

# ZAŠTITA SPREMNIKA ZA SKLADIŠTENJE UKAPLJENOG NAFTNOG PLINA U RAFINERIJU NAFTI SISAK OD POŽARA I EKSPLOZIJA

---

Skrbin, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac  
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:311884>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-21**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied  
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI



Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Kristijan Skrbín

**ZAŠTITA SPREMNIKA ZA SKLADIŠTENJE  
UKAPLJENOG NAFTNOG PLINA U  
RAFINERIJI NAFTE SISAK OD POŽARA I  
EKSPLOZIJA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2019.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Kristijan Skrbin

**FIRE AND EXPLOSION PROTECTION OF  
LIQUEFIED PETROLEUM GAS STORAGE  
TANKS IN THE PETROLEUM RAFINERY  
SISAK**

FINAL PAPER

Karlovac, 2019.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Kristijan Skrbín

**ZAŠTITA SPREMNIKA ZA SKLADIŠTENJE  
UKAPLJENOG NAFTNOG PLINA U  
RAFINERIJI NAFTE SISAK OD POŽARA I  
EKSPLOZIJA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Mr. sc. Kirin Snježana

Karlovac, 2019.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J. J. Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij:.....**Sigurnost i zaštita**.....  
(označiti)

Usmjerenje:.....**Zaštita od požara**.....Karlovac, .....

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student:.....**Kristijan Skrbin**..... Matični broj:..**0416616017**...

Naslov:.....**Zaštita spremnika za skladištenje ukapljenog naftnog plina u Rafineriji nafte Sisak od požara i eksplozija**.....

**Opis zadatka:** Cilj zadatka je objasniti koje su opasnosti od požara i eksplozija prilikom skladištenja ukapljenog naftnog plina, karakteristike samog ukapljenog naftnog plina te zaštita od požara i eksplozija spremnika navedene sirovine u Rafineriji nafte Sisak.

Zadatak zadan: \_\_06/2019\_\_ Rok predaje rada: \_\_\_\_08/2019\_\_

Predviđeni datum obrane: \_\_\_\_\_

Mentor: \_\_\_\_\_ Predsjednik ispitnog povjerenstva: \_\_\_\_\_

## **PREDGOVOR**

S obzirom da sam po zanimanju profesionalni vatrogasac, sa provedenim trogodišnjim radnim stažem u Rafineriji nafte Sisak, odlučio sam se za stvaranje završnog rada na temu zaštite od požara u naftnoj industriji. Rad sam izradio sam uz savjete i preporuke kolega vatrogasaca.

Ovim putem želio bih se zahvaliti svojoj mentorici mr. sc. Snježani Kirin koja je prihvatila moju želju da izradim završni rad na ovu temu te mi kroz konzultacije pružala kvalitetne smjernice uz koje sam lakše izradio završni rad.

Također se zahvaljujem svim djelatnicima i profesorima Veleučilišta u Karlovcu koji su mi pomogli u usavršavanju mog znanja o zaštiti od požara.

Posebno se želim zahvaliti svojoj obitelji, djevojci te kolegama koji su bili uz mene tijekom cijelog studija i pružali mi podršku u svim trenucima.

## SAŽETAK

Završni rad opisuje primjenu preventivnih mjera zaštite od požara za zaštitu spremnika ukapljenog naftnog plina (UNP) te vatrogasnu taktiku u slučaju požara. Ukapljeni naftni plin je širokog spektra primjene, bez boje i mirisa, a skladišti se u tekućem agregatnom stanju pri povišenom tlaku. S obzirom na to, postoje skladišta koja su specijalno izgrađena za njegovo skladištenje i daljnji transport.

U radu, se osim osnovnih značajki ukapljenog naftnog plina te karakteristika njegovih spremnika, općenito govori o gorenju i gašenju, a posebno će biti prikazana vatrogasna taktika prilikom ispuštanja ukapljenog naftnog plina iz spremnika. Također, opisuje veliku ulogu stabilnih sustava u zaštiti od požara, a posebice *drencher* stabilnih sustava koji se često primjenjuju u skladištima nafte i naftnih derivata.

Kao primjer skladišta ukapljenog naftnog plina detaljno je opisan INA-in prihvatno-otpremni terminal u Rafineriji nafte Sisak.

**Ključne riječi:** ukapljeni naftni plin, zaštita od požara, spremnik, Rafinerija nafte Sisak

## **SUMMERY**

The final paper describes employment of fire prevention measures for the protection of liquefied petroleum gas storage tanks and firefighting tactics in the event of a fire. Liquefied petroleum gas (LPG) is a widely used fuel stored as a colorless odorless liquid under pressure. In view of this, there are warehouses specifically built for its storage and transportation.

This paper describes the basic features of liquefied petroleum gas and the characteristics of its reservoir. In addition, it deals with fire and fire extinguishing in general terms, with special reference to the application of firefighting tactics in case of liquefied petroleum gas leakage. Further on, it describes the significant role of stable fire protection systems, especially drencher systems which are used in oil terminals.

INA's Oil Refinery and Dispatch Terminal in Sisak, Croatia is described in detail as an example of a liquefied petroleum gas depot.

**Keywords:** liquefied petroleum gas, fire protection, storage, Sisak Terminal



## SADRŽAJ RADA:

PREDGOVOR .....	I
SAŽETAK .....	II
SADRŽAJ RADA:.....	III
1. UVOD .....	1
1.1. Predmet i cilj rada .....	2
1.2. Izvor podataka i metoda prikupljanja.....	2
2. OPČENITO O UKAPLJENOM NAFTNOM PLINU I NJEGOVOU SKLADIŠTENJU U SPREMNICIMA .....	3
2.1. Značajke UNP-a.....	3
2.2. Vrste spremnika i karakteristike.....	5
3. SPREMNICI UNP-a U RAFINERIJU NAFTNE SISAK (RNS).....	9
3.1. Pregled požarnih sektora nafte i naftnih derivata.....	9
3.2. Opasnost skladištenja i zaštita spremnika UNP-a .....	10
3.3. Nastanak požara i eksplozija na spremnicima UNP-a.....	18
3.4. Mjere prve pomoći .....	22
3.5. Procjena rizika i preventivne mjere zaštite spremnika .....	26
3.6. Tehničko-tehnološke mjere zaštite spremnika .....	30
3.7. Postrojbe i materijalno-tehnička sredstva u slučaju nesreće .....	31
3.8. Obavještanje i uzbuđivanje u slučaju nesreće.....	42
3.9. Interventne mjere u slučaju zapaljenja, eksplozije ili propuštanja .....	44
4. TAKTIČKA PREDPOSTAVKA INTERVENCIJE VATROGASNE POSTROJBE ZBOG ISTJECANJA UNP-a NA SPREMNIKU.....	46
4.1 Taktički razvoj vatrogasne intervencije .....	46
5. ZAKLJUČAK.....	49
6. LITERATURA .....	50
7. PRILOZI .....	51
7.1. Popis slika.....	51
7.2. Popis tablica .....	51

## 1. UVOD

Rafinerija nafte Sisak (u daljnjem tekstu INA RNS) je Pravilnikom o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara (N.N. 92/10), razvrstana u Ia kategoriju ugroženosti od požara.

Velike opasnosti koje proizlaze iz procesa prerade nafte i naftnih derivata te pravilima postojeće legislative, poslodavac je dužan organizirati službu zaštite od požara s vatrogasnom postrojbom i odgovarajućim brojem djelatnika za obavljanje unutarnjeg nadzora nad provedbom mjera zaštite od požara.

Isto tako je obveza poslodavca stalno ulagati u zaštitu na svim poljima. Jedna od velikih stavki u održavanju nivoa sigurnosti i zaštite je i opremljenost vatrogasne postrojbe te stalna ulaganja u istu.

Samo modernom i ispravnom opremom može se sigurno i kvalitetno djelovati u akcidentnim situacijama. Dio te opreme su i vatrogasna vozila koja su temelj svake intervencije i ona su osnovno oruđe svakog vatrogasca.

Ozbiljno uzevši u obzir opasnosti te zakonsku regulativu poslodavac je (u ovom slučaju INA Rafinerija nafte Sisak) od samih početaka uzeo sve parametre u obzir, tako da sada u INA RNS djeluje vrlo dobro opremljena profesionalna vatrogasna postrojba koja već dugi niz godina ispunjava sve zadatke koji se pred nju postavljaju. Sve gore navedeno je u cilju što kvalitetnije zaštite od požara te sigurnosti općenito.

INA Rafinerija nafte Sisak za osnovnu djelatnost ima preradu nafte i naftnih derivata te manipulaciju istih. Široka paleta poslova te opasnosti koje proizlaze iz toga, specifični su za ovu granu industrije. Sve većim regulativama koje nam dolaze iz Europske unije, postavljaju se sve veći zahtjevi i poboljšanja koji se moraju ispuniti. Danas u INA RNS radi oko 500 radnika koji su zbog tehnološkog procesa stalno izloženi opasnostima od požara i eksplozije. Svi napori radnika, kako za to zaduženih službi te poslodavca, usmjereni su na to da do požara ne dođe. Međutim, zbog široke palete prisutnih opasnosti, taj se cilj u potpunosti ne može ostvariti.

Razne vrste akcidentnih situacija kao što su npr.:

- izbijanja raznih vrsta zapaljivih materijala,
- izljevanja,
- propuštanja,
- ljudski faktor nepažnje (nepropisno izvođenje radova),
- radovi sa vatrom,
- žar cigarete,
- statički elektricitet...

dovode do nastanka požara i tehnoloških eksplozija.

Zbog nepredvidivih takovih situacija, velik trud se ulaže u održavanje opreme u ispravnom stanju, te osposobljenosti i edukacijom radnika za rad na siguran način kroz razne vrste tečajeva, a koji se održavaju od strane stručno osposobljenih i iskusnih ljudi u prostorijama naše postrojbe.

### **1.1. Predmet i cilj rada**

Predmet i cilj rada je prikazati moguće izvedbe spremnika ukapljenog naftnog plina, njihovu zaštitu od požara uslijed istjecanja plina, posebno bazirajući se na spremnike u Rafineriji nafte Sisak.

### **1.2. Izvor podataka i metoda prikupljanja**

Tijekom izrade završnog rada korištene su domaće stručne knjige i članci iz područja zaštite od požara. Prikupljanje literature trajalo je dva mjeseca, uz pomoć internet tražilice, vlastite literature prikupljene tijekom vatrogasne škole i fakultetskog obrazovanja. Veliki izvor podataka također sam prikupio kao zaposlenik Vatrogasne postrojbe Rafinerije nafte Sisak.

## 2. OPĆENITO O UKAPLJENOM NAFTNOM PLINU I NJEGOVOM SKLADIŠTENJU U SPREMNICIMA

### 2.1. Značajke UNP-a

Ukapljeni naftni plin (UNP) ili u zemljama engleskog područja *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) su naftni ugljikovodici i njihove smjese u tekućem ili plinovitom stanju čiji parni tlak prelazi 1,25 bara pri temperaturi 40°C. Propan i butan kao njihovi najvažniji predstavnici na temperaturi okoline i na atmosferskom tlaku su u plinovitom stanju. U cilju lakšeg skladištenja podvrgavaju se povećanom tlaku čime se plin pretvara u tekuće agregatno stanje. Kod korištenja plina ponovnim smanjenjem tlaka, tekućina prelazi u plinovito stanje. Naziv naftni dobio je zbog svog podrijetla jer su osnovne sirovine za njegovo dobivanje naftni zemni plin i nafta. [1]

UNP (propan-butan) je zbog svojih izuzetnih svojstava kao jedinstven izvor topline uvelike zamijenio klasična goriva. Čisti UNP smjesa je plinova bez boje, okusa i mirisa, ali se propisima zahtjeva njegova odorizacija, odnosno dodavanje manjih količina sredstava jakog mirisa zbog identifikacije. Ukapljeni naftni plin za široku potrošnju odorira se obično merkaptanima, da se čulom mirisa može osjetiti koncentracija plina koja iznosi 20% od donje granice eksplozivnosti (DGE). [1]

Prema fizikalno-kemijskim karakteristikama, ukapljeni naftni plinovi su mješavina propana i butana, nisu otrovni ali dulje udisanje ipak ima jako narkotičko djelovanje i može izazvati prekid disanja zbog nedostatka kisika. Kad su u tekućem stanju, u dodiru s kožom mogu izazvati ozljede slične opekotinama. Propan je 1,5 puta , a butan je 2 puta teži od zraka, a dođe li do istjecanja u atmosferu padat će u niže dijelove prostorija ili jama i u tom prostoru će djelomice ili potpuno istisnuti zrak. [1]

U tablici broj 1 date su osnovne važne karakteristike UNP-a (propan-butan).

Tablica broj 1. Osnovne karakteristike UNP-a [1]

<b>Kemijski formula</b>	<b>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> (propan)</b>	<b>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> (butan)</b>
<b>Gustoća u ravnotežnom stanju</b>		
→ tekuće faze na 15 °C	0,53 kg / l	0,60 kg / l
→ plinske faze na 15 °C	2,00 kg / m <sup>3</sup>	2,70 kg / m <sup>3</sup>
<b>Gustoća plinske faze na 15 °C u odnosu na zrak (zrak =1)</b>	1,55	2,09
<b>Temperatura vrenja pri 1 baru</b>	-42,07 °C	-0,5 °C
<b>Temperatura samozapaljenja</b>	450 °C	474 °C
<b>Kritična temperatura</b>	96,8 °C	153 °C
<b>Granica eksplozivnosti</b>	2,1–9,5 vol%	1,5-8,5 vol%
<b>Najviša temperatura izgaranja</b>		
→ sa zrakom	1925 °C	1895 °C
→ sa kisikom	2850 °C	2850 °C
<b>Najveća brzina izgaranja</b>		
→ sa zrakom	32 cm / sek	32 cm / sek
→ sa kisikom	450 cm / sek	350-370 cm / sek

**Gustoća plina** je broj koji pokazuje koliko je neki plin lakši ili teži od zraka mjereno pri tlaku od 1 bara i temperaturi od 0°C (gustoća zraka je 1). [1]

**Vrelište plina** je temperatura kod koje se plin pretvara u tekuće stanje pod tlakom od 1 bara. Ova je temperatura kod plinova daleko ispod 0°C. Ako je tlak plina veći od 1 bara, plin se pretvara u tekuće stanje kod viših temperatura. [1]

**Temperatura samozapaljenja** predstavlja najnižu temperaturu pri kojoj pare zapaljive tekućine, zapaljivi plinovi ili kruta goriva tvar i njena prašina na zraku se zapale i nastave dalje gorjeti iz naprijed navedenog zaključuje se da plinovi toplinom povećavaju svoj volumen. Ukoliko ne mogu povećati volumen, povećavaju tlak. Ovaj podatak potrebno je znati da bi se posude mogle što sigurnije čuvati od izvora topline, jer bi ti izvori mogli biti i uzročnici eksplozije. [1]

**Kritična temperatura plina** je temperatura iznad koje se plin više ne može pretvoriti u tekuće stanje, bez obzira na povećanje tlaka. [1]

**Gornja granica eksplozivnosti (GGE)** je najveća količina para zapaljivih tekućina, zapaljivih plinova ili prašina zapaljivih krutina koje pomiješane sa zrakom stvore eksplozivnu smjesu. [1]

**Donja granica eksplozivnosti (DGE)** je najmanja količina para zapaljivih tekućina, zapaljivih plinova ili prašina zapaljivih krutina koje pomiješane sa zrakom stvore eksplozivnu smjesu. [1]

**Stehiometrijska koncentracija** je koncentracija pri kojoj je postignut idealan odnos zraka i zapaljivih plinova pri čemu je eksplozija najjača. [1]

## 2.2. Vrste spremnika i karakteristike

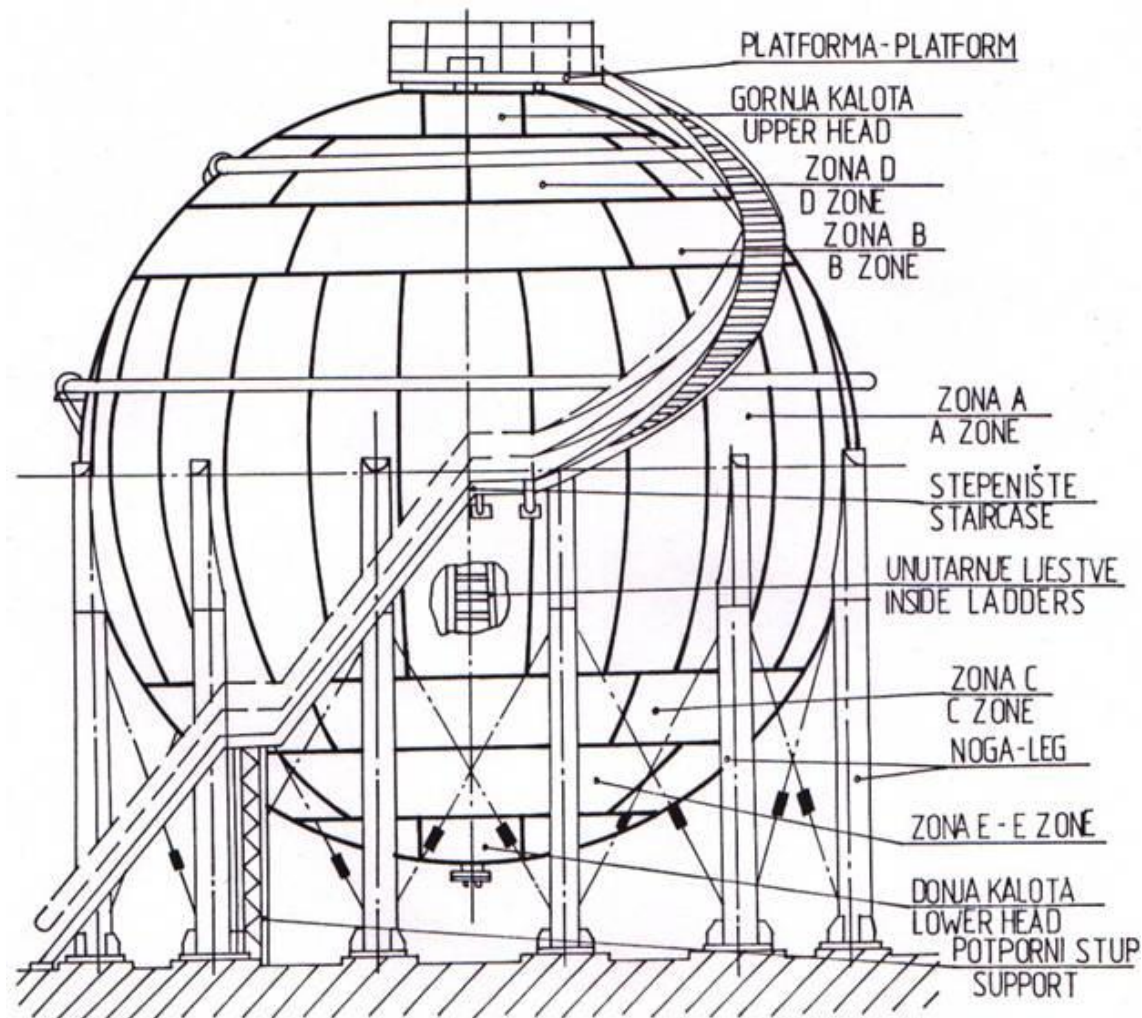
Uloga i svrha spremnika je skladištenje većih količina ukapljenog naftnog plina kod proizvođača, prodajnih tvrtki ili potrošača. Što se tiče samih oblika spremnika za ukapljeni naftni plin, dijele se na dva osnovna oblika: valjkasti i kuglasti spremnici. Spremnici za UNP se u današnje vrijeme mogu razlikovati prema sljedećim kriterijima, prema veličini: na male 10 m<sup>3</sup> (10 000 l) i velike spremnike volumena od 10 m<sup>3</sup> do 200 m<sup>3</sup>. Volumen spremnika određuje njegova geometrija, a ne sadržaj plina u njemu; prema obliku: dijele se na valjkaste ili cilindrične i kuglaste ili sferne; prema mjestu i načinu postavljanja; o prema mjestu: ukopane ili podzemne; djelomično ukopane;

nadzemne. prema načinu: nepomični ili stabilni; prijenosni; na vozilima (cisterne), prema broju: postavljaju se u niz i tako čine skladišno postrojenje; prema hlađenju: dijele se na hlađene i ne hlađene spremnike, ovisno je li u njima potrebno održavanje određene temperature. Veoma važna stvar prilikom punjenja spremnika je ostavljanje određenog volumena spremnika praznim. Razlog tome je što uslijed temperaturnih promjena dolazi i do promjene volumena kapljevite faze. Razlikuju se oznake na ne hlađenom spremniku i na hlađenom. Na pločici koja je na ne hlađenom spremniku stoji oznaka propisa i norme; volumen spremnika; projektni predtlak; vanjska površina plašta spremnika, oznaka mjesta postavljanja, izjava te oznaka najveće razine do koje se može puniti plinom. Na pločici koja je na hlađenom spremniku nalazi se oznaka propisa i norme, volumen spremnika, projektni pretlak, najmanja projektna temperatura spremnika, projektna gustoća plina, najveća dopuštena razina vode do koje se spremnik može puniti i najveća razina punjenja plina. Za propan s najviše 5% masenog udjela etana uzima se tlak zasićenja od 15 bara. Projektni predtlak iznosi 16,5 bara. Za butan se uzima najmanji projektni tlak od 9 bara. Za trgovački propan (95% udjela propana) projektiraju se spremnici volumena manjeg od 10 m<sup>3</sup>. Dijelovi od kojih se valjkasti spremnik sastoji su: cilindrični plašt, podnice, dva ili više oslonaca, priključni otvori, zaštitni poklopac i ušice. Uz navedene osnovne dijelove na spremnik se postavlja i dodatna oprema koja omogućava ispravan i siguran rad cijele plinske instalacije. Neki od njih su: ventil za kapljeitu fazu, ventil za plinovitu fazu, sigurnosni ventili, protulomni ventil, pokazivač razine kapljevite faze. Svaki dio dodatne opreme ima veliku važnost u samom radu spremnika, pa tako npr., sigurnosni ventil štiti spremnik i instalaciju od nekontroliranog porasta tlaka, dok ventil za punjenje služi za prolaz kapljevite faze pri punjenju, itd. Uz svu navedenu opremu spremnika uz sami spremnik se mora nalaziti i protupožarna oprema. Ta oprema je: aparat za gašenje požara i uređaj za rasprskavanje vode. Osim za gašenje požara uređaj za rasprskavanje vode služi u ljetnim mjesecima za hlađenje spremnika. [1]

### **2.2.1 Način izrade**

Veliki kuglasti stabilni spremnici često se izrađuju za potrebe skladištenja ukapljenih plinova. Kod kuglastih je spremnika najpovoljniji odnos naprezanja i korisnog volumena za smještaj ukapljenog plina, pa se stoga često rade kada se javlja potreba

za stabilnim spremnicima. Posebno je značajna primjena ovih spremnika za skladištenje većih količina ukapljenog naftnog plina koji se koristi za različite industrijske potrebe. Izrada ovih spremnika je izuzetno zahtjevan i odgovoran posao, a zbog potencijalno mogućih rizika (za ljude, čovjekov okoliš i materijalna dobra), zahtjevi za kvalitetu izrade, te pouzdanost u izradi i eksploataciji su na najvišem nivou. Izgled jednog kuglastog spremnika može se vidjeti na sljedećoj slici. [2]



Slika 1. Izgled kuglastog spremnika [2]

### 2.2.2 Mjere sigurnosti

Zone opasnosti su prostori u kojima je prisutna eksplozivna smjesa zapaljivih para sa zrakom ili se pak može očekivati da će biti prisutna u takvim količinama da to zahtijeva posebne mjere prilikom konstrukcije, ugradnje i uporabe električnih uređaja, a



koji prostori se prema propisima o protueksplozijskoj zaštiti dijele na zonu 0, zonu 1 i zonu 2.

Prostori ugroženi eksplozivnom atmosferom dijele se u zone na temelju učestalosti i trajanja pojave eksplozivne atmosfere.

- Zona 0 - prostor u kojem je eksplozivna atmosfera, smjesa para zapaljive tekućine i zraka, stalno ili duže vrijeme ili često prisutna.
- Zona 1 - prostor u kojem se povremeno tijekom normalnog rada može stvoriti eksplozivna atmosfera.
- Zona 2 - prostor u kojem se ne očekuje pojava eksplozivne atmosfere, a ukoliko se pojavi traje kratko vrijeme. U zonama opasnosti nije dozvoljeno:
  - ❖ držanje i uporaba alata, uređaja i opreme s ručnim, mehaničkim, pneumatskim, rotirajućim i sličnim pogonom i pokretanjem, koji mogu prouzročiti iskru ili na drugi način oslobađati toplinu,
  - ❖ pušenje i uporaba otvorene vatre u bilo kom obliku,
  - ❖ držanje oksidirajućih, reaktivnih ili samozapaljivih tvari,
  - ❖ odlaganje zapaljivih i drugih tvari koje nisu namijenjene tehnološkom procesu,
  - ❖ pristup vozilima koja pri radu mogu iskriti,
  - ❖ nošenje odjeće i obuće koja se može nabiti opasnim nabojem statičkog elektriciteta, npr. sintetska odjeća i obuća bez antistatičke preparacije i sl., osim u zoni 2 ako je posebnim propisom drugačije utvrđeno,
  - ❖ uporaba uređaja i opreme koji nisu propisno zaštićeni od statičkog elektriciteta ako na njima postoji mogućnost nabijanja opasnog naboja statičkog elektriciteta.
  - ❖ uporaba električnih uređaja koji nisu u Ex izvedbi.

Sigurnost se u nadzemne spremnike ugrađuje na taj način, što se projektiraju i izvode u skladu s dobrom inženjerskom praksom, kao što je ona preporučena u API Standardu 2510, Dijelu 1 (ANSI Standarda B138.1), i u NFPA 58 za skladištenje tekućeg naftnog plina. Neizolirani tlačni spremnici zahtijevaju nešto specijalne vatrogasne taktike, koja nije potrebna kod atmosferskih spremnika. Različite situacije, nadalje, zahtijevaju različite taktike. [3]

### **3. SPREMNICI UNP-a U RAFINERIJI NAFTE SISAK (RNS)**

Dorada i manipulacija zauzima važno mjesto u proizvodnji, jer manipulira prispjelom sirovinom, međuproduktima i gotovim produktima. Osnovni zadatak je optimiranje kvalitete produkata prema zadanim standardima ili posebnim zahtjevima kupaca. Troškovi proizvodnje zadržavaju se na minimalnoj veličini, a doradom se dobiju produkti koji odgovaraju standardima. [4]

Djelatnosti Dorade i manipulacije su:

- prijem sirovine i njena distribucija na preradbena postrojenja
- prijem međuprodukata s postrojenja i njihova dorada u komercijalne produkte
- skladištenje i otprema komercijalnih produkata.

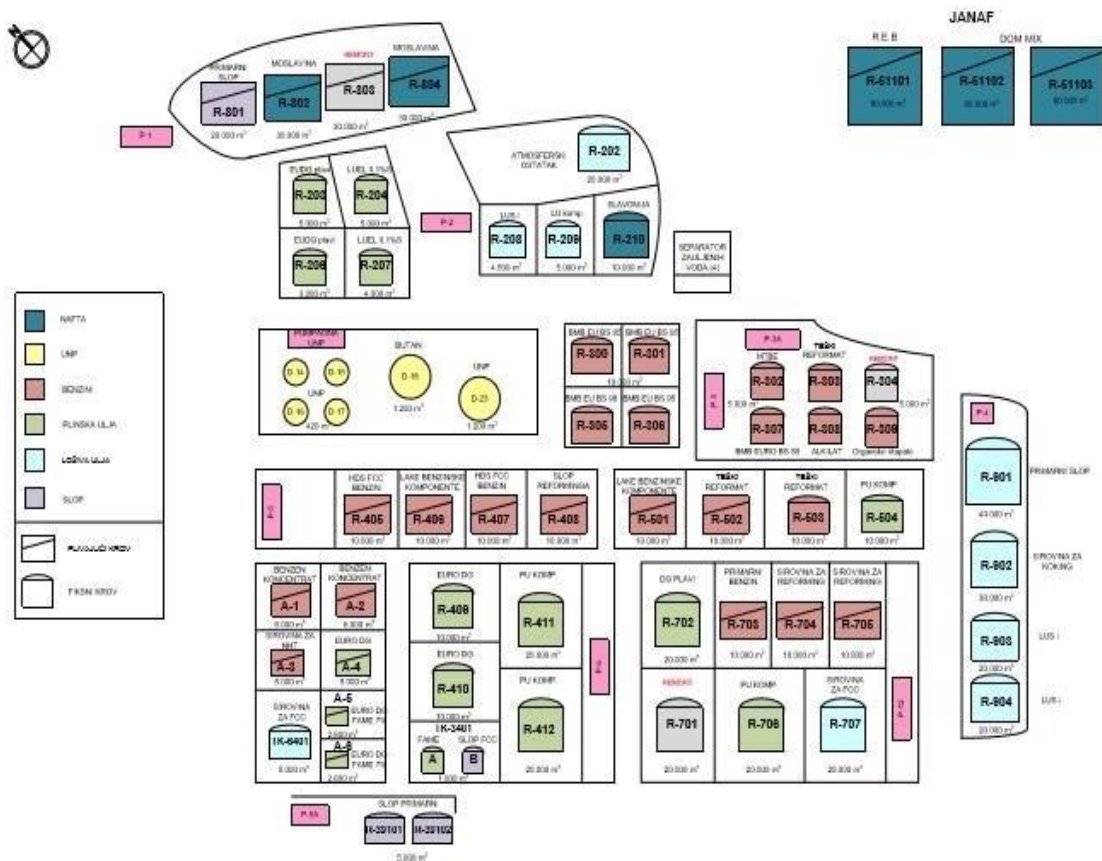
Dorada i manipulacija organizirana je kao:

- Instalacija I (stara Rafinerija) – kapacitet 32.000 m<sup>3</sup> skladišnog prostora
- Instalacija II (Čret) – kapacitet 875.780 m<sup>3</sup> skladišnog prostora

UNP s rafinerijskih postrojenja skladišti se u plinskim spremnicima D-14, D-15, D-16, D-17 i D-23. Iz plinskih spremnika UNP se pumpama smještenim u pumpaonici UNP-a utovara u autocisterne i željezničke vagon cisterne. UNP van specifikacije se pumpom šalje ponovno na obradu na KP-6 ili na spliter C3/C4 na KP-5. Osim utovara moguć je i istovar UNP-a iz željezničkih vagon cisterni u kugle. U cilju omogućavanja potpunog istovara UNP-a iz vagon cisterni u RNS ugrađen je novi kompresor, K-1. Njime se postiže efikasnije pražnjenje vagon cisterni tijekom istovara UNP-a. Ukapljeni naftni plin se, nakon uspostave linija, prima u plinske kugle. Ukoliko kvaliteta plina koji ide s postrojenja zadovoljava, plin se može namješavati u svim omjerima. Ukapljeni naftni plin dolazi s KP-4/4, KP-4/5 i KP-6. Butan se kao gotov proizvod dobiva s postrojenja KP-4. Butan se koristi kao komponenta za namješavanje motornih benzina, a njegova primarna funkcija jest podizanje vrijednosti tlaka para. [4]

#### **3.1. Pregled požarnih sektora nafte i naftnih derivata**

Požari i eksplozije su ugrožavajuća stanja svojstvena skladištenju nafte i naftnih derivata čiji se spremnici u Rafineriji nafte Sisak nalaze na području Dorade i manipulacije. [5]



Slika 2. Raspored spremnika nafte i naftnih derivata na prostoru Rafinerije nafte Sisak [5]

Dorada i manipulacija se sastoji od ukupno 27 prostorno grupiranih građevina, a nafta u prostoru Dorade i manipulacije skladišti se u isključivo spremnicima sa tehničkim oznakama R-51101, R-51102, R-51103, R-801, R-802 i R-804, dok se naftni derivati nalaze u spremnicima pod ostalim oznakama prikazanim na slici 2. [5]

### 3.2. Opasnost skladištenja i zaštita spremnika UNP-a

Nadzemni spremnici se, u pravilu, postavljaju izvan građevnih objekata. Nadzemni spremnici ne smiju se postavljati ispod razine zemljišta. Ako ukupna zapremina dvaju ili više nadzemnih stabilnih spremnika prelazi 3.000 ml, spremnici moraju biti grupirani u skupine spremnika zapremine do 3.000 ml tako da međusobna udaljenost skupina spremnika bude najmanje 50 m. [6]

Stabilni nadzemni spremnici moraju imati temelje vatrootpornosti od najmanje 2 sata. Nadzemni spremnik mora biti poduprt tako da se spriječi koncentracija suvišnog tereta na plaštu spremnika, a mjesto dodira plašta spremnika s temeljem mora biti na odgovarajući način zaštićeno od korozije. Nadzemni spremnici moraju biti stalno obojani svijetlom reflektirajućom bojom. Nadzemni spremnici valjkastog oblika postavljaju se najmanje na dva temelja, od kojih je jedan s nagibom od 0,5% do 1% u smjeru drenažnog otvora i moraju biti pričvršćeni na način koji im omogućuje toplinsku dilataciju. [6]

Na nadzemnim stabilnim spremnicima odušne cijevi sigurnosnih uređaja moraju biti toliko duge da se njihov svršetak nalazi na 2 m iznad gornje razine plašta spremnika. Odušne cijevi ne smiju se zatvarati poklopcima, a UNP se ne smije usmjeravati prema dolje. Nadzemni stabilni spremnici moraju biti zaštićeni od udara vozila na mjestima na kojima su takvi udari mogući. Ako postoji opasnost od mehaničkih oštećenja, uređaji i oprema nadzemnih stabilnih spremnika moraju biti odgovarajuće zaštićeni. Nadzemni stabilni spremnici valjkastog oblika moraju biti postavljeni tako da podnice spremnika u slučaju eksplozije ne ugrožavaju susjedne spremnike i objekte u kojima se okuplja veći broj osoba, kao i hidrante s opremom i druge elemente sustava za gašenje požara. [6]

Oborine i voda za hlađenje nadzemnih stabilnih spremnika moraju se odvoditi tehnološkom kanalizacijom ili moraju slobodno otjecati, tako da se spriječi taloženje vode oko temelja spremnika. Priklučci za punjenje i pražnjenje stabilnih nadzemnih spremnika moraju imati postavljene natpise iz kojih se vidi da li su spojeni s parnom ili tekućom fazom spremnika. Nadzemni stabilni spremnici pregledavaju se sukladno propisanim postupcima najmanje dva puta godišnje od strane korisnika o čemu se vodi dokumentacija. [6]

Stabilni nadzemni spremnici od izvora topline i požara štite se stabilnom instalacijom za hlađenje, hidrantskom mrežom i vatrogasnim aparatima. Stabilni nadzemni spremnici do pojedinačne ili ukupne zapremine 15 m<sup>3</sup> štite se samo vatrogasnim aparatima. Stabilni nadzemni spremnici od 15 do 30 m<sup>3</sup> štite se samo hidrantskom mrežom i vatrogasnim aparatima. Stabilna instalacija izvedena kao sustav za raspršenu vodu, mora imati kapacitet vode od 10 l/min na m<sup>2</sup> pojedinog spremnika, s tlakom vode od najmanje 3,5 bar, u trajanju od najmanje 2 sata. Za dva ili više

spremnika ukupan kapacitet vode za hlađenje spremnika u slučaju požara računa se tako da se uzme u obzir kapacitet vode od 10 l/min/m<sup>2</sup> najvećeg spremnika i 50% kapaciteta vode susjednih spremnika. Hidrantska mreža mora imati kapacitet vode od 10 litara u sekundi u trajanju od najmanje 2 sata. Za jedan nadzemni stabilni spremnik, hidrantska mreža mora imati najmanje dva nadzemna hidranta međusobne udaljenosti ne više od 55 m. Za dva ili više nadzemnih stabilnih spremnika broj hidranata određuje se prema rasporedu spremnika, ali tako da hidranti ne budu međusobno udaljeni više od 50 m.

Hidranti se ne smiju postavljati bliže od 25 m niti dalje od 35 m od gabarita spremnika. Pristup vatrogasnih vozila stabilnim nadzemnim spremnicima kao i priključenje na hidrante mora se osigurati iz najmanje dva smjera. Broj vatrogasnih aparata za početno gašenje požara određuje se prema broju nadzemnih stabilnih spremnika:

- ✓ za jedan nadzemni stabilni spremnik – jedan vatrogasni aparat mase punjenja 50 kg praha ili drugog odgovarajućeg sredstva za gašenje požara;
- ✓ za dva ili više stabilnih nadzemnih spremnika – po jedan vatrogasni aparat mase punjenja 50 kg praha ili drugog odgovarajućeg sredstava za gašenje požara na svaka dva spremnika. [6]

Ventili za aktiviranje stabilne instalacije za hlađenje moraju biti pristupačni, na mjestu sigurnom za rukovanje i u slučaju požara. Od aktiviranja sustava za hlađenje do početka polijevanja spremnika na najudaljenijem mjestu ne smije proći više od pet minuta. [6]

### **3.2.1. Opasnost električnih instalacija i postrojenja te zaštita spremnika**

Prilikom pretvorbe i uporabe električne energije pojavljuju se toplinska, elektrostatska i elektromagnetska energija čije su vrijednosti nastalih požarnih veličina dovoljne za prisilno ili termičko pripaljivanje gorivih tvari. Takve nastalne požarne veličine su: toplina, električna iskra ili lučni izboj, kratki spoj, preopterećenje, prekomjeran pad napona, prenapon (naponski udar), neispravna električna instalacija ili neispravan električni uređaj. Najbolja preventiva ovoj opasnosti je obučenosť i koncentracija radnika prilikom izvođenja radova na električnim instalacijama kako bi

se opasnost od izbijanja požara na spremnicima nafte i naftnih derivata uslijed iskrenja svela na najmanju moguću mjeru. [7]

### **3.2.2. Opasnost od udara groma i zaštita spremnika**

Grom je velika opasnost za skladišta i spremnike nafte i naftnih derivata, stoga valja izrazitu pozornost posvetiti zaštiti spremnika u vidu postavljanju gromobranske instalacije i mjerenja otpora. Na spremnicima, osim izravnog udara groma, opasnost su i vezani naboji, koji se pojavljuju i skupljaju na krovu spremnika zbog naelektriziranog oblaka i koji prolaze u zemlju istodobno s udaljavanjem oblaka. Pri udaru vezani naboji naglo se oslobađaju što uzrokuje stvaranje jakih struja koje idu prema tlu, pa slabe električni spojevi i šiljasti dijelovi spremnika proizvode iskre koje su izvor paljenja. Potpuna zaštita spremnika od udara groma obuhvaća i zaštitu protiv naboja, koji nisu u izravnoj vezi s udarom groma. Zbog toga su strogo zabranjeni popravci spremnika za vrijeme oluje i grmljavine. Samo uzemljenje spremnika ne može spriječiti udar groma, nego mu je zadaća provesti ga u zemlju kako ne bi došlo do oštećenja spremnika. Danas se u praksi upotrebljava kao klasični tip gromobranske instalacije izvedene u obliku Faradayevog kaveza što znači da osnovni dijelovi gromobranske instalacije oko građevine čine zatvoreni kavez. [7]

Dijelovi gromobranske instalacije su:

- hvataljke,
- odvodi i
- uzemljivači.

### **3.2.3. Opasnost od lutajućih struja i zaštita spremnika**

Lutajuće struje mogu nastati zbog propusnosti električnih vodova. Posljedice lutajućih struja mogu biti požari i eksplozije zbog električnog luka koji može nastati kad se rastavljaju kontakti. Lutajuće struje mogu izazvati jaku elektrolitsku koroziju koja dovodi do izjedanja stijenki spremnika i propuštanja medija, čak u samo nekoliko tjedana, a u ekstremnim slučajevima u samo nekoliko sati. Uzemljenjem nadzemnih

spremnika istodobno se štiti spremnik od pojave lutajućih struja, no taj način nije dostatan, posebice što se tiče korozije. Ova opasnost zahtijeva stalnu budnost, a nastaje zbog neispravne opreme, greški u spajanju opreme te loših, korodiranih spojeva na različitim mjestima. Pitanje lutajućih struja u nekim slučajevima moguće je riješiti izoliranjem posebnih dijelova postrojenja. [7]

#### **3.2.4. Opasnost od statičkog elektriciteta i zaštita spremnika**

Opasnost od statičkog elektriciteta podrazumijeva naelektriziranje materijala zbog fizičkih kretnji, dodira i razdvajanja. Stvaranje statičkog elektriciteta nemoguće je u cijelosti spriječiti, jer nastaje svugdje gdje su dvije površine u međusobnom dodiru. Postojanje električnih naboja ne mora predstavljati opasnost od požara i eksplozije ako nema i drugih uvjeta poput električnog pražnjenja ili nagle izmjene slobodnih pozitivnih i negativnih elektriziranja. Izvori statičkog elektriciteta mogu biti raznovrsni. [7]

Pri pretakanju zapaljivih plinova u spremnike opasnosti od statičkog elektriciteta nastaju skupljanjem i nagomilavanjem statičkog elektriciteta na spremnicima, ukoliko nemaju dobar spoj sa zemljom. Iskre statičkog elektriciteta pri razlici napona manjoj od 1500 volti neopasne su za smjese para naftnih derivata sa zrakom zbog male prodornosti. Pri održavanju i remontu instalacija naftnih derivata, izvor statičkog elektriciteta može biti i čovjek. Na vanjskim dijelovima odjeće mogu se akumulirati znatni naboji statičkog elektriciteta, ali pri normalnoj vlažnosti atmosferskog zraka, ovaj učinak predstavlja manju opasnost. No, ako je vlažnost atmosfere mala potencijal statičkog elektriciteta će postati opasnost. Da bi se izbjegla opasnost ili svela na najmanju moguću mjeru, mnogi se materijali, koji se inače smatraju izolatorima pomiješani s drugim materijalima mogu učiniti provodnicima za uklanjanje statičkog elektriciteta. Primjer takvog materijala je provodljiva guma za izradu obuće radnika koji rade u takvim pogonima. Kao osnovno pravilo u zaštiti od statičkog elektriciteta vrijedi da u svim opasnim područjima treba izvršiti izbijanje elektrostatičkih naboja prije nego što postanu toliko veliki da bi mogli biti opasni. Posebna izvedba uzemljenja na spremnicima temelji se na činjenici, da spremnici, cjevovodi i drugi uređaji ipak

nedostatno provode struju zbog čega je potrebno spojiti sastavne dijelove bakrenih vodiča na zajedničko uzemljenje i tako osigurati razlike potencijala. [7]

### **3.2.5. Opasnost samozapaljenja i zaštita spremnika**

Taloženjem željeznog sulfida kroz dulje vrijeme na dnu spremnika stvara se sloj mulja, koji izložen na zraku vrlo brzo oksidira i kao takav ozbiljna je opasnost. Masa mulja ugrije se sve do crvenog žara i ako dođe do prisutnosti para, moguće je zapaljenje i eksplozija. Opasnost od samozapaljenja unutar spremnika na čijem dnu i stijenama ima nataloženog mulja sa sadržajem željeznog sulfida postoji prilikom svakog otvaranja spremnika. Stoga gdje god u spremnicima postoji mogućnost taloženja željeznog sulfida potrebno je provesti propisane posebne mjere opreza. Najbolje je u svrhu sprječavanja samozapaljenja za vrijeme čišćenja spremnika s talogom željeznog sulfida, kad je talog izložen utjecaju zraka, stalno vlažiti sve do uklanjanja spremnika. [8]

### **3.2.6. Opasnost pretakanja i zaštita spremnika**

Prilikom pretakanja nafte i naftnih derivata opasnosti su moguće u Zoni II i Zoni III. Zona II. obuhvaća:

- armaturu i elemente koji čine cjelinu uređaja za pretakanje (pretovarnu ruku, automat za punjenje i slično)
- prostor oko uređaja za punjenje ili otvor kroz koji se puni priključna cisterna polumjera 5 m mjereno od gabarita i visine 1m iznad gornjeg otvora kroz koji se pune, mjereno od tla. [8]

Zona III. obuhvaća:

- prostor iznad okolnog terena širine 15m od zone II. mjereno horizontalno i visine 1 m iznad gornjeg otvora kroz koji se puni, mjereno od tla. [8]

Osobe koje rade na pretakalištu moraju biti posebno i stručno osposobljene za taj posao jer o njima ovisi sigurnost i zaštita spremnika na mjestu pretakanja. Zona



opasnosti određuje se eksplozimetrom ili se računa 15m od ruba širenja zapaljivog i eksplozivnog plina. Na pretakalištu obvezno moraju biti postavljeni natpisi upozorenja na početku pristupnog puta i kolosijeka, a to su:

- "Nezaposlenima ulaz zabranjen"
- "Zabranjeno pušenje i pristup otvorenim plamenom"
- "Stop - cisterna priključena"
- "Obvezna uporaba alata koji ne iskri". [8]

### **3.2.7. Opasnost prilikom remonta i čišćenja i zaštite spremnika**

Kad se spremnik plina isprazni tijekom remonta u njemu ostaju velike koncentracije mulja. Nakon što je spremnik već ispražnjen, propuštanjem plina iz nekog drugog izvora, koji mogu dospjeti u spremnik kroz neispražnjene cijevi, mogu se ponovo stvoriti eksplozivne smjese. Prije nego što se započne s radom čišćenja spremnika treba provesti postupke:

- osoba zadužena za čišćenje spremnika nafte i naftnih derivata mora znati koliko dugo je medij uskladišten, kolika je vjerojatna količina taloga u spremniku i mora biti upoznata sa stanjem plašta spremnika,
- oko spremnika treba postaviti natpise: "Spremnik otvoren, zabranjen rad vatrom",
- prostor unutar zaštitnog bazena i okoliša kuda mogu dospjeti pare iz spremnika treba očistiti od svega što može prouzrokovati požar,
- sav plin koji se može iscrpsti kroz priključak treba iscrpsti iz spremnika. Vodom se puni spremnik tako da uz pomoć nje se istisnu preostale količine plina. [5]

U svrhu zaštite spremnika slijepe prirubnice postavljaju se na sve priključke spremnika, a moraju biti dostatno jake da izdrže tlak zbog upućivanja pumpi na stalni sustav cjevovoda. Otvor na dnu plašta spremnika ne smije se otvarati prije nego što se postave slijepe prirubnice na priključke. Poklopac otvora skida se vrlo pažljivo, vodeći računa da se iz spremnika ne ispusti naglo velika količina plina. Uklanjanje plina iz spremnika obavlja se ventilacijom pomoću pare ili zraka. Prije potpunog otvaranja spremnika treba provjeriti je li koncentracija pare smanjena na 20% od

donje granice eksplozivnosti. Za vrijeme čišćenja spremnika u svrhu zaštite povremeno treba provjeravati udubine i niza mjesta u blizini spremnika kako ne bi došlo do skupljanja i nagomilavanja eksplozivnih para. [5]

Ako se na nekom mjestu nađe koncentracija para veća od 50% od donje granice eksplozivnosti, radove treba prekinuti dok se prisutna koncentracija ne odstrani. Prije početka punjenja spremnika potrebno je ispitati odgovara li osigurač punjenja zahtjevima i smanjuje li mu se za vrijeme pogona sigurnost djelovanja, a što je osobito važno saznanje. Za vrijeme punjenja spremnika cjevovodi moraju biti čvrsto povezani sa spremnikom i priključnim uređajem. Prilikom punjenja spremnika treba posebno paziti da ne dođe do prepumpavanja. Najveći mogući stupanj punjenja spremnika mora biti odmjereno, računajući na mogućnost zagrijavanja. Za utvrđivanje najvećeg dopuštenog stupnja punjenja spremnika uzimaju se vanjske temperature koje se mogu očekivati primjereno godišnjim dobima. [6]

### **3.2.8. Opasnost od mehaničkih iskri i zaštita spremnika**

Metali kao čelik lako oksidiraju pa su izvrgnuti većoj sili trenja, koja može čestice metala otkinuti od glavne mase, a one daju male, ali vrlo vruće mehaničke iskre izazvane brзом oksidacijom malih čestica metala na višoj temperaturi pri otkidanju od glavne mase. Zbog toga se mehaničke iskre ne smiju zanemariti pri određivanju sigurnosnih mjera u području ugroženom eksplozivnim smjesama, što je najbolja preventivna mjera zaštite spremnika. [7]

### **3.2.9. Opasnosti od trovanja i zaštita spremnika**

Prije čišćenja spremnika treba se posebno pripremiti kako bi se radnike koji brinu o održavanju spremnika zaštitilo od trovanja, jer se u i oko spremnika toksične tvari mogu dugo zadržati. Toksične tvari se mogu pojaviti u znatnijim koncentracijama u spremniku i oko njega, stoga se spremnici u kojima je bio uskladišten zapaljiv tekući plin smatra opasnim i prilikom njihova čišćenja te i tada treba poduzimati posebne mjere zaštite. Spremnik, koji je prazan i očišćen dulje vremena stajao zatvoren, može

biti opasan zbog premale količine kisika nastale zbog oksidacije njegove donje zone, o čemu treba uvijek voditi računa. [6]

### **3.2.10. Opasnosti prilikom oštećenja od korozije i zaštita spremnika**

Korozija napada spremnik i sve njegove dijelove. Atmosferska korozija pojavljuje se na plaštu spremnika ako nije spriječena ispravnim bojanjem. Kako se korozija plašta s vanjske strane lako uočava, rijetko kad predstavlja opasnost. Dno spremnika korodira s vanjske i unutarnje strane. Vanjska korozija može biti elektrolitičkog obilježja kao posljedica dodira metala i zemljišta. Kad zbog korozije dođe do propuštanja spremnika, dolazi do nekontroliranog istjecanja plina i prijeti velika opasnost od požara, pa se i korozija ubraja među značajne uzročnike opasnosti od požara kod spremnika sa zapaljivim tekućinama i plinovima. Korozija obuhvaća dno rezervoara i dio plašta do visine od oko 1m. Za zaštitu od korozije preporučuju se klor-kaučuk i epoksi premazi. Mogu se za zaštitu od korozije koristiti i kemijska sredstva doziranjem deemulgatora i neutralizirajućeg sredstva za održavanje neutralne Ph vrijednosti. Radnici koji obavljaju radove na spremnicima nafte i naftnih derivata moraju posebno paziti na moguće znakove opasnosti, primjerice miris plina. U tom slučaju zaustavit će rad, dok se ne utvrdi izvor i ne ukloni opasnost. Na pojavu opasnosti radnici trebaju obavijestiti inženjera sigurnosti, koji je dužan izvršiti sva potrebna ispitivanja i mjerenja. Tek nakon što se utvrdi da je opasnost uklonjena, može se izdati odobrenje za nastavak rada. [6]

### **3.3. Nastanak požara i eksplozija na spremnicima UNP-a**

UNP se može zapaliti i eksplodirati samo ako je stvorena smjesa sa zrakom, a u tim uvjetima stvaraju se eksplozivne smjese koje mogu eksplodirati uz izvor paljenja. Iz ovog se vidi da za nastanak požara i eksplozije UNP-a moraju biti zadovoljeni određeni uvjeti, a to su:

- mora postojati zapaljivi plin,
- mora postojati zrak (kisik) koji se može pomiješati s plinom,

- mora se stvoriti povoljan omjer plina i zraka u smjesi (eksplozivna smjesa),
- mora postojati izvor paljenja koji ima dovoljnu temperaturu da može zapaliti
- eksplozivnu smjesu. [9]

Kad je riječ o smjesi koja se stvori od zapaljivog plina i zraka, za nastanak požara i eksplozije opasne su one smjese koje se nalaze u području eksplozivnosti. Područje eksplozivnosti eksplozivnih smjesa nalazi se između donje i gornje granice eksplozivnosti. [9]

Ostali čimbenici koji utječu na opasnost od požara i eksplozija UNP-a su:

- širina područja eksplozivnosti i niža DGE (što je DGE niža i veća širina područja eksplozivnosti ), plin je za nastanak požara i eksplozija opasniji. [9]

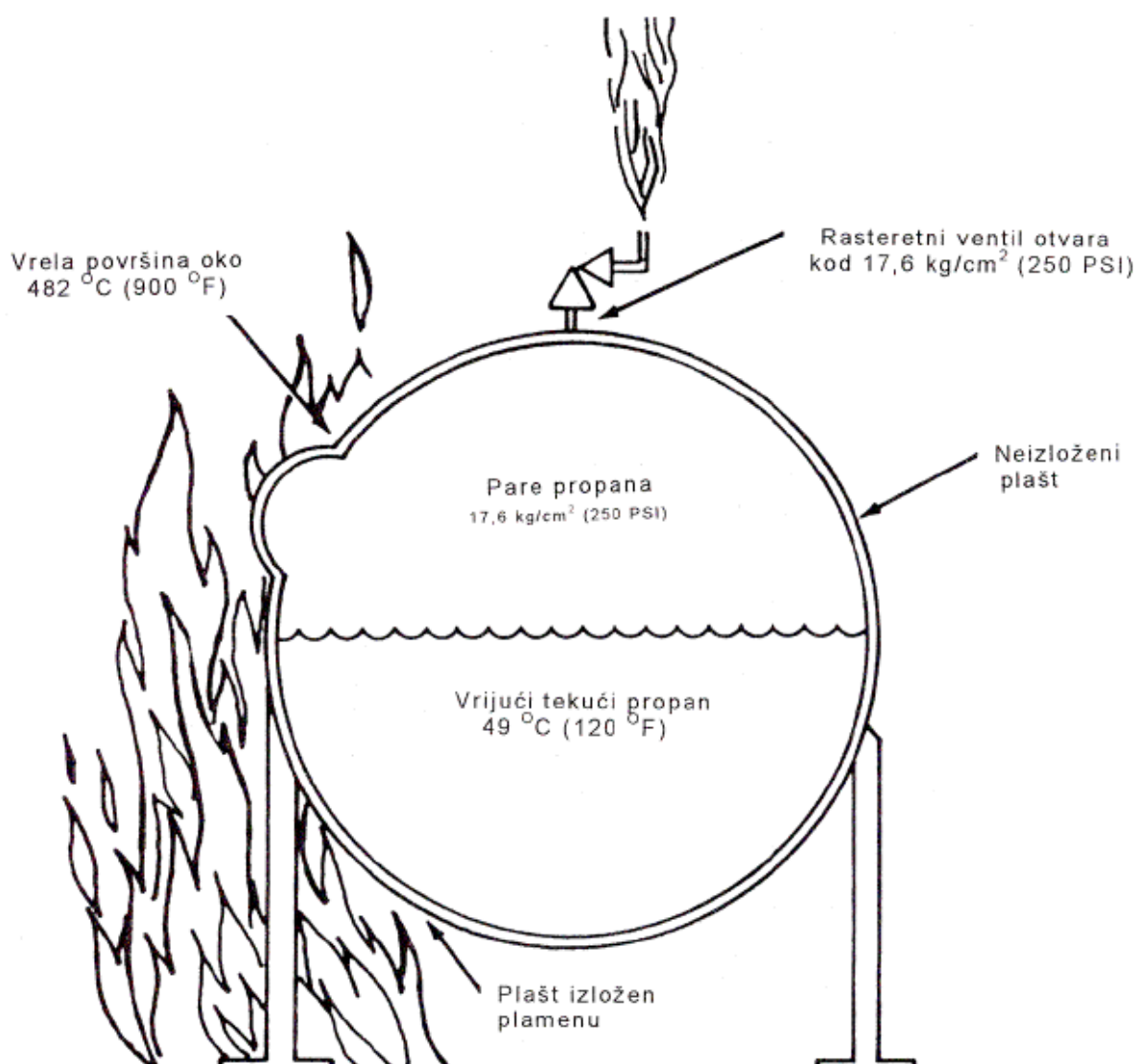
### **3.3.1 Mali požar ispod spremnika**

Usljed situacije u kojoj ispod spremnika postoji malo propuštanja tekućeg naftnog plina iz cjevovoda u blizini nivoa terena, tekući naftni plin gori plamenom visine 6 stopa, koji je u kontaktu s dnom toga spremnika. Moguća su dva načina kontrole. Važno je znati da se plamen ne gasi pomoću suhog praha, budući da se akumulirani plin može ponovno zapaliti i ozbiljno povrijediti vatrogasce te oštetiti opremu. Požar treba pokušati ugasiti blokiranjem i izoliranjem onog dijela cjevovoda koji propušta, tako da se zatvore ventili radi sprječavanja daljnjeg dovođenja goriva. Ako su ventili izloženi plamenu ili toplini radijacije i ako nije moguće približiti im se, potrebno je primijeniti, ako je moguće, mlazeve raspršene vode za zaštitu osoblja za vrijeme dok ono zatvara ventile. Kada postoji, upotrebljava se stabilni sustav raspršene vode za hlađenje spremnika izloženog plamenu, za vrijeme dok se takav cjevovod ispušta. Ako stabilni sustav nije na raspolaganju ili ako on ne daje potrebno pokrivanje, dodatno se primijenjuju mlazevi raspršene vode, koja će se do fiksnih ili prijenosnih monitora dovesti crijevima. Ako je plašt spremnika prljav ili ako se zbog djelovanja plamena na plašt nataložila garež, pa stabilni sustav takve površine nedostavno pokriva, potreban je naročiti tretman, tj. primjena dopunskog hlađenja vodom pomoću mlazeva. [7]

### 3.3.2 Veliki požar ispod spremnika

Pretpostavljajući da iz cjevovoda ili nekog drugog izvora postoji veliko propuštanje tekućeg naftnog plina, stvarajući plamen koji dolazi u kontakt s plaštem nekog neizoliranog tlačnog spremnika iznad nivoa tekućine u tom spremniku, kao što je primjer ilustriran na Slici 3. Požari koji uzrokuju direktan kontakt plamena s vanjskom površinom neizoliranog tlačnog spremnika iznad nivoa tekućine mogu biti vrlo opasni. Obično se nakon približno 10 do 30 minuta direktnog izlaganja plamenu takav spremnik naglo raspada. Vrijeme koje će do toga trenutka proći ovisi o intenzitetu zagrijavanja i o debljini metala na lokalnoj površini plašta spremnika. Neki spremnici su se raspali nakon izlaganja od približno 10 minuta. Kada plamen pregrije metalni plašt spremnika iznad nivoa tekućine do približno 425-480°C, plašt se počinje ispučivati prema van, budući da čvrstoća popuštanja pada ispod vlačnog naprezanja uzrokovanog unutarnjim pritiskom para produkta u tom spremniku. Time se smanjuje debljina plašta spremnika na ispučenoj površini, te se ispučivanje stalno ubrzava sve dok ne dođe do razdvajanja. Kad se spremnik raspadne, predgrijana tekućina iz toga spremnika izleti van pod pritiskom i brzo isparava, stvarajući veliki volumen para goriva. Te se pare momentalno pale i izgaraju na vanjskoj atmosferi, tamo gdje je prisutna mješavina zapaljivih para i zraka. Ovo izgaranje u vanjskom dijelu volumena zagrijava i ekspandira unutarnju jezgru koja je previše bogata, a da bi mogla gorjeti, koja tada poprima jedan približno sferičan oblik - odatle poznati termin - "vatrena lopta". Ova vatrena lopta se povećava i diže u vis sve dok sve pare nisu potrošene. Jedna tipična zračna vatrena lopta, kao što je npr.- ona na Slici 3 pokazuje, da 68.000 kubičnih decimetara (18.000 galona) tekućeg naftnog plina može stvoriti vatrenu loptu približnog promjera 300 metara, a na visini od oko 90 metara iznad nivoa terena. Vatrogasci koji nisu zaštićeni građevinama ili odgovarajućim vodenim mlazom iz ručnih mlaznica koji ih štiti od opasnosti odozgo, mogu dobiti ozbiljne opekotine od topline radijacije na priličnoj udaljenosti od takvog spremnika. Razdvajanje spremnika s kombiniranim munjolikim požarima ili eksplozijama u zraku i na nivou terena su naročito opasna zbog direktnog intenzivnog kontakta s plamenom na velikim udaljenostima od takvih spremnika. Vatrogasac odijeven u konvencionalno zaštitno odijelo s punom opremom može nekada, unatoč tome, zadobiti opekline visokog stupnja. Povijest je pokazala, da povećanje visine zvuka koji nastaje na rasteretnom ventilu može ukazivati na neposredno predstojeće raspadanje spremnika. [7]

Iako spremnik može imati adekvatan kapacitet rasteretnog ventila, koji je baziran na požarnim uvjetima propisanim zahtjevima standarda API 2510, Dio 1, NFPA 58, on se ipak može raspasti, zato što metalni plašt gubi svoju čvrstoću u području u kojem je pregrijan. Činjenica da se spremnik može raspasti u tako kratkom vremenu važna je vatrogascima, budući da njih toplina radijacije vatrene lopte ili munjolikog požara na nivou terena može fatalno ozlijediti. Ovaj problem zahtijeva dobar nadzor u slučaju nepredviđenih opasnih okolnosti. [7]



Slika 3. Plašt spremnika pregrijan iznad nivoa tekućine. Ovo pregrijanje uzrokuje nastanak izbočenja na metalu zbog unutarnjeg pritiska para. [7]

### 3.3.3 Eksplozija spremnika s ukapljenim plinom – BLEVE

Spremnici s ukapljenim plinom mogu ponekad biti izvor vrlo snažne eksplozije i velike opasnosti. S obzirom na karakteristike samog ukapljenog plina (poseban naglasak je stavljen na tlak smjese) koje su prikazane u drugom poglavlju ovog rada, spremnici za ukapljenim plin na vrhu imaju opružne ventile čiji je tlak otvaranja približno 17 bara. To je vrlo važno, jer dođe li do propuštanja plina, uzrokovano bilo kojim razlogom ili do njegova zapaljenja, nastali plamen zagrijavati će spremnik te će se u njemu povećavati tlak sve do otvaranja sigurnosnog ventila. Taj plamen koji zahvaća spremnik, utječe na zagrijavanje stijenke koja pripada parnoj fazi plina, jer je ta faza u odnosu na tekuću fazu, znatno manje moći odvođenja topline sa stijenke. Ona zbog zagrijavanja gubi na čvrstoći te uslijed visokog tlaka i naprezanja materijala dolazi do njenog pucanja i zapaljenja samog plina. Pucanje stijenke i zapaljenje velike količine isteklog plina rezultira eksplozijom pod nazivom *BLEVE* (eng. boiling liquid expanding vapor explosion). Ta nastala vatrena kugla i odbačeni dijelovi spremnika često mogu biti opasni po život osoba koje se u tom trenutku nađu u blizini. Međutim, do pucanja stijenke spremnika može doći i bez požara, primjerice uslijed mehaničkog udara ili korozije spremnika. Kod eksplozije spremnika s nezapaljivim ukapljenim plinom sadržaj će se raspršiti u okolinu dijelom kao plin, a dijelom kao kapljice koje će zbog naglog isparavanja djelovati rashlađujuće. Također je moguće da jedan dio plina zbog hlađenja zaostane u tekućem stanju na mjestu eksplozije. [9]

### 3.4. Mjere prve pomoći

Prije pružanja pomoći unesrećenima, izolirati područje nesreće od izvora zapaljenja uključujući i isključivanje iz električne mreže. Prije ulaska u zatvorene prostore provjeriti atmosferu i osigurati provjetranje zbog opasnosti od povišene koncentracije H<sub>2</sub>S i CO. Koristiti osobna zaštitna sredstva! [5]

- **nakon udisanja:** unesrećenog udaljiti iz onečišćenog prostora na svježi zrak. U slučaju vrtoglavice, mučnine, glavobolje i trajnih tegoba odmah zatražiti liječničku pomoć. U slučaju nesvjestice prebaciti ozlijeđenu osobu u bolnicu, u bočnom položaju, pazeći na prohodnost dišnih putova. U slučaju otežanog

disanja ili prestanka disanja, otvoriti dišne puteve, započeti s reanimacijom (masaža srca i umjetno disanje) te odmah potražiti liječničku pomoć. [5]

- **nakon dodira s kožom:** mogu nastati smrzotine. Ne uklanjati odjeću s područja smrzotine, ne trljati, masirati ili pritiskati oštećeno područje kože. Zahvaćeno područje isprati s puno vode 15 minuta. Odmah potražiti liječničku pomoć. [5]
- **nakon dodira s očima:** mogu nastati smrzotine. Ukloniti kontaktne leće. Isprati oči vodom najmanje 15 minuta. Odmah potražiti liječničku pomoć. [5]
- **nakon gutanja:** ne smatra se mogućim putem izlaganja. U kontaktu s proizvodom moguć nastanak smrzotina na usnama i u ustima. [5]

### 3.4.1. Zaštita od požara

#### Sredstva za gašenje - PRIKLADNA:

- Veliki požari: Vodeni sprej, vodena maglica ili pjena.
- Mali požari: Suhi prah ili CO<sub>2</sub> ili vatrogasna pjena.

**NE SMIJU SE UPOTREBLJAVATI:** Vodeni mlaz, istovremeno korištenje vode i pjene.

- Protupožarne mjere za posebne opasnosti: Zaustaviti istjecanje proizvoda ukoliko se to može napraviti na siguran način, a ako ne ostaviti da proizvod izgori, te hladiti spremnike i okolinu vodenim sprejem.
- Posebne metode za gašenje požara: Vodenim sprejem ili pjenom hladiti požarište, spremnike i cisterne. Zatvoriti ventile i ispuste plina. - Posebna oprema za zaštitu vatrogasaca: Nositi zaštitnu odjeću za vatrogasce (intervencijsko odijelo) sukladno HRN EN 469 i samostalni uređaj za disanje s otvorenim krugom sa stlačenim zrakom sukladno HRN EN 137.
- Posebne opasnosti koje proizlaze iz tvari ili smjese: Pare su teže od zraka i mogu se proširiti dalje od mjesta nesreće i uzrokovati eksploziju i požar. Nepotpunim gorenjem ugljikovodika može nastati dim koji sadrži CO, CO<sub>2</sub>.
- Ostale informacije: Gorenjem proizvoda nastaju zagušljive pare i otrovni plinovi (CO i CO<sub>2</sub>). [5]



### 3.4.2. Mjere kod slučajnog ispuštanja

**Osobne mjere opreza:** Koristiti osobna zaštitna sredstva.

**Mjere zaštite okoliša:** Spriječiti širenje proizvoda ukoliko se može na siguran način. Spriječiti istjecanje u odvođe. Osigurati provjetravanje. Proizvod će brzo ispariti ukoliko dođe do slučajnog ispuštanja u vode. Izolirati područje ispuštanja.

**Način čišćenja i sakupljanja:** Prozračivati područje ispuštanja i pustiti da proizvod ispari.

**Dodatna upozorenja:** Oslobođena tekućina vrlo brzo prelazi u plinovito stanje i sa zrakom stvara eksplozivnu smjesu! Kada izmjerena koncentracija plina u zraku na mjestu istjecanja padne ispod granice eksplozivnosti, pristupiti intervenciju. Ima svojstva kriogene tekućine te mnogi materijali u kontaktu s rashladnim - kriogenim tekućinama postaju kruti i pucaju. Dodirom izaziva ozeblina. [5]

### 3.4.3. Rukovanje i skladištenje

**Rukovanje - mjere opreza:** Koristiti proizvod samo u dobro provjetrenim prostorijama. Držati daleko od izvora topline i izvora paljenja. Koristiti neiskreći alat. Pretakati na pretakalištima uređenim po odgovarajućim propisima. Posebno voditi brigu o spojnim mjestima da se spriječi moguće ispuštanje. Pridržavati se mjera zaštite na radu i zaštite od požara. Nikada ne bacati boce da se ne bi oštetili boca ili ventili. Ne smije se manipulirati s bocama ako je u blizini otvoreni plamen. Provjeru istjecanja plina nikada ne raditi s otvorenim plamenom već samo sa sapunicom (pjenom). Ventile na bocama ili namjenskim spremnicima nikada ne otvarati pomoću alata (samo rukama). Prilikom manipulacije ili skladištenja punih ili praznih boca za UNP ne smiju se skidati sigurnosni čepovi (kape). [5]

**Napuci za sigurno rukovanje:** Ne pušiti, ne piti niti jesti u prostoriji s opasnom kemikalijom. Izbjegavati udisanje, te dodir s kožom i očima.

**Skladištenje:** tehničke mjere i uvjeti skladištenja;

- PRIKLADNI: Namjenski spremnici i metalne (čelične) boce pod tlakom u skladu s propisima o skladištenju i pretakanju ukapljenih naftnih plinova. Skladištiti na

otvorenom prostoru ili u dobro provjetravanim prostorijama zaštićenima od eksplozije.

- **IZBJEGAVATI:** Skladištenje u prostoru s kemikalijama koje mogu uzrokovati požar (oksidansi, kiseline). Na skladištu ne držati alate i strojeve koji mogu proizvesti iskru. Ne skladištiti ili ne koristiti boce u horizontalnom položaju, tj. u položaju tako da tekućina izlazi kroz otvor za plinsku fazu.

**Ambalažni materijali:**

- **PREPORUČENI:** Originalni spremnik proizvođača s važećim atestom.
- **NEPRIKLADNI:** Svi ostali. [5]

#### 3.4.4. Stabilnost i reaktivnost

**Reaktivnost:** Stabilan pri propisanim uvjetima korištenja i skladištenja, ne polimerizira.

**Kemijska stabilnost:** Stabilan pri propisanim uvjetima korištenja i skladištenja, ne polimerizira.

**Mogućnost opasnih reakcija:** Stabilan pri propisanim uvjetima korištenja i skladištenja.

**Uvjeti koje treba izbjegavati:** Izbjegavati dodir sa zrakom, jake oksidanse i povišenu temperaturu.

**Inkompatibilni materijali:** Jaki oksidansi.

**Opasni proizvodi raspada:** Gorenjem nastaju štetni plinovi ugljikov monoksid (CO) i ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>). [5]

#### 3.4.5. Toksičnost

**Informacije o toksikološkim učincima:**

- Akutna toksičnost
  - udisanjem (LC<sub>50</sub>): 658 mg/L (4 sata, štakor)
  - nadraživanje/nagrizanje - kože: Komprimirani plin izaziva smrzotine.
  - očiju: Komprimirani plin izaziva smrzotine.

- drugi klasični učinci: (npr. besvjesno stanje, posebno otrovni metaboliti, itd.): Zagušljivac, izaziva glavobolju i pospanost. Visoka koncentracija ili duže vrijeme izloženosti može izazvati nesvjesticu i gušenje. [5]

#### **3.4.6. Zbrinjavanje**

- Ostaci od proizvoda: Proizvod nema klasičan otpad.
- Onečišćena ambalaža: Prazne spremnike zatvoriti i vratiti proizvođaču.
- Relevantni propisi: Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Pravilnik o katalogu otpada, Pravilnik o gospodarenju otpadom. [5]

#### **3.5. Procjena rizika i preventivne mjere zaštite spremnika**

Na lokaciji RNS se nalaze građevine i postrojenja na koje se ne može primijeniti samo jedna procjenska metoda, te će se za zidane objekte primijeniti austrijska numerička metode za izračunavanje požarne ugroženosti TRVB – 100, a za spremnike zapaljivih plinova i procese primijenit će se DOW – INDEKS METODA. Numerička analiza požarne ugroženosti za postrojenja zapaljivih tekućina i plinova na otvorenom prostoru napravljena je prema metodi DOW, V. izdanje od 1994. godine, dok je za građevinske objekte (zgrade), korištena metoda TRVB 100 – 126 izdanje 1997. godine. Kod primjene procjenske metode TRVB A 100, zbog načina građevinske izvedbe i vrste korištenih građevinskih materijala, površine pojedinih sektora, vrsta tvari koje se u njima nalaze i požarnog opterećenja, odabrani su oni objekti za koje je ova metoda primjenjiva. Procjena rizika je provedena prema metodologiji Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) sukladno Međuagencijskom programu procjene i upravljanja zdravstvenim i okolišnim rizicima izazvanim energetske i drugim složenim industrijskim sustavima, prema Priručniku za razvrstavanje i utvrđivanje prioriteta među rizicima izazvanim velikim nesrećama u procesnoj i srodnim industrijama. [4]

Pristup je kvantitativan, odnosno temeljio se na raspoloživim podacima (maksimalne količine opasnih tvari, indeks opasnosti i slično). [4]

NAZIV TVRTKE	LOKACIJA	SPREMNIK/ PROCES	VRSTA OPASNE TVARI	KOLIČINA (t)	VRSTA OPASNOSTI	R (m)	F (ha)	BROJ ŽRTAVA	UČESTALOST DOGAĐAJA/ god
INA d.d. Rafinerija nafte Sisak	Dorada II	Spremnik/ kugla D-23	UNP	648	I	500	80	40	1x10 <sup>-8</sup>
<b>Suma eksplozivnih tvari</b>	Dorada II	Spremnici/kugle	UNP	1 556	I	721	163	82	1x10 <sup>-8</sup>
	Dorada II	nadz. sprem. R-701	benzin	14 250	II	284	12,7	13	3x10 <sup>-9</sup>
	Dorada II	nadz. sprem. R-901	LUS i LUT	34 560	II	432	29	30	3x10 <sup>-9</sup>
	Dorada II	nadz. sprem. R-802	Nafta	25 500	II	300	14	14	3x10 <sup>-9</sup>
	Dorada II	nadz. sprem. R-803	nafta	25 500	II	300	14		
	Dorada II	nadz. sprem. R-804	nafta	25 500	II	300	14		
<b>Suma zapaljivih tvari</b>	Dorada II	Nadzemni spremnici	benzin, LUS,LUT, nafta	444 308	II	1200	226	226	3x10 <sup>-9</sup>
<b>Suma eksplozivnih i zapaljivih tvari</b>	Dorada II	Nadzemni spremnici	UNP, benzin, LUS,LUT, nafta					308	3x10 <sup>-8</sup>
	INA - Crnac	nadz. sprem. R-51101	nafta	68 000	II	600	56	28	3x10 <sup>-9</sup>
	INA - Crnac	nadz. sprem. R-51102	nafta	68 000	II	600	56		
	INA -	nadz. sprem. R-51103	nafta	68 000	II	600	56		

Tablica 2 – Procjena vjerojatnosti od velikih nesreća u Rafineriji nafte Sisak [4]

Koraci procjene su :

- Identifikacija kritičnih objekata,
- Eliminacija objekata koji nemaju izvanlokacijski učinak i koji nisu u naseljenom području,
- Izračunavanje dosega primjenom programskih prilagođenih paketa EPE,
- Izračunavanje posljedica i vjerojatnosti događaja,
- Rangiranje kritičnih objekata. [4]

Tijekom primjene metode uvaženi su slijedeći kriteriji :

- jačina izvora najveća moguća,
- osnovni proračun raspršenja toksičnih plinova provodi se za stabilnost atmosfere klase D (neutralno) s brzinom vjetera od 5m/s. Ovi uvjeti ne predstavljaju najgori slučaj, već je pretpostavka načinjena s obzirom na prosječne vremenske uvjete kako bi bila moguća usporedba između toksičnih, zapaljivih i eksplozivnih tvari,
- smjer vjetera koristi se najučestaliji smjer vjetera izmjeren u gradu Sisku,
- mjerilo nastradalih u požarima 100% smrtnost izloženih osoba unutar vatrom zahvaćenog područja,
- mjerilo nastradalih u eksplozijama oblaka pare, 100% smrtnost među osobama

zahvaćenim gorućim oblakom,

- pretpostavka paljenja s nižom granicom zapaljivosti, a za eksplozivne tvari 100% smrtnost u neposrednoj blizini središta detonacije, što znači visoki prekomjerni tlak veći od 1 bara i visoku gustoću letećih predmeta,
- mjerilo nastradalih od toksičnih oblaka 100 % smrtnost među osobama izloženim dulje od 30 minuta koncentraciji manjoj ili jednakoj LC50 za ljude. Iako je ovo preuveličana procjena unutar određenog pogođenog područja, to je i preniska procjena za područje izvan granica pogođenog područja, gdje je moguće postojanje nižih, ali još uvijek smrtonosnih koncentracija. [4]

U slučaju požara u Rafineriji nafte Sisak mogući požari su mnogo manjeg dometa od dometa širenja otrovnih plinova te se i mjere intervencija mogu ograničiti na područje oko samog izvora, odnosno na područje Terminala Sisak i dijelova grada Siska. [4]

Procjena rizika pokazuje kako su svi potencijalni rizici ispod donje crte prihvatljivosti te kako bi sumarni požar svih spremnika u Rafineriji nafte Sisak (sirova nafta + derivati) imao radijus djelovanja 1.200 m, zahvatio bi površinu od 226 ha, mogući broj žrtava bio bi 226, a učestalost prema procjeni rizika iznosi  $1 \times 10^{-9}$  događaj/god. [4]

Glede zaštite ljudi i imovine od požara i eksplozija u Rafineriji nafte Sisak poduzimaju se mjere i postupci za otklanjanje uzroka požara i eksplozija, sprječavanje nastanka i širenja požara i eksplozija kao i za pružanje pomoći u otklanjanju posljedica prouzrokovanih požarom i eksplozijom. Zaštita od požara, odnosno preventivne mjere pored navedenih građevnih i tehničko-tehnoloških mjera zaštite od požara, obuhvaćaju skup mjera i postupaka organizacijske prirode kao što su:

- provedba odgovarajućeg obrazovnog procesa kojim se radnici upoznaju s opasnostima i uzrocima požara i eksplozija te načinom njihova gašenja, primjenom raspoloživih sredstava za opremanje radnih prostora odgovarajućim sredstvima i opremom za gašenje požara i eksplozija,
- organiziranje radnog procesa na način da se postupcima na svim radnim mjestima izvršavaju na predviđen i propisan način,
- organiziranje radnog procesa na način da tijekom rada uvijek bude dostatan

- broj mobilno sposobnih radnika za gašenje požara i eksplozija,
- organiziranje radnog procesa na način da tijekom rada uvijek bude dostatan broj mobilno sposobnih radnika za gašenje požara i eksplozija,
  - organiziranje vatrogasnih postrojbi sastavljenih od radnika koji su posebno osposobljeni za gašenje požara,
  - redovito pregledavanje i ispitivanje sredstava za otkrivanje i gašenje požara u zakonskim rokovima,
  - provjeravanje osposobljenosti radnika za gašenje požara i eksplozija te spašavanje,
  - označavanje požarnog puta unutar kompleksa Rafinerije te briga o njegovoj stalnoj prohodnosti,
  - nadzor nad održavanjem čistoće i urednosti u radnim prostorima,
  - nadzor nad prostorom Dorade i manipulacije zadužene za skladištenje nafte i naftnih derivata u nadzemnim spremnicima,
  - nadzor nad raspoređivanjem novih radnika glede provjere osposobljenosti za gašenje požara i eksplozija,
  - izricanje i oglašavanje zabrane pušenja i izazivanje otvorenog plamena,
  - ograničavanje kretanja radnicima i drugim osobama u pojedinim dijelovima radnih prostora,

suradnja s tijelima nadzora i drugim tijelima i zajednicama na području grada Siska, općine i županije, a u svrhu provedbe i unapređivanja zaštite od požara i eksplozija. [4]

Sustav za gašenje mora imati svaki nadzemni spremnik volumena veći od  $300\text{m}^3$ , kao i svaki nadzemni spremnik volumena do  $300\text{m}^3$ , ako se u njemu skladište nestabilne tekućine ili tekućine s obilježjem izbacivanja te spremnik smješten u gusto naseljenim područjima. Sustav za hlađenje mora imati svaki nadzemni spremnik. [4]

Za hlađenje plašta nadzemnog spremnika u slučaju požara potrebno je najmanje  $1.2\text{ l/min}$  vode na  $\text{m}^2$  plašta u trajanju od najmanje dva sata. Ako je spremnik izvedbe s konusnim krovom, količina vode za hlađenje krova mora iznositi najmanje  $0.6\text{ l/min}$  na  $\text{m}^2$  površine krova u trajanju od najmanje dva sata. Za hlađenje cilindričnih nadzemnih spremnika, količina vode mora iznositi najmanje  $1.6\text{ l/min}$  na  $\text{m}^2$  površine spremnika u trajanju od najmanje dva sata. [4]

Hidrantska mreža za jedan nadzemni spremnik mora imati najmanje dva standardna hidranta. Za dva i više spremnika broj hidranata određuje se prema rasporedu spremnika i to tako da udaljenost između hidranata nije veća od 50m, odnosno manja od 25m od spremnika. Hidranti se ne smiju postavljati nasuprot podnice cilindričnih nadzemnih spremnika. [4]

### **3.6. Tehničko-tehnološke mjere zaštite spremnika**

Zašto sve suvremeniji tehnološki procesi proizvodnje nisu i sigurniji, iako je razina tehničkih saznanja viša, može se objasniti činjenicom da poduzete mjere za što većom proizvodnjom i profitom ne prate odgovarajuće mjere tehničke zaštite niti je dostatna osposobljenost radnika za siguran rad u tim proizvodnim procesima. Za suvremenu zaštitu od požara potrebno je dobro poznavati prirodu tvari, nafte i naftnih derivata (fizikalno-kemijska svojstva) koje sudjeluju u procesu proizvodnje i uvjete (tlak, temperatura) pod kojim se one prerađuju ili proizvode, odnosno treba poznavati tehnološki proces. [4]

Čimbenici koji utječu na sigurnost od požara i eksplozije su različite prirode. Pri ocjeni opasnosti koje jedan proces proizvodnje nosi sa sobom, potrebno je u prvom redu imati u vidu :

- jesu li tvari koje sudjeluju u procesu proizvodnje eksplozivne, zapaljive ili samozapaljive,
- jesu li tvari koje sudjeluju u procesu proizvodnje u krutom kompaktnom ili rastresito praškastom stanju, tekućem ili plinovitom i dolazi li tijekom proizvodnje, prerade i skladištenja do prelaska iz jednog agregatnog stanja u drugo,
- kolika je količina i nagomilanost zapaljive robe (koliko je požarno opterećenje),
- kakvi su radni uvjeti, odnosno radi li se na povišenoj temperaturi i tlaku ili u vakuumu,
- postoji li u procesu rada i pri unutarnjem prijevozu opasnost od stvaranja statičkog elektriciteta,
- osobine strojeva i aparata koji sudjeluju u procesu rada i prijevoza (materijali i

konstrukcije, armature, hermetizacija, način vođenja i nadzora procesa, raspored uređaja u sustavu, opasnost od razlijevanja i slično). [4]

Svi navedeni parametri utječu na sigurnost procesa proizvodnje i moraju biti potanko razrađeni u investicijsko-tehničkoj dokumentaciji, pogonskoj dokumentaciji, radnim uputama i slično. Promjena bilo kojeg od ovih parametara, bez prethodne analize utjecaja na odvijanje tehnološkog procesa, bez promjene radnih uputa i tehničkih mjera zaštite, prije ili kasnije dovodi do ugrožavanja procesa proizvodnje, najčešće sa velikim i neželjenim posljedicama. [4]

Na sigurnost procesa proizvodnje u velikoj mjeri, pored osposobljenosti radnika, utječe pravodobno i pravilno postavljanje i održavanje uređaja i instalacija, a tu se ubraja:

- utvrđivanje i označavanje mogućih konstrukcijskih, montažnih i eksploatacijskih nedostataka na aparatima, uređajima i opremi koji mogu dovesti do stvaranja izvora paljenja u radu,
- analiza potrebe za kontrolno-mjernom i regulacijskom opremom zbog osiguranja strogo utvrđenih parametara za vođenje tehnološkog procesa,
- utvrđivanje svrsishodnosti primjene automatskih uređaja za vođenje tehnoloških procesa s jednog mjesta,
- osiguranje uređaja, instalacija i sustava za rano otkrivanje, sprječavanje, dojavu i gašenje požara i eksplozije (detektori plina i eksplozije, sustavi za dojavu i gašenje požara - vatrodojavne centrale, sustavi za grijanje i prozračivanje, električne instalacije, tzv. "S" izvedba, sustavi za zaštitu od statičkog elektriciteta, gromobranske instalacije, hidrantska mreža, stabilni i polustabilni sustavi za hlađenje i gašenje). [4]

### **3.7. Postrojbe i materijalno-tehnička sredstva u slučaju nesreće**

Vatrogasna postrojba nadležna za gašenje požara na šticeanim objektima i prostorima u Rafineriji, organizirana je u okviru Vatrogasne postrojbe Rafinerije nafte Sisak. Rad vatrogasne postrojbe je organiziran kontinuirano od 0-24 sata. Svi djelatnici u skladu zakonskih propisa imaju odgovarajuću stručnu spremu i položene potrebne stručne ispite iz područja zaštite od požara i vatrogastva. Vatrogasna



postrojba za Lokacije Rafinerije nafte Sisak na osnovu uvjeta iz Zakonske regulative (I a kategorija) sačinjena je od minimum 82 profesionalnih vatrogasaca i 5 operatera VDC na lokacijama:

- u vatrogasnici glavno spremište – područje KP – 4,
- u vatrogasnici na području KP – 6. [5]

U četiri smjene (A, B, C i D) ravnopravno su raspoređeni vatrogasci Lokacije Rafinerije nafte Sisak što je opisano u poglavlju, što iznosi u svakoj smjeni po 16 operativnih vatrogasaca i 1 operater VDC te dodatno zapovjednik i zamjenik zapovjednika VP koji rade dnevnu smjenu radnim danima. Navedeni vatrogasci rade na dvije prostorno odvojene lokacije unutar RNS udaljene 3 km. [5]

U zamjenskoj (petoj) smjeni radi 16 vatrogasaca te jedan operater VDC iz redovnih smjena u odsutnosti sa osnova godišnjeg odmora, plaćenog dopusta, bolovanja i preraspodjele rada. Rad vatrogasne postrojbe odvija se kontinuirano 0-24 sata (u dvije smjene po 12 sati u režimu rada 12/24 – 12/48). Svaka od smjena (A, B, C i D) u okviru postojećeg broja vatrogasaca ima zapovjednika u smjeni koji ima položen stručni ispit za vatrogasca s posebnim ovlastima i odgovornostima. Na svakoj lokaciji sa vatrogasnim odjeljenjem u smjeni, zapovijeda Voditelj odjeljenja koji također ima položen stručni ispit za vatrogasca s posebnim ovlastima i odgovornostima. Profesionalna vatrogasna postrojba svojim ustrojem i opremljenosti, zadovoljava odredbe koje su propisane, Pravilnikom o osnovama organiziranosti vatrogasnih postrojbi na teritoriju Republike Hrvatske te Pravilnikom o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara, za građevine i prostore svrstane u I a kategoriju ugroženosti od požara. Ustroj vatrogasne postrojbe u svim dijelovima odgovara definiranoj kategorizaciji prostora i objekata Rafinerije nafte Sisak. [5]

Ovakav raspored minimalno potrebnog broja vatrogasaca po lokacijama osigurava operativnu spremnost smjene za intervenciju s propisanim brojem kombiniranih vatrogasnih vozila na šticićenom području. U slučaju potrebe vatrogasne ekipe u smjeni na svim lokacijama s raspoloživim ljudstvom, opremom i sredstvima za gašenje i spašavanje, uključuju se u intervenciju, na bilo kojem pogonu, objektu, ili prostoru na području Rafinerije nafte Sisak. [5]

U slučaju potrebne pomoći pri gašenju požara u Rafineriji, istodobno se obavještavaju preko Centra 112 i stavljaju u stanje pripravnosti vanjske vatrogasne postrojbe i prema potrebi pozivaju. [5]

U skladu sa Zakonom o zaštiti od požara, a slučaju privremenog pojačanog požarnog rizika (za vrijeme cijelog njegovog trajanja) na lokaciji RNS na temelju izrađene prosudbe privremenog povećanog požarnog rizika, poduzimaju se odgovarajuće dodatne, organizacijske i tehničke mjere zaštite od požara, koje uključuju osiguranje vatrogasnog dežurstva i angažman dodatnog broja vatrogasaca i vatrogasnih vozila (opreme) kao dodatak na minimalni broj sukladno Zakonskoj regulativi za I a kategoriju. Vatrogasno dežurstvo smiju obavljati samo osobe osposobljene prema propisima kojima se uređuje područje vatrogastva. Dodatne navedene mjere u slučaju (privremena mjesta pretakanja zapaljivih tvari, zavarivanje, remont, kretanje/stajanje postrojenja, asistencije kod izvođenja radova, sustav zaštite od požara van funkcije – duže vrijeme i drugih aktivnosti gdje je prisutan povećan požarni rizik). Obaveze izrade prosudbe privremenog povećanog požarnog rizika je na vlasniku, odnosno korisniku građevina, građevinskih dijelova. [5]

Rješenjem MUP RH 511-10-09/1-UP/I-621/1-95. D.M. od 07. veljače 1995.godine Rafinerija nafte Sisak, razvrstano je u „I a“ **kategoriju** ugroženosti od požara. Provođenje mjera zaštite od požara obavlja se sukladno odredbama Zakona o zaštiti od požara, Zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima te podzakonskim aktima, pravilnicima, normama i tehničkim propisima. Uvjeti iz Pravilnika o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara (N.N. 62/94, 32/97) su: “I a“ kategorija – 65 profesionalnih vatrogasaca ili 53 profesionalna vatrogasca i 41 djelatnik stručno osposobljen za dobrovoljnog vatrogasca te najmanje 6 djelatnika raspoređenih za obavljanje preventivnih poslova zaštite od požara. [5]

(Opis rada zaposlenika za preventivu: propisivanje mjera ZOP-a, nadzor nad provedbom mjera ZOP-a, preventivni poslovi iz područja ZOP-a, suradnja u izradi dokumentacije iz područja ZOP-a, sudjeluje u ispitivanjima sustava ZOP-a, vođenja evidencija iz područja rada, praćenje zakonske regulative – interno /eksterno). [5]

Vatrogasna postrojba nadležna za gašenje požara na štíćenim objektima i prostorima u Rafineriji, organizirana je u okviru Vatrogasne postrojbe Rafinerije nafte Sisak. Rad vatrogasne postrojbe je organiziran kontinuirano od 0-24 sata. [5]

Vatrogasna postrojba smještena je na lokacijama:

- u vatrogasnici glavno spremište – područje KP – 4,
- u vatrogasnici na području KP – 6. [5]

U slučaju potrebe vatrogasne ekipe u smjeni na svim lokacijama s raspoloživim ljudstvom, opremom i sredstvima za gašenje i spašavanje, uključuju se u intervenciju, na bilo kojem pogonu, objektu, ili prostoru na području Rafinerije nafte Sisak. [5]

Suradnja s Javnim vatrogasnim postrojbama, te profesionalnim vatrogasnim postrojbama u gospodarstvu na području Sisačko-moslavačke županije, održava se u okviru zakonskih odredbi. Jednako tako se održava i suradnja sa određenim dobrovoljnim vatrogasnim društvima. U slučaju potrebne pomoći pri gašenju požara u Rafineriji pozivaju se:

1. VP JANAF udaljena 3 km
2. Javna vatrogasna postrojba grada Siska, udaljena 8 km
3. Javna vatrogasna postrojba grada Zagreba, udaljena 63 km
4. Vatrogasna postrojba Petrokemije Kutina, udaljena 40 km

Istodobno se obavještavaju i u stanje pripravnosti stavljaju ostale najbliže vatrogasne postrojbe INA (sa određenim brojem ljudi, opreme i sredstava) koje mogu doći i priključiti se intervenciji. [5]

**Poslove zaštite od požara u Sektoru Rafinerija nafte Sisak obavlja 7 djelatnika i to:**

- Služba ORZZSO -ZNR i ZOP
- Vodeći inženjer za zaštitu - 1 djelatnik
- PVP RNS – Stručnjak za zaštitne poslove - 1 djelatnik
- Vodeći specijalist za zaštitne poslove - 1 djelatnik
- Viši inženjer zaštite od požara 1 - 2 djelatnika
- Viši tehničar zaštite od požara 1 - 3 djelatnika
- Profesionalna vatrogasna postrojba Rafinerije nafte Sisak (PVP RNS), organizirana je u pet vatrogasnih smjena. U četiri redovne smjene je raspoređen jednak minimalni broj vatrogasaca koji rade na tri prostorno odvojene lokacije kako slijedi:

- vatrogasnica glavno spremište sedam vatrogasaca i jedan operater na VDC
- vatrogasnica KP-6 osam vatrogasaca i jedan operater na VDC
- vatrogasnica JANAF Terminal Sisak četiri vatrogasca od kojih jedan na VDC U zamjenskoj, ili petoj smjeni radi 16 vatrogasaca koji zamjenjuju vatrogasce iz redovnih smjena u slučaju odsutnosti.

**U slučaju požara i eksplozije u svrhu ograničavanja posljedica velikih nesreća na lokaciji Rafinerije nafte Sisak nalazi se slijedeća oprema:**

- Vatrogasna vozila
  - Kombinirano vatrogasno vozilo Mercedes – Rosenbauer ULF 4000/5000/1000 26-32; kapacitet spremnika za vodu/pjenilo/prah: 4000 l vode/ 5000 l pjenila/ 1000 kg praha
  - Kombinirano vatrogasno vozilo Mercedes – Rosenbauer ULF – 10000 26-24 LK – 240; kapacitet spremnika za vodu/pjenilo/prah: 5000 l vode/ 5000 l pjenila/ 1000 kg praha
  - Kombinirano vatrogasno vozilo Mercedes – Ziegler TLF – 60 – 50/50 26-32; kapacitet spremnika za vodu/pjenilo/prah: 5000 l vode/ 5000 l pjenila/ 1000 kg praha
  - Kombinirano vatrogasno vozilo Mercedes – Rosenbauer VP – 5000/5000 26-36; kapacitet spremnika za vodu/pjenilo: 5000 l vode/ 5000 l pjenila
  - Kombinirano vatrogasno vozilo FAP – Rosenbauer 22-26; kapacitet spremnika za vodu/pjenilo: 2000 l vode/ 3000 l pjenila
  - Autocisterna FAP M-16 BDS s karakteristikama kombiniranog vatrogasnog vozila; kapacitet spremnika za pjenilo: 7500 l pjenila
  - Autocisterna Mercedes – Ziegler 26-35 / AS/35 s karakteristikama kombiniranog vatrogasnog vozila; kapacitet spremnika za vodu/pjenilo: 3000 l vode/ 17000 l pjenila
  - Hidraulična platforma – Simon Snorkel s karakteristikama kombiniranog vatrogasnog vozila; kapacitet spremnika za pjenilo: 2000 l pjenila,
  - Specijalno vatrogasno vozilo za gašenje požara u rafinerijama VP 4000/6000;
  - Spremnik za vodu 4000 l,
  - Spremnik za pjenilo 6000 l

- Tehničko vozilo za kemijsko – tehnološke accidente Mercedes 1227 AF 4x4
- Vatrogasno vozilo za prijevoz ljudi i opreme (3 komada)
- Sanitetsko vozilo
- Mobilni bacači voda – pjena
- Prenosivi monitori voda/pjena Titan; volumni protok: 4500 l/min (4 komada)
- Prenosivi monitori voda/pjena; volumni protok: 1200/1400 l/min (5 komada) [5]

### 3.7.1. Sustav za opskrbu vodom

Sirova voda zahvaća se iz rijeke Kupe preko Bunara Kupa II. Neobrađena sirova voda se koristi za vatrogasne i servisne potrebe, a obrađena voda se koristi kao procesna i rashladna voda. Opskrba vodom za potrebe zaštite od požara obavlja se iz vatrogasne pumpaonice KP-6 preko vodocrpne stanice Bunar Kupa II. Vodocrpna stanica Bunar Kupa II locirana je na obali Kupe između postrojenja KP-4 i KP-6. U slučaju požara i drugih opasnih događaja, po nalogu zapovjednika intervencije, operater iz glavne vatrodojavne centrale preko izravne telefonske linije zahtjeva od strojara u vatrogasnoj pumpaonici KP-6, da pokrene odgovarajuće pumpe za povećanje tlaka i kapaciteta. Stalni tlak u hidrantskoj mreži i nadzemnim hidrantima je 5 - 7 bara, a maksimalni do 18 bara. Hidranti su namijenjeni za dobavu vode u vatrogasna vozila koja vrše izravno gašenje. [4]

U bunaru Kupa II postavljene su pumpe (5 kom) sljedećih karakteristika:

- pumpa P-4501, kapaciteta 4 000 - 6 000 l/min, pri tlaku od 2,4 bara, elektro pogon
- pumpa P-4502 A kapaciteta 7 500 - 11 400 l/min, pri tlaku od 2,5 - 3 bara, elektro pogon
- pumpa P-4502 B kapaciteta 7 500 - 11 400 l/min, pri tlaku od 2,5 - 3 bara, elektro pogon
- pumpa P-4503 A, kapaciteta 33 000 - 55 000 l/min, pri tlaku od 1 - 1,6 bar, kombinirani pogon, 195 KS, (dizel i elektro),

- pumpa P-4503 B, kapaciteta 33 000 - 55 000 l/min, pri tlaku od 1 - 1,6 bar, kombinirani pogon, 195 KS (dizel i elektro). [4]

Pumpe u bunaru Kupa II se daljinski uključuju iz vatrogasne pumpaonice KP – 6 i tlače vodu u retencijske bazene vatrogasne pumpaonice KP – 6 gdje stalno održavaju predviđenu razinu vode. Retencijski bazeni služe za pričuvu vode u slučaju kvara na sustavu za zahvaćanje vode u Bunaru Kupa II. Instalirana su četiri bazena kapaciteta 2 500 m<sup>3</sup>. U slučaju potrebe, kapacitet bazena je dovoljan za opskrbljivanje hidrantske mreže za slučaj dva istovremena požara u vremenskom periodu od dva sata. Za to vrijeme služba održavanja mora osposobiti dobavu vode iz Bunara Kupa II. Voda iz bazena se uz pomoć pumpi iz Vatrogasne pumpaonice tlači u sustav hidrantske mreže. Instalirani kapacitet vodocrpne stanice je 2 000 m<sup>3</sup>/h, a za potrebe gašenja na raspolaganju je još dodatnih 6 000 m<sup>3</sup>/h. Taloženje, kontrolirana pričuva vode i distribucija vode za daljnju preradu na kemijskim pripremama vode i opskrbu vatrogasnog sustava Rafinerije obavlja se iz pumpaonice Distributivnog centra vode (DCV) kapaciteta 2 400 m<sup>3</sup>/h (sa dodatnih 6 400 m<sup>3</sup>/h za potrebe gašenja). Kao zalihni izvor opskrbe vodom za zaštitu od požara, u slučaju prekida rada vodocrpne stanice bunar Kupa 2 i DCV-a, može biti dobava iz rijeke Kupe i Save. Iz ovih vodotoka voda se može za potrebe vatrogasne intervencije dobavljati mobilnim pumpnim agregatima. Pristup vodotocima s mobilnim pumpnim agregatima moguć je na pristupnom putu kod vodocrpne stanice bunar Kupa 2 i na prostoru Luka Crnac preko betonskih stepenica kod pristana 1. Ova mjesta prema tehničkim karakteristikama mogu poslužiti za alternativnu uspostavu dobave vode za gašenje požara pomoću mobilnih pumpnih agregata. Drugi alternativni izvor dobave vode (ograničena količina), može biti bazen ispod rashladnih tornjeva, crpljenjem mobilnim pumpama ili pumpama vatrogasnih vozila. [4]

### **3.7.2. Hidrantska mreža i vatrogasna pumpaonica**

Vatrogasna pumpaonica KP-6 (DCV) je locirana u novom dijelu Rafinerije nafte Sisak i prvobitna namjena joj je bila opskrbljivanje vodom hidrantsku mrežu na postrojenjima KP-6, KP-7 i skladišnog prostora Dorade II. Zbog izbacivanja iz sustava dobave vode Rashladnih uređaja u starom dijelu rafinerije hidrantska mreža je

prespojena na sustav koji je povezan s Vatrogasnom pumpaonicom KP-6. Vatrogasna pumpaonica KP-6 uzima vodu iz retencijskih bazena te uz pomoć pumpi održava tlak od 5 - 7 bara u vanjskoj hidrantskoj mreži na cijelom prostoru rafinerije. Stalni tlak u hidrantskoj mreži (5 - 7 bara) održavaju dvije pumpe servirke koje su instalirane u pumpaonici. Prema potrebi, a na zahtjev zapovjednika vatrogasne intervencije tlak u hidrantskoj mreži može se povećati do 18 bara. Ovo povećanje tlaka prema zahtjevu obavlja operater u Vatrogasnoj pumpaonici uključivanjem u rad drugih pumpi. [4]

U vatrogasnoj pumpaonici, instalirano je 7 pumpi sljedećih karakteristika:

- pumpa P – 4803, kapaciteta 2 000 l/min, pri tlaku 6,5 bara, elektropogon,
- pumpe P – 4804 A, kapaciteta 12 000 l/min, pri tlaku od 7,5 bara, elektropogon,
- pumpe P – 4804 B, kapaciteta 12 000 l/min, pri tlaku od 7,5 bara, elektropogon,
- pumpe P – 4801 A, kapaciteta 20 000 l/min, pri tlaku od 18 bara, elektropogon,
- pumpe P – 4801 B, kapaciteta 20 000 l/min, pri tlaku od 18 bara, elektropogon,
- pumpe P – 4802 A, kapaciteta 20 000 l/min, pri tlaku od 18 bara, dizel pogon od 853 KW (1 600 KS),
- pumpe P – 4802 B, kapaciteta 20 000 l/min, pri tlaku od 18 bara, dizel pogon od 853 KW (1 600 KS). [4]

Protok pumpi za dobavu u vatrogasnoj pumpaonici, koja maksimalno može biti od 40 m<sup>3</sup>/min, vodu distribuira u hidrantsku mrežu, uz osiguranje stalnog servisnog tlaka od 3 do 5 bara. Prema potrebi, tlak se može povećati uključivanjem dodatnih pumpi do 16 bara, što zadovoljava najveće potrebe za gašenje požara. Zbog dotrajalosti podzemnih cjevovoda sustava hidrantske mreže, otkrivaju se mjesta propuštanja, što proizvodi gubitke protoka u sustavu i smanjuje količinu vode utvrđenu prema zakonskim odredbama i projektiranim zahtjevima, za gašenje požara. Kao rezervni izvori napajanja u slučaju nestanka električne energije koriste se dizel agregati. Kao rezervni izvori napajanja u slučaju nestanka električne energije koriste se dizel agregati. Agregat se automatski uključuje po nestanku električne energije. [4]

Vanjska hidrantska mreža namijenjena je za zaštitu od požara u RNS i izgrađena je prstenasto oko svih šticećenih objekata. Iz ove hidrantske mreže vatrogasnom vodom se opskrbljuju svi potrošači namijenjeni za zaštitu od požara u RNS, a to su:

- stabilni sustavi za hlađenje raspršenom vodom (drencher),
- stabilni bacači voda/pjena,
- mobilni bacači voda/pjena,
- vatrogasna vozila,
- nadzemni hidranti i
- unutarnja hidrantska mreža.

Na dijelovima cjevovoda za odvajanje pojedinih požarnih sektora, ugrađeni su zaporni ventili, tzv. sektorska okna, kako bi se u slučaju oštećenja pojedinih dijelova sustava isti mogli izolirati dok se ne izvrši sanacija. Direktno na ovaj sustav spojeni su nadzemni hidranti, stabilni sustavi za hlađenje raspršenom vodom tipa drencher i stabilni bacači voda/pjena, dok se vatrogasna vozila i mobilni bacači voda/pjena napajaju vatrogasnom vodom iz nadzemnih hidranata uz pomoć tlačnih vatrogasnih cijevi promjera  $\varnothing$  110 mm i  $\varnothing$  75 mm. [4]

### **3.7.3. Sustav za zaštitu spremnika od požara**

Sustav se sastoji od stabilnog sustava raspršene vode za hlađenje spremnika, te mobilnog sustava za gašenje u vidu vatrogasnih vozila i prijevoznih bacača vode. U sustav možemo još dodati prisutne prijenosne vatrogasne aparate sa prahom većeg kapaciteta. [5]

#### **3.7.3.1. Stabilni sustav**

Sustav se sastoji od zapornih armatura u razvodnim oknima, podzemnih i nadzemnih cjevovoda i mlaznica za raspršivanje vode. Namijenjen je za hlađenje kuglastih spremnika plina D-14, 15, 16, 17, 18 i 23 u slučaju požara. Od razvodnog okna, podzemno su instalirani dovodni cjevovodi do šticećenih spremnika, gdje su dalje dignuti i nadzemno u obliku linija i prstena razvedeni oko šticećenih spremnika. Na



razvodnim linijama i prstenima ugrađene su mlaznice. Aktiviranje sustava je ručno otvaranjem armatura u razvodnim oknima (tri razvodna okna), kako slijedi:

- u razvodnom oknu uz PP-33 nalaze se zasuni za aktiviranje hlađenja na: D-23 te linijama vodene zavjese, A gornja, B donja i C donja,
- u razvodnom oknu uz PP-21 nalaze se zasuni za aktiviranje hlađenja na: D-23 donji i gornji prsten te linijama vodene zavjese, A donja, B gornja i donja i C gornja i donja linija,
- u razvodnom oknu kod pumpaonice plina nalaze se zasuni za aktiviranje hlađenja na: D-14, D-15, D-16, D-17 i D-18. [5]

Zasuni su vidljivo označeni namjenski tekstom na pločicama, koje su pričvršćene na produžetku svakog zasuna. Dobava vode vrši se iz rijeke Kupe vodocrpnom stanicom Bunar Kupa II koji održava potrebnu razinu vode u retencijskim bazenima Vatrogasne pumpaonice KP-6. Kapacitet retencijskih bazena iznosi 4 x 2 500 m<sup>3</sup> vode. Vatrogasna pumpaonica KP-6 pomoću centrifugalne pumpe kapaciteta 120 m<sup>3</sup>/h i tlaka 5 - 7 bara opskrbljuje vodom hidrantsku mrežu Rafinerije na koju je spojen sustav raspršene vode. Za veće potrošnje vode i tlaka u rad se uključuju ostale pumpe u Vatrogasnoj pumpaonici kapaciteta 750 m<sup>3</sup> (2 komada) i 1200 m<sup>3</sup>/h (2 komada) uz tlak od 10 do 18 bara. Izvori energije za napajanje centrifugalnih pumpi su nezavisni s priključcima na javnu električnu mrežu i na rafinerijsku trafostanicu. U slučaju nestanka električne energije u rad se uključuju pričuvni dizel agregati u Vatrogasnoj pumpaonici. [5]

### **3.7.3.2. Mobilni sustav**

Vatrogasna vozila sa centrifugalnim pumpama velikog protoka i prijevozni bacači vode sa univerzalnim glavama, na kojima je moguće regulirati željeni mlaz (puni, raspršeni), također velikog protoka. [5]

### **3.7.4. Sustav vatrodojave i plinodetekcije**

Na prostoru Dorade i manipulacije instalirano je 56 ručnih javljača požara koji su spojeni na vatrodojavnu centralu vatrogasne postrojbe u RNS sa stalnim dežurstvom od 00 – 24 sata. Dojava požara preko javljača registrira se u vatrodojavnoj centrali koja

automatski vrši alarmiranje vatrogasaca, koji dalje postupaju u skladu s Planom zaštite od požara. Drugi način za dojavu požara je putem telefona na broj 2011. [5]

Oprema dojavne požara:

- automatska dojavna centrala
  - proizvođač: Siemens
  - tip: Sinteso FC2040, 1 kom (smještena u komandnoj sali Čret)
- adresabilni Ex-ručni javljači
  - proizvođač: Končar-PEX
  - tip: KtBA-Kt/VT s adresnim elementom, 36 komada
- LCD upravljački panel
  - proizvođač: Siemens, 1 komplet (smještaj u vatrogasnici 2)
- alarmna sirena B/SM 01 i alarmna bljeskalica LP (smještene u vatrogasnici 2)
- sinoptički panel Siemens (smješten u vatrogasnici 2)
- Automatski sustav plinodetekcije nadzire prostore u kojima postoji mogućnost nastanka eksplozivne smjese, zbog istjecanja zapaljivih tekućina, zapaljivih plinova i para u tijeku tehnološkog procesa. Time je osigurana pravovremena signalizacija te poduzimanje potrebnih mjera za eliminiranje potencijalne požarne opasnosti. Sustav reagira na dva nivoa, (predalarm na 20 % vol. i alarm na 40 % vol. DGE). Signal plinodetektora prosljeđuje se u kontrolnu salu za vođenje procesa i Vatrodojavnu centralu nadležne vatrogasne postrojbe. Po primljenom signalu tehnološko osoblje postupa u skladu pogonskih uputa i alarmnog plana, a vatrogasna postrojba u skladu Plana zaštite od požara. Na štitičenom području Dorade instaliran je 81 plinodetektor, uz spremnike plina i spremnike i cijevne kanale sa zapaljivim tekućinama I skupine upaljivosti. [5]

### **3.7.5. Ostali sustavi, oprema i sredstva zaštite spremnika**

Ostali sustavi, oprema i sredstva Rafinerije nafte Sisak obuhvaćaju:

- sabirni prostori kod spremničkih jedinica,
- regulacijski ventili kojima je moguće rasteretiti posude od prevelikog pritiska ili razine prije nego reagira sigurnosni ventil,

- sigurnosni ventili u postrojenju koji odzračuju posude u atmosferu ili u kolektor baklje,
- sustav automatskog vođenja procesa,
- sigurnosni tuševi i ispiralice za oči,
- odgovarajuća osobna zaštitna oprema (obveza korištenja prilikom svih aktivnosti),
- ormarići prve pomoći opskrbljeni sanitetskim materijalom i sredstvima za pružanje prve pomoći postoje u svim objektima na lokaciji Rafinerije nafte Sisak,
- sredstva za apsorpciju i neutralizaciju,
- u slučaju zagađenja tla i vode osiguravaju ovlaštene tvrtke s kojima Rafinerija nafte Sisak ima sklopljene Ugovore. [5]

### **3.8. Obavješćavanje i uzbuđivanje u slučaju nesreće**

Dojave prema vatrogasnoj postrojbi vrše se isključivo preko Vatrodojavne centrale. Dojava se vrši automatskim ili ručnim javljačima požara, plinodetektorima, fiksnim ili mobilnim telefonom pozivom na interni telefon, radio uređajima ili osobnim dolaskom u Vatrodojavnu centralu. Operater VDC-a alarmira smjenu vatrogasne postrojbe, i dobivene informacije prosljeđuje zapovjedniku smjene VP RNS koji donosi odgovarajuće odluke i pokreće intervenciju. Pri dobivanju dojave o propuštanju zapaljivih ili štetnih plinova operater VDC-a uzbuđuje VP u smjeni te nastoji dobiti što više informacija o količini i vrsti plina te zahvaćenju površini koje prenosi zapovjedniku intervencije. Zapovjednik intervencije, ako je to moguće, stupa u kontakt sa nadležnom osobom na terenu te potom raspoređuje vozila i ljude oko opasne zone koja se utvrđuje mjerenjem eksplozivne ili štetne koncentracije plina. Iz zone opasnosti vrši se evakuacija svih djelatnika i eliminiraju se, ukoliko je to moguće, svi potencijalni izvori paljenja. Daljnje širenje zapaljivog ili štetnog plina vrši se pomoću vodenih lepeza i mlaznica za raspršenu vodu i vodenu maglu. Djelatnici postrojenja ili objekta uz potporu pripadnika VP po mogućnosti zatvaraju dovod plina. Za sve aktivnosti unutar zone opasnosti obavezno je korištenje izolacijskih aparata za zaštitu dišnih puteva. Intervencija se provodi do trenutka kada je prestala sva opasnost po ljude i materijalna dobra. [4]

### 3.8.1. Informiranje javnosti u slučaju nesreće

Temeljem Uredbe o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari definirane su informacije koje je operater dužan dati javnosti i medijima, a to su:

- naziv tvrtke operatera i adresu postrojenja,
- informacije kojima se potvrđuje da operater ima pribavljenu suglasnost nadležnih tijela na Izvješće o sigurnosti,
- jednostavan, kratak opis aktivnosti postrojenja,
- uobičajeni naziv i osnovne značajke opasnih tvari u postrojenju koje bi mogle izazvati veliku nesreću,
- opće informacije o načinu upozoravanja javnosti na području utjecaja,
- u slučaju potrebe dostatne informacije o primjerenom ponašanju u slučaju velike nesreće ili naznake gdje se navedenim informacijama može elektronski pristupiti,
- datum posljednjeg nadzora na području postrojenja ili upućivanje gdje se navedenim informacijama može elektronski pristupiti,
- podatke gdje se mogu dobiti dodatne odgovarajuće informacije,
- informacije o prirodi rizika od velikih nesreća u postrojenju uključivo moguće učinke na stanovništvo i okoliš, te kratak opis glavnih vrsta scenarija velikih nesreća i mjera nadzora,
- informacije kojima se potvrđuje da je operater dužan poduzeti odgovarajuće mjere na lokaciji; povezivanje s hitnim službama radi ograničavanja posljedica velikih nesreća,
- upućivanje na Vanjski plan te obveza uvažavanja svih uputa i zahtjeva interventnih postrojbi i hitnih službi,
- po potrebi podatke nalazi li se postrojenje/područje postrojenja u blizini teritorija druge države i predstavlja li mogućnost velike nesreće s prekograničnim učincima industrijskih nesreća. [4]

Ukoliko u slučaju nesreće prijete opasnost širenja u okolinu izvan prostora lokacije s mogućnošću ugrožavanja ljudi i imovine, o tome se odmah obavještava Državnu upravu za zaštitu i spašavanje na telefon 112 koja zatim postupa sukladno svojoj nadležnosti obavješćivanja. Informiranje se provodi putem medija za javno

priopćavanje (odnosno putem konferencije za predstavnike medija) cijelo vrijeme trajanja akcidenta odnosno do trenutka završetka sanacije područja. Informacije smije davati samo Direktor Rafinerije nafte Sisak (zamjenik ili druge stručne osobe imenovane od strane Direktora). [4]

### **3.9. Interventne mjere u slučaju zapaljenja, eksplozije ili propuštanja**

Kada nadležne osobe postrojenja dojavu prema vatrogasnoj postrojbi potencijalnu opasnost od požara, eksplozije ili istjecanja materijala uslijed poremećaja u procesu, postrojba podiže stupanj pripravnosti. Obustavljaju se sve druge aktivnosti postrojbe, i djelatnici se pozivaju u vatrogasno spremište. Zapovjednik smjene ih izvješćuje o akcidentu i mogućim opasnostima i taktičkom nastupu. U dogovoru sa rukovoditeljem postrojenja, po potrebi raspoređuje vozila i djelatnike na teren. Vozila i ljude postavlja na sigurnu udaljenost. U slučaju potrebe, postrojba sudjeluje u evakuaciji ljudi sa ugroženog prostora. [5]

#### **3.9.1. Provođenje evakuacije i spašavanja**

U slučaju ugroze sigurnosti i zdravlja radnika na bilo kojem prostoru postrojenja i kontrolne sale, ugroženi radnici postupaju u skladu uputa osoba koje rukovode spašavanjem, to jest udaljavaju se iz ugrožene zone na siguran prostor izvan postrojenja. U slučaju da su radnici ozlijeđeni, a nalaze se na ugroženom prostoru postrojenja u prizemlju, na visini ili u dubini, voditelji spašavanja organiziraju hitne akcije spašavanja raspoloživim snagama i opremom. Ukoliko su pristupne penjalice na povišena mjesta zbog oštećenosti ili prisutne opasnosti nedostupne, voditelji spašavanja prema pravilima struke za spašavanje koriste raspoloživu vatrogasnu opremu za spašavanje s visine, (hidrauličnu platformu, penjačko užje, nosila, itd). U slučaju da su radnici ozlijeđeni, a nalaze se na ugroženom prostoru u prizemlju, na visini ili u dubini, voditelji intervencije u suradnji s nadležnom odgovornom osobom organiziraju hitne akcije spašavanja raspoloživim snagama i opremom, te se daje nalog za poziv hitne medicinske pomoći na telefon 194 ili 112. Po obavljenom spašavanju odmah se pristupa pružanju prve pomoći ozlijeđenim osobama, (zaustavljanje

krvarenja, umjetno disanje, od strane osposobljenih osoba), te prijevoz istih do medicinske ustanove. Praktično uvježbavanje evakuacije i spašavanja sukladno zakonskim odredbama, organizira odgovorna osoba postrojenja, najmanje jedanput u dvije godine po svakoj lokaciji. [4]

## **4. TAKTIČKA PREDPOSTAVKA INTERVENCIJE VATROGASNE POSTROJBE ZBOG ISTJECANJA UNP-a NA SPREMNIKU**

Zbog kvara na drenažnom ventilu kuglastog spremnika broj 17 na Čretu, nastalo je izbijanje UNP-a propan-butan. Oblak izlazećeg plina nošen vjetrom širio se u smjeru skupine spremnika 400 i AB-ceste. [10]

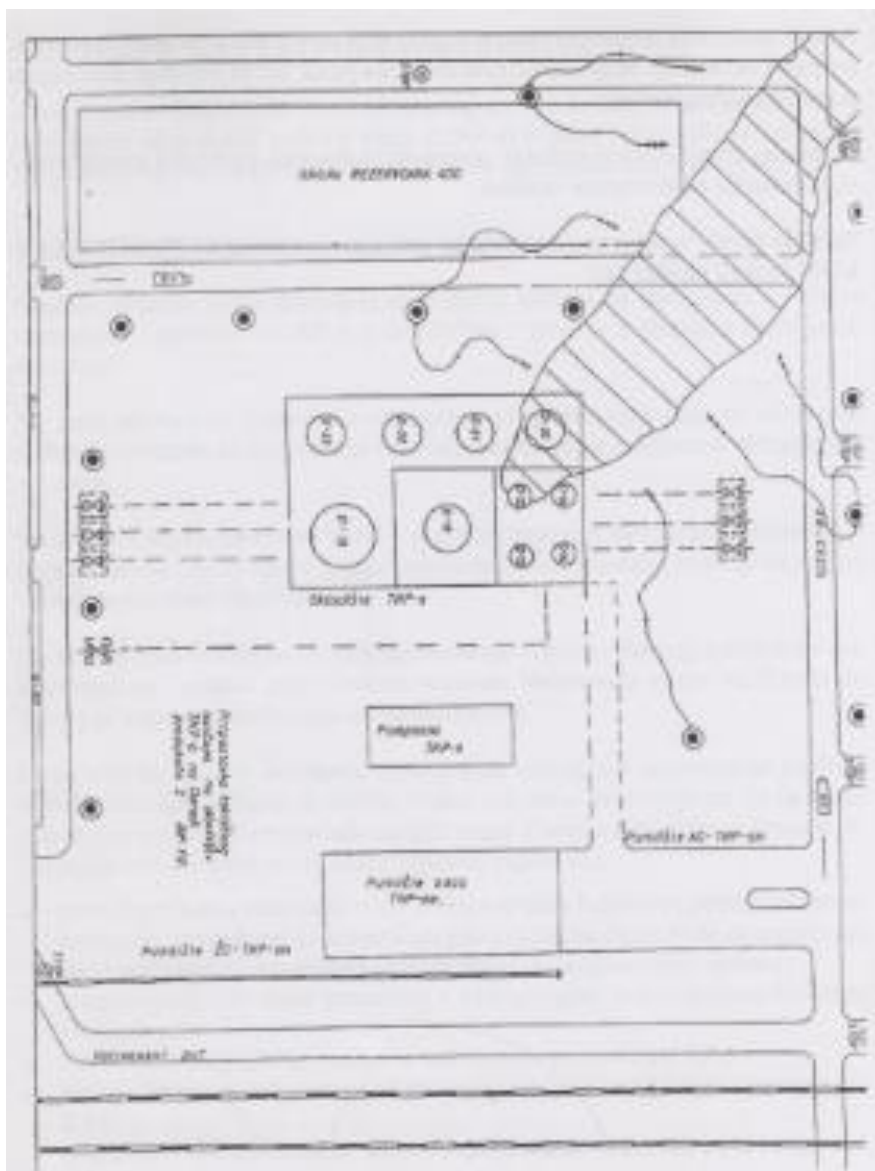
### **4.1 Taktički razvoj vatrogasne intervencije**

Nastalo izbijanje plina dojavljuje se pomoću javljača ili telefonom u VDC-u vatrogasne ispostave na KP-6, a istodobno s time se i alarmira vatrogasna postrojba. Na znak alarma svi pripadnici vatrogasne postrojbe opremaju se zaštitnom odjećom i obućom za intervencije i odmah zauzimaju svoja mjesta u vatrogasnim vozilima. Po prijemu dojave, operater VDC-a predaje obrazac s ispunjenim podacima o dojavi zapovjedniku smjene. Odmah zatim, operater o nastaloj situaciji izvješćuje Glavno vatrogasno spremište. Na mjesto intervencije izlaze vatrogasne ekipe iz KP-6 i Glavnog spremišta s dva kombinirana i jednim zapovjednim vozilom. Vatrogasna ekipa na Terminalu stavlja se u stanje pripravnosti na svojoj lokaciji. Dolaskom na mjesto akcidenta, zapovjednik intervencije pažljivo odredi lokaciju vatrogasnih vozila, vodeći računa o smjeru vjetra da ne budu zahvaćena plinom. Zapovjednik odmah stupa u vezu s tehnologom Dorade II, ocjenjuje nastalu situaciju te izdaje sljedeće zapovijedi:

- pomoću mlazova raspršene vode, preko najbližih hidranata (7 mlazova) razbijati i razrjeđivati koncentraciju plina sa ciljem da ne dođe do zapaljenja (svi vatrogasci na mlazovima moraju nositi izolacijske dišne aparate),
- tehnološkim zahvatom paralelno s vatrogasnom intervencijom blokirati izbijanje plina,
- aktivirati srednjotlačnu pumpu u vatrogasnom pumpanici KP-6,
- blokirati promet AB-cestom od pružnog prijelaza kod TS-9 do vatrogasnice KP-6,
- eliminirati sve eventualne izvore zapaljenja iz područja koja mogu biti zahvaćena plinom,
- eksploziometrom stalno utvrđivati zonu širenja plina. [10]

Tehnolog s osobljem istodobno s vatrogasnom intervencijom postupa prema Alarmnom planu. Nakon blokiranja izbijanja plina, nastavlja se pomoću mlazova

raspršene vode potpuno uklanjanje eksplozivne koncentracije plina, što se utvrđuje mjerenjem pomoću eksploziometra. Potpunim eliminiranjem požarne opasnosti vatrogasna postrojba prema zapovijedi obavlja pospremanje opreme. Taktički razvoj vatrogasne intervencije prikazan je shemom na slici 4. [10]



Slika 4. Taktička pretpostavka

Pri dobivanju dojave o propuštanju zapaljivih ili štetnih plinova operater VDC-a uzbuđuje VP u smjeni te nastoji dobiti što više informacija o količini i vrsti plina te zahvaćenoj površini koje prenosi zapovjedniku intervencije.



Zapovjednik intervencije, ako je to moguće, stupa u kontakt sa nadležnom osobom na terenu te potom raspoređuje vozila i ljude oko opasne zone koja se utvrđuje mjerenjem eksplozivne ili štetne koncentracije plina. Iz zone opasnosti vrši se evakuacija svih djelatnika i eliminiraju se, ukoliko je to moguće, svi potencijalni izvori paljenja. Daljnje širenje zapaljivog ili šetnog plina vrši se pomoću vodenih lepeza i mlaznica za raspršenu vodu i vodenu maglu. Djelatnici postrojenja ili objekta uz potporu pripadnika VP po mogućnosti zatvaraju dovod plina. Za sve aktivnosti unutar zone opasnosti obavezno je korištenje izolacijskih aparata za zaštitu dišnih puteva. Intervencija se provodi do trenutka kada je prestala sva opasnost po ljude i materijalna dobra.

Završetkom akcije gašenja požara i dežurstva na požarištu, zapovjednik intervencije osigurava područje zahvaćeno požarom, popunjava obrazac „Izvještaj zapovjednika vatrogasne intervencije o akciji gašenja ili drugoj akcidentnoj situaciji“. Interno istraživanje uzroka požara obavlja tim, koji imenuje Direktor RNS, i sastavljen je od stručnjaka proizvodnje, održavanja, zaštite od požara, vatrogastva i ostalih. Tim svoje izvješće prosljeđuje Direktor RNS. Evidencija požara i drugih akcidentnih situacija vodi se na propisanom obrascu kojega izrađuje, ažurira i arhivira Zapovjednik VP RNS.

## 5. ZAKLJUČAK

Požari spremnika ukapljenog naftnog plina nisu česta pojava zbog dobrih preventivnih mjera zaštite od požara, ali se ipak ponekad događaju zbog ljudskih pogrešaka, neispravne opreme i prirodnih nepogoda. Vatrogasna postrojba koja djeluje na određenom terminalu te ostali zaposlenici na terminalima moraju imati razrađeni plan za većinu mogućih scenarija koji se u slučaju požara mogu dogoditi. Vatrodojavni i stabilni sustavi za gašenje požara od velikog su značaja u borbi protiv požara jer mogu u ranoj fazi otkriti požar i započeti akciju gašenja.

Sustave treba redovito i temeljito održavati i pregledavati da bi u slučaju nesreće mogli raditi onako kako se od njih to očekuje. U sustave uvijek treba ulagati te ne treba štedjeti, jer ono što se godinama stvara može vrlo brzo nestati. Svaki pojedinac može svojim savjesnim ponašanjem povećati sigurnost i smanjiti mogućnost nastanka požara.

Iskustva s požarima spremnika s ukapljenim plinom nameću sljedeći zaključak; dolaskom na intervenciju u kojoj se zatiče spremnik u požaru te se čuje propuštanje sigurnosnog ventila, moguće je svakog trenutka očekivati eksploziju. Teško je procijeniti točno vrijeme kad će doći do *BLEVE* eksplozije, računajući od početka požara to može biti već za nekoliko minuta kod manjih spremnika, odnosno nakon nekog vremena kod onih većih.

## 6. LITERATURA

1. **Požgaj B.:** *Ukapljeni naftni plin*, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, diplomski rad, (2009.)
2. **Samardžić I.:** *Projekt primjene informacijske tehnologije*, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, dostupno na: <http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar1/63.htm>  
Pristupljeno: 20.7.2019.
3. **Narodne novine:** *Pravilnik o ukapljenom naftnom plinu*, 117/07.
4. **Grupa autora:** *Procjena ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije za Doradu i manipulaciju II*, Rafinerija nafte Sisak, Sisak, (2013.)
5. **Grupa autora:** *Plan zaštite od požara i tehnološke eksplozije za Doradu i manipulaciju II*, Rafinerija nafte Sisak, Sisak, (2013.)
6. **Đurić V., Gorupić F.:** *Priručnik o mjerama zaštite od požara i zaštite na radu kod izvođenja radova na mjestima s povećanim opasnostima u Rafineriji nafte Sisak*, Industrija nafte Zagreb, Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.d., Zagreb, (2001.) ISBN 953-6412-37-3
7. **Grupa autora:** *Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika*, Hrvatska vatrogasna zajednica, Tiskara Zelina d.d. Zagreb, (2006.) ISBN 953-6385-16-3
8. **Grupa autora:** *Zaštita na radu i zaštita od požara*, Industrija nafte Zagreb, Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.d., Zagreb, (1990.) ISBN 86-7695-024-8
9. **Knežević D.:** *Intervencije u nesrećama pri prijevozu opasnih tvari*, Hrvatska vatrogasna zajednica, Tiskara Zelina d.d., Zagreb, (2014.) ISBN 978-953-6385-36-2.
10. **Đurić V., Gorupić F.:** *Vježbovni priručnik vatrogasne postrojbe Rafinerije nafte Sisak*, Industrija nafte Zagreb, Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.d., Zagreb, (2001.) ISBN 953-6412-38-1.

## **7. PRILOZI**

### **7.1. Popis slika**

Slika 1 - Izgled kuglastog spremnika

Slika 2 - Raspored spremnika nafte i naftnih derivata na prostoru Rafinerije nafte

Slika 3 - Plašt spremnika pregrijan iznad nivoa tekućine. Ovo pregrijanje uzrokuje nastanak izbočenja na metalu zbog unutarnjeg pritiska para

Slika 4 - Taktička pretpostavka

### **7.2. Popis tablica**

Tablica 1 – Važne karakteristike UNP-a

Tablica 2 – Procjena vjerojatnosti od velikih nesreća u Rafineriji nafte Sisak