Analiza akcidenata u naftnoj industriji

Baudoin, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:620597

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij naftnog rudarstva

ANALIZA AKCIDENATA U NAFTNOJ INDUSTRIJI

Diplomski rad

Ivan Baudoin

N371

Zagreb, 2022.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko–geološko–naftni fakultet

Diplomski rad

ANALIZA AKCIDENATA U NAFTNOJ INDUSTRIJI

Ivan Baudoin

Diplomski rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Akcidenti u naftnoj industriji događaju se u svim segmentima: istraživanju, proizvodnji, transportu, obradi i skladištenju. Akcidenti se događaju diljem svijeta, ali Azija kao regija prednjači prema njihovu broju zbog lošije primjene standarda i nedovoljne edukacije radnika. U sjećanju opće populacije najviše ostaju nesreće koje uzrokuju velika zagađenja na moru, poput havarije platforme *Deepwater Horizon*. Uzrok gotovo svih akcidenata u naftnoj industriji je ljudska pogreška; nekad je to manji previd, a nekad je riječ o većoj pogrešci čija je posljedica akcident. U ovom radu analizirani su najveći i najvažniji akcidenti od 80-ih godina prošlog stoljeća naovamo, a svaki se od njih prema nečemu ističe, bilo po veličini zagađenja, broju stradalih ili prema važnosti za naftno-plinsku industriju neke regije.

Ključne riječi: akcident, nafta, plin, istraživanje, proizvodnja, transport, obrada, skladištenje

Diplomski rad sadrži: 64 stranice, 22 slike, 2 tablice i 107 referenci.
Jezik izvornika: hrvatski
Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr.sc. Karolina Novak Mavar, docentica RGNF

Ocjenjivači: Dr.sc. Karolina Novak Mavar, docentica RGNF
Dr.sc. Zdenko Krištafor, redoviti profesor RGNF
Dr.sc. Lidia Hrnčević, redovita profesorica RGNF

Datum obrane: 16. prosinca 2022., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

University of Zagreb
Faculty of
Mining,
Geology and
Petroleum
Engineering

Master's Thesis

ANALYSIS OF ACCIDENTS IN THE PETROLEUM INDUSTRY

Ivan Baudoin

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum
Department of Petroleum and Gas Engineering and Energy
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Accidents in the oil industry occur in all segments: exploration, production, transport, processing and storage. Accidents occur all over the world, but Asia is a region with most accidents due to poor implementation standards and poor training of employees. The average population mainly remembers accidents that caused large offshore pollution, such as the Deepwater Horizon accident. Almost all accidents have human error as a cause, sometimes it is a small oversight, but sometimes it is related to a major mistake that causes an accident. This thesis analyzes the largest and most important accidents in the last 40 years. The criteria for their selection is based on the size of the impact, i.e. the scope extent of the pollution, the number of fatalities or the sole significance of that accident for the oil industry in a particular region.

Keywords: accident, oil, gas, exploration, production, transport, processing, storage

Thesis contains: 64 pages, 22 figures, 2 tables and 107 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited at: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Assistant Professor Karolina Novak Mavar, PhD

Reviewers: Assistant Professor Karolina Novak Mavar, PhD
Full Professor Zdenko Krištafor, PhD
Full Professor Lidia Hrnčević, PhD

Date of defense: December 16, 2022, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

POPIS SLIKA I
POPIS TABLICA II
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA III
1. **UVOD** 1
2. **VELIKE NESREĆE I UPRAVLJANJE RIZIKOM OD NJIHOVE POJAVE** 3
2.1 API standardi na području zaštite zdravlja i sigurnosti 5
2.2 Pravna osnova sprječavanja velikih nesreća u Europskoj uniji 6
2.3 Pravna osnova sprječavanja velikih nesreća u Republici Hrvatskoj 8
3. **AKCIDENTI U NAFTNOJ INDUSTRIJI** 10
4. **AKCIDENTI PRI ISTRAŽIVANJU UGLJIKOVODIKA** 18
4.1 Nesreća broda za bušenje Glomar Java Sea, Južno kinesko more 18
4.2 Erupcija na poluuronjivoj platformi Ocean Odyssey, Sjeverno more 21
4.3 Katastrofa platforme Deepwater Horizon, Meksički zaljev 23
4.3.1 Kronologija događaja 24
5. **AKCIDENTI PRI PROIZVODNJI UGLJIKOVODIKA** 27
5.1 Prevrtanje platforme Alexander L. Kielland, Sjeverno more 27
5.2 Katastrofa platforme Piper Alpha u Sjevernom moru, Škotska 30
5.3 Erupcija plina i eksplozija na eksploatacijskom polju ugljikovodika Chuandongbei, Kina 33
6. **AKCIDENTI PRI TRANSPORTU UGLJIKOVODIKA** 35
6.1 Eksplozija naftovoda u gradu Jesse, Nigerija 35
6.2 Puknuće plinovoda i zapaljenje plina i eksplozija u mjestu Ghislenghien, Belgija 36
6.3 Eksplozija cisterni s ukapljenim naftnim plinom u Kannuru, Indija 38
7. **AKCIDENTI PRI SKLADIŠTENJU UGLJIKOVODIKA** 41
7.1 Eksplozija na terminalu naftnih derivata, Newark, New Jersey, SAD 41
7.2 Požar na naftnom terminalu Buncefield, Hertfordshire, UK 42
7.3 Ispuštanje plina iz podzemnog skladišta plina Aliso Canyon, Kalifornija, SAD 44
8. **AKCIDENTI PRI OBRADI UGLJIKOVODIKA** 48
8.1 Akcident na terminalu za ukapljivanje i uplinjavanje prirodnog plina Skikda, Alžir 48
8.2 Eksplozija u rafineriji, Texas City, SAD 50
8.3 Požar u naftnoj rafineriji Cataño, Portoriko 52
9. **ZAKLJUČAK** 55
10. **LITERATURA** 57

POPIS SLIKA

Slika 3-1. Odnos količine izlivene nafte i broja akcidenata po različitim segmentima djelatnosti naftne industrije na uzorku od 1231 akcidenta u razdoblju 1974. – 2010.. 12

Slika 3-2. Prikaz godišnjeg prosječnog broja izljeva kroz desetljeća, s procjenom za razdoblje do 2029. godine. 12

Slika 3-3. Broj izljeva nafte s tankera u razdoblju 1970. – 2020. 13

Slika 3-4. Prikaz broja akcidenata prema regijama svijeta u kojima su se akcidenti dogodili u razdoblju 2013. – 2017....14

Slika 3-5. Prikaz lokacija obrađenih akcidenata, na karti svijeta....16

Slika 4-1. Glomar Java Sea brod za bušenje. 18

Slika 4-2. Platforma Ocean Odyssey prije nesreće 21

Slika 4-3. Eksplozija na platformi Ocean Odyssey....23

Slika 4-4. Pokušaji gašenja požara na platformi Deepwater Horizon....25

Slika 4-5. Prikaz faktora rizika i probijenih barijera na bušotini Macondo 252 26

Slika 5-1. Platforme Edda 2-7C i Alexander L. Kielland....27

Slika 5-2. Prikaz strukture platforme i kritičnih mjesta oštećenja na poprečnom nosaču D6. 29

Slika 5-3. Prostorni raspored platforme Piper Alpha, ostalih povezanih platformi i cjevovoda 31

Slika 5-4. Požar na platformi Piper Alpha 33

Slika 6-1. Prostorni raspored naftovoda na području Nigerije....36

Slika 6-2. Požar na plinovodu kod Ghislenghiena 37

Slika 7-1. Požar na terminalu Buncefield. 43

Slika 7-2. Prikaz protoka ispuštanja metana kroz vrijeme 44

Slika 7-3. Vizualni prikaz mjesta oštećenja zaštitnih cijevi na bušotini SS-25 Partners) ...46

Slika 8-1. Izgled postrojenja za ukapljivanje i uplinjavanje prirodnog plina 49

Slika 8-2. Prikaz gašenja požara nakon eksplozije u rafineriji BP-a....52

Slika 8-3. Požar u rafineriji CAPECO-a....53

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Popis standarda važnih s obzirom na akcidente obrađene u ovom radu.....5
Tablica 3-1. Akcidenti obrađeni u diplomskom radu 15

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA

ABS (engl. *American Bureau of Shipping*) – Američki brodarski ured

ADN (engl. *European Agreement Concercing the International Carriage of Dangerous Goods by inland Waterways*) – Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutarnjim plovnim putovima

ADR (fran. *Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route*) – Europski sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari

CAPECO (engl. *Carribean Air and Marine Branch*) – Karipska zračna i morska podružnica

CONCAWE (engl. *European Clean Air and Water Convention: The Oil Companies' European Organisation for Environmental and Health Protection*) – Europsko udruženje naftnih kompanija za okoliš, zdravlje i sigurnost pri preradi i distribuciji

COTIF (engl. *Convention concerning International Carriage by Rail*) – Konvencija o međunarodnom željezničkom prijevozu

CSB (engl. *US Chemical Safety and Hazard Investigation Board*) – Američki odbor za kemijsku sigurnost i istraživanje opasnosti

DOE (*Department of Energy*) – Ministarstvo energetike SAD-a

EDS (engl. *Emergency Disconnect System*) – proces hitnog odvajanja preventerskog sklopa

FAR (eng. *Fatal Accident Rate*) – stopa smrtnih slučajeva

FPSO (engl. *Floating Production, Storage and Offloading Unit*) – plutajuće postrojenje za proizvodnju, skladištenje i istovar

FRMS (engl. *Fatigue Risk Management System*) – Sustav za upravljanje rizicima umora

GCM (engl. *Gas Conservation Module*) – modul za očuvanje plina

IMO (engl. *International Maritime Organization*) – Međunarodna pomorska organizacija

IOCL (engl. *Indian Oil Corporation Limited*) – Indijska naftna korporacija

IOGP (engl. *International Association of Oil and Gas Producers*) – Međunarodno udruženje proizvođača nafte i plina

ISO (engl. *International Organization for Standardization*) – Međunarodna organizacija za normizaciju

ITOPF (engl. I*nternational Tanker Owner Pollution Federation*) – Međunarodno udruženje vlasnika tankera protiv onečišćenja

LOPC (engl. *Loss of Primary Containment*) – Gubitak sadržaja iz primarnog okružja

MIT (engl. *Mechanical Integrity Test*) – test hermetičnosti

MMS (engl. *Minerals Management Service*) – Agencija za upravljanje rudama

NFPA (engl. *National Fire Protection Association*) – Nacionalna udruga za zaštitu od požara

NTSB (engl. *National Transportation Safety Board*) – Nacionalni odbor za sigurnost prijevoza

OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) – Američki ured sigurnosti i zdravlja na radu

PSV (engl. *pressure safety valve*) – sigurnosni ventil

ROV (engl. *Remotely Operated Vehicle*) – daljinski upravljano podvodno vozilo

UNP – ukapljeni naftni plin

1. UVOD

Aktivnosti u naftnoj industriji prati rizik od pojave neželjenih događaja koji mogu rezultirati negativnim posljedicama na ljude, imovinu i okoliš. Određeni rizik od akcidenata postoji u svim segmentima djelatnosti naftne industrije, a njihove posljedice mogu biti trenutačne, kratkotrajne ili dugotrajne. Kako bi se tehnološki procesi u naftnoj industriji mogli nesmetano odvijati potrebno je smanjiti rizik na prihvatljivu razinu. U postupku smanjenja rizika na prihvatljivu razinu, prije svega, važno je identificirati opasnosti, jer ono što nije identificirano, ne može biti vrednovano, pa tako niti ublaženo ili umanjeno.

Analiza nesreća u naftnoj industriji bila je predmet više provedenih istraživanja u posljednjih tridesetak godina. Tokarski (2013) je utvrdio da je otprilike trećina velikih nesreća u naftnoj industriji uzrokovana neadekvatnim održavanjem. Taj zaključak je na tragu ranije provedenog istraživanja koje je pokazalo kako su propuštanja cjevovoda i ispuštanja kemikalija zbog neredovitog i manjkavog preventivnog održavanja glavni uzroci u 38% akcidenata u naftnoj industriji u Nizozemskoj (DeWolf, 2003). I u slučaju odobalnih naftnih akcidenata, loše održavanje objekata i postrojenja, neadekvatno upravljanje i obuka zaposlenika navode se kao glavni uzroci neželjenih događaja (Katsakiori i dr., 2009). Također, grupa autora u istraživanju provedenom 2014. godine ističe kako je od 90-ih do 2012. godine, u 242 akcidenta sa spremnicima na području norveškog kontinentalnog šelfa, loše održavanje glavni uzrok nesreća (Skalle i dr., 2014). Nadalje, Knegtering i Pasman (2013) navode da, bez obzira na to što su akcidenti nepredvidivi, čimbenici koji dovode do njih su uglavnom slični. Kao mogući razlog za to navode slabo učenje na pogreškama utvrđenim u prethodnim akcidentima. Skalle i dr. (2014) razvijaju učinkoviti model koji kroz integraciju ljudskih pogreški i tehničkih čimbenika pomaže pri određivanju temeljnih uzroka akcidenata.

Lindoe i dr. (2009), su primijetili razliku u statističkim podacima o akcidentima u različitim sektorima naftne industrije. Te tvrdnje poduprli su iz Međunarodnog udruženja proizvođača nafte i plina (engl. *International Association of Oil & Gas Producers, IOGP*), u svom izvješću objavljenom 2016. godine, gdje se po sektorima jasno razlikuju čimbenici i uzroci akcidenata (IOGP, 2016). Prema podacima iz izvješća, u promatranom petogodišnjem razdoblju sektor istraživanja je imao najvišu stopu smrtnih slučajeva (engl. *Fatal Accident Rate,* FAR), koja je iznosila 2,9 na 100 milijuna radnih sati. Podaci su ukazali na važnost

detaljne analize ljudskih čimbenika koji utječu na pojavu akcidenata, kako bi se razvile metode za smanjenje i prevenciju akcidenata.

U ovom diplomskom radu su predstavljeni i analizirani najznačajniji akcidenti u svijetu koji su se dogodili u različitim segmentima naftno-rudarske djelatnosti: istraživanju, proizvodnji, skladištenju i pripremi za transportu te transportu ugljikovodika. Prikupljanje podataka uključilo je pregled dostupnih baza podataka. U tu svrhu su korišteni podaci dostupni u bazi podataka ENSAD (engl. *Energy-related Severe Accident Database*) i podaci objavljeni na međunarodnoj statističkoj platformi *Statista*. Baza podataka ENSAD oformljena je od strane Instituta Paul Scherrer i predstavlja najmjerodavniji referencu za komparativnu analizu nesreća u energetskom sektoru (Kim i dr., 2019). Trenutno sadrži 32 963 akcidenta vezana uz sve velike energetske sektore (fosilna goriva, hidroenergija, nuklearna energija, obnovljivi izvori). Pokriva cjelokupni energetski lanac, od istraživanja i proizvodnje ugljikovodika, preko transporta do distribucije i korištenja. Definira akcidente prema pet parametra (broj žrtava, karakter ozljeda, broj evakuiranih osoba, veličina izljeva, te prouzročena ekonomska šteta). Parametri su označeni brojem u rasponu od 0 do 5, gdje „0“ znači da nije bilo nikakvih posljedica ili ne postoje podaci za taj parametar, a „5“ znači da su posljedice bile vrlo velike.

Pri izradi diplomskog rada korištena je analiza trenda u svrhu definiranja tendencije kretanja velikih nesreća u razdoblju od 1980. godine do danas, kao i utvrđivanja zemljopisnih regija u kojima su se iste događale. Analiza provedena u diplomskom radu provedena je na temelju kvantitativnih podataka dostupnih za 15 odabranih akcidenata u naftnoj industriji, koji prema zakonskoj regulativi i postojećim industrijskim standardima ispunjavaju kriterije velikih nesreća. Korištena je deskriptivna statistika za određivanje učestalosti pojave pojedinih uzroka nesreća.

S obzirom na različitu istraženost pojedinih akcidenata, kao i samu dostupnost podataka o pojedinim akcidentima, što najčešće ovisi o dijelu svijeta u kojem se akcident dogodio, cilj rada je dati unificirani pregled relevantnih podataka i utvrditi uzroke koji su doveli do najznačajnijih nesreća u naftnoj, tj. utvrditi mjesta pojavljivanja ozbiljnih opasnosti, vrste nesreća do kojih bi one mogle dovesti, odnosno, razmjere prouzročene štete.

2. VELIKE NESREĆE I UPRAVLJANJE RIZIKOM OD NJIHOVE POJAVE

Kako bi se izbjegle nesreće ili smanjio njihov utjecaj bitno je provoditi mjere zaštite definirane zakonskom regulativom, industrijskim standardima i dobrom inženjerskom praksom, koje imaju temelj u analizi rizika. Ciklus upravljanja rizicima sastoji se od četiri osnovne faze: utvrđivanje opasnosti (a), procjena rizika (b), postupanje po rizicima (c), praćenje i izvještavanje o rizicima (d). Samu opasnost moguće je definirati kao svojstvo ili sposobnost nekog radnog uvjeta da uzrokuje oštećenje zdravlja ili sredstava rada. U skladu s time, procjena rizika je postupak analize različitih aspekata nepovoljnih uvjeta rada sa svrhom utvrđivanja razine rizika od nastanka poremećaja u procesu rada koji bi mogli izazvati štetne posljedice za sigurnost i zdravlje radnika, okoliš i imovinu. Potom, pojam obrada rizika odnosi se na izradu i primjenu učinkovitih strategija i planova za povećanje potencijalnih koristi i smanjenje potencijalnih troškova u nekoj organizaciji, dok je rezidualni rizik onaj koji ostaje nakon postupanja po riziku, kada se uzimaju u obzir predviđene kontrole koje ublažavaju rizik (Marhavilas & Koulouriotis, 2021).

Prije svega, potrebno je definirati pojam „velike nesreće". Budući da nema jedinstvenog stajališta o toj definiciji, u nastavku teksta navedeni su najčešće korišteni kriteriji, određeni zakonskom regulativom, međunarodnim standardima ili od pojedinih strukovnih organizacija.

Tako, prema Međunarodnoj organizaciji za normizaciju (engl. *International Organization for Standardization*; ISO) pojam „velika nesreća" definiran je kao:

a) akcident poput eksplozije, požara, gubitka kontrole nad bušotinom, ispuštanja nafte, plina ili opasnih supstanci, koji može uzrokovati oštećenja postrojenja, ozljede radnika ili onečišćenje okoliša;

b) opasni događaj koji uzrokuje više smrtnih slučajeva ili teže ozljede, ili veliku štetu na postrojenju, ili velik štetan utjecaj na okoliš koji zahtjeva velike mjere za obnovu oštećenog područja (ISO, 2016).

Europska zakonska regulativa predstavljena Direktivom 2013/30/EU (Službeni list Europske unije, 2013) o sigurnosti odobalnih naftnih i plinskih djelatnosti također definira pojam velike nesreće:

a) nesreća koja uključuje eksploziju, požar, gubitak kontrole nad bušotinom ili nekontrolirano ispuštanje ugljikovodika ili opasnih tvari, a pritom uzrokuje gubitak života ili teške ozljede kod osoba ili postoji vjerojatnost da ih uzrokuje, kao i štete većih razmjera u okolišu;

b) nesreća koja uzrokuje znatno oštećenje odobalnog objekta ili povezane infrastrukture, a pritom uzrokuje gubitak života ili teške ozljede kod osoba ili postoji vjerojatnost da ih uzrokuje, te onečišćenje i štete većih razmjera u okolišu;

c) bilo koja druga nesreća koja dovede do gubitka života ili ozljede pet ili više osoba istodobno, a koje su na odobalnom objektu u kojem se pojavi izvor opasnosti ili koje sudjeluju u odobalnim radovima, te onečišćenje i štete većih razmjera u okolišu;

d) događaj koji uzrokuje ili će vjerojatno uzrokovati bitan nepovoljan, odnosno negativan utjecaj na okoliš u skladu s propisima iz područja zaštite okoliša koji nastane kao posljedica nesreća iz točaka a), b) i c) (Službeni list Europske unije, 2013).

Nadalje, prema agenciji vlade SAD-a (engl. *Minerals Management Service,* MMS), velike su nesreće požari i eksplozije koje uzrokuju štetu od milijun dolara ili više, izljeve ugljikovodika od 32 m^3 ili više u razdoblju od 30 dana, ili akcidenti koji uključuju smrt ili teže ozljede. Također, uz pojam „velike nesreće" pojedine baze podataka rabe izraz „ozbiljna nesreća" (engl. *severe accident*). Tako su, prema kriterijima Instituta Paul Scherrer, ozbiljne nesreće definirane kao događaji koji su izazvali pet ili više smrtnih slučajeva, deset ili više ozljeda, barem 200 evakuiranih, ispuštanja ugljikovodika u količini od 10 000 tona, potrebno čišćenje tla i vode na površini od 25 km^2 ili više, ili ekonomske gubitke od 5 milijuna dolara ili više (ENergy-related Severe Accident Database)

Za potrebe izrade diplomskog rada, pretraživanje podataka o velikim nesrećama bazirano je na kriterijima velike nesreće koje je postavila Međunarodna organizacija za normizaciju i kriterijima važnima za bazu podataka ENSAD.

2.1 API standardi na području zaštite zdravlja i sigurnosti

Američki naftni institut (engl. *American Petroleum Institute,* API) je vodeća svjetska organizacija za postavljanje standarda u naftnoj industriji. API je izdao preko 700 standarda, uputa i preporučenih praksi za sve segmente naftne industrije sa svrhom postizanja i održavanja sigurnih radnih uvjeta u naftnoj industriji. API standardi predstavljaju najčešće citirane standarde u naftnoj industriji koji su uključeni u državnu regulativu. Uz API standarde, treba spomenuti ISO i NORSOK standarde. ISO standardi predstavljaju međunarodno prepoznate norme u svrhu postizanja sigurnosti i boljih rezultata, dok su NORSOK standardi izrađeni od strane norveške naftne industrije kako bi se osigurala adekvatna sigurnost, dodana vrijednost i isplativost u naftnoj industriji. Primjena standarda prije svega, ovisi o području provođenja aktivnosti, premda je u posljednje vrijeme prepoznata tendencija usklađivanja u određenim segmentima (npr. pravila za izgradnju budućih odobalnih postrojenja). Neke od važnijih normi na području sigurnosti u naftnoj industriji prikazane su u Tablici 2-1.

Tablica 2-1. Popis standarda važnih s obzirom na akcidente obrađene u ovom radu (NORSOK; ISO; API).

Organizacija	Oznaka dokumenta	Područje primjene
NORSOK	D-001	Bušaća postrojenja
	D-002	Oprema za intervencije na bušotinama
	D-007	Testiranje bušotina, čišćenje
	D-010	Integritet bušotine pri bušenju i ostalim radnjama na bušotini
	N-001	Integritet odobalnih struktura
	N-004	Dizajn odobalnih struktura
ISO	ISO 10423	Oprema ušća bušotine
	ISO 12489	Modeliranje sigurnosnih sustava/pouzdanosti
	ISO 13624	Sustavi s usponskim cijevima (dijelovi 1-2)

API	API RP 54	Sigurnost na radu pri bušenju i opremanju
	API RP 74	Radnje i procedure za promoviranje i održavanje sigurnih radnih uvjeta za osoblje na kopnenim postrojenjima pri proizvodnji nafte i plina
	API RP 75	Razvoj programa za sigurnosno i okolišno odgovorno rukovođenje za odobalna postrojenja i operacije
	API RP 76	Sigurno upravljanje izvođača radova pri bušenju i proizvodnji
	API RP 77	Za pristup temeljen na riziku zbrinjavanja ispuštenih ugljikovodičnih plinova tijekom mjerenja količine u spremnicima, uzimanja uzoraka, te tijekom održavanja na kopnenim postrojenjima za proizvodnju
	API STD 2220	Namijenjen za sigurnu izvedbu procesa od strane izvođača radova
	API RP 1160	Za upravljanje integritetom sustava pri transport opasnih kapljevina
	API RP 1111	Za dizajn, konstrukciju, vođenje i održavanje odobalnih cjevovoda za transport ugljikovodika
	API RP 1162	Za programe operatora cjevovoda za stvaranje javne svijesti
	API RP 2001	Za zaštitu od požara u rafinerijama
	API RP 2218	Za radnje vezane uz zaštitu od požara na naftnim i petrokemijskim postrojenjima
	API RP 754	Za indikatore sigurnosti procesa u rafinerijama i u petrokemijskoj industriji
	API RP 755	Za upravljanje sustavima za kontroliranje Zamora materijala u naftnim i petrokemijskim postrojenjima za obradu

2.2 Pravna osnova za sprječavanje velikih nesreća u Europskoj uniji

Potreba za smanjenjem opasnosti i broja nesreća u industrijskim postrojenjima prepoznata je na razini zakonodavstva u EU-u. Temelj zakonodavnog okvira radi

sprječavanja industrijskih nesreća postavljen je Direktivom 82/501/EEC o opasnostima od teških nesreća pri određenim industrijskim procesima (Službeni list Europske unije, 1982), čiji je nastanak potaknut nesrećom u talijanskom gradu Sevesu, 1976. godine. Tada je iz kemijskog postrojenja za proizvodnju herbicida i pesticida oslobođena para koja je sadržavala oko 2 kg TCDD-a (2,3,7,8-tetraklordibenzo-p-dioksina), što je imalo velike štetne posljedice za ljudsko zdravlje, okoliš i prirodu (Eskenazi i dr., 2018). Posljednja i trenutačno aktualna „Direktiva Seveso III“ (Direktiva 2012/18/EU o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne tvari) (Službeni list Europske unije, 2012), propisala je uvjete i postupke preventivnog djelovanja, ali i djelovanja za vrijeme i nakon nesreća. U obzir uzima nove promjene u području klasificiranja kemikalija, dodjeljuje javnosti veća prava i omogućuje bolji pristup informacijama o rizicima u radu obližnjih industrijskih postrojenja te način postupanja u slučaju nesreća. Direktivom je obuhvaćeno oko 12 000 industrijskih postrojenja diljem EU-a u kojima se upotrebljavaju ili skladište kemikalije.

Kao jedan od prvih akata u Europskoj uniji koji je zahtijevao nešto od pravnih subjekata koji obavljaju aktivnosti s mogućim posljedicama na okoliš, ističe se Direktiva 85/337/EEZ (Službeni list Europske unije, 1985) o procjeni učinaka određenih javnih i privatnih projekata na okoliš, koja je izmijenjena Direktivom 97/11/EC (Službeni list Europske unije, 1997) i Direktivom 2003/35/EZ (Službeni list Europske unije,2003). Zatim, problematika sprječavanja onečišćenja okoliša obuhvaćena je i Direktivom 2010/75/EU o industrijskim emisijama (Službeni list Europske unije, 2010), koja je prihvaćena radi integriranog sprječavanja i kontrole onečišćenja. Ova je direktiva glavni instrument kojim EU kontrolira i regulira emisije onečišćujućih tvari iz industrijskih postrojenja. Kao jedan od instrumenta pojavljuju se tzv. „okolišne dozvole“. Okolišne dozvole izdaju se za određena nova postrojenja ili postojeća postrojenja u kojima se nakon izgradnje ili nadogradnje planiraju obavljati djelatnosti koje rezultiraju emisijama u bilo koju od sastavnica okoliša. Potrebna je primjena najboljih raspoloživih tehnologija i drugih mjera kako bi se spriječile ili smanjile emisije u zrak, vode i tlo (Službeni list Europske unije, 2010).

Europski pravni okvir o sigurnosti pri odobalnom istraživanju i eksploataciji ugljikovodika prihvaćen je 2013. godine, donošenjem Direktive 2013/30/EU o sigurnosti odobalnih naftnih i plinskih djelatnosti. Direktiva je regulatorni odgovor EU-a na veliku ekološku katastrofu izazvanu izlijevanjem nafte u Meksičkom zaljevu 2010. godine.

Određuje minimalne uvjete za sigurnu provedbu aktivnosti istraživanja i eksploatacije nafte i plina te poboljšava mehanizme odziva kad se dogodi nesreća. Kompanije bi trebale smanjiti rizik od velike nesreće na najmanju mjeru izvedivu u praksi, tj. sve do razine na kojoj bi trošak daljnjeg smanjivanja rizika bio prevelik s obzirom na učinak. Temeljni zahtjev Direktive odnosi se na izradu Izvješća o velikim opasnostima koje sadrži dokaz da su utvrđene sve velike opasnosti, da je procijenjena njihova vjerojatnost i posljedice te da su mjere nadzora tih opasnosti prikladne kako bi se rizik od velikih nesreća smanjio na prihvatljivu razinu. Uključuje: opis odobalnih radova koji će se obavljati, a koji mogu dovesti do velikih opasnosti, uz naznaku najvećeg broja prisutnih osoba; opis opreme i mjera kojima se osigurava nadzor nad bušotinama, sigurnost procesa, zadržavanje opasnih tvari, sprječavanje požara i eksplozija; procjenu učinkovitosti odgovora na nekontrolirano ispuštanje ugljikovodika; pravila, norme i smjernice primijenjene pri izgradnji eksploatacijskog objekta i puštanja u rad te plan intervencija odobalnog objekta i politiku operatora ili vlasnika za sprječavanje velikih nesreća (Direktiva 2013/30 EU).

2.3 Pravna osnova sprječavanja velikih nesreća u Republici Hrvatskoj

Sprječavanje velikih industrijskih nesreća u RH regulirano je *Zakonom o zaštiti okoliša* (Narodne Novine 80/13, 118/18). Također, donesena je *Uredba o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari* (Narodne Novine 44/2014), kojom je transponirana Direktiva 2012/18/EU o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne tvari.

Zakon o sigurnosti pri odobalnom istraživanju i eksploataciji ugljikovodika (Narodne Novine 78/15, 50/20), donesen s ciljem sprječavanja velikih nesreća tijekom odobalnog istraživanja i proizvodnje ugljikovodika, direktno prenosi Direktivu EU 2013/30/EU i Direktivu 2004/35/EZ u nacionalno zakonodavstvo. U ovom području ističu se i određeni podzakonski propisi: *Pravilnik o istraživanju i eksploataciji mineralnih sirovina* (Narodne Novine 142/13), *Pravilnik o trajnom zbrinjavanju plinova u geološkim strukturama* (Narodne novine 106/13), te *Pravilnik o istragama velikih nesreća pri odobalnom istraživanju i eksploataciji ugljikovodika* (Narodne novine 51/21). Ovaj posljednji je posebno važan s obzirom na temu diplomskog rada, budući da se njime utvrđuju uvjeti, postupci, način i ovlasti za provedbu istraga velikih nesreća povezanih s odobalnim istraživanjem i eksploatacijom ugljikovodika.

Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika (Narodne Novine 52/18, 52/19, 30/21) (važan Članak 105 – opća načela i mjere zaštite okoliša i prirode, zdravlja i sigurnosti ljudi i imovine) uređuje istraživanje i eksploataciju ugljikovodika, geotermalnih voda, također i podzemno skladištenje plina i trajno zbrinjavanje ugljikova dioksida. Zakon sadržava odredbe koje su u skladu s aktima EU-a. Od provedbenih akata ističe se *Pravilnik o bitnim tehničkim zahtjevima, sigurnosti i zaštiti pri istraživanju i eksploataciji ugljikovodika iz podmorja Republike Hrvatske* (Narodne Novine 52/10).

Nadalje, određeni broj akcidenata u naftnoj industriji odnosi se na cisterne za prijevoz ukapljenog naftnog plina (UNP). Za regulaciju prijevoza opasnih tvari prihvaćen je *Zakon o prijevozu opasnih tvari* (Narodne Novine 70/07) i *Zakon o eksplozivnim tvarima te proizvodnji i prometu oružja* (Narodne Novine 70/17). Zakonima nije bilo moguće obuhvatiti sve specifičnosti uvjeta za prijevoz i mjere koje treba provoditi tijekom prijevoza opasnih tvari. Zbog toga se za slučaj međunarodnog i domaćeg prometa Zakonom predviđa primjena međunarodnih sporazuma koje je prihvatila Republika Hrvatska za različite vrste prijevoza, kako slijedi: *Europski sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari* (fran. *Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route, ADR*) , *Konvencija o međunarodnom željezničkom prijevozu* (engl. *Convention concerning International Carriage by Rail, COTIF*) te *Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutarnjim plovnim putovima* (engl. *European Agreement Concercing the International Carriage of Dangerous Goods by inland Waterways, ADN*).

Sigurnosne mjere kod spremnika regulirane su kroz *Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima* (Narodne Novine 108/95, Narodne Novine 56/10), kojim se utvrđuju uvjeti za izgradnju građevina i postrojenja za držanje, skladištenje i promet zapaljivih tekućina i plinova, kao i uvjeti držanja, skladištenja i prometa zapaljivim tekućinama i plinovima. Na temelju navedenog Zakona donesen *je Pravilnik o zapaljivim tekućinama* (Narodne novine 54/99), kojim se određuju sigurnosno-tehnički uvjeti za izgradnju građevina i postrojenja za zapaljive tekućine te mjere zaštite od požara i eksplozija pri uporabi građevina i postrojenja, skladištenju, držanju i prometu zapaljivih tekućina.

3. AKCIDENTI U NAFTNOJ INDUSTRIJI

Povijest je pokazala da akcidenti izljeva nafte imaju mnogo negativnih utjecaja na zdravlje ljudi, okoliš ili gospodarstvo. Posljedica najvećih akcidenata u naftnoj industriji jest onečišćenja mora, s obzirom na to da je more posebno osjetljiv okoliš. Onečišćenje se događa zbog različitih neželjenih događaja, kao što su erupcije, havarije tankera, puknuća cjevovoda itd. Sagledavanjem najvećih akcidenata na naftnim platformama zaključuje se da su se uglavnom dogodili u posljednjih 40 godina, a najviše tijekom 80-ih godina prošlog stoljeća. Opća populacija sigurno najbolje pamti havariju platforme *Deepwater Horizon* iz 2010. godine. Ona se istaknula zbog utjecaja na okoliš i ekosustav. Najveća tragedija u naftnoj industriji s obzirom na broj ljudskih žrtava dogodila se na britanskoj platformi *Piper Alpha*, u srpnju 1988. godine u Sjevernom moru. Tada je poginulo 167 osoba (The Chemical Engineer, 2018).

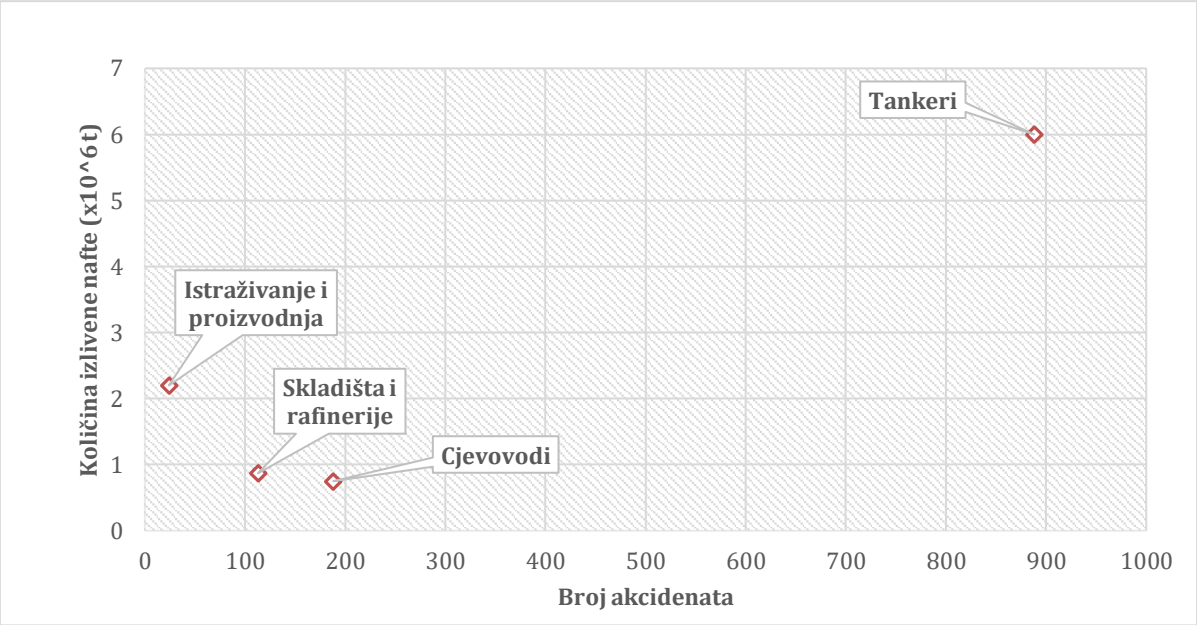
Izlivene količine ugljikovodika na kopnu mogu ugroziti ekosustave, komercijalna, industrijska i rezidencijska područja. Pri izljevu, nafta može kontaminirati izvore vode. Kompleksnost sanacije, kako na moru, tako i na kopnu, posebice na teško dostupnim područjima, znatno povećava troškove. Akcidentne situacije naftnih kompanija pobuđuju sumnje lokalnog stanovništva u sigurnost provedbe procesa, što može ugroziti i onemogućiti provedbu projekata (Imechanica, 2012).

Međunarodno udruženje vlasnika tankera protiv onečišćenja (engl. *International Tanker Owner Pollution Federation, ITOPF*) vodi evidenciju izljeva pri transportu ugljikovodika na moru. ITOPF-ova baza podataka uključuje izljeve iz tankera, plutajućih postrojenja za proizvodnju, skladištenje i istovar (engl. *Floating Production, Storage and Offloading Unit, FPSO*) te barži. Obuhvaća podatke o lokacijama, uzrocima i količini izljeva, koji su se dogodili od 70-ih godina 20. stoljeća do danas. Izljevi su kategorizirani prema veličini u tri kategorije: manje od 7 tona, od 7 do 700 tona te više od 700 tona. Većina izljeva ulazi u prvu kategoriju, tj. manjih od 7 tona.

Europsko udruženje naftnih kompanija za okoliš, zdravlje i sigurnost pri preradi i distribuciji (engl. *European Clean Air and Water Convention: The Oil Companies' European Organisation for Environmental and Health Protection, CONCAWE*) vodi podatke o propuštanjima kopnenih magistralnih naftovoda u Europi. Organizaciju je 1963. godine osnovala mala skupina naftnih kompanija kako bi vodile istraživanja povezana s okolišnom problematikom u naftnoj industriji. Danas okuplja većinu naftnih kompanija u

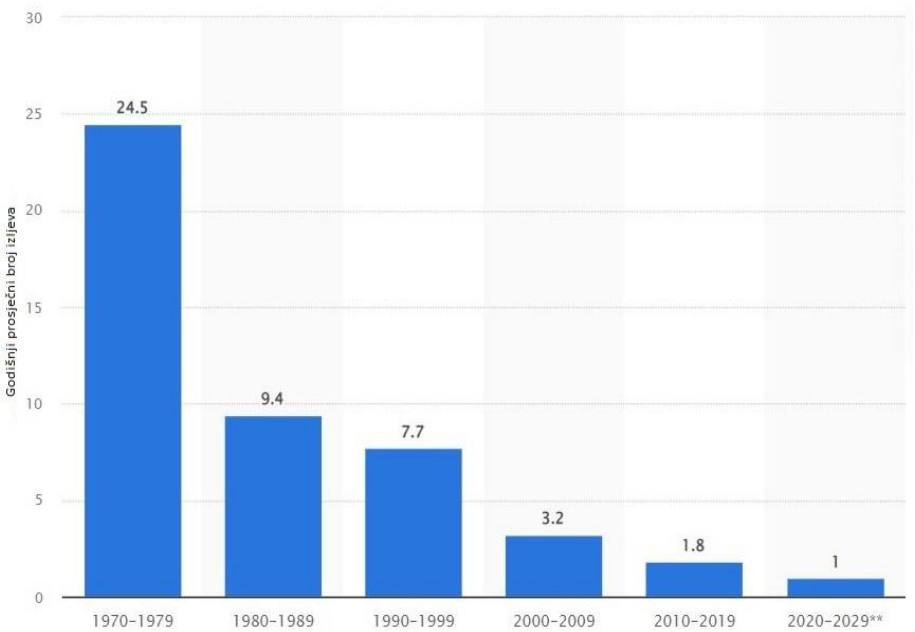
Europi. Njihova izvješća, koja obuhvaćaju akcidente koji su se dogodili u razdoblju od 2012. do 2016. godine, pokazuju da mehanički kvarovi, operativne pogreške, korozija i prirodni utjecaji poput potresa imaju sličan broj uzrokovanih akcidenata. Istodobno, utjecaj „treće strane", ilegalni priključci i krađe, najčešći su uzroci akcidenata. Uz to, u tom je razdoblju svake godine rastao broj ostvarenih krađa i pokušaja koji uzrokuju akcidente.

Baza podataka ENSAD sadrži informacije o više od 1200 događaja izljeva nafte u okoliš, koji su se dogodili između 1974. i 2010. godine, u *upstream* (sektor istraživanja i proizvodnje nafte i plina) i *downstream* (sektor prerade nafte, prodaje naftnih derivata i petrokemije) sektorima naftne industrije. U obzir uzima nesreće s izljevima više od 200 tona. Izljevi su podijeljeni u četiri kategorije: izljevi tijekom aktivnosti istraživanja i proizvodnje ugljikovodika (engl. *exploration/production*), izljevi iz tankera tijekom transporta (engl. *ships*), izljevi iz cjevovoda namijenjenih za transport nafte i derivata (engl. *pipelines*), te rafinerijski akcidenti i izljevi iz naftnih terminala (engl. *storage/refineries*). U tom je razdoblju u 1213 akcidenta ukupno izliveno $9{,}8\times10^6$ t nafte. U području djelatnosti istraživanja i proizvodnje registrirano je manje akcidenata u usporedbi s drugim djelatnostima, s tim da su ti akcidenti uključivali veće količine izlivene nafte. U 888 zabilježenih akcidenta izljeva nafte s tankera (oko 75 % ukupnih akcidenta) izliveno je 6×10^6 t nafte, 113 neželjenih događaja izljeva nafte iz skladišnih prostora i rafinerija (oko 9 % ukupnih akcidenata) rezultiralo je istjecanjem oko $0{,}87\times10^6$ t nafte u okoliš, dok je u 188 izvanrednih događaja (15 % ukupnih akcidenata) istjecanja nafte iz cjevovoda izliveno približno $0{,}75\times10^6$ t. U *upstream* procesima zabilježena su 24 akcidenta (2 % ukupnih događaja), pri kojima je isteklo $2{,}2\times10^6$ t nafte. Navedeni podaci prikazani su na Slici 3-1. Premda se oko 75 % ukupnih događaja i 61 % izlivenog volumena nafte odnosi na izljeve nafte s tankera, broj događaja koji uključuje tankere pokazuje negativan trend, bez obzira na povećanje transportiranog volumena fluida, a sve zahvaljujući napretku u tehnologiji, navigaciji itd. Izljevi pri skladištenju, transportu cjevovodima i rafiniranju nafte s vremenom su postali češći, a broj izljeva tijekom istraživanja i proizvodnje nije se puno promijenio (Eckle i dr., 2012).



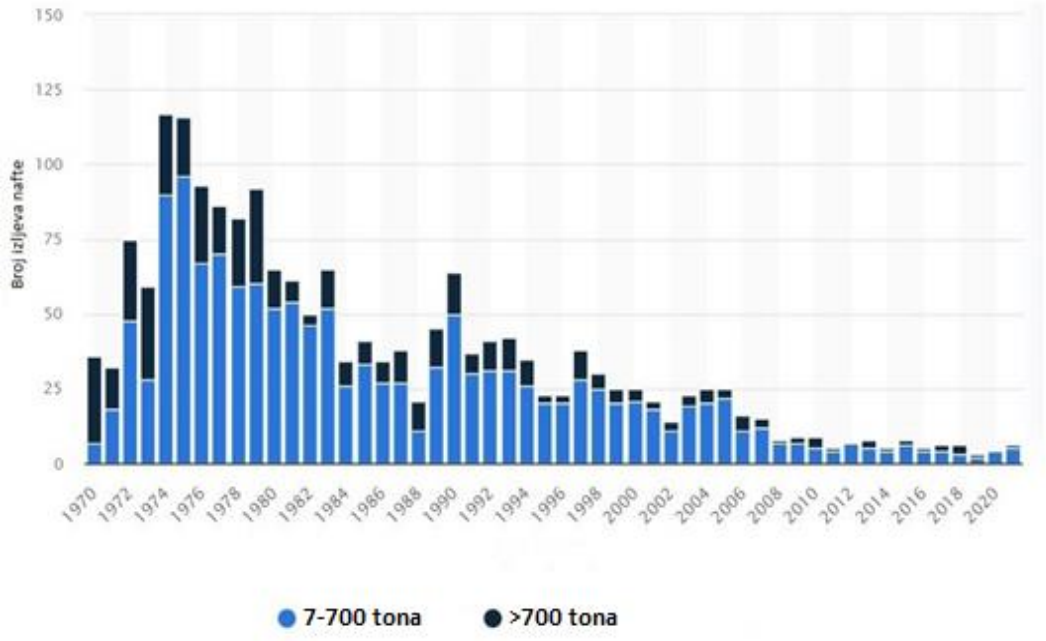
Slika 3-1. Odnos količine izlivene nafte i broja akcidenata po različitim segmentima djelatnosti naftne industrije na uzorku od 1231 akcidenta u razdoblju 1974. – 2010. (Eckle i dr., 2012).

Prema podacima Statiste, broj prijavljenih akcidenata izljeva nafte iz tankera znatno se smanjio u posljednjih 50-ak godina, što je prikazano na Slici 3-2. U skladu s prikazanim, drastičan je pad broja izljeva zabilježen osamdesetih godina prošloga stoljeća. Nakon toga, do danas, pad je više linearan.



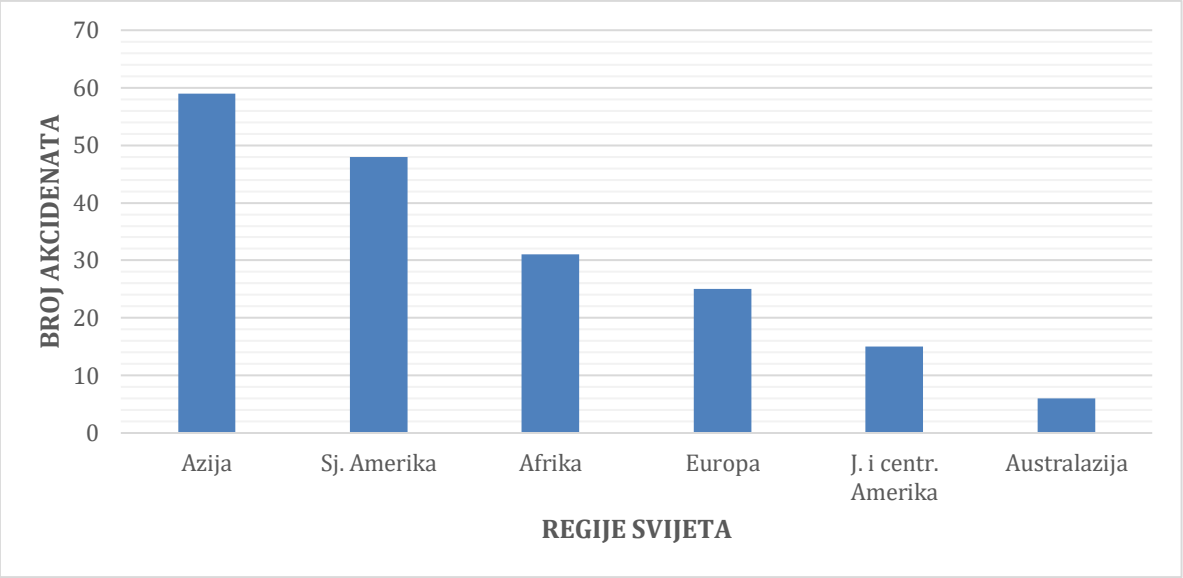
Slika 3-2. Prikaz godišnjeg prosječnog broja izljeva kroz desetljeća, s procjenom za razdoblje do 2029. godine (izrađeno prema Statista, 2021).

Na Slici 3-3. prikazana je učestalost izljeva u razdoblju 1970. – 2020. godine. Jasno su odvojeni manji akcidenti s izljevima do 700 tona i oni s većima od 700 tona. Očito je da je broj izljeva u današnje vrijeme sveden na minimum, dok sedamdesete godine prošlog stoljeća ostaju zabilježene kao najgore razdoblje s velikim brojem izljeva s tankera.



Slika 3-3. Broj izljeva nafte s tankera u razdoblju 1970. – 2020. (Statista, 2021)

Istraživanje grupe autora Nwankwo i dr. (2022.) zasnivalo se na 184 akcidenta iz IOGP-ove baze podataka koji su se dogodili od 2013. do 2017. godine. Akcidenti su podijeljeni prema regijama, a najviše se akcidenata (59) dogodilo u Aziji. Taj podatak ne iznenađuje s obzirom na nisku razinu primjene mjera sigurnosti na radu upravo na tom području, a sami akcidenti nevoljko se prijavljuju, osobito u Kini. Slika 3-4. prikazuje broj po pojedinim regijama svijeta u promatranom razdoblju.



Slika 3-4. Prikaz broja akcidenata prema regijama svijeta u kojima su se akcidenti dogodili u razdoblju 2013. – 2017. (izrađeno prema Nwankwo i dr., 2012)

IOGP također provodi analizu i izdaje godišnje izvješće o sigurnosti i akcidentima, u suradnji s kompanijama iz svih sektora naftne industrije. Prema podacima iz 2021. godine, broj ozljeda na radu i smrtnih slučajeva povećao se u usporedbi s prethodnom godinom, i to nakon što se njihov broj godinama smanjivao. Broj smrti povećao se s 14 na 20. Pokazatelj Ukupna mjerljiva stopa ozljeda (engl. *Total Recordable Incident Rate*), koji uzima u obzir broj smrtnih slučajeva, izgubljene radne dane, rad s ograničenim radnim vremenom i pružanje liječničke pomoći, iznosio je 0,77, što je za 10 % više nego 2020. godine. Broj smrtnih slučajeva rezultirao je pokazateljem FAR (eng. *Fatal Accident Rate, FAR*) od 0,75, što je za 36 % više od 0,55 % u usporedbi s 2020. godinom.

U diplomskom radu analizirani su akcidenti iz već spomenutih 5 segmenata djelatnosti naftne industrije. Odabir akcidenata temeljio se na podacima Instituta Paul Scherrer, tj. odabrani su akcidenti koji su se u bazi podataka ENSAD isticali prema broju žrtava, broju ozljeda, broju evakuiranih osoba, učinjenoj ekonomskoj šteti te veličini izljeva ugljikovodika. Tablica 3-1. daje pregled svih akcidenata koji su analizirani u ovom radu. Lokacije akcidenata prikazane su na Slici 3-5.

Tablica 3-1. Akcidenti obrađeni u diplomskom radu (Almar-Naess i dr., 1982; National Transportation Safety Board, 1983; Cullen, 1990; US Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2007; IRC Risk and Safety, 2009; Francusko ministarstvo održivog razvoja, 2009; British Petroleum, 2011; Ouddai i dr., 2012; Bariha i drugi, 2014; US Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2015; Conley i dr., 2016; Health and Safety Executive 2017; China Labour Bulletin, 2019 Olu-Adeyemi, 2020; Gurung i dr., 2020).

Aktivnosti u naftnoj industriji	Godina	Objekt	Događaj	Lokacija	Uzrok
Istraživanje	1983.	Brod Glomar Java Sea	Prevrtanje broda	Južno kinesko more	Gubitak ravnoteže broda
	1988.	Platforma Ocean Odyssey	Erupcija bušotine	Sjeverno more	Gubitak integriteta bušotine
	2010.	Platforma Deepwater Horizon	Erupcija bušotine	Meksički zaljev	Gubitak integriteta bušotine
Proizvodnja	1980.	Platforma Alexander L. Kielland	Prevrtanje platforme	Sjeverno more	Oštećenje na kutnom zavaru
	1988.	Platforma Piper Alpha	Eksplozija	Sjeverno more	Ispuštanje kondenzata iz pumpe
	2003.	Postrojenje na plinskom polju	Erupcija plina i eksplozija	Kina	Loši sigurnosni uvjeti
Transport	1998.	Naftovod	Eksplozija	Nigerija	Pokušaj krađe nafte
	2004.	Plinovod	Puknuće i eksplozija	Belgija	Ispuštanje plina iz plinovoda
	2012.	Kamion cisterna	Prevrtanje i eksplozija	Indija	Loša prometna infrastruktura
Skladištenje	1983.	Skladište goriva	Eksplozija	SAD, država	Pogreška pri određivanju kapaciteta spremnika i protoka
	2005.	Naftni terminal	Eksplozija	Engleska	Izljev nafte iz spremnika
	2015./16.	Podzemno skladište plina	Ispuštanje plina	SAD, država	Gubitak integriteta bušotine
Obrada	2004.	UPP postrojenje	Eksplozija	Alžir	Nekontrolirano ispuštanje plina

	2005.	Rafinerija nafte	Eksplozija	SAD	Nemogućnost određivanja razine fluida
	2009.	Rafinerija nafte	Eksplozija	Portoriko	Prepunjenost spremnika benzina



Slika 3-5. Prikaz lokacija obrađenih akcidenata, na karti svijeta

(1) Brod za bušenje Glomar Java Sea, 1983.; (2) Platforma Ocean Odyssey, 1983.; (3) Platforma Deepwater Horizon, 2010.; (4) Platforma Alexander L. Kielland, 1980.; (5) Platforma Piper Alpha, 1988.; (6) Polje Chuandongbei, 2003.; (7) Naftovod u Jesseu, 1998.; (8) Plinovod u Ghislenghienu, 2004.; (9) Cisterna u Kannuru, 2012.: (10) Terminal u Newarku, 1983.; (11) Terminal Buncefield, 2005.; (12) Skladište Aliso Canyon, 2015.; (13) Terminal u Skikdi, 2004.; (14) Rafinerija u Texas Cityju, 2005.; (15) Rafinerija Cataño. 2009.

Većina podataka o akcidentima analiziranima u ovom radu prikupljena je iz baze podataka ENSAD. Podaci su nadopunjeni dostupnim informacijama objavljenim u znanstvenim člancima, stručnim izvješćima i drugoj literaturi. Uz već spomenute kriterije postavljene u ENSAD-u, kod odabira akcidenata za analizu u diplomskom radu uzet je u obzir i odjek koji je ta nesreća imala u javnosti u to vrijeme. Primjerice, ispuštanje plina iz podzemnog skladišta plina u Aliso Canyonu godinama je bila zanimljiva priča za medije i stanovnike Kalifornije, a istodobno su posljedice bile manje u usporedbi s nekim drugim akcidentima.

U nastavku rada dan je detaljan pregled odabranih nesreća koje su se dogodile u naftnoj industriji u razdoblju od 80-ih godina 20. stoljeća do 2020. godine. Pregled uključuje rezultate provedenih službenih istraga i utvrđene uzroke.

4. AKCIDENTI PRI ISTRAŽIVANJU UGLJIKOVODIKA

Odabrani akcidenti koji su se dogodili tijekom procesa istraživanja ugljikovodika uključuju potonuće broda za bušenje *Glomar Java Sea* godine 1983. te havarije bušaćih platformi *Ocean Odyssey* 1988. godine i *Deepwater Horizon* godine 2010.

4.1 Nesreća broda za bušenje *Glomar Java Sea*, Južno kinesko more

Bušaći brod *Glomar Java Sea* (slika 4-1.), u vlasništvu kompanije *Global Marine Inc.*, izrađen je 1975. u brodogradilištu tvrtke *Levingston Shipbuilding Co*. Dužina broda iznosila je 120 m, a njegova masa više od 600 t. Brod je imao sposobnost bušenja do dubine od 7620 m ispod morskog dna, uz dubinu mora do 305 m. Dizajn broda bio je usklađen sa smjernicama Američkog brodarskog ureda (engl. *American Bureau of Shipping*, ABS). Paluba je osiguravala prostor za smještaj bušaćih cijevi, zaštitnih cijevi, poveznih usponskih cijevi (engl. *marine riser*) i ostale opreme. Nesreća, koja se dogodila 1983. godine, tijekom bušenja istražne bušotine, završila je tragično za sve radnike na brodu. Još se i danas 50 članova posade smatra nestalima (Ships and Oil, n.d.

).



Slika 4-1. *Glomar Java Sea* brod za bušenje (Gibson, 2015).

Brod je bio opremljen standardnom opremom za komunikaciju na moru, dodatnim radijskim uređajem te sustavom „Marisat" koji je omogućavao trenutno slanje upozorenja u slučaju nezgode, uz korištenje satelitskog telefona. Bila je moguća i radioveza preko radiotornja. I na brodicama za spašavanje bilo je radiouređaja za komunikaciju (National Transportation Safety Board, 1983).

Poziciju je tijekom bušenja brod održavao sidrenjem. Uz osam lančanih užeta koja se upotrebljavaju za sidrenje, dva su žičana užeta bila namijenjena rezervi u slučaju nužde. Spasilačka oprema uključivala je dvije brodice za spašavanje s kapacitetima za prihvat 64 osobe te tri čamca za spašavanje, od kojih su dva bila namijenjena za prijevoz 20 osoba i jedan za prijevoz 15 osoba (National Transportation Safety Board, 1983).

U listopadu 1983. godine brod je bio smješten na udaljenosti od oko 100 km južno od otoka Hainana (kineska provincija Hainan). To je područje poznato po čestim tropskim olujama. Tropska oluja Lex detektirana je 14. listopada na području Marshallovih otoka. Formiranje tropskog ciklona nekoliko dana poslije, 20. listopada, uzbunilo je mnogo mjerodavnih službi jer se oluja približavala Filipinima.

Dana 22. listopada, na bušaćem brodu *Glomar Java Sea* provodile su se rutinske operacije bušenja, uz 83 prisutna člana posade. Brzina vjetra iznosila je 12 čvorova, a visina valova 1,5 m. Posada je primila informaciju o kretanju nastale oluje prema zapadu. Prema prognozi, oluja je trebala proći na oko 70 km udaljenosti od broda. Posada je 23. listopada provodila postupak vađenja bušaćeg niza. Visina valova od 2 m dovela je do povećanog kuta ljuljanja broda za 3 stupnja. Valovi su se 24. listopada povećali na 4 m, a kut ljuljanja broda iznosio je 7-12 stupnjeva, što je izazvalo pad zaštitnih cijevi na palubi.

Kada je visina valova prešla 6 m, pojavile su se informacije da je oluja Lex prerasla u tajfun. Premda se, prema uputama dobivenima od službi s kopna, brod *Glomar Java Sea* trebao maknuti s lokacije, a isto je mišljenje zastupao i jedan od rukovodećih ljudi tvrtke Nanhai, koja je bila zadužena za brod za opskrbu, kompanija ARCO, koja je nadzirala bušenje, smatrala je da brod može podnijeti nastale uvjete. Nakon što je visina valova prešla 7 m, brod za opskrbu dobio je upute da napusti područje. Uz sve težu komunikaciju, službe na kopnu su obaviještene o iznimno teškim uvjetima na moru. Prema zadnjim informacijama, brod se počeo naginjati na jednu stranu, pa je posada počela ispumpavati isplaku iz spremnika na palubi. Nakon što je izgubljen kontakt s uredom u Houstonu, u 23

sata i 51 minutu brod se prevrnuo. Pokušaji kontaktiranja s brodom trajali su do jutra 26. listopada, ali bez uspjeha. Ni potraga radarom nije bila uspješna. Pronađene su bove i sidra. Istog su dana dva putnička zrakoplova dojavila da su na svojim radijskim frekvencijama registrirala signale hitnosti, a i sljedeći je dan, 27. listopada, jedan tanker primio signale hitnosti na frekvenciji kojom su se obično koristili brodovi za spašavanje. U danima koji su slijedili vodila se intenzivna potraga pod vodstvom američke i kineske mornarice, ali i zračnih postrojbi. Službena potraga zaustavljena je 4. studenog, s tim da je kompanija *Global Marine* angažirala privatne brodove za potragu. Pronađen je uređaj EPIRB (eng. *Emergency Position Indicating Radio Beacon*), za koji je utvrđeno da je pripadao brodu *Glomar Java Sea* (National Transportation Safety Board, 1983).

U kompaniji *Global Marine* odlučili su provesti detaljnu istragu kako bi utvrdili uzroke nesreće i pronašli tijela unesrećenih s broda. U ožujku 1984. godine pronađena je olupina i tijela 36 poginulih osoba. Utvrđeno je da se brod naginjao do 15 stupnjeva. Iako je analizom podataka o 15 brodova za bušenje promatranih u razdoblju od 15 godina zaključeno da većina takvih brodova može izdržati teške vremenske uvjete, u dva slučaja odvojila se sidrena užad. Odbor za istragu donio je nekoliko zaključaka koji su se odnosili na posljedice, ali i na sam pristup upravljanju brodom *Glomar Java Sea*. Pretpostavlja se da su se naginjanje i prevrtanje broda dogodili zbog gubitka stabilne ravnoteže zbog pomicanja zaštitnih cijevi i poveznih usponskih cijevi na brodu, u kombinaciji s djelovanjem valova. Čak i da je sidrena užad zakazala, to bi rezultiralo samo promjenom pozicije, ali ne i prevrtanjem broda. Nadalje, što se tiče komunikacijskih uređaja, radiouređaj na brodu više nije bio u skladu s ažuriranim preporukama iz 1980. godine. Također, u službenom američkom izvješću Nacionalnog odbora za sigurnost prijevoza (engl. *National Transportation Safety Board*, NTSB) navedena je neusklađenost u vezi s nepostojanjem jasno utvrđene hijerarhije za odlučivanje u opasnim situacijama. Izvješćem je utvrđena otežana komunikacija zbog nepostojanja ujednačenih kriterija o tome kada su radijski prijamnici uključeni. Posada broda za bušenje teže je komunicirala i s posadom na brodovima za opskrbu zato što su oni isključivali svoje radijske prijamnike tijekom noći, što svakako otežava situaciju u slučaju opasnosti. U uvjetima olujnog nevremena potrebno je barem svakih jedan sat kontaktirati sa službama na obali, kako bi se svaka opasnost držala pod nadzorom. Većina konkretnih zaključaka Izvješća odnosi se na obalnu stražu i njihovo djelovanje. Predloženo je da se razmotri raspored osoblja na brodovima za bušenje, uz obvezno angažiranje dva dodatna pomorska časnika. Također, jedna od preporuka odnosila

se na potrebu osiguranja bolje radiokomunikacije na brodicama za spašavanje. Utvrđena je i potreba za jednostavnijim spuštanjem brodica za spašavanje u vodu, bez rizika od ozljeda (National Transportation Safety Board, 1983).

4.2 Erupcija na poluuronjivoj platformi *Ocean Odyssey*, Sjeverno more

Poluuronjiva platforma za bušenje *Ocean Odyssey* bila je dizajnirana za teške vremenske uvjete (vjetar, valovi, padaline). Zatvorena konstrukcija tornja s grijanim podištem omogućavala je operacije pri niskim temperaturama (do -35 °C). Isto tako, platforma je bila ojačana zaštitom od udara leda. Na slici 4-2 prikazana je opremljena platforma. Kompanija ARCO nadzirala je bušenje bušotine 22/30b-3 u Sjevernom moru kada se, 22. rujna 1988. godine, dogodila erupcija. Platformu je operativno vodila kompanija ODECO (engl. *Ocean Drilling & Exploration Company*, danas *Diamond Offshore Drilling*, Inc.).



Slika 4-2. Platforma Ocean Odyssey prije nesreće (Archer Knight, 2020).

Isplaka mora imati kontinuiranu cirkulaciju kako bi se iznosile krhotine stijena, hladilo dlijeto i održala potrebna razina tlaka. Pri bušenju utvrđen je znatan gubitak cirkulacije isplake te je 22. rujna 1998. godine bušenje zaustavljeno radi pokušaja rješavanja problema. Rano sljedećeg jutra predstavnici ARCO-a donijeli su odluku o izvlačenju alatki iz bušotine. Prema pisanjima medija, *Odyssey* je prošao potrebne sigurnosne provjere

inspekcije Ministarstva energetike SAD-a (engl. *Department of Energy, DOE*) i ABS-a nekoliko tjedana prije nesreće.

Istoga dana, oko 12 sati, tlak na ušću bušotine naglo se povećao uz velik povrat isplake. Intenzitet cirkulacije nije bio dovoljan da spriječi dotok plina. Iz kontrolne sobe je upozoreno da se dogodio neplanirani dotok fluida u bušotinu.

Radnicima je naređena hitna evakuacija brodicama za spašavanje te se ubrzo nakon toga, oko 13 sati, dogodila prva eksplozija. Preostali radnici, koji su bili u blizini tornja za bušenje, evakuirani su do brodica za spašavanje. Nakon 15-ak minuta, neispravnost voda za gušenje bušotine uzrokovala je nekontrolirani dotok fluida uz oslobađanje velikih količina plina. Na platformi je buknuo požar, koji se proširio na površinu mora ispod platforme, što je vidljivo na slici 4-3. (IRC Risk and Safety, 2009). Od okupljanja kod čamaca za spašavanje i prve eksplozije proteklo je 90 minuta. Radiooperater, koji tada nije bio na dužnosti, u skladu s dobivenom naredbom, napustio je brodicu za spašavanje i vratio se u radiosobu radi nastavka komunikacije. Poslije je, dok se pokušavao evakuirati s platforme, poginuo.

Istraga nesreće utvrdila je da su brodice za spašavanje imale svoje uređaje za komunikaciju, što znači da se operater nije trebao vratiti na platformu. Od 67 članova posade, njih 58 je evakuirano *TEMPSC* (engl. *Totally Enclosed Motor Propelled Survival Craft*) brodom. To je bila prva upotreba takvog broda u Sjevernom moru. Osam članova posade skočilo je u more, nakon čega su spašeni brodicom za spašavanje. (IRC Risk and Safety, 2009).

Glavni razlog erupcije bilo je otkazivanje opreme na ušću bušotine na dnu mora. Dvojica članova posade, zadužena za praćenje snimki podmorskih nadzornih kamera koje prate opremu, uključujući i preventerski sklop, istaknuli su kvar rezervnog elektromotora koji je pokretao hidraulički sustav preventera. Također, prstenasti preventer bio je oštećen i nije radio već dva dana prije erupcije, iako je ARCO opovrgavao takve optužbe i tvrdio da je tlak na preventerskom sklopu bio dovoljan za zaustavljanje dotoka. Nakon uklanjanja platforme s lokacije i provedenog postupka napuštanja bušotine, zaključci istrage upozorili su na neispravnost voda za gušenje bušotine (IRC Risk and Safety 2009).

Slučaj je procesuiran, a kompanija ARCO optužena je za smrt radiooperatera koja se mogla izbjeći. Zaključeno je da kompanija nije poštovala sigurnosne procedure i dobru

praksu bušenja, pa tako ni činjenicu o neispravnosti sustava za sprječavanje erupcije bušotina.

Nekoliko godina nakon tog akcidenta bilo je zabranjeno bušenje u slučajevima pretpostavljenog tlaka ležišta iznad 690 bara. Platforma *Ocean Odyssey* godinama je bila smještena u luci *Dundee* u Škotskoj, a zatim je prenamijenjena u lansirnu rampu za satelite, naziva *Sea Launch*, korištenu na području Tihog oceana (IRC Risk and Safety, 2009).



Slika 4-3. Eksplozija na platformi *Ocean Odyssey* (LinkedIn, 2018).

4.3 Katastrofa platforme Deepwater Horizon, Meksički zaljev

Eksplozija i potonuće poluuronjive, dinamički pozicionirane platforme *Deepwater Horizon* akcident je s najvećim izljevom nafte na moru. Platforma je bila u vlasništvu kompanije *Transocean's Triton Asset Leasing GmbH*. U najmu kompanije *BP Exploration & Production Inc*. bila je angažirana za izradu duboke istražne bušotine Macondo-252, locirane u Meksičkom zaljevu, na oko 66 km udaljenosti od obale Louisiane.

Slijed neželjenih događaja počeo je 20. travnja 2010. godine gubitkom kontrole nad bušotinom, što je rezultiralo nekontroliranim izbacivanjem nafte i plina. Posljedica

nekontrolirane erupcije bila je požar i niz eksplozija na platformi, što je u idućih 40-ak sati uništilo konstrukciju platforme te izazvale njezino potonuće. Poginulo je 11 radnika, dok je 17 članova posade ozlijeđeno. U ocean je, u razdoblju od 20. travnja do 14. rujna 2010., koliko je trajalo nekontrolirano istjecanje ugljikovodika, ispušteno oko 750 000 m^3 nafte (Pallardy, 2022).

4.3.1 Kronologija događaja

Nakon završene cementacije i postavljanja brtvenog sklopa u bušotinsku glavu, 20. travnja 2010. počelo je izvođenje tlačnih testova. Provedeni pozitivni i negativni tlačni test proglašeni su valjanim i dobrim, bez obzira na to što su za vrijeme izvođenja negativnog tlačnog testa uočeni kontinuirani skokovi tlaka. U 20 sati otvoreni su preventeri te je počeo proces utiskivanja morske vode kroz bušaće šipke da bi se izbacila isplaka i tampon fluid iz usponskih cijevi. U 20 sati i 58 minuta povećava se istjecanje fluida na površini. Isplačni rezervoar za operaciju izvlačenja bušaćih alatki. (engl. *trip tank*) za to se vrijeme prazni u površinske vodove. U 21 sat i 8 minuta, nakon pojave razdjelnog fluida na površini, pumpe se zaustavljaju da bi se utvrdila mogućnost ispuštanja razdjelnog fluida u more. Vizualno je procijenjeno da se fluid može ispustiti u more te se preusmjerio u vod za ispuštanje u more (British Petroleum, 2010). U 21 sat i 40 minuta isplaka, koja je istjecala, premašuje kapacitet površinskih spremnika i razlijeva se po podištu tornja. Ubrzo nakon toga dogodila se nekontrolirana erupcija isplake te su se zatvorili donji prstenasti preventer i diverter. Tok isplake usmjeren je u separator za izdvajanje plina. Zbog širenja plina po palubi, uključio se prvi, a uskoro i drugi alarm za detekciju plina. Tlak na bušaćim šipkama naglo je porastao s 82,74 bara na 395,08 bara, kao posljedica gubitka isplake. Nešto prije 22 sata platforma je ostala bez struje, dogodila se prva, a ubrzo i druga eksplozija. Odaslan je poziv upomoć (British Petroleum, 2010). Razmjer požara koji je zahvatio platformu *Deepwater Horizon* prikazuje slika 4-4.



Slika 4-4. Pokušaji gašenja požara na platformi *Deepwater Horizon* (DeMocker, 2010)

Nadzornik na platformi htio je aktivirati proces hitnog odvajanja preventerskog sklopa (engl. *Emergency Disconnect System, EDS*), no kabeli s pomoću kojih se trebao aktivirati EDS sustav bili su oštećeni u eksploziji i požaru.

U 22 sata počela je evakuacija 115 osoba s platforme na brod *Damon Bankston*, koji je tog dana služio za pretovar isplake. Za 11 ljudi pokrenuta je potraga. Sljedeća dva dana, 21. i 22. travnja, provedene su neuspješne radnje zatvaranja preventerskog sklopa s pomoću daljinski upravljanog podvodnog vozila (*engl. Remotely Operated Vehicle, ROV*). U trećem pokušaju, robot podmornica aktivirala je automatsko zatvaranje te se smatralo da je preventer zatvoren, iako je fluid zapravo i dalje istjecao iz bušotine. Dana 22. travnja, oko 10 sati, platforma je potonula. U razdoblju između 25. travnja i 5. svibnja, sedamnaest pokušaja aktivacije čeljusnih i prstenastih komponenti preventerskog sklopa nije imalo uspjeha u zatvaranju bušotine (British Petroleum, 2010).

Bilo je potrebno gotovo pet mjeseci da se bušotina uguši, a od toga su tri mjeseca ugljikovodici nesmetano istjecali. Istjecanje je dovedeno pod kontrolu 15. srpnja, ali tek je 19. rujna završena usporedna rasteretna bušotina, preko koje se ugušila i zacementirala prvotna bušotina. Uz dubinu mora i veliku količinu ugljikovodika, neispravnost opreme preventerskog sklopa navodi se kao glavni razlog dugog procesa zatvaranja bušotine (British Petroleum, 2011).

Troškovi sanacije, sudskih procesa i nagodbi dosegnuli su gotovo 65 milijardi dolara. Akcident je utjecao na sve na tom području, od ribara do turističkih djelatnika, te naravno na cijelu floru i faunu (Guardian, 2018).

Nakon akcidenta, Vlada SAD-a osnovala je povjerenstvo za istraživanje uzroka i posljedica akcidenta. Istraga je bila teška s obzirom na manjak fizičkih dokaza i nemogućnost pristupa mogućim svjedocima. Utvrdilo se da je kompanija BP zanemarivala primjenu najvažnijih mjera sigurnosti. Utvrđena su četiri faktora rizika koji su posljedica zakazivanja osam ključnih barijera (Slika 4-5).



Slika 4-5. Prikaz faktora rizika i probijenih barijera na bušotini Macondo 252 (British Petroleum, 2010).

5. AKCIDENTI PRI PROIZVODNJI UGLJIKOVODIKA

Akcidenti iz sektora proizvodnje ugljikovodika koji su obrađeni u diplomskom radu su: prevrtanje platforme *Alexander L. Kielland* 1980. godine, eksplozija na platformi *Piper Alpha* 1988. godine te eksplozija na plinskom polju *Chuandongbei* 2003. godine (ne zna se točno mjesto eksplozije).

5.1 Prevrtanje platforme *Alexander L. Kielland*, Sjeverno more

Najgora nesreća na norveškom odobalnom području još od Drugog svjetskog rata, prema mišljenju mnogih, dogodila se 1980. godine u Sjevernom moru. Nesreća se dogodila na udaljenosti oko 440 km od škotskoga grada Dundeeja, na području „norveške ploče". Prikaz platformi *Edda2-7C* i *Alexander L. Kielland* je na slici 4-1. Zbog olujnog nevremena izgubljeno je jedno sidro, što je bio uzrok prevrtanja platforme *Alexander L. Kielland*. U nesreći su poginule 123 osobe. Događaj nije rezultirao onečišćenjem okoliša (Safety4sea, 2019).



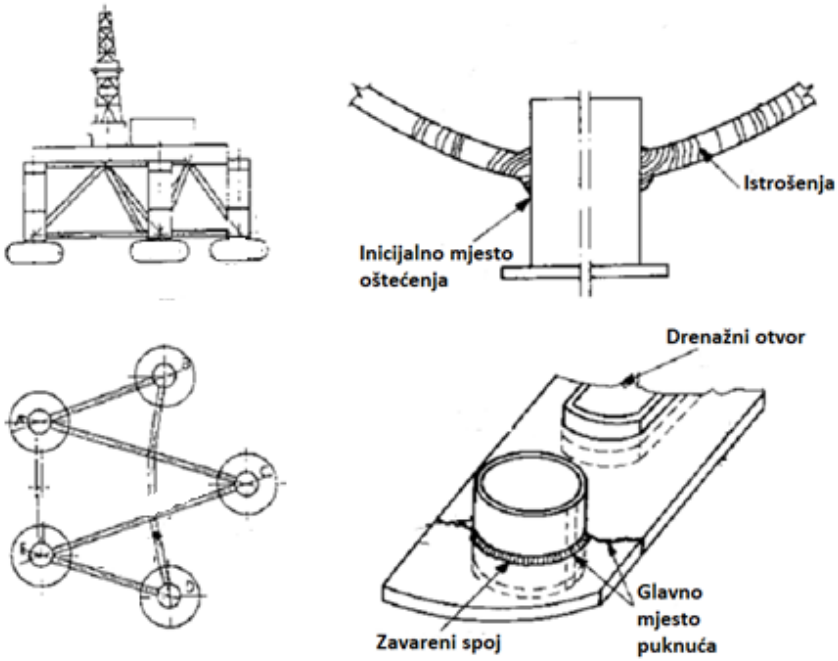
Slika 5-1. Platforme Edda 2-7C i Alexander L. Kielland (Safety4sea, 2019).

U večernjim satima, dana 27. ožujka 1980. godine, poluuronjiva platforma *Alexander L. Kielland,* u vlasništvu norveške tvrtke *Stavanger Drilling Company*, a u najmu američke kompanije *Drilling Petroleum,* bila je na eksploatacijskom naftnom polju Ekofisk u Sjevernom moru. Služila je kao smještaj za radnike, usidrena neposredno uz eksploatacijsku

platformu *Edda 2/7C*. Struktura platforme uključivala je pet potpornih stupova koji su povezivali radnu palubu i pontone promjera 22 m. Vrijeme je bilo kišovito, uz sumaglicu. Vjetar je puhao brzinom od oko 75 km/h i valovi su dosezali visinu od 12 m. Oko 18 sati i 30 minuta većina osoblja bila je na platformi izvan dužnosti. Prema iskazima preživjelih svjedoka, u jednom se trenutku čuo oštar zvuk pucanja, slijedio je osjećaj podrhtavanja platforme, a u sljedećih nekoliko sekundi platforma se nagnula za 35 do -40 stupnjeva (Almar-Naess i dr., 1982).

Evakuacija je bila spriječena jer se zbog velikog nagiba platforme nije moglo koristiti opremom za spašavanje. Od 212 radnika koji su za vrijeme nesreće bili na platformi, 123 su poginula u akcidentu. Neki od preživjelih spašeni su brodicama za spašavanje. Dvije brodice, svaka namijenjena za prihvat 12 osoba, bačene su s platforme Edda te su ukupno spasile trinaest radnika. Sedmorica zaposlenika odvezena su brodovima za opskrbu, a još sedmorica su se spasila plivajući do platforme Edda (Almar-Naess i dr., 1982).

Rezultati istrage koju je provelo norveško državno povjerenstvo u ožujku 1980. godine, otkrili su oštećenje na dvostrukom kutnom zavaru na jednom od donjih poprečnih nosača. Zbog toga se odvojio i slomio vertikalni potporni stup. Popucalo je 5 od 6 užadi za sidrenje, odnosno, jedino preostalo uže zadržavalo je potpuno prevrtanje platforme. U 18 i 53 puklo je i posljednje uže i platforma se prevrnula. Od četiri brodica za spašavanje samo je jedna uspješno spuštena u more. Na slici 5-2 prikazani su ključni dijelovi platforme koji su zakazali i koji su inicijalno zatajili. Na poprečnom nosaču D6 izrađen je otvor kružnog presjeka radi postavljanja hidrofona promjera 325 mm i stijenke debljine 26 mm. Hidrofon je važna komponenta na odobalnim postrojenjima u Sjevernom moru jer prepoznaje promjene smjerova i jačine valova, što je vrlo bitno na tom području s ekstremnim i promjenjivim vremenskim uvjetima (slika 5-2) (Almar-Naess i dr., 1982).



Slika 5-2. Prikaz strukture platforme i kritičnih mjesta oštećenja na poprečnom nosaču D6 (Almar-Naess i dr., 1982).

Akcident je potaknuo potrebu za jasnijim definiranjem, ali i smanjenjem razina hijerarhije pri organizaciji odobalnih postrojenja na području Sjevernog mora. Također, bilo je potrebno definirati jasan autoritet pri evakuaciji u slučaju opasnosti. Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization, IMO*) u međuvremenu je izdala *Pravilnik za konstrukciju i opremu bušaćih postrojenja na pokretnim platformama (engl. Code for Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Unit – MODU Code)*, sa svrhom preporuke konstrukcijskih kriterija i standarda te ostalih mjera sigurnosti kako bi se smanjio rizik za sama postrojenja, posadu i okoliš. Poslije se veća pozornost posvećivala akcijama evakuacije i spašavanja. Greška uočena pri spuštanju čamaca za spašavanje dovela je do novih pravila u vezi s držačima brodica za spašavanje na platformama (Almar-Naess i dr., 1982).

5.2 Katastrofa platforme *Piper Alpha* u Sjevernom moru, Škotska

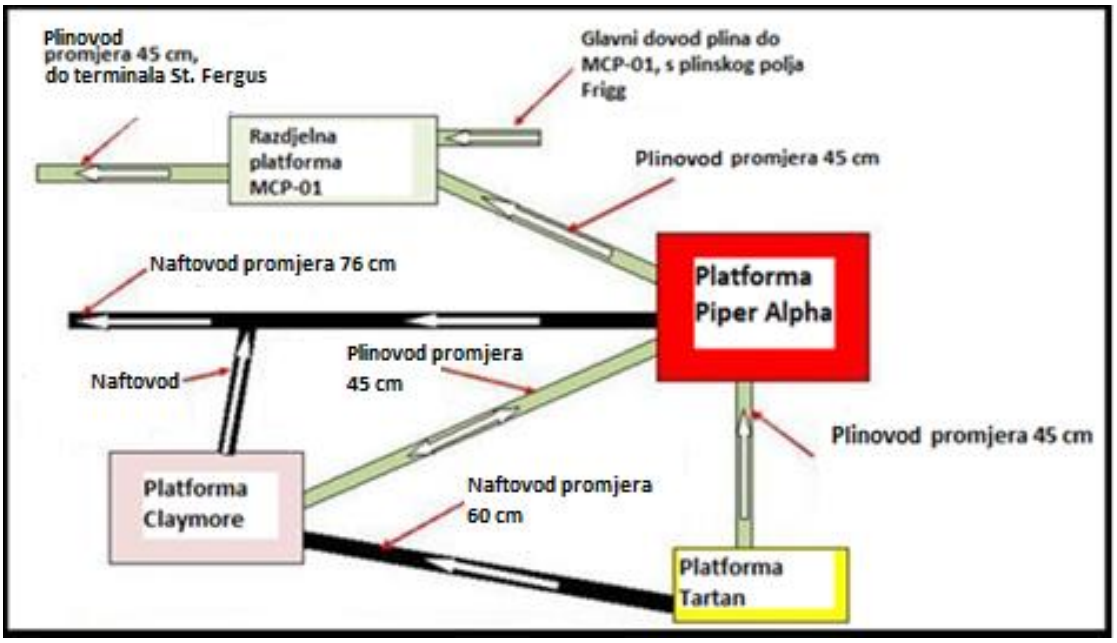
Kasno uvečer 6. srpnja 1988. godine dogodila se serija eksplozija na platformi Piper Alpha, u vlasništvu američke kompanije *Occidental Petroleum Corp*., a u sljedećih se nekoliko sati platforma pod vatrenom stihijom urušila u more. U nesreći je bilo 167 poginulih i mnogo ozlijeđenih osoba. Financijski gubitci za kompaniju iznosili su 5 milijardi funti (The Mechanical Engineer, 2018).

Iz nesreće platforme *Piper Alpha* i danas se, 30 godina nakon katastrofe, može mnogo toga naučiti. Budući da je većina materijalnih dokaza potopljena na dnu Sjevernog mora, bilo je potrebno uskladiti svjedočanstva preživjelih da bi se dobila vjerodostojna priča o cijelom nesretnom događaju. Naučene lekcije na području zaštite i sigurnosti na radu, kvalitete odziva u slučaju nesreća te na području upravljanja promjenama primjenjive su i na druge industrije (Cullen, 1990).

Naftno polje *Piper* nalazi se u Sjevernom moru, oko 200 km sjeveroistočno od Aberdeena u Škotskoj. Otkriveno je 1973. godine kao jedno od prvih nalazišta nafte na većim dubinama na sjeveru Sjevernog mora. Proizvodnja nafte počela je u prosincu 1976. godine, a do 1988. godine proizvodilo se iz 36 bušotina. Iako je platforma prvotno bila u funkciji proizvodne naftne platforme (proizvodnja nafte iz naftnog polja Piper), od 1978. godine prenamijenjena je u centralnu sabirnu proizvodnu platformu, koja je do srpnja 1988. godine operativno radila u tzv. „fazi 2" (engl. *Gas Conservation Module, GCM*). *Piper Alpha* je također bila u funkciji prihvata i obrade plina s platformi *Tartan* i *Claymore* te njegove otpreme prema kompresorskoj platformi *MCP-01,* kao i otpreme nate prema Terminalu Flotaa, na otoku Flotaa koji pripada Orkneyevskim otocima. Kompresorska platforma *MCP-01* bila je u vlasništvu *British Gasa* i osiguravala je 20 % potreba Ujedinjenog Kraljevstva za plinom. *Piper Alpha* je s platformom *Claymore* bila povezana plinovodom koji je plinom opskrbljivao platformu *Claymore* za potrebe plinskog podizanja (slika 5-3; The Chemical Engineer, 2011; Ellul, 2014). Platforma *Piper Alpha* u to je vrijeme bila odgovorna za proizvodnju 10 % nafte i plina na Sjevernom moru.

Ujutro, 6. srpnja, tijekom redovitog postupka održavanja utvrđena je potreba provjere sigurnosnog ventila (engl. *pressure safety valve*, PSV) na kondenzatnoj pumpi A, što je značilo uklanjanje ventila i postavljanje slijepe prirubnice. Dok je pumpa A bila izolirana, otpremu kondenzata omogućavala je paralelna pumpa B. Kasnije tijekom večeri,

pumpa B je zakazala. Radnici nisu bili upućeni u stvarno stanje i vjerovali su da se otprema može nastaviti uklanjanjem električne izolacije i ponovnim pokretanjem pumpe A. Nedugo nakon što je pumpa A ponovno pokrenuta, počelo je ispuštanje ugljikovodične pare pri visokom tlaku. Parni oblak naišao je na izvor zapaljenja, što je izazvalo eksploziju (Fabig, n.d.).



Slika 5-3. Prostorni raspored platforme *Piper Alpha*, ostalih povezanih platformi i cjevovoda (The Mechanical Engineer, 2011).

Svjedoci događaja čuli su šištanje, nakon kojeg je slijedila eksplozija od čije su siline radnici u kontrolnoj sobi bačeni na pod. U tom je trenutku većina radnika bila izvan radne smjene. Prvotna eksplozija u području Modula C (kompresorska jedinica) na platformi *Piper Alpha* izazvala je oštećenja opreme Modula B (sustav za separaciju nafte). Slijedila je i druga eksplozija, a oko 22 sata i 20 minuta počeo je propuštati visokotlačni plinovod, pod mjerodavnosti Texaca, koji je povezivao platformu *Tartan Alpha* s platformom *Piper Alpha* (slika 5-3). Nova eksplozija dogodila se u 22 i 50. U eksploziji je uništena i brodica za spašavanje poslana s broda *Sandhaven* koji je bio u neposrednoj blizini. Poginula su dva člana posade, a šestorica su spašena iz mora. U 23 i 20 oštećen je plinovod prema platformi *Claymore*, nakon čega je počelo i urušavanje strukture platforme *Piper Alpha*. Stambeni dio platforme, predviđen za smještaj radnika, na kojem je u tom trenutku bio najmanje 81 radnik, skliznuo je u more. Ujutro 7. srpnja platforma je bila potopljena na dubinu 140 m. Plamen

požara koji je zahvatio bušotine i oštećene plinovode uzdizao se do 200 m u zrak, a više od tri tjedna trajalo je njegovo gašenje (Cullen, 1990).

Od 226 radnika koji su u trenutku akcidenta bili na platformi, 61 je spašen. Zbog gušenja dimom, poginulo je 109 radnika, 13 radnika se utopilo, a 11 ih je podleglo ozljedama i opeklinama. U četiri nesretna slučaja uzrok smrti nije se mogao odrediti, a 30 osoba nikad nije pronađeno (The Mechanical Engineer, 2018).

Istraga o nesreći, koju je provelo Ministarstvo energetike, trajala je 180 dana, nakon čega je objavljeno i službeno izvješće pod nazivom *The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster*. Otežanost provedbe istrage pripisuje se manjku materijalnih dokaza, ali i činjenici da nijedan od rukovoditelja s platforme Piper Alpha nije preživio. Nakon istrage zaključeno je da je uzrok prve eksplozije bilo istjecanje oko 30 kg plinskog kondenzata iz rezervne pumpe te je parni oblak došao u kontakt s izvorom zapaljenja. Nakon prve eksplozije puknuo je kondenzatovod, a potom buknuo požar na ostalim cjevovodima (Macleod & Richardson, 2018).

Na samoj platformi, komunikacija je bila neformalna i izravna. Neformalna je komunikacija učinkovita i brza i nije problem sve dok su zadovoljeni minimalni standardi formalne komunikacije, a na platformi *Piper Alpha* to nije bilo tako. Prema riječima svjedoka, upute o sigurnosti i zaštiti na radu za nove zaposlenike bile su minimalne i neprikladne za sam odobalni objekt. Dokumentacija o održavanju nije bila uredno vođena, a zamjena smjena nije se provodila uz potrebnu analizu i raspravu o promjenama i mogućih poteškoća na postrojenju, što upućuje na neprimjeren sustav upravljanja promjenama (The Chemical Engineer, 2018).

Komunikacija između platformi izgubljena je već nakon prve eksplozije. Premda dekompresija spojnih plinovoda ne bi bila dostatna za izbjegavanje nesreće, zatvaranje naftovoda vjerojatno bi rezultiralo pozitivnim učinkom. No, transport nafte otpremnim naftovodom (duljine 206 km, promjera 760 mm) prema otoku *Flotta* nije bio prekinut ni jedan sat nakon prve eksplozije, jer blokadni ventil nije obavio svoju funkciju. Nafta s eksploatacijskih platformi *Tartan* i *Claymore* i dalje se otpremala prema oštećenom otpremnom naftovodu što je izazvalo velik požar i izravno utjecalo na puknuće susjednih plinovoda (The Mechanical Engineer, 2018).

Kao idući u nizu problema pojavila se i nemogućnost evakuacije helikopterom osoblja s platforme. Pristup helidromu bio je onemogućen zbog gustog dima. Uz samu

platformu *Piper Alpha* bio je multifunkcionalni brod *Tharos* koji je, iako nije bio namijenjen za gašenje požara, imao takvu mogućnost. Zbog loše komunikacije reakcija je zakasnila, a potražnja za električnom energijom pri gašenju bila je tolika da je brod ostao potpuno bez energije nekoliko minuta. Nijedna brodica za spašavanje nije uspješno spuštena s platforme *Piper Alpha* (The Chemical Engineer, 2018). Koliko je razoran bio požar na platformi *Piper Alpha* pokazuje slika 5-4.



Slika 5-4. Požar na platformi Piper Alpha (Oil and Gas IQ, 2018).

5.3 Erupcija plina i eksplozija na eksploatacijskom polju ugljikovodika Chuandongbei, Kina

S obzirom na veliku ovisnost o uvozu, a u želji da što brže dođe do novih komercijalnih otkrića ugljikovodika, naftna industrija u Kini bila je pod velikim pritiskom, što je rezultiralo znatnim naftno-rudarskim aktivnostima, koje su se najčešće provodile uz minimalne mjere sigurnosti. O nesretnim događajima, koji su se dogodili u Kini, kao i u ostalim državama sličnog društvenog uređenja, nema mnogo dostupnih informacija. Oni se i sporo prijavljuju, a službena izvješća o akcidentima najčešće nisu dostupna. Tako je bilo i u slučaju eksplozije na eksploatacijskom polju ugljikovodika *Chuandongbei* u Kini, 2003. godine. Izvanredni događaj gubitka primarne i sekundarne kontrole tlaka u bušotini izazvao je nekontroliranu erupciju smjese prirodnog plina i vodikova sulfida. Nakon eksplozije, otrovni oblak smjese plinova dosegnuo je visinu od 30 m u zrak i proširio se na udaljenost od oko 15 km oko mjesta nesreće. Prvotna su izvješća upućivala da je broj poginulih manji

od 10 te da je situacija brzo stavljena pod nadzor odgovornih službi, što nije bilo istina (China Labour Bulletin, 2019). Prema pisanju *New York Timesa*, službena izjava koncesionara, kompanije *China National Petroleum Corp*., navodi samo šturu informaciju o tome da točan uzrok nesreće još nije utvrđen. Prema izjavama građana, koji su živjeli u blizini eksplozije, prvotno se osjetio miris vodikova sulfida u zraku, a nedugo nakon toga uočen je štetan utjecaj na zdravlje ljudi koji su počeli otežano disati i teže se kretati te su osjećali žarenje i bol u očima. U selu Xiaoyangu, koje je najbliže mjestu nesreće, čak 90 % stanovništva umrlo je od posljedica trovanja. U obližnjem gradiću Zhongheu oko 600 ljudi zatražilo je prvu pomoć zbog trovanja i opeklina. Nakon nesreća evakuirano je oko 100 000 ljudi koji su živjeli u blizini (The New York Times, 2003).

Zbog šturih i opskurnih izvještaja te još opskurnijih analiza akcidenta, točan uzrok nesreće nije poznat, ali akcident jasno upozorava na važnost visokih sigurnosnih uvjeta kod naftno-plinskih aktivnosti. Odgovorne osobe na postrojenju tvrdile su da je bila riječ o iznimnom slučaju koji nikako nije mogao biti spriječen, što je naišlo na kritike, s obzirom na razinu sigurnosnih mjera koja se primjenjivala u kineskim industrijskim postrojenjima, naftno-plinskim postrojenjima, u rudnicima itd.

6. AKCIDENTI PRI TRANSPORTU UGLJIKOVODIKA

Akcidenti pri transportu ugljikovodika obrađeni u ovom radu su: eksplozija naftovoda u Nigeriji 1998. godine, eksplozija plinovoda u Belgiji 2004. te prevrtanje i eksplozija cisterne u Indiji 2012. godine.

6.1 Eksplozija naftovoda u gradu Jesse, Nigerija

Eksplozija naftovoda u vlasništvu nigerijske nacionalne kompanije *Nigerian National Petroleum Corporation* (NNPC), u mjestu Jesseu u Nigeriji, koja se dogodila 18. listopada 1998. godine, izazvala je trenutnu smrt tristotinjak ljudi, a u mjesecima koji su slijedili više od tisuću ljudi umrlo je zbog teških ozljeda. Velika većina stradalih bili su farmeri i stanovnici obližnjeg sela. Među preminulima su pronađeni i vandali koji su pokušali krasti naftu iz cjevovoda, što je bio i uzrok ovog akcidenta. Više od 24 sata trajalo je gašenje požara, u kojem je sudjelovalo oko 120 vatrogasaca (The New York Times, 1998).

Nadzemni naftovod vanjskog promjera 400 mm i duljine 650 km povezivao je rafinerije nafte u gradovima Warri i Kaduna (slika 6-1). Prema riječima odgovornih osoba kompanije vlasnika naftovoda, nesreću je uzrokovalo korištenje iskrećih alata u zoni opasnosti. Bez obzira na bogatstvo Nigerije naftom, godine loše vladavine i korupcije izazvale su manjak raspoložive nafte, što je uzrokovalo visoke cijene nafte na crnom tržištu i velik broj ilegalnih priključaka na naftovode. Plinovodi su i česta meta prosvjednika koji su sabotirali naftovode zahtijevajući od vlade pomoć građanima (Olu-Adeyemi, 2020).



Slika 6-1. Prostorni raspored naftovoda na području Nigerije (Olu-Adeyemi, 2020).

Nakon same nesreće, financijska i medicinska pomoć nigerijskim vlastima i Crvenom križu dolazila je iz nekoliko zemalja diljem svijeta, uključujući SAD, Japan i Njemačku (Rees-Gildea, Geleta, 1998). Nažalost, iz opisane nesreće enormnih razmjera nije se naučila lekcija i nisu se počele provoditi mjere kojima bi se takvi događaji spriječili ili barem smanjila njihova učestalost (Okoli i dr., 2013).

6.2 Puknuće plinovoda i zapaljenje plina i eksplozija u mjestu Ghislenghien, Belgija

Dana 30. srpnja 2004. godine puknuo je međunarodni plinovod u mjestu Ghislenghienu, u Belgiji, oko 50 km udaljenom od Bruxellesa. Poginule su 24 osobe, a 150 preživjelih završilo je u bolnici s teškim opeklinama. Međunarodni plinovod, položen na dubini od 1,10 m, povezivao je lučki grad Zeebrugge na obali Sjevernog mora s francuskom granicom. Cijevi su bile postavljene na razmaku od 7 m, jedna vanjskog promjera 900 mm postavljena 1982. godine, a druga vanjskog promjera 1000 mm postavljena 1991. godine. Transport plina obavljao se pod tlakom od 80 bara, uz protok od $1{,}6\times10^6$ m³/h (Francusko ministarstvo održivog razvoja, 2009; Sulaima i dr., 2014).

U 8 sati i 15 minuta vatrogasci su obaviješteni o nekontroliranom istjecanju plina na području grada Ghislenghiena. Nekoliko tjedana prije eksplozije, tijekom gradnje tvornice u industrijskoj zoni Ghislenghiena, izvođač radova malo je oštetio visokotlačni plinovod u vlasništvu operatora transportnog sustava, kompanije *Fluxys Belgium NV*. Dana 30. srpnja, u 8 i 56, dok se saniralo oštećenje, dogodila se eksplozija. Vatrena stihija, koja ju je pratila uzdizala se 200 m u zrak. Temperatura u središtu požara iznosila je oko 3000°C. Silina eksplozije odbacila je prisutne vatrogasce, policajce i radnike, koji su bili u neposrednoj blizini plinovoda, na udaljenost od 10 m. U radijusu od 200 m zapaljeno je nekoliko desetaka vozila, čije su krhotine oštetile obližnje zgrade u industrijskoj zoni. Zapalilo se i postrojenje za pakiranje proizvoda koje se prostiralo na površini od 3000 m^2, a koje je bilo oko 60 m udaljeno od mjesta puknuća cijevi.

Vatra je ugašena postupno, kada je zatvoren dotok plina. Ozlijeđeni su prevezeni do obližnjih bolnica, a u pomoć belgijskim ekipama došli su i francuski kolege. Vibracije tla osjetile su se više od deset minuta. Te vibracije proširile su se po plinovodu, što je uzrokovalo slabljenje prirubnica i sekundarna ispuštanja te nekoliko manjih zapaljenja. Eksplozija je stvorila krater promjera 10 m i dubok 4 m (Francusko ministarstvo održivog razvoja, 2009).

Nesreća je proglašena najvećom industrijskom nesrećom u posljednjih 50 godina. U radijusu od 200 m potpuno su oštećeni industrijski objekti i poljoprivredne površine. Nesreća se dogodila uz autocestu A8 koja povezuje gradove Brusseles i Tournai, pa je cesta morala biti zatvorena u oba smjera (Francusko ministarstvo održivog razvoja, 2009).



Slika 6-2. Požar na plinovodu kod Ghislenghiena (Das Bundesamt fur Umwelt, 2022).

Financijska šteta, koju je nanio ovaj nesretni događaj zbog kojeg je isteklo barem 700 000 m^3 prirodnog plina, procijenjena je na oko 100 milijuna eura. Događaj je potaknuo pitanje smještaja visokotlačnih plinovoda velikog promjera blizu industrijskih postrojenja. Plinovod je nakon popravka, u rujnu iste godine, vraćen u pogon, ali inicijalno pri smanjenom radnom tlaku. Tlak se postupno povećavao i na kraju dostigao vrijednost prije nesreće (Francusko ministarstvo održivog razvoja, 2009).

Provedena je kriminalistička istraga na temelju koje je slučaj procesuiran. Belgijski operator transportnog sustava, *Fluxys Belgium NV*, bio je oslobođen svih optužbi, dok je 14 odgovornih osoba odgovaralo pred sudom pod optužbama za ubojstvo iz nehaja, a tri su osuđene (Francusko ministarstvo održivog razvoja, 2009).

Ovaj akcident upozorio je na važnost provedbe preventivnih mjera, kako onih koje ograničavaju pojedinačni utjecaj zaposlenika, tako i onih koje bi smanjile utjecaj samog akcidenta na ljude, imovinu i okoliš. Također, važno je napraviti pregled mogućih modela reakcija na nesreću. Nalazi akcidenta upućuju na potrebu izrade i primjene učinkovite strategije na području upravljanja plinovodom u slučaju nesreće. Posebno je neusklađen alarmni sustav. Naime, ispuštanje plina iz plinovoda trajalo je više od 45 minuta prije nego što se zapalio i prije nego što se dogodila eksplozija, a alarmni sustav nije se uključio (Francusko ministarstvo održivog razvoja, 2009).

Kod definiranja trase cjevovoda potrebno je obavijestiti sve mjerodavne službe kako bi se dobila informacija o postojećim infrastrukturnim i drugim objektima smještenima na predviđenom području. Zaključeno je i da je potrebno u slučaju akcidenta postaviti dovoljno širok sigurnosni radijus. Velika pozornost mora se posvetiti primjeni i poštovanju predviđenih sigurnosnih mjera, a unaprijed definirani postupci intervencije u slučaju nesreće trebaju omogućiti jasnu podjelu uloga svih sudionika (vatrogasaca, policijskih službenika, vlastitih i ugovornih radnika) u području nesreće (Francusko ministarstvo održivog razvoja, 2009). U godinama koje su slijedile učinjeni su pomaci u dizajnu, konstrukciji i nadzoru cjevovoda.

6.3 Eksplozija cisterni s ukapljenim naftnim plinom u Kannuru, Indija

Požar, praćen eksplozijom kamiona cisterne za transport ukapljenog naftnog plina (*UNP*), u vlasništvu indijske državne kompanije *Indian Oil Corporation Limited* (*IOCL*), dogodio se 19. kolovoza 2012. navečer, u prigradskom naselju Chali, blizu grada Kannura u

Indiji. Ukupno 16 tona UNP-a bilo je u tri cisterne u trenutku kada je vozač kamiona cisterne izgubio nadzor nad vozilom te je vozilom udario u nepropisno označen kolnik. Nakon prevrtanja kamiona puknuo je sigurnosni ventil na jednoj od cisterni i UNP je istekao u okoliš, a onda se, kanalom za odvod vode, proširio 170 m niz cestu. Iako je vozač uspio upozoriti neke od stanovnika okolnih kuća da napuste svoje domove prije zapaljenja plina, u nesreći je poginulo 20 osoba, a 15 je ozlijeđeno (Bariha i drugi, 2014; Kumar, 2013).

Te tri cisterne za prijevoz UNP-a zapremine 38 m^3 izrađene su od nehrđajućeg čelika, s ugrađene tri unutarnje pregrade (radijusa od 3 m). U tu svrhu korištene čelične ploče bile su dizajnirane na dopušteni tlak od 15,5 bara. Temperatura UNP-a bila je nešto niža od -40 °C, s tlakom ispod jednog bara. Ugrađena su dva sigurnosna ventila (svaki promjera 50 mm), jedan na vrhu, a jedan na dnu cisterne, na cijevima za pražnjenje (Bariha i dr., 2014).

Cisterne za prijevoz opasnih tvari pune se do 90 % svoje nazivne zapremine. Preostalih 10 % zapremine u cisterni je potrebno kako bi se izbjeglo prelijevanje ili pucanje cisterne kada se zbog okolišne temperature tvar koja se prevozi širi. Pri visokom stupnju punjenja te na usponu ili nagibu ceste događa se prelijevanje tvari na gornjem otvoru (prekretnom ventilu) (Mekovec, 2003).

Prvo zapaljenje dogodilo se 10 – 20 minuta nakon prevrtanja kamiona i tada su opekline zadobile dvije osobe u neposrednoj blizini. Vatra se proširila na obližnje kuće, pa su se ljudi organizirali u potrazi za stanovnicima koji nisu na vrijeme napustili svoje domove. Druga eksplozija slijedila je nakon deset minuta. Dijelovi cisterne letjeli su i do 270 m u daljinu. Vatra je oštetila više od 40 stambenih i poslovnih zgrada te 11 vozila. Lokalne vatrogasne postrojbe došle su na mjesto nesreće neposredno nakon druge eksplozije (Bariha i dr., 2014).

Nakon istrage utvrđeno je da je potrebno ukloniti rubni kamen koji dijelio pločnik od kolnika. Neki su indijski političari tražili da IOCL snosi odgovornost za smrt nastradalih. Kompanija je platila naknadu za svaku stradalu osobu u iznosu 14 000 dolara. Volonterske akcije trajale su mjesecima nakon tragedije kako bi se obnovile kuće i područje oko mjesta nesreće. Bilo je organizirano nekoliko prosvjeda na kojima se tražio prestanak transporta UNP-a kamionima cisternama. Organiziran je čak i štrajk nekih vozača prijevoznika UNP-a (The Hindu Businessline, 2012).

Zaključci unutarnje istrage koju je proveo IOCL nisu javno dostupni, ali je 2013. godine objavljen izvještaj indijskog Ministarstva mjerodavnog za naftu i prirodni plin u vezi s ovim

akcidentom. Utvrđeno je da rubni kamen nije bio propisno označen. Osobito je slaba vidljivost bila navečer, kada se rubni kamen vrlo teško mogao uočiti. Utvrđena je i neusklađenost u provedbi internih procedura u samoj kompaniji. Naime, IOCL-ova interna pravila određuju da svaki kamion cisterna mora imati dva vozača, što se nije poštovalo, te upućuje na to da je umor vozača bio dodatna okolnost koja je najvjerojatnije utjecala na akcident (Times of India, 2012).

7. AKCIDENTI PRI SKLADIŠTENJU UGLJIKOVODIKA

Akcidenti obrađeni u radu, koji su se dogodili pri obavljanju energetske djelatnosti skladištenja nafte i naftnih derivata eksplozije, su na terminalima nafte i naftnih derivata u New Jerseyu 1983. i Buncefieldu 2005. godine te skladištu plina u Kaliforniji 2015. – 2016.

7.1 Eksplozija na terminalu naftnih derivata, Newark, New Jersey, SAD

Akcident se dogodio 7. siječnja 1983. godine, na Texacovu terminalu naftnih derivata u Newarku, koje je sadržavalo 26 spremnika za skladištenje različitih naftnih prerađevina. Toga dana spremnik broj 67 bio je predviđen za punjenje preko priključne cijevi. Nedugo nakon što su operateri uočili prevelik protok, dogodila se eksplozija u kojoj je jedna osoba poginula, a 24 su ozlijeđene. Teško su oštećeni okolni spremnici, automobili te nekoliko industrijskih zgrada, koji su bili u radijusu od 450 m od spremnika koji je eksplodirao (Health and Safety Executive [HSE], 2017).

U izvješću *Nacionalne udruge za zaštitu od požara* (engl. *National Fire Protection Association, NFPA*) utvrđen je niz propusta koji su doveli do nesreće. Kao glavni uzrok akcidenta navedena je pogreška pri određivanju kapaciteta spremnika i protoka goriva. Manjkavost sustava kontrole razine goriva u spremnicima i ugrađenih preventivnih sigurnosnih mjera te nepoštovanje internih procedura kompanije također su istaknuti.Na lokaciji nisu vođeni zapisi o kontroli razine tekućine u spremnicima u satima koji su prethodili akcidentu. Zadnja registrirana provjera razine fluida u spremniku bila je 24 sata prije aktivnosti punjenja spremnika (Bouchard, 1983).

Širina horizontalnog cilindričnog spremnika iznosila je 25 m, a visina 15 m. Spremnik benzina kapaciteta 6813 m^3 punio se uz protok od 315 L/s. U skladu s inspekcijskim nalazom, a prema oštećenjima na spremnicima, zaključeno je da je ispuštanje sadržaja spremnika zbog prekomjernog punjenja trajalo barem 15 minuta, a formirani oblak eksplozivnih para proširio se na udaljenost 370 m u smjeru sjevera. Prvotnu eksploziju izazvao je izvor plamena na obližnjem proizvodnom postrojenju, udaljenom 275 m. Nakon serije manjih eksplozija, slijedila je velika eksplozija spremnika u skladišnom prostoru UNP-a (HSE, 2017).

Spremnici nisu bili opremljeni uređajima za utvrđivanje razine tekućine, ni uređajima za zaštitu od prepunjavanja spremnika, kao što je osigurač od prepunjavanja koji

na vrijeme, prije dostignuća granične vrijednosti razine tekućine, prekida proces punjenja ili oslobađa akustički alarm. Umjesto toga, razinu sadržaja spremnika provjeravali su radnici mjernim štapom. Vatrogasne službe Newarka i Texaca utvrdile su također da više zaposlenika nije poštovalo operativne procedure. Nekoliko mjeseci nakon akcidenta otpuštena su petorica zaposlenika (The New York Times, 1983).

7.2 Požar na naftnom terminalu Buncefield, Hertfordshire, UK

Velik požar na naftnom terminalu dogodio se 11. prosinca 2005. godine, u okrugu Hertfordshireu, u Velikoj Britaniji. Terminal *Buncefield,* s kapacitetom oko 270 000 $m^{3,}$ bio je peti po veličini britanski terminal za skladištenje nafte i naftnih derivata u Ujedinjenom Kraljevstvu. Terminal je u vlasništvu kompanija *Total UK Limited,* s oko 60 % udjela, i Texaca, čiji je udjel u vlasništvu iznosio 40 %. Prva i najveća eksplozija dogodila se rano ujutro, u 6 sati, kod spremnika benzina br. 912. Dogodila se eksplozija prema principu vakuumske ili aerosolne bombe, kada reagiraju tekuće gorivo i kisik te nastaje visokotemperaturna eksplozije. Slijedio je niz eksplozija koje su zahvatile 20 velikih spremnika. Hitne službe brzo su reagirale i stigle na mjesto nesreće. U gašenju požara sudjelovalo je oko 150 vatrogasaca. Budući da se akcident dogodio blizu autoceste M1, ona je zatvorena za sav promet. Prema izvještaju Vladine organizacije *British Geological Survey*, eksplozija je izazvala potres jakosti 2,4 prema Richteru. Prema veličini materijalne štete, akcident je prepoznat kao najveći toga tipa u Europi od kraja Drugoga svjetskog rata (Gexcon, 2021).

Zbog prepunjenosti spremnika nafta je počela ispunjavati tankvanu. Velik oblak pare izlivene tekućine proširio se preko zida tankvane, a iskra elektromotora izazvala je eksploziju i zapaljenje 20 velikih spremnika nafte. U požaru koji je gorio pet dana, uništena je većina terminala, a oštećene su i okolne kuće i poslovni objekti (slika 7-1). Nitko nije poginuo, što se pripisuje činjenici da se akcident dogodio rano ujutro u nedjelju, kada je na terminalu bilo malo ljudi. Lakše su ozlijeđene 43 osobe, a oko 2000 ljudi iz obližnjeg područja bilo je evakuirano. Sredstva za gašenje onečistila su podzemne vode. Ukupna šteta procjenjuje se na milijardu funti (Atherton i dr., 2007; Mannan, 2011; HSE, 2012; Atkinson 2017).



Slika 7-1. Požar na terminalu Buncefield (HertsLive, 2021).

Primarni uzrok akcidenta je tzv. gubitak sadržaja iz primarnog okružja (engl. *Loss of Primary Containment*; *LOPC*) zbog neispravnosti sustava za mjerenje razine tekućine u spremniku i sustava automatskog zatvaranja. Neki od kritičnih čimbenika, koji su utjecali na ozbiljnost akcidenta, jesu (Icheme Safety Centre, 2020):

- hladni vremenski uvjeti nisu potaknuli dovoljno raspršivanje formiranog oblaka para,
- u dodiru s vatrom nisu dobro reagirale spojne ispune između dijelova betonske tankvane,
- neadekvatan dizajn tankvane i drenažnog sustava,
- sustav za drenažu bio je pripremljen samo za manje izljeve,
- slabo održavanje spremnika koje nije uključivalo kontrolu senzora,
- nisu vođeni zapisi o stanju u spremnicima,
- plan postupanja u hitnim situacijama nije postojao.

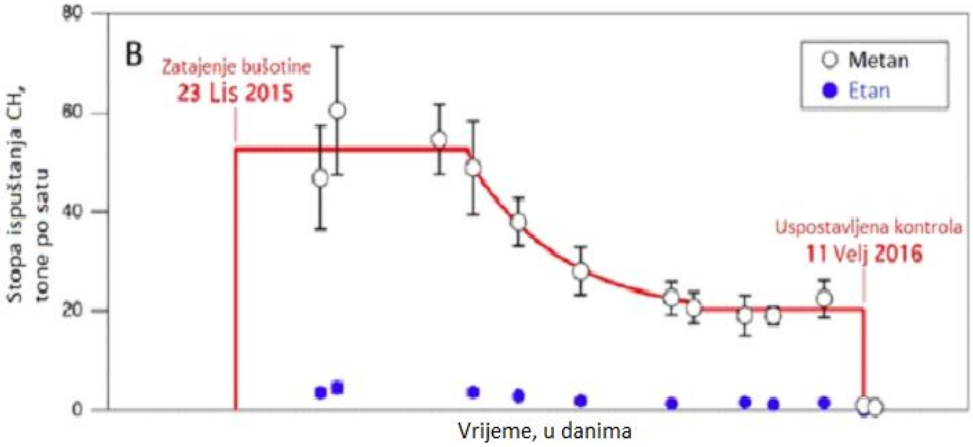
Uz punilišta i pretakališta nafte, stalni su rizik na naftnim terminalima spremnici koji sadrže velike količine nafte pa statički elektricitet, električna iskra ili munja mogu izazvati požar. Analiza rizika na takvim postrojenjima mora uzeti u obzir najgore scenarije. Tankvane su kritični element za sigurnost postrojenja i moraju se redovito provjeravati i održavati, a drenažni sustav mora biti dizajniran za prihvat velikih izljeva (Paltrinieri i dr., 2012; Icheme Safety Centre, 2020).

7.3 Ispuštanje plina iz podzemnog skladišta plina Aliso Canyon, Kalifornija, SAD

Istjecanje prirodnog plina iz podzemnog skladišta Aliso Canyon u Porter Ranchu, prigradskoj četvrti Los Angelesa, otkriveno je 23. listopada 2015. godine. Operator skladišnog sustava je kompanija *Southern California Gas Company* (SoCalGas), podružnica kompanije *Sempra Energy*.

Na eksploatacijskom polju podzemnog skladišta plina *Aliso Canyon* je 114 bušotina za utiskivanje i povlačenje plina, izbušenih u razdoblju od 1939. do 2014. godine. Ukupni radni volumen podzemnog skladišta od 2435×10^6 m^3 svrstava to postrojenje u jedno od pet najvećih u SAD-u. Prirodni plin se utiskuje u iscrpljena naftna pješčenjačka ležišta prosječne poroznosti 23 % te propusnosti $0{,}084\times10^{-12}$ m^2 (85 mD) na otprilike 2600 m dubine. Skladište funkcionira kao vršno, tj. skladišteni plin povlači se u trenucima visoke potražnje (Lindeberg i dr., 2017; Kalifornijska komunalna komisija, 2021).

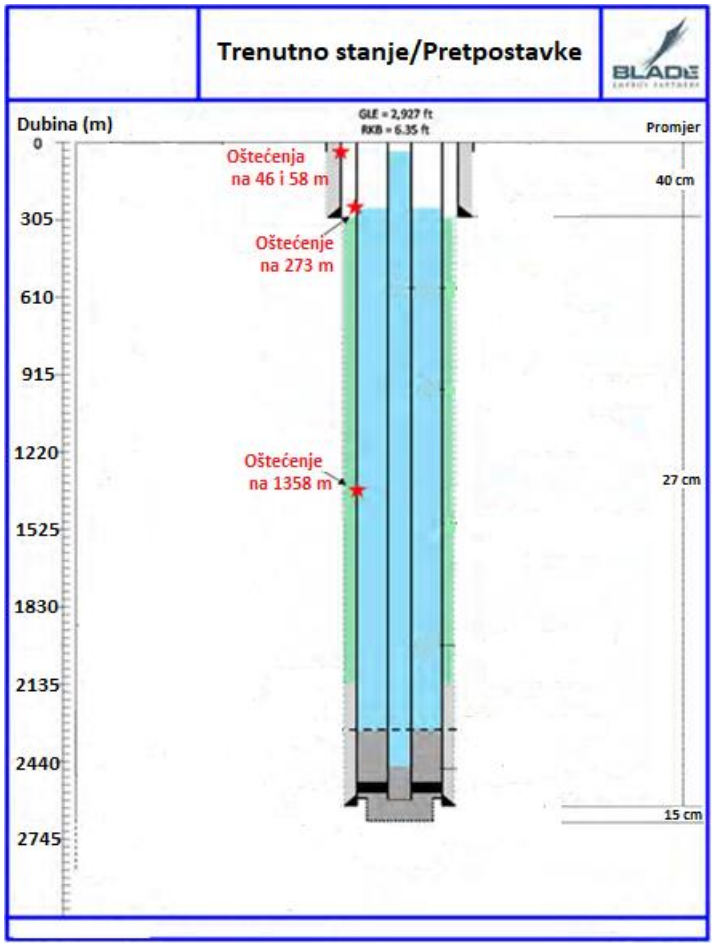
Gubitak integriteta bušotine SS-25 doveo je do nekontroliranog istjecanja plina iz skladišne formacije. Bušotina je ugušena 11. veljače 2016., a dva dana nakon toga vlada savezne države Kalifornije objavila je informaciju o uspješnom dovođenju ispuštanja pod kontrolu (Lattanzio i Parfomak, 2016). S obzirom na količine metana ispuštene u atmosferu (oko $100\cdot10^6$ m^3), mnogi smatraju da je to bio najveći akcident ispuštanja prirodnog plina u povijesti SAD-a. Analizom podataka zračnih snimanja provedenih između 7. studenog 2015. i 13. veljače 2016., utvrđene su ispuštene količine od oko 60 000 m^3 metana i 4500 m^3 etana (slika 7-2). Na svojem je vrhuncu taj akcident uzrokovao udvostručenje emisija metana na području Los Angelesa. Evakuirano je oko 4000 obitelji iz svojih domova (Conley i dr., 2016).



Slika 7-2. Prikaz protoka ispuštanja metana kroz vrijeme (Conley i dr., 2016).

Izvješće neovisne konzultantske kompanije Blade Energy Partners, koje je objavljeno gotovo dvije godine nakon akcidenta, daje detaljan pregled događaja. Utvrđeno je da je uzrok istjecanja plina u okoliš bila elektrokemijska korozija nastala djelovanjem podzemnih voda na ugrađene zaštitne cijevi u bušotini. Bušotina SS-25 bila je izbušena kao naftna bušotina 1954. godine te je prenamijenjena za skladištenje plina 1973. Sigurnosni ventil uklonjen je 1979. i nikad nije zamijenjen novim.

Proces određivanja temeljnih uzroka akcidenta uključivao je provedbu testova hermetičnosti (engl. *Mechanical Integrity Test, MIT*), uključujući snimanja temperature (engl. *Temperature Log*) i snimanja šuma-buke (engl. *Noise log*), kako bi se otkrila moguća područja migracije fluida iza zaštitnih cijevi promjera 177,8 mm (7 in.). Korištenim alatima određuje se je li bilo oštećenja na području tubinga vanjskog promjera 73,03 mm (2 7/8 in.), zaštitnih cijevi vanjskih promjera 177,8 mm (7 in.) te zaštitnih cijevi vanjskih promjera 298,45 mm (11 ¾ in.). Otkrivene su znatne temperaturne anomalije na dubinama od 42 m i 103 m. Na dubini između 76 m i 89 m te oko pete kolone zaštitnih cijevi promjera 298,45 mm, na dubini od 250 do 365 m detektirane su zvučne anomalije. Na zaštitnim cijevima promjera 177,8 mm (7 in) uočena su znatna oštećenja na dubinama od 273 m i 1358 m. Zaštitne cijevi vanjskog promjera 298,45 mm pretrpjele su znatna oštećenja na dubinama 46 m i 58 m. Nabrojena oštećenja vidljiva su na slici 7-3. Izvlačenjem ugrađene opreme utvrđen je aksijalni lom na zaštitnim cijevima promjera 177,8 mm, također uz korozivna oštećenja. Korozivna oštećenja utvrđena su i na uvodnoj koloni zaštitnih cijevi (Kalifornijska komunalna komisija, 2022).



Slika 7-3. Vizualni prikaz mjesta oštećenja zaštitnih cijevi na bušotini SS-25 (Blade Energy Partners)

Vjeruje se da su iz SoCal Gasa utiskivali plin u ležište pri protoku većem od maksimalno dopuštenog, da bi se ispunile potrebe tržišta. Kako bi se to moglo postići, utiskivanje plina provodilo se kroz niz uzlaznih cijevi (tubing) i prstenasti prostor između zaštitnih cijevi i tubinga. Povećano utiskivanje plina i tlak izazvali su zamor materijala zaštitnih cijevi (Kalifornijska komunalna komisija, 2022).

Nakon provedene inspekcije otkrivena su oštećenja zaštitnih cijevi uzrokovana korozijom na čak 99 od 114 bušotina, a više od 60 popuštanja zaštitnih cijevi zabilježeno je prije samog akcidenta na bušotini SS-25. Utvrđeno da nisu provedene detaljne istrage uzroka sličnih akcidenata (engl. *Root Cause Analysis*) zbog čega problem djelovanja korozije na integritet bušotine nije bio dovoljno shvaćen. Analize rizika na području očuvanja integriteta bušotine također nisu provedene. Nedostajala je i dvostruka mehanička barijera u bušotini. Unutarnja pravila kompanije nisu zahtijevala redovite provjere stanja ugrađenih zaštitnih cijevi. Nije bila dovoljno shvaćena relativna dubina podzemnih voda u odnosu prema peti

kolone zaštitnih cijevi. Od velike bi pomoći bilo, a nije bilo primijenjeno, kontinuirano praćenje tlaka bušotine u realnom vremenu, što je uzrok nepravodobnom utvrđivanju ispuštanja iz bušotine SS-25, te se nije mogao odrediti protok plina (Blade Energy Partners, 2019).

Gotovo šest godina nakon akcidenta Aliso Canyon, *SoCalGas* pristao je isplatiti 1,8 milijardi dolara odštete lokalnom stanovništvu (Los Angeles Times, 2021).

8. AKCIDENTI PRI OBRADI UGLJIKOVODIKA

Akcidenti koji su obrađeni u radu dogodili su se pri obavljanju energetske djelatnosti obrade nafte i plina su eksplozije i požari na terminalu za ukapljivanje i uplinjavanje prirodnog plina u Skikdi te u rafinerijama u Texas Cityju i u gradu Catañu.

8.1 Akcident na terminalu za ukapljivanje i uplinjavanje prirodnog plina Skikda, Alžir

Na terminalu za ukapljivanje i uplinjavanje prirodnog plina u Alžiru, 19. siječnja 2004. godine, dogodila se eksplozija i buknuo je požar u kojem je poginulo 27, a ozlijeđeno 56 osoba. Materijalna šteta iznosila je 900 milijuna eura. Terminal, koji je u vlasništvu državne kompanije za naftu i plin, *Sonatrach*, tada je činio otprilike četvrtinu izvoznog kapaciteta cijele države (Ouddai i dr., 2012).

Samo postrojenje ima 6 jedinica za ukapljivanje. Jedinice 10, 20, 30 i 40 smještene su na zapadnom dijelu postrojenja, a jedinice 5P i 6P na njegovu istočnom dijelu. Izgled postrojenja prikazan je na slici 8-1. Predviđeni kapacitet jedinica 10, 20, 30 i 40 je oko $1{,}1\times10^9$ m^3 plina na godinu. Jedinice 5P i 6P su veće s predviđenim kapacitetom od oko $1{,}64\times10^9$ m^3 na godinu. U trenutku akcidenta postrojenje za ukapljivanje prirodnog plina bilo je u redovitom režimu rada. Nije se događalo ništa neobično, što su i potvrdila četiri operatera zadužena za jedinicu 40. No, oko 18 sati i 40 minuta jedan od operatera uočava veliko povećanje tlaka u kotlu jedinice 40, što je aktiviralo sigurnosni ventil. Zbog nastanka eksplozivne atmosfere, ubrzo se događa i prva eksplozija na jedinici 40. Slijedila je druga, veća eksplozija. Vatra se brzo proširila oko jedinica 40, 30 i 20 (Ouddai i dr., 2012).



Slika 8-1. Izgled postrojenja za ukapljivanje i uplinjavanje prirodnog plina (LNGPrime, 2021).

Nakon eksplozija, ekipa iz Nacionalnog koordinacijskog centra (engl. *National Coordination Center*) brzo je reagirala te poslala vatrogasce i vozila hitne pomoći. Zbog problema s telefonskim i mobilnim vezama, bio je potreban angažman vojske, koja je pomogla s vojnim vozilima i opremom za komunikaciju. Požar na jedinicama 20, 30 i 40 ugašen je nakon 8 sati. Zaštićena je jedinica 10, a sve su operacije bile zaustavljene. Prema riječima zaposlenika, na postrojenju nije bio dostupan plan evakuacije, a nisu se redovito provodile ni evakuacijske vježbe (Ouddai i dr., 2012).

U izvješću američkog Ministarstva energetike utvrđena je prisutnost vanjskih izvora zapaljenja u području rada. Pretpostavka je da se prirodni plin nekontrolirano ispuštao iz sustava, između kontrolne sobe i jedinice 40. Eksplozija se dogodila u kotlu, u postrojenju za ukapljivanje prirodnog plina, što je zatim izazvalo eksploziju već formiranog oblaka para. Zbog blizine jedinice 40 administrativnim, sigurnosnim i drugim objektima, u nesreći je mnogo ljudi ozlijeđeno i poginulo. Američko izvješće zaključuje da se nesreća ne bi dogodila da su se provele jednostavne mjere zaštite, kao što je sustav za detekciju plina (Ouddai i dr., 2012).

Budući da su gotovo svi podaci s postrojenja uništeni u požaru, službeno izvješće *Sonatracha* oslanja se na izjave svjedoka i nalaze provedenog inspekcijskog nadzora. Rezultati istrage prepoznali su oštećenje na cjevovodu za transport UPP-a kao glavni razlog akcidenta. Istražitelji su ustvrdili mogućnost da se nesreća dogodila zbog neispravnosti hladnjaka jedinice 40. Dogodilo se ili ispuštanje prirodnog plina ili rashladnog sredstva,

nakon čega se stvorio oblak pare. Jedinica 40 je u razdoblju između 1980. i 1991.godine imala nekoliko popravaka, a oni su se većinom odnosili na hladnjak, što upućuje na činjenicu da je izvor ispuštanja najvjerojatnije bio jedan od hladnjaka, a kotao je najvjerojatnije bio izvor zapaljenja (Ouddai i dr., 2012).

Nakon akcidenta, *Sonatrach* je odlučio uložiti u sigurnosnu infrastrukturu i unutar kompanije stvoriti da sigurnost bude na prvom mjestu. Primjenom sustava upravljanja zaštitom zdravlja, sigurnosti i okoliša želi se potaknuti svijest o prevenciji i smanjenju rizika od akcidenata (Ouddai i dr., 2012).

8.2 Eksplozija u rafineriji, Texas City, SAD

Eksplozija u rafineriji u gradu Texas Cityju dogodila se 23. ožujka 2005. U akcidentu je poginulo 15 radnika, a ozlijeđeno je 180 osoba, uz velika oštećenja rafinerije. Rafinerija je bila u vlasništvu BP-a (Gurung i dr., 2020).

Uzrok akcidenta bila je eksplozija parnog oblaka ugljikovodika, formiranog kod postrojenja za izomerizaciju. Izomerizacija je postupak u naftnoj industriji kojim se jednostavni ugljikovodici prerađuju u složenije izomere pogodnijih svojstava, tj. namjena postrojenja izomerizacije je povećanje oktanskog broja laganog benzina, prevođenjem normalnog pentana i heksana u razgranate alkane koji imaju bolja antidetonatorska svojstva.

Oko 2 sata ujutro, nakon redovitog održavanja postrojenja, ponovno je pokrenuta jedinica za izomerizaciju ugljikovodika. Proces pokretanja proveden je uz poštivanje svih predviđenih procedura, ali ubrzo nakon pokretanja proces se ponovno prekinuo, nakon što je primljena informacija o previsokoj razini fluida u sustavu. Operativno je dogovoreno da će se pokretanje postrojenja odgoditi do idućeg radnog dana, što je i potvrđeno pri predaji smjene. Nadzornik, koji nije bio prisutan na sastanku nije upućen u ono što je operativno dogovoreno, naredio je nastavak pokretanja postrojenja i nedugo nakon toga je napustio postrojenje zbog iznenadnih privatnih obveza, no nije imenovao službenu zamjenu, kao što određuje procedura. Operater je sam nadgledao ponovno pokretanje postrojenja za izomerizaciju (ISOM) te je nadgledao ostale jedinice. U jedinici za izomerizaciju razina fluida popela se do 30 m, što je čak 15 puta više od uobičajene razine. Senzor razine i dalje je pokazivao sigurnu razinu od 2,64 m (Gurung i dr., 2020).

Oko 13 sati, bez obzira na to što je ventil za kontrolu razine bio potpuno otvoren, razina fluida u sustavu dosegnula je 48 m te je u jednom trenutku 195 600 L zapaljive tekućine ušlo u bubanj za ispuštanje fluida. Zbog prekoračenja kapaciteta, fluid je istjecao u atmosferu uz stvaranje oblaka pare. Kao izvor zapaljenja i eksplozije navodi se dizel motor kamiona vanjske tvrtke izvođača remontnih radova (Gurung i dr., 2020). Gašenje požara na postrojenju prikazuje slika 8-1.

Akcident se dogodio zbog probijanja više mehaničkih barijera. Primjerice, sustav za pokazivanje razine rafiniranog fluida bio je nepravilno kalibriran i nije prikazivao točnu razinu. Alarm za upozoravanje o razini fluida nije bio u funkciji i nije se oglašavao. Ručno utvrđivanje razine fluida nije bilo moguće, jer je stakleni mjerač razine bio prljav. Također, ručni ventil koji omogućava operaterima da ispuštaju paru iz postrojenja, nije bio u funkciji (Gurung i dr., 2020).

Ovaj se akcident dogodio zbog nepoštovanja predviđenih internih procedura kompanije, loše komunikacije između zaposlenika, neispravnosti instrumenata, nedovoljnog broja zaposlenika koji bi nadgledali radnje, nedovoljne obučenosti zaposlenika te manjkavosti cijele sigurnosne kulture. BP je također dopustio svojim nadglednicima i operaterima da mijenjaju i prilagođavaju proceduralne korake bez prethodne analize (HSE, 2007).

Američki odbor za kemijsku sigurnost i istraživanje opasnosti (engl. *US Chemical Safety and Hazard Investigation Board*; *CSB*) proveo je istragu čiji su rezultati objavljeni 2007. godine. CSB je utvrdio da su organizacijski i sigurnosni nedostaci na svim razinama BP-a pridonijeli nastanku eksplozije. Optimalizacija troškova postrojenja provodila se na račun sigurnosnih mjera, iako je velik dio rafinerije i procesne opreme bio u lošem stanju. Utvrdili su i da je BP zbog uštede smanjio iznos novca namijenjenog za sigurnosnu obuku zaposlenika, ali i smanjio broj zaposlenih. Također, mjerodavno tijelo, Američki ured sigurnosti i zdravlja na radu (*Occupational Safety and Health Administration, OSHA*) nije proveo planirane sigurnosne nadzore u rafineriji. Na kraju je utvrđeno više od 300 kršenja sigurnosnih pravila, a izrečena kazna za BP bila je na razini od 21 milijun dolara, što je najveća takva kazna u povijesti OSHA-e. Nakon tog akcidenta, CSB je izdao preporuku za prepoznavanje umora kod zaposlenika i nošenja s umorom tijekom smjenskog rada. Direktiva API *Preporučena praksa 755* daje rafinerijama, petrokemijskim i kemijskim postrojenjima upute kako se nositi s umorom – Sustav za nošenje s rizicima umora (engl.

Fatigue Risk Management System, FRMS). Te upute uključuju preporuke za rad u rotirajućim smjenama, maksimalni broj prekovremenih sati te broj neprekinutih radnih dana (US Chemical Safety and Hazard Investigation Board [CSB], 2005).

BP je optužen za kršenje federalnih zakona na području zaštite okoliša te je prozvan u tužbama obitelji žrtava. Od tada je kompanija platila više od 2 milijarde dolara u nagodbama, a 2011. godine državi su isplatili 50 milijuna dolara (State Impact, 2012).



Slika 8-2. Prikaz gašenja požara nakon eksplozije u rafineriji BP-a (CSB, 2005).

8.3 Požar u naftnoj rafineriji Cataño, Portoriko

Eksplozija i požar u rafineriji nafte Cataño u gradu Bayamonu, u Portoriku, dogodili su se 23. listopada 2009. godine. Rafinerija je bila u vlasništvu CAPECO-a (*Carribean Petroleum Corporation).* Eksplozija je uništila 11 spremnika na postrojenju, a vatra se brzo proširila do okolnih spremnika. Oni su sadržavali benzin, gorivo za zrakoplove i dizel. Nakon eksplozije izmjeren je ekvivalent potresa magnitude 2,9 prema Richteru. Eksplozija se dogodila oko ponoći, a mogla se čuti i na udaljenosti do 18 km. U jednom trenutku vatra je dosezala i 30 m iznad rafinerije (slika 8-3) (BBC News, 2009).



Slika 8-3. Požar u rafineriji CAPECO-a (CSB, 2015).

Eksplozija se dogodila tijekom iskrcavanja benzina iz tankera *Cape Bruny*, u CAPECO-vu skladišnom prostoru. Iz spremnika kapaciteta 19000 m^3 fluid se prelio u sekundarnu tankvanu. Formirani oblak pare zapalio se kad je dosegnuo izvor zapaljenja u dijelu postrojenja za obradu otpadnih voda. Eksplozije koje su slijedile nanijele su veliku štetu na 17 od 48 spremnika, a oštetile su i okolne stambene i poslovne zgrade. Požar je trajao gotovo 60 sati. Naftni derivati prodirali su u tlo, ugrožavajući vodovodne mreže (CSB, 2015). Zabilježeno je oštećenje oko 300 stambenih i poslovnih prostora u radijusu od 2 km od rafinerije. Obližnja vojna baza *Fort Buchanan* pretrpjela je više od 5 milijuna dolara štete, prekinut je cestovni i zračni promet, a na tisuće litara naftnih derivata i pjene za gašenje požara ispušteno je u okoliš (CSB, 2015).

Istražna skupina CSB-a stigla je na mjesto akcidenta dva dana poslije. Njihovo izvješće upućuje da CAPECO-vo postrojenje prema američkim regulacijama nije tretirano kao visoko rizično. Neprikladne regulatorne postavke, nepouzdan sustav mjerenja i praćenja razine fluida, neprikladni alarmi te loše sigurnosno vođenje doveli su do visokorizičnog

postrojenja bez potrebnih mjera sigurnosti. Utvrđeno je da prisutnost spremnika blizu naseljenog područja automatski kategorizira postrojenje kao visokorizično. Potrebno je izdavanje i provedba regulacije koja se temelji na procjeni rizika i postojanje višestrukih barijera za sprječavanje prelijevanja spremnika, tj. smanjenja mogućnosti takvog akcidenta (CSB, 2015).

Nekoliko je uzroka prepunjenosti spremnika br. 409. Zbog neispravnosti manometra na spremniku, loše je procijenjena razina fluida, zatim je bila loša procjena protoka fluida tijekom pretakanja te neispravan plutajući krov. Spremnici nisu bili opremljeni neovisnim sustavom alarma za razinu fluida, kao ni sustavom za automatsko sprječavanje prepunjenosti. Nedovoljna osvijetljenost u postrojenju otežala je operaterima da uoče prepunjenost spremnika i stvaranje oblaka para. Ne postoji kvalitetan nacionalni registar u SAD-u koji bi prikazao koliko su česti ovakvi akcidenti na sličnim postrojenjima, što zahtijeva nove regulacije. Isto tako, CAPECO nije unaprijed planirao odziv lokalnih hitnih službi, a zaposlenici nisu bili obučeni za situacije da se zapali nekoliko spremnika. Također, koordinacija federalnih i lokalnih službi nije bila dovoljno dobra, što je još zakompliciralo reakciju na akcident (CSB, 2015).

Samo dan nakon eksplozije, na federalnom je sudu podignuta tužba protiv CAPECO-a. U prosincu iste godine, podignuta je tužba uime 1000 ljudi oštećenih tim akcidentom, koji su tražili 500 milijuna dolara odštete (repeatingislands, 2009). CAPECO je 2010. godine objavio bankrot, s dugom od 500 milijuna do milijardu dolara, a imovinom vrijednom samo 100 – 500 milijuna. Penali zbog neočišćenog područja akcidenta iznosili su 8,2 milijuna dolara (Delaware Bankruptcy Update, 2010).

9. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirani su i istraženi mnogi akcidenti koji su se istaknuli u svijetu u posljednjih 40-ak godina. U svakom je od njih jedan od glavnih ili sporednih uzroka bila ljudska pogreška, tj. nemar. Baza podataka ENSAD sadrži informacije o više od 1200 neželjenih događaja izljeva nafte u okoliš, koji su se dogodili u razdoblju između 1974. i 2010 godine, u *upstream* i *downstream* sektorima naftne industrije. U obzir su uzete nesreće s izljevima više od 200 t. Izljevi nafte s tankera činili su 75 % ukupnih akcidenata, 9 % bili su izljevi iz skladišnih prostora i rafinerija, 15 % izljevi iz cjevovoda, a samo 2 % akcidenata bilo je povezano s *upstream* aktivnosti. Bez obzira na to što izljevi nafte s tankera čine 75 % ukupnih događaja i 61 % izlivenog volumena nafte, broj događaja koji uključuje tankere pokazuje negativan trend, iako se povećava transportirani volumen fluida, a sve zahvaljujući napretku u tehnologiji, navigaciji itd. Izljevi pri skladištenju, transportu cjevovodima i rafiniranju nafte postali su češći s vremenom, a broj izljeva pri istraživanju i proizvodnji nije se puno promijenio. Istraživanja nekih autora dala su naslutiti i koje regije svijeta predvode prema broju akcidenata u naftnoj industriji. Tako je primjerice u razdoblju 2013. – 2017. uočeno da se od 184 proučavana akcidenta, njih 59 dogodilo u Aziji, a taj podatak ne iznenađuje, s obzirom na nisku razinu primjene mjera sigurnosti na radu upravo na tom području. Naftna industrija zahtijeva visok stupanj sigurnosti i zaštite na radu. Uočljivo je da azijska regija prednjači u broju akcidenata, iz godine u godinu, što upozorava na loše sigurnosne prakse i nedovoljno kvalitetno obučavanje zaposlenika, dok se u ostatku svijeta neprestano radi na poboljšanju tih segmenata.

Bitno je provoditi i uskladiti aktivnosti kompanije sa zahtjevima zakonske regulative, i relevantnih industrijskih standarda. Sustavi upravljanja sigurnošću procesa također moraju biti jasno primijenjeni i konstantno poboljšavani, a oni su sve češće i uvjet kompanijama za dobivanje licenci za rad. Za sve kompanije bi bilo korisno da u lanac odlučivanja uključe inženjere zadužene za sigurnost na postrojenjima, što bi svakako poboljšalo sigurnost na radu, te smanjilo mogućnost akcidenata. Certifikacija i obuka ljudstva je vrlo važna, a prečesto kompanije radi uštede zanemaruju taj segment. Na kraju, važno je iniciranje promjene od strane rukovodećih osoba, koje će pažljivo proučiti sve sigurnosne parametre i potencijalne rizike na nekom postrojenju. Najznačajniji akcident s obzirom na broj žrtava se dogodio na *Piper Alpha* platformi, gdje je život izgubilo 167 osoba. Akcident koji se ističe s obzirom na duljinu trajanja je svakako onaj na *Aliso Canyon* skladištu plina, gdje je došlo

do višemjesečnog ispuštanja plina na tom području, a sve zbog lošeg održavanja infrastrukture. Za cijelu naftnu industriju u 21. stoljeću, prekretnica je bila akcident platforme *Deepwater Horizon*, s obzirom da se nakon tog akcidenta, zbog strožih zakonskih zahtjeva na području sigurnosti i zaštite okoliša, pristup brojnih kompanija morao promijeniti.

U industriji je potrebno da sudionici shvate povezanost između sigurnosti i profita, jer akcidenti narušavaju financije, ali i reputaciju kompanije kod koje se akcident dogodio. Izuzetno veliki sudski troškovi i nagodbe trebaju biti pouka mnogim kompanijama, osobito nakon akcidenata poput havarije platforme *Deepwater Horizon,* jer predstavljaju teret za kompaniju koji može dovesti u pitanje buduće poslovanje.

Važni su i učenje iz prošlih akcidenata, analiza posljedica, kao i održavanje postrojenja, jer pridonose tehnološkom napretku postrojenja i povećanju efikasnosti tehnički i tehnološki napredak uvijek mora biti prioritet, jer uz zanemarivanje napretka opasnost od akcidenata raste.

Mnogi akcidenti nisu dovoljno istraženi i proučeni, te je zbog toga teže izvući i pouke iz akcidenta. U istraživanju za ovaj rad, otežano je bilo pronalaženje službenih izvješća za neke akcidente, a to se osobito odnosi na akcidente koji su se dogodili na području Kine. Svakako je važno da se po istraženom akcidentu podijele naučene lekcije sa svim zaposlenicima, a sve u cilju prevencije da se isti ili sličan događaj više ne ponovi.

10. LITERATURA

1. ACS Chem. Health Saf. 2020. The Piper Alpha Disaster: A Personal Perspective with Transferrable Lessons on the Long-Term Moral Impact of Safety Failures
2. ALMAR-NAESS, A., MOAN, T., HAAGENSEN, P., LIAN, B. 1982. Investigation of the Alexander L. Kielland Failure—Metallurgical and Fracture Analysis
3. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. URL: https://www.api.org (16.8.2022.)
4. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. URL: https://www.api.org/ products-and-services/standards/ (16.8.2022.)
5. ARCHER KNIGHT. 2020. Remembering Ocean Odyssey. URL: https://www.archerknight.com/post/remembering-ocean-odyssey (20.8.2022.)
6. ATHERTON, W., ASH J.W., MOORES, J., BOOTH, C. 2007. REVIEW OF FAILURES, CAUSES & CONSEQUENCES IN THE BULK STORAGE INDUSTRY
7. ATKINSON, G. 2017. Buncefield: Lessons learned on emergency preparedness
8. BARIHA, N., MISHRA I.M. , SRIVASTAVA V. 2014. Analysis of fire and explosion hazards during surface transport of liquefied petroleum gas: A case study
9. BBC NEWS. 2009. Evacuation from Puerto Rico fire. URL: http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/8323569.stm (20.8.2022.)
10. BLADE ENERGY PARTNERS. 2019. Root Cause Analysis of the Uncontrolled Hydrocarbon Release from Aliso Canyon SS-25 – Main Report
11. BOUCHARD J.K. 1983. Gasoline Storage Tank Explosion and Fire: Newark NJ January 7, 1983
12. BRITISH PETROLEUM, 2010. Deepwater Horizon Accident Investigation Report
13. CHINA LABOUR BULLETIN. 2019. Gas Well Accident kills at least 191 people in the Chuandongbei gas field. URL: https://clb.org.hk/content/
14. CONLEY, S., FRANCO, G., FALOONA, I., BLAKE, D.R., PEISCHL, J., RYERSON, T.B. 2016. METHANE EMISSIONS FROM THE 2015 ALISO CANYON BLOWOUT IN LOS ANGELES, CA
15. CULLEN, W.D. 1990. The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster
16. DAS BUNDESAMT FUR UMWELT. 2022. Störfallvorsorge bei Erdgasleitungen: Gut geschützt vor der Katastrophe. URL: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/ (1.12.2022.)

17. DELAWARE BANKRUPTCY UPDATE. 2010. Caribbean Petroleum Files for Bankruptcy Following Explosion at Petroleum Tank Farm. URL: https://delawarebankruptcy.foxrothschild.com/2010/08/articles/bankruptcy-case-summary/caribbean-petroleum-files-for-bankruptcy-following-explosion-at-petroleum-tank-farm/ (20.8.2022.)
18. DEWOLF, GB. 2003. Process safety management in the pipeline industry: parallels and differences between the pipeline integrity management (IMP) rule of the Office of Pipeline Safety and the PSM/RMP approach for process facilities. J Hazardous Mat. 2003;104(1–3):169–192.
19. ECKLE, P., BURGHERR, P., MICHAUX, E. 2012. Risk of large oil spills: a statistical analysis in the aftermath of Deepwater Horizon. Environ Sci Technol. 2012 Dec 4;46(23):13002-8.
20. ELLUL, I.R. 2014. The Piper Alpha Disaster - A Forensic Pipeline Simulation Study.
21. ESKENAZI, B., WARNER, M., BRAMBILLA, P., SIGNORINI, S., AMES, J., MOCARELLI, P. 2018. The Seveso accident: A look at 40 years of health research and beyond. Environ Int. 2018 Dec;121(Pt 1):71-84.
22. FABIG. INDUSTRIAL ACCIDENTS. URL: https://www.fabig.com/industrial-accidents/piper-alpha-uk/ (20.8.2022.)
23. FRANCUSKO MINISTARSTVO ODRŽIVOG RAZVOJA. 2009. Rupture and ignition of a gas pipeline 30 July 2004 Ghislenghien Belgium.
24. GEXCON. 2021. Learnings from the Buncefield oil storage depot explosion: The first key question. URL: https://www.gexcon.com/blog/learnings-from-the-buncefield-oil-storage-depot-explosion-the-first-key-question/ (20.8.2022.)
25. GIBSON, V. 2015. A Catalogue of Disasters
26. GURUNG, K., JAYADEEP, L., SIWEK, J., VORA, S., ZHOU, D. 2020. Texas City Refinery explosion — safety out of focus
27. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. 2012. The Report of the Buncefield Major Incident Investigation Board into the policy and procedures of the Health and Safety Executive's and the Environment Agency’s role in regulating the activities on the Buncefield site under the COMAH Regulations
28. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. 2017. Review of Vapour Cloud Explosion Incidents
29. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. Texas City Incident Human Factor Aspects
30. HERTSLIVE. 2021. Buncefield fire 16 years on: The devastating Hertfordshire explosion

that was heard across Europe. URL: https://www.hertfordshiremercury.co.uk/news/hertfordshire-news/ (20.8.2022.)

31. ICHEME SAFETY CENTRE. 2020. Gasoline Storage Tank Overfilled. URL: https://icheme.org/media/14090/buncefield-incident-summary-11-dec-05.pdf (1.12.2022.)
32. IMECHANICA 2012. Sergios Salavasidis's blog, URL: https://imechanica.org/node/13745 (20.8.2022.)
33. Industrial Fire World. 2006. Buncefield: One Year Later. URL: https://web.archive.org/web/20091130231700/http://www.fireworld.com/ifw_articles/hardinghar.php (20.8.2022.)
34. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 2016. Petroleum and natural gas industries — Offshore production installations — Major accident hazard management during the design of new installations. URL: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:17776:ed-2:v1:en (23.8.2022.)
35. IOGP 2016. Safety performance indicators – 2016 data [Internet]. London: International Association of Oil and Gas Producers. URL: https://www.iogp.org/bookstore/product/safety-performance-indicators-2016-data/ (21.8.2022.)
36. IRC RISK AND SAFETY 1988. Blowout on Ocean Odyssey. URL: http://archive.constantcontact.com/fs037/1102467289629/archive/1102726686951.html (20.8.2022.)
37. KALIFORNIJSKA KOMUNALNA KOMISIJA. Aliso Canyon Well Failure. URL: https://www.cpuc.ca.gov/regulatory-services/safety/gas-safety-and-reliability-branch/aliso-canyon-well-failure (20.8.2022.)
38. KATSAKIORI, P., SAKELLAROPOULOS, G., MANATAKIS, E. 2009. Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models. Saf Sci. 2009;47(7):1007–1015.
39. KIM, W., BURGHERR, P., SPADA, M., KALININA, A., HIRSCHBERG, S. 2019. Energy-related Severe Accident Database (ENSAD): cloud-based geospatial platform, Big Earth Data, 2:4, 368-394,
40. KNEGTERING, B., PASMAN, H. 2013. The safety barometer. J Loss Prev Process Ind. 2013;26(4):821–829.
41. KUMAR, P. 2013. Fire disaster following LPG tanker explosion at Chala in Kannur (Kerala, India): August 27, 2012. Burns. 2013 Nov;39(7):1479-87.
42. LATTANZIO, R., PARFOMAK, P. 2016. The Aliso Canyon Natural Gas Leak: State and Federal Response and Oversight

43. LINDEBERG, E., BERGMO, P., TORSAETER, M., GRIMSTAD, A.A. 2016. Aliso Canyon leakage as an analogue for worst case CO2 leakage and quantification of acceptable storage loss
44. LINDOE, P.H., ENGEN O.A., OLS.EN O.E. 2009. Responses to accidents in different industrial sectors. Saf Sci. 2011;49(1):90–97.
45. LINKEDIN. 2018. Ocean Odyssey Blowout – 22nd Sept 1988. URL: https://www.linkedin.com/pulse/ (20.8.2022.)
46. LNGPRIME. 2021. Algeria's Sonatrach resumes Skikda LNG production. URL: https://lngprime.com/africa/algerias-sonatrach-resumes-skikda-lng-production/26272/ (20.8.2022.)
47. LOS ANGELES TIMES. 2021. Halliburton failed to stop a massive gas leak. Now it claims key evidence was stolen. URL: https://www.latimes.com/business/story/2021-12-21/halliburton-claims-key-evidence-stolen-after-aliso-canyon-gas-leak (20.8.2022.)
48. MACLEOD, F., RICHARDSON, S. 2018. Piper Alpha – What have we learned? URL: https://www.icheme.org/media/1237/lpb261_pg03.pdf (19.8.2022.)
49. MANNAN M.S. 2011. The Buncefield explosion and fire–lessons learned
50. MARHAVILAS, P., KOULOURIOTIS, D. Risk-Acceptance Criteria in Occupational Health and Safety Risk-Assessment—The State-of-the-Art through a Systematic Literature Review
51. MARHAVLIAS, P.K., KOULOURIOTIS, D.E. 2021.: Risk-Acceptance Criteria in Occupational Health and Safety Risk-Assessment—The State-of-the-Art through a Systematic Literature Review. Safety 2021, 7, 77.
52. MEKOVEC, I. 2003. Prijevoz eksplozivnih tvari cisternama
53. NARODNE NOVINE br. 106/13. Pravilnik o trajnom zbrinjavanju plinova u geološkim strukturama. Zagreb: Narodne novine d.d.
54. NARODNE NOVINE br. 108/95. Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima. Zagreb: Narodne novine d.d.
55. NARODNE NOVINE br. 142/13. Pravilnik o istraživanju i eksploataciji mineralnih sirovina. Zagreb: Narodne novine d.d.
56. NARODNE NOVINE br. 30/21. Zakon o izmjenama i dopunama zakona o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika. Zagreb: Narodne novine d.d.
57. NARODNE NOVINE br. 44/14. Uredba o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari. Zagreb: Narodne novine d.d.

58. NARODNE NOVINE br. 50/20. Zakon o izmjenama i dopunama zakona o sigurnosti pri odobalnom istraživanju i eksploataciji ugljikovodika. Zagreb: Narodne novine d.d.
59. NARODNE NOVINE br. 51/21. Pavilnik o istragama velikih nesreća pri odobalnom istraživanju i eksploataciji ugljikovodika. Zagreb: Narodne novine d.d.
60. NARODNE NOVINE br. 52/10 Pravilnik o bitnim tehničkim zahtjevima, sigurnosti i zaštiti pri istraživanju i eksploataciji ugljikovodika iz podmorja Republike Hrvatske. Zagreb: Narodne novine d.d.
61. NARODNE NOVINE br. 52/18. Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika. Zagreb: Narodne novine d.d.
62. NARODNE NOVINE br. 52/19. Zakon o izmjenama zakona o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika. Zagreb: Narodne novine d.d.
63. NARODNE NOVINE br. 54/99 Pravilnik o zapaljivim tekućinama. Zagreb: Narodne novine d.d.
64. NARODNE NOVINE br. 56/10. Zakon o izmjenama i dopunama zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima. Zagreb: Narodne novine d.d.
65. NARODNE NOVINE br. 70/07. Zakon o prijevozu opasnih tvari. Zagreb: Narodne novine d.d.
66. NARODNE NOVINE br. 70/17. Zakon o eksplozivnim tvarima te proizvodnji i prometu oružja. Zagreb: Narodne novine d.d.
67. NARODNE NOVINE br. 78/15. Zakon o sigurnosti pri odobalnom istraživanju i eksploataciji ugljikovodika. Zagreb: Narodne novine d.d.
68. NARODNE NOVINE br. 80/13. Zakon o zaštiti okoliša
69. NARODNE NOVINE. br. 118/18. Zakon o izmjenama i dopunama zakona o zaštiti okoliša
70. NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD 1983. CAPSIZING AND SINKING OF THE UNITED STATES DRILLSIDP GLOMAR JAVA SEA IN THE SOUTH CHINA SEA 65 NAUTICAL MILES SOUTH-SOUTHWEST OF HAINAN ISLAND, PEOPLES REPUBLIC OF OCTOBER 25, 1983.
71. NWANKWO, C.D., AREWA, A.O., THEOPHILUS, S.C., ESENOWO, V.N. 2022. Analysis of accidents caused by human factors in the oil and gas industry using the HFACS-OGI framework, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 28:3, 1642-1654
72. ODBOR ZA KEMIJSKU SIGURNOST I ISTRAŽIVANJE OPASNOSTI. 2009. FINAL INVESTIGATION REPORT CARIBBEAN PETROLEUM TANK TERMINAL EXPLOSION AND MULTIPLE TANK FIRES

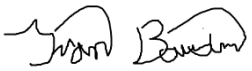
73. OIL AND GAS IQ. 2018. URL: / https://www.oilandgasiq.com/oil-gas/articles/the-history-of-asset-integrity-management-in-the-u (20.8.2022.)
74. OKOLI, A., CHUKWUMA, I., ORINYA, S. 2013. Oil pipeline vandalism and Nigeria's national security. Global Journal of Human Social Science Political Science
75. OLU-ADEYEMI, L. 2020. The Political Ecology of Oil Pipeline Vandalism in Nigeria.
76. OUDDAI, R., CHABANE, H., BOUGHABA, A., FRAH, M. 2013. The Skikda LNG accident: losses, lessons learned and safety climate assessment.
77. PALLARDY R., 2022. Britannica. Deepwater Horizon oil spill. URL: https://www.britannica.com/event/Deepwater-Horizon-oil-spill (17.8.2022.)
78. PALTRINIERI, N., DECHY, N., SALZANO, E., WARDMAN, M., COZZANI, V. 2012. Lessons learned from Toulouse and Buncefield disasters: from risk analysis failures to the identification of atypical scenarios through a better knowledge management
79. REES-GILDEA, P., GELETA B. 2018. Nigeria: Pipeline Explosion
80. REPEATING ISLANDS. 2009. LEGAL ACTION TAKEN AGAINST THE CARIBBEAN PETROLEUM COMPANY. URL: https://repeatingislands.com/2009/12/12/legal-action-taken-against-the-caribbean-petroleum-company-2/ (20.8.2022.)
81. SAFETY4SEA. 2019. Alexander L. Kielland: Norway's worst offshore disaster. URL: https://safety4sea.com/cm-alexander-l-kielland-norways-worst-offshore-disaster/ (20.8.2022.)
82. SHIPS AND OIL The Glomar Java Sea Disaster. URL: https://www.shipsandoil.co.uk/accident-reports-introduction/the-glomar-java-sea-accident (20.8.2022.)
83. SKALLE, P., AAMODT, A., LAUMANN, K. 2014. Integrating human related errors with technical errors to determine causes behind offshore accidents. Saf Sci. 2014;63:179–190.
84. SLUŽBENI LIST EUROPSKE UNIJE, 1982. Direktiva 82/501/EEZ URL: https://eur-lex.europa.eu/
85. SLUŽBENI LIST EUROPSKE UNIJE, 1997. Direktiva 97/11/EC URL: https://eur-lex.europa.eu/
86. SLUŽBENI LIST EUROPSKE UNIJE, 2003. Direktiva 2003/35/EZ URL: https://eur-lex.europa.eu/
87. SLUŽBENI LIST EUROPSKE UNIJE, 2010. Direktiva 2010/75/EU URL: https://eur-lex.europa.eu/
88. SLUŽBENI LIST EUROPSKE UNIJE, 2012. Direktiva 2012/18/EU URL: https://eur-lex.europa.eu/

89. SLUŽBENI LIST EUROPSKE UNIJE, 2013. Direktiva 2013/30/EU URL: https://eur-lex.europa.eu/
90. SLUŽBENI LIST EUROPSKE UNIJE, 2014. Direktiva 2014/52/EU URL: https://eur-lex.europa.eu/
91. STANDARDS NORWAY. NORSOK standards. URL: https://www.standard.no/en/sectors/energi-og-klima/petroleum/norsok-standards/#.Y43fUnbMJPY (21.8.2022.)
92. STATE IMPACT. 2012. BP Settles With OSHA: $13 Million For Texas City Refinery Explosion. URL: https://stateimpact.npr.org/texas/2012/07/12/bp-settles-with-osha-13-million-for-texas-city-refinery-explosion/ (20.8.2022.)
93. STATISTA. 2021. Average annual number of large oil spills worldwide per decade from 1970 to 2021*. URL: https://statista.com/statistics/671539 (20.8.2022.)
94. STATISTA. 2021. Volume of oil leaked from tanker incidents worldwide 1970 to 2021. URL: https://www.statista.com/statistics/268557 (20.8.2022.)
95. STATISTA. 2022. Volume of oil leaked from tanker incidents worldwide 1970 to 2021 URL: https://www.statista.com/statistics/(20.8.2022.)
96. SULAIMA, M.F., ZAMBRI, M.K.M., OTHMAN M.N., MOHD NASIR, M.N., JALI, M., BOHARI, Z.H., WAN DAUD, W.M.B., IZUDDIN, T.A., NOR, M. 2014. Case study of engineering ethics toward natural Gas Pipeline leaking: An analysis through solving technique
97. THE CHEMICAL ENGINEER. 2018. URL: thechemicalengineer.com /features/piper-alpha-the-disaster-in-detail/ (20.8.2022.)
98. THE GUARDIAN 2018. Deepwater Horizon disaster altered building blocks of ocean life. URL: https://www.theguardian.com/environment/2018/jun/28/bp-deepwater-horizon-oil-spill-report (20.8.2022.)
99. THE HINDU BUSSINESLINE. 2012. LPG tanker operators threaten to stop services in South. URL: https://www.thehindubusinessline.com/economy/logistics/lpg-tanker-operators-threaten-to-stop-services-in-south/article23084098.ece (20.8.2022.)
100. THE NEW YORK TIMES 1983. HUMAN ERROR BLAMED IN NEWARK TANK FARM BLAST. URL: https://www.nytimes.com/1983/03/04/nyregion/human-error-blamed-in-newark-tank-farm-blast.html (20.8.2022.)
101. THE NEW YORK TIMES 1998. Oil Pipeline Blows Up in Nigeria, Killing 250. URL: https://www.nytimes.com/1998/10/19/world/oil-pipeline-blows-up-in-nigeria-killing-250.html (19.8.2022.)

102. THE NEW YORK TIMES 2003. Gas Well Explosion and Fumes Kill 191 in China. URL: https://www.nytimes.com/2003/12/26/world/gas-well-explosion-and-fumes-kill-191-in-china.html (20.8.2022.)
103. TIMES OF INDIA 2012. Locals blame divider for Chala mishap. URL: https://timesofindia.indiatimes.com/city/kozhikode/locals-blame-divider-for-chala-mishap/articleshow/16597836.cms (20.8.2022.)
104. TOKARSKI, E. 2013. The safety professional's role: in support of industrial facilities operations and maintenance (O&M). Bloomington (IN): Xlibris Corpo
105. US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD. 2005. INVESTIGATION REPORT REPORT NO. 2005-04-I-TX REFINERY EXPLOSION AND FIRE
106. US Chemical Safety and Hazard Investigation Board. 2005. REPORT NO. 2005-04-I-TX REFINERY EXPLOSION AND FIRE
107. US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD. 2015. FINAL INVESTIGATION REPORT CARIBBEAN PETROLEUM TANK TERMINAL EXPLOSION AND MULTIPLE TANK FIRES

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno na temelju znanja i vještina stečenih na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, pod nadzorom mentorice, koristeći se navedenom literaturom.



Ivan Baudoin

KLASA: 602-01/22-01/203
URBROJ: 251-70-12-22-2
U Zagrebu, 12.12.2022.

Ivan Baudoin, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/22-01/203, URBROJ: 251-70-12-22-1 od 02.11.2022. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

Analiza akcidenata u naftnoj industriji

Za mentoricu ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada doc. dr. sc. Karolina Novak Mavar nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentorica:

(potpis)

doc. dr. sc. Karolina Novak Mavar

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Luka Perković

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje Pašić

(titula, ime i prezime)