) zasnovani su na globalnom pristupu i ne mogu da se primene na analizu lokalnog ponašanja. Stoga je dalji razvoj mehanike loma bio usmeren na naponsku analizu oko vrha prsline i uvođenje odgovarajućih lokalnih parametara u oblasti linearne elastičnosti.

Ponašanje prsline pri različitim naponskim stanjima tj opterećenjima se opisuje kroz tri osnovna oblika kako je prikazano na slici 1.2 [23]:

- Oblik I - cepanje - simetrično otvaranje površina prsline - napon zatezanja σ .
- Oblik II - klizanje površina prsline u istoj ravni - napon smicanja τ .
- Oblik III - smicanje površina prsline u različitim ravnima - napon smicanja τ .



Slika 1.2. Osnovni oblici razvoja prsline i formiranja površina preloma [23]

Najopasnijim lomova se smatraju oni koji nastaju cepanjem (oblik I), odnosno otvaranjem prsline pod dejstvom napona zatezanja. Potrebno je poznavati naponsko stanje oko vrha prsline, koje za određene konfiguracije može da se izrazi u zatvorenoj formi, ako je ponašanje materijala izotropno i linearno elastično [15]:

$$\sigma_{ij} = \left(\frac{k}{\sqrt{r}} \right) f_{ij}(\theta) + \sum_{m=0}^{\infty} A_m r^{\frac{m}{2}} g_{ij}^{(m)}(\theta), \quad (1.10)$$

gde su σ_{ij} komponente tenzora napona, r i θ polarne koordinate, k je konstanta, i f_{ij} je bezdimenziona funkcija od θ . Članovi višeg reda zavise od geometrije, ali rešenje za bilo koju konfiguraciju sadrži član proporcionalan $1/\sqrt{r}$. Kad $r \rightarrow 0$, ovaj član teži

beskonačnosti, dok drugi članovi zadržavaju konačne vrednosti ili se približavaju nuli. Zato se napon u blizini vrha prsline menja sa $1/\sqrt{r}$, bez obzira na oblik tela, što predstavlja singularitet napona.

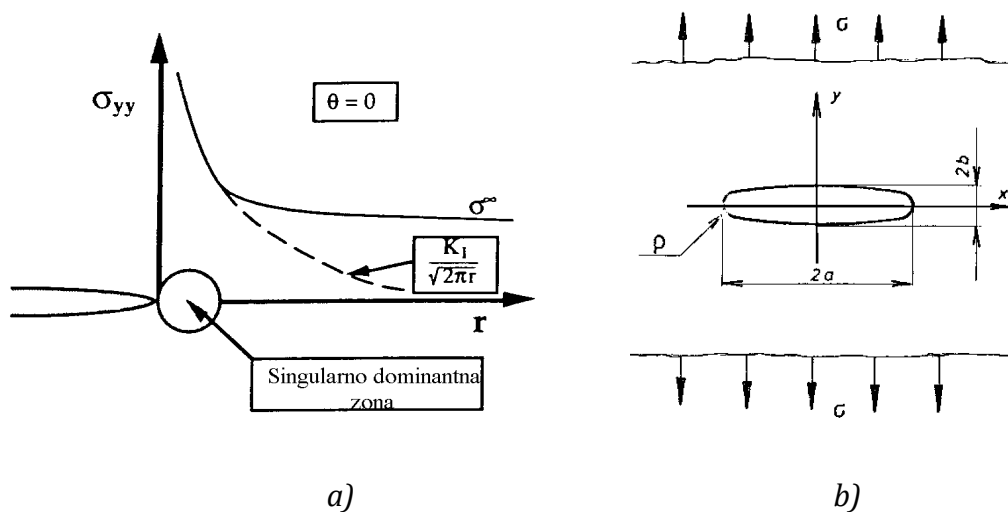
Za sve tri vrste opterećenja napon oko vrha prsline je proporcionalan izrazu $1/\sqrt{r}$, dok konstanta proporcionalnosti k i funkcija f_{ij} zavise od vrste opterećenja. Ako se konstanta k zameni faktorom inteziteta napona, K ($K=k\sqrt{2\pi}$), koji se za različite vrste opterećenja obeležava sa K_I , K_{II} ili K_{III} , dobija se:

$$\lim_{r \rightarrow 0} \sigma_{ij}^{(I)} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}^{(I)}(\theta), \quad \lim_{r \rightarrow 0} \sigma_{ij}^{(II)} = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}^{(II)}(\theta), \quad \lim_{r \rightarrow 0} \sigma_{ij}^{(III)} = \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}^{(III)}(\theta). \quad (1.11)$$

U slučaju I vrste opterećenja duž pravca $\theta=0$ komponente napona u x i y pravcu su:

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}}, \quad (1.12)$$

dok je smicajni napon jednak nuli, što znači da je ravan prsline glavna ravan a čisto opterećenje I vrste. Na slici 1.3a je prikazana raspodela σ_{yy} , normalnog napona na ravan prsline, zavisno od rastojanja od vrha prsline.



Slika 1.3. a) Raspodela normalnog napona na ravan prsline, zavisno od rastojanja od vrha prsline; b) Raspodela napona u slučaju zategnute beskonačne ploče [24]

Faktori intenziteta napona su proporcionalni naponima oko vrha prsline, pasu njima definisani napon, deformacije i pomeranja oko vrha prsline.

Linearno elastični napon oko vrha prsline mora da bude proporcionalan udaljenom naponu, pa važi $K_I \propto \sigma$. Prema jednačini 1.12, jedinica za faktor intenziteta napona je $\text{MPa}\sqrt{\text{mm}}$. Kako je u razmatranim problemima veličina tj dužina prsline jedina bitna geometrijska veličina, to odnos između K_I i udaljenog napona mora da bude oblika:

$$K_I = O(\sigma\sqrt{a}). \quad (1.13)$$

Za konfiguraciju na slici 1.3b može da se pokaže da važi [24]:

$$K_I = \sigma\sqrt{\pi a}, \quad (1.14)$$

čime je uspostavljen odnos lokalne (faktor intenziteta napona) i globalne veličine (udaljeni napon). Kako izraz 1.14 važi samo u slučaju zategnute beskonačne ploče sa centralnom prslinom, to u svim ostalim slučajevima, treba da se koristi koeficijent Y , koji uzima u obzir navedena odstupanja:

$$K_I = Y\sigma\sqrt{\pi a}. \quad (1.15)$$

U prethodnom tekstu faktor intenziteta napona je predstavljao silu rasta prsline, odnosno opterećenje i geometriju tela, uključujući prslinu. Na osnovu jednačine 1.4 i 1.14 očigledno je da postoji veza između faktora intenziteta napona i sile rasta prsline [24]:

$$K^2/E' = G, \quad (1.16)$$

gde je $E' = E$ za ravno stanje napona - RSN, odnosno $E' = E/(1-\nu^2)$ za ravno stanje deformacija - RSD. Za linearno elastičnu mehaniku loma, razlika između RSN i RSD je ključna, jer se uticaji plastičnih deformacija mogu smatrati zanemarljivim samo u uslovima RSD. Uzimajući u obzir analizu (kvazi) krtog loma i tumačenje faktora intenziteta napona kao sile rasta prsline, jednačina 1.5 može da se napiše u obliku:

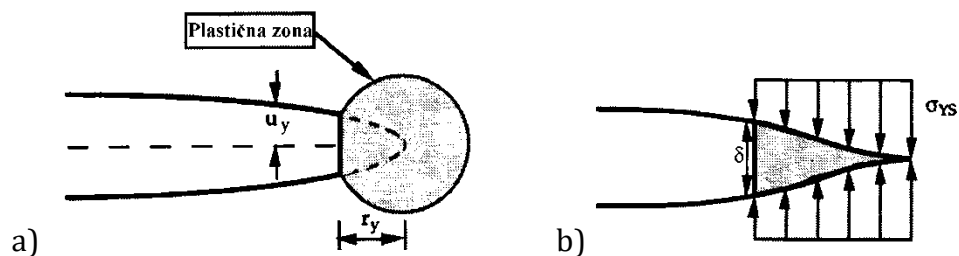
$$K_I = K_{Ic}, \quad (1.17)$$

gde je K_I faktor intenziteta napona pri lomu oblika I, a K_{Ic} njegova kritična vrednost, koja predstavlja svojstvo materijala ukoliko je određena pri RSD, što je uslov dobijanja jednoznačnih vrednosti.

Kada se u području vrha prsline pojavi plastična zona značajne veličine, nije više moguće jednoznačnim parametrom opisati polje napona i deformacija, pa je neophodno uvesti parametre koji nisu ograničeni linearno elastičnim ponašanjem materijala, kao što su *otvaranje vrha prsline (CTOD) i J integral*.

Pri merenju K_{Ic} kod konstrukcionih čelika, primećeno je da su se površine prsline razdvojile pre loma, a da je plastična deformacija zatupila oštar vrh prsline [20] i da zatupljenje vrha prsline raslo proporcionalno žilavosti materijala. Tada je otvaranje vrha prsline predloženo kao način da se izmeri žilavosti loma materijala u ovim slučajevima. Bez obzira na iskustveni karakter CTOD, on je našao veliku primenu zbog jednostavnosti svoje primene i dobrih rezultata koji se tom primenom dobijaju.

U oblasti srazmerno malog tečenja, može da se uspostavi veza između CTOD i K_I . Kada se analizira prsline sa malom plastičnom zonom ispred vrha (slika 1.4°), pretpostavlja se da se takva prsline ponaša isto kao i prsline sa oštrim vrhom, ali malo veće dužine, $a+r_y$ (pri čemu je r_y Irvinova korekcija usled plastičnosti) [18].



Slika 1.4. Modeli otvaranja prsline: a) Irvinov [18] b) Dagdejlov (model trake popuštanja) [19]

Ako se za Irvinovu korekciju r_y uzme vrednost za RSN, dobija se:

$$\delta_t = \frac{4}{\pi} \frac{K_I^2}{\sigma_{YS} E}, \quad (1.18)$$

gde je CTOD označeno sa δ_t . Ovako je CTOD povezan sa K_I , ali je predloženi model suviše uprošćen. Model trake popuštanja daje realnije i primenljivije rezultate [19]. Osnovni koncept ovog modela je isti kao kod Irvina, ali se uticaj plastične zone ne uzima u obzir samo povećanjem dužine prsline, već i delovanjem pritisnih napona nivoa napona tečenja (slika 1.4b). Primenom modela trake popuštanja dobija se:

$$\delta_t = \frac{8\sigma_{YS}a}{\pi E} \ln \sec\left(\frac{\pi}{2} \frac{\sigma}{\sigma_{YS}}\right) = \frac{K_I^2}{\sigma_{YS}E} \left[1 + \frac{1}{6} \left(\frac{\pi}{2} \frac{\sigma}{\sigma_{YS}}\right)^2 + \dots \right], \quad (1.19)$$

gde je $\ln \sec$ razvijeno u red. Ako se zadrži samo prvi član reda dobija se izraz:

$$\delta_t = \frac{K_I^2}{\sigma_{YS}E} = \frac{G}{\sigma_{YS}}, \quad (1.20)$$

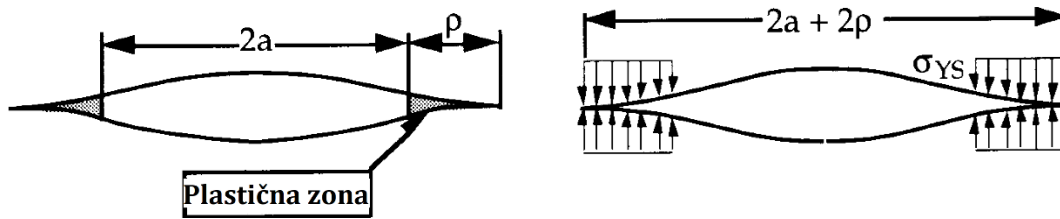
koji se od jednačine 1.18 razlikuje za $\approx 28\%$. Kako Dagdejlov model važi za RSN i idealno plastični materijal (bez ojačanja), to je za drugačije uslove neophodna korekcija jednačine 1.20:

$$\delta_t = \frac{K_I^2}{m\sigma_{YS}E} = \frac{G}{m\sigma_{YS}}, \quad (1.21)$$

gde je m bezdimenziona konstanta, koja iznosi 1,0 za RSN i idealno plastični materijal, a između 1,0 i 2,6 za RSD i materijal koji ojačava.

Kada je neka konstrukcija napravljena od žilavih materijala ona nije podložna krtom lomu. Međutim, usled preteranog opterećenja, mogu da se slome plastično – plastični lom ili kolaps, a za analizu ovog tipa loma je neophodan opštiji pristup.

Tako je uveden koncept *dijagrama analize loma (FAD)* [25], sa dva kriterijuma loma koji bi prikazali međusobni uticaj krtog loma i plastičnog kolapsa. U početku, korišćen je modifikovan model trake tečenja, prema Dagdejlu. Prema njegovom modelu posmatra se telo sa prsline dužine $2a$ opterećeno zateznim naponom σ (slika 1.5). Pretpostavlja da telo ima malu debljinu u odnosu na ostale dimenzije, odnosno da se nalazi u RSN, a za materijal da se ponaša po elasto-idealno plastičnom modelu (oblast plastičnih deformacijase prostire od vrha prsline na rastojanju ρ sa obe strane prsline).



Slika 1.5. Dugdejllov model [19]

Osnovna ideja ovog modela je da se izjednači faktor intenziteta napona za telo sa prslinom dužine $a + \rho$ i faktor intenziteta napona od sila zatvaranja (napon tečenja u oblasti plastične zone) da bi se dobila zavisnost između σ , a i ρ , kao što je pokazano u [24]:

$$\sigma \sqrt{\pi(a + \rho)} = \frac{2\sigma_{YS}}{\sqrt{\pi}} \sqrt{a + \rho} \arccos\left(\frac{a}{a + \rho}\right) \Rightarrow \left(\frac{a}{a + \rho}\right) = \cos\left(\frac{\pi\sigma}{2\sigma_{YS}}\right) \quad (1.22)$$

Korišćenjem izraza za određivanje pomeranja na vrhu početne prsline, dobija se otvaranje vrha prsline - δ [24]:

$$\delta = \frac{8}{\pi} \frac{\sigma_{YS} a}{E} \ln \left[\sec \left(\frac{\pi\sigma}{2\sigma_{YS}} \right) \right] \quad (1.23)$$

Dalje, uzimajući u obzir jednakost $K_{eff} = \sqrt{\sigma_{YS}\delta}$, koja važi za RSN i idealnu plastičnost, dobija se:

$$K_{eff} = \sigma_{YS} \sqrt{\pi a} \left[\frac{8}{\pi^2} \ln \sec \frac{\pi}{2} \frac{\sigma}{\sigma_{YS}} \right]^{1/2} \quad (1.23)$$

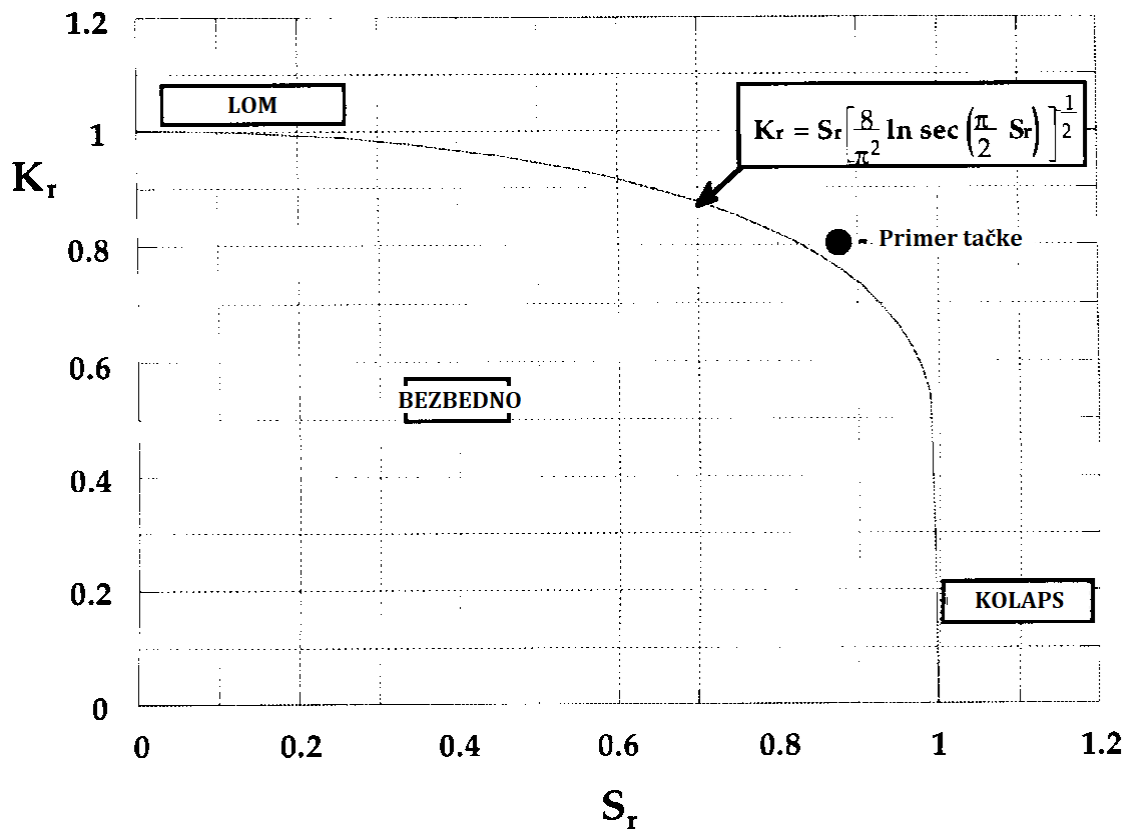
Jednačina 1.23 definiše efektivni faktor intenziteta napona za prolaznu prslinu u beskonačnoj ploči, prema modelu trake tečenja. Ona se može prilagoditi realnim konstrukcijama tako što se zameni napon tečenja σ_{YS} sa naponom kolapsa σ_c (koji osim od materijala, zavisi i od geometrije konstrukcije, uključujući prslinu). Tako se postiže da model trake tečenja može da predvidi lom kada se napon približi vrednosti napona popuštanja. Kada je konstrukcija opterećena na zatezanje, lom se javlja kada 'neto' napon u nekom poprečnom preseku dostigne napon popuštanja

materijala. Sledeći korak u modifikaciji FAD diagrama (tj prilagođavanju jednačine 1.23 realnim konstrukcijama) je izražavanje efektivnog faktora intenzitet napona u bezdimenzionom obliku, K_{eff}/K_I :

$$\frac{K_{eff}}{K_I} = \frac{\sigma_c}{\sigma} \left[\frac{8}{\pi^2} \ln \sec \frac{\pi}{2} \frac{\sigma}{\sigma_c} \right]^{1/2} \quad (1.24)$$

gde je $K_I = \sigma \sqrt{\pi a}$, čime je otklanjena geometrijska zavisnost modela trake tečenja. Kao završni korak, definišu se bezdimenzionone promenljive, $S_r = \sigma/\sigma_c$ i $K_r = K_I/K_{eff}$, koje predstavljaju apscisu i ordinatu u FAD (slika 1.6) a jednačina 1.24 postaje:

$$K_r = S_r \left[\frac{8}{\pi^2} \ln \sec \left(\frac{\pi}{2} S_r \right) \right]^{-1/2} \quad (1.25)$$



Slika 1.6. Dijagram analize loma (FAD) [24]

Kod potpuno žilavog materijala, konstrukcija se lomi mehanizmom plastičnog kolapsa, i tada je $S_r=1$. Kod potpuno krtog materijala $K_r=1$. U svim ostalim

slučajevima postoji međudejstvo plastičnog kolapsa i krtog loma, pa su K_r i S_r manji od 1, a parovi odgovarajućih vrednosti čine graničnu krivu. Sve tačke koje se nalaze unutar granične krive dijagrama se smatraju sigurnim od loma, dok se tačke van linije smatraju nesigurnim. Tačka ucrtana kao primer na slici 1.6 se nalazi u oblasti koja nije bezbedna.

Da bi se odredio značaj određene deformacije kod strukture moraju se odrediti vrednosti primenjenih K_r i σ_r i mora se nacrtati tačka na dijagramu sa slike 1.6.

2 PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

2.1 Analiza velikih industrijskih nesreća sa ozbiljnim posledicama

Da bi se u potpunosti razumela ozbiljnost posledica teme obrađene u ovoj disertaciji neophodno je upoznati se bar sa nekoliko najvećih nesreća koje su se dogodile kroz istoriju. Opis ovih nesreća treba da služi kao primer i objektivni prikaz kakve posledice mogu da se dese nakon različitih događaja. Postoji puno literature na ovu temu i nekoliko studija i izveštaja je dostupno [5], a mogu se naći i baze podataka [26] sa dobro poznatim nesrećama, kao što su "Loss Prevention Bulletin", kojom upravlja Institut Hemijskih Inženjera (IChemE), "Major Hazard Incident Data Service" (MHIDAS), "Major Accident Reporting System" (MARS), itd [3]. Ovde ćemo kratko izdvojiti nekoliko nesreća koje su najviše uticale na motivaciju za pisanje ovog rada kao i na formiranje preliminarnih pitanja za merni instrument za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora.

2.1.1. Esso fabrika gasova iz Longfordu

U septembru 1998. se dogodio katastrofalan požar u fabrici gasa u Longfordu, u Viktoriji, u Australiji [27]. Dvoje ljudi je poginulo i snabdevanje gasom je bilo prekinuto dve nedelje, što je dovelo do haosa u industriji i značajnih teškoća za domaćinstva koja su zavisila od gasa. Do požara je došlo usled otkaza takozvanog "lean oil" sistema, što je dovelo do intenzivnog rashlađivanja razmenjivača toplote, nakon čega je razmenjivač postao krt. Tokom pokušaja radnika da osposobe sistem tako što su vrelu tečnost sipali u razmenjivač došlo je do loma posude i oslobađanja velike količine gasa koja je došla u dodir sa izvorom paljenja i eksplodirala. Iako su direktni uzroci eksplozije bili vezani za radne i inženjerske probleme, u prvim istraživanjima nesreće okrivljen je menadžment Esso kompanije. Kompanija se branila tvrdnjama da su radnici i njihovi nadređeni trebali da znaju da bi ponovno ubacivanje tople tečnosti moglo da dovede do krstog loma [28]. Kompanija je takođe

tvrdila da su radnici bili obučeni za ovu vrstu problema i dostavila je dokumentaciju sa obuke jednog od radnika kao dokaz. Međutim, Komisija koja je vodila istragu je smatrala da činjenica da niko od zaposlenih na dužnosti u tom trenutku nije shvatao koliko je situacija zapravo opasna, ukazuje na sistematski propust u obuci radnika. Čak ni direktor fabrike, koji je bio odsutan u trenutku nesreće, nije u potpunosti razumeo opasnost od hladnog krtog loma metala. Dublja analiza pokazala je da kompanija uopšte nije izvršila proces identifikacije kritičnih opasnosti, koji predstavlja standard u industriji (HAZOP) [27]. To znači da niko nikad nije identifikovao opasnost od mogućnosti pojave hladnog krtog loma u “lean oil” sistemima, niti napravio plan akcija u slučaju da se to desi. Esso je sproveo celokupnu reviziju sistema menadžmenta godinu dana pre eksplozije, tokom koje nije identifikovan nijedan problem koji je posle doveo do nesreće, pa čak ni to da HAZOP nije sproveden. Četiri meseca pred nesreću rađena je interna revizija, koja je takođe pokazala jako dobre rezultate. U isto vreme Esso je intenzivno pratio ličnu bezbednost kroz broj dana izostanaka sa posla gde su ostvarivali savršen rezultat. Međutim, potpuni fokus samo na ovaj aspekt bezbednosti – koji spada isključivo u ličnu bezbednost, doveo je do potpunog zanemarivanja procesne bezbednosti. Esso je imao razrađen sistem za prijavljivanje incidenata koji su se (zamalo) dogodili. Izveštaji su čitani na dnevnoj bazi od strane menadžera i postojao je jasan protokol o akcijama koje bi trebalo da slede. U praksi, poremećaji procesa nisu posmatrani kao incidenti (koji su se desili ili mogli da se dese), i stoga nisu prijavljivani, iako je trebalo da budu. Čak i poremećaji procesa koji su bili dovoljno ozbiljni da dovedu do privremenog gašenja fabrike su izostavljeni iz ovog sistema izveštavanja. Umesto toga, Esso je ove sisteme koristio kako bi pre svega prijavljivali povrede ili incidente koji su imali potencijal da dovedu do povređivanja pojedinca [28]. Na taj način je njihov sistem izveštavanja transformisan u alat za utvrđivanje vremena izgubljeno g na povrede, čime je vrednost takvih izveštaja sistematski obezvređena.

U analizi ovog događaja u [27] postavlja se niz opravdanih pitanja. Radnici u Longfordu jesu pogrešili, ali da li je krivica samo njihova? Komisija je ustanovila da nije. Esso je tvrdio da su zaposleni prošli obuku. Budući da je to tačno, kako je onda moguće da nisu znali šta treba da rade? Postojao je veliki broj suštinskih uzroka

propusta pri obuci. Radnicima su dati testovi u pisanoj formi za koje su mogli da zapamte odgovore. Rezultati ovih testova su upotrebljeni kako bi se odredila klasifikacija poslova i nivo plate. Tako da je svakako postojao motiv da se na pitanja odgovori tačno. Ali davanje tačnih pisanih odgovora ne mora da ukaže na nivo stručnosti. Postojala je mogućnost davanja tačnih odgovora na sva pitanja, ali bez razumevanja suštine samih odgovora. Jedan od radnika je priznao da je za njih davanje odgovora koje sami nisu razumeli “ustaljena praksa” [27].

Esso je preselio sve svoje inženjere iz Longforda u njihovo sedište u Melburnu nekoliko godina pre nesreće, kako bi rukovodili iz daljine kao “grupa za nadzor fabrike”. Ali, oni nisu primetili niti reagovali na učestalost uzbuna usled poremećaja procesa i nisu prepoznali opasnost u tome da su radnici navikli na rad u režimu uzbune. Komunikacija između menadžera i operatera očigledno nije ni postojala a kamoli bila na dovoljno dobrom nivou.

Sumirano, lekcije koje se mogu naučiti iz analize nesreće u Esso fabrici su sledeće [27]:

- 1 Greške radnika ne mogu biti jedino objašnjenje za katastrofalne nesreće.
- 2 Sistematska identifikacija opasnosti je od ključnog značaja za sprečavanje nesreća.
- 3 Revizija mora biti dovoljno temeljna da identifikuje sve slabe tačke i osigura njihov prioritet pri rešavanju.
- 4 Pri proceni stanja bezbednosti u kompaniji, oslanjanje isključivo na podatke o vremenu izgubljenom usled povreda u industriji samo po sebi predstavlja ozbiljnu opasnost.
- 5 Dobri sistemi izveštavanja moraju da definišu znake upozorenja. Moraju da obezbede povratnu informaciju izveštačima, kao i priliku da oni daju svoj komentar o ovim informacijama.
- 6 Sistemi za uzbunu moraju biti pažljivo dizajnirani kako ne bi došlo do posmatranja znakova koji ukazuju na probleme kao normalnih.

7 Viši menadžment mora da prihvati odgovornost za upravljanje opasnim procesima.

2.1.2. Eksplozija u BP rafineriji u Teksasu

Eksplozija u BP rafineriji u Teksasu se dogodila u martu 2005. godine, kada je eksplodirao oblak ugljovodoničnih isparenja unutar rafinerije, što je dovelo do pogibije 15 radnika i povređivanja više od 170 ljudi [29]. Rafinerija u Teksasu je treća najveća rafinerija u SAD. U izveštajima od strane BP, kao i od Američkog Odbora za Hemijsku Bezbednost i Ispitivanje Opasnosti [29], identifikovni su brojni tehnički i organizacioni propusti u radu rafinerije i unutar BP korporacije.

Eksplozija se dogodila kao posledica prepunjavanja destilacionog stuba (razdvajajuća rafinata). Pored mnogih grešaka i nedostataka poput niza nesporazuma u komunikaciji, uočena je i očigledna greška u znanju. Pri pokretanju, u skladu sa procedurom, radnik bi trebalo da popuni donji deo stuba do vrednosti od 50% od očitavane na senzoru nivoa tečnosti, i tek nakon toga da počne sa pumpanjem i zagrevanjem donjeg kotla. Međutim, radnici su rutinski prepunjavali stub (rutinsko kršenje procedure), jer bi u suprotnom tokom prekida pokretanja nivo mogao previše da opadne. Staklo na stubu je bilo prljavo iznutra i stoga nije bilo moguće očitati nivo. Radnik koji je preuzeo dužnost nije bio upoznat sa punjenjem iz prethodne smene u trenutku kada je zatvorio ventil za kontrolu nivoa. Od dva alarma za visok nivo, jedan se oglasio na 72% tokom prethodne smene, dok se drugi nije oglasio čak ni pri nivou od 99%. [29]. Greške prouzrokovane neznanjem nastaju u slučaju kad radnik ne poseduje iskustvo vezano za bezbednost procesa, usled čega stiče pogrešan utisak o abnormalnom stanju. Radnici koji se nađu u takvim situacijama često samo pogoršaju dodatno situaciju u pokašaju da je isprave [1].

U izveštaju BP [29], Odbor je detaljno istražio nesreću i izdvojio najvažnije uzroke. Dok je BP težio cilju "bez nesreća i bez posledica po ljude", nisu obezbedili odgovarajuće rukovođenje kako bi se osiguralo da menadžment i radna snaga u američkim rafinerijama razumeju šta se od njih očekuje u pogledu bezbednosti

procesa. BP je pogrešno protumačio smanjenje učestalosti povreda kao indikaciju prihvatljivog nivoa bezbednosti procesa u rafinerijama. Oslanjanje BP na ove podatke, u kombinaciji sa neodgovarajućim razumevanjem bezbednosti procesa, dovelo je do stvaranja lažnog osećaja sigurnosti u pogledu pravilnog upravljanja rizicima vezanim za procesnu bezbednost. Daljom analizom zaključeno je da unutar rafinerije u Teksasu nije uspostavljena pozitivna i otvorena atmosfera poverenja, sa efektivnim linijama komunikacije između menadžmenta i radnika [29]. Uprkos prisustvu mnogobrojnog osoblja na svim nivoima organizacije zaduženog za procesnu bezbednost, BP nije imao imenovanog, visoko rangiranog vođu zaduženog za ovu oblast. Pored toga, radnici zaduženi za rukovanje i održavanje unutar pet BP-ovih rafinerija su ponekad radili daleko više od predviđenog vremena, što je moglo negativno da utiče na bezbednost njihovog rada a čime je uvećan i rizik po procese tj. smanjena bezbednost procesa. BP nije efektivno definisao potrebne nivoe stručnosti i znanja o procesnoj bezbednosti koje su izvršni menadžeri i linijski menadžeri na nivou iznad rafinerije morali da poseduju. Informacije koje je Odbor [29] pregledao su ukazale na to da obuka o procesnoj bezbednosti mora biti stroža, sveobuhvatnija i integrisana. Iako su ulagali značajne napore u identifikaciju i ispravljanje nedostataka, ponekad im se dešavalo da ne reaguju dovoljno brzo na identifikovane nedostatke tokom procene opasnosti vezane za procesnu bezbednost, kao i tokom revizija i inspekcija. U izveštaju Odbora, na primer, je utvrđeno da su revizije često ponavljane unutar BP-ovih rafinerija, što navodi na zaključak da stvarni uzroci problema koji su se javili nisu identifikovani i otklonjeni. Uprkos tome što BP redovno vrši razne procene, preglede i revizije unutar kompanije, aktivnosti koje je trebalo preduzeti nakon ovih pregleda su najčešće izostale. Nedostatak odgovarajućih propratnih aktivnosti ugrožava efikasnost čak i najboljih revizionih programa. BP-ov Upravni odbor je nadgledao procesnu bezbednost tokom operacija unutar BP-a na osnovu informacija koje su im dostavili članovi korporativnog menadžmenta [29]. Očigledno je da je postojala velika razlika između objektivne realnosti u smislu stvarnih performansi sistema vezanih za upravljanje procesnom bezbednošću u BP-u i viđenja tih performansi od strane same kompanije.

2.1.3. Nesreće sa amonijum nitratom

U Aprilu 2013. godine se dogodila eksplozija u fabrici đubriva na bazi amonijum nitrata u Vestu, u Teksasu, u kojoj je 14 ljudi poginulo a više stotina je povređeno [6]. Eksplozija je razorila celu jednu manju zajednicu, pri čemu je uništeno skoro 200 domova, tri obližnje škole, starački dom i stambeni kompleks. U Tuluzu, u Francuskoj, se dogodila ista takva eksplozija 2001. godine, pri čemu je bilo 30 poginulih i 2500 povređenih. Uz to, 10 000 zgrada su bile teško oštećene u eksploziji [5]. Tokom 1994. godine, u eksploziji u Terra fabrici đubriva, u Port Nilu, Ajova, poginulo je 4 radnika, dok je 18 ljudi povređeno. Uprkos ovim katastrofalnim nesrećama, federalni propisi vezani za amonijum nitrata su, od 1971. pa nadalje, samo minimalno revidirani, čak i uz rastuće zahteve javnosti da se poboljšaju propisi o bezbednosti. Istraživanjem nesreće u Terra fabrici je utvrđeno da su nebezbedni uslovi rada fabrike, kao i loše stanje procedura održavanja, prouzorkovali eksploziju. Terra nikada nije kompletirala proces analize opasnosti pri proizvodnji amonijum nitrata, niti su ustanovili formalne procedure za bezbedan rad. Štaviše, veliki broj zaposlenih u Terri nisu bili svesni opasnosti vezanih za amonijum nitrat i stoga nisu bili u mogućnosti da na bezbedan način reaguju tokom vanrednog stanja.

Kako se ova nesreća desila pre 23 godine, bilo bi očekivano da se nešto ozbiljno promenilo u regulativi vezanoj za korišćenje amonijum nitrata. Međutim kako su dve naknadne nesreće pokazale, ovo nije bio slučaj.

Eksplozija u Francuskoj se dogodila u rezervoaru za odlaganje potrošenog amonijum nitrata pred recikliranje. Dok je glavni uzrok eksplozije i dalje nepoznat, mnogi su uvereni da je incident u Tuluzu izazvan kontaminacijom amonijum nitratom. Bez obzira na specifičan uzrok, nesreća se mogla umanjiti, ili možda čak izbeći, primenom bezbednije opreme i procedura. Međutim, "rizik od eksplozije nije smatran bitnim od strane obezbeđenja fabrike". Fabrika nije bila opremljena protivpožarnim sistemom, kao ni detektorima azotnih oksida [1]. Uz to, infrastruktura fabrike je bila u lošem stanju i uglavnom nenadgledana. Par sistema

za praćenje koji su postavljeni su korišćeni od strane podizvođača, čime se dodatno pogoršala nepovezanost u komunikaciji između zaposlenih i donosilaca odluka.

Samo dve godine kasnije, zapalilo se drveno skladište u fabrici "Wet Fertilizer" u Vestu, Teksas [6]. Vatrogasci su požurili na lice mesta nesvesni opasnosti od eksplozije približno šezdeset tona amonijum nitrata za đubrivo smeštenog unutar skladišta. Usled zagrevanja prouzrokovanog požarom, došlo je do iznenadne detonacije amonijum nitrata, kao i do šok talasa koji se kretao brže od zvuka. Ova eksplozija u fabrici West Fertilizer se mogla sprečiti i do nje uopšte nije smelo da dođe. Fabrika nije preduzela neophodne korake za sprečavanje požara koji se inače lako mogao sprečiti, i došlo je do smrtonosne eksplozije. Koliko god to bilo teško za poverovati, naročito za nešto što se odigralo pre samo 4 godine, West Fertilizer je čuvao amonijum nitrat u drvenim kantama, koje su se nalazile unutar drvenog skladišta bez sistema prskalice!

Uprkos ovim poznatim opasnostima, OSHA i EPA nisu od fabrika za proizvodnju đubriva zahtevali da prijave svoja skladišta amonijum nitrata [6]. Dok je OSHA ustanovila neke osnovne zahteve za skladištenje, upotrebu i transport amonijum nitrata, ni oni, a ni EPA nisu naveli amonijum nitrat kao ekstremno opasnu materiju. Iako je EPA izdala zvanični izveštaj o eksplozivnom potencijalu amonijum nitrata [6], ni jedni ni drugi nisu revidirali propise vezane za fabrike amonijum nitrata još od 1971. Trenutno je Odeljenje za Stambenu Sigurnost zaduženo za regulisanje amonijum nitrata i iako ga vodi kao opasan materijal, prijavljivanje posedovanja ovog materijala je obavezno samo za određena hemijska postrojenja. Nedostatak propisa, u kombinaciji sa ograničenim uvidom u problem u slučaju velikog broja kompanija, i dan danas predstavljaju ozbiljanu opasnost.

Situacija sa amonijum nitratom je odličan primer koji ukazuje na to da je nekad potrebno i van postojećih obaveznih zakona i regulativa uvesti dodatne mere opreza u fabricu, samo na osnovu prethodnih iskustava. Ovo bi podrazumevalo da ljudi u kompaniji koji su zaduženi za procesnu bezbenost i procenu rizika temeljno istraže sve vezano za identifikovane hazarde specifične za njihove materijale kao i preporuke za njihovo skladištenje, van onoga što je zakonom obavezujuće. Međutim,

kao preduslov ovome potrebno je identifikovati sve hazarde. Ako se ne krene od toga, taj drugi korak je potpuno nerealno očekivati.

2.1.4. Naftna platforma Piper Alfa

Jedna od najgorih nesreća sa naftnim platformama desila se u Severnom Moru 1988. godine, na tada najvećoj i najproduktivnijoj platformi koja se zvala Piper Alfa [1]. Ova nesreća je jedna od najdetaljnije analiziranih nesreća [30], tako da će ovde biti dato samo u kratkim crtama šta se desilo i glavni zaključci koji su izvedeni nakon nesreće.

Prvenstveno, došlo je do prekida u komunikaciji u sistemu odobravanja akcija pri predaji dve smene, sa jedne strane, a sa druge strane bezbednosne procedure nisu dovoljno dobro bile uvežbane, što je zajedno dovelo do eksplozije gasa pod pritiskom, koja je na kraju rezultovala rušenjem čitave platforme. Poginulo je 167 ljudi, a preživelo samo 62 osobe. Na rezervnoj pumpi za sabijanje propana u sud pod pritiskom uklonjen je sigurnosni ventil zbog servisiranja, ali posao nije završen do kraja smene, pa je otvor privremeno zatvoren "zavarivanjem" čelične ploče (poklopca) [31]. O ovome nije bila obavještena sledeća, noćna smena radnika. Tokom rada sledeće smene pokvarila se glavna pumpa za sabijanje gasa i uključena je ta rezervna, bez sigurnosnog ventila. Proračun čeličnog poklopca i zavarenog spoja nije urađen. Eksplozija i požar su uništili platformu, a gašenje vatre je trajalo skoro 3 nedelje [32]. Kompanija Occidental platila više od 100 miliona dolara odštete familijama, ali niko nije zakonski odgovarao. Ukupan finansijski gubitak procenjen je na 3,4 milijarde evra, čineći ovu nesreću jednom od najskupljih nesreća ikada [33]. U vreme nesreće, platforma je proizvodila jednu desetinu ulja i gasa ukupne proizvodnje u Severnom moru. Nesreća se smatra najgorom nesrećom sa naftnim platformama ikada, gledajući na broj izgubljenih života i uticaja na industriju [33]. Posle ovog užasnog događaja donete su brojne izmene u procedurama i propisima vezanim za sigurnost rada naftnih platformi.

Istragom koja je sprovedena kasnije [31] došlo se do zaključka da su istovremeno održavanje pumpe i sigurnosnog ventila doveli do curenja kondenzata. Neodgovarajuća dozvola i sistem za zaključavanje/obeležavanje koje poseduje Piper Alfa su doveli do jaza između više nivoa bezbednosti. Dok su inženjeri iz druge smene iskreno verovali da su svi dokumenti uzeti u obzir pre puštanja u rad Pumpe A, decentralizovani sistem je sprečio širenje kritičnih informacija. Nedostatak nezvaničnih "međusmernih" razgovora doprineo je problemima vezanim za nedovoljnu komunikaciju. Oslanjanje na individualne bezbednosne prakse umesto na pouzdan sistem zaštite dovelo je do grešaka na različitim nivoima kontrole. Nisu postojale rezervne procedure za slučaj gubitka kontrole nad platformom i organizacione dezintegracije. Iako je Piper Alfa posedovala automatsku protivpožarnu opremu, procedura ustanovljena od strane platformnog menadžmenta je deaktivirala automatizaciju sistema tokom rada ronilaca u vodi. Preporuke prethodnih revizija su dale predlog da pumpe ostanu u automatskom režimu ukoliko ronjoci ne rade u njihovoj blizini, ali ovaj predlog nikad nije usvojen [32]. Veliki broj cevi za gas je bio povezan sa Piper Alfom. Istraživanje je upozorilo da bi bilo neophodno nekoliko sati da se smanji pritisak u cevima u slučaju vanrednog stanja, i da bi gašenje požara bilo nemoguće dok je gorivo još uvek u njima. Menadžment je priznao da bi otkaz cevovoda doveo do katastrofe, ali proizvodnja nije zaustavljena ni nakon prve uzbune zbog vanrednog stanja, tokom požara u Piper Alfi [32].

Havarija u Piper Alfi, jedna od najranijih nesreća vezanih za naftne platforme na moru, i dalje služi kao primer industriji šta se dogodi u slučaju da se proizvodnja, rokovi i troškovi stave ispred sveobuhvatnog sistema bezbednosti.

2.1.5. Nesreća u fabrici gasova Pemex

Eksplozija u postrojenju za distribuciju prirodnog gasa u gradu Rejnosa, koja se dogodila 2012. godine, dovela je do smrti 30 radnika, i povređivanja još 46 [7]. Kao posledica, postavilo se pitanje bezbednosti rada čitave državne naftne

kompanije PEMEX. Ovo postrojenje meri prirodni gas koji se vadi iz okolnih bunara i transportuje gorivo do obližnjeg postrojenja gde se tečni ugljovodonici odvajaju od gasa. PEMEX vredi preko 400 milijarde dolara, i zaslužan je za jednu trećinu budžeta meksičke vlade,

Ova tragedija je pred javnost iznela problematičan trend PEMEX-a pri zapošljavanju. Velika većina žrtava eksplozije nisu uopšte bili zaposleni u PEMEX-u, već su radili kao podizvođači privremeno zaposleni u kompaniji. Zbog ovoga se postavilo pitanje da li su oni uopšte bili dovoljno kvalifikovani da izvršavaju tehničke dužnosti unutar postrojenja. Problem sa podizvođačima koji nisu stalno zaposleni može nastati jer oni dobijaju niže plate, nisu dovoljno obučeni, i rukuju opremom uz minimalnu zaštitu, dok sa druge strane moraju da se suoče sa podjednako opasnim rizicima kao i radnici kompanije koji imaju sva prava [7]. Neke kompanije koje su izgubile zaposlene u ovoj eksploziji nude usluge poput prodaje i servisiranje opreme za merenje, tehnološkog konsaltinga i hemijske analize. Prirodno se nameću pitanja da li su ove kompanije na bilo koji način odgovorne za eksploziju, da li je oprema sertifikovana, i da li su radnici adekvatno obučeni za ovakvu vrstu posla. Radnici zaposleni kod podizvođača su bili i među 22 poginula u poslednjoj velikoj nesreći u PEMEX-u, 2007. godine, kada je iznenadna oluja izazvala sudar platforme za bušenje i ploveće naftne platforme. Istražitelji su zaključili da su smrtni slučajevi delom izazvani usled neodgovarajuće obuke za vanredno stanje.

PEMEX se zapravo ponosio svojom istorijom poboljšane bezbednosti tokom decenije koja je prethodila nesreći 2012. godine. Prijavili su značajan pad u broju nesreća na milion sati, ali su takođe i priznali u nedavnom izveštaju da je niz manjih eksplozija i požara, koji su se uglavnom dešavali u rafinerijama i petrohemijskim postrojenjima "ozbiljno ugrozio" njihovu bezbednost. Zbog ovoga je, po rečima PEMEX-a, došlo do porasta učestalosti povreda. Niz drugih nesreća desio se narednih godina (2013, 2015 i 2016) u različitim PEMEX-ovim postrojenjima [34].

Posmatranje kompletnog poslovanja kompanije kao što je PEMEX je dosta kompleksno, i teško da se mogu obuhvatiti svi aspekti tog sistema, naročito ako se uzme u obzir njena uloga u politici i u državnim finansijskim kretanjima. Međutim,

posmatranje pojedinačnih nesreća koje su se odigrale u fabrikama ove kompanije, a naročito gore opisane nesreće iz 2012. godine, pruža korisne informacije koje mogu da se uzmu u obzir i primene u drugim kompanijama kako bi se buduće nesreće spečile. Kao i u slučaju eksplozije u BP rafineriji u Teksasu, vodilo se previše računa o ličnoj bezbednosti naspram procesne bezbednosti. Tako će su rezultati vezani za to bili na jako visokom nivou, dajući lažnu sliku o tome koliko je zapravo bezbedno raditi u PEMEX fabrikama. Sa druge strane, ova nesreća, kao i druge koje su se desile u njihovim fabrikama a koje su navedene iznad, su ukazale na niz specifičnih problema koji mogu da se pojave kad kompanija zapošljava privremeno ljude iz drugih kompanija, tj. kad radi sa različitim podizvođačima. Ovo su možda dve najvažnije lekcije koje se mogu naučiti iz niza PEMEX-ovih nesreća.

2.1.6. Toskon rafinerija u Martinezu, Kalifornija

Februara 1999. godine se dogodio požar u naftnoj rafineriji u Martinesu, Kalifornija [35]. Radnici su pokušali da zamene cevi povezane sa frakcionim tornjem visine 45 metara, dok je procesna jedinica bila uključena. Tokom uklanjanja cevi, nafta je iscurila u toranj i zapalila se. Plamen je zahvatio petoro radnika koji su se nalazili na različitim visinama na tornju, od kojih su četvoro poginuli, dok je jedan pretrpeo teške povrede [5]. Dve nedelje pre ovog događajaja otkrivena je rupa sa unutrašnje strane cevovoda za naftu, blizu spoja sa frakcionim tornjem, na visini od 33.5 metra. Radnici u rafineriji su odmah reagovali i pokušali da izoluju cevovod, dok je jedinica nastavila sa radom. Pregledom cevovoda je utvrđeno značajno smanjenje debljine cevi usled korozije. Doneta je odluka da se zameni veći deo cevovoda za naftu. Radnici su izveli veliki broj neuspelih pokušaja izolovanja i ispuštanja nafte iz cevi. Bez obzira na to, nadzornici su insistirali da se cevi zamene dok jedinica radi [35]. Na dan nesreće, izdata je radna dozvola radnicima da isprazne i uklone cevi. Nakon nekoliko neuspešnih pokušaja da se cevovod isprazni, nadzornik održavanja je naložio radnicima da pneumatskom tester om iseku cevi na dva mesta. Nakon drugog sečenja, nafta je krenula da curi iz cevi, i nadzornik je naložio radnicima da otvore prirubnicu kako bi se cevovod ispraznio. Tokom

pražnjenja, nafta se zapalila, najverovatnije usled kontakta sa vrućom površinom fraktoratora, i vatra je zahvatila celu konstrukciju, kao i radnike [5]. Neki od njihovih glavnih zaključaka analize ove nesreće bili su [35]:

- Uklanjanje cevi dok je jedinica i dalje u radu uključivalo je značajne opasnosti. U okviru ove nerutinske aktivnosti bilo je neophodno ukloniti 30 metara cevi u kojima se nalazila veoma zapaljiva tečnost. Radnici koji su radili na uklanjanju su bili na visini do 33.5 metra iznad zemlje, uz ograničene mogućnosti za bekstvo. Jedinica za toplu preradu sadržala je veliki broj izvora potencijalnog zapaljenja, od kojih su neki bili na manje od metar od samih radova. Jedan od izolacionih ventila nije bilo moguće skroz zatvoriti. Brojni pokušaji pražnjenja cevi su završili neuspešno.
- Iako procedure zahtevaju da se cevovod isprazni, ispere i da se izjednači pritisak pre otvaranja, ništa od ovog nije urađeno usled nemogućnosti da se ukloni nafta zbog zapušavanja. Iako je oprema za toplu preradu bila blizu radova uklanjanja, procedure i dozvole za bezbedan rad nisu identifikovale izvore zapaljenja kao potencijalnu opasnost.

Bez obzira na sve navedeno, procedure za planiranje posla unutar rafinerije nisu zahtevale zvaničnu procenu opasnosti zamene 30 metra dugačkog naftovoda. Ovi radovi su klasifikovani kao održavanje niskog rizika. Uprkos ozbiljnoj opasnosti usled nemogućnosti pražnjenja i izolacije cevovoda, sa čim su radnici i nadzornici bili upoznati nedelju dana pred incident - nije došlo do ponovne ocene klasifikacije rizika [35]. Rafinerijina dozvola za opasne nerutinske poslove je odobrena samo od strane rukovodaca jedinicom, na dan incidenta. Nadzornik radova nije bio uključen u inspekciju radnog mesta, kao ni u pregledanje dozvole. Nadzornici i osoblje zaduženo za bezbednost rafinerije su retko bili prisutni da nadgledaju radne aktivnosti.

Učešće multidisciplinarnog tima u planiranju i izvođenja aktivnosti, uz pomoć višeg menadžmenta, bi po svoj prilici osiguralo da procesna jedinica bude ugašena tokom popravki nakon što je utvrđeno da nije moguće isprazniti i izolovati

cevi [5]. Očigledan uticaj ljudskog i organizacionog faktora se u ovom slučaju manifestovao kroz aktivnosti održavanja i inspekcije, koje su potpuno pogrešno shvaćenje i vođene u ovoj fabrici.

2.1.7. Izlivanje nafte "Deepwater Horizon"

Izlivanje nafte Deepwater Horizon ("Makondo katastrofa"), predstavlja industrijsku nesreću koja se dogodila 2010. godine, u Meksičkom zalivu, na bušotini Makondo, kojom je upravljao BP [30]. Naftna i gasna industrija su u ovom zalivu razvijale i primenjivale nove tehnologije sve većih razmera, u sve dubljim vodama, pa kontrolori nisu uspeli da održe korak sa ovom ekspanzijom, često usled odbijanja industrije da se bavi efikasnijim nadgledanjem. Ovo je za rezultat imalo ozbiljan, i na kraju neoprostiv, nedostatak nadzora tokom bušenja na otvorenom moru koje je rezultiralo ovom katastrofom. A sve kao posledica ignorisanja samog konteksta vezanog za duboke vode unutar Zaliva, od strane kako privatne industrije, tako i javnosti [8]. Ovo izlivanje nafte u more, tokom kojeg je poginulo 11 ljudi, smatra se najvećom nesrećom te vrste u istoriji naftne industrije. Po proceni Vlade USA, iscurilo je ukupno 780.000 m³ nafte [36]. Prema satelitskim snimcima, izlivena nafta je direktno zahvatila oko 180.000 Km² okeana, kao i 201 Km obale [30].

Ova nesreća je tragičan, ali dobar primer šta može da se desi kada su u pitanju velike industrijske nesreće sa ozbiljnim posledicama. U mnogo nesreća poginulo je daleko više ljudi, međutim uticaji ove nesreće na širu okolinu i prirodnu sredinu i na zdravlje ljudi koji žive u toj široj okolini je bio nemerljiv i trajao je jako dugo. Tako će, finansijski gubici su mereni u stotinama miliona dolara, obuhvatajući sve od sektora bušenja van obale, preko turizma, do ribarstva.

Istraga o ovoj nesreći obuhvatala je nekoliko ispitivanja i komisija u SAD. Cela situacija je bila vrlo kompleksna i teška za analizu, zato što su u sam proces eksploatacije Makondo bušotine uključene tri ogromne korporacije sa različitim zaduženjima i interesima [8, 37]. Uzroci su kompleksni i rezultirali su iz očiglednih grešaka u prvom redu od strane ovih kompanija, kao i od vladinih zvaničnika koji su

se previše oslonili na tvrdnje ovih kompanija da se bezbednost operacija drži pod kontrolom, pa nisu sami nadgledali ceo proces [36]. Za potrebe ove doktorske disertacije izdvojićemo samo deo rezultata istrage koji se odnosi uticaj ljudskih i organizacionih faktora na odigravanje ove nesreće. Ovi faktori obuhvatili su pogrešno tumačenje signala koji su ukazivali na probleme sa bunarom i integritetom sistema bezbednosti, neodgovarajuće modifikacije ovih sistema, neodgovarajući dizajn kritičnih sistema, nedostatak preispitivanja u fazi projektovanja, nedostatak pridržavanja administrativnim kontrolama vezanim za bezbedan rad, nedostatak praćenja Praktičnih Preporuka br. 75 Američkog Naftnog Instituta, itd.

U [37] ovi faktori su identifikovani i kategorizovani kao latentne i aktivne ljudske greške. Aktivne greške definisane su kao greške koje se mogu odmah prepoznati, i koje su obično vezane za aktivnosti i rad operatera na licu mesta. Autori misle na neposrednu ljudsku grešku u samom izvršavanju zadataka. Dvadeset posto od ukupnih greški koje su izdvojene kao uzroci ove tragedije bile su aktivne greške [37], kao što su: rezultati ispitivanja negativnim pritiskom su pogrešno protumačeni, istovremene aktivnosti na bunaru su dekoncentrisale zaposlene na bušotini kao i osoblje zaduženo za praćenje nivoa blata oko bunara,...

Očigledno je da je došlo do potpunog raspada bezbednosnog sistema već u konceptualnoj fazi izrade projekta, koji se nastavio kroz faze projektovanja/ implementacije sve dok se sama katastrofa nije dogodila. Dokazi o ovom potpunom raspadu sistema se ogledaju u nedostatku održavanja kritičnih sistema, nedostatku praćenja industrijskih uputstava i konstantnim odlukama menadžmenta da žrtvuju bezbednost u cilju uštede novca i vremena.

2.1.8. Otkazi vezani za opremu koja je projektovana i proizvedena prema standardima koji nisu više u generalnoj upotrebi

Poseban problem predstavlja oprema pod pritiskom napravljena po standardima koji nisu više u generalnoj upotrebi. Radi se o posuda ma pod pritiskom, starim više decenija, a naročito velikim rezervoarima izrađenim od starije

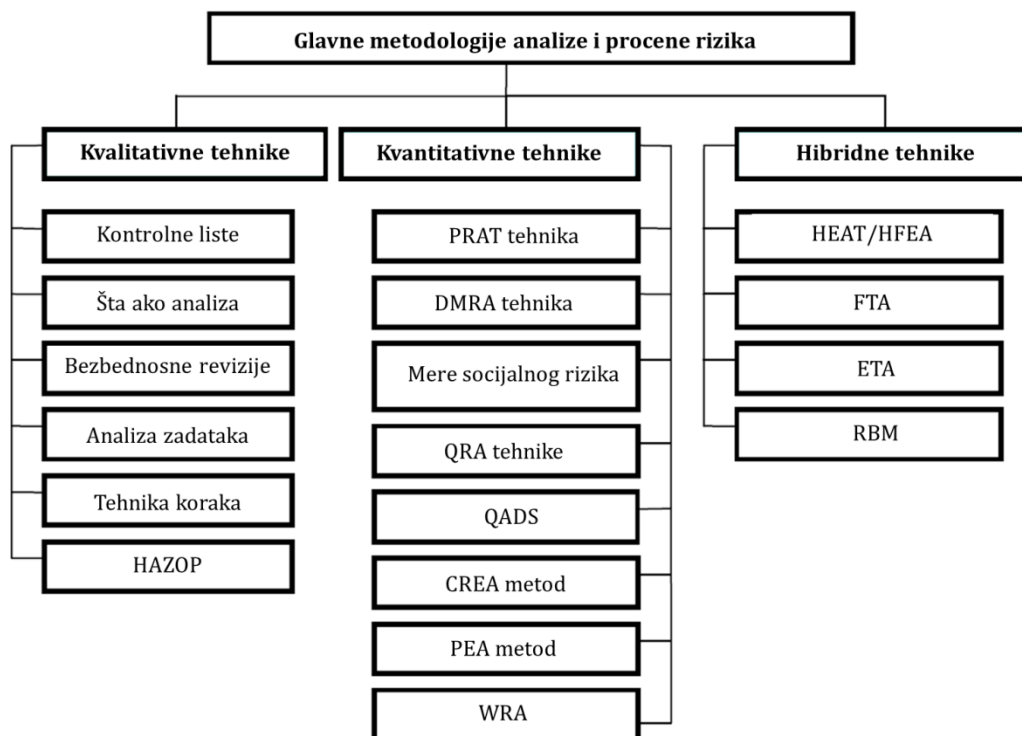
generacije mikrolegiranih čelika povišene čvrstoće. Mnogi takvi rezervoari su stavljeni van upotrebe zbog problema sa prslinama, a kod onih koji se još uvek koriste, rizik od havarije je povećan iz više razloga, a najviše usled sklonosti čelika starije generacije ka stvaranju prslina u zavarenim spojevima, kao i njihove dugotrajne eksploatacije.

Kao primer ovakve opreme pod pritiskom, mogu da se navedu sferni rezervoari za skladištenje opasnih materija (amonijak, VCM) na visokom pritisku [38]. Sferni rezervoari imaju ravnomerno naponsko stanje, ali je ono izrazito visoko, i to su upravo razlozi da se koristi takav oblik, koji nije najpovoljniji sa tačke gledišta njihove izrade. Takvi rezervoari su bili popularni sedamdestih godina prošlog veka, a najčešće je korišćena posebna vrsta čelika [38] koji je omogućio značajno manju debljinu zida rezervoara. Korist od ovog čelika je bila takođe i u vezi zavarivanja, jer je bilo potrebno znatno manje vremena i dodatnog materijala da se naprave spojevi. Nažalost, ubrzo posle puštanja u rad, pojavili su se problemi procurivanja, za koje je uzrok bio višestruk. Osim sklonosti čelika povišene čvrstoće ka stvaranju prslina u zavarenom spoju, bitan "doprinos" su dali zavarivači, koji nisu poštovali propisanu tehnologiju zavarivanja, odnosno nisu sušili elektrode pre upotrebe, čime su uneli nedozvoljenu količinu vodonika u zavarene spojeve. Drugi veoma bitan uzrok problema je ispitivanje povišenim pritiskom, 30% ili više, sa idejom da ako posuda izdrži takvu probu, onda će biti bezbedna na radnom pritisku. Takav pristup, iako zasnovan na standardu, je pogrešan, jer ništa ne dokazuje, a može da nanese veliku štetu, jer upravo je preopterećenje mehanizam rasta postojećih prslina, koje mogu da dostignu kritičnu veličinu na taj način. Drugim rečima, popravke zavarivanjem, odnosno žlebljenjem i navarivanjem, u kombinaciji sa probnim pritiskom, predstavljaju nažalost najbolji mehanizam za nastanak i rast prslina. Shodno tome, potrebno je obratiti posebnu pažnju na opremu pod pritiskom koja je izrađena po standardima koji više nisu u upotrebi. Nažalost, pogrešni pristup sa probnim pritiskom je i dalje na snazi, a o njegovom štetnom dejstvu će biti reči kasnije.

2.1.9. Analiza trenutne situacije industrijskih nesreća sa ozbiljnim posledicama

Broj i uzrok nesreća i otkaza sa ozbiljnim posledicama u fabrikama i postrojenjima je tema koja će uvek biti aktuelna i problem kome će se još dugo pridavati puno pažnje. Posledice otkaza opreme se dele na više kategorija i obuhvataju posledice po čoveka (povreda ili fatalni ishod), posledice po okolinu (koje takođe mogu indirektno uticati na bezbednost i zdravlje ljudi), i posledice u smislu materijalne i finansijske štete (narušavanje drugih delova fabrike, narušavanje kuća i zgrada u blizini fabrike, finansijski gubici zbog samog prekida u proizvodnji i saniranja posledica) [13, 5, 1]. Upravo zbog ozbiljnosti navedenih posledica od izuzetne važnosti je kontrolisanje potencijalnih uzroka nesreća i otkaza na način da se ne uči na sopstvenom već na tuđim iskustvima.

Već decenijama se intenzivno radi na uvođenju, implementaciji i unapređenju standarda vezanih za bezbednost na radu i upravljanje rizicima u radu, što je svakako dovelo do određenih poboljšanja i napredka u sprečavanju nesreća. Međutim, situacija je daleko od idealne i ovo pitanje zahteva konstantan rad i težnju ka boljim rezultatima. Na današnji dan u teoriji i praksi postoji veći broj rešenja i procedura za procenu rizika različitih tehničkih sistema. Sa jedne strane su obimni i komplikovani standardi kao što su API 581 i RIMAP [13, 39], o kojima će kasnije biti više reči, a sa druge strane je raspoloživ veći broj jednostavnijih tehnika i modela za bilo kvalitativnu bilo kvantitativnu procenu rizika. Tehnike kao što su Procena Štetnosti i Opasnosti (HAZOP), Analiza Stabla Otkaza (FTA), Analiza Zaštitnog Sloja (LOPA) i slične [9, 40] su primenjivane i optimizirane tokom godina, ali svedeno, ozbiljne nesreće sa smrtnim slučajevima i velikim imovinskim gubicima se i dalje dešavaju. Literatura pokazuje [9] da se ove tehnike mogu klasifikovati u tri glavne kategorije: kvalitativne, kvantitativne i hibridne tehnike (polu kvantitativne). Neke od poznatijih tehnika date su na slici 2.1.



Slika 2.1. Prikaz kvantitativnih, kvalitativnih i hibridnih tehnika za procenu i analizu rizika [9]

Detaljan pregled svih ovih tehnika dat je u [9]. Ovde će biti istaknuti njihovi najvažniji nedostaci, kao argument zašto je potrebno od "nule" razviti jedan sistem ili alat za procenu rizika koji može na optimalan način da izbalansira većinu ovih nedostataka.

Kvalitativni metodi procene rizika se oslanjaju previše na procenu pojedinačnih stručnjaka i njihovog znanja. Kontrolne liste koje se koriste u svrhu kvalitativne procene nisu statistički obrađene i imaju opisno subjektivni karakter. HAZOP analiza je popularna tehnika koja ima sistemski pristup utvrđivanju toka događaja i njihovih uzroka, ali je skupa, komplikovana za primenu i zahteva tim eksperata. Sama činjenica da su rezultati svih ovih tehnika kvalitativne prirode, a ne kvantitativne, otežava poređenje sa drugim rezultatima a onemogućava bilo kakve ozbiljnije proračune.

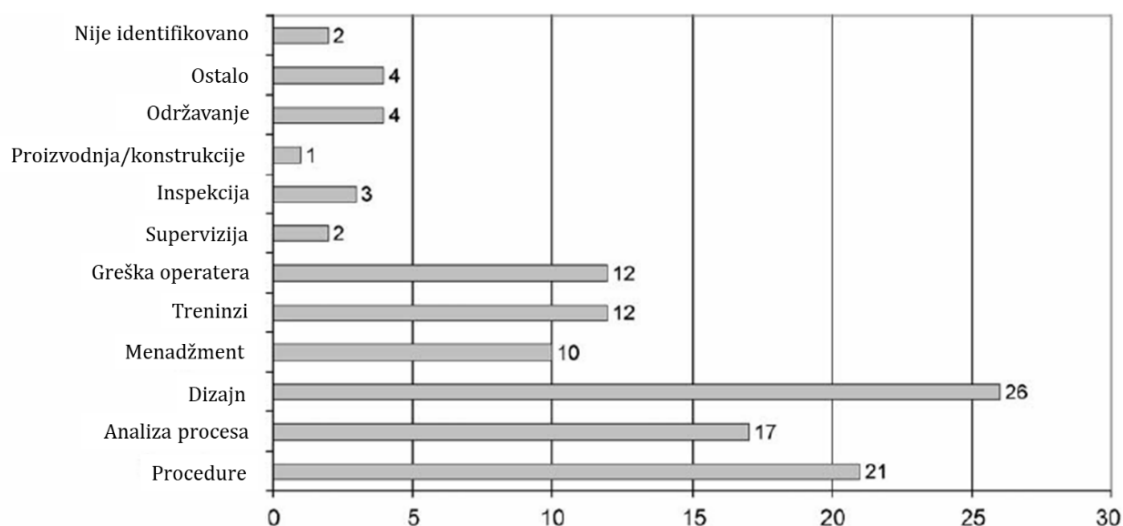
Što se tiče kvantitativnih metoda za procenu rizika uglavnom su sve suviše komplikovane, vremenski i finansijski zahtevne i podrazumevaju širok tim eksperata da bi mogle da se sprovedu. Takođe, svaka tehnika se fokusira na nekoliko ili jednu određenu oblast. Npr. kvantitativni deo HEAT tehnike se fokusira isključivo na ljudsku grešku, druge se fokusiraju samo na curenje radne materije ili samo na jednu granu industrije i proračun rizika vezan za to.

Raznolikost i broj svih ovih tehnika za analizu rizika je takav da praktično za svaku okolnost i situaciju možemo primeniti različitu tehniku, a objedinjen pristup ne postoji.

2.2 Uloga ljudskih i organizacionih faktora u industrijskim nesrećama sa ozbiljnim posledicama

Zajedničko za sve napred pomenute, postojeće tehnike i modele procene rizika, i uopšte za literaturu vezanu za velike industrijske nesreće je fokusiranje na tehničke uzroke nesreća. Svakako, analiza nesreća iz prošlosti pokazuje da su tehnički uzroci tj. mehanički integritet opreme značajan indikator u nesrećama i u tom smislu se mora uzeti u obzir pri analizi rizika ovakvih sistema. Međutim, detaljnijom analizom svake pojedinačne nesreće postaje jasno da u najvećem broju slučajeva ne bi došlo do otkaza opreme ili bi posledice bile značajno manje, da nije bilo ljudske greške ili propusta od strane višeg menadžmenta, tj. u organizaciji procesa [26]. Tek poslednjih godina ova tema postaje popularnija. Kako u [9] navode, najveće industrijske nesreće su pokazale da za uzrok imaju jednu ili više ljudskih greški. Ljudska greška je postala naširoko prihvaćena kao glavni uzrok nesreća sa ozbiljnim posledicama u širokom spektru industrijskih sektora. Sistematični pristup razmatranju uloge ljudskog faktora u dizajnu, radnim procesima i održavanju visoko kompleksnih sistema, može dovesti do poboljšanja bezbednosti i efikasnije operativnosti [41]. U [26] je dat grafik koji prikazuje neposredne uzroke nesreća u periodu od 1985. do 2001. godine u petrohemijskom sektoru, gde se po njihovom istraživanju može videti da je 19% nesreća sa ozbiljnim

posledicama uzrokovano isključivo ljudskim faktorom, dok je 21% uzrokovano delom ljudskim faktorom, a 44% se pripisuje otkazu opreme bez uticaja ljudskog faktora. Zapravo većina nesreća se može pripisati nekom obliku ljudskog delovanja – odluke da nešto nije važno, izostanka delovanja negde iako je navedeno da se tu deluje ili nedostatka pridavanja značaja nečemu od strane menadžmenta. Čak i 'spontani' lom posude pod pritiskom ili 'nesrećan slučaj' pokretanja nezaustavljivog ispuštanja radne materije, može da se pripiše donošenju loših odluka negde uzvodno, kad se dovoljno detaljno analizira. Izuzeci od ovoga su događaji uzrokovani stvarnim nepoznatim promenljivima, što su zapravo jako retke situacije [1]. Naprimera, u [26] je istaknuto da u čak jednoj četvrtini petrohemijskih nesreća uzrok je identifikovan prvo kao otkaz opreme, ali nakon izučavanja detalja iz celih izveštaja koji su dostavljeni, pravi uzrok se ispostavio da leži u organizaciji tj. menadžmentu. Takođe treba imati u vidu da nisu svi izveštaji detaljni, i da u dosta slučajeva nije ni moguće proveriti da li je naveden uzrok nesreće zaista onaj koji se tvrdi. Specifični uzroci vezani za ljudske i organizacione faktore koji su izdvojeni u okviru [26] dati su na slici 2.2.



Slika 2.2. Specifični uzroci nesreća vezani za ljudske i organizacione faktore za nesreće sa ozbiljnim posledicama u petrohemijskoj industriji [26]

Činjenica je da, u okviru prethodnih istraživanja, u modele procene rizika nisu u dovoljnoj meri, na adekvatan način ili uopšte, integrisani indikatori ljudskih i organizacionih faktora. Kako je u [42] naglašeno, mnogo kritike je upućeno na temu ograničenja vezanih za to da metode za procenu rizika ne uključuju ljudske i organizacione faktore. Ova naučna oblast je ogromna i još uvek nedovoljno istražena.

Ovde treba napraviti jasnu razliku između nekoliko pojmova. Prvo treba istaći razliku između ljudskog faktora i ljudske greške, a zatim i razliku između ljudskih i organizacionih faktora.

Nekada se može učiniti najjednostavnijim da se uzrok neke nesreće pripiše odmah ljudskoj grešci. Međutim, pre svega, neophodno je napraviti razliku između ljudske greške i ljudskog faktora, jer se ova dva pojma često prepliću u literaturi i koriste kao sinonimi, što nije ispravno [43]. Mnogo je naučeno o ljudskoj grešci iz nesreća koje su se desile u prošlosti. Modeli za ljudsku grešku su mnogobrojni, a dešava se da se njihova osnova značajno razlikuje od modela do modela. Ovo se ispostavilo kao dosta kompleksna tema [1].

Pod ljudskom greškom se podrazumeva greška ili propust u neposrednom izvršavanju zadataka, kao na primer pritisak pogrešnog dugmeta kao komandnog ili kontrolnog organa, greška pri merenju ili očitavanju pokazivača, ubacivanje pogrešne količine radne materije i slično. Ljudska greška može biti namerna ili slučajna [44].

Ljudski faktor je mnogo širi pojam od ljudske greške, i zapravo ljudska greška čini samo jedan njegov mali deo. Ljudski faktor se odnosi na faktore okoline, organizacije i samog posla, kao i na individualne karakteristike, koje utiču na ponašanje ljudi na poslu na način koji može uticati na bezbednost, bilo ličnu, bilo procesnu [44]. Drugim rečima, ljudski faktori se tiču toga šta se traži od ljudi da urade (zadaci i njihove karakteristike), ko će to da uradi (individualac i njegove karakteristike) i gde se zadatak izvršava (organizacija i njene karakteristike), na koje sve zajedno utiče širi socijalni momenat, kako lokalni tako i nacionalni [1].

Intervencije nad ljudskim faktorima neće biti efektivne ukoliko se svi ovi aspekti posmatraju izolovano. Svakako, delovanje ljudi može igrati ključnu ulogu u inicijaciji, mitigaciji, eskalaciji i fazi oporavka od nesreća i stoga je neophodno ovoj temi prići na ozbiljan način [1].

Ovde se dolazi i do organizacionih faktora. Ljudski i organizacioni faktori su pojmovi koji su relativno isprepletani [43, 45], pa je moguće da baš iz tog razloga dolazi do toga da se u literaturi nekad ta dva pojma preklapaju a nekada se izučavaju potpuno odvojeno jedno od drugog. Međutim, u analizi rizika i uticaja ljudskih i organizacionih faktora na njega, jedna od ključnih stvari je da se napravi jasna razlika između ova dva pojma. Naime, i organizacioni faktori obuhvataju uticaj ljudskog ponašanja na rizik, ali se odnose isključivo na ponašanja i akcije ljudi iz višeg menadžmenta, koji preko organizaciono upravljačkih aktivnosti u kompaniji utiču na sprovođenje zadataka. Sa druge strane ljudski faktor se isključivo odnosi na operatere koji ne donose odluke u preduzeću nego izvršavaju zadatke. Organizacioni faktori utiču na ljudske faktore kako je već napomenuto, i taj uticaj se takođe može ispitati [43] ali u kontekstu analize faktora koji svaki za sebe utiču na rizik, ove pojave treba zasebno da se analiziraju.

Da bi se shvatilo kako funkcionišu menadžeri u nekoj kompaniji, potrebno je posmatrati prvo celokupnu sliku, i to sa njihove tačke gledišta. Njihove pozicije nose visoke plate, bolji status i mnogo odgovornosti, a njihovi prioriteti su u skladu sa tim - od toga da ostvare pozitivne rezultate u tekućoj godini i naprave plan za sledeću, preko različitih ciljeva koje moraju postići, što vremenski što u smislu kvaliteta, do sastanka koji imaju sa akcionarima kompanije sledećeg meseca i bonusa koji treba da ostvare na kraju godine a pored svega toga i o bezbednosti treba voditi računa [1]. Kada ovako posmatramo situaciju, postane jasno koliko je zapravo ključno da bezbednost ne bude samo jedna od 50 stavki na listi 'za uraditi' (i to ne na prioritetnoj listi), već da bude najmanje podjednako važna kao postizanje osnovnih ciljeva poslovanja. Naravno da je nerealno očekivati da kompanijama koje rade i funkcionišu pre svega zarad profita, taj profit ne bude primaran cilj. Ali to nije ni potrebno. Potrebno je da se napravi balans između zarade i rokova i bezbednosti.

Zato i jeste od izuzetnog značaja da se imenuje glavna odgovorna osoba iz višeg menadžmenta za procesnu bezbednost i da se to tretira kao zaseban projekat podjednakog prioriteta kao i druge glavne aktivnosti poslovanja kompanije, sa tim da u kritičnim situacijama to postaje apsolutni prioritet. Pored ovoga, najviši menadžment mora da bude upućen i zainteresovan za brigu o bezbednosti, kako bi celokupna atmosfera u firmi bila vođena u adekvatnom pravcu, a bezbednošću se mora upravljati na svim nivoima menadžmenta u kompaniji [1].

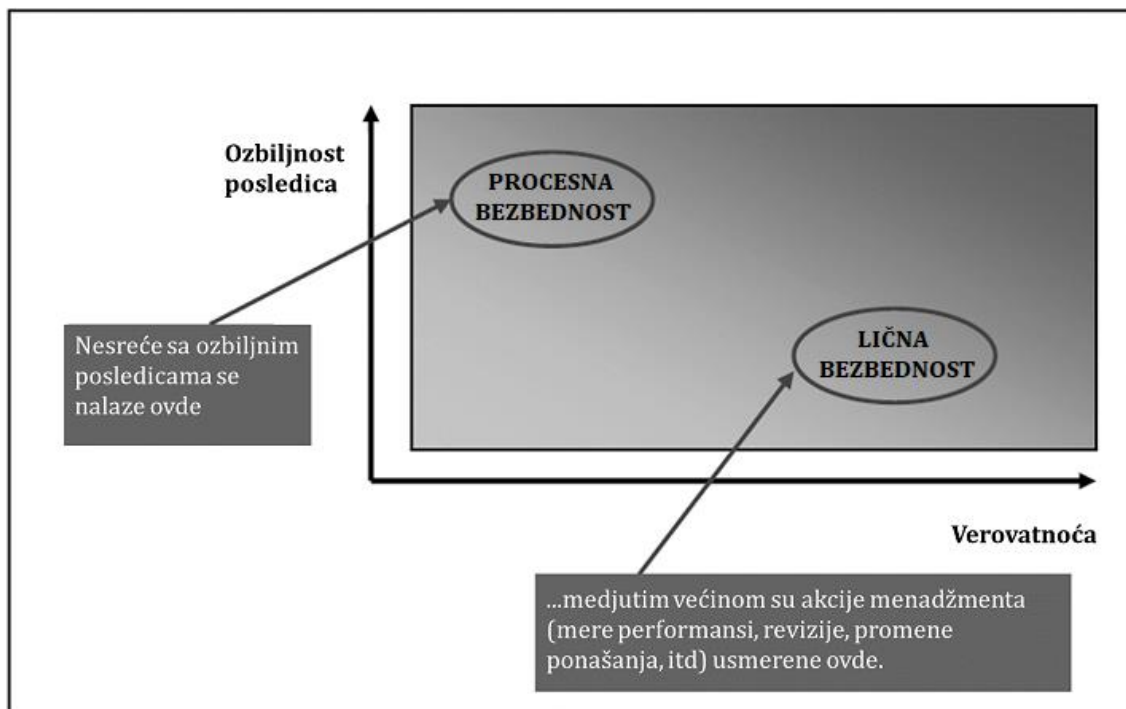
Shodno svemu napred navedenom, jasno je zašto posebno moraju da se izdvoje i proučavaju organizacioni uticajni faktori sa jedne, a ljudski faktori sa druge strane, ali takođe i zašto je neophodno da se to naknadno stavi u isti kontekst i razmatra kao jedna celina. Upravo zbog toga je jedan od glavnih predmeta i ciljeva ove disertacije razvoj alata za ispitivanje i kvantifikaciju uticaja ljudskih i organizacionih faktora na rizik u eksploataciji opreme pod pritiskom, koji može da se koristi zasebno ili u kombinaciji sa već postojećim, prethodno navedenim tehnikama i sistemima za procenu rizika.

2.3 Razlika između procesne i lične bezbednosti

Ovde je potrebno da se istakne razlika između pojmova procesne i lične bezbednosti. Lična bezbednost se odnosi na događaje kao što su proklizavanja, saplitanja, padovi i svi drugi načini na koje radnik može da se povredi, ali koji neće dovesti ni do kakvih značajnih posledica po opremu, okolinu ili druge radnike. Sa druge strane, procesna bezbednost uključuje sprečavanje daleko većih, retkih događaja koji za sobom donose ozbiljne posledice u mnogo širem kontekstu [1]. Katastrofalni efekti ovakvih događaja mogu rezultirati u višestrukim povredama ili smrtnim slučajevima, kao i značajnim ekonomskim i imovinskim gubicima i ozbiljnim zagađenjima. U okviru procesne industrije, procesna bezbednost se sa jedne strane odnosi na sprečavanje curenja i prosipanja radne supstance, kao i neadekvatnog funkcionisanja opreme, previsokih ili preniskih radnih temperatura, korozije, zamora materijala, itd., a sa druge strane na programe bezbednosti,

procenu potencijalnih opasnosti, upravljanje promenama, inspekciju, održavanje, trening zaposlenih...

U kontekstu rizika, opisanog preko posledice i verovatnoće nekog događaja, procesna i lična bezbednost mogu se prikazati na zajedničkom dijagramu, datom na slici 2.3, gde se jasno vidi njihova suštinska razlika.



Slika 2.3. Prikaz procesne i lične bezbednosti na dijagramu posledica-verovatnoća događaja [1]

Iako su procesna i lična bezbednost u nekom smislu isprepletani pojmovi, lična bezbednost se ne sme smatrati indikatorom procesne bezbednosti ni u jednoj kompaniji [4]. U nekoliko slučajeva u prošlosti previše fokusa na ličnu bezbednost (jako mali broj ili potpuni izostanak povreda radnika i njihovog izostajanja sa posla) doveo je do toga da se procesna bezbednost zanemari, što je posledično dovelo do nesreća sa ozbiljnim posledicama [28, 29].

Na primer, u slučaju Esso Longford nesreće u Australiji 1998. [28], potpuno pogrešan utisak o stanju bezbednosti u fabrici je stečen upravo zbog mere lične bezbednosti kroz broj dana izostanaka sa posla. Cela godina koja je prethodila

nesreći je prošla bez ijedne povrede na poslu i Esso je dobio nagradu od industrije za ovo dostignuće. Postigli su 5 miliona radnih sati bez gubitaka zbog povreda. Međutim ovi rezultati su naveli menadžment na potpuno pogrešan utisak da je u njihovoj fabrici sve u redu sa bezbednošću u svakom pogledu. Što se pokazalo kao potpuno pogrešno već naredne godine kada se dogodila nesreća u kojoj je dvoje ljudi je poginulo i snabdevanje gasom čitavog mesta bilo prekinuto dve nedelje, a sama fabrika pretrpela ogromne finansijske gubitke.

Što se tiče lične bezbednosti, ona je regulisana u Srbiji zakonom o bezbednosti i zdravlju na radu "Sl. glasnik RS", br. 101/2005 i 91/2015, dok je internacionalno široko rasprostranjen i prihvaćen standard OHSAS 18001 [47]. On daje organizaciji smernice kako da gradi, održava i poboljšava menadžment sistem koji je usmeren tako da dovede na minimum potencijalne opasnosti i rizike zaposlenima i drugima koji rade za organizaciju.

U okviru ove disertacije, kada se govori o proceni rizika i o bezbednosti u industrijskim postrojenjima i kompanijama, misli se isključivo na procesnu bezbednost i rizike vezane za nju. Lična bezbednost je samo jedan mali deo procesne bezbednosti i kao takav biće obuhvaćen ovim istraživanjem, ali se nikako ne sme mešati sa sveukupnim rizikom. Lična bezbednost je stoga samo jedan od faktora u okviru mernog instrumenta koji sa svojih otprilike 10% doprinosi ukupnom uticaju ljudskih i organizacionih faktora.

2.4 Uloga opreme pod pritiskom u industrijskim nesrećama sa ozbiljnim posledicama

Najveći deo procedura razvijenih za procenu rizika odnosi se isključivo na procesnu industriju i fokusiran je na opasne supstance koje se u okviru procesne industrije koriste. Npr. SEVESO direktive [48] se isključivo bave prevencijom i kontrolom velikih industrijskih nesreća koje uključuju ono što je predefinisano kao opasna supstanca. Razlog je očigledan, s obzirom da posledice nesreća sa opasnim supstancama uzimaju mnogo veće razmere nego u ostalim slučajevima. Zapravo

prve procedure i zakone vezane za procenu i kontrolu rizika uvela je nuklearna industrija, zbog posledica nesreća koje su desile u okviru njih. Nakon toga neke od najvećih nesreća u istoriji su se upravo desile u procesnim fabrikama koje koriste zapaljive i opasne materije [5] (kao što su Fliksborog u Engleskoj 1974. godine, Seveso 1976., i Bopal 1984.), tako da je dalji razvoj procedura vezanih za rizik nastavljen upravo u procesnoj industriji i ostao fokusiran na opasne materije kojima se tamo barata [49, 1]. Međutim, ovakav pristup je doveo do toga da se fokus suviše stavlja na same supstance i tehničke aspekte isključivo ovih sistema, dok je u praksi je pokazano da se u najvećem broju slučajeva ozbiljnije nesreće dešavaju zbog otkaza i rada sa opremom pod pritiskom [1] nevezano obavezno za opasne supstance sa kojima se radi – što će biti pokazano kroz studiju slučaja u okviru ove disertacije. Dodatno, otkaz posuda pod pritiskom, koje su sastavni deo procesne industrije, se dešava i u okviru drugih tipova industrije, gde takođe dovodi do ozbiljnih posledica, pa je neophodno, u smislu procesne bezbednosti i rizika, posmatrati opremu pod pritiskom kao celinu a ne samo u okviru pojedinačnih industrijskih sektora. Tako npr. posledice nesreća u manjim i srednjim preduzećima i postrojenjima, iz najrazličitijih grana, takođe dovode do smrtnih ishoda, velikih finansijskih gubitaka, i često posledica po lokalnu okolinu, što je potrebno uključiti kao neizostavni deo istraživanja kada je u pitanju procesna bezbednost. Veliku prepreku tome predstavlja činjenica da se nesreće iz manjih kompanija retko prijavljuju [3]. Takve kompanije ne mogu da inkorporiraju metode za ocenu rizika kao što su API 581 i RIMAP, jer su to izuzetno komplikovani standardi, jako iscrpni vremenski i finansijski i veoma zahtevni za primenu, i to u takvoj meri, da predstavljaju izazov i za velika postrojenja i sisteme, a praktično su neprimenljivi u slučajevima manjih i srednjih preduzeća. Navedeno važi kako za zemlje Evropske unije, tako i za Srbiju, gde postoji veliki broj malih i srednjih preduzeća u kojima se koristi oprema pod pritiskom, i u kojima se neretko dešavaju otkazi i dolazi do nesreća i do ozbiljnih gubitaka, različitih kategorija. Promena postojećeg pristupa u razvijanju metodologija za ocenu procesnog rizika, u kome se polazi od procesne industrije i bavi isključivo opasnim supstancama, na pristup u kom će se polaziti od opreme pod pritiskom u bilo kom kontekstu i uzimati u obzir kako tehnički aspekt

tako i aspekt ljudskih i organizacionih faktora, može povesti u pravcu sveobuhvatnijeg pristupa proceni rizika i samim tim boljih rezultata u ovoj oblasti.

U Srbiji, u Centralnom registru opreme pod pritiskom u okviru Ministarstva rudarstva i energetike, prijavljeno je svega 22 000 komada opreme pod pritiskom. Na ovome se u Srbiji radi tek nekoliko godina. Naravno, broj korišćene opreme je daleko veći, međutim smatra se da je veći deo ozbiljnije opreme pod pritiskom (iz procesne industrije i slično) prijavljen (oko 5000 kompanija je prijavilo ovu opremu). Dok u NIS-u (Naftna industrija Srbije) jeste urađena procena rizika po API 581 standardu [50], po saznanjima autora ove disertacije, nijedna druga kompanija u Srbiji nije ulazila u taj proces. Međutim, čak ni API procedura ne obuhvata na adekvatan način uticaj ljudskih, pa ni organizacionih faktora, a pored toga je i izrazito vremenski i finansijski zahtevna za kompaniju. Shodno ovome, neophodno je, kako za velike sisteme, tako i za sve manje sisteme gde se radi sa opremom pod pritiskom napraviti pristup proceni rizika, koji će uključiti uticaj ljudskih i organizacionih faktora i koji će biti lako razumljiv i iskoristljiv za sve zainteresovane strane.

Analiza rizika u radu sa opremom pod pritiskom u Srbiji

Republika Srbija je u procesu usaglašavanja sa sistemom, vrednostima i zakonodavstvom EU. Shodno tome, svi relevantni standardni za opremu pod pritiskom su usaglašeni sa evropskom direktivom 97/23/EC za opremu pod pritiskom. Nova direktiva 2014/68/EU je stupila na snagu u Evropskoj Uniji, dok je u Republici Srbiji i dalje na snazi direktiva od 1997.

Pravilnikom o pregledima opreme pod pritiskom tokom veka upotrebe "Službeni glasnik RS, br. 87/2011, 75/2013" su definisana ispitivanja. Članom 4 ovog pravilnika, oprema pod pritiskom se s obzirom na opasnost po zdravlje ljudi i bezbednost razvrstava u dva nivoa opasnosti:

- 1) oprema pod pritiskom niskog nivoa opasnosti;
- 2) oprema pod pritiskom visokog nivoa opasnosti.

Razvrstavanje opreme pod pritiskom koja se po prvi puta stavlja u upotrebu ili koja je u upotrebi obavlja imenovano telo za razvrstavanje opreme pod pritiskom i popunjava evidencioni list. Nivo opasnosti zavisi od fluida, pritiska, temperature i zapremine ili nazivnog prečnika u slučaju cevovoda.

Pregled i ispitivanje opreme pod pritiskom niskog nivoa opasnosti obavlja sam vlasnik/korisnik. Pregled i ispitivanje opreme pod pritiskom visokog nivoa opasnosti može obavljati samo imenovano telo za preglede i ispitivanja opreme pod pritiskom.

Nažalost, važeći pravilnici u Republici Srbiji jako loše identifikuju i kvantifikuju rizik opreme pod pritiskom. Sam pravilnik daje referencu prema članu 6: "Poseban program periodičnih pregleda definisan je tehničkom dokumentacijom proizvođača opreme pod pritiskom ili se izrađuje na osnovu sprovedene analize rizika u skladu sa SRPS ISO 31000 i odgovarajućim standardima za upravljanje rizikom". Međutim, iskustvo stručnjaka i eksperata iz oblasti analize rizike opreme pod pritiskom nije omogućilo praktičnu implementaciju člana 6. Sva ispitivanja i pregledi opreme pod pritiskom u Republici Srbije se, i dalje, sprovode prema normativnim metodama i terminima. Članom 12 su definisani periodični pregledi opreme pod pritiskom visokog nivoa opasnosti:

- 1) spoljašnji pregled;
- 2) unutrašnji pregled;
- 3) ispitivanje pritiskom.

Za posude je propisana periodika spoljašnjeg pregleda od 2 godine, unutrašnjeg od 5 godina i ispitivanja pritiskom od 10 godina.

Analiza rizika bi omogućila efektivniji metod ispitivanja, kao i dinamiku, za svaku pojedinačnu opremu. U slučaju manjeg rizika, termini se povećavaju, i obrnuto, kod opreme visokog rizika češće se sprovode ispitivanja i/ili primenjuju se dodatna ispitivanja. U nekoj meri to se i sprovodi u praksi. Ako je narušen integritet neke opreme pod pritiskom, npr. redukovana debljina jednog dela omotača posude,

nadležno imenovano tela može da skрати period spoljašnjeg pregleda na jednom godišnje uz dodatno ispitivanje merenja debljine posude. Međutim, svi ovakvi i slični slučajevi su zasnovani sa striktno subjektivnom mišljenju inspektora. Ne postoji nikakva matematička korelacija između stepena smanjena debljine i skraćivanja perioda ispitivanja sa 2 godine na 1 godinu. Sam rizik se ne identifikuje, ne kvantifikuje i ne izražava numerički. Svrha ove disertacije je, između ostalog, da unapredi ispitivanja opreme pod pritiskom u Republici Srbiji prema stepenu rizika.

2.5 Ljudski i organizacioni faktori u postojećim modelima i alatima rizika

Kako je već navedeno, ljudski i organizacioni faktori se zaista obrađuju u literaturi poslednjih godina na mnogo različitih načina i čak pod različitim nazivima. Istaknuta je potreba da se ovi pojmovi jasno definišu, i da se napravi sistemski pristup datom problemu. Međutim, da bi to bilo moguće, prvo je neophodno napraviti analizu postojećih modela, pravaca ili pristupa koji se bave ispitivanjem ljudskih ili organizacionih faktora na bilo koji način, i to će biti tema ovog poglavlja.

2.5.1. Upitnici za ocenu klime bezbednosti

Poslednji koncept koji se javio tokom razvoja metoda za sprečavanje nesreća je tzv. kultura bezbednosti [51, 30], koji se pojavio iznenada, kao univerzalni lek. Iz ovog koncepta su proistekli drugi pojmovi, poput bezbednosne klime i stava o bezbednosti. Ovaj koncept je i dalje teško definisati, uprkos tome što se njime bave mnogi istraživači. Kultura bezbednosti nije izolovana struktura, već proizlazi iz organizacione kulture, i obuhvaćena je njom. Bezbednosna klima se smatra vidljivom i merljivom, budući da je kultura suštinski sadržaj ljudskog mišljenja i delovanja [52]. Prvobitno, bolji dizajn i viši kvalitet materijala je najviše doprineo boljoj procesnoj bezbednosti, da bi se deceniju kasnije, težište pomerilo na ljudsko ponašanje i prepoznavanje uticaja koji ima upravljanje. Kritična uloga mudrog vođstva i dobrog upravljanja u sprečavanju gubitaka je postala veoma jasna, neretko

kao posledica prethodnih nesreća, pošto se pokazalo da ukoliko vrh kompanije ne uzima značaj bezbednosti ozbiljno, i ne ohrabruje svoje zaposlene da vode računa o istoj, sve mere bezbednosti na radnom mestu će biti bez ikakvog efekta [1]. Stoga je efektivno vođstvo neophodno na svim organizacionim nivoima, kako bi se stvorila atmosfera odgovarajuće kulture bezbednosti. Bezbednost je nešto čime se mora upravljati, i predstavlja odgovornost linijskog upravljanja. Upravljanje samo predstavlja sredstvo koje obezbeđuje da ljudi zajedničkim snagama ostvare cilj. Na ovome se zasniva osnova teorije o klimi bezbednosti. Postoje brojni radovi [42, 53, 54, 55, 56] vezani za ovu temu u kojima su razvijene metode anketiranja (upitnici za ocenu klime bezbednosti - UOKB) i urađeno objektivno tumačenje njihovih rezultata, a pokazale su se veoma korisnim, delom i zbog toga što su verifikovane primenom statističkih metoda. Sa druge strane, upitnici vezani za kulturu bezbednosti opisuju stavove, verovanja i shvatanja zaposlenih o riziku i bezbednosti, i usko su vezani za ličnu bezbednost, koja predstavlja značajno drugačiji koncept od procesne bezbednosti, ali se može posmatrati kao jedna od mnogih oblasti unutar procesne bezbednosti, što će i biti slučaj u ovoj disertaciji. Npr. HSE alat [44] obuhvata klimu bezbednosti kao jednu od 10 tema koje opisuju ukupan ljudski faktor vezan za upravljanje teškim nesrećama i opasnostima vezanim za njih i to ne među oblastima označenim kao osnovne oblasti (definisane kao oblasti od ključnog značaja u svim fabrikama i na svim mestima), nego među oblastima označenim kao zajedničkim, a okarakterisanim kao relevantnim na velikom broju mesta, znači drugim po važnosti. Takođe, postoji sveopšti nedostatak povezanosti klime bezbednosti i kulture bezbednosti bilo sa konceptom bezbednosti i upravljanja rizikom, bilo sa performansama bezbednosti [53]. Shodno tome, upitnici za ocenu klime bezbednosti, iako su kroz literaturu obrađeni na adekvatan način, statistički validirani i provereni, obuhvataju samo mali deo šire slike. Proučavanje ovih upitnika može biti izuzetno korisno u smislu definisanja dela pitanja koji će opisivati uticajni faktor koji se odnosi na ličnu bezbednost.

2.5.2. Tehnike za ocenu neposredne ljudske greške

Tokom poslednje tri decenije, u literaturi su bile popularne tehnike za ocenu neposredne ljudske greške (TONLJG) ili preciznije - greške operatera, kako je već objašnjeno u poglavlju 2.2. Najčešće korišćen termin koji obuhvata tehnike razvijene za ocenu i predviđanje ljudske greške je Analiza ljudske pozudanosti (Human Reliability Analysis - HRA) [42]. Razvijene su brojne tehnike, poput HEAT, ATHEANA, HEART,... [1], od kojih su neke koristile Faktor Oblikovanja Performansi (Performance Shaping Factor - PSF). PSF predstavlja grupu faktora koji utiču na ponašanje operatera poput izgleda radnog mesta, kulture bezbednosti, obuke, stručnosti, složenosti zadataka, napora,... [9]. Drugim rečima, kada se identifikuje ljudska greška, sledeći korak je utvrditi koji faktori tu grešku čine manje ili više verovatnom. U HSE alatu [44] definišu se Faktori Uticaja na Performanse (PIF) kao karakteristike ljudi, zadataka i organizacije koji imaju uticaj na performanse ljudi, i samim tim na verovatnoću da dođe do greške sa njihove strane. Oni obuhvataju pritisak usled rokova, zamor, dizajn kontrolnih displeja i kvalitet procedura. Ocenjivanje i poboljšanje PIF-ova predstavlja glavni pristup maksimizovanja ljudske pouzdanosti i minimiziranja grešaka. PIF-ovi će varirati u kontinuumu od praktično najboljih do najgorih mogućih. Ukoliko su svi PIF-ovi vezani za određenu situaciju optimalni, verovatnoća da dođe do greške je najmanja. Literatura vezana za HRA analize je obimna i ova oblast je veoma složena, ali uprkos tome postoji manjak objavljenih rezultata uspešne primene svih ovih tehnika u okviru analize rizika vezanih za procesnu industriju i nesreće sa ozbiljnim posledicama [1]. Takođe, ove tehnike ne nude zvanični uzročni model ljudskog ponašanja, mada PSF-ovi mogu u nekim slučajevima da obuhvate faktore koji implicitno ili eksplicitno prikazuju uticaj nekih organizacionih i upravljačkih faktora na ljudske greške [57]. Na kraju, iako je prisutno popularno mišljenje da je neodgovarajuće ponašanje zaposlenih glavni uzrok nesreća na radnom mestu, ovakvo razmišljanje je vrlo ograničeno i bez obzira što se za razliku od upitnika koji ispituju klimu bezbednosti ne odnosi samo na ličnu bezbednost već obuhvata i procesnu bezbednost, isključuje vrlo važan uticaj

organizacije i menadžmenta same kompanije i čitavog šireg konteksta kompanije u kome se proučavane greške odigravaju.

2.5.3. Standard API 581

U okviru procesne industrije najpoznatiji standard za procenu rizika je API 581 razvijen za američko tržište, i on pokriva kako opremu pod pritiskom tako i drugu sličnu opremu [13]. API 581 predstavlja preporučenu praktičnu primenu kvantitativnih procedura koje će ustanoviti adekvatan program inspekcije, koristeći metode zasnovane na riziku, za stabilnu opremu pod pritiskom, koja uključuje posude pod pritiskom, cevi, tankove, uređaje za otpuštanje pritiska i razmenjivače toplote. Uz pomoć API 581 standarda može se razviti program inspekcije zasnovan na riziku za opremu pod pritiskom u procesnoj, petrohemijskoj i hemijskoj industriji. Po API standardu proračun rizika može se izvršiti kvalitativno, polu kvantitativno i kvantitativno. Kvantitativne metode su vrlo kompleksne, sveobuhvatne, zahtevaju obimne računice, popunjavanje tabela i jako puno vremena.

API metodologija inspekcije zasnovane na riziku (RBI tehnologije) je predstavljena u tri dela [13]:

- a) Deo 1 – Planiranje Inspekcije primenom API RBI Tehnologije
- b) Deo 2 – Određivanje verovatnoće otkaza primenom API RBI Procene
- c) Deo 3 – Modeliranje posledica u API RBI

Metode upotrebljene za definisanje plana inspekcije su prikazane u Delu 1 za stabilnu opremu. Pomoću Dela 1 se takođe mogu oceniti granični pritisci u rotirajućoj opremi. Verovatnoća otkaza stabilne opreme je obuhvaćena Delom 2. Ova verovatnoća je zasnovana na vrsti komponente i mehanizmima oštećenja koji zavise od karakteristika radnog fluida, radnih uslova i materijala od kojih je komponenta napravljena. Deo 3 daje dve metode za izračunavanje posledica otkaza.

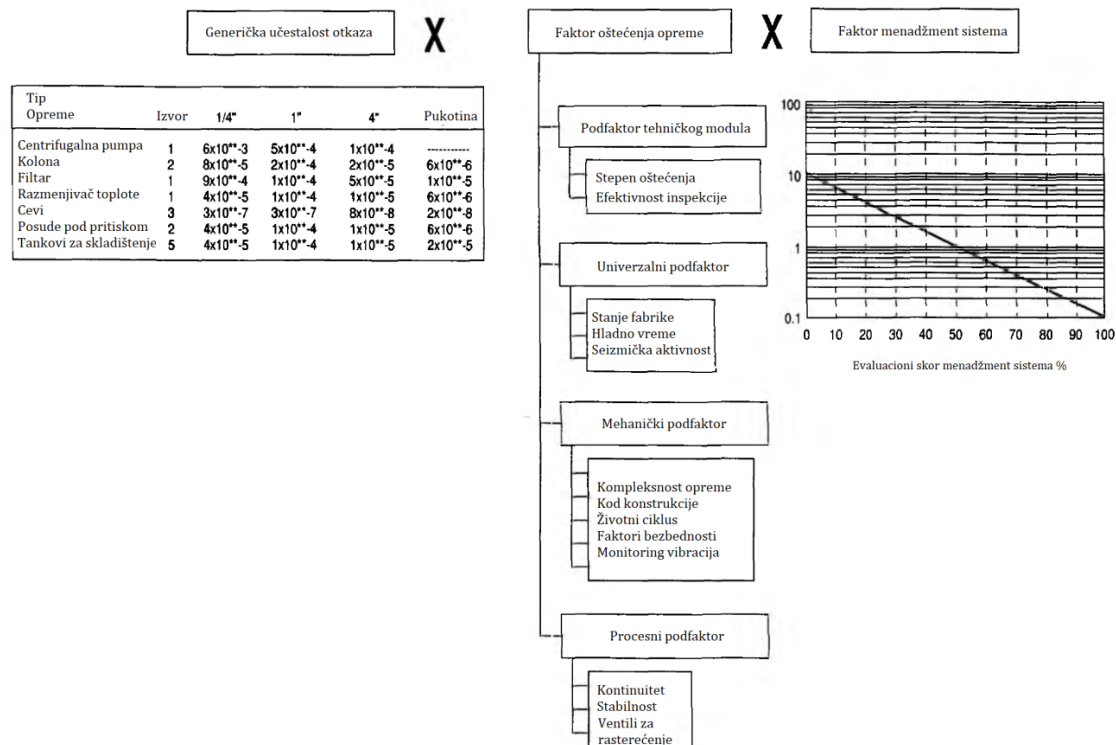
Prva metoda, tzv. Nivo 1, je zanosvana na rešenju u zatvorenoj formi, koje se generiše za ograničen skup referentnih fluida ili grupa fluida. Druga metoda, Nivo 2, je uopšteno, rigoroznija metoda koja se može koristiti za bilo koji sastav fluida. Verovatnoća otkaza koja se koristi u API RBI se određuje na osnovu sledeće jednačine:

$$P_f(t) = gff \cdot D_f(t) \cdot F_{MS} \quad (2.1)$$

Verovatnoća otkaza, $P_f(t)$ se određuje kao proizvod generičke učestalosti otkaza, gff , faktora oštećenja, $D_f(t)$ i faktora menadžment sistema, F_{MS} (slika 2.4).

Generička učestalost otkaza za različite vrste komponenti se zadaje na osnovu poznatih podataka o istoriji otkaza takvih komponenti u petrohemijskoj industriji i rafinerijama.

Faktor oštećenja se određuje na osnovu odgovarajućih mehanizama oštećenja (lokalna i opšta korozija, prsline, puzanje, itd.), koji su vezani za materijale od kojih su komponente napravljene, kao i za prirodu procesa, fizičko stanje komponentata i tehnike ispitivanja pre kojih su kvantifikovana oštećenja. Faktor oštećenja modifikuje generičku učestalost otkaza u industriji i čini je usko povezanom sa konkretnom komponentom koja se analizira.



Slika 2.4 Računanje verovatnoće otkaza po API 581 standardu [13]

Faktor Menadžment sistema uzima u obzir uticaj menadžment sistema na mehanički integritet opreme. Ovaj faktor uzima u obzir i verovatnoću pravovremenog otkrivanja gubitka nosivosti usled akumuliranja oštećenja, i direktno je proporcionalan kvalitetu programa mehaničkog integriteta u okviru postrojenja. Ovaj faktor je izveden iz rezultata ocenjivanja menadžment sistema postrojenja ili radnih jedinica koji utiču na rizik.

Upravo kroz ovaj Faktor Menadžment Sistema u API standardu je uzet u obzir uticaj organizacionih faktora na rizik. Kako naglašavaju u API standardu efektivnost menadžment sistema procesnom bezbednošću unutar kompanije može imati naglašen uticaj na mehanički integritet [13]. Procedura API RBI obuhvata alate za ocenu delova menadžment sistema koji najdirektnije utiču na verovatnoću otkaza komponente. Ova ocena se sastoji od niza razgovora sa menadžmentom postrojenja, operacija, inspekcija, održavanja, obuka itd. Ovde naglašavaju činjenicu da je značaj efektivnog ocenjivanja menadžment sistema već duže vreme prepoznat u sprečavanju nekontrolisanog ispuštanja opasnih materija i održavanju integriteta

procesnih komponenti. Ocenjivanje menadžment sistema primenom API procedure se sastoji od postavljanja brojnih pitanja, od kojih su mnoga u delovima. Svaki mogući odgovor na svako pitanje ima određenu težinu, u zavisnosti od adekvatnosti odgovora i značaja samog pitanja. Ovakav sistem, po autorima API standarda, daje kvantitativni rezultat ocenjivanja menadžment sistema, koji se lako može reprodukovati. Dalje se objašnjava da broj pitanja i širina oblasti koju obuhvataju sva pitanja, omogućavaju da se napravi razlika između PSM sistema različitih efektivnosti ali da ne postoji nijedan uopšten rezultat na osnovu kog se može odrediti slaganje prema neslaganju. Vrednost od 1000 bodova (koja se dobija kao maksimalna vrednost kada se sumiraju pripadajući bodovi svih pitanja) je ekvivalentna postizanju odličnih rezultata u pogledu problema vezanih za PSM koji utiču na mehanički integritet. Mnogi od analiziranih problema mogu biti daleko van zahteva za usaglašenost sa propisima.

Međutim, za opisane tabele sa pitanjima za ocenu Menadžment Sistema u okviru API procedure nije naznačeno da su prošle adekvatnu statističku proceduru za evaluaciju i validaciju. Takođe nije objašnjeno na koji način su definisana pitanja. Kvantifikacija samih odgovora i dobijanje ukupnog faktora na kraju takođe nije objašnjena. Dalje, kako je i naglašeno u dokumentu [13], nije svrha ocenjivanja menadžment sistema da izmeri sveukupno slaganje sa preporukama API standarda ili sa OHSA preporukama, već da naglasi prisustvo problema vezanih za mehanički integritet, koji predstavlja najveću oblast obuhvaćenu rizikom, i većina pitanja vezanih za druge oblasti su u bliskoj vezi sa mehaničkim integritetom. Ovo dovodi do toga da su neke druge jako važne oblasti na koje utiče menadžment sistem blago zanemarene.

Koliko god obiman i detaljan bio, API standard praktično uopšte ne uzima u obzir ljudski faktor. Zapravo, jedino mesto na kome se ljudski faktor kao pojam pominje u okviru ovog standarda je jedna od 13 tabela koje se koriste kao deo ocene Menadžment Sistema, koja ulazi u procenu verovatnoće otkaza (u tabeli se postavlja pitanje da li je sprovedena Analiza Potencijalnih Opasnosti Procesu uzela u obzir ljudski faktor).

Svakako, u opisanih 13 tabela koje se koriste za ocenu Faktora Menadžment Sistema se nalazi dosta pitanja koja se mogu koristiti kao dobra referenca i osvrt za istraživanje za potrebe razvoja nove metodologije za procenu rizika u okviru ove disertacije.

2.5.4. Evropske direktive

Ako se uporede prakse i standardi u Evropi i Americi na temu procene rizika i održavanja zasnovanog na riziku, primetno je da su u suštini jako slični, sa tim da je američki API 581 standard ipak sveobuhvatniji i bolje koncipiran. U evropskim standardima neki problemi nisu dovoljno razrađeni i često ne postoji centralni dokument [39].

Na osnovama API 581 američkog standarda u Evropi je 2001. godine pokrenut RIMAP projekat [58]. Projekat je završen 2004. godine, i kao rezultat je dao 4 radne knjige za specifične industrije: petrohemijsku, hemijsku, čeličnu i elektrane. Cilj ovih radnih knjiga je da daju konkretne smernice kako da se primeni RBI-inspekcija zasnovana na riziku u okviru navedenih industrijskih sektora. RIMAP predstavlja zajednički evropski istraživački projekat za definisanje sistematske procedure za upravljanje rizikom putem identifikacije i određivanja prioriteta aktivnosti vezanih za inspekciju i održavanje. U projektu je učestvovalo preko 50 evropskih partnera, kako bi integrisali i predstavili značajan deo evropske industrije koji je uzeo učešće u razvoju smernica za donošenje odluka vezanih za rizik pri održavanju i planiranju inspekcije. Ove smernice bi trebalo da obezbede tehničku podlogu za evropske standarde u datoj oblasti. Glavni rezultat RIMAP-a je trebalo da bude uvećana svest o inspekciji zasnovanoj na riziku, čija je glavna uloga da predstavlja okvir na osnovu koga se mogu proceniti detaljniji pristupi riziku [59]. Inspekcija zasnovana na riziku, na kojoj počiva RIMAP projekat se definiše kao metod koji koristi rizik kao osnovu za određivanje prioriteta inspekcija na komponentama procesnih postrojenja (tankovima, posudama pod pritiskom, reaktorima, razmenjivačima, cevovodima..). U okviru ovog metoda curenje se

smatra dominantnim načinom otkaza. U većini postrojenja najveći broj potencijalnih otkaza sa velikim rizikom je skoncentrisan u relativno malom procentu komponenata. Sve u svemu Inspekcija zasnovana na riziku služi za [39]: određivanje prioriternih tačaka za inspekciju; definisanje planova za odlučivanje; procenu uticaja operacija na integritet opreme (integritet konstrukcije podrazumeva njeno nesmetano korišćenje pod uslovima za koje je projektovana); identifikovanje kritičnih tačaka koje nose rizik; određivanje optimalnog ekonomskog nivoa inspekcije u skladu sa mogućnošću redukcije rizika; određivanje prihvatljivog nivoa rizika.

U Evropi se 1976. godine dogodila katastrofalna nesreća u Italijanskom gradu Sevesu [60], nakon koje se javila potreba za usvajanjem zakonskih mera koje bi sprečile i kontrolisale takve nesreće, tzv. Seveso-Direktiva [48], koja se bavi isključivo sprečavanjem i kontrolom visokih industrijskih rizika vezanih za opasne supstance. Prva Direktiva je izdata 1982. godine (82/501/EC), praćena značajnim poboljšanjima 1996. (96/82/EC) i 2012. godine (2012/18/EU). Ove Direktive zahtevaju podnošenje zadovoljavajućeg izveštaja o bezbednosti pre izdavanja dozvole za rad, u kojem operateri pokazuju da je „učinjeno sve što je neophodno kako bi se sprečile teške nesreće“. Prijavlivanje svih incidenata je obavezno. Direktive takođe zadrže odredbe koje se bave planiranjem upotrebe zemljišta, domino efektima, i inspekcijom. Implementacija direktiva od strane brojnih država članica EU je obavezna, ali može dovesti do značajnih razlika u zakonima, pošto se isti ciljevi mogu ostvariti na potpuno drugačije načine.

Međutim i RIMAP projekat i Seveso directive su veoma slične API 581 standardu - uglavnom fokusirane na tehničke uzroke nesreća, skupe su i kompleksne i nemaju razrađene i statistički validne alate za procenu uticaja ljudskih i organizacionih faktora. Više reči o ovim procedurama biće u poglavlju 2.6.

2.5.5. Alat za ocenu ljudskih faktora u upravljanju nesrećama sa ozbiljnim posledicama

Tokom 2005. godine, HSE organizacija (Health and Safety Executive) je prihvatila značaj ljudskog faktora u teškim nesrećama, mahom u procesnim i energetske postrojenjima, i formirala dokument pod imenom Alat za ocenu ljudskih faktora u upravljanju nesrećama sa ozbiljnim posledicama [44]. Oni su naveli da ljudski faktori predstavljaju relativno novu oblast u slučaju većeg broja kompanija. Nedostatak jasnog razumevanja problema znači da kompanije ljudski faktor uglavnom ne uzimaju u obzir pri definisanju Sistema za upravljanje bezbednošću (safety management system – SMS). HSE alat se sastoji od deset oblasti, podeljenih po njihovoj specifičnosti, a sadrže od 7 pitanja pa čak do 22. Postoji uputstvo na početku u kome se objašnjava da nije potrebno koristiti sve oblasti i sva pitanja za svaki slučaj primene, nego je potrebno da onaj ko sprovodi upitnik sam proceni šta je za njegovu situaciju adekvatno. Pitanja koja se nalaze u upitniku su dobro formirana, i oblasti tj. teme po kojima su raspoređena su adekvatne. Međutim, postoji nekoliko velikih nedostataka u ovom alatu. Prvo sama pitanja tj. upitnik nije obrađen validnim statičkim metodama. Drugo, a verovatno kao posledica nedostatka prve stavke, dosta pitanja se ponavlja. Treće, broj pitanja je prevelik. Četvrto, dosta je komplikovano koristiti ovaj alat, s obzirom na njegov obim, podeljenost oblasti i ostavljanje korisniku da proceni šta je za njega potrebno a šta nije. Poslednje, alat je napravljen pre 12 godina, a ovo je oblast koja je nova i stalno se menja.

Svakako, i pored svega navedenog, HSE alat će biti vredna referenca za potrebe istraživanja u okviru ove disertacije, kako zbog izvora pitanja tako i zbog definisanih oblasti kojima pripadaju, radi poređenja sa oformljenim faktorima u okviru mernog instrumenta predloženog ovde.

2.5.6. Smernice za viši menadžment u visokorizičnoj industriji

Organizacija za Ekonomsku Saradnju i Razvoj (Organisation for Economic Cooperation and Development - OECD) predstavlja organizaciju sastavljenu od više Vlada, u okviru koje se predstavnici 34 industrijalizovane države iz Severne i Južne Amerike, kao i Evrope, Azije i Pacifičke oblasti, zajedno sa predstavnicima Evropske Komisije, sastaju, kako bi koordinirali i uskladili svoju politiku, raspravljali o zajedničkim problemima, i zajednički radili na njihovom rešavanju. Rad OECD vezan za korporativno rukovođenje procesnom bezbednošću obavlja Radna Grupa za Hemijske Nesreće (Working Group on Chemical Accidents -WGCA). Program za Hemijske Nesreće deluje u oblasti razvoja opštih principa i političkih smernica za sprečavanje nesreća u hemijskoj industriji i analiziranju problema od zajedničkog interesa i osmišljavanju preporuka za najbolju praksu. Kako je u poslednje vreme društvo postalo manje tolerantno prema nesrećama, a naročito katastrofama, koje su se mogle izbeći, a prouzrokovane su neodgovarajućom kontrolom rizika, OECD je izdao smernice kroz vodič za viši menadžment u visokorizičnoj industriji [2] koje imaju za cilj da uspostave ravnotežu između rizika i benefita, skretanjem pažnje najodgovornijim licima u visokorizičnoj industriji. Preporučene su jednostavne mere navedene u vodiču koje bi trebalo da pogleda svaki direktor ili predsednik kompanije čiji je rad vezan za ozbiljne rizike, kako bi mogli da sami sebe provere po pitanju bezbednosti. Usvajanjem ovih smernica, prema autorima vodiča, i njihovom implementacijom u industriju, bi se demonstrirala velika posvećenost najvišim standardima procesne bezbednosti, što bi za rezultat dalo dugoročan održivi razvoj. Što se polja primene tiče, u smernicama se naglašava da iako su pre svega namenjene hemijskoj i petrohemijskoj industriji, da će takođe biti korisne bilo kojoj industriji ili organizaciji koja usled prirode svog posla ima dodira sa opasnim procesima ili supstancama, što dovodi do rizika po veliki broj ljudi ili okolinu. Što se tiče namene, jasno je definisano da je ovaj vodič je namenjen višim menadžerima u hemijskoj i petrohemijskoj, kao i ostalim visokorizičnim industrijama. Pri tome viši menadžeri podrazumevaju direktore i predsednike, kao i članove odbora (izvršnih i neizvršnih) i drugo više osoblje unutar organizacije, odnosno sve one koji imaju mogućnost da

utiču na pravac u kom će se razvijati kultura bezbednosti kompanije. Smatra se da su smernice takođe od koristi akcionarima koji ulažu u visokorizične industrije, kao i regulatorima i drugim interesnim grupama. Vodič se sastoji od 5 oblasti tj. 5 tema [2]: akcije, svesnost o riziku, informacije, kompetencije, liderstvo i kultura, sa brojem pitanja od minimalno 5 do maksimalno 8. Kao mogući odgovori na svako pitanje ponuđene su 3 opcije: 1 = Da, lako mogu demonstrirati ovo, 2 = Nisam siguran, morao bih da saznam, 3 = Ne, mislim da ovde postoji propust.

Kao i u slučaju upitnika iz API standarda ova pitanja nisu statistički obrađena. Sa tim što se u ovom slučaju ne uzima u obzir ljudska grešku ni ljudski faktori u širem smislu, već samo uticaj organizacionih faktora, pošto je ceo upitnik namenjen višim menadžerima.

2.6 Integritet konstrukcija u postojećim modelima i alatima rizika

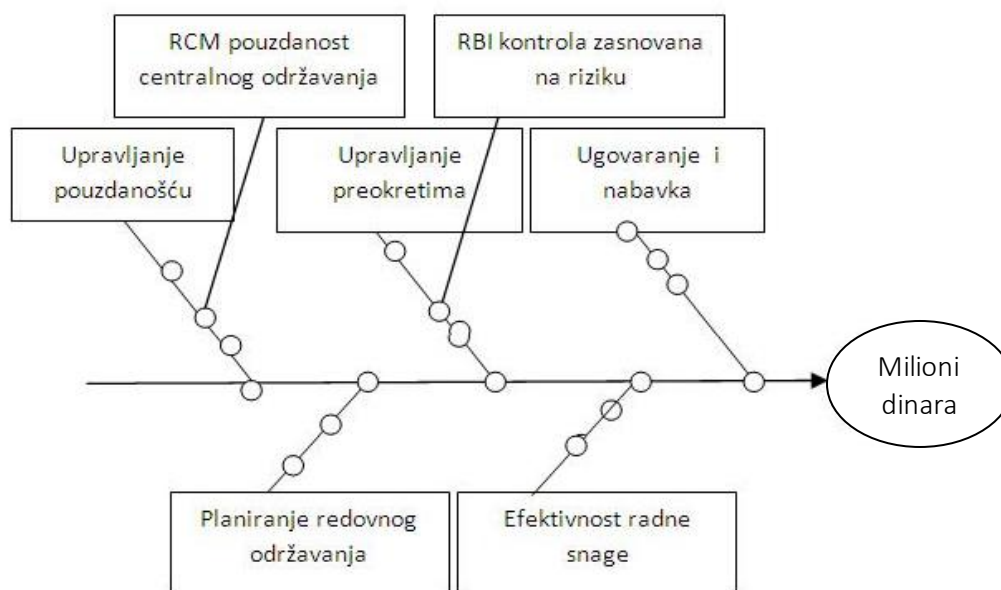
U ovom poglavlju biće opisani relevantni modeli procene rizika, od kojih su neki već pomenuti u prethodnim poglavljima, međutim, ovde će fokus biti na načinu na koji ovi modeli u sebe integrišu oblast integriteta konstrukcija.

Postoji veliki broj različitih pristupa zasnovanih na rizicima, kao što su kvantitativna procena rizika (QRA), inspekcija zasnovana na riziku (RBI), inspekcija i održavanje zasnovani na riziku (RBMI), održavanje zasnovano na pouzdanosti (RCM), upravljanje životnim ciklusom zasnovano na riziku (RBLM), ili jednostavno, upravljanje zasnovano na rizicima (RBM) [61]. Ove metode se nalaze u naprednoj fazi primene, posebno kada je reč o radu, inspekciji, održavanju i upravljanju industrijskim postrojenjima. Kada je reč o zdravlju, životnoj sredini i zaštiti potrošača, neke metode zasnovane na rizicima, predstavljene su, i prepoznate, kao aktuelni zakonski propisi. Nacionalne vlasti su počele da produžuju intervale inspekcije u slučaju da je sigurnost zagarantovana na osnovu procene rizika, što je još 2005. godine prihvaćeno u Italiji, Norveškoj, Finskoj i Engleskoj, a u međuvremenu u Švedskoj, Nemačkoj, Francuskoj i zemljama Benelux-a [62].

Integritet postrojenja treba da bude obezbeđen projektom i održavanjem opreme. Trenutna praksa inspekcije i planiranja održavanja se dominantno zasniva na tradicionalnim pravilima pre nego na optimizaciji procedure u kojima su integrisane mere za upravljanje rizicima. Tradicionalno, praksa inspekcije se zasniva na iskustvu a održavanje sistema je preventivno, dok u pojedinim slučajevima se i dalje primenjuje korektivno održavanje (gde se reaguje samo u slučajevima nastalih kvarova). Ovo ima za posledicu da neke kompanije ne sprovode dovoljnu kontrolu pa dolazi do havarija koje je realno moguće izbeći, dok druge kompanije preterano troše resurse na nepotrebne kontrole i inspekcije.

Oprema postrojenja je izložena propadanju i potencijalnim kvarovima tokom radnog veka. Fizički je nemoguće i finansijski je neprihvatljivo kontrolisati svaki deo opreme. Metodologija održavanja i inspekcije zasnovane na riziku (RBI) omogućava procenu verovatnoće i posledice havarija opreme pod pritiskom, pri čemu visoko rizični delovi mogu biti podvrgnuti inspekciji češće, a nisko rizični delovi ređe, što se razlikuje od tradicionalnog plana održavanja [62].

Potencijal RBI za smanjenje troškova inspekcije na određeni obim je prikazan na slici 2.5. Ovo smanjenje se zasniva na određivanju prioriteta za inspekciju. Uključivanje i realizacija RBI/RCM metoda, podiže nivo bezbednosti i smanjuje rizik.



Slika 2.5. *Proizvodnja, efikasnost i ušteta kao glavni cilj RCM i RBI [62]*

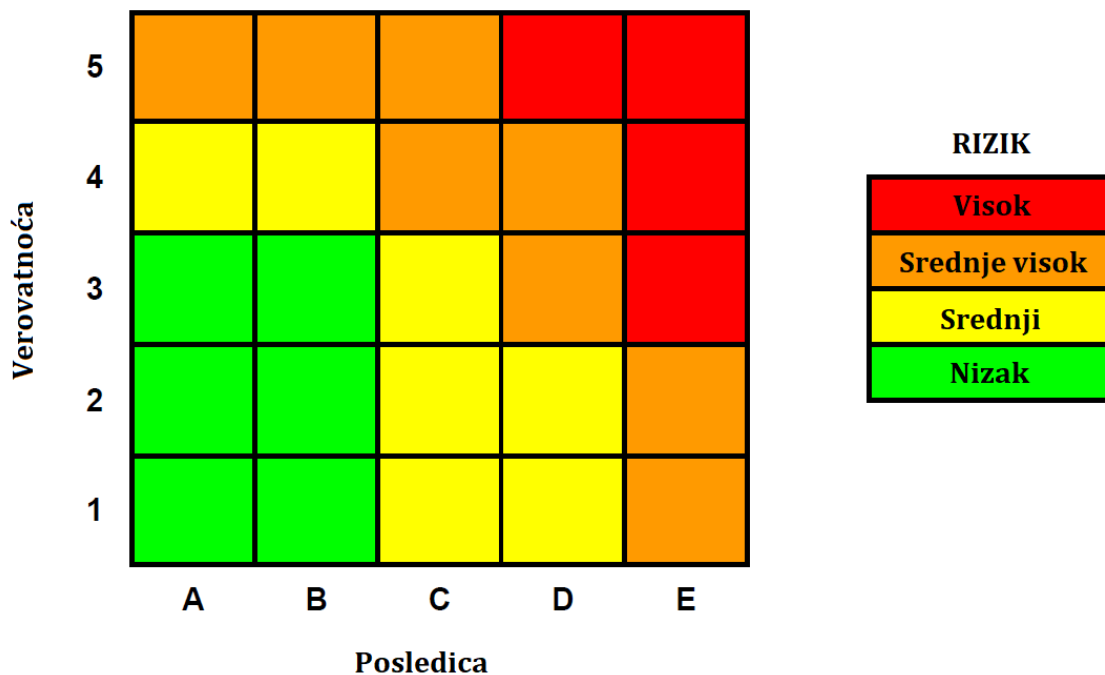
Primena metoda zasnovanih na rizicima može biti regulisana ili motivisana različitim prilikama za poboljšanje celokupnog sistema poslovanja. U svakom slučaju, na osnovu iskustva u vezi sa posudama pod pritiskom, prednosti i koristi primene RBI/RCM u pogledu kontrole i održavanja sistema industrijskih postrojenja mogu biti sledeće:

- precizna definicija zone opasnosti kod rada postrojenja u skladu sa standardima, smernicama i/ili pravilima,
- smanjenje nivoa potencijalno opasnih situacija efektivnijom i blagovremenom kontrolom i održavanjem,
- sniženje troškova održavanja na osnovu programa optimizacije kontrole,
- smanjenje broja nepotrebnih zaustavljanja postrojenja kao i generalnih remonta u toku radnog veka.

Prema API 581 standardu kvalitativan pristup RBI je namenjen za:

- sagledavanje jedinica u okviru date lokacije u cilju selekcije nivoa potrebne analize,
- procena nivoa rizika i njihovo pozicioniranje u matrici rizika (slika 2.6).

Ovakav pristup zahteva manje detalja i znatno više vremena. Rezultati ove analize nisu precizni, kao rezultati kvantitativne analize, ali ovaj metod omogućava osnovu za određivanje prioriteta kod programa inspekcije zasnovanog na rizicima.



Slika 2.6. Matrica rizika [13]

Inspekcija zasnovana na riziku (RBI)

Kako je već napomenuto, cilj RBI je poboljšanje efikasnosti inspekcije i procesa održavanja na osnovu analize svih raspoloživih podataka u vezi sa opremom jedinice. Primena RBI metodologije obezbeđuje dobru osnovu za realizaciju racionalnog i isplativog mehanizma donošenja odluke što, istovremeno, osigurava zahtevani nivo bezbednosti, jer [63]:

- je moguće identifikovati najviše i najmanje rizičan sistem ili elemente sistema,
- omogućava razvoj strategije za smanjenje rizika,
- može biti određeno šta će biti podvrgnuto inspekciji, kada i kako će inspekcija biti vršena,
- mogu biti određeni osnovni zahtevi vezani za metode inspekcije.

Osnovno načelo RBI metodologije je da je potrebno uzeti u obzir verovatnoću (PoF) i posledice havarije (CoF) svakog dela opreme, a rizik je definisan kao proizvod prethodno navedenog:

$$\text{Rizik} = \text{PoF} \times \text{CoF}$$

Pri tome CoF uključuje posledicu moguće štete po zdravlje, životnu sredinu, bezbednost i proizvodnju.

Jedna od najbolje ustanovljenih metodologija procene rizika posuda pod pritiskom je opisana u okviru standarda API 581 [13]. Procena rizika može biti izvedena na različitim nivoima, uzimajući u obzir različite detalje i količinu podataka, a obavlja se u dva koraka:

1. Faza kvalitativnog sagledavanja – uključujući veliku količinu opreme sa ciljem identifikovanja kritične. Zasniva se na RBI, nivo 1.

2. Kvantitativna faza ograničena na prethodno selektovane stavke.

Kvalitativan RBI postupak ima tri funkcije:

1. Sagledavanje jedinica u okviru lokacije u cilju selekcije nivoa potrebne analize i konstatovanja koristi budućih analiza (kvantitativna RBI ili neke druge tehnike),

2. Rangiranje stepena rizika u okviru jedinice i njihovo dodeljivanje pozicije u okviru matrice rizika,

3. Identifikovanje oblasti potencijalnih interesa u postrojenju, koje mogu imati korist pri poboljšanju programa inspekcije.

Kvantitativna RBI se zasniva na nizu proračuna kako bi se procenila verovatnoća i posledice otkaza svakog dela analizirane opreme. Proizvod verovatnoće i posledice obezbeđuju mere rizika u vezi sa odgovarajućom opremom. Na osnovu izračunatih rizika, lista prioritete opreme može biti korišćena u cilju usmeravanja na program inspekcije [13, 63].

Rezultat analize zasnovane na riziku je kategorija rizika opreme ili njenih komponenata, koja može biti predstavljena putem matrice rizika. U tom slučaju optimizacija strategije inspekcije je uvek proces koji se ponavlja, koji menja usvojene intervale i tehnike inspekcije, dok su kriterijumi ispunjeni.

RIMAP projekat

Kako je ranije napomenuto glavni proizvodi/rezultati RIMAP projekta predstavljaju Evropska uputstva koja obuhvataju RIMAP postupak, u okviru „Okvirnog RIMAP dokumenta“ [64]. Ovo su dokumenti visokog nivoa koji su zasnovani na detaljnijim dokumentima koji sadrže praktične informacije o načinu obavljanja određenih zadataka (npr. Verovatnoća pojave kvara, Posledice javljanja kvara,..).

Najdetalniji dokumenti su tzv. „Radne knjige o primeni RIMAP“ za određene sektore i izveštaji urađeni na osnovu slučajeva u kojima su „Radne knjige“ primenjivane [64]. Nakon primene RIMAP metodologije u pokaznim projektima došlo je do smanjenja troškova održavanja i inspekcije i povećanja produktivnosti, npr. u petrohemiji (10% manji troškovi održavanja, 5% povećanje proizvodnje).

RIMAP projekat predstavlja značajan temelj i tehničku osnovu za zajednički evropski pristup inpekciji i održavanju zasnovanim na rizicima. Ovo će takođe olakšati usaglašavanje nacionalnih zakonodavstava Evrope u pogledu inspekcije i održavanja, što je veoma važno za prihvatanje evropske prakse na globalnom tržištu i povećanje konkurentnosti evropske industrije.

2.7 Zaključak prethodnih istraživanja

Tokom poslednjih nekoliko decenija definitivno se povećala potreba za kontrolom procesne bezbednosti. U početku najviše pažnje je bilo usmereno na potencijalne opasnosti – njihovu identifikaciju i upravljanje njima u smislu vođenja računa o tehničkim aspektima [65]. Za ovo su korišćene metode tipa HAZOP, FTA, LOPA i one su u dosta kompanija zadržane i danas kao osnova za upravljanje procesnom bezbednošću. Međutim, kako vreme odmiče pokazuje se da ove bazične tehnike nisu dovoljne kako bi sprečile nesreće sa ozbiljnim posledicama. Analiza ovakvih nesreća, koje su se događale poslednjih godina, pokazuje da su one rezultat kombinacije organizacionih problema, nedovoljno dobrih kompetencija zaposlenih,

i tehničkih uzroka (starenja opreme). Pored toga danas se brojnost i kompleksnost različitih sistema povećava u jako kratkim vremenskim periodima, i što se više napreduje u tom smislu to je važnije ispratiti taj napredak kontrolom procesne bezbednosti, tj. to postaje očiglednija potreba za novim pristupom upravljanja ovom bezbednošću.

Integracija različitih modela za procenu rizika i uticaja ljudskih i organizacionih faktora je slabo zastupljena u raspoloživoj literaturi generalno posmatrano. Ne postoji univerzalno prihvaćena metodologija procene uticaja ljudskih i/ili organizacionih faktora na rizik u eksploataciji opreme pod pritiskom. Sve ove tehnike i metode, bile komplikovane ili jednostavne, manje ili više efektne, su izučavane kao oblasti za sebe, nisu inkorporirane u procedure za procenu rizika ili nisu povezane sa industrijskim nesrećama sa ozbiljnim posledicama. Uzimajući sve navedeno u obzir, očigledno je da je postojala potreba da se prvo razvije statistički validan alat za ocenu uticaja ljudskih i organizacionih faktora na rizik u radu sa opremom pod pritiskom (koja obuhvata praktično sve industrijske nesreće sa ozbiljnim posledicama) i da se nakon toga taj alat integriše u metodologiju procene rizika, koja bi bila dovoljno jednostavna i pristupačna za upotrebu, kako finansijski tako i vremenski. Takva metodologija je predložena u poglavljima koja slede, a njeno poređenje sa postojećim alatima i modelima za procenu rizika, opisanim kroz prethodna poglavlja, dato je u tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Poređenje postojećih alata i modela za procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom, sa ciljevima metodologije procene rizika koja će biti predložena u ovoj disertaciji

Karakteristika modela	UOKB	TONLJG	API	EU direktive	HSE alat	OECD smernice	Predložena metodologija
Da li je razvijen kompletan	ne	ne	da	da	ne	ne	da

model za procenu rizika?							
Da li je ispitan uticaj ljudskih faktora?	da	da	ne	ne	da	ne	da
Da li je ispitan uticaj organizacionih faktora?	ne	ne	da	da	ne	da	da
Uticajni ljudski i organizacioni faktori dobijeni su validnom statističkom obradom?	da	da	ne	ne	ne	ne	da
Ako postoji upitnik u okviru modela, broj pitanja u njemu i vreme potrebno za popunjavanje su optimalni.	da	/	ne	/	ne	da	da
Analiza rizika u modelu je kvantitativnog karaktera.	/	/	da	da	/	/	da
Model može da se primeni u bilo kojoj industriji	da	da	ne	ne	da	da	da

Model je moguće
primeniti bez
tima eksperata iz
različitih oblasti.

da da ne ne da da da

Model je
dovoljno
jednostavan i
finansijski
prihvatljiv da
mogu i srednja i
mala preduzeca
da ga primene?

da da ne ne da da da

3 PREDMET I NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA

3.1 Predmet istraživanja

Otkazi opreme u različitim industrijskim postrojenjima koji dovode do nesreća sa ozbiljnim posledicama jesu predmet velikog interesovanja u današnje vreme, a s obzirom na sve veću kompleksnost industrijskih sistema, može se očekivati da će u budućnosti ova tema biti još aktualnija. Različiti standardi i metode su uvedeni na polju bezbednosti na radu i upravljanja rizicima u radu, i radi se na njihovom usavršavanju poslednjih godina, što je dalo određene pozitivne rezultate, međutim ovo pitanje zahteva konstantan rad i težnju ka još boljim rezultatima. Kako istorija industrijskih incidenata pokazuje, procesna industrija je najkritičnija po pitanju otkaza opreme i posledica koje prate te otkaze. Ove posledice se ne odnose na povrede na radu, pa čak ni na pojedinačne smrtne ishode. To je samo jedan mali deo onoga što se smatra ozbiljnim posledicama, koje obuhvataju kako zagađenje okoline, lokalno i u širem kontekstu, kratkotrajno i dugotrajno, zatim materijalne gubitke, kako finansijske tako i kroz imovinu i opremu, kako u okviru postrojenja gde se desila nesreća, tako i mnogo šire, u čitavom mestu, gradu ili regionu u kome se nalazilo postrojenje, tako i veći broj nastradalih ili povređenih kao i uticaj kompletne nesreće na ekonomiju, politiku i društvo u datom mestu. Kako su ovakve posledice veoma ozbiljne, neophodno je utvrditi uzroke za dešavanje nesreća tj. otkaza opreme koja do njih dovode. U literaturi a i kroz praktičnu primenu se javljaju razne procedure i alati za procenu rizika različitih tehničkih sistema, međutim, do danas, ne postoji univerzalno prihvaćena metodologija procene rizika opreme pod pritiskom. Analiza istorije nesreća, takođe pokazuje da je mehanički integritet opreme značajan indikator i u tom smislu se analiza rizika ovakvih sistema fokusira u datom smeru. Ipak, kada se temeljno istraže pojedinačne nesreće, i dublje uđe u uzroke neposrednih i očiglednih uzroka nekog otkaza, u velikom broju slučajeva, čak možda u većini, postaje jasno da je propust čoveka, bilo kao operatera u radu ili menadžera u organizovanju, doveo do toga da se nesreća odigra. Ono što je zajedničko za sve navedene postojeće modele procene rizika, i što će shodno napred

navedenom biti predmet i cilj ovog istraživanja, je činjenica da u okviru prethodnih istraživanja u modele procene rizika nisu u dovoljnoj meri, na adekvatan način ili nisu uopšte integrisani indikatori ljudskih i organizacionih faktora. Dodatno, integritet konstrukcija, koji je pored ljudskih i organizacionih faktora ključan u radu sa opremom pod pritiskom, zahteva dublju analizu i moguće nove predloge u smislu procene rizika date opreme primenjujući mehaniku loma, što će biti dodatni element predmeta i ciljeva ovog istraživanja. Naime, ponašanje zavarenih spojeva posuda pod pritiskom u prisustvu prslina i zaostalih napona u osnovi određuju integritet takve vrste konstrukcija. Fizičko stanje posude u ovom smislu utiče direktno na verovatnoću da će doći do otkaza.

Stoga je predmet ove doktorske disertacije razvoj metodologije za procenu rizikau radu sa opremom pod pritiskom, bazirane na mehanici loma i uticaju ljudskih i organizacionih faktora, koja će omogućiti procenu rizika na relativno jednostavan (vremenski i finansijski ne previše zahtevan), a opet dovoljno precizan način.

3.2 Naučni cilj istraživanja

U okvirima ovog istraživanja postoji nekoliko ciljeva nižeg nivoa, čiji sinergijski efekat rezultuje glavnim ciljem istraživanja - razvojem i verifikacijom originalne metodologije procene rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom bazirane na mehanici loma i uticaju ljudskih i organizacionih faktora.

Ciljevi istraživanja nižeg nivoa su:

1. Razvoj modela za procenu verovatnoće odigravanja neželjenog događaja. U okviru ovo cilja potrebno je:
 - Razviti metodologiju za kreiranje univerzalnog mernog instrumenta kojim će moći da se, u konkretnim fabrikama i postrojenjima, dovoljno tačno, precizno i brzo odredi postojeći uticaj ljudskih i organizacionih faktora na rizik u eksploataciji opreme pod pritiskom. Tako će biti

omogućeno da se identifikuju ključni uticajni ljudski i organizacioni faktori čijom kvantifikacijom kroz strukturne jednačine će se dalje omogućiti njihovo integrisanje u postojeće modele procene rizika. Pored upoznavanja šire naučne javnosti sa dobijenim rezultatima, cilj je i ponuditi ih privrednim subjektima u Srbiji, koji rade sa opremom pod pritiskom sa namerom njihove praktične primene.

- Dati predlog povezivanja postojećih tehnika i metoda mehanike loma sa verovatnoćom odigravanja neželjenog događaja.
 - Kreirati formulu za računanje ukupne verovatnoće, na osnovu verovatnoća definisanih preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora i mehanike loma.
2. Razvoj modela za procenu posledica otkaza opreme pod pritiskom.
 3. Definisane raspona i kategorizacija ozbiljnosti verovatnoća i posledica u okviru matrice rizika.
 4. Verifikacija dobijene metodologije kroz studiju slučaja.

3.3 Metod istraživanja

Tokom realizacije ciljeva istraživanja i provere polaznih hipoteza koristiće se sledeće metode i tehnike istraživanja:

- Metode analize i sinteze (već primenjene u delu prethodnih istraživanja, a biće korišćene i pri izvođenju zaključaka)
- Metoda komparacije (već primenjena u delu prethodnih istraživanja, a biće korišćena i pri diskusiji rezultata)
- Prikupljanje podataka metodom anketiranja
- Statistička obrada prikupljenih podataka koja obuhvata:

-
- Deskriptivnu statistiku
 - Analiza pouzdanosti skupa
 - Eksplorativnu faktorsku analizu
 - Analizu pouzdanosti korelacija polaznih promenjivih
 - Konfirmatornu faktorsku analizu (modeliranje strukturnim jednačinama)
 - Eksperimentalne i numeričke metode mehanike loma.

3.4 Plan istraživanja doktorske disertacije

Polazni plan istraživanja, koji određuje tok rada na disertaciji, sastoji se iz sledećih faza i aktivnosti:

- Diskusija na temu postojećih modela procene rizika kroz analizu dostupne literature, koja obuhvata naučno istraživačke radove iz date oblasti, sve relevantne standarde i regulative iz date oblasti kao i postojeće modele procene rizika u datoj ili srodnim oblastima. Ovaj deo obuhvata odgovore na sledeća pitanja: koji standardi i metode postoje danas; u kojim oblastima se najviše primenjuju; da li postoje modeli koji se odnose konkretno na procenu rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom; kakvo je stanje u Srbiji na tu temu i sl.
- Analiza postojećih modela na temu uticaja ljudskih i organizacionih faktora na rizik, da li su uzeti u obzir i u kojoj meri u okviru procene rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom.
- Analiza integriteta konstrukcija opreme pod pritiskom, način na koji je obuhvaćen integritet konstrukcija i kako je integrisan u postojeće modele procene rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom.
- Definisane uticajnih ljudskih i organizacionih faktora na procenu rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom i merne skale njihovog uticaja (kvantifikacija

dobijenih faktora) koja će kao rezultat dati verovatnoću definisanu preko uticaja ovih faktora.

- Koncipiranje preliminarne liste ljudskih i organizacionih faktora na osnovu postojećih standarda, dostupne literature, istraživanja, istorije velikih nesreća vezanih za opremu pod pritiskom i razgovora i konsultacija sa ekspertima u datoj oblasti.
- Formiranje plana prikupljanja podataka.
- Sprovođenje istraživanja - prikupljanje potrebnih podataka na reprezentativnom uzorku.
- Analiza i statistička obrada dobijenih rezultata.
- Kreiranje formule za računanje verovatnoće definisane preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora.
- Definisanje verovatnoće preko mehanike loma, modifikacijom postojećih alata.
- Definisanje načina procene posledica otkaza opreme pod pritiskom.
- Primena predložene metodologije kroz studiju slučaja urađenu za jedno postrojenje u Srbiji.

3.5 Postavka osnovnih i izvedenih hipoteza

Predmet istraživanja je definisan kroz veći broj hipoteza, koje su nastale na osnovu pregleda raspoložive literature. Polazna pretpostavka, koja je i inicirala ovo istraživanje, je da je modele za procenu rizika i uopšte upravljanje rizikom u eksploataciji opreme pod pritiskom moguće unaprediti, na način da se uzme u obzir veći broj relevantnih faktora, a s obzirom na posledice koje nastaju otkazivanjem ove vrste opreme, svaki predlog i dalji rad na unapređivanju je više nego opravdan i

potreban. U skladu sa tim definisane su osnovne hipoteze, koje treba u ovom istraživanju proveriti.

H_{1.0}: Uticaj ljudskih i organizacionih faktora nije u dovoljnoj meri, niti na dovoljno tačan i precizan način, uzet u obzir u modelima procene rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom.

H_{2.0}: Integritet konstrukcija može doprineti preciznijoj proceni rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom.

H_{3.0}: Moguće je modele za procenu rizika i uopšte upravljanje rizikom u eksploataciji opreme pod pritiskom unaprediti na polju jednostavnosti i preciznosti, na način da se uzme u obzir veći broj relevantnih faktora – ljudski, organizacioni i faktor mehanike loma.

Proverom navedenih osnovnih hipoteza moguće je razviti dovoljno jednostavnu i preciznu metodologiju za procenu rizika baziranu na mehanici loma i uticaju ljudskih i organizacionih faktora.

Iz hipoteze H_{1.0} proizlaze sledeće izvedene hipoteze:

H_{1.1}: Moguće je statističkim multivarijantnim metodama utvrditi ljudske i organizacione faktore koji su od uticaja na rizik u radu sa opremom pod pritiskom.

H_{1.2}: Moguće je izmeriti/kvantifikovati uticaj ljudskih i organizacionih faktora u okviru preduzeća koje rade sa opremom pod pritiskom upotrebom adekvatne merne skale (mernog instrumenta).

Iz hipoteze H_{2.0} proizlazi sledeća hipoteza:

H_{2.1}: Primenom principa mehanike loma moguće je pouzdano proceniti integritet posuda pod pritiskom.

Nakon potvrde pomoćnih hipoteza uslediće provera hipoteze H_{3.0}.

3.6 Očekivani naučni doprinos istraživanja

Očekivani naučni doprinos ove disertacije obuhvata razvoj i verifikaciju originalne metodologije za procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom, što uključuje:

- Utvrđivanje ključnih ljudskih faktora koji utiču na procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom.
- Utvrđivanje ključnih organizacionih faktora koji utiču na procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom.
- Kvantifikaciju uticaja ljudskih i organizacionih faktora kroz definisanje jednačina i veza između značajnih uticajnih faktora.
- Mogućnost integrisanja kvantifikovanih ljudskih i organizacionih faktora i principa mehanike loma, odnosno integriteta konstrukcija na način da se uspostavi originalna, jednostavna, a dovoljno precizna metodologija procene rizika u radu sa opremom pod pritiskom.

Konceptualni doprinos disertacije se ogleda u tome što do sada nije postojao univerzalno primenljiv način za procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom, koji obuhvata uticaj ljudskih i organizacionih faktora i primenu principa mehanike loma, koji pri tome predstavlja dovoljno jednostavno i finansijski prihvatljivo rešenje ali kroz primenu kvantitativnog pristupa daje precizne rezultate.

Metodološki doprinos disertacije ogleda se u razvoju originalne metodologije za procenu rizika, koja obuhvata originalnu primenu postojećeg alata mehanike loma - dijagrama analize loma, za procenu verovatnoće preko mehanike loma; razvoj originalne metodologije za definisanje mernog instrumenta za ocenu uticaja ljudskih i organizacionih faktora iz koje proizilaze dva nova modela pomoću kojih je moguće odrediti verovatnoću preko uticaja ovih faktora; predlog upotrebe postojeće klasifikacije opreme pod pritiskom kao pojednostavljen način određivanja kategorije ozbiljnosti posledica otkaza i definisanje nove matrice rizika prema predloženim intervalima za određivanje kategorije rizika.

Empirijski doprinos istraživanja je u analizi velikog broja industrijskih preduzeća koja rade sa opremom pod pritiskom kao i analizi manjih nesreća i otkaza ove opreme koje su se dogodile u preduzećima u Srbiji, a koja nisu dostupna u zvaničnoj literaturi.

Praktični doprinos istraživanja ogleda se u koristi za istraživače u naučnoj oblasti, stručnjake u preduzećima, i konsultante i kontrolna tela koja rade na održavanju opreme pod pritiskom.

Od naučne javnosti očekuje se provera i dalji razvoj predloženog modela.

4 RAZVOJ METODOLOGIJE PROCENE RIZIKA U RADU SA OPREMOM POD PRITISKOM BAZIRANE NA MEHANICI LOMA I UTICAJU LJUDSKIH I ORGANIZACIONIH FAKTORA

U okviru četvrtog poglavlja razvijena je metodologija procene rizika u radu sa opremom pod pritiskom bazirana na mehanici loma i uticaju ljudskih i organizacionih faktora, kroz 3 sledeća koraka:

1) Definisane originalne formule za proračun verovatnoće odigravanja otkaza opreme pod pritiskom kao neželjenog događaja (opisano u poglavlju 4.1) koja se sastoji iz dve različite verovatnoće:

a) Verovatnoća definisana preko mehanike loma, za čije definisanje se pošlo od opšte poznatog dijagrama analize loma (FAD dijagram), koji se koristi za procenu integriteta opreme pod pritiskom na osnovu karakteristika date prsline i materijala, ali je predložena potpuno nova interpretacija položaja tačke na dijagramu kroz verovatnoću da će doći do krtoeg loma i verovatnoću da će doći do plastičnog loma, kako je prikazano u podpoglavlju 4.1.2.

b) Verovatnoća definisana preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora, za čije definisanje je razvijena nova metodologija za dobijanje originalnog mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ovih faktora, koji je rezultovao sa dva modela - jednim za ocenu uticaja ljudskih i drugim za ocenu uticaja organizacionih faktora. Rešavanjem matričnih strukturnih jednačina koje proizilaze iz ovih modela, dobijaju se dve verovatnoće, pomoću kojih se zatim, preko definisane formule, računa verovatnoća definisana preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora, kako je prikazano u podpoglavlju 4.1.1.

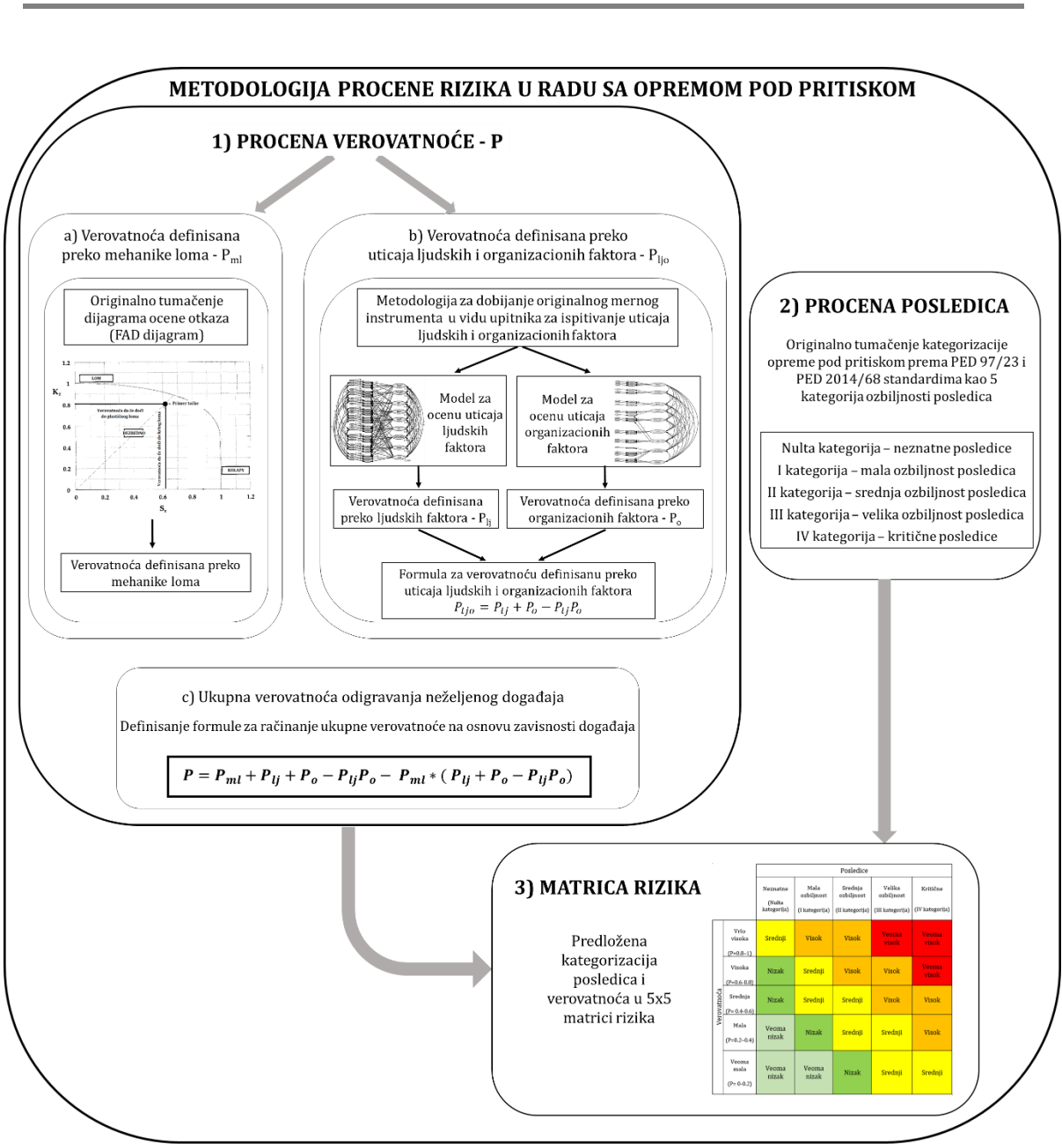
Na osnovu prethodne 2 verovatnoće definisana je formula za računanje ukupne verovatnoće odigravanja neželjenog događaja, data u podpoglavlju 4.1.3.

2) Predlog pojednostavljenog načina za određivanje kategorije ozbiljnosti posledica, kroz interpretaciju postojeće kategorizaciji opreme pod pritiskom na 4 osnovne plus jednu nultu kategoriju, opisan u poglavlju 4.2.

3) Predlog izgleda matrice rizika, sa definisanim kategorijama rizika, na osnovu prethodno definisanih raspona verovatnoća i posledica, što je dato u poglavlju 4.3.

Izlaz iz predložene metodologije, razvijene kroz prikazana 3 koraka, je procena rizika u radu sa opremom pod pritiskom, tj. određivanje položaja tačke u matrici rizika definisane dvema koordinatama, koji nam pokazuje u kojoj kategoriji rizika se nalazi dati konkretan slučaj.

Šematski prikaz metodologije razvijene pomoću navedenih koraka dat je na slici 4.1.



Slika 4.1. Šematski prikaz razvijene metodologije za procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom, bazirane na mehanici loma i uticaju ljudskih i organizacionih faktora

4.1 Procena verovatnoće odigravanja neželjenog događaja

4.1.1. Verovatnoća definisana preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora

Kako je objašnjeno kroz prethodna poglavlja uticaj ljudskih i organizacionih faktora ili nije obuhvaćen u postojećim modelima procene rizika ili nije razrađen na adekvatan način. Zato je u okviru ove disertacije razvijena originalna metodologija za dobijanje mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ovih faktora. Merni instrument daje dva modela čijom kvantifikacijom se može odrediti verovatnoća definisana preko uticaja ljudskih i uticaja organizacionih faktora.

Razvijena metodologija za definisanje mernog instrumenta se sastoji iz sledećih koraka:

- Definisanje preliminarnog mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora, objašnjeno u potpoglavlju 4.1.1.1.
- Slanje upitnika u različite kompanije širom Srbije koje rade sa opremom pod pritiskom i prikupljanje odgovora od svih ispitanika iz tih kompanija, opisano u potpoglavlju 4.1.1.2.
- Statistička obrada i validacija upitnika prikazana kroz potpoglavlja 4.1.1.3 i 4.1.1.4.
- Definisanje konačnog mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora koji je prikazan u potpoglavlju 4.1.1.5.

Nakon dobijenog konačnog mernog instrumenta formirana je konačna jednačina za računanje verovatnoće definisane preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora, u potpoglavlju 4.1.1.8.

4.1.1.1. Definisanje preliminarnog mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora

Merni instrument podrazumeva razičite metode pomoću kojih istraživač sakuplja podatke za svoje istraživanje od subjekata. Merni instrument može biti intervju, upitnik, eksperiment, itd. U okviru ove disertacije kao merni instrument će biti korišćen upitnik. Upitnik se sastoji od seta pitanja koje istraživač definiše na osnovu svog prethodnog istraživanja i postojeće literature iz date oblasti, nakon čega bira adekvatan uzorak populacije od kojih dobija odgovore na data pitanja i statističkom analizom tih odgovora dobija validiran upitnik.

Nakon obimnog pregledanja literature, zaključeno je da bi razvoj mernog instrumenta u formi upitnika za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora rizika vezanih za opremu pod pritiskom trebalo započeti takoreći od nule, budući da nijedan od malobrojnih postojećih alata nije adekvatan za tu svrhu, kako je pokazano u poglavlju 2.7.

Polazna tačka kreiranja mernog instrumenta je formiranje dimenzija koje će opisati faktore koji opisuju uticajne latentne promenljive. U ovom slučaju dimenzije će biti pitanja u okviru upitnika a faktori će biti oblasti upitnika opisani datim pitanjima. Kao neki minimum trebalo bi opisati svaki faktor sa 3 dimenzije kako bi se postigao efekat veće validnosti, preciznosti i pouzdanosti upitnika [66, 67]. Kako se može očekivati da će deo pitanja biti odbačen nakon statističke analize upitnika, neophodno je za preliminarni upitnik formirati najmanje dvostruko više pitanja od zahtevanog minimuma [68].

Svaka dimenzija treba da oslikava faktor kome pripada i/ili sa kojim je vezana. Ovo se postiže tako što se svaka dimenzija u okviru jednog faktora formira tako da ima zajednički uzrok ili zajedničku posledicu (npr. komunikacija u firmi).

Za potrebe ove disertacije, prvo su osmišljena sva pitanja, na način opisan ispod, a nakon toga su oformljeni faktori tako što su pitanja grupisana prema zajedničkim uzrocima ili posledicama (svojstvima). Faktori su obeleženi sa D1, D2.. a dimenzije tj. pitanja koja opisuju faktore sa Dxy (D11,D12..).

Kriterijum za izbor stavki (pitanja) je zasnovan na pretpostavci da teoretski i/ili empirijski rezultati podržavaju njihovu validnost u pogledu uticaja na rizike vezane za procesnu bezbednost i opremu pod pritiskom. Upitnik bi trebalo da bude sveobuhvatan da pokrije dovoljan broj takvih stavki kako bi mogao da adekvatno oceni uticaj ljudskih i organizacionih faktora.

Definisanje preliminarnog mernog instrumenta koji će biti korišćen u formi upitnika može se opisati kroz proces od 5 koraka:

1) Pregled u literaturi dostupnih izveštaja i nesreća vezanih za opremu pod pritiskom i sakupljanje podataka sa terena od konkretnih firmi u Srbiji, koji je dat u poglavlju 2.1.

2) Pregled postojećih standarda iz oblasti analize procesnog rizika (API 581, Seveso, RIMAP, Službeni glasnik RS", br. 87/2011, 75/2013,..), dat u poglavljima 2.5.3, 2.5.4 i 2.6.

3) Pregled postojećih alata i tehnika za analizu uticaja ljudskih i/ili organizacionih faktora, bilo kroz procesnu bilo kroz ličnu bezbednost kao i drugih relevantnih modela iz ostalih industrijskih oblasti, datih u poglavljima 2.1.9 i 2.5.

4) Konsultacije i primena "brainstorming" tehnike sa ekspertima iz oblasti održavanja i inspekcije opreme pod pritiskom.

5) Formiranje faktora i pitanja i kategorizacija pitanja po faktorima na osnovu prethodnih koraka, koji su opisani u ovom poglavlju.

Analiza nesreća koje su se odigrale u prošlosti pruža značajnu količinu podataka koji se mogu iskoristiti da se bolje razumeju i u budućnosti spreče industrijske nesreće. Analiza nesreća u ovom radu je rađena iz više različitih tipova literatura, kako bi se obezbedila sveobuhvatnost i izbegao eventualni subjektivizam koji je prirodno da postoji u okviru pojedinačnih izveštaja ili baza podataka. Mnogi su analizirali nesreće iz prošlosti kako bi došli do korisnih podataka za njihovo sprečavanje u budućnosti [5, 7, 27, 29, 35, 69], ali su kao rezultat uglavnom su izdvojeni tehnički uzroci i samo oni dalje analizirani. Za potrebe ove disertacije

fokus je bio na traženju uzroka samih tehničkih uzroka, tj. da se ode dublje u analizu, jer kako je pretpostavljeno, u velikom broju slučajeva, uzrok se na kraju nađe u domenu ljudskih i organizacionih faktora.

Dodatno su prikupljeni podaci o otkazima opreme pod pritiskom i nesrećama koje nisu zvanično prijavljene i analizirane u ove svrhe. Te nesreće se ne kategorišu kao velike, većinom nisu imale ozbiljne posledice, ali spadaju u kategoriju izbegnutih događaja ('near miss'), i zato su njihovi uzroci izuzetno značajni da se uzmu u obzir prilikom formiranja ovakvog upitnika. U velikom broju izveštaja i baza podataka analize su fokusirane samo na velike nesreće, i onda se obično ograničavaju na određene industrijske sektore, kao što je na primer petrohemijska industrija [26]. Međutim, svaka nesreća ili izbegnut nesrećni događaj koji se odigra u okviru bilo koje industrije u radu sa opremom pod pritiskom, može da se odigra i bilo gde drugde gde se koristi oprema pod pritiskom. Pogotovu kada je u pitanju ljudski i organizacioni faktor. U tom smislu ne treba izostavljati industrije koje ne predstavljaju preveliku opasnost na globalnom nivou ili nesreće gde nije bilo ozbiljnih posledica, nego baš naprotiv, i njih uzeti kao potpuno merodavne, jer takva ista ili slična greška u drugoj industrijskoj grani može dovesti do ozbiljnih globalnih posledica.

Kako je Mašinski fakultet, u okviru koga je nastala ova disertacija, usko povezan sa oblašću koja uključuje rad sa posudama pod pritiskom, kako u istraživačkom smislu tako i u smislu praktične primene znanja u privredi, za ovo istraživanje je postojala velika prednost da su na raspolaganju bili priznati stručnjaci iz ove oblasti u zemlji, koji su nakon sprovedene 'brainstorming' metode nad prelinimarno ponuđenim upitnikom uveli određena unapređenja u sam upitnik. Ovo je osiguralo dodatnu validnost sadržaja upitnika.

Inicijalno, identifikovano je 9 faktora za operatere (tj. 9 faktora koji opisuju uticaj ljudskih faktora) i 10 faktora za zaposlene na višim hijerarhijskim nivoima - menadžere (tj. 10 faktora koji upisuju uticaj faktora organizacije), koji su prikazani u tabeli 4.1. Jedini faktor koji nije bio primenljiv i na operatere i na menadžere je faktor "podizvođači radova iz drugih preduzeća". Na rizike vezane za eksterno

zaposlene, prema literaturi i iskustvu iz svih drugih nesreća, operateri nemaju nikakav uticaj. Sve ostale teme, tj. svi ostali faktori su podjednako primenljivi i na operatere i na menadžere. Pitanja u okviru faktora se razlikuju za operatere i menadžere, i po broju i po sadržaju, mada ima i puno sličnih pitanja, jer je podjednako važno na svaku temu uzeti u obzir stavove i uticaje i jedne i druge strane. Kako bi se osiguralo da su faktori dovoljno dobro opisani, svaki faktor je opisan sa 5 do 10 pitanja, rezultujući sa ukupno 61-im pitanjem, koje opisuje ljudske faktore i 80 pitanja, koja opisuju organizacione faktore.

Tabela 4.1. Formirani faktori u okviru upitnika za merenje uticaja ljudskih i organizacionih faktora

Ljudski faktori	Organizacioni faktori
1 KOMUNIKACIJA	1 KOMUNIKACIJA
2 POTENCIJALNO OPASNI MATERIJALI I OPREMA	2 POTENCIJALNO OPASNI MATERIJALI I OPREMA
3 BEZBEDNOST PROCESA	3 BEZBEDNOST PROCESA
4 BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU	4 BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU
5 UPRAVLJANJE ORGANIZACIONIM PROMENAMA	5 UPRAVLJANJE ORGANIZACIONIM PROMENAMA
6 ODRŽAVANJE / INSPEKCIJA	6 PODIZVOĐAČI RADOVA IZ DRUGIH PREDUZEĆA
7 LJUDSKA GREŠKA	7 ODRŽAVANJE / INSPEKCIJA
8 OBUKE I KOMPETENCIJE ZAPOSLENIH ZA KRIZNE SITUACIJE	8 LJUDSKA GREŠKA
9 SPROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA NAKON NESREĆA	9 OBUKE I KOMPETENCIJE ZAPOSLENIH ZA KRIZNE SITUACIJE

10 SPROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA NAKON NESREĆA

Upitnik se sastoji iz dva dela. Prvi deo obuhvata opšte (demografske) podatke, i u okviru njega se nalaze da/ne odgovori, liste opcija, odgovori sa zaokruživanjem, kao i odgovori koji se unose u slobodnoj formi. U drugom delu upitnika pitanja se oslanjaju na Likertovu skalu sa 5 nivoa (1-uopšte se ne slažem, 2-uglavnom se ne slažem, 3-nisam siguran/nemam dovoljno informacija, 4-uglavnom se slažem, 5-u potpunosti se slažem), preko kojih su prikupljeni podaci. Odgovori su se mogli porediti u smislu da je 1 najlošiji ili najnepoželjniji odgovor, dok je 5 najbolji, odnosno najpoželjniji odgovor. Zbog velikog broja pitanja, postojala je osnovana briga da bi ispitanici mogli da upadnu u šablone stereotipnih odgovora. Kako bi se ovo izbeglo koliko god je moguće, određena pitanja za svaki faktor su beležena obrnutim redosledom i pomešana sa ostalim pitanjima u anketi.

Kako bi svako pitanje iz upitnika opisalo datu pojavu posmatrano sa svih aspekata i najbolje moguće obuhvatilo stav bilo operatera ili menadžera na datu temu tj. stavku, dodata je nova kolona u upitniku, takođe sa Likertovom skalom, sa pitanjem da ocene značaj navedene stavke za potencijalne posledice otkaza opreme pod pritiskom. Odgovori iz obe kolone su kasnije pomnoženi dajući zbirni odgovor od minimalne vrednosti 1 do maksimalne vrednosti 25.

U tabeli 4.2 dati su opisi definisanih faktora, literature i primeri nesreća na osnovu kojih su definisana pitanja u okviru njih, kao i primeri pitanja iz relevantnih izvora koja su slična formiranim pitanjima u upitniku.

Tabela 4.2. Opis definisanih faktora i primeri pitanja iz relevantnih izvora

D1 KOMUNIKACIJA	Primeri pitanja iz relevantnih izvora
Komunikacija u firmi, između operatera i menadžera, kao i među samim	• Koliko često radnici prijavljuju nebezbedne uslove ili nesreće do kojih

operaterima, se pokazala kao bitan faktor za procesnu bezbednost. U svim navedenim postojećim literaturama koje se na neki način bave ljudskim ili organizacionim faktorima [67], komunikacija je navedena kao jedan od bitnih uzroka nesreća [44]. U nekim alatima [13, 2] komunikacija nije eksplicitno data kao jedan faktor, nego su pitanja vezana za komunikaciju raspoređena po ostalim oblastima, ali su svakako uključena. Na primeru Esso fabrike gasova [27, 28], opisanom u poglavlju 2.1.1, jasno se vidi do čega može doći kada kanali komunikacije od menadžera ka operaterima ne funkcionišu kako treba. Takođe, u nesreći sa amonijum nitratom u Francuskoj, slaba komunikacija između operatera i menadžera je doprinela velikoj nesreći sa ozbiljnim posledicama (poglavlje 2.1.3). Linija komunikacije od menadžera ka operaterima se naglašava i u upitnicima koji se bave klimom bezbednosti [26, 1-tabela 6.3]. Sa druge strane povratna informacija od operatera je veoma važan izvor za menadžere kako bi identifikovali znake i indikacije nesreća [31].

je umalo došlo? Postoji li sistem za komunikaciju o promenama u praksi i lekcijama nakon incidenata? [44]

- Prijavljujem opasne situacija kad god naiđem na njih. Da li se manji incidenti prijavljuju pismenim putem? [67]
- Da li postoje načini na koje radnici mogu da menadžmentu ukažu na svoje brige vezane za bezbednost? [44]
- Da li i vi i viši lideri aktivno radite na uklanjanju svih prepreka vezanih za prijavljivanje loših vesti menadžerskoj hijerarhiji i da li se promoviše otvorena kultura komunikacije o problemima procesne bezbednosti? [2]
- Da li postoje odgovarajuće procedure za predavanje/prenos informacija među smenama? [13 - tabela 2.A.5]
- Moj direktni nadzornici: Diskutuju o načinima poboljšanja bezbednosti sa nama; Stavljaju u prvi plan bezbednosne procedure kad radimo pod pritiskom; Često spominju opasnosti vezane za naš posao. [1 - tabela 6.3]

D2 POTENCIJALNO OPASNI
MATERIJALI I OPREMA

Primeri pitanja iz relevantnih izvora

Potencijalno opasni materijali i oprema sa kojima se radi u fabrikama su oblast za sebe, koja spada pod tehničke uzroke nesreća sa ozbiljnim posledicama, i kao takvi biće obrađeni u drugim poglavljima ove teze. Međutim, deo ove teme jeste povezan sa ljudskim i organizacionim faktorima, i taj deo će biti obrađen u okviru ovog faktora. Koliko je važna ova tema jasno ilustruje nesreća u Longfordu (poglavljje 2.1.1) gde nije postojala identifikacija potencijalnih opasnosti materijala i opreme sa kojom se radi. Da nije bilo ovog propusta, nesreća bi u potpunosti bila sprečena. Takođe, kako je objašnjeno u poglavlju 2.1.3, većina nesreća koja se dogodila sa amonijum nitratom uzrokovana je upravo time što nisu bile identifikovane i iskomunicirane opasnosti vezane za ovaj materijal. Može se zaključiti da je od izuzetnog značaja da svaki menadžer i svaki operater zna u svakom trenutku koje su opasnosti radnih materijala i

- Moj direktni nadzornik nam često priča o opasnostima vezanim za naš posao. [1- tabela 6.3]
- Da li su informacije o bezbednosti materijala (Material Safety Data Sheets - MSDS) dostupne operaterima i osoblju zaduženom za održavanje, kao i odgovarajućim podizvođačima u okviru jedinice? [13 - tabela 2.A.2]
- Da li vaši viši lideri razumeju proces bezbednosnih rizika vezanih za operacije unutar vaše organizacije? [2]
- Da li vi i vaši viši lideri razumete načine na koje se mogu sprečiti, kontrolisati i umanjiti značajne opasnosti vezane za procese? Da li su uspostavljeni sistemi bezbednosti koji funkcionišu efikasno i pronalaze slabe tačke (npr. primenom podataka dobijenih inspekcijama, analizom trendova, pokazateljima performansi bezbednosnih sistema, itd)? [13 – tabela 2.A.2]

opreme sa kojima rade, koje su bezbednosne procedure vezane za njih, da se poznaje dobro zakonska regulativa vezana njih, a ukoliko ona ne postoji (a iz prakse je poznato da je dati materijal rizičan - kao u slučaju sa amonijum nitratom) da se primenjuju sopstvene mere predostrožnosti za taj material.

•Da li su opasni efekti usled nepredviđenog mešanja različitih materijala, ukoliko ih ima, jasno navedeni u Standardnim Radnim Procedurama (SOP) i naglašeni tokom programa obuke operatera? [13 – tabela 2.A.2]

•Da li postoje dokazi o razumevanju ključnih informacija o značajnim opasnostima od strane ciljne grupe (npr. osoblje, podizvođači, posetioči)? [13 – tabela 2.A.2]

D3 BEZBEDNOST PROCESA

Primeri pitanja iz relevantnih izvora

Kako je već naglašeno u poglavlju 2.3, potrebno je napraviti jasnu razliku između bezbednosti procesa i lične bezbednosti. Bezbednost procesa se odnosi na sprečavanje velikih otkaza i događaja koji mogu da izazovu katastrofalne posledice, u smislu velikog broja povređenih ljudi ili smrtnih slučajeva, ogromnih finansijskih gubitaka i ozbiljnih posledica po okolinu. U okviru ovog uticajnog faktora bilo je potrebno obuhvatiti na koji način se u nekom

• Da li organizacija na korporacijskom ili lokalnom nivou poseduje uopštenu izjavu o zalaganju menadžmenta za Upravljanje Procesnom Bezbednošću, koja u prvi plan stavlja bezbednost i probleme vezane za gubitak kontrole? [2, 13 – tabela 2.A.1]

•Da li postoji politika o korporativnom rukovođenju procesne bezbednosti u kojoj je opisano šta se očekuje od menadžmenta, uključujući njihovo zalaganje i korporativne aktivnosti u vezi sa procesnom bezbednošću? [2]

preduzeću percipira pojam bezbednosti procesa, i kakve regulative i pravila postoje vezano za ovaj pojam. U poglavlju 2.1.2 moglo se jasno videti da se smatra da je jedan od ključnih faktora koji je doveo do eksplozije u Teksasu to što u preduzeću nije postojao neko odgovoran baš za procesnu bezbednost.

- Da li je procesna bezbednost uobičajeni deo agende tokom svih sastanaka odbora? [2]
- Da li posedujete kompletan spisak svih trenutnih indikatora performansi procesne bezbednosti koji odgovaraju nivou rizika na vašem radnom mestu, uključujući informacije o preovlađujućem prisustvu nedostataka ili opasnih trendova koji bi mogli dovesti do katastrofe? [2, 31]
- Da li su odgovornosti vezane za procesnu bezbednost i zdravstvene probleme jasno definisani u okviru opisa posla svih menadžera? [13 – tabela 2.A.1]
- Moj nadzornik odbija da ignoriše pravila bezbednosti i kad radovi kasne. [1 - tabela 6.3]

D4 BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU

Primeri pitanja iz relevantnih izvora

Poglavlje 2.3 objašnjava razliku između lične bezbednosti (ili bezbednosti i zdravlja na radu) i procesne bezbednosti. Naglašeno je da nekad preveliki fokus na ličnu bezbednost u kompaniji može čak dovesti do

- Moj direktni nadzornik nam obezbeđuje svu opremu neophodnu za bezbedan rad; Strog je po pitanju bezbednosti pred kraj smene, kada želimo da idemo kući; Često proverava

negativnog uticaja procesnu bezbednost, kao što se to desilo u slučaju Lonforda, objašnjenog u poglavlju 2.1.1, i u slučaju BP Teksas objašnjenog u poglavlju 2.1.2. Međutim, kada se o ovome vodi računa, i uzme u obzir prethodni faktor D3 - bezbednost procesa, onda je neophodno izdvojiti kakav je uticaj ljudskih i organizacionih faktora na rizik i kroz ličnu bezbednost, u onim segmentima gde se kroz parametre koji se smatraju bitnim za ličnu bezbednost posredno, a nekad i neposredno, utiče na procesnu bezbednost, a samim tim i na rizik od nesreća sa ozbiljnim posledicama. Jedan od dobrih primera je zamor i umor radnika (koji zavise od radnih sati radnika i poštovanja tih radnih sati, kao i rasporeda njihovih obaveza u toku radnog vremena) koji lako mogu biti i derktan uzrok neke nesreće [44].

da li se svi pridržavamo pravila bezbednosti. [1 - tabela 6.3]

- Da li postoji politika koja se posebno odnosi na radno vreme, prekovremeni rad i mere zaštite od premora? [44]
- Da li je osoblje iz “prvih redova” upućeno u razvoj i proveru ove politike? [44]
- Da li je ovime posebno ocenjen rizik od zamora osoblja koje obavlja bezbednosno kritične zadatke? [44]
- Da li su zaposleni konsultovani u vezi načina za izbegavanje i upravljanje zamorom? [44]
- Da li se zaposleni pridržavaju bezbednosnih i zdravstvenih pravila koja su pokrivena svim Standardnim Radnim Procedurama, a koja su vezana za hemikalije koje se koriste tokom procesa, kao i za mere predostrožnosti koje za cilj imaju da spreče izlaganje radnika istim, kao i kontrolu i ličnu zaštitnu opremu? [13 - tabela 2.A.5]

D5 UPRAVLJANJE ORGANIZACIONIM PROMENAMA

Primeri pitanja iz relevantnih izvora

Organizacione promene obuhvataju sve promene korporativnih funkcija (promene rukovođstva i nadređenih), bilo kakva uvođenja novih ili modifikovanih procesa, promene u spoljnom okruženju (promene zakona, pravilnika), itd. Najbolji primer koliko je važno obratiti pažnju na ovu oblast je jedna od najgorih i najpoznatijih nesreća koja se desila na naftnoj platformi Piper Alfa, opisanoj u poglavlju 2.1.4, gde je jedan od glavnih i neposrednih uzroka koji su doveli do nesreće bio problem u komunikaciji tokom predaje smene. Da je postojala adekvatna procedura za upravljanje ovakvim promenama, ova nesreća bi možda bila i sprečena.

- Postoji li robustna procedura za upravljanje organizacionim promenama koja obuhvata: Jasne ciljeve; Jasno definisano vođenje od strane višeg menadžmenta; Definisanu strukturu, u skladu sa prepisanim konzistentnim procesima, detaljno i adekvatno dokumentovanu? [44]

- Da li postoji upravljanje promenama procesa koje služi za ocenu uticaja promena procesa na bezbednost usled modifikacija, promena u organizacionoj strukturi ili promena u lokalnom okruženju (npr. praćenje gubitka korporativne funkcije, novi ili modifikovani materijali, promene u spoljnoj komunikaciji vezane za opasnosti ili novu populaciju? [2]

- Da li u okviru postrojenja postoji pisana procedura o Upravljanju Promenama u skladu sa kojom je obavezno postupati pri dodavanju novih postrojenja ili promena procesa? Da li su procedure za dobijanje dozvola jasno navedene i na odgovarajućem nivou? [13 – tabela 2.A.4]

- U slučaju promena u procesima ili radnim postupcima, da li postoje pisane procedure u kojima se zahteva da se uticaj ovih promena na opremu i

materijale proveri kako bi se utvrdilo da li bi one mogle da dovedu do povećane učestalosti degradacije ili otkaza, ili bi mogle da dovedu do drugačijih mehanizama otkaza procesne opreme? [13 – tabela 2.A.4]

- Da li postojeće procedure pokrivaju ospeg svih očekivanih oblasti/operacija, poput pokretanja i gašenja opreme i slično? [44]

- Postoji li pisana procedura koja zahteva ispunjavanje svih sledećih tačaka pre pokretanja novih ili značajno izmenjenih postrojenja: a. Izdavanje radnih procedura u pisanoj formi; b. Kompletirana obuka od strane osoblja koje učestvuje u procesu; c. Primenuju se odgovarajuće procedure za održavanje, inspekciju, bezbednost i vanredno stanje? [13 – tabela 2.A.9]

D6 PODIZVOĐAČI RADOVA IZ DRUGIH
PREDUZEĆA

Primeri pitanja iz relevantnih izvora

Pored toga što fabrički sistemi postaju sve kompleksniji, njihov sve veći broj takođe igra svoju ulogu u sveukupnom procesnom riziku. Sve ovo je dovelo do

- Da li postoji proces koji uzima u obzir način na koji se upravlja radnim aktivnostima osoblja koje nije zaposleno u kompaniji? [44]

toga da je zapošljavanje podizvođača iz drugih kompanija, bar za neke poslove u sopstvenoj kompaniji, postao deo standardnog poslovanja [31]. Spolja zaposleni dolaze sa rizicima očiglednim iz nesreće koja se desila relativno skoro u fabrici gasova Pemex (opisane u poglavlju 2.1.5). Dodatni rizici pri zapošljavanju ljudi iz drugih preduzeća su potpuno očigledni jer ti ljudi dolaze iz nekog drugog konteksta, druge bezbednosne klime, ne poznaju dovoljno detaljno fabriku u kojoj su povremeno angažovani, često donose svoju opremu, itd. Takođe, njihovo ponašanje, mere opreza i poštovanje bezbednosnih pravila pri obavljanju datog posla, zavise isključivo od toga koliko ih zaposleni kompanije koja ih je unajmila, upute u sve to. Stoga je jako bitno da se kao jedan ceo uticajan faktor na rizik izdvoji u vidu pitanja koja su vezana za aktivnosti oko podizvođača radova.

- Da li postoji praksa održavanja sastanaka pre zapošljavanja podizvođača kako bi se pregledao obim njihovog posla, kao i zahtevi kompanije vezani za bezbednost, osiguranje kvaliteta i performanse? [13 – tabela 2.A.12]
- Da li procedure za izbor podizvođača pre dodele ugovora uzimaju u obzir pregled dokumentacije o iskustvu i stručnosti koji su neophodni kako bi se pokazalo da je za očekivati od podizvođača da svoj posao rade bezbedno i efikasno? [13 – tabela 2.A.12]
- Da li se od osoblja i podizvođača očekuje da obavljaju poslove za koje su kompetentni, ili u slučaju da se obučavaju, da li su pod odgovarajućim nadzorom? [44]
- Da li je kompanija razmotrila efektivne načine za prenos informacija o ozbiljnim opasnostima podizvođačima, privremenom osoblju i posetiocima? [44]
- Da li operateri/podizvođači redovno dobijaju obuke koje će ih pripremiti za potencijalno vanredno stanje? [44]

-
- Da li se održavaju obuke za podizvođače kojima su obuhvaćene neophodne posebne veštine i tehnike za jedinicu ili postrojenje na kom rade, kako bi mogli bezbedno da obavljaju svoj posao? [13 – tabela 2.A.7]
 - Da li se rizik koji dolazi sa podizvođačima, snabdevačima ili mušterijama uzima u obzir, naročito u slučajevima kada oni učestvuju u značajnom delu aktivnosti? [2]
 - Da li se izveštaji o istrazi nesreće pregledaju zajedno sa svim članovima osoblja čiji su zadaci vezani za nalaze istrage, uključujući podizvođače? [2 - tabela 2.A.11]

D7 ODRŽAVANJE / INSPEKCIJA

Primeri pitanja iz relevantnih izvora

Održavanje i inspekcija se u širem kontekstu može posmatrati kroz tehničke uzroke otkaza sistema, tj. kroz mehanički integritet opreme pod pritiskom. Međutim, ovde je održavanje i inspekcija kao faktor izdvojeno u svom užem kontekstu, u smislu kako ovaj faktor preko operatera ili organizacije aktivnosti vezane za ovu oblast, utiče na

- Da li je u dokumentaciji prikazano da je sva oprema projektovana i konstruisana u skladu sa primenljivim kodovima, standardima i opšteprihvaćenim inženjerskim praksama? [13 – tabela 2.A.2]
- Na koji način se zakazuje kritično održavanje (npr. da li ga treba planirati

rizik. Kako je ova oblast u svom širem kontekstu jedna od najuticajnijih na rizik u radu sa opremom pod pritiskom, tako je i njen deo vezan za ljudske i organizacione faktore vrlo bitan i zato je najviše pitanja bilo upravo u okviru ovog faktora. Za opremu pod pritiskom naročito može biti problematična činjenica da se inspekcije i održavanje moraju vršiti po zakonu od strane imenovanog tela. Ovo daje pogrešan osećaj da je odgovornost u potpunosti prebačena na treće lice. Kompanija mora i sama da vodi računa o ovoj opremi, da radi interne inspekcije, mora da vodi računa o komunikaciji sa imenovanim telom pa čak i o tome kako rade i postupaju imenovana tela. U tome svemu postoji dosta detalja i akcija, koji su od suštinskog značaja a kroz ovaj faktor su obuhvaćeni na optimalan način. Deo pitanja obuhvaćen ovim faktorom proističe iz slučaja nesreća kao što je ona koja se dogodila u Toskon rafineriji u gradu Martinez, u Kaliforniji, 1999. opisanoj u poglavlju 2.1.6. Deo pitanja je formiran na osnovu pravilnika o pregledima opreme pod pritiskom tokom veka upotrebe (Službeni glasnik RS", br. 87/2011,

za kraj dugih smena/međusmenu)? [44]

- Da li su nesreće/incidenti vezani za održavanje koji su se dogodili ili umalo dogodili, ispitani na odgovarajuć način i da li su rezultati i preduzete akcije adekvatno objavljeni? [44]

- Da li je razvijen pisani plan inspekcije za procesnu jedinicu, u okviru kojeg su sadržani sledeći elementi: Da li je identifikovana sva oprema koju treba pregledati? Da li su definisane odgovornosti vezane za sprovođenje inspekcije? Da li je utvrđena učestalost inspekcija? Da li su definisane metode i mesta ispitivanja? Da li su definisani svi zahtevi vezani za izveštaje o inspekciji? [13 – tabela 2.A.8]

- Da li plan inspekcije obuhvata i zvaničnu, spoljnu vizualnu inspekciju svih procesnih jedinica? Da li su u okviru programa vizualne inspekcije u obzir uzeti stanje spoljne opreme, izolacije, farbe, oslonaca i priključaka i mehanička oštećenja, korozija, vibracije, curenja? Da li je planom inspekcije predviđena spoljna inspekcija svih posuda pod pritiskom u okviru jedinice, bar jednom u 5 godina? Da li je ovim planom inspekcije

75/2013), kako je objašnjeno u poglavlju 2.4.

Posebni slučajevi, u kojima je oprema u okviru preduzeća koja je projektovana i napravljena prema standardima koji nisu više u generalnoj upotrebi, su obuhvaćeni poslednjim pitanjem u okviru ovog faktora koje se odnosi na situaciju sa sfernim rezervoarima opisanu u poglavlju 2.1.8.

obezbeđeno da svi cevovodi unutar postrojenja, predviđeni za zapaljive, eksplozivne i toksične materijale, kao i za kiseline i baze, budu pregledani spoljnom vizaulnom inspekcijom bar jednom u 5 godina? Da li je planom inspekcije predviđena unutrašnja ili detaljna inspekcija posuda pod pritiskom primenom odgovarajućih metoda ispitivanjem bez razaranja bar jednom u 10 godina? [13 – tabela 2.A.8]

- Da li je identifikovana sva postojeća oprema projektovana i konstruisana u skladu sa kodovima, standardima ili praksama koje se više ne koriste? Da li je dokumentovano da dizajn, održavanje, inspekcija i ispitivanje takve opreme dozvoljavaju njenu bezbednu upotrebu? [13 – tabela 2.A.2]

- Da li postoji pisana procedura u kojoj se zahteva inspekcija svakog komada opreme pre pokretanja, kako bi se potvrdilo da je instalirana u skladu sa projektnim specifikacijama i preporukama proizvođača? [13 – tabela 2.A.9]

Ovaj factor odnosi se se na neposrednu ljudsku grešku u samom izvršavanju zadataka, kao na primer pritisak pogrešnog dugmeta, greška pri merenju, ubacivanje pogrešne količine radne materije i slično, kako je objašnjeno u poglavlju 1.2. Ozbiljnost uticaja neposredne ljudske greške može se shvatiti kroz primer jednog od najvećih ispuštanja ulja u vode u istoriji petrohemijske industrije, koje se desilo u Meksičkom zalivu 2010. (poglavlje 2.1.7). Petina ukupno identifikovanih uzroka koji su doveli do ovog događaja klasifikovani su kao neposredna ljudska greška.

- Koje su najveće opasnosti na terenu? Kako se na terenu postupa nakon ljudskih grešaka koje mogu dovesti do katastrofe? (Primer 1 - ukoliko reakcije u šaržnim procesima predstavljaju značajan rizik, na koji način se postupa sa ljudskim greškama vezanim za ubacivanje pogrešne količine ili vrste proizvoda; Primer 2 - ukoliko je značajan rizik vezan za prenos od skladišta do drumskih/šinskih tankera, na koji način se postupa nakon otkaza privremeno povezanih cevovoda ili creva?) [44]
- Da li postoji zvanična procedura za sprovođenje analize ljudske greške? Da li je definisana naučna metoda ocene ljudskih grešaka, ili se to smatra za "zdrav razum"? [44]
- Da li su na terenu identifikovani potencijalni otkazi koji se mogu dogoditi tokom ključnih koraka (npr. neizvršavanje zadataka, ili njihovo izvršavanje pogrešnim redosledom)? [44]

-
- Da li postoji svest o tome da obuke mogu samo da pomognu pri sprečavanju grešaka (mentalnih) i da one same po sebi nemaju uticaja na sprečavanje nenamernih grešaka ili namernih prekršaja? [44]

D9 OBUKE I KOMPETENCIJE
ZAPOSLENIH ZA KRIZNE SITUACIJE

Primeri pitanja iz relevantnih izvora

Jedna od ključnih stavki u okviru bezbednosti procesa u industrijskim postrojenjima je uzeti u obzir kompetencije zaposlenih vezane za kontrolu hazarda velikih nesreća. Ključno je videti kako su ove kompetencije identifikovane, procenjene i kako se njima upravlja u okviru sistema osiguravanja adekvatnih kompetenci. Pri uspostavljanju sistema kompetenci mora se precizno definisati koju ulogu imaju zaposleni u sprečavanju velikih nesreća. Kompetencije vezane za kontrolu hazarda velikih nesreća moraju biti adekvatno povezane sa datim hazardima i sa analizom rizika i ključnim procedurama [44]. Nesreća u Esso fabrici lepo ilustruje značaj

- Da li posedujete efektivne zahteve za kompetentnost procesne bezbednosti za sve članove osoblja obuhvaćene procesom, uključujući i vas i više lidere? Da li preuzimate odgovornost za planiranje vanrednog stanja za sve posledice od incidenata sa procesnom bezbenošću do najgorih mogućih scenarija? [2]
 - Da li postoje standardi za stručnost na svim nivoima, i da li su vezani za specifične procese/poslove ili lokacije? [2]
 - Raspitajte se o tome koliko je raspon neophodno obuke obuhvatio npr. normalne, poremećene, hitne i ostale simulatore (za složena postrojenja i poremećaje). [2]
-

adekvatno sprovedenih obuka i testova zaposlenih za spečavanja velikih nesreća, kako je opisano u pogavlju 2.1.1. U primeru nesreća vezanih za amonijum nitrat (poglavlje 2.1.3) obuke za krizne situacije nisu sprovedene, jer kompanije nisu ni bile svesne opasnosti rada sa amonijum nitratom, što je uticalo kako na nastajanje same nesreće, tako i na štetu koja je nastala nakon što se nesreća dogodila, koja bi bila neuporedivo manja da su ove obuke sprovedene prethodno.

- Da li su zahtevi za obuku povezani sa opasnošću od velikih nesreća (major accident hazards - MAHs) jasno identifikovani? Da li je pristup obučavanju i stručnosti jasno definisan u odnosu na MAHs? [2 – tabela A.10]
- Da li su uloge, odgovornosti i zadaci od kritičnog značaja za bezbednost, jasno identifikovani? [2 – tabela A.10]
- Da li su predavači – uključujući i menažere – obučeni (npr. na “treniraj trenera” kursevima)? Da li su prisutni imenovani i obučeni ocenjivači? [2 – tabela A.10]
- Da li se rade redovne vežbe kako bi se ocenio i poboljšao plan za vanredno stanje? [2 – tabela A.10]
- Nakon završetka zvanične obuke operatorskog osoblja, koja se metoda koristi kako bi se potvrdilo da su zaposleni razumeli prezentovane informacije (izaberite jednu): Testovi performansi, praćeni dokumentovanim posmatranjem; Samo testovi performansi; Mišljenje instruktora; Nema verifikacije. [13 – tabela 2.A.7]

-
- Da li u okviru postrojenja postoji pisani plan za vanredno stanje koji se odnosi na sve potencijalne nepredviđenosti? Da li plan za vanredno stanje obuhvata i procedure za bekstvo u slučaju opasnosti, kao i zaduženja za načine bekstva u slučaju vanrednog stanja i procedure za kontrolu opasnih materijala? [13 – tabela 2.A.10]
-

D10 SPROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA NAKON NESREĆA

Primeri pitanja iz relevantnih izvora

Nakon analize svih nesreća koje su se desile u prošlosti i formiranja prethodnih faktora u odnosu na te nesreće, postaje očigledno da je jedan od ključnih uticajnih faktora upravo način na koji se spovode istraživanja nakon nesreća. Pošto se po iskustvu zna da što su bolje sprovedena ta istraživanja, to će više kritičnih informacija biti izvučeno koje će smanjiti verovatnoću da se sličan događaj ponovi, a i uticati na smanjenje verovatnoće da se širok spektar drugih potencijalnih događaja ostvari,

- Da li postoji pisana procedura za istraživanje incidenata/nesreća kojom su obuhvaćene i nesreće do kojih je zamalo došlo? Da li ova procedura zahteva da se na nalaze i preporuke istrage odgovori i da oni budu rešeni odmah? [13 – tabela 2.A.11]
 - Da li istrage identifikuju fundamentalne uzorke i otkaze sistema, a ne samo direktne? [44]
 - Da li istrage ljudskih grešaka pokušavaju da otkriju koren problema (faktore koji utiču na performanse)? Da li se kvalitet istrage kontroliše,
-

neophodno je ispitati uticaj ovog faktora kroz određen set pitanja.

putem menadžmentom definisanih obuka, uputstava i osiguranja kvaliteta? [44]

- Da li postoji pisana procedura za istraživanje incidenata/nesreća koja obuhvata i nesreće do kojih je zamalo došlo? Da li ova procedura zahteva da se na nalaze i preporuke istrage odgovori i da budu rešeni odmah? [13 - tabela 2.A.11]
- Da li nadgledate primenu svih korektivnih aktivnosti i zatvaranje odmah nakon revizija i nakon detaljne istrage o korenu problema koji je doveo do svih incidenata ili nesreća koje su se zamalo dogodile a imaju potencijalno katastrofalne posledice? [2]
- Da li vi i vaši viši lideri imate odgovornost za izvršavanje korektivnih aktivnosti identifikovanih u revizijama, inspekcijama, istragama i upravljanju ocenama promena, itd? [2]

Na osnovu prethodno opisane procedure definisana su konačna pitanja u preliminarnim upitnicima za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora, koja

su data u prilogu ove disertacije. Definirano je 61 pitanje merenje uticaja ljudskih faktora (za operatere) i 80 pitanja merenje uticaja organizacionih faktora (za menadzere).

Upitnici sa ovako formiranim pitanjima se šalju na adrese u adekvatno odabranom uzorku na popunjavanje, nakon čega se odgovori podvrgavaju statističkoj obradi, kako bi se dobio konačan statistički validiran merni instrument za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora, kako je redom prikazano u poglavljima koja slede.

4.1.1.2. Karakteristike i veličina uzorka

Nedavne studije [70] su pokazale da bi u većini slučajeva uzorak od 150 subjekata trebalo da bude dovoljan za dobijanja preciznog rešenja istraživačkom analizom faktora, dokle god su njihove međusobne korelacije dovoljno jake. Međutim, ukoliko među podacima postoji nekoliko visokih vrednosti faktora opterećenja ($>0,80$), tada bi čak i manji uzorak ($n < 150$) bio dovoljan [71, 72].

Kako je već napomenuto, broj prijavljenih komada opreme pod pritiskom u Srbiji je svega 22.000, prijavljeno od strane 5.000 različitih kompanija. Podatak o broju operatera koji rade sa opremom pod pritiskom ne postoji u Srbiji, međutim kontrolna tela za opremu pod pritiskom procenjuju da taj broj ne prelazi 10.000. Uzimajući to u obzir, kao i činjenicu da je Srbija mala zemlja, broj potencijalnih kandidata za učestvovanje u anketi nije bio preterano veliki. Sa malom populacijom u startu, bilo je važno da se sakupi što više popunjenih upitnika. S obzirom da su prvobitno sačinjeni upitnici sadržali od 61 do 80 pitanja, od kojih su neka bila veoma detaljno ispitivala način rada i poslovanja kompanije, mnoge kompanije nisu baš bile voljne da dozvole njihovim zaposlenima da na njih odgovore. Bez obzira na to, uspešno je obezbeđena veličina uzorka od oko 320 upitnika za ispitivanje ljudskih faktora i 287 upitnika za ispitivanje organizacionih faktora.

Distribucija upitnika je urađena u drugoj polovini 2016. godine u proizvodnim kompanijama na teritoriji cele Srbije. U cilju anketiranja zaposlenih je odabrano nekoliko industrijskih sektora: elektroenergetski sektor (termoelektrane, termoelektrane-toplane i hidroelektrane); sektor nafte, uglja i prirodnog gasa; farmaceutska industrija, prehrambena industrija i ostalo. U okviru ovih sektora studija je sprovedena u 18 različitih organizacija, koje su različitih veličina, sa različitim brojem zaposlenih i različitim radnim praksama. Pošto Srbija predstavlja relativno malo geografsko područje, ovih 18 organizacija pokriva većinu proizvodnih oblasti koje rade sa opremom pod pritiskom. Ovakva raznolikost organizacija u kojima je sprovedeno anketno ispitivanje je neophodna kako bi se formirao jedan univerzalni upitnik.

Kontaktirani su predstavnici višeg menadžmenta u svakoj od kompanija, obezbeđene su im elektronske ankete putem e-maila, ili štampane ankete poštom, ili su lično odnešene, shodno njihovom izboru. Održani su kratki sastanci autora instrumenta sa predstavnicima kompanija u okviru kojih je objašnjeno na koji način njihovi zaposleni treba da popune upitnik. Nakon toga su predstavnici svojim zaposlenima detaljno objasnili o čemu se radi i zašto je važno da popune upitnik kako treba i sproveli ceo proces. Učešće je bilo dobrovoljno i anonimno.

Nakon analiziranja odgovora, neki upitnici su odbačeni na osnovu neadekvatnog odgovora na kontrolna pitanja koja su bila deo upitnika. Svrha kontrolnih pitanja je bila da se prepozna namera malog broja ljudi da ne odgovaraju iskreno, kao i da se prepoznaju veće grupe ljudi koji su iskreni, ali ih popunjavanje zamara ili im brzo dosadi, tako da se ne trude dovoljno pri popunjavanju, te ne primećuju da prave grešku u kontrolnom pitanju. Štaviše, odbačeni su i upitnici sa nepopunjenim odgovorima. Nakon odbacivanja neodgovarajućih upitnika, prikupljeno je 268 ispravno popunjenih upitnika od strane operatera i 253 ispravno popunjenih upitnika od strane menadžera, što predstavlja stopu odgovora od 83% za operatere i 79% za menadžere. Razlog ovako visokog procenta adekvatnih odgovora može se objasniti ličnim pristupom autora u procesu anketiranja.

4.1.1.3. Statističke procedure obrade prikupljenih podataka putem upitnika

Nakon opisane procedure sakupljanja odgovora, bilo je neophodno proveriti pouzdanost i validnost upitnika [73].

Statistički Paket SPSS (SPSS Statistics 20) je korišćen za potrebe svih analiza, zajedno sa dodatnim modulom AMOS (AMOS 21).

Prikupljeni podaci su najpre razmotreni sa aspekta načina uzorkovanja a zatim su analizirani sledećim statističkim metodama:

1. Deskriptivna statistika
2. Korelaciona analiza
3. Test adekvatnosti uzorkovanja
4. Eksplorativna faktorska analiza (EFA)
5. Analiza pouzdanosti
6. Konfirmatorna faktorska analiza (CFA).

Korelaciona analiza

Pre sprovođenja analize faktora, istraživač bi mogao da ima koristi od ispitivanja korelacija među promenljivima, pri čemu se sve promenljive koje imaju korelaciju manju od 0,3 sa ostalim promenljivim mogu eliminirati iz analize [68]. Nizak nivo korelacije ukazuje na to da stavke nisu izvučene iz odgovarajućeg domena i da kao posledica toga daju greške i nepouzdan rezultate. Ukoliko promenljiva ima slabu korelaciju sa mnogim drugim promenljivama, to znači da ona najverovatnije ne meri istu suštinsku strukturu kao i ostale promenljive. Promenljive čije su nivoi korelacija previše visoki ili previše niski treba eliminirati [75].

Test adekvatnosti uzorkovanja

Test adekvatnosti uzorkovanja, koji ukazuje da li su prikupljeni podaci pogodni za primenu faktorske analize je urađen primenom Kaiser–Meyer–Olkin (KMO) testa i Bartlett-ovog testa sferičnosti. Minimalno prihvatljiva vrednost Kaiser–Meyer–Olkin indikatora je 0,6. [76]. Bartlett-ov test treba da bude značajan (da nivo značajnosti bude ispod 0,05), što znači da su promenljive dovoljno visoko korelisane da daju razuman osnov za dalje sprovođenje faktorske analize.

Validnost upitnika

Validnost definiše do koje mere metode prikupljanja podataka precizno mere ono što je nameravano da mere [76] i može se opisati pomoću validnosti sadržaja i konstruktivne validnosti.

Validnost sadržaja

Provera validnosti ili adekvatnosti sadržaja upitnika je često zanemaren, a opet neophodan korak tokom procesa razvijanja upitnika. Ovo se odnosi na to u kojoj meri određeni set pitanja (stavki) opisuje određeni faktor [74]. Osiguravanje validnosti sadržaja pre sačinjavanja konačne verzije upitnika pruža potporu validnosti strukture (faktora) tako što dozvoljava brisanje stavki (pitanja) koje mogu biti konceptualno nesaglasne [68]. Validnost sadržaja moguće je potvrditi na osnovu velikog broja izvora, poput odgovarajuće teorije, empirijske literature, stručnog mišljenja, itd. [74].

Nakon što je preliminarni upitnik sačinjen, poslat je na uvid grupi od četiri stručnjaka iz odgovarajuće oblasti, kako bi oni ispitali upitnik i predložili načine na koje se može unaprediti. Grupa je obuhvatila: (a) redovnog profesora zaposlenog na fakultetu koji se više od 30 godina bavi istraživanjem mehanike loma zavarenih spojeva i integriteta konstrukcija, a posebno eksperimentalnim istraživanjem otpornosti na nastanak i rast prslina, teorijskom i numeričkom analizom parametara mehanike loma, i procenom integriteta posuda pod pritiskom; (b) redovnog profesora zaposlenog na fakultetu koji se više od 20 godina bavi

proračunom i eksperimentalnim istraživanjem posuda pod pritiskom, posebno naponsko-deformacionog stanja u oblasti koncentracije napona, kao i svim aspektima tehničke regulative posuda pod pritiskom; (c) istraživača-saradnika zaposlenog na fakultetu koji radi na terenu kao inspektor za opremu pod pritiskom po celom svetu, primenjujući ne samo Evropske Norme, nego i API procedure; (d) jedan od najvećih stručnjaka za posude pod pritiskom koje nemaju potrebnu tehničku dokumentaciju u Srbiji, što često povećava rizik u eksploataciji date opreme. Oni su zasebno pregledali upitnik i onda je organizovana radionica unutar koje su izvršene izmene i poboljšanja. Nekoliko stavki je dodatno pojašnjeno, kako bi bile jasnije i konciznije.

U literaturi [77] se kao dodatni metod za proveru validnosti sadržaja nekad koristi i laičko mišljenje, koje se može upotrebiti u svrhu kategorisanja, odnosno sortiranja stavki na osnovu njihovih sličnosti sa definicijama faktora. U ovu svrhu izabrana je grupa od studenata (50 studenata) sa Mašinskog fakulteta, sa smera Industrijsko inženjerstvo, na kome se slušaju predmeti vezani za procesnu bezbednost i upravljanja rizikom, čime je obezbeđeno nestručno (laičko) mišljenje sa jedne strane, a dovoljno razumevanje terminologije, kako bi postupak imao smisla, sa druge strane. Nakon definisanja finalne strukture faktora i njihovih odgovarajućih dimenzija (pitanja), studentima su data pitanja odvojena od faktora i objašnjeno im je da treba da rasporede pitanja po oblastima onako kako se njima čini da pripadaju. Nakon njihovog raspoređivanja postavljena struktura je uglavnom potvrđena, osim što su neka pitanja iz faktora komunikacija više od 50% studenata smestili u faktor bezbednost procesa, nakon čega je uvažena ta promena u konačnom upitniku.

Faktorska analiza

Faktorska analiza je jedna od najstarijih i najpoznatijih statističkih procedura za istraživanje odnosa seta posmatranih promenljivih i latentnih promenljivih (postojećih ali još neotrivenih tj nemanifestovanih) [73]. U okviru faktorske analize istraživač analizira korelacije među posmatranim promenljivim, kako bi sakupio informacije o tome kako i u kolikoj meri su posmatrane promenljive povezane sa

svojim latentnim (nemanifestovanim) konstruktima tj. faktorima. Preciznije govoreći, analizira se u kojoj su meri posmatrane promenljive generisane suštinskim latentnim faktorima, te stoga snaga regresione putanje od faktora do posmatranih promenljivih (koja se izražava faktorskim opterećenjem) predstavlja primarni interes. Postoje dve osnovne vrste faktorske analize: Eksplorativna faktorska analiza (EFA) i Konfirmatorna faktorska analiza (CFA). EFA obično predstavlja prvi korak pri razvoju mernog instrumenta i novih promenljivih [66]. EFA je predviđena za situacije u kojima su veze između posmatranih i latentnih promenljivih nesigurne ili nepoznate [74]. Stoga se nakon formulisanja stavki (pitanja) u okviru upitnika sprovodi EFA, kako bi se odredilo u kojoj meri su stavke povezane sa latentnim faktorima. Nasuprot ovome, CFA se koristi u slučajevima kada istraživač unapred pretpostavlja veze između posmatranih izmerenih vrednosti i suštinskih faktora, na osnovu teorijskog znanja i/ili empirijskog istraživanja, i nakon toga statistički ispituje pretpostavljenu strukturu. Usled činjenice da se CFA model fokusira isključivo na vezu između faktora i izmerenih vrednosti promenljivih, unutar okvira SEM, on predstavlja takozvani merni model.

U svrhu razvoja mernog instrumenta u okviru ove disertacije, određen broj pitanja će prvo putem primene eksplorativne faktorske analize biti eliminisan, nakon čega će, u nekoj meri pojednostavljen upitnik smanjenog obima biti analiziran kroz konfirmatornu faktorsku analizu radi potvrde dimenzija (stavki, pitanja) koje opisuju faktore, određivanja jačina veza između stavki i radi procene adekvatnosti pretpostavljenog modela.

Konstruktivna validnost EFA

Konstruktivna validnost se bavi teorijskom povezanošću promenljive sa drugim promenljivama, odnosno merom do koje se određena struktura ponaša u skladu sa očekivanjima, neretko u vezi sa izmerenim vrednostima drugih struktura [52]. U ovom istraživanju, validnost je ocenjena primenom eksplorativne faktorske analize. EFA identifikuje konstrukte, tj. faktore, koji objašnjavaju skup podataka, na osnovu korelacija među promenljivama (u ovom slučaju na osnovu korelacija među

stavkama tj. pitanjima u upitniku). Od faktora koji opisuju najveći deo proporcije varijanse promenljivih se očekuje da predstavljaju suštinske konstrukte [75].

Faktorsko opterećenje promenljive je mera doprinosa te promenljive faktoru; stoga, visoka vrednost faktorskog opterećenja ukazuje na to da su dimenzije faktora bolje povezane sa promenljivom [66]. Prema Hair-u [78], faktorsko opterećenje između 0,3 i 0,4 predstavlja minimalan nivo pri kome se promenljive mogu zadržati. Opterećenja iznad 0,5 se smatraju praktično značajnim. Pri uzimanju u obzir opterećenja, neophodno je posmatrati ih u odnosu na veličinu uzorka. Što je uzorak veći, to su niže vrednosti opterećenja koje se mogu smatrati značajnim [78]. Procena komunaliteta predstavlja procenjen deo varijanse promenljive koja je slobodna. Često se promenljive sa niskim komunalitetom (ispod 0,2, tako da je jedinstvena varijansa 80%) eliminišu iz analize s obzirom da je cilj faktorske analize da pokuša da opiše varijansu kroz zajedničke faktore [66].

Pouzdanost upitnika

Pouzdanost se odnosi na deo varijanse koji se može pripisati pravoj vrednosti latentne promenljive ili internoj konzistentnosti faktora. Ova vrednost se tipično izjednačava sa Cronbach-ovim α , i može biti od 0,0 do 1,0 [68]. Uobičajeni kriterijum za vrednost α je da on ne bi trebalo da bude ispod 0,7.

Međutim, vrednosti Cronbach-ovog α takođe zavise i od broja stavki (visoke vrednosti mogu jednostavno biti samo posledica velikog broja stavki u analizi) [52], i u tom slučaju su neophodna dodatna ispitivanja interne konzistentnosti, poput Spearman-Brown koeficijenta i Kendall-ovog W [79].

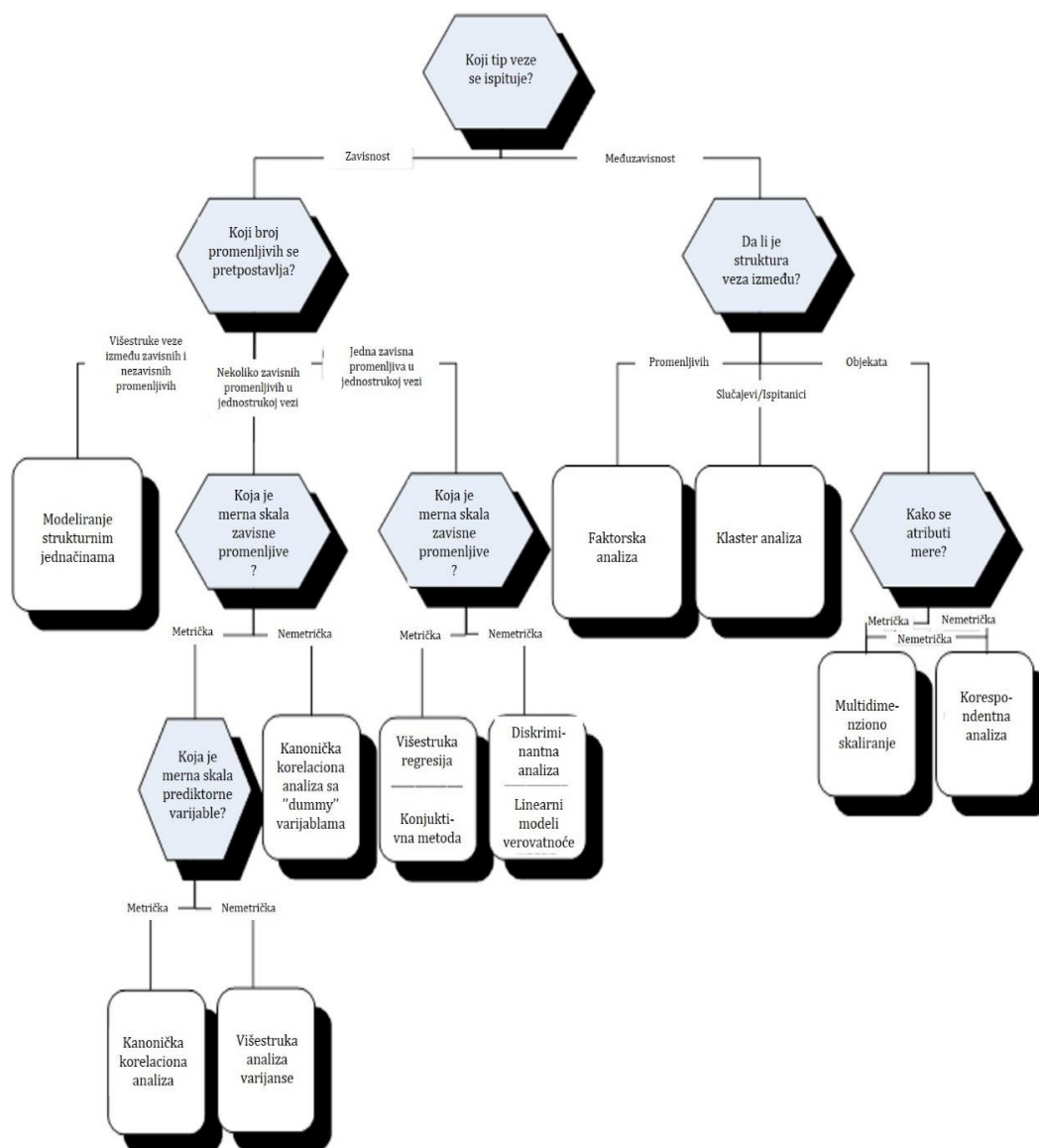
Konfirmatorna faktorska analiza

Struktura upitnika koja je utvrđena sa EFA analizom, je dalje ispitana primenom konfirmatorne faktorske analize, kao jednim od alata koji se koriste za modeliranje strukturnim jednačinama (SEM) [74]. Ovo je urađeno primenom AMOS 21 modula.

Modeliranje strukturnim jednačinama (SEM) je multivarijantna tehnika koja za cilj ima analizu veza kako je prikazano na slici 4.2 [80]. Potrebno je uzeti u obzir, pri primeni ove tehnike, da su veze različitih nivoa značajnosti. Značajne veze i modeli uobičajeno imaju teorijsku osnovu i postavku i izražavaju 'uzročnost' ili 'uzrok-posledicu'. SEM pruža formalni način analize ovakvih slučajeva.

U SEM model je moguće smestiti višestruke zavisne i nezavisne promenljive i testirati višestruke veze u isto vreme. Osnovne karakteristike SEM tehnike su sledeće [80]:

- Ovo je vrlo uopštena, moćna i popularna multivarijantna statistička analiza.
- SEM je statistička metodologija analize strukturne teorije koja objašnjava određeni fenomen korišćenjem konfirmatornog (ispitivanja hipoteza) pristupa. Većina drugih multivarijantnih procedura su po prirodi deskriptivne / istraživačke.
- Pruža sveobuhvatni metod za kvantifikaciju i testiranje teorija.
- Relativno je nova metoda, koja se pojavila oko 1970. godine a širu primenu doživela tek oko 2000.



Slika 4.2. Tehnike multivarijantne statističke analize [80]

SEM se oslanja i na sledeće pretpostavke:

- Opservacije su nezavisne.
- Ispitanici su izabrani kao slučajni uzorak.
- Promenljive su kontinualne, uključujući Likertovu skalu.

Veličina uzorka je jako bitna u SEM tehnici. Kao neki apsolutni minimum uobičajeno se uzima broj kovarijansi ili korelacija u matrici, a kao tipični minimum

se uzima 5 ispitanika po posmatranom parametru, dok je poželjan broj 10 ispitanika po parametru. Tamo gde ne postoji multivarijantna normalna distribucija podataka, 15 ispitanika po parametru je poželjno. Posmatrano sa tačke gledišta procene maksimalne verovatnoće, moguće je koristiti i 50 ispitanika, mada je preporučljivo da taj broj ipak bude između 50 i 100. Idealnim uzorkom se smatra 200 ispitanika.

SEM je moćan metod za izlaženje na kraj sa multikolinearnošću (kada su dve ili više promenljivih visoko korelirane) što predstavlja jednu od važnih prednosti SEM tehnike u odnosu na višestruku regresiju i faktorsku analizu.

Shodno tome, SEM može biti veoma koristan u modeliranju organizacionih sistema.

Osnovna prednost konfirmatorne faktorske analize nad eksplorativnom faktorskom analizom je u tome što uključuje grešku merenja, dok je faktorskoj analizi cilj izbacivanje varijanse greške i ekstrakcija samo komunalnog dela variranja, a prednosti tehnike nad regresionom analizom se ogledaju u sledećem [81]:

- Opisuje skup veza između promenljivih,
- Redukuje se greška merenja primenom više indikatora po konstrukt,
- Postojanje medijatorskih promenljivih,
- Mogućnost analize vremenskih serija sa autokoreliranom greškom ili nekompletnih podataka.

Rezultati su iskorišćeni za ocenu uklapanja mernog modela, kako bi se potvrdila pretpostavljena struktura [82].

Merni model je najčešće predstavljen preko dijagrama vizualne putanje (CFA dijagrama), koji prikazuje veze između određenih izmerenih vrednosti (stavki) i faktora vezanih za njih, uključujući i veze među tim faktorima. "Putanje" od latentnih faktora do izmerenih opterećenja su zasnovane na teoriji merenja. Jedino opterećenja koja teoretski povezuju izmerene stavke sa njihovim latentnim

faktorima su izračunata, dok je za ostala pretpostavljeno da je njihova vrednost nula [78].

Adekvatnost predloženog modela je određena proračunom indeksa uklapanja, kojima testiramo prihvatanje ili odbacivanje predloženog modela. Postoji veliki broj ovakvih indeksa, ali nijedan od njih nije sam po sebi dovoljan za preciznu ocenu uklapanja u CFA ili SEM model. Istraživačima se preporučuje da primenjuju više indeksa iz različitih kategorija (unakrsna validacija). Ovi indeksi daju predstavu o tome u kojoj meri su promenljive u međusobnoj korelaciji, u odnosu na meru predviđenu modelom [83]. Postoji preko 25 različitih mera adekvatnosti modela tj. indeksa uklapanja, u raspoloživoj literaturi, među kojima se obično razmatra samo deo njih [74]. Neslaganja postoje čak i u vezi graničnih vrednosti ovih indeksa [83]. Stoga, sve izmerene vrednosti treba tumačiti kontekstualno vezano za konkretnu veličinu uzorka, procedure za ocenjivanje, složenost modela, suštinske pretpostavke o multivarijantnoj normalnosti, itd [84].

Jedan od najčešće primenjivanih indeksa uklapanja je hi kvadrat χ^2 , kojim se ispituje približnost uklapanja kovarijantne matrice uzorka sa fitovanom kovarijantnom matricom [83]. Zanimljivo mala vrednost χ^2 ukazuje na to da se posmatrani podaci ne razlikuju značajno od pretpostavljenog modela. Ova statistika, međutim, donosi i ozbiljan problem. Budući da je formula za izračunavanje vrednosti χ^2 direktno povezana sa veličinom uzorka, skoro svi modeli se ocenjuju kao pogrešni kako se povećava uzorak. Iz tog razloga, odnos χ^2 prema stepenima sloboda (df) se često primenjuje kao alternativni indeks uklapanja. Ukoliko je ova vrednost manja od 2, smatra se da model ima dobro uklapanje [83]. Još jedan često upotrebljavan indeks uklapanja je Koren Srednje Kvadratne Greške Aproksimacije (Root Mean Square Error of Approximation – RMSEA). RMSEA je bolji od ostalih indeksa uklapanja kod kojih su modeli veoma škrti, budući da RMSEA meri nedostatak uklapanja po stepenu slobode. Vrednosti RMSEA do 0,05 ukazuju na dobro uklapanje modela; vrednosti ispod 0,08 ukazuju na prihvatljivu grešku aproksimacije; vrednosti iznad 0,1 ukazuju na model koji se ne uklapa dobro [84]. NFI indeks poredi uklapanje dva različita modela (pretpostavljenog modela i nultog

modela) sa istim skupom podataka. Neki autori preporučuju da se usvoje vrednosti NFI od 0.90 i veće, kao pokazatelji dobrog uklapanja [83]. Međutim, sa sve većim brojem dokaza da NFI teži da potcenjuje uklapanje u slučaju manjih uzoraka, došlo se do zaključka da bi trebalo primeniti uporedni indeks uklapanja tj. CFI indeks, koji takođe u obzir uzima i veličinu uzoraka [74]. NNFI predstavlja još jedan indeks uklapanja koji uzima u obzir i složenost modela, tako što poredi pretpostavljeni model sa nultim modelom. Iako je tumačenje NNFI indeksa nešto složenije, pošto njegov raspon ide van granica od 0 do 1,00, preporučuje se primena ovog indeksa u kombinaciji sa bar još tri druga indeksa [83].

Merenje adekvatnosti modela u okviru ovog istraživanja urađeno je primenom sledećih indeksa uklapanja: Model (χ^2), χ^2 podeljen sa vrednošću df (χ^2/df), uporedni indeks uklapanja (comparative fit index – CFI), Koren Srednje Kvadratne Greške Aproksimacije (RMSEA), Normirani indeks uklapanja (Normed Fit Index - NFI), kao i Ne-normirani indeks uklapanja (NNFI), takođe poznat i pod imenom Tucker-Lewis-ov indeks (TLI).

4.1.1.4. Rezultati statističke procedure obrade prikupljenih podataka

Demografski podaci

Tabela 4.3 pokazuje demografske podatke za operatere i menadžere. Kod operatera, skoro svi učesnici su bili muškog pola (96,6%), dok je prosečan broj godina bio 46 (SD=9,7). Kod menadžera je blago veći procenat ispitanika bio ženskog pola i učestvovao sa 8,8%, u skladu sa karakteristikama populacije. Srednja vrednost za broj godina kod menadžera je ista kao i kod operatera tj. 46 godina (uz standardnu devijaciju SD=10,4).

Istraživanje je sprovedeno širom Srbije. Nekoliko industrijskih sektora je obuhvaćeno, a među njima različite toplane, elektrane, farmaceutska industrija, prehrambena industrija, naftna i gasna industrija i druge.

Tabela 4.3. Demografski podaci o ispitanicima

Promenljiva	Operateri		Menadžeri	
	N	%	N	%
Tip organizacije				
Toplane	84	31,3	54	21,3
Elektrane	123	45,9	137	54,2
Farmaceutska industrija	4	1,5	5	1,8
Prehrambena industrija	2	0,7	3	1,4
Naftna i gasna industrija	18	6,7	15	5,9
Ostalo	37	13,8	39	15,4
Osnovni kapital kompanije				
Ekskluzivno domaće	224	83,6	215	85,0
Ekskluzivno strano	4	1,5	4	1,6
Uglavnom domaće	4	1,5	14	5,5
Uglavnom strano	6	2,2	12	4,7
I jedno i drugo	30	11,2	8	3,2
Broj zaposlenih				
ispod 50	17	6,3	6	2,4
51 - 100	48	17,9	25	9,9
101 - 200	30	11,2	26	10,3
201 - 500	61	22,8	97	38,3

501 - 1000	17	6,3	9	3,6
preko 1000	95	35,4	90	35,5
Obrazovanje				
III - SSS srednja škola	197	73,5	4	1,6
IV - SSS srednja škola	27	10,1	23	9,1
V - VKV -SSS srednja škola	32	11,9	16	6,3
VI - VŠS	10	3,7	31	12,2
VII - VSS fakultet	2	0,7	177	70,0
			2	0,8
Godine				
do 30	22	8,2	24	9,5
31 - 49	47	17,5	52	20,6
41- 51	105	39,2	76	30,0
preko 50	94	35,1	101	39,9
Radno iskustvo				
do 5	28	10,4	36	14,2
od 6 do 10	24	9,0	36	14,2
od 11 do 20	60	22,4	79	30,3
preko 20	156	58,2	102	40,3
Da li su imali povrede na poslu?				

Da	33	12,3	31	12,3
Ne	235	87,7	222	87,7
Učestvovanje u nesrećama sa ozbiljnim posledicama				
Da	41	15,3	81	32,0
Ne	227	84,7	172	68,0
Metode procene rizika				
Kvalitativne metode	32	11,9	53	20,9
Kvantitativne metode	13	4,9	38	15,0
RIMAP	1	0,4	4	1,6
API 581			4	1,6
Ostale metode	11	4,1	23	9,1
Nije obavešten	211	78,7	130	51,8

Korelaciona analiza

Kako je broj pitanja sa kojim se počelo bio značajne veličine (61 pitanje za operatere i 80 za menadžere), kriterijum za zadržavanje pitanja na osnovu korelacione matrice je bio da pitanje mora da ima korelaciju veću od 0,3 sa najmanje 10 drugih pitanja. Ovo je rezultirao odbacivanjem 10 pitanja iz upitnika za ljudski faktor ostavljajući 51 umesto 61 pitanje, i 13 pitanja iz upitnika za menadžere, ostavljajući 67 umesto 80 pitanja.

Test adekvatnosti uzorkovanja

Svaki faktor je zatim ocenjen primenom Kaiser-Meyerto-Olkin (KMO) parametra, i samo faktori sa KMO vrednošću većom od 0,6 su zadržani za dalje

analize. Rezultati su pokazali dobar stepen kovariranja podataka u rasponu od 0,62 to 0,88 za operatere i 0,72 do 0,91 za menadžere, kako je prikazano u tabeli 4.4.

Bartlettovim testom sfericnosti dobijeno je da se matrice faktora i u slučaju ljudskih i u slučaju organizacionih faktora statistički značajno razlikuju od matrice identiteta, kako je za svaki faktor značajnost bila $<0,001$, što opet potvrđuje da su podaci pogodni za primenu faktorske analize.

Tabela 4.4. Kaiser-Meyerto-Olkin (KMO) vrednosti za ljudske i organizacione faktore

Ljudski Faktor	Broj pitanja	KMO	Organizacioni Faktor	Broj pitanja	KMO
D1	4	0,73	D1	6	0,86
D2	4	0,76	D2	5	0,81
D3	5	0,66	D3	6	0,72
D4	7	0,62	D4	5	0,73
D5	5	0,65	D5	8	0,77
D6	7	0,85	D6	6	0,84
D7	5	0,72	D7	15	0,91
D8	9	0,88	D8	4	0,79
D9	5	0,75	D9	12	0,9
			D10	4	0,77

Validnost sadržaja

Validnost sadržaja upitnika je potvrđena procesima koji su opisani tokom prethodnih poglavlja u okviru definisanja mernog instrumenta, delom putem izvođenja ili potvrđivanja nekih pitanja na osnovu literature, delom putem stručnog ispitivanja od strane različitih eksperata iz oblasti vezane za upitnik, kao i dodatnog testiranja sa grupom studenata, koji su za rezultat imali premeštanje dela pitanja iz komunikacijskih u faktore procesne bezbednosti.

Konstruktivna validnost EFA

Eksplorativna faktorska analiza, u kombinaciji sa Varimax i Kaiser Normalizacionom rotacijom je primenjena kako bi se analizirale dimenzione strukture upitnika.

Eksplorativna faktorska analiza sprovedena je nad upitnikom za ispitivanje ljudskih faktora sledeće strukture - D1: komunikacija (4 pitanja), D2: opasni materijali i oprema (4 pitanja), D3: procesna bezbednost (5 pitanja), D4: lična bezbednost (7 pitanja), D5: upravljanje organizacionim promenama (5 pitanja), D6: održavanje/inspekcija (7 pitanja), D7: ljudska greška (5 pitanja), D8: obuke i kompetencije zaposlenih za krizne situacije (9 pitanja), i D9: sprovođenje istraživanja nakon nesreća (5 pitanja).

Eksplorativna faktorska analiza sprovedena je nad upitnikom za ispitivanje organizacionih faktora sledeće strukture - D1: komunikacija (6 pitanja), D2: opasni materijali i oprema (5 pitanja), D3: procesna bezbednost (4 pitanja), D4: lična bezbednost (5 pitanja), D5: upravljanje organizacionim promenama (8 pitanja), (D6): Podizvođači radova iz drugih preduzeća (6 pitanja), D7: održavanje/inspekcija (13 pitanja), D8: ljudska greška (4 pitanja), D9: obuke i kompetencije zaposlenih za krizne situacije (12 pitanja), i D10: sprovođenje istraživanja nakon nesreća (4 pitanja).

Setom faktorskih analiza testirano je da li sva pitanja iz određene grupe zaista pripadaju toj grupi. Npr. da li se sva pitanja komunikacije zaista odnose na komunikaciju. Ako bi analiza pokazala 1 faktor to praktično znači da sva pitanja međusobno koreliraju, odnosno da pripadaju istoj jednoj grupi i da se na osnovu njih dalje može računati jedan opšti skor, npr. skor komunikacije. Za većinu faktora, pojedinačni faktor se dobija na osnovu tri kriterijuma:

- "Scree" dijagrama
- Procenta objašnjene varijanse
- Ejgen vrednosti.

Procentat objašnjene varijanse je bio oko 60% za svaki faktor, dok su sopstvene/ejgen vrednosti bile iznad 2 za prvi ekstrahovan faktor, a ispod 1 u slučaju drugog. "Scree" dijagram je pokazao očigledno odsecanje od prvog faktora, za sve faktore.

Faktorska opterećenja su izračunata za sve faktore. Za donju granicu faktorskog opterećenja je izabrana vrednost 0,4, što je u skladu sa veličinom uzorka u ovom istraživanju i takođe omogućava da se posmatraju samo praktično značajne stavke [78].

Sveukupno gledano, za ljudske faktore, EFA je rezultirala brisanjem 6 pitanja, čime je preostalo 9 faktora sa ukupno 45 pitanja. Rezultati su dati tabeli 4.5. Za organizacione faktore EFA je rezultirala brisanjem 2 pitanja, nakon čega je preostalo 65 pitanja u ukupno 10 faktora. Rezultati su prikazani u tabeli 4.6.

Tabela 4.5. Faktorska opterećenja za ljudske faktore

Redni broj pitanja	Faktor D1	Faktor D2	Faktor D3	Faktor D4	Faktor D5	Faktor D6	Faktor D7	Faktor D8	Faktor D9
D12	0,767								
D13	0,691								

D15	0,617		
D16	0,648		
D21	0,635		
D22	0,906		
D23	0,679		
D24	0,637		
D32		0,583	
D34		0,667	
D35		0,86	
D43			0,79
D44			0,812
D45			0,503
D47			0,531
D51			0,434
D52			0,442
D53			0,742
D54			0,846
D55			0,864
D61			0,825
D62			0,694
D63			0,866
D64			0,758
D65			0,856

D66										0,751
D69										0,623
D71										0,777
D72										0,883
D73										0,765
D81										0,840
D83										0,827
D84										0,809
D86										0,786
D87										0,684
D88										0,676
D89										0,665
D810										0,652
D811										0,62
D91										0,552
D93										0,808
D94										0,816
D95										0,697

Tabela 4.6. Faktorska opterećenja za organizacione faktore

Redni broj pitanja	Faktor D1	Faktor D2	Faktor D3	Faktor D4	Faktor D5	Faktor D6	Faktor D7	Faktor D8	Faktor D9	Faktor D10
D11	0,79	6								

D12	0,76 7		
D13	0,69 5		
D14	0,75 6		
D17	0,70 8		
D18	0,52 6		
D21	0,70 5		
D22	0,67 9		
D23	0,78 3		
D24	0,78 2		
D25	0,59 4		
D32		0,68 8	
D34		0,63 3	
D35		0,70 2	
D42			0,86 2
D43			0,70 2
D44			0,43 6
D45			0,63 3
D51			0,74 5
D52			0,70 9
D53			0,71 6
D54			0,68 8
D55			0,70 9
D56			0,74

D57	0,66 5	
D58	0,71	
D61	0,72 7	
D62	0,85 3	
D63	0,84 8	
D65	0,81 6	
D67	0,63	
D68	0,48 7	
D71		0,71
D72		0,63 8
D73		0,59 2
D74		0,76 5
D75		0,76 2
D76		0,78 6
D77		0,83 4
D78		0,82 3
D79		0,75 3
D710		0,77 7
D711		0,75
D715		0,74 3
D81		0,84
D82		0,88 2
D84		0,63 7

D91	0,75
D92	0,78
D93	2
D94	0,74
D95	3
D96	0,87
D97	1
D98	0,77
D99	1
D100	0,77
D101	0,73
D102	3
D103	0,83
D104	1
D105	0,82
D106	8
D107	0,78
D108	7
D109	0,66
D110	2
D111	0,79
D112	3
D113	0,727
D114	0,716
D115	0,824
D116	0,685

Pouzdanost mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora

Pozdanost mernog instrumenta zavisi od njegove interne konzistentnosti koji se može oceniti putem Cronbach-ovog α , Spearman-Brown koeficijenta i Kendall-ovog W [68, 79].

Nakon početne EFA analize, svaki faktor je ocenjen primenom Cronbach-ovog α kod oba upitnika. Rezultati za operatere su pokazali da dva faktora imaju

vrednosti nešto ispod 0,7. Ispitivanjem matrice korelacija među pojedinačnim pitanjima je pokazano da u svakom faktoru jedna stavka ima nizak nivo korelacije (ispod 0,3 sa ostalim faktorima), tako da su te stavke uklonjene i Cronbach-ov α je ponovno izračunat sa odgovarajućim faktorima (tabela 4.7). Nakon ovoga 43 pitanja je ostalo koja opisuju ljudski faktor. U upitniku za organizacione faktore nakon primene Cronbach-ovog α (tabela 4.7) ostalo je 63 pitanja.

Tabela 4.7. Vrednosti Cronbach-ovog α za ljudske i organizacione faktore

Ljudski	Cronbach-ov	Organizacioni	Cronbach-ov α
Faktor	α	Faktor	
D1	0,77	D1	0,86
D2	0,80	D2	0,83
D3	0,74	D3	0,74
D4	0,76	D4	0,75
D5	0,79	D5	0,86
D6	0,91	D6	0,87
D7	0,75	D7	0,93
D8	0,92	D8	0,74
D9	0,81	D9	0,94
		D10	0,82

Kendall-ov W (takođe poznat kao Kendall-ov koeficijent saglasnosti) je neparametarski statistički test i koristi se procenu slaganja među ispitanicima [85]. Kendall's W ima raspon od 0 (bez ikakvog slaganja) do 1 (totalno slaganje). Rezultati

za Kendal-ov W su pokazali da je statistički značajan za oba upitnika. Ako uzmemo u obzir da pitanja iz upitnika imaju 5 različitih opcija za odgovore, od kojih ispitanici biraju jedan odgovor, i da se pitanja 1 i 2, kao i pitanja 4 i 5 mogu tumačiti kao relativno slaganje ispitanika, a Kendall-ov W ne uzima ovo u obzir, može se zaključiti da nivo slaganja od 0,175 u slučaju operatera i 0,15 u slučaju menadžera, predstavljaju sasvim zadovoljavajuće vrednosti.

Spearman-Brown koeficijent predstavlja koeficijent pouzdanosti koji se može dobiti od svih mogućih kombinacija deljenja pitanja na dva seta (deljenje po polovini) [79, 86]. Spearman-Brown treba da bude više od 0,8 da bi bio prihvatljiv. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da Spearman-Brown za operatere iznosi 0,895, dok za menadžere iznosi 0,848, tako da je on adekvatan u oba slučaja.

Konfirmatorna faktorska analiza

Ne postoji konsenzus kada je u pitanju veličina uzorka pri modeliranju strukturnim jednačinama. Postoje određena opšta pravila, ali se njima zamera to što su prevaziđena i ne odnose se na određene konkretne slučajeve. Uzorak ne bi trebalo da bude premali, ali i preveliki uzorak takođe može dovesti do problema [74, 87]. Broj faktora i pitanja, podaci koji nedostaju, kao i raspodela podataka svi utiču na potrebnu veličinu uzorka. Bez obzira, uzorak u okviru ovog istraživanja od 268 ispitanika i 9 faktora za operatere i 253 ispitanika i 10 faktora za menadžere, se uklopio u ono što većina istraživača smatra adekvatnim za dobijanje merodavnih rezultata [80, 88].

Postoji nekoliko važnih napomena koje treba uzeti u obzir pri sprovođenju CFA. Kao prvo, stepeni slobode, koje AMOS definiše pri izlazu, moraju biti veći od 0 [90]. U našem modelu, broj stepeni slobode $df = 211$ (tabela 4.8), što ga čini pre-identifikovanim, tj. model poseduje dovoljno informacija za dobijanje rešenja.

Kao drugo, potrebno je ukloniti izrazitu multi-kolinearnost, što znači da nijedan par stavki ne sme imati previsok nivo korelacija sa ostalim stavkama [90].

Ovo znači da nijedna stavka ne bi smela da bude u značajnoj korelaciji sa drugom, što je takođe potvrđeno u dobijenom modelu.

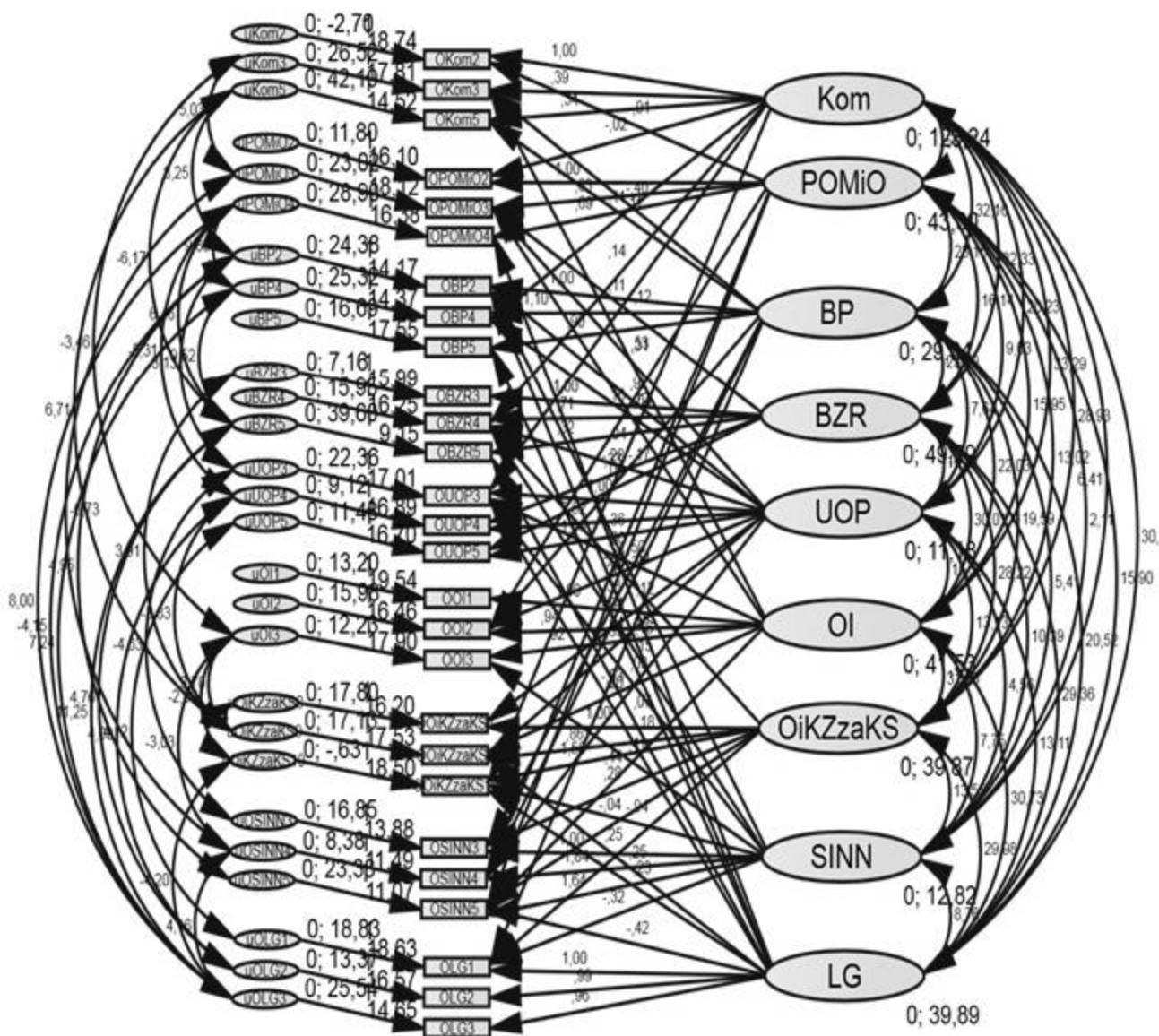
U nekim slučajevima, čak i kada su sve pretpostavke i zahtevi ispunjeni (model je pre-identifikovan, nema multi-kolinearnosti, uzorak je zadovoljavajuće veličine), ipak se može desiti da indeksi uklapanja modela ne budu konzistentni sa podacima. Ovakav nalaz sugeriše da bi model trebalo načiniti finijim (brisanjem nekih promenljivih, dodavanjem još faktora, itd.) [83, 89]. S obzirom da je i kod modela u ovom istraživanju to bio slučaj, analizirane su samo standardizovane zaostale kovarijanse i standardizovane težine regresija, kao i njihove veze, pri čemu je uklonjeno sve za šta se smatralo da može da napravi problem sa ukupnim uklapanjem modela [90, 91]. Ovo je urađeno primenom iterativnog procesa i stavke su pažljivo uklonjene, jedna po jedna, pri čemu su indeksi slaganja ponovo računati nakon svakog uklanjanja. Od značaja je bilo da se ostave bar tri promenljive (stavke) po faktoru, pošto neki autori to smatraju za minimum [66]. Vrednosti indeksa uklapanja za rezultujući model merne skale za ispitivanje ljudskih faktora su bile veoma dobre i prikazane su u tabeli 4.8. Što se tiče modela za ispitivanje uticaja organizacionih faktora dobijeni indeksi su prihvatljivi međutim malo lošiji od modela za ljudske faktore. Urađen je t-test (poglavlje 4.1.5.7) kako bi se tastiralo postojanje statističke značajnosti razlike između istih pitanja u oba upitnika, i dobijeno je da skoro sva pitanja imaju statistički značajne razlike. Ovo može objasniti zašto se i indeksi uklapanja razlikuju kod oba modela.

Što se tiče SEM, relativno male vrednosti χ^2 potvrđuju validnost predloženog teorijskog modela. U dobijenom modelu za ljudske faktore, vrednost je 307,6464 (što je manje od uporedne vrednosti nezavisnog modela od 5319,8886) dok je u modelu za organizacione faktore 871,6256 (a uporedna vrednost za model iznosi 5240,8069). Stoga su ove vrednosti dobre. Ostale mere uklapanja modela korišćene za ocenu ukupne verodostojnosti modela su prikazane u tabeli 4.8.

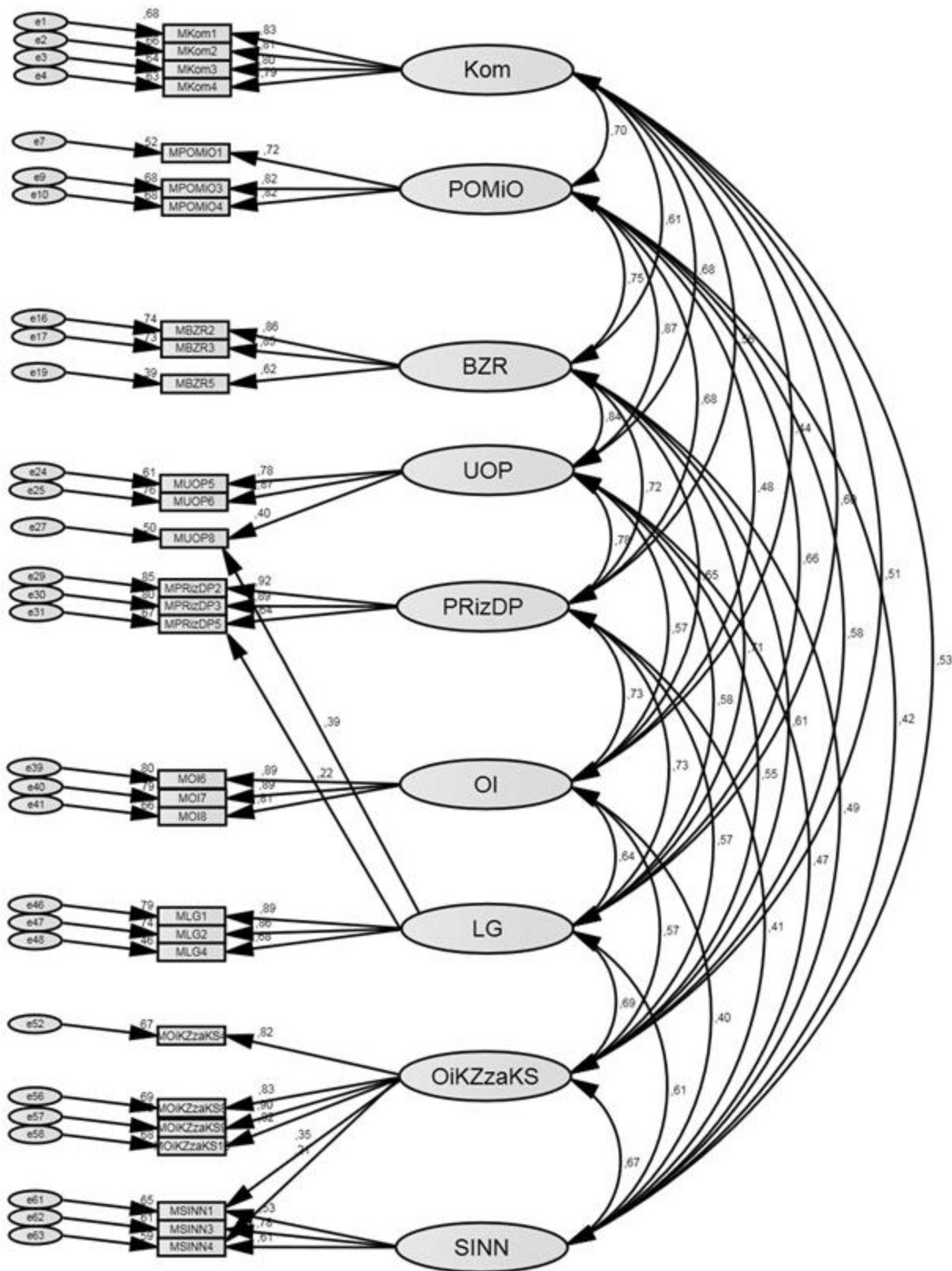
Tabela 4.8. Sumirane vrednosti indeksa uklapanja za dobijene modele ljudskih i organizacionih faktora

Fitovi	Preporučene vrednosti	Dobijeni model - ljudski faktori	Dobijeni model - organizacioni faktori
χ^2	-	307,6464	8,716,256
df	-	211	337
χ^2 significance p	$\leq 0,05$	0,0000	0,000
χ^2 / df	$< 5,0$	1,4580	25,864
NFI	$>0,90$	0,9422	,8337
RFI	$>0,90$	0,9038	,7853
CFI	$>0,90$	0,9805	,8888
TLI	$>0,90$	0,9676	,8564
RMSEA	$< 0,05$	0,0414	,0771

Dobijeni strukturalni modeli prikazani na CFA dijagramima, datim na slikama 4.3 i 4.4, daju uvid u formulisanu hipotezu. Ovali sa dijagrama predstavljaju neposmatrane latentne faktore dok pravougaonici predstavljaju one koji su posmatrani. Na kraju, konfirmatorna analiza je pokazala da je ukupno uklapanje modela prihvatljivo. Pri pregledanju modela predstavljeno na slici 4.3 se može videti da postoji 9 latentnih promenljivih, kao i 27 manifestnih promenljivih (tabela 4.9). Ovih 27 posmatranih manifestnih promenljivih funkcionišu kao pokazatelji svojih odgovarajućih suštinskih faktora – latentnih varijabli. Može se zaključiti da ceo model ima veoma dobre pokazatelje uklapanja. Model na slici 4.4 ima 9 latentnih faktora, kao i 29 manifestnih promenljivih (tabela 4.10).



Slika 4.3. Dobijeni strukturalni model za ljudske faktore



Slika 4.4. Dobijeni strukturalni model za organizacione faktore

4.1.1.5. Definisanje konačnog mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora

U tabelama 4.9 i 4.10 dati su prikazi konačnih mernih instrumenata za ispitivanje ljudskih i organizacionih faktora, koji su dobijeni na osnovu strukturnih modela prikazanih u prethodnom poglavlju.

Tabela 4.9. Konačni merni instrument za ispitivanje uticaja ljudskih faktora

Upitnik se sastoji od dva dela. Prvi deo obuhvata opšte podatke, i u njemu je potrebno zaokružiti broj pored tačnog odgovora ili upisati tražene podatke. Drugi deo upitnika ima dve kolone, A i B. U obe kolone potrebno je zaokružiti broj od 1 do 5, imajući u vidu da broj 1 najviše opisuje tvrdnju datu sa njegove leve strane, a broj 5 tvrdnju datu sa njegove desne strane, dok brojevi između opisuju tvrdnje između dve krajnje tvrdnje na sledeći način: 1- uopšte se neslažem, 2- uglavnom se neslažem, 3- nisam siguran (ili nisam informisan o ovome), 4- uglavnom se slažem, 5- potpuno se slažem. Popunjavanje upitnika traje okvirno 15 minuta.

OPŠTI PODACI

Vrsta delatnosti preduzeća	1. Toplana 2. Elektrana 3. Proizvodnja đubriva 4. Proizvodnja lekova 5. Prehrambena industrija 6. Proizvodnja nafte i gasa 7. Drugo _____
Osnivački kapital preduzeća	1. Isključivo domaći 2. Isključivo strani 3. Većinski domaći 4. Većinski inostrani 5. Mešovito
Broj zaposlenih u preduzeću	
Vaše radno mesto u preduzeću (nije obavezno popuniti)	
Vaša školska sprema	
Godine starosti	
Pol	M Ž
Godine radnog iskustva	
Da li ste nekada doživeli neku povredu na radu?	
Da li se u toku Vašeg radnog veka u ovom preduzeću dogodio neki otkaz sa posledicama tipa težih povreda, smrtnih slučajeva, negativnih uticaja na okruženje ili velikih finansijskih gubitaka?	DA NE

Zaokružite standarde koji su implementirani u Vašem preduzeću	1. ISO 9000 2. ISO 14000 3. OHSAS 18000 4. Integrisani menadžment sistem - navesti standarde _____ 5. Drugo _____ 6. Nisam informisan
Da li se u vašem preduzeću procenjuje rizik nekom od navedenih metoda	1. Kvalitativne metode 2. Kvantitativne metode 3. API 581 4. RIMAP 5. Druge 6. Nisam informisan

UPITNIK

UTICAJ LJUDSKIH I ORGANIZACIONIH FAKTORA NA RIZIK

U EKSPLOATACIJI OPREME POD PRITISKOM

<p align="center"><i>KOLONA A</i></p> <p align="center"><i>Sva pitanja se odnose na opremu pod pritiskom</i></p>	<p align="center"><i>KOLONA B</i></p> <p align="center"><i>Pod posledicama u koloni B se podrazumevaju sledeće posledice:</i> 1) po okolinu 2) finansijske posledice (ozbiljnije zaustavljanje proizvodnje, veće oštećenje opreme, itd.) 3) ozbiljnije povrede zaposlenih</p> <p align="center"><i>*U koloni B se ocenjuje uticaj stavke-pitanja iz kolone A (ne uticaj odgovora na pitanje iz kolone A)</i></p>
KOMUNIKACIJA	
Kada se pojavi bilo kakav problem u procesu mogu to da prijavim nadređenima bez poteškoća i treba to da uradim. Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Na prijavljene probleme nadređeni blagovremeno reaguju i rešavaju ih u saradnji sa nama Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Postoji jasno definisan sistem po kome nas obavestavaju o svim promenama u procesima, procedurama i organizaciji u preduzeću Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
POTENCIJALNO OPASNI MATERIJALI I OPREMA	
Moji direktni nadređeni mi često govore o potencijalnim opasnostima vezanim za materijal i opremu sa kojom radimo u preduzeću i proveravaju moje znanje na tu temu. Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Znam gde se nalaze procedure i uputstva vezane za rad sa potencijalno opasnim materijalima i opremom i uvek su mi dostupni. Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj

<p>U mom preduzeću postoje mere za sprečavanje i kontrolu velikih potencijalnih opasnosti vezanih za bezbednost procesa i ja znam tačno koje su.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>BEZBEDNOST PROCESA</p> <p><i>Bezbednost procesa se odnosi na sprečavanje velikih otkaza i događaja koji mogu da izazovu katastrofalne posledice, u smislu velikog broja povređenih ljudi ili smrtnih slučajeva, ogromnih finansijskih gubitaka i ozbiljnih posledica po okolinu. Bezbednost procesa je različit pojam od bezbednosti i zdravlja na radu.</i></p>	
<p>U mom preduzeću postoji dokument koji često viđam ili na koji nas menadžeri često upućuju u kome je definisan stav menadžmenta po pitanju bezbednosti procesa.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Rukovodioci su nam predstavili i objasnili pokazatelje performansi bezbednosti procesa za naše preduzeće.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Znam tačno ko je glavna odgovorna osoba za bezbednost procesa u preduzeću i kako da dođem do nje.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU</p>	
<p>Moj direktni nadređeni uvek proverava da li sam dobio svu potrebnu opremu za rad i opremu za ličnu zaštitu</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Moji nadređeni često proveravaju da li koristimo opremu za rad i opremu za ličnu zaštitu koju smo dobili</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Uključeni smo donekle u određivanju politike o radnim satima i prekovremenom radu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>UPRAVLJANJE ORGANIZACIONIM PROMENAMA</p> <p><i>Organizacione promene obuhvataju sve promene korporativnih funkcija (promene rukovodstva i nadređenih), bilo kakva uvođenja novih ili modifikovanih procesa, promene u spoljnom okruženju (promene zakona, pravilnika, itd)</i></p>	
<p>Postoji jasno definisana procedura pri svakom pokretanju i prekidanju procesa (start up i shut down) koja se uvek poštuje.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Pre pokretanja novih ili značajno promenjenih postrojenja na koje sam dodeljen uvek prolazim adekvatne nove obuke (treninge) vezane za to postrojenje.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Pre pokretanja novih ili značajno promenjenih postrojenja nadređeni me informišu o i objasne sve procedure vezane za održavanje, inspekciju, bezbednost i reagovanje u slučaju opasnosti koji su u vezi sa tim postrojenjem.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
ODRŽAVANJE / INSPEKCIJA	
Ukoliko ne radite na poslovima održavanja ili ne znate odgovore, molimo Vas da vezano za ovaj deo konsultujete kolege koji rade na tim poslovima.	
<p>Za visoko rizičnu opremu pod pritiskom postoje metode kojima u okviru preduzeća kontrolišemo njenu ispravnost, pored redovnih inspekcija imenovanih tela.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Ukoliko preduzeće nabavi novu opremu kakvu nismo koristili a naročito ako je u pitanju nova oprema na tržištu u okviru preduzeća se propisuje posebna inspekcija za datu opremu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Održavanje u našem preduzeću je bazirano na znanju o velikim potencijalnim opasnostima vezanim za opremu i materijale sa kojima radimo.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
LJUDSKA GREŠKA	
<i>Misli se na neposrednu ljudsku grešku u samom izvršavanju zadataka, kao na primer pritisak pogrešnog dugmeta, greška pri merenju, ubacivanje pogresne količine radne materije i slično.</i>	
<p>Svestan sam svih tačaka procesa gde moja direktna greška, u smislu ručne operacije, može da dovede do otkaza i potencijalno većih nesreća.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoje određeni načini i mere za smanjenje rizika od pravljenja takve greške na rizičnim mestima.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Zajedno sa nadređenim analiziramo uzroke grešaka na kritičnim mestima (na primer prekomeran rad, loša komunikacija, pritisak da se što pre završi posao, itd.)</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
OBUKE I KOMPETENCIJE ZAPOSLENIH ZA KRIZNE SITUACIJE	
<p>U potpunosti mi je jasno koja je moja uloga i šta treba da radim u slučaju nastanka krizne situacije i znam koje uloge drugi zaposleni imaju uključujući menadžere.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U slučaju opasnosti postoje posebna zaštitna sredstva od potencijalno opasnih materija i znam kako da im pristupim.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

U slučaju opasnosti znam tačno kom nadređenom treba da se obratim u svakoj smeni. Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
SPROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA NAKON NESREĆA	
Procedura za sprovođenje istraživanja zahteva da se nalazi i preporuke reše u kratkom vremenskom period. Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Uvek smo uključeni u sprovođenje istraživanja nakon nesreća ili otkaza. Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Podizvođači iz drugih preduzeća nekad učestvuju u istraživanjima nakon nesreća ili otkaza. Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj

Tabela 4.10. Konačni merni instrument za ispitivanje uticaja organizacionih faktora

Upitnik se sastoji od dva dela. Prvi deo obuhvata opšte podatke, i u njemu je potrebno zaokružiti broj pored tačnog odgovora ili upisati tražene podatke. Drugi deo upitnika ima dve kolone, A i B. U oba kolone potrebno je zaokružiti broj od 1 do 5, imajući u vidu da broj 1 najviše opisuje tvrdnju datu sa njegove leve strane, a broj 5 tvrdnju datu sa njegove desne strane, dok brojevi između opisuju tvrdnje između dve krajnje tvrdnje na sledeći način: 1- uošte se neslažem, 2- uglavnom se neslažem, 3- nisam siguran (ili nisam informisan o ovome), 4- uglavnom se slažem, 5- potpuno se slažem. Popunjavanje upitnika traje okvirno 15 minuta.

OPŠTI PODACI

Vrsta delatnosti preduzeća	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toplana 2. Elektrana 3. Proizvodnja đubriva 4. Proizvodnja lekova 5. Prehrambena industrija 6. Proizvodnja nafte i gasa 7. Drugo _____
Osnivački kapital preduzeća	<ol style="list-style-type: none"> 1. Isključivo domaći 2. Isključivo strani 3. Većinski domaći 4. Većinski inostrani 5. Mešovito
Broj zaposlenih u preduzeću	
4.1.2. Vaše radno mesto u preduzeću (nije obavezno popuniti)	4.1.3.

4.1.4. Vaša školska sprema	
Godine starosti	
Pol	M ž
Godine radnog iskustva	
Da li ste nekada doživeli neku povredu na radu?	
Da li se u toku Vašeg radnog veka u ovom preduzeću dogodio neki otkaz sa posledicama tipa težih povreda, smrtnih slučajeva, negativnih uticaja na okruženje ili velikih finansijskih gubitaka?	DA NE
4.1.5. Zaokružite standarde koji su implementirani u Vašem preduzeću	<p>4.1.6.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ISO 9000 2. ISO 14000 3. OHSAS 18000 4. Integrisani menadžment sistem - navesti standarde _____ 5. Drugo _____ 6. Nisam informisan
4.1.7. Da li se u vašem preduzeću procenjuje rizik nekom od navedenih metoda	<p>4.1.8.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kvalitativne metode 2. Kvantitativne metode 3. API 581 4. RIMAP 5. Druge 6. Nisam informisan

UPITNIK

UTICAJ Ljudskih I ORGANIZACIONIH FAKTORA NA RIZIK
U EKSPLOATACIJI OPREME POD PRITISKOM

<i>KOLONA A</i>	<i>KOLONA B</i>
<i>Sva pitanja se odnose na opremu pod pritiskom</i>	<p><i>Podposledicama u koloni B se podrazumevaju sledeće posledice:</i></p> <p><i>1) po okolinu</i></p> <p><i>2) finansijske posledice (ozbiljnije zaustavljanje proizvodnje, veće oštećenje opreme, itd.) 3) ozbiljnije povrede zaposlenih</i></p> <p><i>*U koloni B se ocenjuje uticaj stavke-pitanja iz kolone A (ne uticaj odgovora na pitanje iz kolone A)</i></p>
KOMUNIKACIJA	
<p>Operateri prijavljuju sve pa i sitne problem koji nastanu u toku rada.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Redovno podstičemo i podsećamo operatere na važnost prijavljivanja svih problema u toku rada.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U našem preduzeću je uspostavljeno okruženje sa efikasnim linijama komunikacije između menadžmenta i operatera.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji procedura po kojoj se prati da li je svaki problem prijavljen od strane radnika rešen.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
POTENCIJALNO OPASNI MATERIJALI I OPREMA	
<p>U preduzeću su jasno identifikovane potencijalne opasnosti vezane za opremu i materijale koje koristimo i redovno se razgovara o njima.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Zakonske procedure i uputstva vezane za rad sa potencijalno opasnim materijalima i opremom su dostupne svim operaterima u svakom trenutku.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U mom preduzeću postoje mere za sprečavanje i kontrolu velikih potencijalnih opasnosti vezanih za bezbednost procesa.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU	
<p>Uvek proveravam da li su operateri dobili svu potrebnu opremu za rad i opremu za ličnu zaštitu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Često proveravamo da li operateri koriste opremu za rad i opremu za ličnu zaštitu koju im damo.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U ovom preduzeću se strogo poštuje politika o radnim satima svih zaposlenih.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>UPRAVLJANJE ORGANIZACIONIM PROMENAMA</p> <p><i>Organizacione promene obuhvataju sve promene korporativnih funkcija (promene rukovodstva i nadređenih), bilo kakva uvođenja novih ili modifikovanih procesa, promene u spoljnom okruženju (promene zakona, pravilnika, itd)</i></p>	
<p>Postoji jasno definisana procedura pri svakom pokretanju i prekidanju procesa (start up i shut down) koja se uvek poštuje.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Pre pokretanja novih ili značajno promenjenih postrojenja svi zaposleni koji će raditi sa njima prolaze adekvatne nove treninge.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U našem preduzeću postoji ustanovljen proces kojim se proverava da li su sve procedure ažurne i da li su svi zaposleni upoznati sa izmenjenim ili novim procedurama.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>PODIZVOĐAČI RADOVA IZ DRUGIH PREDUZEĆA</p>	
<p>Pre nego što proizvođači iz drugih preduzeća krenu da rade posao za koji je su angažovani uvek sa njima prvo održimo sastanak gde se prođe kroz ono što treba da urade kao i kroz pravila bezbednosti na radu u našem preduzeću.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U proceduri o upravljanju radom podizvođača se strogo zahteva da se proverí da li je to osoblje kvalifikovano i obučeno za tip posla koji dolaze da rade.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoje efektivni načini na koje se podizvođači informišu o većim potencijalnim opasnostima i nesrećama vezanim za našu kompaniju.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>ODRŽAVANJE / INSPEKCIJA</p>	

<p>Sva oprema pod pritiskom visokog nivoa opasnosti je registrovana u Centralni registar opreme pod pritiskom.</p> <p>Upšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Za svu opremu pod pritiskom visokog nivoa opasnosti postoji zapisan plan inspekcije sa određenim intervalima kada se vrši inspekcija.</p> <p>Upšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji osoba u preduzeću direktno zadužena za praćenje kada je potrebno pozvati imenovano telo da izvrši inspekciju opreme pod pritiskom visokog nivoa opasnosti.</p> <p>Upšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>LJUDSKA GREŠKA</p> <p><i>Misli se na neposrednu ljudsku gresku u samom izvršavanju zadataka, ka o na primer pritisak pogrešnog dugmeta, greška primerenju, ubacivanje pogresne kolicine ra dne materije i slično.</i></p>	
<p>Identifikovane su sve tačke procesa gde direktna ljudska greška, u smislu ručne opracije opratera, može da dovede do nesreće.</p> <p>Upšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoje određeni načini i mere za smanjenje rizika od pravljenja takve greške na identifikovanim mestima.</p> <p>Upšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U okviru analize ljudske greške analiziraju se faktori kao što su prekomeran rad, loša komunikacija, pritisak da se što pre završi posao, itd.</p> <p>Upšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>OBUKE I KOMPETENCIJE ZAPOSLENIH ZA KRIZNE SITUACIJE</p>	
<p>U našem preduzeću se redovno sprovode posebne obuke radnika vezane direktno za reagovanja u kriznim situacijama (u kojima ih uče specifične potencijalne opasnosti za njihova radna mesta, kako da ih prepoznaju, šta da rade kada ih prepoznaju i koji je plan akcije ako dođe do nesreće).</p> <p>Upšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji jasno definisan i dokumentovan plan u slučaju opasnosti u preduzeću.</p> <p>Upšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Plan u slučaju opasnosti uključuje i procedure za evakuaciju u slučaju opasnosti i procedure za kontrolu potencijalno opasnih materijala.</p> <p>Upšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

Redovno se proverava ispravnost zaštitnih sredstva od potencijalno opasnih materija. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
SPROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA NAKON NESREĆA	
Postoji definisana procedura za sprovođenje detaljnih istraživanja nakon nesreća ili otkaza koji se dogode u preduzeću. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Procedura za sprovođenje istraživanja zahteva da se nalazi i preporuke reše u kratkom vremenskom period. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Operateri su uvek uključeni u sprovođenje istraživanja nakon nesreća ili otkaza. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj

4.1.1.6 Poređenje odgovora na konačne upitnike za organizacione i ljudske faktore putem t-testa

Procena različitosti odgovora na ista pitanja iz konačnih upitnika za organizacione i ljudske faktore izvršena je t-testom uparenih uzoraka. Na taj način pokazano je da je neophodno odvojeno posmatrati uticaje ljudskih i organizacionih faktora, jer se stavovi zaposlenih na višim i nižim hijerarhijskim nivoima značajno razlikuju po pitanju istih problema.

Kako se radi o odgovorima zaposlenih na višim i nižim hijerarhijskim nivoima u istoj kompaniji, primenjen je t-test uparenih uzoraka u cilju testiranja razlika srednjih vrednosti dobijenih odgovora.

Odgovori menadžera i operatera na identična pitanja u najvećem broju slučajeva značajno se razlikuju kao što sledi. Kod MKom1 ('Operateri prijavljuju sve pa i sitne problem koji nastanu u toku rada') utvrđena je statistički značajna razlika ($M=17,22$; $SD=6,300$) u odnosu na OKom1 ('Kada se pojavi bilo kakav problem u procesu mogu to da prijavim nadređenima bez poteškoća i treba to da uradim')

($M=10,41$; $SD= 7,293$); $t(252)=11,150$; $p<0,001$. Sa druge strane stavovi zaposlenih na različitim hijerarhijskim nivoima po pitanju MKom2 ('Operateri prijavljavaju sve pa i sitne problem koji nastanu u toku rada') i OKom2 ('Na prijavljene probleme nadređeni blagovremeno reaguju i rešavaju ih u saradnji sa nama') su bez statistički značajnih razlika (nivo značajnosti je 0,643). Za većinu parova je dobijena statistički značajna razlika kako se može videti u tabeli 4.11. Ovo objašnjava i razliku između modela za organizacione i ljudske faktore, i malo lošije indekse uklapanja koji su dobijeni kod CFA modela organizacionih faktora (tabela 4.8).

Tabela 4.11. Poređenje odgovora na konačne upitnike za organizacione i ljudske faktore

Parovi	Korelacije uparenih uzoraka			Testovi uparenih uzoraka				
	N	Korelacije	Sig.	Sr. Vr.	Stand. Dev.	z	df	Sig. (2-tailed)
MKom1 & OKom1	253	-,015	,810	6,806	9,709	11,150	252	,000
MKom2 & OKom2	253	,052	,413	-,273	9,358	-,464	252	,643
MKom3 & OKom3	268	-,082	,179	-1,560	10,882	-2,346	267	,020
MKom4 & OKom4	253	,115	,068	5,308	9,102	9,277	252	,000
MKom5 & OKom5	253	-,063	,319	-2,312	10,505	-3,501	252	,001
MPOMi01 & OPOMi01	253	,005	,942	,565	9,522	,944	252	,346
MPOMi02 & OPOMi02	253	,073	,249	4,601	9,127	8,018	252	,000
MPOMi03 & OPOMi03	253	-,030	,637	-,304	9,288	-,521	252	,603
MPOMi04 & OPOMi04	253	,026	,679	3,735	9,146	6,496	252	,000
MBZR2 & OBZR2	268	,144	,018	8,582	8,875	15,831	267	,000
MBZR3 & OBZR3	253	-,005	,943	1,783	9,537	2,973	252	,003
MBZR4 & OBZR4	253	-,035	,582	-7,470	9,522	12,479	252	,000

MBZR5 & OBZR5	253	-,055	,385	5,047	10,074	7,970	252	,000
MUOP3 & OUOP3	253	-,056	,375	-1,115	10,052	-1,764	252	,079
MUOP4 & OUOP4	268	,112	,068	-2,966	9,866	-4,922	267	,000
MUOP5 & OUOP5	253	,061	,333	3,530	9,094	6,174	252	,000
MOI1 & OOI1	253	,044	,485	2,739	9,143	4,765	252	,000
MOI2 & OOI2	253	-,001	,990	3,779	9,640	6,235	252	,000
MOI3 & OOI3	253	,029	,643	-1,320	10,363	-2,026	252	,044
MOI6 & OOI6	253	-,017	,792	3,213	11,439	4,468	252	,000
MOI7 & OOI7	253	,173	,006	3,964	9,167	6,879	252	,000
MOI8 & OOI8	253	,095	,132	5,601	9,445	9,432	252	,000
MLG1 & OLG1	253	-,037	,559	-2,336	10,408	-3,570	252	,000
MLG2 & OLG2	253	,023	,721	,652	9,532	1,088	252	,278
MLG4 & OLG4	253	-,083	,188	2,957	10,541	4,461	252	,000
MOiKZzaKS4 & OOiKZzaKS4	253	,019	,761	3,115	10,135	4,888	252	,000
MOiKZzaKS8 & OOiKZzaKS8	253	,016	,799	2,383	10,606	3,574	252	,000
MOiKZzaKS9 & OOiKZzaKS9	253	,059	,349	,395	10,299	,610	252	,542
MOiKZzaKS10 & OOiKZzaKS10	253	,010	,871	-,597	10,401	-,913	252	,362
MSINN1 & OSINN1	253	-,012	,848	2,692	10,229	4,186	252	,000
MSINN3 & OSINN3	253	,031	,621	1,352	9,229	2,330	252	,021
MSINN4 & OSINN4	253	-,010	,876	4,063	10,132	6,379	252	,000
MSINN5 & OSINN5	253	,035	,575	2,818	10,386	4,316	252	,000
MBP2 & OBP2	253	,072	,255	2,182	9,837	3,528	252	,000
MBP4 & OBP4	253	-,075	,232	2,439	10,093	3,843	252	,000
MBP5 & OBP5	253	,059	,354	,312	9,128	,544	252	,587

LEGENDA - Komunikacija - KOM, Potencijalno opasni materijali i oprema - POMIO, Bezbednost procesa - BP, bezbednost i zdravlje na radu - BZR, upravljanje organizacionim promenama - UOP, Podizvođači radova iz drugih preduzeća - PRIZDP, Održavanje / inspekcija - OI, Ljudska greška - LG, Obuke i kompetencije zaposlenih za krizne situacije - OIKZZAKS, Sprovođenje istraživanja nakon nesreća - SINN

4.1.1.7 Zaključak postavke mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ljudskih i organizacionih faktora

U ovom poglavlju pokazano je da je moguće pouzdano kvantifikovati uticaj ljudskih i organizacionih faktora na rizik sa u radu sa opremom pod pritiskom sa upitnicima koji se sastoje od 27 i 29 pitanja, odnosno dimenzija, koja opisuju 9 različitih faktora - konstrukata kod oba upitnika.

Na osnovu toga izmereni su, odnosno kvantifikovani uticaji ljudskih i organizacionih faktora, pa se maksimalne vrednosti istih, pojedinačno posmatrano (bez uticaja međuzavisnosti), mogu prikazati kao u tabelama 4.12 i 4.13.

Tabela 4.12. Maksimalne vrednosti ljudskih faktora

Ljudski Faktor	Maksimalna vrednost
Kom	246
BZR	99
POMiO	87
OI	83
LG	80
OiKZzaKS	80

BP	58
SINN	26
UOP	22

Najuticajniji ljudski faktor je 'komunikacija' sa vrednošću od 246, dok je faktor 'upravljanje organizacionim promenama' najmanje uticajan. Faktor 'komunikacija' je 2,5 do 3 puta jači od 'bezbednosti i zdravlja na radu', 'potencijalno opasnih materijala i opreme', 'održavanja/inspekcije', 'ljudske greške' i 'obuke i kompetencije zaposlenih za krizne situacije'; od 'bezbednosti procesa' je jači 4,2 puta a od 'sprovođenja istraživanja nakon nesreća' i 'upravljanja organizacionim promenama' je čak oko 11 puta jači.

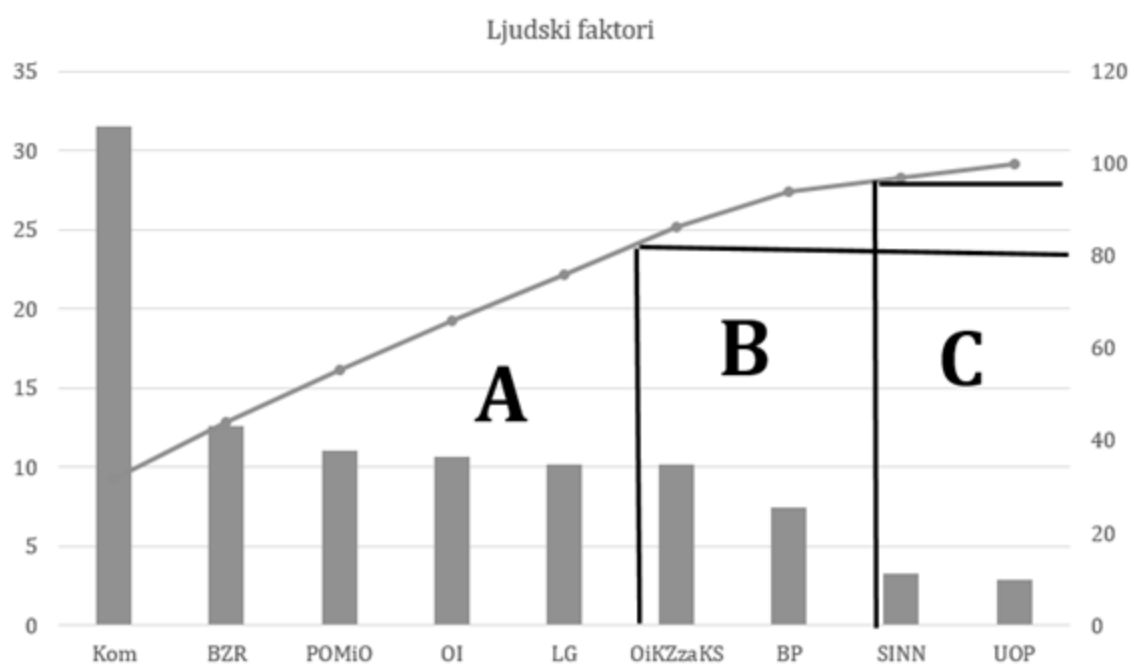
Tabela 4.13. Maksimalne vrednosti organizacionih faktora

Organizacioni Faktor	Maksimalna vrednost
PRizDP	104
OI	95
BZR	85
LG	85
OiKZzaKS	67
Kom	64
POMiO	50
UOP	49
SINN	29

Najuticajniji organizacioni faktor je faktor 'podizvodjači radova iz drugih preduzeća' sa vrednošću od 104, dok su faktori 'održavanje/inspekcija', 'bezbednost i zdravlje na radu' i 'ljudska greška' za 10% do 20% manje uticajni od njega. Dakle, razlika između najuticajnijeg organizacionog faktora i onih koji slede je znatno manja nego u slučaju ljudskih faktora. Slede 'obuka i kompetencija zaposlenih za krizne situacije', 'komunikacija', 'potencijalno opasni materijali i oprema' i 'upravljanja organizacionim promenama' sa vrednostima od 67 do 49, pa faktor 'sprovođenje istraživanja nakon nesreća' sa najmanjom vrednošću od 29.

Kako su ponekad sredstva, bilo finansijska bilo vremenska, u kompanijama dosta ograničena, korisno je uraditi Pareto analizu [92] nad podacima iz tabela 4.11 i 4.12, kako bi se sagledalo koliko kojih faktora učestvuje sa 80, 15 i 5% u ukupnom uticaju. Rezultati su prikazani na slikama 4.5 i 4.6, gde je na levoj vertikalnoj osi dijagrama prikazano procentualno učešće svakog faktora u ukupnom uticaju, dok je na desnoj osi prikazano kumulativno procentualno učešće.

Pareto analiza nam pokazuje da kod ljudskih faktora (slika 4.5) faktori KOM, BZR, POMiO, OI, LG i delom OiKZzaKS učestvuju sa 80% dok kod organizacionih faktora (slika 4.6) faktori PRizDP, OI, BZR, LG, OiKZzaKS i KOM učestvuju sa 80%. Faktor 'obuke i kompetencije zaposlenih za krizne situacije' spada u uticajnije faktore kod menadžera (oblast A) dok kod operatera spada u manje uticajne (oblast B). Na osnovu rezultata Pareto analize mogu se, u slučaju ograničenih resursa, donositi promišljene odluke o daljim aktivnostima, na nivou svakog pojedinačnog preduzeća.



Slika 4.5. Pareto analiza ljudskih faktora



Slika 4.6. Pareto analiza organizacionih faktora

Međutim, kako su navedeni ljudski i organizacioni faktori međuzavisni, dolazi se i do ukupnih mernih skala, datim u tabelama 4.14 i 4.15.

Tabela 4.14. Ukupna merna skala za ljudske faktore

Ljudski faktori			MAX	MIN
POMiO	<-->	Kom	112,5	0
POMiO	<-->	BP	46,3	0
Kom	<-->	BP	64,3	0
BP	<-->	BZR	46,4	0
POMiO	<-->	BZR	32,3	0
Kom	<-->	BZR	64,7	0
BZR	<-->	UOP	30,8	0
BP	<-->	UOP	15,3	0
POMiO	<-->	UOP	18,1	0
Kom	<-->	UOP	40,5	0
UOP	<-->	OI	30,8	0
BZR	<-->	OI	60,0	0
BP	<-->	OI	44,1	0
POMiO	<-->	OI	31,9	0
Kom	<-->	OI	66,6	0
OI	<-->	OiKZzaKS	63,1	0
UOP	<-->	OiKZzaKS	26,3	0
BZR	<-->	OiKZzaKS	56,4	0
BP	<-->	OiKZzaKS	39,2	0
POMiO	<-->	OiKZzaKS	26,0	0
Kom	<-->	OiKZzaKS	57,9	0
OiKZzaKS	<-->	SINN	27,1	0
OI	<-->	SINN	15,5	0
UOP	<-->	SINN	9,1	0
BP	<-->	SINN	10,8	0
POMiO	<-->	SINN	4,2	0
Kom	<-->	SINN	12,8	0
BZR	<-->	SINN	20,8	0

LG	<-->	SINN	17,5	0
LG	<-->	OiKZzaKS	60,0	0
LG	<-->	OI	61,5	0
LG	<-->	BZR	58,7	0
LG	<-->	BP	41,0	0
LG	<-->	POMiO	31,8	0
LG	<-->	Kom	61,0	0
LG	<-->	UOP	26,2	0

Tabela 4.15. Ukupna merna skala za organizacione faktore

Organizacioni faktori			MAX	MIN
Kom	<-->	POMiO	39,7	0
POMiO	<-->	BZR	49,0	0
Kom	<-->	BZR	44,9	0
BZR	<-->	UOP	54,6	0
POMiO	<-->	UOP	43,5	0
Kom	<-->	UOP	38,1	0
UOP	<-->	PRizDP	56,1	0
BZR	<-->	PRizDP	67,5	0
POMiO	<-->	PRizDP	48,8	0
Kom	<-->	PRizDP	45,4	0
PRizDP	<-->	OI	72,6	0
UOP	<-->	OI	38,9	0
BZR	<-->	OI	58,2	0
POMiO	<-->	OI	33,5	0
Kom	<-->	OI	34,8	0
OI	<-->	LG	57,3	0
PRizDP	<-->	LG	68,6	0
UOP	<-->	LG	37,8	0

BZR	<-->	LG	60,0	0
POMiO	<-->	LG	43,2	0
Kom	<-->	LG	44,2	0
LG	<-->	OiKZzaKS	52,4	0
OI	<-->	OiKZzaKS	45,2	0
PRizDP	<-->	OiKZzaKS	47,2	0
UOP	<-->	OiKZzaKS	31,5	0
BZR	<-->	OiKZzaKS	45,9	0
POMiO	<-->	OiKZzaKS	33,7	0
Kom	<-->	OiKZzaKS	33,5	0
SINN	<-->	OiKZzaKS	29,6	0
SINN	<-->	LG	30,5	0
SINN	<-->	OI	21,1	0
SINN	<-->	PRizDP	22,5	0
SINN	<-->	UOP	18,0	0
SINN	<-->	BZR	24,6	0
SINN	<-->	POMiO	16,2	0
SINN	<-->	Kom	22,8	0

Rezultati u tabelama 4.15 i 4.16 pokazuju da je uticaj ljudskih faktora svega 5.6% slabiji od uticaja organizacionih faktora, čime se dodatno potvrđuju rezultati uparenog t-testa iz poglavlja 4.1.5.7, koji ukazuju na to ljudske i organizacione faktore treba posmatrati i analizirati odvojeno, a opet obuhvatiti oba u analizi, što do sada u raspoloživim istraživanjima nije urađeno.

4.1.1.8 Procena verovatnoće definisane preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora

Vrednosti verovatnoće definisane preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora u predloženoj metodologiji za procenu rizika opreme pod pritiskom

dobijamo pomoću razvijenih modela prikazanih u prethodnom poglavlju. Naime, iz dobijenih CFA modela za operatere i za menadžere (slika 4.3 i 4.4) dobija se sistem jednačina koji se može prikazati pomoću matričnih jednačina 4.1 i 4.2 a koje su izvedene iz modela prema opštoj formuli datoj na slici 4.7 [74]. Matrica [Y] sa leve strane jednačine, označava vrednosti manifestnih promenljivih, tj. vrednosti koje se dobiju kao odgovori na pitanja upitnika svakog pojedinačnog ispitanika (27 za operatere i 29 za menadžere – što je obeleženo sa indeksom 1,2...*p*). Matrica [λ] sadrži faktorska opterećenja postavljenog modela, gde *m* u indeksu označava broj latentnih faktora, tako da je matrica dimenzija *p* x *m*. Latentnih faktora ima 9 u oba modela. Matrica [η] označava latentne promenljive tj. faktore, dok su u poslednjoj matrici sa desne strane jednačine date greške merenja.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1m} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{p1} & \lambda_{p2} & \dots & \lambda_{pm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \dots \\ \eta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_p \end{bmatrix} .$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{\Lambda}\boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\varepsilon} .$$

Slika 4.7. Opšti oblik matričnih jednačina izvedenih iz CFA modela [74]

$$\begin{pmatrix}
 \text{O-Kom-2} \\
 \text{O-Kom-3} \\
 \text{O-Kom-5} \\
 \text{O-POMiO-2} \\
 \text{O-POMiO-3} \\
 \text{O-POMiO-4} \\
 \text{O-BP-2} \\
 \text{O-BP-4} \\
 \text{O-BP-5} \\
 \text{O-BZR-3} \\
 \text{O-BZR-4} \\
 \text{O-BZR-5} \\
 \text{O-UOP-3} \\
 \text{O-UOP-4} \\
 \text{O-UOP-5} \\
 \text{O-OI-1} \\
 \text{O-OI-2} \\
 \text{O-OI-3} \\
 \text{O-OiKZzaKS-8} \\
 \text{O-OiKZzaKS-9} \\
 \text{O-OiKZzaKS-10} \\
 \text{O-SINN-3} \\
 \text{O-SINN-4} \\
 \text{O-SINN-5} \\
 \text{O-LG-1} \\
 \text{O-LG-2} \\
 \text{O-LG-3}
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 1,0000 & -,9082 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 ,3877 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 ,3404 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -,0244 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & ,6329 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & ,6928 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1,0963 & 0 & -,0404 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & ,8970 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & ,7098 & -,1743 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & ,3227 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1,0000 & ,5040 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -,2783 & 2,5180 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & ,0558 & 1,8550 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -,4348 & ,9352 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ,9173 & 0 & ,4136 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -,0359 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & ,0396 & 0 & ,8604 & 0 & ,2522 \\
 ,0388 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,5641 & -,9361 & -,2289 \\
 0 & 0 & ,2586 & 0 & 0 & 0 & ,2757 & 1,0000 & 0 \\
 0 & ,3615 & -,3846 & 0 & ,1991 & 0 & 0 & 1,8365 & 0 \\
 0 & -,0040 & 0 & 0 & 0 & ,4432 & -,0438 & 1,6407 & -,420 \\
 0 & 0 & -,3313 & 0 & 0 & 0 & ,2544 & 0 & 1,0000 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ,9855 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ,9612
 \end{pmatrix}
 +
 \begin{pmatrix}
 \text{Kom} \\
 \text{POMiO} \\
 \text{BP} \\
 \text{BZR} \\
 \text{UOP} \\
 \text{OI} \\
 \text{OiKZzaKS} \\
 \text{SINN} \\
 \text{LG}
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 \text{E1} \\
 \text{E2} \\
 \text{E3} \\
 \text{E4} \\
 \text{E5} \\
 \text{E6} \\
 \text{E7} \\
 \text{E8} \\
 \text{E9} \\
 \text{E10} \\
 \text{E11} \\
 \text{E12} \\
 \text{E13} \\
 \text{E14} \\
 \text{E15} \\
 \text{E16} \\
 \text{E17} \\
 \text{E18} \\
 \text{E19} \\
 \text{E20} \\
 \text{E21} \\
 \text{E22} \\
 \text{E23} \\
 \text{E24} \\
 \text{E25} \\
 \text{E26} \\
 \text{E27}
 \end{pmatrix}$$

(4.1)

$\left(\begin{array}{l} \text{M-Kom-1} \\ \text{M-Kom-2} \\ \text{M-Kom-3} \\ \text{M-Kom-4} \\ \text{M-POMiO-1} \\ \text{M-POMiO-3} \\ \text{M-POMiO-4} \\ \text{M-BZR-2} \\ \text{M-BZR-3} \\ \text{M-BZR-5} \\ \text{M-UOP-5} \\ \text{M-UOP-6} \\ \text{M-UOP-8} \\ \text{M-PRizDP-2} \\ \text{M-PRizDP-3} \\ \text{M-PRizDP-5} \\ \text{M-OI-6} \\ \text{M-OI-7} \\ \text{M-OI-8} \\ \text{M-LG-1} \\ \text{M-LG-2} \\ \text{M-LG-4} \\ \text{M-OiKZaKS-4} \\ \text{M-OiKZaKS-8} \\ \text{M-OiKZaKS-9} \\ \text{M-OiKZaKS-10} \\ \text{M-SINN-1} \\ \text{M-SINN-3} \\ \text{M-SINN-4} \end{array} \right)$	=	$\left(\begin{array}{cccccccccc} 1,0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ ,9913 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,0367 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ ,9999 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,0566 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,0261 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ,8554 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7294 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,1083 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & ,5615 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & ,9263 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & ,6853 & 0 & ,2650 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ,8707 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7793 & ,4199 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ,9035 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ,6879 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,1395 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,1632 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,0802 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ,4344 & 1,0000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,3492 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ,2592 & 1,1623 & 0 \end{array} \right)$	$\left(\begin{array}{l} \text{Kom} \\ \text{POMiO} \\ \text{BZR} \\ \text{UOP} \\ \text{PRizDP} \\ \text{OI} \\ \text{OiKZaKS} \\ \text{SINN} \\ \text{LG} \end{array} \right) +$	$\left(\begin{array}{l} \text{€1} \\ \text{€2} \\ \text{€3} \\ \text{€4} \\ \text{€5} \\ \text{€6} \\ \text{€7} \\ \text{€8} \\ \text{€9} \\ \text{€10} \\ \text{€11} \\ \text{€12} \\ \text{€13} \\ \text{€14} \\ \text{€15} \\ \text{€16} \\ \text{€17} \\ \text{€18} \\ \text{€19} \\ \text{€20} \\ \text{€21} \\ \text{€22} \\ \text{€23} \\ \text{€24} \\ \text{€25} \\ \text{€26} \\ \text{€27} \\ \text{€28} \\ \text{€29} \end{array} \right)$
---	---	--	--	---

(4.2)

Kada se u konkretnoj kompaniji popune upitnici, i sakupe odgovori na 27 pitanja za ljudske faktore i 29 pitanja za organizacione faktore, odgovore možemo ubaciti u sisteme jednačine koje se dobijaju iz matrice jednačina 4.1 i 4.2 (u kolonu sa leve strane) i njihovim rešavanjem dobijamo jednu vrednosti koju zatim delimo sa maksimalnom vrednošću dobijenom iz tabela 4.14 i 4.15, i tako konačno dobijamo dve verovatnoće – jednu definisanu preko ljudskih i jednu definisanu preko organizacionih faktora. Verovatnoću definisanu preko ljudskih faktora obeležimo sa P_j i a verovatnoću definisanu preko organizacionih faktora sa P_o .

Kako su uticaj ljudskih faktora i uticaj organizacionih faktora, koje opisuju ove dve verovatnoće međusobno zavisni događaji [94, 74, 95, 96, 97, 98], konačno, ukupnu verovatnoću definisanu preko ljudskih i organizacionih faktora možemo dobiti preko jednačine 4.3 [99, 100].

$$P_{ljo} = P_{lj} + P_o - P_{lj}P_o \quad (4.3)$$

4.1.2. Verovatnoća definisana preko mehanike loma

U okviru trenutne prakse procene rizika koriste se generičke frekvencije otkaza, iako je prepoznato da podaci vezani za određen tip opreme (uključujući opremu pod pritiskom) nisu ažurirani [101]. Javne baze podataka ne uzimaju u obzir starenje materijala, novije sisteme kvaliteta i različite sisteme održavanja.

U okviru Seveso III direktive [48] eksplicitno se traži uvođenje upravljanja bezbednim starenjem kritičnih postrojenja, koja su izložena različitim procesima korozije i zamora materijala. Ovde se nagoveštava da je neophodan pristup koji će objediniti procenu rizika i upravljanje starenjem koji su inače posmatrani odvojeno u ranijim regulativama [101].

Shodno tome, jedna od dve glavne verovatnoće u okviru razvijene metodologije uzima u obzir otkaz opreme pod pritiskom primenom principa mehanike loma. Ova verovatnoća će biti obeležena sa P_{ml} . Polazna pretpostavka je da greške tipa prsline predstavljaju najveći rizik vezan za posude pod pritiskom [38], i da njihovo zanemarivanje može dovesti do katastrofalnih posledica. Prsline se javljaju u zavarenim spojevima usled složene mikrostrukture koja se sastoji iz više oblasti – Metal šava (MŠ), Osnovni metal (OM) i Zone uticaja toplote (ZUT) i razlike u njihovim osobinama, a koje se javljaju kao posledica zavarivanja. U slučaju otkrivanja prsline neprihvatljivih dimenzija, na menadžmentu je da donesu odgovarajuće odluke na osnovu procene rizika. Kako bi se obezbedila kvalitetna saradnja menadžmenta i inženjera po ovom pitanju, neophodno je razviti

jednostavnu metodu zasnovanu na oceni integriteta na osnovu rizika, vezanu za prslina, naročito u slučaju posuda za skladištenje zapaljivih/toksičnih materija.

Prema standardu ISO 31010 [102], postoje tri pristupa u proceni verovatnoće odigravanja neželjenog događaja:

a) Korišćenje relevantnih istorijskih podataka o događajima i situacijama u prošlosti na osnovu kojih se ekstrapolira verovatnoća pojave u budućnosti.

b) Primena prediktivnih metoda kao što je “fault tree analysis” i “event tree analysis”, uz korišćenje simulacionih tehnika da bi se procenila verovatnoća otkaza opreme usled starenja i drugih procesa njene degradacije.

c) Ekspertsko mišljenje koje se može koristiti kod strukturiranih procesa kao što je primena mehanike loma na procenu integriteta posuda pod pritiskom.

Očigledno je da je prvi navedeni način dosta zastareo za bilo kakvo ozbiljnije razmatranje problema, jer ima malo veze sa bilo kojim specifičnim slučajem. Drugi način podrazumeva već spomenute kompleksne metode, koje nisu predmet ove disertacije, zbog njihove kompleksnosti i poteškoća u primeni. Treći pristup, odnosno metoda primene mehanike loma na procenu integriteta opreme pod pritiskom, je uzet u obzir ovde. U okviru metodologije razvijene u ovoj disertaciji, predložen je metod računanja verovatnoće definisane preko mehanike loma koji je zasnovan na originalnom tumačenju položaja tačke u dijagramu ocene otkaza (Failure assessment diagram – FAD), koji je prvi put uveden od strane autora ove disertacije u [103], a kasnije razrađen u [93]. U ovom smislu FAD dijagram se može koristiti kao jednostavan inženjerski alat za procenu verovatnoće loma usled grešaka u materijalu a pre svega prslina.

Naime, verovatnoću preko mehanike loma možemo definisati pomoću dijagrama (slika 4.6). Osnova koncepta se sastoji u tome da se odredi odnos između [93, 103]:

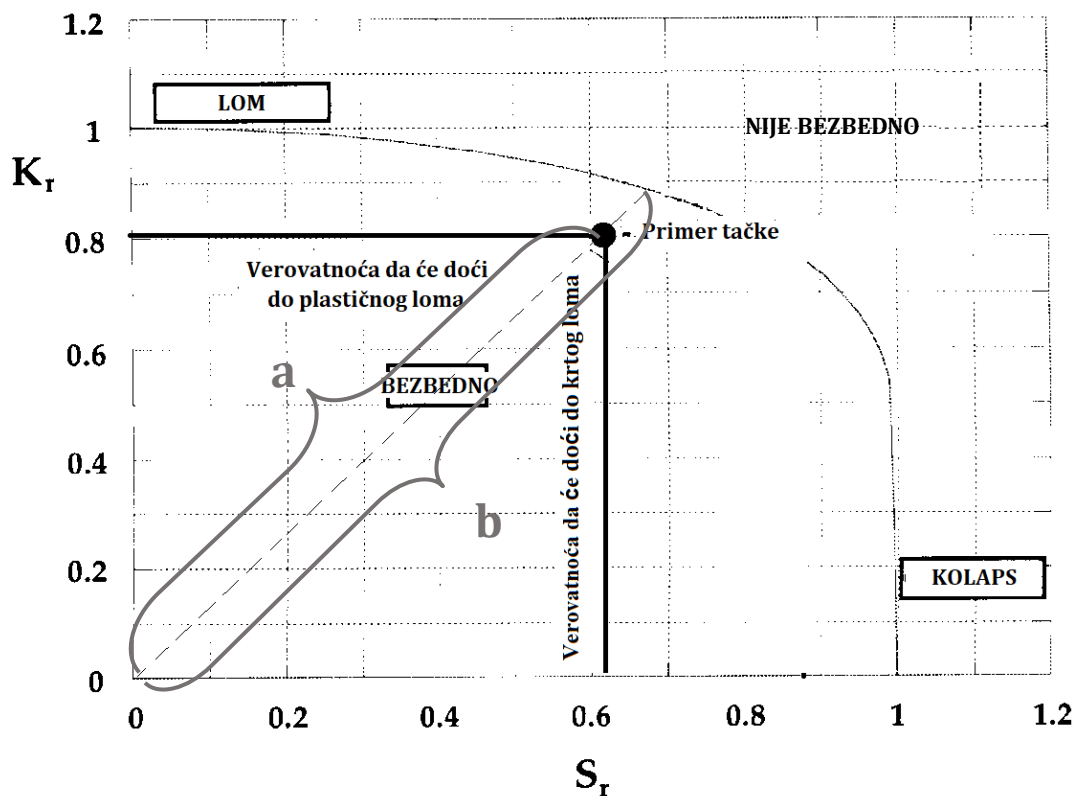
- Faktora intenziteta napona, K_I , i žilavosti loma (koja je u ovom slučaju kritična vrednost faktora intenziteta napona), K_{Ic} . Taj odnos predstavlja Y koordinatu

na FAD dijagramu tj. vrednost K_r , koja se može interpretirati kao verovatnoća da će doći do krtoog loma (znači ako je K_r veće od 1, onda dolazi do loma jer je $K_r=K_I/K_{Ic}$), i

- Lokalnog napona, σ_n , i njegove kritične vrednosti, σ_F . Taj odnos predstavlja X koordinatu na FAD dijagramu tj. vrednost S_r , koja se može interpretirati kao verovatnoća da će doći do plastičnog loma/kolapsa, $S_r= \sigma_n / \sigma_F$.

Prednost ovog dijagrama je što se može primeniti nezavisno od prisustva prsline (pošto se ono može samo pretpostaviti u nekim slučajevima), čime se obezbeđuje dodatna sigurnost pri proračunu.

Tačka definisana sa ove dve koordinate je ili u bezbednoj zoni dijagrama ili u zoni koja nije bezbedna (slika 4.8). Ove dve zone odvojene su krivom kako je opisano u poglavlju 1.3. Verovatnoću da će se otkaz dogoditi možemo definisati na isti način, kao odnos između udaljenosti date tačke od koordinantnog početka (obleženo na slici 4.8 sa *a*) i udaljenosti odgovarajuće tačke na graničnoj krivoj od koordinantnog početka (obleženo na slici 4.8 sa *b*) [103]. Odgovarajuća tačka na graničnoj krivoj se dobija u preseku krive sa pravom koja prolazi kroz koordinantni početak i datu tačku, kako je prikazano isprekidanom linijom na slici 4.8.



Slika 4.8. Verovatnoće prikazane na dijagramu ocene otkaza (FAD dijagram)

Primer procene verovatnoće definisane preko mehanike loma

U primeru koji je ovde prikazan, analizirana je velika sferna posuda u okviru HIP-Azotare u Pančevu u Srbiji, kod koje je došlo do curenja usled prisustva mikro-prslina koje nisu na vreme otkrivene. Detaljniji opis same posude, u pogledu geometrije, opterećenja i materijala, se može naći u literaturi [38].

Inspekcijom posude u HIP-Azotari koja je procurela utvrđeno je prisustvo velikog broja prslina u zavarenim spojevima sa unutrašnje strane posude, pri čemu se najveći broj prslina javio u zoni uticaja toplote (ZUT), usled njene mikrostrukture. Ovo je potvrđeno određivanjem vrednosti K_{Ic} (kritična vrednost faktora intenziteta napona) za sve tri oblasti zavarenog spoja ($K_{Ic} (OM)=4420 \text{ MPa}\sqrt{mm}$, $K_{Ic} (M\check{S})=2750 \text{ MPa}\sqrt{mm}$, $K_{Ic} (ZUT)=1580 \text{ MPa}\sqrt{mm}$ [38]), pošto je utvrđeno da zona uticaja toplote ima najmanju vrednost.

Analizirane prsline su trodimenzionalne, površinske prsline različitih dužina, dubine od oko 5 mm. Budući da je u ovom slučaju fokus bio na rast prsline u dubinu (što je dovelo do curenja), one su aproksimirane kao 2D ivične prsline, dužine 5 mm kako bi se pojednostavio problem, pri čemu je proračun ostao na strani sigurnosti.

Korišćeni su sledeći podaci [38]: geometrija – debljina $t=20$ mm, zapremina $V=2000$ m³, prečnik $D=15,6$ m; efekat zakrivljenja je zanemaren; materijal - čelik TTSt.E/47, $R_{eH}=480$ MPa, $R_M=680$ MPa; $K_{Ic}=2750$ MPa \sqrt{mm} za metal šava, $K_{Ic}=1580$ MPa \sqrt{mm} za zonu uticaja toplote, $K_{Ic}=4420$ MPa \sqrt{mm} za osnovni metal; opterećenja – pritisak $p=0,5$ MPa, napon $\sigma = \frac{pR}{2t} = 97,5$ MPa; zaostali napon $\sigma_R=196$ MPa - maksimalna vrednost poprečno na zavareni spoj, 40% napona tečenja, R_{eh} , ili $\sigma_R=480$ MPa - maksimalna vrednost u podužnom pravcu, 100% napona tečenja, R_{eh} , pošto nije bilo zapisa da je urađena termička obrada posle zavarivanja.

Faktori intenziteta napona su zatim određeni za tri slučaja: dve podužne prsline (za ZUT i MŠ) i jednu poprečnu prslinu (za OM), kako sledi:

$$\text{Za ZUT i MŠ: } K_I = 1,12(pR/t + \sigma_R)\sqrt{\pi a} = 1,12(97,5 + 196)\sqrt{\pi 5} = 1303 \text{ MPa}\sqrt{mm}$$

$$\text{Za OM: } K_I = 1,12(pR/t + \sigma_R)\sqrt{\pi a} = 1,12(97,5 + 480)\sqrt{\pi 5} = 1563 \text{ MPa}\sqrt{mm}$$

Sada se mogu izračunati odnosi $K_r=K_I/K_{Ic}$ koji predstavljaju vrednosti na Y-osi FAD dijagrama:

$$K_r (\text{MŠ})=0,47$$

$$K_r (\text{ZUT})=0,82$$

$$K_r (\text{OM})=0,58$$

Što se napona tiče, usvojeno je da ima istu vrednost u sve tri oblasti zavarenog spoja i određen je u skladu sa poznatim izrazom, $\sigma_n = 1,33 \cdot pR/2t$, pri čemu je 1,33 koeficijent vezan za smanjeni poprečni presek posude ($1,33=20/15$). Odnos ove vrednosti i napona tečenja je 0,22, što odgovara vrednosti X-koordinate za sve tri tačke.

$$\sigma_n = 130 \text{ MPa}$$

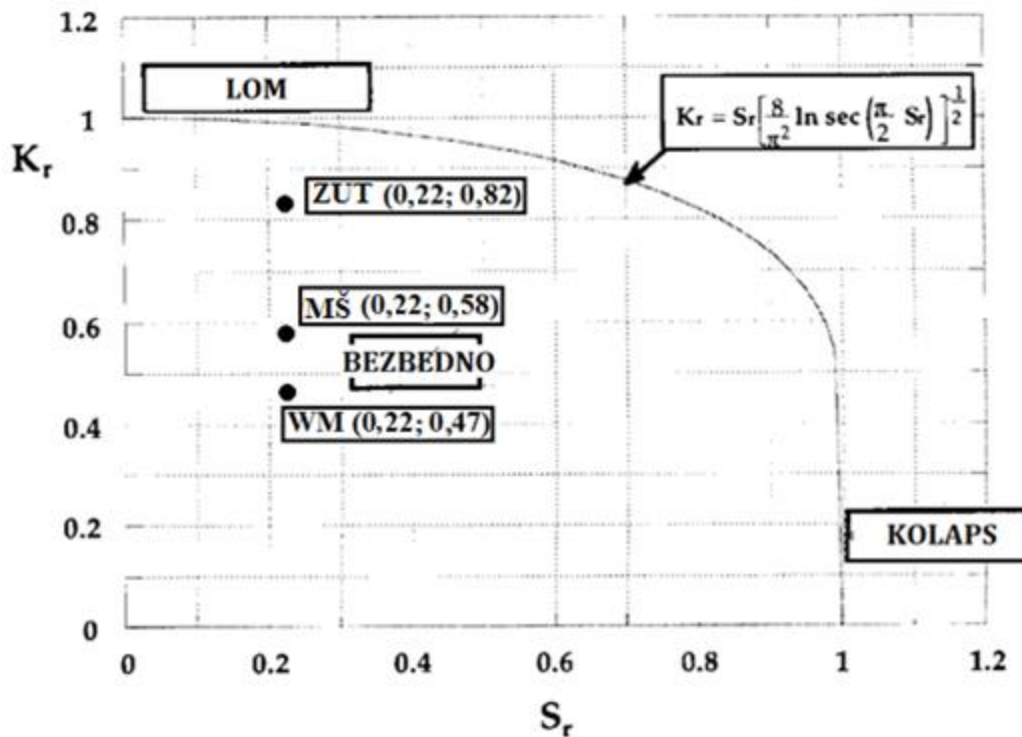
$$\sigma_F = (R_{eH} + R_M) / \sqrt{2} = 580 \text{ MPa}$$

$$S_r = \sigma_n / \sigma_F = 0,22$$

Koordinate (K_r, S_r) za MŠ, ZUT i OM su redom: $(0,22; 0,47)$, $(0,22; 0,82)$, $(0,22; 0,58)$, kako je prikazano na slici 4.9. Verovatnoća definisana preko mehanike loma se može izračunati kao odnos između udaljenosti svake tačke od koordinantnog početka i udaljenosti odgovarajuće tačke na graničnoj krivoj od koordinantnog početka (odgovarajuća tačka na graničnoj krivoj se dobija u preseku krive sa pravom koja prolazi kroz koordinantni početak i datu tačku). Ove udaljenosti se mogu očitati sa dijagrama.

Konačno, dobijamo verovatnoću definisanu preko mehanike loma koja za sva tri slučaja iznosi: 0,48 (MŠ), 0,84 (ZUT) i 0,59 (OM).

Na ovaj način precizno je izračunata verovatnoća da će doći do otkaza sferne posude u okviru HIP-Azotare u Pančevu u Srbiji, primenom principa mehanike loma, na osnovu originalnog tumačenja položaja tačke u FAD dijagramu. Potrebno je naglasiti da je u ovom slučaju u obzir uzeto samo curenje. Međutim, usled činjenice da je usvojeno da prsline idu celim obimom posude, i curenje bi dovelo do veoma katastrofalnih posledica.



Slika 4.9. FAD dijagram za rezervoar za VHM, sa prslinama u OM, MŠ i ZUT-u

Proračun koji je izvršen je izrazito konzervativan, s obzirom na nerealno nepovoljne uslove koji su usvojeni, a koji se ogledaju u prslini koja ide duž celog obima, kao i maksimalnim vrednostima zaostalih napona (100% vrednosti napona tečenja), iz čega se može zaključiti da su stvarne verovatnoće na strani sigurnosti.

Primenom ove metode je moguće, uz odgovarajuće pretpostavke sa strane sigurnosti, pouzdano odrediti najkritičnija mesta na posudama pod pritiskom, čime se u značajnoj meri može predvideti eventualni otkaz, i samim tim, smanjiti verovatnoća da dođe do katastrofe.

4.1.3. Ukupna verovatnoća odigravanja neželjenog događaja

Iako događaj pojave prslina u posudama pod pritiskom zavisi od mnogih drugih faktora, kao što su karakteristike samog materijala, on je takođe zavisn od načina na koji je zavarena posuda, uslove i kojima je zavarena, a to su sve faktori koji spadaju u ljudske ili organizacione faktore. Dalje, kada se otkrije prslina, kao što je

već napomenuto, na menadžmentu je da odluči kako će dalje postupati sa tom posudom. Shodno tome, može se zaključiti da događaj koji opisuje verovatnoća definisana preko mehanike loma - P_{ml} , jeste zavisan od događaja koji opisuju druge dve verovatnoće definisane preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora - P_{lj} i P_o , a što se može potvrditi i iz [104, 105, 106, 107]. S obzirom na to, formula za računanje ukupne verovatnoće (P) odigravanja neželjenog događaja, u predloženoj metodologiji, je data preko jednačine (4.4).

$$P = P_{ml} + P_{ljo} - P_{ml} * P_{ljo} \quad (4.4)$$

Kada se u ovu jednačinu ubaci jednačina za računanje P_{ljo} iz prethodnog poglavlja (4.3), dobija se jednačina (4.5):

$$P = P_{ml} + P_{lj} + P_o - P_{lj}P_o - P_{ml} * (P_{lj} + P_o - P_{lj}P_o) = P_{ml} + P_{lj} + P_o - P_{lj}P_o - P_{ml}P_{lj} - P_{ml}P_o + P_{ml}P_{lj}P_o, \quad (4.5)$$

koja predstavlja konačnu formulu za računanje verovatnoće odigravanja neželjenog događaja u okviru predložene metodologije procene rizika u radu sa opremom pod pritiskom, bazirane na mehanici loma i ljudskim i organizacionim faktorima.

Vrednosti dobijene verovatnoće za svaki konkretni slučaj može biti od 0 do 1, ili izraženo u procentima od 0 do 100%. Ovako dobijeni raspon možemo podeliti na 5 intervala, i tumačiti verovatnoću u odnosu na te raspone na sledeći način:

$P= 0-0,2$ - Vrlo mala

$P= 0,2-0,4$ - Mala

$P= 0,4-0,6$ - Srednja

$P= 0,6-0,8$ - Visoka

$P= 0,8-1$ - Vrlo visoka

4.2 Procena posledica prema kategorizaciji PED 97/23 i PED 2014/68

Kako je navedeno ranijim poglavljima, u dosadašnjim modelima i u praksi određivanja posledica u okviru procene rizika, ili su se koristile opisne i u neku ruku proizvoljne procene posledica bazirane na nekoliko parametara (zdravlje, bezbednost, okolina, poslovanje..), ili su se koristili kompleksni sistemi sa stotine tabela koji su finansijski i vremenski jednostavno previše zahtevni.

Zato je u okviru metodologije razvijene ovde za procenu posledica otkaza opreme pod pritiskom, predložen jednostavan i pojednostavljen pristup koji se bazira na već postojećoj kategorizaciji opreme pod pritiskom, prema PED 97 [108], koja je zasnovana na vrsti materije koja se nalazi u posudi, proizvodu zapremine i pritiska, i dodatnih parametara tipa temperature i nekih faktora okruženja. Naime, po pomenutom standardu proizvođači definišu kategorije opreme za ocenu usaglašenosti od strane imenovanog tela (I, II, III ili IV) [109]. Kategorija I se odnosi na najmanju, a kategorija IV na najveću opasnost od pritiska. Oprema čiji su parametri ispod kategorije I projektuje se i proizvodi prema postojećoj inženjerskoj praksi (IP) i ne podvrgava se oceni usaglašenosti od strane imenovanog tela [109]. Ovo ukupno čini 5 različitih kategorija, koje se mogu tumačiti kao 5 kategorija ozbiljnosti posledica iz klasične matrice rizika (slika 2.7).

Na kategorizaciju, osim vrste opreme pod pritiskom, zapremine i pritiska, utiču i stanje i grupa fluida. Za potrebe kategorizacije opreme pod pritiskom potrebno je razvrstati radne fluide u grupu 1 ili grupu 2 [108]. U grupu 1 spadaju fluidi navedeni u tabeli 4.18. [108], a u grupu 2 svi fluidi koji ne spadaju u grupu 1. Kada se posuda sastoji od više radnih prostora, razvrstava se i kategorizuje prema radnom prostoru najviše kategorije.

Prilikom klasifikacije fluida razlikujemo sledeće:

1. „razred opasnosti” znači vrsta fizičke opasnosti ili opasnosti za zdravlje ljudi i/ili okoline;

2. „kategorija opasnosti” znači skup kriterijuma unutar pojedinih razreda opasnosti na osnovu kojih se utvrđuje nivo opasnosti.

Proizvođači, uvoznici i korisnici opreme koja sadrži određenu materiju utvrđuju relevantne informacije koje su raspoložive za tu materiju kako bi odredili da li ona predstavlja fizičku opasnost ili opasnost po zdravlje ljudi i okoline. Te se informacije odnose na oblike i agregatna stanja u kojima se materija stavlja na tržište i u kojima je realno očekivati da će se koristiti. Proizvođači, uvoznici i daljnji korisnici proveravaju te informacije kako bi se uverili da su odgovarajuće, pouzdane i naučno utemeljene.

U tabeli 4.16 dat je prikaz klasifikacije fluida u grupu 1 prema Pravilniku o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom (“Sl. Glasnik RS”, 87/2011), prema PED 97/23/EZ (“Službeni list Evropske Unije”) i prema PED 2014/68/EU (“Službeni list Evropske Unije”). Iz tabele se vidi da nova Direktiva nema suštinske izmene u klasifikaciji fluida, ali da je dat detaljniji i sveobuhvatniji prikaz. Razlog tome je što se Direktiva 97/23 oslanjala na Direktivu 67/548/EEZ, dok Direktiva 2014/68 prati Regulativu 1272/2008.

Prema PED 2014/68 i Regulativi 1272/2008, pod gasom se podrazumeva materija koja [108] na 50 °C ima pritisak pare iznad 3 bara (apsolutna vrednost) ili je u potpuno gasnom stanju na 20 °C pri standardnom pritisku od 1,013 bar. Tečnost je materija ili smeša koja na 50 °C ima pritisak pare do najviše 3 bara ili nije potpuno gasovita na 20 °C pri standardnom pritisku od 1,013 bar ili koja ima početnu tačku topljenja na 20 °C ili niže pri standardnom pritisku od 1,013 bar.

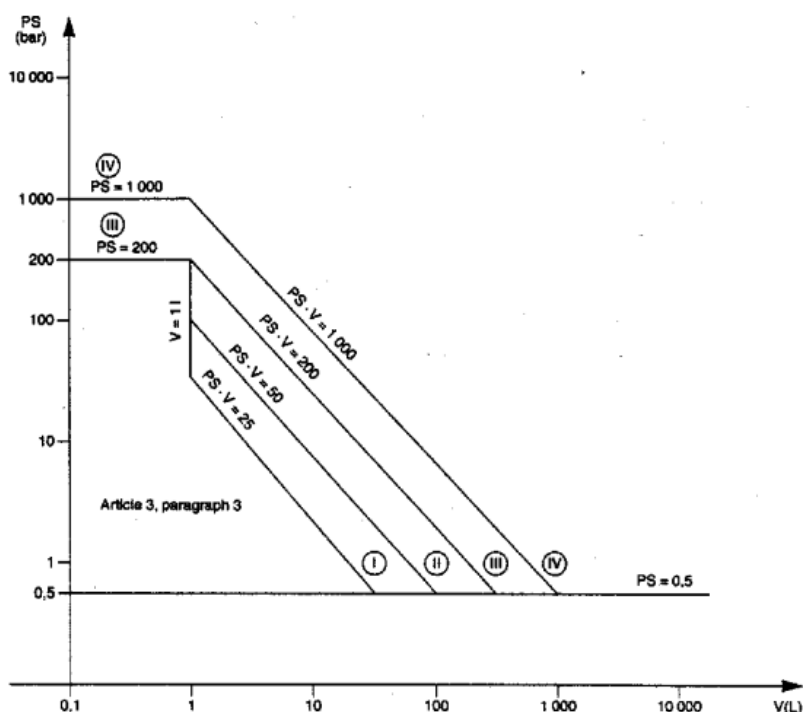
Tabela 4.16. Klasifikacija fluida u grupu 1 prema Pravilniku, PED 97/23 i PED 2014/68 [108]

	Pravilnik o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje	PED 97/23		PED 2014/68
--	--	-----------	--	-------------

	usaglašenosti opreme pod pritiskom			
1.	eksplozivni	eksplozivni	1.	nestabilni eksplozivi i eksplozivi dati u Tabeli 2
2.	izuzetno zapaljivi	izuzetno zapaljivi	2.	zapaljivi gasovi kategorije I i II
			3.	oksidirajući gasovi kategorije I
			4.	zapaljive tečnosti kategorije I i II
3	veoma zapaljivi	jako zapaljivi	5.	zapaljive tečnosti kategorije III kada je najviša dozvoljena temperatura iznad tačke paljenja
			6.	zapaljivo čvrsto telo kategorije I i II
			7.	samoreagujuće materije i smeše tipa od A do F
4	zapaljivi (najviša dozvoljena temperatura iznad tačke paljenja)	zapaljivi (najveća dozvoljena temperatura iznad tačke paljenja)	8.	piroforne tečnosti kategorije I
			9.	piroforna čvrsta tela kategorije I
			10.	materije i smeše koje u dodiru s vodom otpuštaju zapaljive gasove kategorije I, II i III
5	oksidirajući	oksidirajući	11.	oksidirajuće tečnosti kategorije I, II i III
			12.	oksidirajuća čvrsta tela kategorije I, II i III
			13.	organski peroksidi tipa od A do F
6	veoma otrovni	vrlo otrovni	14.	akutna oralna toksičnost, kategorije I i II
			15.	akutna dermalna toksičnost, kategorije I i II
			16.	akutna inhalacijska toksičnost, kategorije I, II i III

7	otrovni	otrovni	17	specifična toksičnost za ciljane organe – jednokratno izlaganje, kategorije I
---	---------	---------	----	---

U zavisnosti od navedenih klasifikacija opreme, primenom jednog od devet dijagrama, datih u Pravilniku PED 97/23 i PED 2014/68. U svakom od ovih dijagrama (1-9) je data zavisnost kategorizacije od maksimalno dozvoljenog pritiska (PS) i zapremine (V). Dijagrami su podeljeni u područja, koja se odnose na različite kategorije opreme (I, II, III ili IV). Granične linije područja svake kategorije u dijagramu predstavljaju gornju granicu maksimalno dozvoljenog pritiska i zapremine. Proizvođač opreme koristi odgovarajući dijagram primenom tehničkih parametara za maksimalno dozvoljeni pritisak i zapreminu opreme, da bi se ustanovila njena pripadnost određenoj kategoriji. Opšte pravilo je da niži pritisak i manja zapremina snižavaju kategoriju opreme. Primer jednog dijagrama dat je na slici 4.10 [109].



Slika 4.10. Klasifikacija posude u zavisnosti od pritiska i zapremine (Pravilnik PED 97/23 i PED 2014/68) [109]

Shodno svemu navedenom, predlog pojednostavljenog načina za procenu posledica u okviru predložene metodologije, sastoji se u korišćenju tehničkih podataka za datu posudu pod pritiskom i interpretaciji postojeće kategorizacije opreme pod pritiskom prema važećim standardima kao kategorije ozbiljnosti posledica otkaza te opreme. Kako je iznad navedeno, oprema pod pritiskom se razvrstava u 4 različite kategorije prema stepenu opasnosti plus jednu – nultu kategoriju za koju se smatra da je nivo opasnosti dovoljno nizak da nije potrebno angažovati imenovano telo radi ocene usaglašenosti. Ovih 5 kategorija mogu se tumačiti kao 5 nivoa posledica rizika otkaza opreme pod pritiskom na sledeći način:

Nulta kategorija – neznatne posledice

I kategorija – mala ozbiljnost posledica

II kategorija – srednja ozbiljnost posledica

III kategorija – velika ozbiljnost posledica

IV kategorija – kritične posledice

Ukoliko je potrebno, na predloženu kategorizaciju posledica može se dodatno uraditi malo kompleksnija analiza u svakom pojedinačnom slučaju gde bi se uzeli u obzir dodatni paramteri za procenu posledica kao što su potencijalni efekti na ljude, imovinu i reputaciju kompanije. Pravilo pri proceni ukupnog rizika je: Ako ima više posledica (ljudi, imovina, životna sredina, reputacija) sa različitim stepenom rizika - rizik usvaja najviši nivo.

Predlog moguće kategorizacije posledica prema dodatnim paramtrima je sledeći:

Potencijalni efekti na ljude:

1. Male povrede ili zdravstveni efekti (slučajevi prve pomoći ili medicinske pomoći). Ne utiče na performanse, manje povrede kože i ekstremitete, blagu nadražnost organa za disanje i mukoznih membrana, koji se vraćaju u

normalu nakon prestanka izlaganja i ne ostavljaju nikakve zdravstvene posledice.

2. Lakša povreda ili manji efekti na zdravlje koji se mogu potpuno eliminisati. Ne utiče na sposobnost rada, bolničko odsustvo do 3 radna dana. Povrede kože, sluzokože, respiratornih organa i udova koji se nakon lečenja do 3 dana, vraćaju u normalu, bez trajnih posledica.
3. Ozbiljnije povrede ili efekti na zdravlje sa trajnim posledicama (smanjeni radni kapacitet). Uticaj na sposobnost rada, odsustvo sa posla više od 3 radna dana. Povrede kože, sluzokože, respiratornih organa i udova koji zahtevaju medicinsko lečenje i bolovanje (odsustvo) više od 3 dana (teže: opekotine, trovanja, prelomi i povrede).
4. Permanentna invalidnost. Neizlečiva zdravstvena oštećenja bez gubitka života. Stalna oštećenja vitalne fizičke i mentalne funkcije, respiratorne, vida, gubitak delova tela ili ekstremiteta sa potpunim gubitkom radne sposobnosti.
5. Smrt ili ozbiljne povrede sa izvesnom smrću. Smrt na licu mesta, povrede, trovanja, i drugi dugoročni štetni uticaji na zdravlje sa naknadnom smrću.

Potencijalne posledice na imovinu:

1. Minorne posledice. Bez prekida proizvodnje (šteta do 10,000 €).
2. Manje posledice. Kratak prekid procesa proizvodnje (1-3 sata) (šteta 180,000 - 540,000 €).
3. Srednje posledice. Delimično isključivanje postrojenja (gubitak 540,000 - 1,800,000 €, 3-10 sati).
4. Velike posledice. Delimičan gubitak procesa proizvodnje, na primer, prekid proizvodnje u trajanju od 2 nedelje (gubitak 18,000,000 do 50,000,000 €).
5. Katastrofalne posledice. Značajan ili totalan gubitak proizvodnje (šteta preko 50,000,000 €).

Potencijalne posledice na reputaciju firme:

1. Beznačajne posledice. Postoji svest među zaposlenima i stanovništvu, ali nema zabrinutosti. Na primer, lokalno stanovništvo zna za događaj od zaposlenih.
2. Male posledica. Postoji zabrinutost svih kategorija zanimanja na lokalnom nivou. Na primer, lokalni list objavio je vest o incidentu.
3. Umerene posledice. Postoji zabrinutost i reakcija svih kategorija interesovanja na regionalnom nivou. Na primer, regionalni mediji su izvestili o incidentu.
4. Velike posledice. Postoji zabrinutost i reakcija svih kategorija stanovništva na nacionalnom nivou. Na primer, nacionalni mediji su izvestili o incidentu.
5. Ogromne posledice. Postoji zabrinutost i reakcija na međunarodnom nivou.

4.3 Matrica rizika, sa definisanim opsezima verovatnoća i posledica

Konačno, dolazi se do predloga izgleda matrice rizika u okviru predložene metodologije. Opsezi verovatnoća i ozbiljnosti posledica dati su u prethodna dva poglavlja. Na osnovu njih može se formirati matrica rizika kako je prikazano u tabeli 4.17.

Tabela 4.17. Predložena matrica rizika

		Posledice				
		Neznatne (Nulta kategorija)	Mala ozbiljnost (I kategorija)	Srednja ozbiljnost (II kategorija)	Velika ozbiljnost (III kategorija)	Kritične (IV kategorija)
Verovatnoća	Vrlo visoka (P=0,8-1)	Srednji	Visok	Visok	Veoma visok	Veoma visok
	Visoka (P=0,6-0,8)	Nizak	Srednji	Visok	Visok	Veoma visok
	Srednja (P= 0,4-0,6)	Nizak	Srednji	Srednji	Visok	Visok
	Mala (P=0,2-0,4)	Veoma nizak	Nizak	Srednji	Srednji	Visok
	Veoma mala (P= 0-0,2)	Veoma nizak	Veoma nizak	Nizak	Srednji	Srednji

Metodologija predložena u okviru ove disertacije bi trebalo da predstavlja kompromis u pogledu složenosti i preciznosti u odnosu na već postojeće metode i tehnike za procenu rizika i da kao takva da bude adekvatnija za primenu u praksi.

Izlaz iz predložene metodologije, razvijene kroz prikazana 3 koraka:

1. Procena verovatnoće odigravanja neželjenog događaja
2. Procena posledica prema kategorizaciji PED 97/23 i PED 2014/68 i
3. Matrica rizika, sa definisanim opsezima verovatnoća i posledica, je procena rizika u radu sa opremom pod pritiskom, tj. položaj tačke u matrici rizika definisan

dvema koordinatama, koji nam pokazuje u kojoj kategoriji rizika se nalazi konkretan razmatrani slučaj procene rizika opreme pod pritiskom.

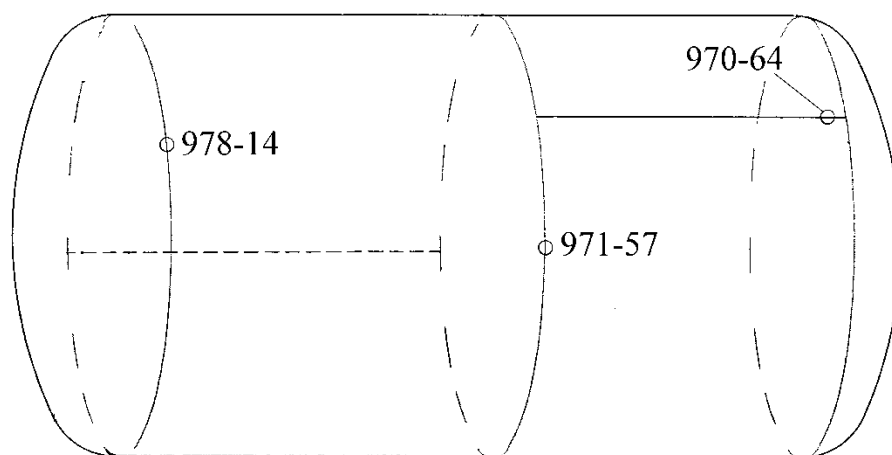
5 VERIFIKACIJA METODOLOGIJE PROCENE RIZIKA U RADU SA OPREMOM POD PRITISKOM BAZIRANE NA MEHANICI LOMA I UTICAJU Ljudskih I ORGANIZACIONIH FAKTORA

5.1 Osnovni podaci o studiji slučaja

Metodologija procene rizika razvijena u prethodnim poglavljima proverena je kroz studiju slučaja, gde je u celosti primenjena kako bi se na jednostavan a dovoljno precizan način procenio rizik u radu sa opremom pod pritiskom.

Predmet analize je rezervoar u okviru reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta, na kome su otkrivene neprihvatljive greške primenom metoda ispitivanja bez razaranja (IBR) [93, 110].

Ovaj primer je tipičan problem koji nastaje kada se redovnom kontrolom IBR utvrde neprihvatljive greške prema standardu (SRPS EN ISO 5817), kao što je bio slučaj sa zavarenim spojevima posuda za komprimovani vazduh u HE Bajina Bašta. Tako je npr. posuda br. 970 imala grešku sa ocenom NE (prihvatljivo), prema izv. 1/98 od GOŠA Instituta [111], koja je ponovo snimana ultrazvukom i time konačno utvrđena kao neprovar ukupne dužine 60 mm i širine 2 mm, a označena kao 970-64. Osim ove greške, a na osnovu pregleda radiograma sa 'neprihvatljivim' greškama, dodatnog ultrazvučnog snimanja i analize stanja posuda, kao 'kritične' izdvojene su i greške nađene u posudi 978 (neprovar 978-14 dužine 25 mm i širine 2 mm) i posudi 971 (nalepljivanje 971-57 dužine 10 mm), prikazane na slici 5.1.



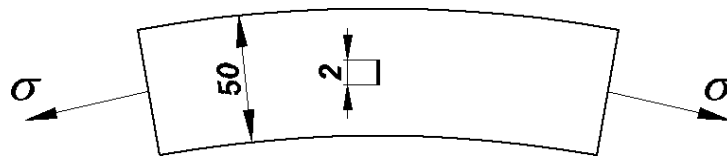
Slika 5.1. Skica sa položajima 3 otkrivene greške [93, 110]

Nakon toga, greške su analizirane metodom mehanike loma, primenjujući konzervativni pristup. Stoga su sve tri greške smatrane prslinama, od kojih su greške 970-64 i 978-14 smatrane površinskim prslinama (delimično prolazne po debljini), a greška 971-57 linijskom prslinom (prolazna po celoj debljini). Za grešku 971-57 je time učinjena izrazito konzervativna procena.

Da bi se odredili faktori intenziteta napona treba znati opterećenje i geometriju, a žilavost loma nije bilo moguće odrediti, već je korišćena konzervativna procena njene vrednosti. Takođe je vođeno računa o mogućnosti pojave korozije i zamora, uticaju zaostalih napona i uticaju blizine danca ili priključaka. Analiza 'kritičnih' grešaka je data u daljem tekstu pojedinačno.

Podaci za analizu greške 970-64 su [38]: geometrija posude (debljina $t=50$ mm, srednji prečnik $D=2150$ mm); materijal omotača posude: NIOVAL 50 (niskolegirani čelik povišene čvrstoće), napon tečenja $R_{eH}=500$ MPa, geometrija prsline (dužina 60 mm, širina 2 mm, pravac - duž šava, lokacija - koren podužnog metala šava u blizini kružnog šava na vezi sa dancem, daleko od priključaka); opterećenje (unutrašnji pritisak $p=81$ bar, zaostali napon $\sigma_R=200$ MPa - najveća vrednost poprečno na šav, uzeto na osnovu iskustva [112]); žilavost loma metala šava $1580 \text{ MPa}\sqrt{mm}$, uzeto kao minimlana vrednost [113].

Imajući u vidu konzervativni pristup u analizi kritičnih grešaka, za grešku 970-64 je usvojeno da se prostire celom dužinom omotača posude. U tom slučaju problem se posmatra u preseku poprečnom na podužni pravac posude (slika 5.2), pri čemu se uticaj krivine zanemaruje, što je za debljinu 50 mm i prečnik 2150 mm potpuno opravdano [110]. Dimenzija prslina koja je do sada navedena kao dužina (60 mm) više ne postoji u analizi, a dimenzija do sada navođena kao širina postaje dužina (2 mm). Problem se time svodi na zategnutu ploču čije su dimenzije znatno veće od dužine prslina, pri čemu se zanemaruje asimetrija, koja potiče od položaja prslina.



Slika 5.2. Skica preseka u kome se analizira prslina 970-64 [110]

Ako se za udaljeni napon uzme zbir obimskog napona od unutrašnjeg pritiska i poprečni zaostali napon u sredini šava, sa a se obeleži poludužina, sa R poluprečnik, prema gore navedenim podacima, faktor intenziteta napona se računa kao $K_I = \sigma \sqrt{\pi a}$, gde je $\sigma = pR/t + \sigma_R$:

$$K_{I1} = (pR/t + \sigma_R) \sqrt{\pi a} = (8,1 \times 1075/50 + 200) \sqrt{\pi} = (174 + 200) \sqrt{\pi} = 663 \text{ MPa} \sqrt{\text{mm}} \quad (5.1)$$

Imajući u vidu da je dobijena vrednost K_{I1} svega 42% minimalne vrednosti K_{Ic} ($1580 \text{ MPa} \sqrt{\text{mm}}$) može da se zaključi da nema opasnosti od krtog loma. Ovaj zaključak važi i ako se pretpostavi da je dužina prslina dva puta veća od izmerene (čime se uzima u obzir nesigurnost u merenju), jer je tada $K_{I1} = 937 \text{ MPa} \sqrt{\text{mm}}$, što je 59% minimalne vrednosti K_{Ic} i još uvek predstavlja dovoljnu sigurnost od krtog loma.

Greška 978-14 (neprovar dužine 25 mm i širine 2 mm u kružnom šavu na vezi sa donjim dancem) je predstavljena kao površinska prslina, ali je i za ovu prslina usvojeno da se prostire celim obimom posude. Podaci bitni za analizu su: geometrija

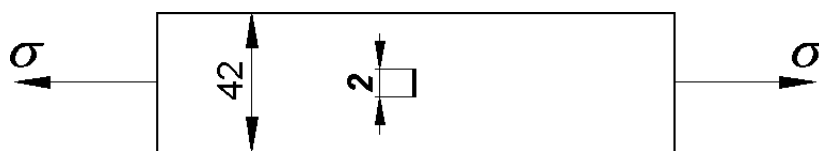
posude (debljina $t=42$ mm, srednji prečnik $D=1958$ mm); geometrija prsline (dužina 25 mm, širina 2 mm, pravac - duž šava, lokacija - koren kružnog metala šava na vezi sa dancem, daleko od priključaka); opterećenje (unutrašnji pritisak $p=78$ bar, zaostali napon $\sigma_R=200$ MPa - kao kod greške 970-64);

U ovom slučaju problem se posmatra u preseku poprečnom na obimski pravac posude (slika 5.3). Prikazani presek je uprošćen jer je i deo koji pripada dancu prikazan kao ravan, što je opravdano zanemarivanje uticaja krivine. Osim toga, zanemarena je činjenica da je napon u torusnom delu danca drugačiji od napona u cilindričnom delu posude, jer je delu torusa uz cilindar napon pritisni i nije opasan za rast prsline. Pri tome se zanemaruje asimetrija problema, koja potiče od položaja prsline, kao u prethodnom sučaju. Ako se kao udaljeni napon uzme zbir podužnog napona od unutrašnjeg pritiska ('kotlovska formula') i poprečni zaostali napon u sredini šava, za faktor intenziteta napona se dobija:

$$K_{I2} = (pR/2t + \sigma_R)\sqrt{\pi a} = (7,8 \cdot 979/84 + 200)\sqrt{\pi} = (91 + 200)\sqrt{\pi} = 515 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}},$$

(5.2)

što je 32% kritične vrednosti ($K_{Ic}=1580 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$) i ne dovodi posudu u opasno stanje. Za dvostruko veću dužinu prsline dobija se $K_{I2}=728 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}=45\% \cdot K_{Ic}$.



Slika 5.3. Skica preseka u kome se analizira prslina 978-14 [110]

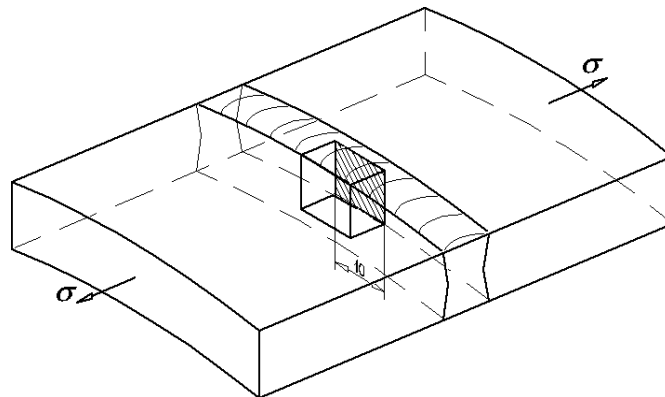
Greška 971-57 je odmah predstavljena kao prolazna prslina, jer druga dimenzija ionako nije bila poznata. Podaci bitni za analizu su [93]: geometrija posude (debljina $t=50$ mm, srednji prečnik $D=2150$ mm); materijal: niskolegirani čelik povišene čvrstoće, $R_{eH}=500$ MPa, $R_M=650$ MPa; $K_{Ic}=1580 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$; geometrija prsline (dužina 10 mm, pravac - duž šava, lokacija - kružni metal šava u sredini

posude, daleko od priključaka); opterećenje (unutrašnji pritisak $p=81$ bar, zaostali napon $\sigma_R=175$ MPa - poprečno na šav, van centra šava, uzeto na osnovu iskustva [114]).

Kao u prethodnom slučaju, problem je predstavljen zategnutom pločom, ali ne u preseku, već kao 'izdvojeni' deo omotača (slika 5.4). Za faktor intenziteta napona se dobija:

$$K_{I3} = (pR/2t + \sigma_R)\sqrt{\pi a} = (8,1 \cdot 1075/100 + 175)\sqrt{5\pi} = 1038 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}, \quad (5.3)$$

što je 66% od kritične vrednosti ($K_{Ic}=1580 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$) i ne dovodi posudu u opasno stanje. Čak i da se pretpostavi da je dužina prslina dvostruko veća, faktor intenziteta napona ($K_{I3} = 1469 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$ za $2a=20$ mm) ostaje manji od kritične vrednosti (92%).



Slika 5.4. Skica dela omotača u kome se analiza prslina 971-57 [110]

Za izračunavanje parametra S_r za sve tri greške, treba odrediti napon u neto preseku od primarnog opterećenja (unutrašnji pritisak), dok se sekundarni napon ne uzima u obzir [115].

Napon u neto preseku za grešku 970-64 je $\sigma_{n1}=1,08pR/t$, pri čemu je faktor 1,08 uzet zbog oslabljenja preseka prslinom dužine 4 mm na debljinu 50 mm (8%), pa se dobija:

$$S_{r1} = \sigma_{n1} / \sigma_F = 2(1,08pR/t) / (R_{eH} + R_M) = 2(1,08 \cdot 8,1 \cdot 1075 / 50) / (500 + 650) = 0,33 \quad (5.4)$$

Pri čemu su podaci za R_{eH} i R_M uzeti iz projektne dokumentacije za osnovni materijal (za metal šava se ne razlikuju bitno). Uticaj blizine danca je procenjen kao zanemarljiv, jer diskontinuitet koji se pri tome javlja izaziva veliku promenu napona u torusnom delu danca, ali ne i u cilindričnom omotaču [116].

Napon u neto preseku za grešku 978-14 je $\sigma_{n2} = 1,05pR/2t = 95$ MPa, jer je faktor oslabljenja preseka 1,05 (prslina dužine 2 mm na debljinu 42 mm), pa se dobija:

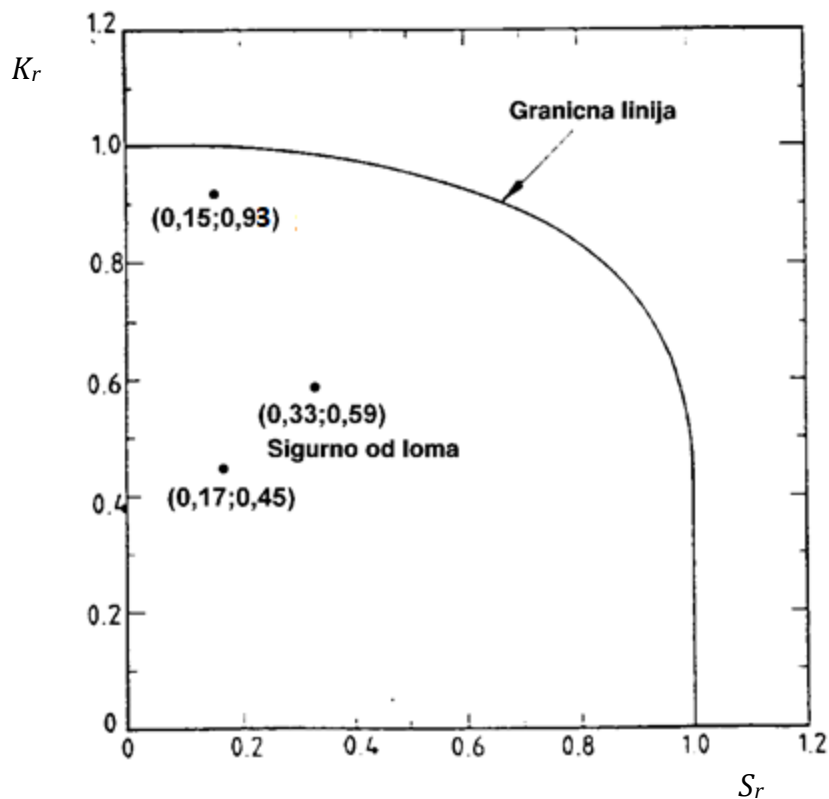
$$S_{r2} = \sigma_{n2} / \sigma_F = 95 / 575 = 0,17 \quad (5.5)$$

Uticaj blizine danca je i u ovom slučaju procenjen kao zanemarljiv [116].

Napon u neto preseku za grešku 971-57 je $\sigma_{n3} = pR/2t = 87$ MPa, pri čemu nije uzet u obzir faktor oslabljenja preseka jer je njegov uticaj zanemarljiv, pa se dobija:

$$S_{r3} = \sigma_{n3} / \sigma_F = 87 / 575 = 0,15 \quad (5.6)$$

Na osnovu dobijenih vrednosti za $K = K_I / K_{Ic}$ (pri čemu je za svaku grešku je uzet proračun za dvostuku dužinu) i $S_r = \sigma_n / \sigma_F$ u dijagram analize loma (FAD) su ucrtane tačke sa koordinatama (0,33; 0,59) (0,17; 0,45) i (0,15; 0,93) (slika 5.5).



Slika 5.5. Dijagram analize loma [110]

Na osnovu gore navedenog proračuna i analize dobijenog dijagrama (slika 5.5) možemo zaključiti da je greška 971-57 sa koordinatama (0,15; 0,93) najkritičnija jer se nalazi najbliže graničnoj krivi i stoga je ova greška uzeta za dalju procenu rizika.

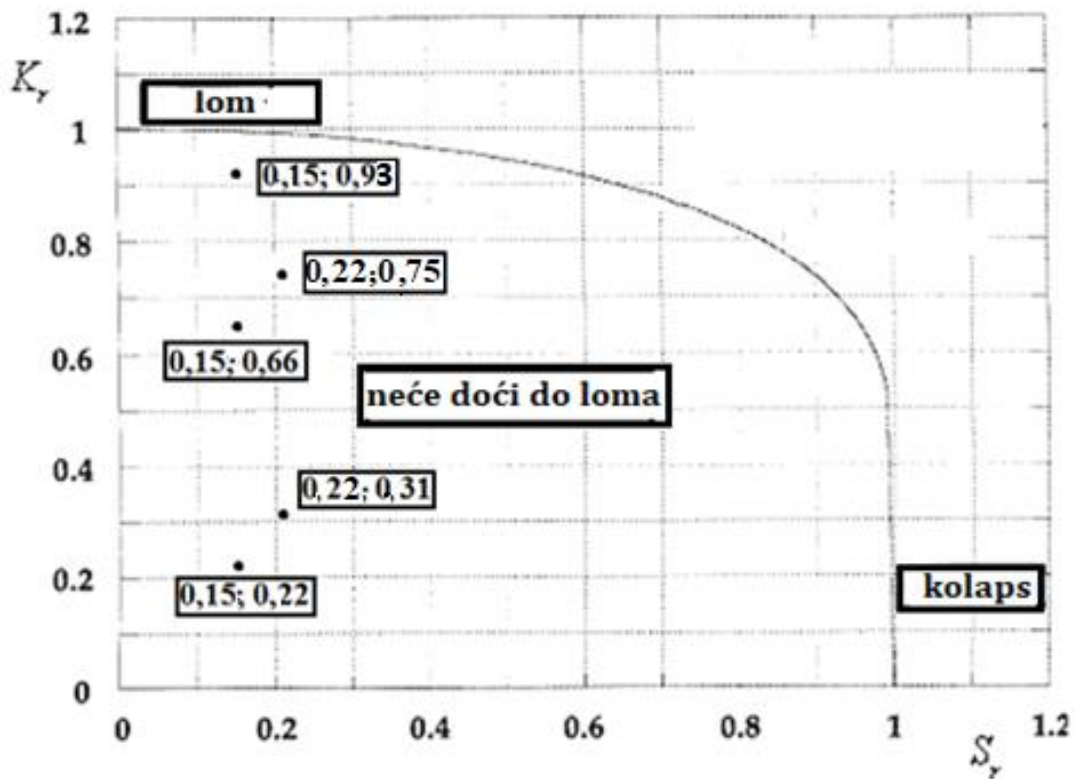
5.2 Verovatnoća definisana preko mehanike loma

Kako je navedeno, početna tačka za dalju analizu je tačka 1 sa koordinatama (0,15; 0,93), odnosno varijanta projektnog pritiska sa zaostalim naponima, i dvostruka dužina greške 971-57, za koju je prethodna analiza pokazala da je najopasnija. Ova prslina može da se analizira na nekoliko različitih načina, tj. mogu se varirati neki od parametara koji utiču na njen prikaz u dijagramu. Različite varijante variranja parametara date prsline mogu se prikazati sa dodatne 4 tačke na dijagramu, kako je od strane autora ove disertacije detaljno dato u [93]. Naime, te

tačke su dobijene za izmerenu veličinu greške, i razne varijante opterećenja, kako sledi:

- Kada se ne uzme u obzir dupla dužina prsline (kako je to urađeno za tačku 1), promeni se faktor intenziteta napona i shodno tome samo Y koordinata tačke 2 (u odnosu na tačku 1) na dijagramu. U tom slučaju koordinate tačke 2 su (0,15; 0,65), kako je pokazano u tabeli 4.18.
- U slučaju projektnog pritiska, ali bez uticaja zaostalih napona, dobija se tačka 3 sa koordinatama (0,15; 0,22), kako je pokazano u tabeli 4.18, iz kojih se može videti da se tačka sa ovako postavljenim parametrima značajno spustila na dijagramu u bezbedniju zonu.
- Uticaj probnog pritiska (43% većeg od projektnog pritiska - $\sigma_n = 1,43 \cdot pR/2t$) se ogleda u položajima tačaka 4 i 5 (0,22; 0,75) i (0,22; 0,31), kako je pokazano u tabeli 4.18, kod kojih je u prvom slučaju uzet u obzir zaostali napon, a u drugom nije.

Nakon dobijenih koordinata tačaka, prikazanih na slici 5.6, mogu se izračunati verovatnoće definisane preko mehanike loma za svaku tačku pojedinačno, kao odnos između udaljenosti svake tačke od koordinantnog početka i udaljenosti odgovarajuće tačke na graničnoj krivoj od koordinantnog početka (odgovarajuća tačka na graničnoj krivoj se dobija u preseku krive sa pravom koja prolazi kroz koordinantni početak i datu tačku). Ove udaljenosti se mogu očitati sa dijagrama a njihovi odnosi tj. verovatnoće date za svih 5 tačaka odnosno analiziranih slučajeva date su u tabeli 4.18.



Slika 5.6. FAD dijagram za posudu pod pritiskom u okviru HE Bajina Bašta [93]

Tabela 4.18. Prikaz dobijanja verovatnoća definisanih preko mehanike loma za 5 tačaka iz studije slučaja

Opis tačke	Redni broj	K_I	K_{Ic}	$K_r = \frac{K_I}{K_{Ic}}$	$\frac{\sigma_n}{pR/2t}$	$\sigma_{F=}$ $\frac{R_{eH} + R_M}{2}$	$S_r = \frac{\sigma_n}{\sigma_F}$	P_{ml}
Prslina sa dvostrukom dužinom	Tačka 1 (0,15; 0,93)	1469	1580	0,93	87	575	0,15	0,94
Prslina sa realnom dužinom	Tačka 2 (0,15; 0,66)	1038	1580	0,66	87	575	0,15	0,84

Prslina sa realnom dužinom bez zaostalih napona	Tačka 3 (0,15; 0,22)	345	1580	0,22	87	575	0,15	0,24
Prslina sa realnom dužinom bez zaostalih napona sa uticajem probnog pritiska	Tačka 4 (0,22; 0,75)	1186	1580	0,74	124	575	0,21	0,70
Prslina sa realnom dužinom sa zaostalim naponima sa uticajem probnog pritiska	Tačka 5 (0,22; 0,31)	493	1580	0,31	124	575	0,21	0,33

5.3 Verovatnoća definisana preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora

Proračun za verovatnoću definisanu preko uticaja ljudskih faktora i verovatnoću definisanu preko organizacionih faktora je urađen rešavanjem sistema jednačina (4.1) i (4.2), na način opisan u poglavlju 4.1.1.8 za konkretne odgovore dobijene reverzibilnoj hidroelektrani u Bajinoj Bašti (koji su dati u prilogu na kraju disertacije), od strane svih operatera i svih menadžera koji tamo rade sa opremom

pod pritiskom. Nakon rešavanja sistema matričnih jednačina dobijene su sledeće vrednosti verovatnoća posebno za ljudske a posebno za organizacione faktore:

$$P_{lj} = 0,39$$

$$P_o = 0,26$$

Konačno, verovatnoća definisana preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora izračunata je preko jednačine (4.3), kako sledi:

$$P_{ljo} = P_{lj} + P_o - P_{lj}P_o = 0,39 + 0,26 - 0,39 * 0,26 = 0,55$$

5.4 Ukupna verovatnoća otkaza rezervoara u okviru reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta

Na kraju je izračunata verovatnoća otkaza posude pod pritiskom u hidroelektrani Bajina Bašta, za svih 5 slučajeva analize pronađene prsline, a pri dejstvu sva tri faktora - mehanike loma, ljudskih i organizacionih faktora, pomoću jednačine za ukupnu verovatnoću (4.5):

$$P = P_{ml} + P_{ljo} - P_{ml} * P_{ljo}$$

1. Tačka 1 (0,15; 0,93) ukupna verovatnoća 0,97.
2. Tačka 2 (0,15; 0,66) ukupna verovatnoća 0,93.
3. Tačka 3 (0,15; 0,22) ukupna verovatnoća 0,66.
4. Tačka 4 (0,22; 0,75) ukupna verovatnoća 0,86.
5. Tačka 5 (0,22; 0,31) ukupna verovatnoća 0,70.

5.5 Procena posledica otkaza rezervoara u okviru reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta

Procena posledica otkaza izabrane posude pod pritiskom u hidroelektrani Bajina Bašta se može uraditi prvo, tumačenjem kategorizacije te posude prema standardu kao kategorije ozbiljnosti posledica od njenog otkaza, a zatim dodatno, u smislu potencijalnih efekata na ljude, imovinu i reputaciju kompanije, kako je predloženo u poglavlju 4.2.

Kako posuda koja je predmet analize ima dužinu 6 metara a prečnik 2,15 metra, njena zapremina okvirno iznosi 12900 litara. Njen unutrašnji pritisak iznosi 81 bar, tako da, ako se pogleda dijagram dat na slici 4.10, jasno je da proizvod zapremine i pritiska u slučaju posmatrane posude desetostruko prelazi gornju granicu, definisanu na dijagramu kao oblast IV kategorije. U poglavlju 4.2 je objašnjeno da se opremi pod pritiskom koja spada u IV kategoriju, dodeljuju kritične posledice. Tako da, i ako se u posudi nalazi vazduh, koji sam po sebi ne spada u opasne materije, zbog same veličine ove posude i njenog visokog radnog pritiska, kategorija posledica od njenog otkaza je najviša.

Dodatna procena posledica studije slučaja u Bajinoj Bašti urađena je od strane autora ove disertacije u [117], a najvažniji zaključci su:

- U momentu eksplozije svi koji bi se u tom momentu našli u prostoriji bi nastradali od posledica vazdušnog udara, bila bi uništena oprema za upravljanje kompresora, a delimično i sami kompresori, a takođe i deo opreme za regulaciju i upravljanje hidroagregatom R1 koji je od kompresorske stanice odvojen samo remontnim vratima, koja bi zbog natpritiska u prostoriji bila otkinuta i bačena na orman regulatora agregata R1.

- Indirektna šteta bio bi totalni zastoj Reverzibilne hidroelektrane čiji jedan sat rada u vršnom opterećenju po ceni kWh donosi 180 K€, sa posledicama koje bi anulirale sve ono zbog čega je Reverzibilna hidroelektrana i napravljena.

- Posle havarije elektrana ne bi mogla da radi u pumpnom smeru, što znači da bi neoštećeni agregat R2 mogao samo da isprazni zatečeni sadržaj gornje akumulacije do tehničkog minimuma radeći u generatorskom smeru.

- Pumpanje bi bilo onemogućeno zbog nedostatka vazduha pod pritiskom za start pumpnog agregata, a bez pumpanja nema ni punjenja akumulacije, odnosno kasnije generatorskog rada.

- Vreme zamene postojeća dva rezervoara, koji bi bili isečeni i izbačeni iz kompresorske prostorije i kasnije ubacivanje tri manja rezervoara ukupne zapremine $3 \cdot 9 \text{ m}^3$ koji mogu da prođu kroz vrata i pored opreme da uđu u kompresorsku prostoriju, bi bilo minimum mesec dana uz prethodnu dobru pripremu svih detalja transporta.

- Samo vreme projektovanja i izrade novih rezervoara trajalo bi do godinu dana, tako da je potrebno što pre nabaviti tri nova rezervoara, jer ako bi analize primenom mehanike loma pokazale dalju neupotrebljivost, da se rezervoari hitno zamene.

Prikazana detaljnija analiza posledica svodi na isti zaključak a to je da bi otkaz rezervoara u okviru reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta doveo do posledica najviše kategorije tj. do kritičnih posledica.

5.6 Procena rizika prema matrici rizika u radu sa rezervoarom u okviru reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta

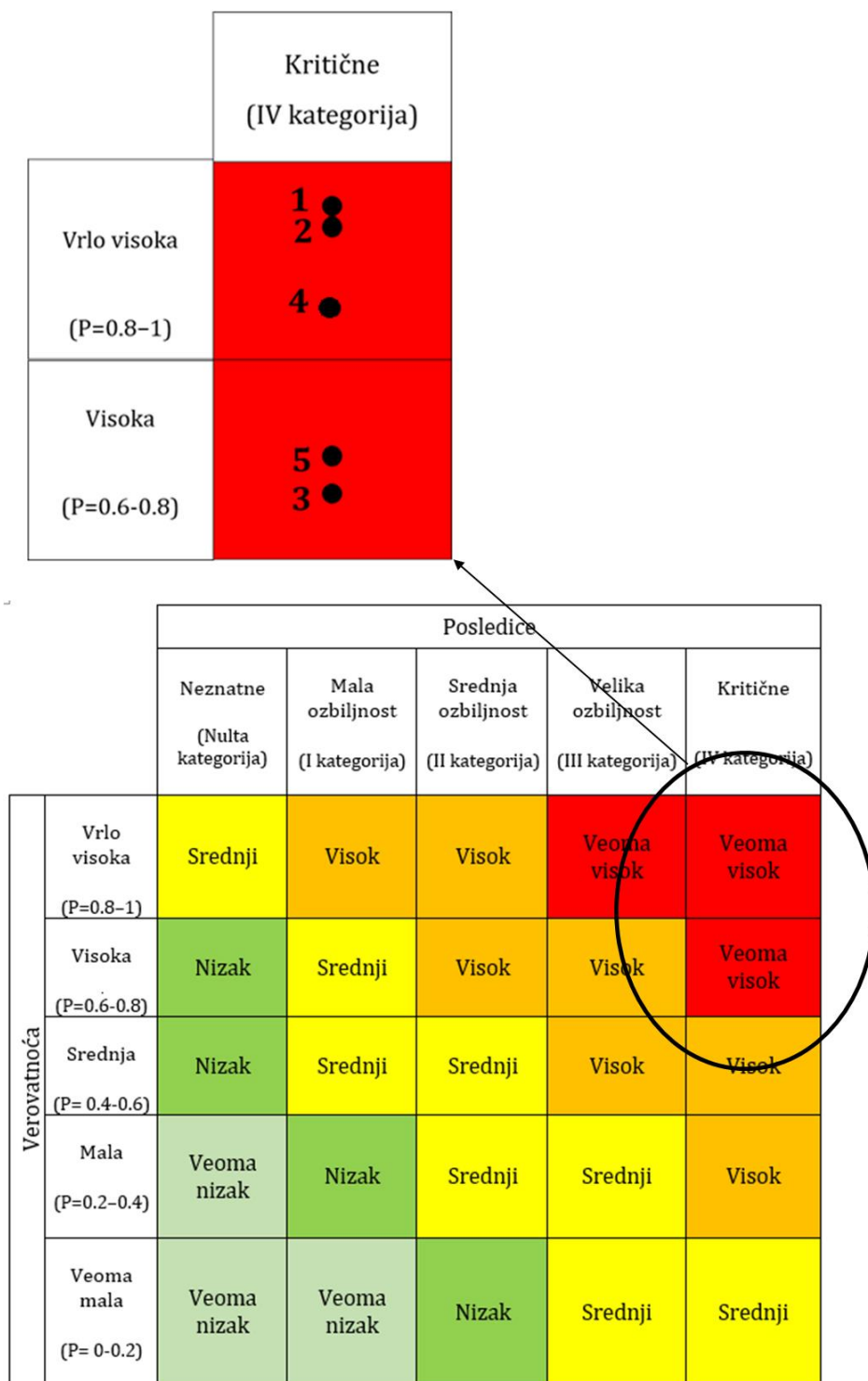
Na osnovu predložene kategorizacije verovatnoće u poglavlju 4.1.3, pet tačaka iz predmetne studije slučaja možemo smestiti u matricu rizika u odnosu na ordinatu, na sledeći način (slika 5.7):

- Tačka 1 (0,15; 0,93) pripada kategoriji veoma visoke verovatnoće
- Tačka 2 (0,15; 0,66) pripada kategoriji veoma visoke verovatnoće

-
- Tačka 3 (0,15; 0,22) pripada kategoriji visoke verovatnoće
 - Tačka 4 (0,22; 0,75) pripada kategoriji veoma visoke verovatnoće
 - Tačka 5 (0,22; 0,31) pripada kategoriji visoke verovatnoće

Kako je pokazano u prethodnom poglavlju posledice su kritične u slučaju otkaza predmetnog rezervoara, tako da se svih 5 tačaka po apcisi nalaze u polju kritičnih posledica.

Kao rezultat dobijamo matricu rizika sa prikazanim tačkama (slika 5.7), koje se sve nalaze u kategoriji veoma visokog rizika, sa tim da se tačke 3 i 5 nalaze u kocki ispod tačaka 1,2 i 4 jer je verovatnoća odigravanja događaja definisanog sa njima, nešto niža.



Slika 5.7. Matrica rizika u slučaju procene rizika u okviru hidroelektrane Bajina Bašte

Ovako dobijena procena rizika može da se smatra kriterijumom za odluku menadžmenta o daljem postupku. Ukoliko je greška/prslina koja se razmatra zaista otkrivena, crveno područje (veoma visok rizik) znači da rad postrojenja treba da se zaustavi i da se oprema popravi, što je dobijeno u razmatranoj studiji slučaja. Narandžasto i žuto područje (srednji, a naročito visok rizik) može da se tumači kao da postrojenje može da radi, ali je potrebna česta kontrola, a zeleno područje (nizak, a posebno veoma nizak rizik) da postrojenje može da radi uz kontrolu kako je inače propisano. S druge strane, ako su prsline samo pretpostavljene za potrebe procene rizika, onda se može sprovesti kontrola na osnovu rizika (RBI), na sledeći način: komponente u oblasti niskog rizika se ne kontrolišu ili se kontrolišu veoma retko, komponente u oblasti srednjeg rizika uglavnom prema uobičajenom periodu kontrole, a komponente u oblasti visokog pritiska se kontrolišu veoma često, prema posebnom programu.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Poslednjih decenija, kontrola procesne bezbednosti i procena rizika vezanog za velike industrijske nesreće sa ozbiljnim posledicama je postala goruća tema na kojoj je potrebno još puno raditi. Kako istorija ovakvih nesreća pokazuje, procesna industrija je najkritičnija po ovom pitanju a u okviru nje, oprema čiji otkazi u najvećem broju slučajeva dovode do ozbiljnih posledica, je oprema pod pritiskom. Nesreće sa ozbiljnim posledicama očigledno predstavljaju kombinaciju uticaja više različitih faktora: nedovoljno istraženih organizacionih i ljudskih faktora sa jedne strane i tehničkih faktora koji se mogu tumačiti kroz starenje opreme tj kroz integritet konstrukcije, sa druge strane. Razvoj sofisticiranog dizajna u okviru kompleksnih industrija danas, kao i sve veća potreba za smanjenjem napornog rada osoblja, doveli su do potrebe da se ovaj problem posmatra sveobuhvatnije, analizirajući i uzroke samih uzroka nesreća. Međutim, analiza postojećih modela i alata za procenu rizika, dovodi do definitivnog zaključka da ni jedan od njih ne poseduje sve karakteristike (navedene u tabeli 2.1 u poglavlju 2.7) neophodne za jedan sveobuhvatan, finansijski i vremenski ne previše zahtevan, a opet dovoljno precizan način, da se proceni rizik vezan za procesnu bezbednost i nesreće sa ozbiljnim posledicama.

Shodno tome, u okviru ove disertacije, prepoznata je potreba se sprovede istraživanje ove vrlo atraktivne teme, koje je rezultiralo razvojem originalne metodologije procene rizika u radu sa opremom pod pritiskom, bazirane na mehanici loma i uticaju ljudskih i organizacionih faktora.

Ključni rezultati disertacije, dobijeni u studiji slučaja procene rizika rezervoara u okviru hidroelektrane Bajina Bašta, opisanoj u poglavlju 5, su:

- Verovatnoća da će doći do otkaza rezervoara definisana preko mehanike loma, dobijena na osnovu FAD dijagrama, za 5 definisanih tačaka (preko faktora intenziteta napona i žilavosti loma i lokalnih napona i njihovih kritičnih vrednosti), koja iznosi: $P_{m1}=0,94$, $P_{m2}=0,84$, $P_{m3}=0,24$, $P_{m4}=0,70$, $P_{m5}=0,33$.

- Verovatnoća definisana preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora, dobijena na osnovu: konkretnih odgovora na pitanja iz razvijenog upitnika koje su dali menadžeri i operateri zaposleni u Bajinoj Bašti; dobijenih matičnih jednačina koje proizlaze iz razvijenih modela i pomoću definisane formule, kako sledi: $P_{ljo} = P_{lj} + P_o - P_{lj}P_o = 0,39 + 0,26 - 0,39 * 0,26 = 0,55$

- Ukupna verovatnoća izračunata preko predložene formule $P = P_{ml} + P_{lj} + P_o - P_{lj}P_o - P_{ml}P_{lj} - P_{ml}P_o + P_{ml}P_{lj}P_o$, za svih 5 tačaka, koja iznosi: $P_1=0,97$, $P_2=0,93$, $P_3=0,66$, $P_4=0,86$, $P_5=0,70$.

- Kategorija posledica otkaza rezervoara u okviru hidroelektrane Bajina Bašta određena kao kritična, tj. pripadajuća IV-om stepenu nivoa opasnosti.

- Matrica rizika sa definisanim opsezima verovatnoća i posledica u kojoj su prikazane prethodno dobijene tačke, koje se sve nalaze u kategoriji veoma visokog rizika, sa tim da se tačke 3 i 5 nalaze u kocki ispod tačaka 1,2 i 4 jer je verovatnoća odigravanja događaja definisanog sa njima, nešto niža.

Na osnovu dobijenih rezultata cilj doktorske disertacije da se razvije metodologija za procenu rizika u radu sa opremom pod pritiskom, bazirana na mehanici loma i uticaju ljudskih i organizacionih faktora, koja će omogućiti procenu rizika na relativno jednostavan a opet dovoljno precizan način, je postignut, a osnovne i izvedene hipoteze dokazane, kako sledi.

U poglavlju 2 potvrđena je osnovna hipoteza $H_{1.0}$ da uticaj ljudskih i organizacionih faktora nije u dovoljnoj meri niti na dovoljno tačan i precizan način uzet u obzir u modelima procene rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom. U poglavlju 4.1 potvrđeno je da je moguće statističkim multivarijantnim metodama utvrditi ljudske i organizacione faktore koji su od uticaja na rizik u radu sa opremom pod pritiskom i da je moguće izmeriti/kvantifikovati uticaj ljudskih i organizacionih faktora u okviru preduzeća koje rade sa opremom pod pritiskom upotrebom adekvatne merne skale (mernog instrumenta), čime su dokazane i dve izvedene hipoteze $H_{1.1}$ i $H_{1.2}$. Shodno tome, može se zaključiti da obezbeđivanje validnog i pouzdanog mernog instrumenta za ispitivanje uticaja ovih faktora, koji je kao

zasebna celina nastao u okviru razvoja metodologije, može biti od ogromne koristi za industriju. Ponuđeni instrument može obezbediti proaktivno, nasuprot reaktivnom, informisanju o uticaju koji imaju operateri i menadžeri zaposleni u organizaciji, na rizike rada opreme pod pritiskom, pre nego što dati uticaji dovedu do nesreća sa ozbiljnim posledicama.

U poglavlju 4.1.2 je pokazano da integritet konstrukcija može doprineti preciznijoj proceni rizika u eksploataciji opreme pod pritiskom i da je primenom principa mehanike loma moguće pouzdano proceniti integritet posuda pod pritiskom, čime je potvrđena druga osnovna hipoteza $H_{2.0}$ i iz nje izvedena hipoteza $H_{2.1}$. Zaključeno je da se faktori poput zaostalih napona, rezultata ispitivanja metodama bez razaranja, kao i uticaj ispitivanja vodenim pritiskom, mogu na jednostavan način kvantifikovati i obezbediti kao podaci potrebni menadžerima pri donošenju odluka vezanih za dalje korišćenje opreme pod pritiskom.

Konačno verifikacijom cele metodologije u poglavlju 5 potvrđena je i treća osnovna hipoteza $H_{3.0}$, da je moguće modele za procenu rizika i uopšte upravljanje rizikom u eksploataciji opreme pod pritiskom unaprediti na polju jednostavnosti i preciznosti, na način da se uzme u obzir veći broj relevantnih faktora – ljudski, organizacioni i faktor mehanike loma.

Naučni doprinos ostvaren u ovoj doktorskoj disertaciji ogleda se u novouspostavljenoj metodologiji procene rizika i obuhvata:

- Originalnu primenu već postojećeg alata mehanike loma - dijagrama ocene otkaza (FAD dijagrama) - za procenu verovatnoće odigravanja događaja definisanu preko mehanike loma. Ovo je postignuto predlogom da se do sada nekorišćena rastojanja sa dijagrama tumače kao i koriste za računanje verovatnoće da će doći do krtoog loma ili kolapsa;

- Razvoj još jedne originalne metodologije, u okviru osnovne metodologije, za definisanje mernog instrumenta za ocenu uticaja ljudskih i organizacionih faktora na rizik u radu sa opremom pod pritiskom, kakav ne postoji u dosadašnjoj literaturi. Merni instrument u formi upitnika kao rezultat daje dva nova modela, iz kojih

proizilaze matrice jednačine, pomoću kojih je moguće odrediti verovatnoću odigravanja neželjenog događaja preko uticaja ljudskih i organizacionih faktora;

- Predlog upotrebe postojeće klasifikacije opreme pod pritiskom kao pojednostavljen način određivanja kategorije ozbiljnosti posledica otkaza, koja do sada nije korišćena u ove svrhe;

- Predlog izgleda nove matrice rizika, sa definisanim kategorijama rizika, na osnovu prethodno definisanih raspona verovatnoća i posledica;

Može se zaključiti da razvijena metodologija procene rizika u radu sa opremom pod pritiskom poseduje sve ispod navedene karakteristike, što do sada nijedan postojeći model za procenu rizika nije ponudio:

- Metodologija je sveobuhvatna, jer obuhvata procenu verovatnoće i posledica kao i procenu rizika na osnovu njih, što ide u prilog činjenici da tumačenje rizika u njegovoj osnovi podrazumeva obe ove dimenzije.
- Obuhvata zasebno ocenu uticaja ljudskih i organizacionih faktora, i suštinski razdvaja ova dva pojma.
- Ocena uticaja ljudskih i organizacionih faktora sprovodi se pomoću validne statističke metode kao što je merni instrument u formi upitnika.
- Merni instrument za ocenu uticaja ljudskih i organizacionih faktora se sastoji iz optimalnog broja pitanja za sprovođenje u praksi.
- Analiza rizika u okviru metodologije je kvantitativnog karaktera.
- Metodologija je primenljiva u bilo kom sektoru industrije.
- Metodologija je primenljiva i kada nije moguće okupiti tim eksperata iz različitih oblasti.
- Metodologija je dovoljno jednostavna i finansijski prihvatljiva da mogu i srednja i mala preduzeća da je primene.

Izlaz iz predložene metodologije je procena rizika u radu sa opremom pod pritiskom, tj. položaj tačke u matrici rizika definisan dvema koordinatama, koji pokazuje kojoj kategoriji rizika pripada proučavani slučaj.

Na ovaj način razvijena originalna metodologija procene rizika obuhvata kvantifikaciju uticaja ljudskih i organizacionih faktora na procenu rizika, koju integriše sa primenom principa integriteta konstrukcija pomoću mehanike loma, u jednu sveobuhvatnu, a opet dovoljno jednostavnu celinu, koju će moći da koriste kako veliki industrijski sistemi, tako i mala i srednja preduzeća i to iz različitih oblasti poslovanja gde god se koristi visokorizična oprema pod pritiskom, i gde god je procesna bezbednost važan deo poslovanja.

Praktični doprinos ovog istraživanja, kao što je bilo i očekivano, ogleda se u koristi za istraživače u naučnoj oblasti (očekuje se provera i dalji razvoj predložene metodologije), stručnjake u industrijama obuhvaćenim istraživanjem (primenom metodologije u praksi izvršiće njenu proveru i, po mogućstvu, poboljšati procesnu bezbednost gde god se koristi oprema pod pritiskom) i naravno, konsultante, koji rade na implementaciji sistema menadžmenta orijentisanih ka proceni rizika (metodologija bi trebalo da im olakša posao i pruži smernice za procenu rizika).

Rezultati ovog istraživanja treba da se interpretiraju u skladu sa nekoliko njegovih ograničenja. Kao prvo, preciznost odgovora na pitanja iz upitnika za ocenu ljudskih i organizacionih faktora je zavisila od iskrenosti i volje samih operatera. Da bi se ovaj nedostatak ublažio upitnici su bili anonimni i strogo poverljivi, a svrha upitnika je predstavljena radnicima kao nešto što će potencijalno uticati na poboljšanje i njihovih uslova rada. Dodatno, uvek je postojalo kontrolno pitanje koje je iniciralo izbacivanje dela anketa iz uzorka. Međutim, kada su živi subjekti u pitanju uvek treba imati dozu opreza. Drugo, kako je broj operatera koji u Srbiji rade sa opremom pod pritiskom relativno mali, posebno u odnosu na druge industrijski razvijenije zemlje, bilo bi od velike koristi da se isti upitnik testira kako dalje u Srbiji, tako i u nekoj drugoj zemlji i na taj način potvrde rezultati ovog istraživanja.

LITERATURA

1. Pasman, H. J. (2015). *Risk Analysis and Control for Industrial Processes-Gas, Oil and Chemicals: A System Perspective for Assessing and Avoiding Low-Probability, High-Consequence Events*. Butterworth-Heinemann.
2. OECD. (2012). *Corporate Governance for Process Safety: Guidance for senior leaders in high hazard industries*. <http://www.oecd.org/env/ehs/chemical-accidents/corporate%20governance%20for%20process%20safetycolour%20cover.pdf>
3. Fabiano, B., & Currò, F. (2012). From a survey on accidents in the downstream oil industry to the development of a detailed near-miss reporting system. *Process Safety and Environmental Protection*, 90(5), 357-367.
4. Swuste, P., Theunissen, J., Schmitz, P., Reniers, G., & Blokland, P. (2016). Process safety indicators, a review of literature. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 40, 162-173.
5. Lees, F. (2012). *Lees' Loss prevention in the process industries: Hazard identification, assessment and control*. Butterworth-Heinemann.
6. Levinson, D. (2015). Regulating Ammonium Nitrate Fertilizer Under the General Duty Clause. *Pace Env'tl. L. Rev.*, 33, 53.
7. Navarro, C. (2012). Fatal explosion at natural-gas plant in Tamaulipas exposes safety, staffing problems for state-run oil company PEMEX.
8. National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill. (2011). *Deep water: the Gulf oil disaster and the future of offshore drilling* (p. 398). Perseus Distribution Digital.
9. Marhavidas, P. K., Koulouriotis, D., & Gemeni, V. (2011). 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*, 24(5), 477-523.
10. Greenberg, H. R., & Cramer, J. J. (Eds.). (1991). *Risk assessment and risk management for the chemical process industry*. John Wiley & Sons.

-
11. Hubbard, D. W. (2009). *The failure of risk management: Why it's broken and how to fix it*. John Wiley & Sons.
 12. Wilson, L., McCutcheon, D., & Buchanan, M. (2003). *Industrial safety and risk management*. University of Alberta.
 13. API, RBI. (2008). Basic Resource Document: API-581. *American Petroleum Institute*.
 14. Inglis, C. E. (1913). Stresses in a plate due to the presence of cracks and sharp corners. *Transactions of the institute of naval architects*, 55(219-241), 193-198.
 15. Griffith, A. A. (1921). The phenomena of rupture and flow in solids. *Philosophical transactions of the royal society of london. Series A, containing papers of a mathematical or physical character*, 221, 163-198.
 16. Irwin, G. R., & Kies, J. A. (1952). Fracturing and fracture dynamics. *Welding Journal*, 31(2), 95-100.
 17. Irwin, G. R., & Kies, J. A. (1997). Critical energy rate analysis of fracture strength. *Spie Milestone series MS*, 137, 136-141.
 18. Irwin, G. R. (1997). Plastic zone near a crack and fracture toughness.
 19. Dugdale, D. S. (1960). Yielding of steel sheets containing slits. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 8(2), 100-104.
 20. Wells, A. A. (1963). Application of fracture mechanics at and beyond general yielding. *British Welding Journal*, 10(11), 563-70.
 21. Rice, J. R. (1968, June). A path independent integral and the approximate analysis of strain concentration by notches and cracks. ASME.
 22. Irwin, G. R. (1956). *Onset of fast crack propagation in high strength steel and aluminum alloys* (No. NRL-4763). NAVAL RESEARCH LAB WASHINGTON DC.
 23. Orowan, E. (1954). *Energy criteria of fracture*. MASSACHUSETTS INST OF TECH CAMBRIDGE DEPT OF MECHANICAL ENGINEERING.
 24. Anderson, T. L. (1991). Fracture mechanics-fundamentals and applications. *NASA STI/Recon Technical Report A*, 92.

-
25. Dowling, A. R., & Townley, C. H. A. (1975). The effect of defects on structural failure: a two-criteria approach. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 3(2), 77-107.
 26. Nivolianitou, Z., Konstandinidou, M., & Michalis, C. (2006). Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). *Journal of hazardous materials*, 137(1), 1-7.
 27. Barnett, R. (2006). The Esso Gas Plant Explosion.
 28. Hopkins, A. (2000). Lessons from Esso's Gas Plant Explosion at Longford. In *Lessons From Disasters: Seminar Notes* (p. 17). Institution of Engineers, Australia.
 29. Baker, J., Bowman, F. L., Erwin, G., Gorton, S., Hendershot, D., Leveson, N., ... & Wilson, L. (2007). The report of the BP US refineries independent safety review panel. *BP US Refineries Independent Safety Review Panel*.
 30. Christou, M., & Konstantinidou, M. (2012). Safety of offshore oil and gas operations: Lessons from past accident analysis. *Joint Research Centre of the European Commission*, 1-60.
 31. NASA Safety Center. (2013). *The Case for Safety THE NORTH SEA PIPER ALPHA DISASTER*. <https://nsc.nasa.gov/SFCS/SystemFailureCaseStudy/Details/112>
 32. Cullen, L. W. D. (1993). The public inquiry into the Piper Alpha disaster. *Drilling Contractor;(United States)*, 49(4).
 33. Piper Alpha. (2018, January 1). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 09:58, January 17, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Piper_Alpha&oldid=818127796
 34. Pemex. (2017, December 9). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 10:08, January 17, 2018, from <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Pemex&oldid=814543933>
 35. U.S. chemical safety and hazard investigation board, CSB. (2001, March). *Investigation report. Refinery fire incident. Tosco Avon Refinery Fire*. http://www.csb.gov/assets/1/19/Tosco_Final_Report.pdf

-
36. Deepwater Horizon explosion. (2018, January 15). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 10:30, January 17, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Deepwater_Horizon_explosion&oldid=820611701
 37. Smith, P., Kincannon, H., Lehnert, R., Wang, Q., & D Larrañaga, M. (2013). Human error analysis of the Macondo well blowout. *Process Safety Progress*, 32(2), 217-221.
 38. Sedmak, A., Sedmak, S., & Milović, L. J. (2010). Pressure equipment integrity assessment by elastic-plastic fracture mechanics methods. *Monograph. Society for Structural Integrity and Life (DIVK)*.
 39. Jovanovic, A. (2004). Overview of RIMAP project and its deliverables in the area of power plants. *International journal of pressure vessels and piping*, 81(10), 815-824.
 40. Khan, F. I., & Abbasi, S. A. (1998). Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries. *Journal of loss Prevention in the Process Industries*, 11(4), 261-277.
 41. Pate-Cornell, M. E., & Murphy, D. M. (1996). Human and management factors in probabilistic risk analysis: the SAM approach and observations from recent applications. *Reliability Engineering & System Safety*, 53(2), 115-126.
 42. Skogdalen, J. E., & Vinnem, J. E. (2011). Quantitative risk analysis offshore—human and organizational factors. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(4), 468-479.
 43. Wu, W. (2010). An application of human factors analysis and classification system to identify organizational factors in maritime accidents.
 44. Human and safety executive, HSE. (2005, October). INSPECTORS TOOLKIT. Human factors in the management of major accident hazards. <http://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/toolkitintro.pdf>
 45. Wold, T., & Laumann, K. (2015). Safety management systems as communication in an oil and gas producing company. *Safety science*, 72, 23-30.

-
46. Garcia, A. M., Boix, P., & Canosa, C. (2004). Why do workers behave unsafely at work? Determinants of safe work practices in industrial workers. *Occupational and Environmental Medicine*, 61(3), 239-246.
 47. Fernández-Muñiz, B., Montes-Peón, J. M., & Vázquez-Ordás, C. J. (2012). Occupational risk management under the OHSAS 18001 standard: analysis of perceptions and attitudes of certified firms. *Journal of Cleaner Production*, 24, 36-47.
 48. Walker, G., Simmons, P., Irwin, A., & Wynne, B. (1999). Risk communication, public participation and the Seveso II directive. *Journal of Hazardous Materials*, 65(1), 179-190.
 49. Milazzo, M. F., & Aven, T. (2012). An extended risk assessment approach for chemical plants applied to a study related to pipe ruptures. *Reliability Engineering & System Safety*, 99, 183-192.
 50. Kirin, S., Jovanović, A., Stanojević, P., Sedmak, A., & Džindo, E. (2011). Analiza rizika integriteta konstrukcija–primena na veliku kompaniju risk analysis in structural integrity–application to a large company. *Structural Integrity and Life*, 11(3), 209–212
 51. Milijic, N., Mihajlovic, I., Strbac, N., & Zivkovic, Z. (2013). Developing a questionnaire for measuring safety climate in the workplace in Serbia. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 19(4), 631-645.
 52. Tharaldsen, J. E. (2011). In safety we trust. *Safety, Risk and Trust in the North Sea Petroleum Industry*.
 53. Guldenmund, F. W. (2000). The nature of safety culture: a review of theory and research. *Safety science*, 34(1), 215-257.
 54. Cooper Ph. D, M. D. (2000). Towards a model of safety culture. *Safety science*, 36(2), 111-136.
 55. Mearns, K., Whitaker, S. M., & Flin, R. (2003). Safety climate, safety management practice and safety performance in offshore environments. *Safety science*, 41(8), 641-680.

-
56. Glendon, A. I., & Stanton, N. A. (2000). Perspectives on safety culture. *Safety Science*, 34(1), 193-214.
 57. Mohaghegh, Z., & Mosleh, A. (2009). Incorporating organizational factors into probabilistic risk assessment of complex socio-technical systems: Principles and theoretical foundations. *Safety Science*, 47(8), 1139-1158.
 58. Kauer, R., Jovanovic, A., Angelsen, S., & Vage, G. (2004, January). Plant Asset Management: RIMAP (Risk-Based Inspection and Maintenance for European Industries)-The European Approach. In *ASME/JSME 2004 Pressure Vessels and Piping Conference* (pp. 183-192). American Society of Mechanical Engineers.
 59. Shepherd, B. W. O. (2005). Safety implications of european risk based inspection and maintenance methodology. *HSE Research Reports. UK: Prepared by Mitsui Babcock Technology for the Health and Safety Executive, UK.*
 60. Seveso disaster. (2018, January 17). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 07:18, January 18, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Seveso_disaster&oldid=820901551
 61. Khan, F. I., & Haddara, M. M. (2003). Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. *Journal of loss prevention in the process industries*, 16(6), 561-573.
 62. Đorđević, P., Kirin, S., Sedmak, A., & Džindo, E. (2011). Risk analysis in structural integrity. *Structural Integrity and Life*, 11(2), 135-138.
 63. Kirin, S., Jovanović, A., Stanojević, P., Sedmak, A., & Džindo, E. (2011). *ANALIZA RIZIKA INTEGRITETA KONSTRUKCIJA-PRIMENA NA VELIKU KOMPANIJU RISK. Structural Integrity and Life*, 11(3), 209-212.
 64. JOVANOVIĆ, A., RENN, O., & SALVI, O. (2010). 2nd iNTeg-Risk Conference: New Technologies & Emerging Risks. Dealing with multiple and interconnected emerging risks.
 65. Knegtering, B., & Pasman, H. J. (2009). Safety of the process industries in the 21st century: a changing need of process safety management for a changing industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(2), 162-168.

-
66. Yong, A. G., & Pearce, S. (2013). A beginner's guide to factor analysis: Focusing on exploratory factor analysis. *Tutorials in quantitative methods for psychology*, 9(2), 79-94.
67. Oltedal, H. A. (2011). Safety culture and safety management within the Norwegian-controlled shipping industry. *State of art, Interrelationships and Influencing Factors*, University of Stavanger, Doctor of Philosophy, 26.
68. Hinkin, T. R., Tracey, J. B., & Enz, C. A. (1997). Scale construction: Developing reliable and valid measurement instruments. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 21(1), 100-120.
69. Lambert, H. E., & Alvares, N. J. (2003). *The Pepcon Disaster-Causative Factors and potential Preventive and Mitigative Measures* (No. UCRL-JC-154704). Lawrence Livermore National Lab., CA (US).
70. Hof, M. (2012). Questionnaire evaluation with factor analysis and Cronbach's alpha: an example.
71. MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Zhang, S., & Hong, S. (1999). Sample size in factor analysis. *Psychological methods*, 4(1), 84.
72. Nathan Zhao. (2009, March 23). The Minimum Sample Size in Factor Analysis. <https://www.encorewiki.org/display/~nzhao/The+Minimum+Sample+Size+in+Factor+Analysis>
73. Pett, M. A., Lackey, N. R., & Sullivan, J. J. (2003). *Making sense of factor analysis: The use of factor analysis for instrument development in health care research*. Sage.
74. Spasojević Brkić, V. (2009). Kontingentna teorija i menadžment kvalitetom. Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet.
75. Hof, M. (2012). Questionnaire evaluation with factor analysis and Cronbach's alpha: an example.
76. Saunders, M., Thornhill, A., and Lewis, P. (2003). *Research Methods for Business Students*. (3rd ed). Harlow: Financial Times Prentice Hall.
77. Kines, P., Lappalainen, J., Mikkelsen, K. L., Olsen, E., Pousette, A., Tharaldsen, J., ... & Törner, M. (2011). Nordic Safety Climate Questionnaire (NOSACQ-50): A

new tool for diagnosing occupational safety climate. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(6), 634-646.

78. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (1998). *Multivariate data analysis* (Vol. 5, No. 3, pp. 207-219). Upper Saddle River, NJ: Prentice hall.
79. Norman, G. R., & Streiner, D. L. (2008). *Biostatistics: the bare essentials*. PMPH-USA.
80. Spasojevic Brkic, V. K., & Veljkovic, Z. A. (2017) Structural Equation Modeling of Organizational Systems. *XVII International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'17)* Novi Sad, Serbia, October 4. – 6. University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, 54-59.
81. Spasojević V., (1999). Uticaj tehničkih faktora na izbor alata za poboljšanje kvaliteta. Magistarska teza, Mašinski fakultet, Beograd.
82. Byrne, B. M. (2001). Structural equation modeling: Perspectives on the present and the future. *International Journal of Testing*, 1(3-4), 327-334.
83. Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Articles*, 2.
84. Seo, D. C., Torabi, M. R., Blair, E. H., & Ellis, N. T. (2004). A cross-validation of safety climate scale using confirmatory factor analytic approach. *Journal of safety research*, 35(4), 427-445.
85. Legendre, P. (2010). Coefficient of concordance. *Encyclopedia of Research Design*, Vol. 1. N. J. Salkind, ed. SAGE Publications, Inc., Los Angeles. 1776 , 164-169.
86. Garson, D. (2009, January, 28). Reliability Analysis. <http://tx.liberal.ntu.edu.tw/~purplewoo/Literature/!DataAnalysis/Reliability%20Analysis.htm>
87. Wolf, E. J., Harrington, K. M., Clark, S. L., & Miller, M. W. (2013). Sample size requirements for structural equation models: An evaluation of power, bias, and solution propriety. *Educational and psychological measurement*, 73(6), 913-934.
88. Sideridis, G., Simos, P., Papanicolaou, A., & Fletcher, J. (2014). Using structural equation modeling to assess functional connectivity in the brain: Power and

sample size considerations. *Educational and psychological measurement*, 74(5), 733-758.

89. Moss, S. (2017, April). *Confirmatory factor analysis*. <https://www.sicotests.com/psyarticle.asp?id=163>
90. Coromina, L. (2014). Introduction to Structural Equation Modeling with AMOS.
91. Confirmatory Factor Analysis. (2017, October, 17). In *StatWiki, The Free Encyclopedia*. Retrieved 11:25, October 17, 2017, from [http://statwiki.kolobkreations.com/index.php?title=Confirmatory Factor Analysis#Common Method Bias .28CMB.29](http://statwiki.kolobkreations.com/index.php?title=Confirmatory_Factor_Analysis#Common_Method_Bias_.28CMB.29)
92. Karuppusami, G., & Gandhinathan, R. (2006). Pareto analysis of critical success factors of total quality management: A literature review and analysis. *The TQM magazine*, 18(4), 372-385.
93. Golubović, T., Sedmak, A., Spasojević Brkić, V., Kirin, S., Rakonjac, I. Novel risk based assessment of pressure vessels integrity. *Tehnički vjesnik/Technical Gazette*, 231(13), DOI: 10.17559/TV-20170829144636
94. Spasojevic Brkic, V. K., Klarin, M. M., Brkic, A. D., Lucanin, V. J., & Milanovic, D. D. (2011). Simultaneous consideration of contingency factors and quality management: An empirical study of Serbian companies. *African Journal of Business Management*, 5(3), 866
95. Tomic, B., Spasojević Brkić, V., Karapetrovic, S., Pokrajac, S., Milanović, D. D., Babić, B., & Djurdjevic, T. (2017). Organizational culture, quality improvement tools and methodologies, and business performance of a supply chain. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 231(13), 2430-2442.
96. Spasojević Brkić, V. (2008). Istraživanje interakcije kontingentnih faktora organizacije i menadžmenta kvalitetom u industrijskim preduzećima, doktorska disertacija. *Beograd: Mašinski fakultet, doktorska disertacija*.
97. Harter, J. K., Schmidt, F. L., & Hayes, T. L. (2002). Business-unit-level relationship between employee satisfaction, employee engagement, and business outcomes: a meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 87(2), 268-279.

-
98. Spasojević Brkić V., Tomić B., Veljković Z., Golubović T. & Omić S. (2014). Risk Management and Organizational Culture Dimensions Relationship. *Proceedings of 2100 Project Association Joint Conferences. Povo de Vazim, Portugal, 1*, 236-242. ISSN 2183-3060
99. Feller, W. (2008). An introduction to probability theory and its applications (Vol. 2). John Wiley & Sons.
100. Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2010). *Applied statistics and probability for engineers*. John Wiley & Sons.
101. Bragatto, P., & Milazzob, M. F. (2016). Risk due to the Ageing of Equipment: Assessment and Management. *CHEMICAL ENGINEERING*, 53.
102. ISO, I. (2010). ISO 31010: 2009 Risk Management–Risk Assessment Techniques. CENELEC, Brussels.
103. Sedmak, A., Kirin, S., Golubovic, T., Mitrovic, S., & Stanojevic, P. (2016). Risk Based Approach to Integrity Assessment of a Large Spherical Pressure Vessel. *Procedia Structural Integrity*, 2, 3654-3659.
104. Mosleh, A., & Chang, Y. H. (2004). Model-based human reliability analysis: prospects and requirements. *Reliability Engineering & System Safety*, 83(2), 241-253.
105. Reason, J. (2016). *Managing the risks of organizational accidents*. Routledge.
106. Bea, R. G. (1994). *The Role of Human Error in Design, Construction, and Reliability of Marine Structures* (No. SR-1353). California University Berkeley Department of Civil Engineering.
107. Sklet, S., Ringstad, A. J., Steen, S. A., Tronstad, L., Haugen, S., Seljelid, J., ... & Wærø, I. (2010, January). Monitoring of human and organizational factors influencing the risk of major accidents. In *SPE International conference on health, safety and environment in oil and gas exploration and production*. Society of Petroleum Engineers.
108. Petronić, S., Jovičić, R., Erić-Cekić, O. (2016). Klasifikacija opreme pod pritiskom prema direktivi 2014/68/EU i regulativi 1272/2008/EU. *Structural Integrity and Life*, 16(2), 113–119.

-
- 109.Trbojević, N. (2003). Direktiva 97/23/EC za opremu pod pritiskom. *Zavarivanje i zavarene konstrukcije*, 48(1), 35-41.
- 110.Sedmak, A., Rakin, M. (2004). Application of Fracture Mechanics in Assessment of Structural Integrity, in Monograph "From Fracture Mechanics to Structural Integrity Assessment" (Ed. S. Sedmak, Z. Radakovic), 8th IFMASS, DIVK-TMF, str. 373-386.
- 111.Izveštaji 1-8/98 GOŠA Institut, (1998). S. Palanka.
- 112.Adžiev, T. (1988). Prilog proučavanju uticaja zaostalih napona na otpornost na lom zavarene konstrukcije sa prslinom (na makedonskom). Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Skopje.
- 113.Gerić, K. (1997). Pojava i rast prslina u zavarenim spojevima čelika povišene čvrstoće. Doktorska disertacija, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd.
114. Izveštaj br. 12-10-12.03/98, Mašinski fakultet, Beograd, 1998
- 115.Burdekin, F.M., Dawes, M.G. (1971). Practical Use of Linear Elastic and Yielding Fracture Mechanics with Particular Reference in Pressure Vessels. *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineering Conference*, London, 28-37.
- 116.Bednar, H. H. (1991). *Pressure vessel design handbook*. Krieger Pub. Co.,
- 117.Vučetić, I., Kirin, S., Vučetić, T., Golubović, T., Sedmak, A. (2018). Analiza rizika u slučaju havarije rezervoara za vazduh u RHE Bajina Bašta. *Integritet I Vek Konstrukcija*, 18(1), 3-8

PRILOG 1

Definisana pitanja u preliminarnim upitnicima za slanje ispitanicima

UTICAJ LJUDSKIH FAKTORA NA RIZIK U RADU SA OPREMOM POD PRITISKOM

Upitnik se sastoji od dva dela. Prvi deo obuhvata opšte podatke, i u njemu je potrebno zaokružiti broj pored tačnog odgovora ili upisati tražene podatke. Drugi deo upitnika ima dve kolone, A i B. U obe kolone potrebno je zaokružiti broj od 1 do 5, imajući u vidu da broj 1 najviše opisuje tvrdnju datu sa njegove leve strane, a broj 5 tvrdnju datu sa njegove desne strane, dok brojevi između opisuju tvrdnje između dve krajnje tvrdnje na sledeći način: 1- uošte se ne slažem, 2- uglavnom se ne slažem, 3- nisam siguran (ili nisam informisan o ovome), 4- uglavnom se slažem, 5- potpuno se slažem. Popunjavanje upitnika traje okvirno 15 minuta.

OPŠTI PODACI

Vrsta delatnosti preduzeća	1. Toplana 2. Elektrana 3. Proizvodnja đubriva 4. Proizvodnja lekova 5. Prehrambena industrija 6. Proizvodnja nafte i gasa 7. Drugo_____
Osnivački kapital preduzeća	1. Isključivo domaći 2. Isključivo strani 3. Većinski domaći 4. Većinski inostrani 5. Mešovito
Broj zaposlenih u preduzeću	
Vaše radno mesto u preduzeću (nije obavezno popuniti)	
Vaša školska sprema	
Godine starosti	
Pol	M ž
Godine radnog iskustva	
Da li ste nekada doživeli neku povredu na radu?	
Da li se u toku Vašeg radnog veka u ovom preduzeću dogodio neki otkaz sa posledicama tipa težih povreda, smrtnih slučajeva, negativnih uticaja na okruženje ili velikih finansijskih gubitaka?	DA NE
Zaokružite standarde koji su implementirani u Vašem preduzeću	1. ISO 9000 2. ISO 14000

	3. OHSAS 18000 4. Integrisani menadžment sistem – navesti standarde _____ 5. Drugo _____ 6. Nisam informisan
Da li se u vašem preduzeću procenjuje rizik nekom od navedenih metoda	1. Kvalitativne metode 2. Kvantitativne metode 3. API 581 4. RIMAP 5. Druge 6. Nisam informisan

UPITNIK

<i>KOLONA A</i>	<i>KOLONA B</i>
<i>Sva pitanja se odnose na opremu pod pritiskom</i>	Pod posledicama u koloni B se podrazumevaju sledeće posledice: 1) _____ po _____ okolinu 2) finansijske posledice (ozbiljnije zaustavljanje proizvodnje, veće oštećenje opreme, itd.) 3) ozbiljnije povrede zaposlenih <i>*U koloni B se ocenjuje uticaj stavke-pitanja iz kolone A (ne uticaj odgovora na pitanje iz kolone A)</i>
KOMUNIKACIJA	
Najčešće prijavljujem samo krupne probleme svojim nadređenima Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Kada se pojavi bilo kakav problem u procesu mogu to da prijavim nadređenima bez poteškoća i treba to da uradim. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Na prijavljene probleme nadređeni blagovremeno reaguju i rešavaju ih u saradnji sa nama Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
U mom preduzeću ne postoji tačno određen sistem po kome nas obaveštavaju o lekcijama naučenim nakon dešavanja otkaza i nesreća Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Postoji jasno definisan sistem po kome nas obaveštavaju o svim promenama u procesima, procedurama i organizaciji u preduzeću Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Kada preuzimam smenu postoji tačna procedura koju moram da ispoštujem vezano za dobijanje svih potrebnih informacija iz prethodne smene. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj

<p>Kada radim pod pritiskom usmislu da posao kasni i postoje finansijski gubici, menadžeri se u komunikaciji sa nama potpuno fokusiraju na što brže obavljanje posla i ne opominju nas da pratimo bezbednosne procedure</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U mom preduzeću često imamo diskusije o bezbednosti procesa i menadžeri nas pitaju za naša mišljenja o tome.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
POTENCIJALNO OPASNI MATERIJALI I OPREMA	
<p>Jasno znam potencijalne opasnosti za svaki pojedinačni materijal i opremu sa kojom radimo u preduzeću.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Moji direktni nadređeni mi često govore o potencijalnim opasnostima vezanim za materijal i opremu sa kojom radimo u preduzeću i proveravaju moje znanje na tu temu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Znam gde se nalaze procedure i uputstva vezane za rad sa potencijalno opasnim materijalima i opremom i uvek su mi dostupni.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U mom preduzeću postoje mere za sprečavanje i kontrolu velikih potencijalnih opasnosti vezanih za bezbednost procesa i ja znam tačno koje su.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U slučaju da radimo sa potencijalno opasnim materijama koje nisu detaljno obuhvacene zakonom (kao što je na primer amonijum nitrat) identifikujemo sve opasnosti vezane za ovaj materijal i preporuke za njegovo skladištenje, van onoga što je zakonom obavezujuće.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
BEZBEDNOST PROCESA	
<p><i>Bezbednost procesa se odnosi na sprečavanje velikih otkaza i događaja koji mogu da izazovu katastrofalne posledice, u smislu velikog broja povređenih ljudi ili smrtnih slučajeva, ogromnih finansijskih gubitaka i ozbiljnih posledica po okolinu. Bezbednost procesa je različit pojam od bezbednosti i zdravlja na radu.</i></p>	
<p>Rezultati revizija (audita, bilo internih ili eksternih) bezbednosti procesa u našem preduzeću su svaki put u potpunosti pozitivni.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>U mom preduzeću postoji dokument koji često viđam ili na koji nas menadžeri često upućuju u kome je definisan stav menadžmenta po pitanju bezbednosti procesa.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Tema bezbednosti procesa se retko obrađuje nasastancima sa nadređenima.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Rukovodioci su nam predstavili i objasnili pokazatelje performansi bezbednosti procesa za naše preduzeće.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Znam tačno ko je glavna odgovorna osoba za bezbednost procesa u preduzeću i kako da dođem do nje.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Kada kasnimo sa rokovima i prete nam finansijski gubici, to utiče na poštovanje procedura vezanih za procese i bezbednost procesa na sledeći način.</p> <p>1.....Sve procedure se strogo i u potpunosti poštuju bez obzira na okolnosti 2.....Većina procedura se poštuje bez obzira na kašnjenja, možda se poneko sitno pravilo preskoči 3.....Procenjuje se u toku rada šta može da se preskoči a da se sve završi na bezbedan način 4.....Prioritet je da se sve završi u takvoj situaciji, a pozdrazuje se da ćemo se potruditi da ispoštujemo glavne procedure 5.....Ne obraća se pažnja na procedure toliko ako se mnogo kasni sa rokovima, gleda se samo što pre da se završi</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU	
<p>U mom preduzeću o bezbednosti se priča isključivo u smislu broja povreda na radu i izostanaka sa posla zbog povreda.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U mom preduzeću je potpuno bezbedno raditi s obzirom na mali broj povreda radnika na poslu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Moj direktni nadređeni uvek proverava da li sam dobio svu potrebnu opremu za rad i opremu za ličnu zaštitu</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Moji nadređeni često proveravaju dali koristimo opremu za rad i opremu za ličnu zaštitu koju smo dobili</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Uključeni smo donekle u određivanju politike o radnim satima i prekovremenom radu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postavljena pravila o radnim satimai prekovremenom radu se ne poštuju uvek.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Nadređeni traže od nas mišljenja na temu sprečavanja i upravljanja zamorom na poslu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>UPRAVLJANJE ORGANIZACIONIM PROMENAMA</p> <p><i>Organizacione promene obuhvataju sve promene korporativnih funkcija (promene rukovodstva i nadređenih), bilo kakva uvođenja novih ili modifikovanih procesa, promene u spoljnom okruženju (promene zakona, pravilnika, itd)</i></p>	
<p>Upoznat sam sa procedurom upravljanja organizacionim promenama u preduzeću u kom radim.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Dostupna mi je dokumentacija vezana za upravljanje organizacionim promenama u preduzeću u kom radim.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji jasno definisana procedura pri svakom pokretanju i prekidanju procesa (start up i shut down) koja se uvek poštuje.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Pre pokretanja novih ili značajno promenjenih postrojenja na koje sam dodeljen uvek prolazim adekvatne nove obuke (treninge) vezane za to postrojenje.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Pre pokretanja novih ili značajno promenjenih postrojenja nadređeni me informišu o i objasne sve procedure vezane za održavanje, inspekciju, bezbednost i reagovanje u slučaju opasnosti koji su u vezi sa tim postrojenjem.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>ODRŽAVANJE / INSPEKCIJA</p>	

Ukoliko ne radite na poslovima održavanja ili ne znate odgovore, molimo Vas da vezano za ovaj deo konsultujete kolege koji rade na tim poslovima.	
<p>Za visoko rizičnu opremu pod pritiskom postoje metode kojima u okviru preduzeća kontrolišemo njenu ispravnost, pored redovnih inspekcija imenovanih tela.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Ukoliko preduzeće nabavi novu opremu kakvu nismo koristili a naročito ako je u pitanju nova oprema na tržištu u okviru preduzeća se propisuje posebna inspekcija za datu opremu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Održavanje u našem preduzeću je bazirano na znanju o velikim potencijalnim opasnostima vezanim za opremu i materijale sa kojima radimo.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Znam gde mogu da dođem do informacija o potencijalnim opasnostima vezanim za popravke i održavanje mašina.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Nadređeni nas s vremena na vreme podsećaju na potencijalne opasnosti vezane za postupke održavanje mašina.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Pri nerutinskim popravkama uvek nas posebno informišu o potencijalnim opasnostima tog posla.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Prilikom nerutinskih operacija ili popravki u našem preduzeću radi se sledeće.</p> <p>1..... Neko od nadređenih nadgleda posao od početka do kraja.</p> <p>2.....Neko od nadređenih je zadužen da isprati operaciju od početka do kraja samo ako se proceni da je rizična, a ako nije samo obavestavamo nadređene kako protiče popravka.</p> <p>3.....Svenerutinske popravke nadređeni isprati od početka do kraja ali ne mora da bude prisutan i lično proverava.</p> <p>4.....Sami sprovodimo nerutinske operacije ali na svakom većem koraku moramo da obavestimo nadređene šta se dešava.</p> <p>5.....Sami sprovodimo svenerutinske operacije i odgovorni smo da se završe popravke kako treba.</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Često sedešava da se kritični poslovi održavanja zakazuju na kraju radne smene.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Incidenti ili "zamalo incidenti" (near misses) koji se dese u toku održavanja se uvek analiziraju temeljno i mi smo uključeni u tu analizu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>LJUDSKA GREŠKA</p> <p><i>Misli se na neposrednu ljudsku gresku u samom izvršavanju zadataka, kao na primer pritisak pogrešnog dugmeta, greška pri merenju, ubacivanje pogresne kolicine radne materije i slično.</i></p>	
<p>Svestan sam svih tačaka procesa gde moja direktna greška, u smislu ručne obrade, može da dovede do otkaza i potencijalno većih nesreća.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoje određeni načini i mere za smanjenje rizika od praviljenja takve greške na rizičnim mestima.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Zajedno sa nadređenim analiziramo uzroke grešaka na kritičnim mestima (na primer prekomeran rad, loša komunikacija, pritisak da se što pre završi posao, itd.)</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Ako baš svaki put ne sprovedem sve procedure a imam dovoljno iskustva u poslu to ne ugrožava značajno bezbednost procesa.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Ako prodjemo dobar trening to može da spreči, pored mentalne greške, i nenamernu ljudsku grešku.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>OBUKE I KOMPETENCIJE ZAPOSLENIH ZA KRIZNE SITUACIJE</p>	
<p>Kompetencije koje smo morali da imamo da bismo dobili posao nam se preispituju nakon određenog vremena rada u preduzeću.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Ponekada radimo i poslove za koje nismo kompetentni.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Redovno prolazimo kroz posebne obuke vezane za reagovanja u kriznim situacijama (u kojima učimo specifične potencijalne opasnosti za naša radna mesta, kako da ih prepoznamo, šta radimo kada ih prepoznamo i koji je plan akcije ako dođe do nesreće).</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Nakon obuka vezanih za reagovanje u kriznim situacijama uvek polažemo testove vezane za datu obuku.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Potpuno razumevanje testova koje sam položio u okviru obuka nije neophodno da bi mogao da radim svoj posao kako treba.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Često su organizovane vežbe u kojima se simulira krizna situacija u kojima svi zaposleni učestvuju.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Vežbe u kojima se simulira krizna situacija uključuju sve uslove i faktore kakvi bi bili i u realnoj kriznoj situaciji (npr. dim, alarmi i slično).</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U potpunosti mi je jasno koja je moja uloga i šta treba da radim u slučaju nastanka krizne situacije i znam koje uloge drugi zaposleni imaju uključujući menadžere.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U slučaju opasnosti postoje posebna zaštitna sredstva od potencijalno opasnih materija i znam kako da im pristupim.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U slučaju opasnosti znam tačno kom nadređenom treba da se obratim u svakoj smeni.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Kada god se promeni ili uvede neki nov proces, svi zaposleni prolaze obuke vezane za potencijalne opasnosti tog procesa.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>SPROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA NAKON NESREĆA</p>	

Postoji definisana procedura za sprovođenje detaljnih istraživanja nakon nesreća ili otkaza koji se dogode u preduzeću. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Uglavnom se identifikuje samo neposredni uzrok nesreće. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Procedura za sprovođenje istraživanja zahteva da se nalazi i preporuke reše u kratkom vremenskom period. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Uvek smo uključeni u sprovođenje istraživanja nakon nesreća ili otkaza. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj
Podizvođači iz drugih preduzeća nekad učestvuju u istraživanjima nakon nesreća ili otkaza. Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom. Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj

UTICAJ ORGANIZACIONIH FAKTORA NA RIZIK U RADU SA OPREMOM POD PRITISKOM

Upitnik se sastoji od dva dela. Prvi deo obuhvata opšte podatke, i u njemu je potrebno zaokružiti broj pored tačnog odgovora ili upisati tražene podatke. Drugi deo upitnika ima dve kolone, A i B. U obe kolone potrebno je zaokružiti broj od 1 do 5, imajući u vidu da broj 1 najviše opisuje tvrdnju datu sa njegove leve strane, a broj 5 tvrdnju datu sa njegove desne strane, dok brojevi između opisuju tvrdnje između dve krajnje tvrdnje na sledeći način: 1- uošte se ne slažem, 2- uglavnom se ne slažem, 3- nisam siguran (ili nisam informisan o ovome), 4- uglavnom se slažem, 5- potpuno se slažem. Popunjavanje upitnika traje okvirno 15 minuta.

OPŠTI PODACI

Vrsta delatnosti preduzeća	8. Toplana 9. Elektrana 10. Proizvodnja đubriva	11. Proizvodnja lekova 12. Prehrambena industrija 13. Proizvodnja nafte i gasa 14. Drugo _____
Osnivački kapital preduzeća	6. Isključivo domaći 7. Isključivo strani 8. Većinski domaći	

	9. Većinski inostrani 10. Mešovito
Broj zaposlenih u preduzeću	
Vaše radno mesto u preduzeću (nije obavezno popuniti)	
Vaša školska sprema	
Godine starosti	
Pol	M ž
Godine radnog iskustva	
Da liste nekada doživelineku povredu naradu?	
Da li se u toku Vašeg radnog veka u ovom preduzeću dogodio neki otkaz sa posledicama tipa težih povreda, smrtnih slučajeva, negativnih uticaja na okruženje ili velikih finansijskih gubitaka?	DA NE
Zaokružite standarde koji su implementirani u Vašem preduzeću	7. ISO 9000 8. ISO 14000 9. OHSAS 18000 10. Integrisani menadžment sistem - navesti standarde _____
Da li se u vašem preduzeću procenjuje rizik nekom od navedenih metoda	7. Kvalitativne metode 8. Kvantitativne metode 9. API 581 10. RIMAP 11. Druge 12. Nisam informisan
	11. Drugo _____ 12. Nisam informisan

UPITNIK

<i>KOLONA A</i>	<i>KOLONA B</i>
<i>Sva pitanja se odnose na opremu pod pritiskom</i>	<p><i>Pod posledicama u koloni B se podrazumevaju sledeće posledice:</i></p> <p>1) _____ po _____ okolinu</p> <p>2) finansijske posledice (ozbiljnije zaustavljanje proizvodnje, veće oštećenje opreme, itd.)</p> <p>3) ozbiljnije povrede zaposlenih</p> <p><i>*U koloni B se ocenjuje uticaj stavke-pitanja iz kolone A (ne uticaj odgovora na pitanje iz kolone A)</i></p>
KOMUNIKACIJA	
Operateri prijavljivi ljuju sve pa i sitne problem koji nastanu u toku rada.	Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.
Uopšte se ne slažem....1....2....3....4....5.....Potpuno se slažem	Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj

<p>Redovno podstičemo i podsećamo operatere na važnost prijavljivanja svih problema u toku rada.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U našem preduzeću je uspostavljeno okruženje sa efikasnim linijama komunikacije između menadžmenta i operatera.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji procedura po kojoj se prati da li je svaki problem prijavljen od strane radnika rešen.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U našem preduzeću ne postoji tačno određen sistem po kome obavestavamo operatere o lekcijama naučenim nakon dešavanja otkaza i nesreća.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postojanje jasno definisanog sistema po kome obavestavamo operatere o svim promenama u procesima, procedurama i organizaciji nije od velikog značaja za sprečavanje većih otkaza i nesreća.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Svako preuzimanje smene između operatera je propisano procedurom i redovno se nadgleda.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Od izuzetne je važnosti za bezbednost procesa da se opominju radnici da prate bezbednosne procedure kada se radi pod pritiskom zbog vremenskih rokova.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U našem preduzeću često imamo diskusije o bezbednosti procesa i pitamo operatere za njihova mišljenja o tome.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
POTENCIJALNO OPASNI MATERIJALI I OPREMA	
<p>U preduzeću su jasno identifikovane potencijalne opasnosti vezane za opremu i materijale koje koristimo i redovno se razgovara o njima.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Poznavanje svih mogućih potencijalnih opasnosti vezanih za svu opremu i materijal značajno utiče na verovatnoću nastanka nesreća.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Zakonske procedure i uputstva vezane za rad sa potencijalno opasnim materijalima i opremom su dostupne svim operaterima u svakom trenutku.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>U mom preduzeću postoje mere za sprečavanje i kontrolu velikih potencijalnih opasnosti vezanih za bezbednost procesa.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U slučaju da radimo sa potencijalno opasnim materijama koje nisu detaljno obuhvacene zakonom (kao što je na primer amonijum nitrat) identifikujemo sve opasnosti vezane za ovaj materijal i preporuke za njegovo skladištenje, van onoga što je zakonom obavezujuće.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>BEZBEDNOST PROCESA</p> <p><i>Bezbednost procesa se odnosi na sprečavanje velikih otkaza i događaja koji mogu da izazovu katastrofalne posledice, u smislu velikog broja povredjenih ljudi ili smrtnih slučajeva, ogromnih finansijskih gubitaka i ozbiljnih posledica po okolinu. Bezbednost procesa je različit pojam od bezbednosti i zdravlja na radu.</i></p>	
<p>Rezultati revizija (audita, bilo internih ili eksternih) bezbednosti procesa u našem preduzeću su svaki put u potpunosti pozitivni.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Naše preduzeće na korporativnom ili lokalnom nivou ima generalnu politiku koja jasno definiše opredeljenost menadžmenta i njegova očekivanja u oblasti bezbednosti procesa, naglašava glavne ciljeve i zadatke iz ove oblasti.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Tema bezbednosti procesa se retko obradjuje na sastancima a kad se obradjuje, operateri nisu uključeni.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U našem preduzeću su definisani pokazatelji performansi bezbednosti procesa, adekvatno nivou rizika koji postoji.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Odgovornosti za bezbednost procesa i bezbednost zaposlenih na poslu su jasno definisane u opisu posla svakog menadžera.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Kada kasnimo sarokovima i prete nam finansijski gubici, to utiče na poštovanje procedura vezanih za procese i bezbednost procesa na sledeći način.</p> <p>1.....Sve procedure se strogo i u potpunosti poštuju bez obzira na okolnosti 2.....Većina procedura se poštuje bez obzira na kašnjenja, možda se poneko sitno pravilo preskoči 3.....Procenjuje se u toku rada šta može da se preskoči a da se sve završi na bezbedan način 4.....Prioritet je da se sve završi u takvoj situaciji, a pozdrazuje se da će se radnici potruditi da ispoštuju glavne procedure 5.....Ne obraća se pažnja na procedure toliko ako se mnogo kasni sa rokovima, gleda se samo što pre da se završi</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU	
<p>Mali broj povreda zaposlenih na radu je odličan pokazatelj da je bezbednost procesa u preduzeću na visokom nivou.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Uvek proveravamo da li su operateri dobili svu potrebnu opremu za rad i opremu za ličnu zaštitu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Često proveravamo da li operateri koriste opremu za rad i opremu za ličnu zaštitu koju im damo.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Operateri u ovom preduzeću učestvuju na neki način u određivanju politike o radnim satima i prekovremenom radu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U ovom preduzeću se strogo poštuje politika o radnim satima svih zaposlenih.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
UPRAVLJANJE ORGANIZACIONIM PROMENAMA	
<p><i>Organizacione promene obuhvataju sve promene korporativnih funkcija (promene rukovodstva i nadređenih), bilo kakva uvođenja novih ili modifikovanih procesa, promene u spoljnom okruženju (promene zakona, pravilnika, itd)</i></p>	
<p>U našem preduzeću postoji jasno definisana procedura upravljanja organizacionim promenama.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Procedura upravljanja organizacionim promenama je detaljno dokumentovana i sadrži jasne ciljeve procesa, podelu odgovornosti, i područje primene.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Bilo kakve fizičke promene u okviru postrojenja, promena hemikalija korišćenih u procesima, promena uslova odigravanja procesa ili značajne promene u radnim procedurama traže primenu procedure upravljanja organizacionim promenama.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Kada se naprave promene u okviru procesa ili radnih procedura postoji posebna procedura koja zahteva da se proverí njihov uticaj na sve potencijalne opasnosti i mehanizme otkaza opreme u preduzeću.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji jasno definisana procedura pri svakom pokretanju i prekidanju procesa (start up i shut down) koja se uvek poštuje.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Pre pokretanja novih ili značajno promenjenih postrojenja svi zaposleni koji će raditi sa njima prolaze adekvatne nove treninge.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Pre pokretanja novih ili značajno promenjenih postrojenja prave se sve nove procedure vezane za održavanje, inspekciju, bezbednost i reagovanje u slučaju opasnosti koji su u vezi sa tim postrojenjem.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U našem preduzeću postoji ustanovljen proces kojim se proverava da li su sve procedure ažurne i da li su svi zaposleni upoznati sa izmenjenim ili novim procedurama.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
PODIZVODJAČI RADOVA IZ DRUGIH PREDUZEĆA	
<p>U preduzeću u kom radim postoje pisane procedure o upravljanju radom podizvodjača iz drugih preduzeća.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Pre nego što poizvodjači iz drugih preduzeća krenu da rade posao za koji je su angažovani uvek sa njima prvo održimo sastanak gde se prodje kroz ono što treba da urade kao i kroz pravila bezbednosti na radu u našem preduzeću.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U proceduri o upravljanju radom podizvodjača se strogo zahteva da se proverí da li je to osoblje kvalifikovano i obučeno za tip posla koji dolaze da rade.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Ako podizvodjači donose svoju opremu zarad, smatra se da je oprema sertifikovana i adekvatna, a ne proverava se dodatno sa naše strane.</p> <p>Uopšte se ne slažem...1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoje efektivni načini na koje se podizvodjači informišu o većim potencijalnim opasnostima i nesrećama vezanim za našu kompaniju.</p> <p>Uopšte se ne slažem...1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U izuzetno retkim situacijama podizvodjači urade poneki posao za koji nisu kompetentni.</p> <p>Uopšte se ne slažem...1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Ako su potrebne veštine ili tehnike specifične za posao koji podizvodjači treba da urade, uvek se organizuju posebni treninzi za njih na tu temu.</p> <p>Uopšte se ne slažem...1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Podizvodjači su uključeni u regularne treninge za pripremu u slučaju krizne situacije našem preduzeću.</p> <p>Uopšte se ne slažem...1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
ODRŽAVANJE / INSPEKCIJA	
<p>Za svu opremu pod pritiskom koju nabavljamo detaljno proveravamo da li su sva dokumentacija i sertifikati od dobavljača odgovarajući.</p> <p>Uopšte se ne slažem...1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Za visoko rizičnu opremu pod pritiskom postoje metode kojima u okviru preduzeća sami kontrolišemo njenu ispravnost, pored redovnih inspekcija imenovanih tela.</p> <p>Uopšte se ne slažem...1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Ukoliko kupujemo novu opremu kakvu nismo koristili a naročito ako je u pitanju nova oprema na tržištu propisujemo posebnu inspekciju mnogo rigorozniju od standardne.</p> <p>Uopšte se ne slažem...1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Održavanje u našem preduzeću je bazirano na znanju o velikim potencijalnim opasnostima vezanim za opremu i materijale sa kojima radimo.</p> <p>Uopšte se ne slažem...1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Sva oprema pod pritiskom u preduzeću je razvrstanana opremu visokog ili niskog nivoa opasnosti od strane imenovanog tela.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Sva oprema pod pritiskom visokog nivoa opasnosti je registrovana u Centralni registar opreme pod pritiskom.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Za svu opremu pod pritiskom visokog nivoa opasnosti postoji zapisan plan inspekcije sa određenim intervalima kada se vrši inspekcija.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji osoba u preduzeću direktno zadužena za praćenje kada je potrebno pozvati imenovano telo da izvrši inspekciju opreme pod pritiskom visokog nivoa opasnosti.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji dokumentovana procedura koja zahteva da svi nedostaci identifikovani tokom inspekcije budu ispravljani na bezbedan način i u kratkom vremenskom roku.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Sve informacije vezane za programe inspekcije se nalaze na jednom zajedničkom mestu, koje je uvek dostupno svima koji učestvuju u procesu inspekcije.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U planiranju održavanja posebno se procenjuju potencijalne opasnosti vezane za postupke održavanja.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Nije neophodno posebno ocenjivati potencijalne opasnosti pri nerutinskim popravkama.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Često se dešava da se kritični poslovi održavanja zakazuju na kraju radne smene.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Incidenti ili zamalo incidenti (near misses) koji se dese u toku održavanja i popravki opreme se uvek adekvatno istraže i iskomuniciraju medju svim zaposlenim.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Oprema u okviru preduzeća koja je projektovana i napravljena prema standardima koji nisu više u generalnoj upotrebi (na primer sferni rezervoari) ima posebno definisane programe održavanja i inspekcije.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2...3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>LJUDSKA GREŠKA</p> <p><i>Misli se na neposrednu ljudsku grešku u samom izvršavanju zadataka, kao na primer pritisak pogrešnog dugmeta, greška pri merenju, ubacivanje pogresne količine radne materije i slično.</i></p>	
<p>Identifikovane su svetačke procesagde direktna ljudska greška, u smislu ručne opracije opratera, može da dovede do nesreće.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2...3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoje određeni načini i mere za smanjenje rizika od pravljena takve greške na identifikovanim mestima.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2...3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Za analizu ljudske greške se ne koristi formalna procedura/metod već je poznato iz prakse gde i zašto one mogu da nastanu.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2...3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U okviru analize ljudske greške analiziraju se faktori kao što su prekomeran rad, loša komunikacija, pritisak da se što prezavrši posao, itd.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2...3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Ako operateri baš svaki put ne sprovedu sve procedure a imaju dovoljno iskustva u poslu to ne ugrožava značajno bezbednost procesa.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2...3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Adekvatan trening operatera može da spreči, pored mentalne greške, i nenameru ljudsku grešku.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2...3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>OBUKE I KOMPETENCIJE ZAPOSLENIH ZA KRIZNE SITUACIJE</p>	
<p>Postoje definisane kompetencije (sposobnosti i znanja) koje zaposleni na svim nivoima moraju da imaju vezane konkretno za snalaženja (prepoznavanja, analiziranja i reagovanja) sa potencijalnim opasnostima od velikih nesreća.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2...3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Kompetencije zaposlenih se obavezno preispituju nakon određenog vremena.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1...2...3...4...5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2...3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

<p>Postoje dokumenta vezana za zahtevane kompetencije zaposlenih, za treninge koji se održavaju iza periodične provjere kompetencija.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U našem preduzeću se redovno sprovode posebne obuke radnika vezane direktno za reagovanja u kriznim situacijama (u kojima ih učespecifične potencijalne opasnosti za njihvo radna mesta, kako da ih prepoznaju, šta da rade kada ih prepoznaju i koji je plan akcije ako dodje do nesreće).</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Uspešnost obuka vezanih za krizne situacije se proverava dokumentovanim testovima.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Sprovodimo dovoljno često organizovane vežbe u kojima se simulira krizna situacija u kojima svi zaposleni učestvuju.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Vežbe u kojima se simulira krizna situacija uključuju sve uslove i faktore kakvi bi bili i u realnoj kriznoj situaciji (npr. dim, alarmi i slično).</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji jasno definisan i dokumentovan plan u slučaju opasnosti u preduzeću.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Plan u slučaju opasnosti uključuje i procedure za evakuaciju u slučaju opasnosti i procedure za kontrolu potencijalno opasnih materijala.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Redovno se proverava ispravnost zaštitnih sredstva od potencijalno opasnih materija.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>U slučaju opasnosti postoji jedan sveukupno odgovorni zaposleni u svakoj smeni.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Postoji definisana procedura za slučaj opasnosti koji izbije van normalnog radnog vremena.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3....4.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posljedica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

SPROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA NAKON NESREĆA

<p>Postoji definisana procedura za sprovođenje detaljnih istraživanja nakon nesreća ili otkaza koji se dogode u preduzeću.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Uglavnom se identifikuje samo neposredni uzrok nesreće.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Procedura za sprovođenje istraživanja zahteva da se nalazi i preporuke reše u kratkom vremenskom period.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Operateri su uvek uključeni u sprovođenje istraživanja nakon nesreća ili otkaza.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>
<p>Po potrebi podizvođači iz drugih preduzeća su uključeni u sprovođenje istraživanja nakon nesreća ili otkaza.</p> <p>Uopšte se ne slažem....1.....2.....3.....4.....5.....Potpuno se slažem</p>	<p>Ocenite kako navedena stavka utiče na težinu posledica potencijalnih otkaza opreme pod pritiskom.</p> <p>Nema uticaja.... 1..2..3..4..5.....Ekstremno veliki uticaj</p>

PRILOG 2

Odgovori na pitanja konačnog upitnika iz reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta

Redni broj ispitivanja	Upitnik za ispitivanje ljudskih faktora - popunjavali operateri										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
O-Kom-2	25	16	20	12	8	16	20	8	5	25	0
O-Kom-3	20	25	12	20	20	20	20	6	5	25	0
O-Kom-5	16	20	16	12	15	16	12	6	5	25	0
O-POMIO-2	16	16	20	12	9	8	25	9	5	20	1
O-POMIO-3	20	20	25	15	16	16	25	9	5	20	1
O-POMIO-4	25	12	16	12	9	20	25	9	5	20	1
O-BP-2	16	25	12	9	12	12	8	6	5	20	1
O-BP-4	9	16	16	15	16	16	20	8	5	20	1
O-BP-5	20	20	12	12	12	15	10	9	5	25	0
O-BZR-3	16	20	12	20	20	20	16	9	5	15	1
O-BZR-4	16	16	12	12	6	16	16	12	5	20	1
O-BZR-5	3	8	4	8	20	6	10	4	5	5	1
O-UOP-3	12	20	20	12	9	6	20	8	5	25	1
O-UOP-4	20	25	20	16	20	20	25	8	5	10	1
O-UOP-5	20	12	20	20	20	25	20	8	5	10	1
O-OI-1	25	20	20	20	20	16	25	8	5	25	1
O-OI-2	9	16	9	9	12	12	16	8	5	25	1
O-OI-3	25	12	25	20	20	20	25	9	5	20	1
O-LG-1	20	25	25	15	12	16	20	8	5	25	0
O-LG-2	20	20	9	16	20	25	20	9	5	25	1
O-LG-3	20	9	20	20	20	20	16	5	5	15	1
O-OiKZzAKS-8	20	25	20	20	12	16	15	8	5	15	1
O-OiKZzAKS-9	25	12	25	20	20	25	20	9	5	20	1
O-OiKZzAKS-10	16	20	20	20	12	20	25	9	5	20	1
O-SINN-3	20	20	16	20	20	20	15	20	5	15	1
O-SINN-4	20	16	12	25	12	16	12	20	5	15	1
O-SINN-5	20	25	25	9	20	12	6	12	5	15	1

Redni broj ispitanika	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
O-Kom-2	25	20	15	9	25	25	6	25	25	25	25	4
O-Kom-3	25	16	20	9	25	25	6	25	25	25	25	9
O-Kom-5	20	12	12	12	25	25	12	8	4	20	4	15
O-POMiO-2	20	9	12	9	15	9	9	25	25	25	25	12
O-POMiO-3	15	16	12	9	25	25	12	25	25	25	25	20
O-POMiO-4	20	12	9	9	25	25	16	25	25	25	25	15
O-BP-2	25	6	8	15	25	25	8	5	5	5	5	3
O-BP-4	20	12	6	25	25	25	9	25	25	25	25	1
O-BP-5	25	12	12	6	25	25	15	25	25	25	25	15
O-BZR-3	20	6	12	25	20	20	6	25	25	25	25	25
O-BZR-4	20	9	12	25	16	16	8	25	25	25	25	4
O-BZR-5	15	4	2	20	8	8	8	12	25	25	25	15
O-UOP-3	25	8	5	12	25	25	12	25	25	20	25	20
O-UOP-4	10	3	6	12	9	9	16	20	25	15	25	25
O-UOP-5	10	6	9	12	9	9	16	25	25	20	25	12
O-OI-1	20	25	0	25	25	25	9	25	25	25	25	20
O-OI-2	25	20	0	25	25	25	6	15	9	12	16	12
O-OI-3	20	12	0	25	25	25	9	25	25	15	25	15
O-LG-1	25	25	12	16	15	15	12	25	25	25	25	25
O-LG-2	25	12	8	16	15	15	9	25	25	25	25	25
O-LG-3	15	9	0	16	20	20	6	25	25	25	25	16
O-OiKZzAKS-8	15	9	4	12	15	15	12	25	25	25	25	12
O-OiKZzAKS-9	20	3	5	12	25	25	9	25	25	25	25	25
O-OiKZzAKS-10	20	12	15	12	25	25	12	25	25	25	25	12
O-SINN-3	15	12	5	12	12	12	12	15	0	5	15	15
O-SINN-4	15	6	3	15	6	6	6	5	5	5	5	15
O-SINN-5	10	12	3	15	20	20	12	5	0	1	1	5

Uputnik za ispitivanje organizacionih faktora - popunjavali menadžeri

Redni broj ispitivanja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
M-Kom-1	12	16	12	20	12	15	16	16	16	9	16	15	20	20	20	16	16	16	20	25	25	20	25
M-Kom-2	16	16	12	16	16	15	9	16	20	15	16	12	12	20	15	16	16	16	20	25	25	16	25
M-Kom-3	16	16	16	16	20	15	16	16	25	16	16	16	20	20	20	16	12	8	15	25	25	20	9
M-Kom-4	12	12	9	12	15	15	12	9	16	12	9	12	12	20	20	12	16	15	25	25	25	20	16
M-POMIO-1	20	15	12	16	25	25	16	15	20	20	15	25	25	20	16	20	20	4	12	25	25	25	25
M-POMIO-3	16	12	8	12	20	25	16	12	16	25	12	15	20	20	15	12	16	9	9	25	25	25	25
M-POMIO-4	20	20	12	12	20	25	16	20	25	25	20	25	25	20	25	16	16	16	15	25	25	25	25
M-BZR-2	25	25	12	9	12	25	16	25	16	25	25	25	25	16	15	25	16	9	12	25	25	25	20
M-BZR-3	20	20	16	9	12	25	16	20	16	25	20	15	20	16	20	20	16	9	12	25	25	25	16
M-BZR-5	25	25	0	20	10	25	16	25	20	16	25	9	12	8	16	20	16	12	1	10	25	25	8
M-UOP-5	25	25	16	16	20	20	12	25	9	20	25	12	12	9	20	25	16	16	20	25	25	25	25
M-UOP-6	25	25	16	16	16	25	16	25	25	12	25	25	25	9	20	20	16	12	20	25	25	25	25
M-UOP-8	20	20	16	16	12	25	12	16	20	12	16	15	20	9	16	16	16	12	16	25	25	25	12
M-PRIZDP-2	20	20	16	9	16	25	12	20	25	25	20	25	25	16	0	12	16	9	20	25	25	25	25
M-PRIZDP-3	20	20	16	9	12	25	12	20	25	25	20	20	20	16	0	12	16	16	25	25	25	25	25
M-PRIZDP-5	20	20	16	16	16	20	8	20	25	25	20	15	20	16	0	16	12	4	20	25	25	25	10
M-OI-6	20	20	15	16	15	20	15	15	25	25	15	15	15	12	20	12	16	16	25	25	25	25	12
M-OI-7	20	15	16	16	15	25	16	16	25	25	16	25	25	12	20	9	20	12	25	25	25	25	25
M-OI-8	20	20	16	16	16	25	15	20	20	25	20	15	20	15	15	16	20	12	1	25	25	25	25
M-LG-1	15	15	15	12	25	25	20	15	16	16	15	20	10	16	12	16	16	8	20	25	16	25	20
M-LG-2	20	20	20	20	25	20	16	20	16	16	20	20	20	16	20	16	16	12	20	25	25	25	20
M-LG-4	16	16	20	16	25	25	16	16	20	20	16	20	25	9	25	20	16	25	20	25	25	25	15
M-OIKZzAKS-4	25	25	20	16	25	25	16	25	25	12	25	25	25	16	20	16	16	12	20	25	16	25	12
M-OIKZzAKS-8	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16	25	25	25	16	25	16	16	9	16	25	25	25	25
M-OIKZzAKS-9	25	25	25	25	20	25	25	25	16	16	25	25	25	16	25	12	16	12	16	25	25	25	25
M-OIKZzAKS-10	25	20	20	20	20	25	25	25	25	25	25	25	25	16	25	16	16	12	25	25	25	25	15
M-SINN-1	25	25	25	25	20	20	10	25	20	25	20	25	15	16	15	16	12	12	15	25	25	25	15
M-SINN-3	20	20	16	16	12	20	3	20	20	9	20	16	12	12	20	16	9	16	20	25	25	16	12
M-SINN-4	16	16	16	20	20	25	3	16	25	16	20	20	20	9	20	16	16	9	25	25	9	16	9

BIOGRAFSKI PODACI AUTORA

Tamara Golubović rođena je 06.05.1987. godine u Beogradu. Osnovnu školu "Đuro Strugar" završila je 2002. godine u Beogradu, sa odličnim uspehom. Gimnaziju "Sveti Sava" završila je 2006. godine u Beogradu, smer prirodno-matematički, takođe sa odličnim uspehom.

Osnovne studije završila je na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu 2009. godine, sa čime je stekla titulu inženjer mašinstva (inž.maš. - B.Sc) sa prosečnom ocenom 9.95 i ocenom 10 na završnom radu.

Master studije je upisala školske 2009/2010. godine na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na modulu Industrijsko inženjerstvo. Master studije završila je 2011. godine sa prosečnom ocenom 10 i uspešno odbranjenim master radom (ocena 10) pod nazivom: "PRIMENA VIBRODIJAGNOSTIKE U TEROTEHNOLOŠKOM UPRAVLJANJU RIZIKOM". Mentor master rada bila je prof. dr Vesna Spasojević Brkić.

Tamara Golubović je školske 2011/12 godine upisala doktorske studije na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Položila je sve ispite predviđene planom i programom sa prosečnom ocenom 10,00.

Tamara Golubović je zaposlena na Mašinskom fakultetu u Beogradu najpre kao stručni saradnik na projektu TR 35017 (Razvoj stohastičkog modela utvrđivanja vremena rada proizvodnog ciklusa i njihova optimizacija za serijsku proizvodnju u metaloprerađivačkoj industriji i u procesima reciklaže, Sajfert Z., Spasojević Brkić V., i dr. , MNTRS, 2011-2014.), a od 07.07.2011. godine zaposlena je kao asistent na Katedri za Industrijsko inženjerstvo. Tamara Golubović je član Organizacionog odbora Šestog Međunarodnog simpozijuma „Industrijsko inženjerstvo“ - SIE 2015. Završila je IRCA kurs za proveravače/vodeće proveravače sistema menadžmenta kvalitetom prema standardu ISO 9000:2008 - SSCE/QMSLAC.

Tamara Golubović aktivno učestvuje u izvođenju vežbi iz predmeta Terotehnološko upravljanje rizikom ID: 0513, pozicija u rasporedu 2.4 (MAS),

nosilac predmeta prof.dr Vesna Spasojević Brkić; Vrednovanje projekata u oblasti informacionih tehnologija ID: 0512, pozicija u rasporedu 3.5 (MAS), nosilac predmeta prof. dr Nikola Dondur i Tehno-ekonomska analiza projekata, ID: 1042, pozicija u rasporedu 3.4 (MAS), nosilac predmeta prof.dr Nikola Dondur. Kroz ove aktivnosti, kandidat je stekao iskustvo i u nastavi i pokazao sklonost ka pedagoškom radu.

Kao autor ili koautor objavila je 16 radova, od toga 6 radova u časopisima od međunarodnog značaja (3 kategorije M23 i 4 kategorije M24), 5 radova na međunarodnim naučnim skupovima, štampanih u celini (M33), 3 rada u časopisima nacionalnog značaja (1 kategorije M51 i dva kategorije M53), i 1 rad na nacionalnom naučnom skupu, štampanom u celini (M63). Koautor je i jednog tehničkog rešenja kategorije M81. Učestvovala je u izradi dva međunarodna projekta u okvirima programa Eureka i Safëra, a učestvuje je i projektu programa tehnološkog razvoja TR35017.

Aktivno se služi engleskim jezikom i različitim programskim paketima.

Izjava o autorstvu

Potpisana

Tamara Golubović

broj indeksa

D76/10

Izjavljujem:

da je doktorska disertacija pod naslovom:

INTEGRACIJA LJUDSKIH I ORGANIZACIONIH FAKTORA U MODEL PROCENE
RIZIKA I INTEGRITETA OPREME POD PRITISKOM

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis doktoranta



Beograd, 31.01.2018.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora : Tamara Golubović
Broj indeksa : D76/10
Studijski program : Doktorske studije
Naslov rada : INTEGRACIJA LJUDSKIH I ORGANIZACIONIH FAKTORA U
MODEL PROCENE RIZIKA I INTEGRITETA OPREME POD
PRITISKOM
Mentor : Prof. dr Vesna Spasojević Brkić
Potpisana : Tamara Golubović

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao za objavljivanje na portal **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Beograd, 31.01.2018

Potpis doktoranta



Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

INTEGRACIJA LJUDSKIH I ORGANIZACIONIH FAKTORA U MODEL PROCENE
RIZIKA I INTEGRITETA OPREME POD PRITISKOM

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predala sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
- ③. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis

licenci dat je na poledini lista).

Potpis doktoranta



Beograd, 31.01.2018.

-
1. Autorstvo - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
 2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
 3. Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
 4. Autorstvo - nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
 5. Autorstvo – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
 6. Autorstvo - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.
-