

Zaštita od požara spremnika nafte i naftnih derivata

Jozić, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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:128:381782>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-22**



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

Nikola Jozić

**ZAŠTITA OD POŽARA SPREMNIKA
NAFTE I NAFTNIH DERIVATA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2018. godina

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Nikola Jozić

**ZAŠTITA OD POŽARA SPREMNIKA
NAFTE I NAFTNIH DERIVATA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2018. godina

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Nikola Jozić

**FIRE PROTECTION OF OIL AND
PETROLEUM DERIVATIVES TANKS**

Final work

Karlovac, 2018

Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Nikola Jozić

**ZAŠTITA OD POŽARA SPREMNIKA
NAFTE I NAFTNIH DERIVATA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

mr. sc. Đorđi Todorovski, dipl. ing.

Karlovac, 2018. godina



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 studij: Sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac: 2018.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Nikola Jozić

Matični broj: 0416613114

Naslov: ZAŠTITA OD POŽARA SPREMNIKA NAFTE I NAFTNIH DERIVATA

Opis zadatka:

- općenito o gorenju i gašenju požara s posebnim osvrtom na gorenje i gašenje tekućina
- stabilni sustavi za gašenje požara s naglaskom na „drencher stabilni sustav
- vrste spremnika za smještaj i čuvanje zaliha nafte i naftnih derivata te načini gašenja eventualno požara na njima
- opasnosti pri gašenju požara spremnika nafte i naftnih derivata te mjere i postupci vatrogasaca pri gašenju požara na ovim spremnicima
- zaštita od požara spremnika nafte i naftnih derivata u prihvatno - otpremnog terminala
Žitnjak

Zadatak zadan:

06/2018

Rok predaje rada:

08/2018

Predviđeni datum obrane:

09/2018

Mentor:

Mr.sc. Đorđi Todorovski, dipl.ing.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Dr. sc. Zvonimir Matusinović

PREDGOVOR

Odluka da završni rad bude na temu zaštite od požara u naftnoj industriji proizašla je iz iskustva koje nosim iz tog područja, pošto sam obavljao posao profesionalnog vatrogasca na naftnom terminalu Žitnjak Janaf. Rad sam izradio sam uz savjete i preporuke kolega vatrogasaca.

Ovim putem želio bih se zahvaliti svom mentoru mr. sc. Đorđiju Todorovskom koji je prihvatio moju želju da izradim završni rad na ovu temu te mi omogućio 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 i kolegama koja je bila uz mene tijekom cijelog studija i pružila mi podršku u svim trenucima.

Nikola Jozić

SAŽETAK

Završni rad opisuje primjenu preventivnih mjera zaštite od požara za zaštitu spremnika u naftnoj industriji te vatrogasnu taktiku u slučaju požara. Nafta je jedan od najvažnijih energetske resursa te je potražnja za njom velika. Stoga postoje i mnoga skladišta koja su izgrađena za skladištenje nafte i naftnih derivata i njihov daljnji transport.

U radu se općenito govori o gorenju i gašenju, s posebnim osvrtom na gorenje zapaljivih tekućina te sredstvima koja se koriste za gašenje. 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. Opisane su i vrste spremnika koje se koriste za skladištenje nafte i njezinih derivata te različite izvedbe stabilnih sustava za gašenje istih. Analizom i statistikom nesreća koje su se dogodile u prošlosti utvrđeni su nedostaci i propusti koji nam mogu pomoći u budućnosti.

Kao primjer skladišta naftnih derivata detaljno je opisan Janafov prihvatno otpremni terminal Žitnjak.

Ključne riječi: nafta, požar, spremnici, stabilni sustav, zaštita od požara

SUMMARY

The final work describes the application of preventive fire protection measures used to protect storage tanks in the petroleum industry and firefighting tactics in the case of fire. Oil is one of the most important energy resources and consequently, there is a big demand for it. Therefore, many oil depots were built for the storage and further transport of oil and oil products.

This final work generally deals with fire and fire extinguishing, with special reference to the combustion of flammable liquids and extinguishing agents. It also discusses the significant role of stable fire protection systems, especially drencher systems which are used in oil terminals. Further on, it describes the type of storage tanks used for oil and petroleum products storage, as well as various versions of the fire protection stable systems. The accident analysis and statistics of the accidents that have occurred in the past have identified imperfections and failures which can be helpful in the future.

As an example of oil derivatives depot, this final paper describes reception and forwarding terminal of Janaf Žitnjak.

Keywords: oil, fire, tanks, stable system, fire protection

SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ	IV
1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj rada	1
1.2. Izvor podataka i metoda prikupljanja.....	1
2. PROCESI GORENJA I GAŠENJA	2
2.1. Podjela požara	2
2.2. Gorenje tekućina (požari razreda B)	3
2.3. Sredstva za gašenje požara	6
2.3.1. Voda kao sredstvo za gašenje.....	7
2.3.2. Retardanti	7
2.3.3. Supresanti	7
2.3.4. Pjene	8
2.3.4.1. Kemijske pjene	8
2.3.4.2. Zračna (mehanička pjena)	8
3. STABILNI SUSTAVI ZA GAŠENJE POŽARA	11
3.1. Sprinkler sustavi	11
3.2. Stabilni sustavi sa predalarmom.....	14
3.3. Drencher sustavi za gašenje požara	15
3.4. Stabilni sustavi za gašenje požara pjenom	18
3.5. Stabilni sustavi za gašenje požara ugljičnim dioksidom.....	19
3.6. Sustavi s "clear agentom"	20

3.7. Bacači pjene i vode	20
3.8. Hidrantske mreže za gašenje požara	20
3.9. Održavanje sustava za dojavu i gašenje požara.....	21
4. VRSTE SPREMNIKA ZA SMJEŠTAJ I ČUVANJE NAFTE I NAFTNIH DERIVATA .	22
4.1. Spremnici sa čvrstim krovom.....	22
4.2. Spremnici s plivajućim krovom	23
4.3. Spremnik s kombiniranim čvrstim i plivajućim krovom	24
4.4. Spremnici požarne opasnosti.....	25
4.5. Zaštita spremnika od požara.....	26
4.6. Hlađenje spremnika.....	26
4.7. Gašenje spremnika	27
5. OPASNOSTI PRI GAŠENJU POŽARA SPREMNIKA NAFTE I NAFTNIH DERIVATA	29
5.1. Opasnosti pri gašenju požara spremnika	30
5.2. Statistika požara spremnika u naftnoj industriji u svijetu	31
6. SUSTAV ZAŠTITE OD POŽARA SPREMNIKA NAFTNIH DERIVATA TERMINALA ŽITNJAK JANAF	36
6.1. Vatrogasna postrojba terminala Žitnjak	37
6.2. Stabilni i polustabilni sustavi za gašenje požara na terminalu Žitnjak.....	38
6.2.1. Izvor vode.....	38
6.2.2. Vatrogasna crpna stanica.....	39
6.2.3. Hidrantska mreža.....	41
6.2.4. Jedinica za pripremu pjene (JPP)	42
6.2.5. Sustav ventila, cjevovoda i mlaznica	43
6.2.5.1. Ventili i upravljanje ventilima.....	43
6.2.6. Operativna soba.....	44

6.2.6.1. Operatorski paneli	44
6.2.6.2. Upravljački ormar	48
6.2.6.3. Sekvenca gašenja.....	50
6.2.6.4. SCADA sustav	55
7. ZAKLJUČAK	57
8. LITERATURA.....	58
9. PRILOZI.....	60
9.1. Popis slika	60
9.2. Popis tablica	61
9.3. Popis simbola (korištenih kratica).....	61

1. UVOD

Da bi se uskladištile velike količine nafte i naftnih derivata koje se u današnje vrijeme mnogo koriste, bilo je potrebno izgraditi adekvatne spremnike. Kroz povijest porastom potražnje za naftom, rasla je i količina spremnika. Spremnici su izrađeni s ciljem da budu što sigurniji za rad, da zadovoljavaju kapacitetom te da su gubici kod hlapljenja tekućina što manji. Važno je da se kod projektiranja i izgradnje spremnika primjenjuju najbolja dostignuća u zaštiti od požara te da se rizik od nesreća svede na minimum. U hrvatskoj se spremnici izrađuju prema Zakonu o zapaljivim tekućinama i plinovima (NN 108/95, NN 56/10) te pravilnikom o zapaljivim tekućinama (NN 54/99). Bez obzira na velike mjere koje se poduzimaju u svrhu zaštite od požara u Hrvatskoj i svijetu, svjedoci smo da se nesreće ipak događaju te da nažalost, nerijetko u istima dolazi do stradavanja. Najčešći uzroci nesreća su ljudske pogreške, otkazivanje opreme pri radu te prirodne pojave (najčešće udar groma). Požari spremnika zbog velike količine zapaljivih medija vatrogascima uvijek predstavljaju velike probleme te je za njihovo gašenje potrebno puno vremena. Stabilni sustavi od velikog su značaja u gašenju požara te je njihova ugradnja obavezna.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet i cilj rada je prikazati moguće izvedbe spremnika nafte i naftnih derivata, opasnosti koje se pojavljuju te načini uklanjanja istih, uzročnike požara te vatrogasnu taktiku u slučaju požara. Posebna je pozornost posvećena na opis zaštite od požara naftnog terminala Žitnjak.

1.2. Izvor podataka i metoda prikupljanja

Tijekom izrade završnog rada korištene su strane i 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 JVP Đurđevac na terminalu Žitnjak.

2. PROCESI GORENJA I GAŠENJA

Gorenje je kemijski proces kod kojeg dolazi do brze oksidacije gorive tvari. U procesu gorenja goriva tvar reagira s kisikom iz zraka pri čemu dolazi do oslobađanja topline i pojave svjetlosti (plamena). Produkti nastali gorenjem zaostaju na mjestu gorenja ili se oslobađaju u okolinu u obliku dima ili plina. Da bi došlo do gorenja moraju biti zadovoljena četiri neophodna uvjeta: goriva tvar, kisik, izvor topline te nesmetano odvijanje kemijskih lančanih reakcija što se grafički prikazuje kao „požarni tetraedar“ (Slika 1.). Nesmetano odvijanje kemijskih lančanih reakcija je mehanizam kojim se odvija gorenje tvari koje gore uz pojavu plamena (požari razreda A, B i C), dok primjerice kod gorenja metala nema tog uvjeta jer nema ni lančanih reakcija gorenja (požari razreda D). Uklanjanjem jednog od navedenih uvjeta gorenja, dolazi do prestanka gorenja. [1, 2]



Sl. 1. Stranice požarnog tetraedra [vlastita fotografija]

2.1. Podjela požara

Svako nekontrolirano i neželjeno gorenje koje ugrožava ljudske i životinjske živote te materijalna dobra naziva se požar, dok je vatra svako svjesno, kontrolirano izazvano gorenje. Požari se mogu podijeliti na četiri kategorije:

Prema mjestu nastajanja požara:

- požari u zatvorenim prostorima
- požari u otvorenim prostorima

Prema razredu požara:

- razred požara A - požari krutina
- razred požara B - požari tekućina ili rastaljenih krutina
- razred požara C - požari plinova
- razred požara D - požari metala
- razred požara F - požari biljnih i životinjskih ulja i masti

Prema fazi razvoja požara:

- početna faza požara
- faza razvoja požara
- razbuktala faza požara (flashover)
- faza gašenja požara

Prema obujmu i veličini požara:

- mali požari
- srednji požari
- veliki požari.

2.2. Gorenje tekućina (požari razreda B)

Svaka zapaljiva tvar odnosno tekućina može se upaliti na temperaturi plamišta ili temperaturi samozapaljenja te se daljnje gorenje nastavlja određenom brzinom koja se izražava kao masena ili linearna brzina (Tablica 1.). [1]

Tab. 1. Brzina gorenja određenih tekućina za velike spremnike [1]

Vrsta tekućine	Linearna brzina (mm/min)	Masena brzina (g/s m ²)
Benzin	4	50
Aceton	3.3	47
Mazut	1.4	22
Ugljik disulfid	1.8	37
Etanol	2.6	27

Da bi zapaljive tekućine gorile, prvo ih je potrebno pretvoriti u plinovito agregatno stanje odnosno u pare. Iz toga proizlazi da sama tekućina ne može gorjeti, već gore nastale pare. Pare tekućina teže su od zraka pa se zadržavaju na dnu prostorije ako ne postoji kovitlanje. Gorenje tekućine u otvorenom rezervoaru difuznog je oblika. Dio topline (oko 1% od ukupno oslobođene topline) troši se na isparavanje tekućine te se time podržava gorenje. Ostatak topline se gubi u okolinu zračenjem ili plinovima izgaranja. Zbog prebogate smjese iznad tekućine, plamen ne može doseći razinu tekućine. [2]

Temperatura vrelišta je najviša temperatura na koju se površina tekućine može zagrijati. Kad je temperatura vrelišta iznad 100°C, gašenje s pjenom može biti opasno jer se uslijed povišene temperature može doći do raspadanja pjene.

Temperatura plamišta tekućine je najniža temperatura potrebna da bi se zapaljiva tekućina zagrijala tako da se iznad njene površine razviju pare u dovoljnoj koncentraciji da se mogu zapaliti vanjskim izvorom paljenja.

Temperatura samozapaljenja tekućina je najniža temperatura na koju je potrebno zagrijati pare tekućine da bi se one zapalile bez vanjskog izvora paljenja te je viša od temperature plamišta. Primjeri različitih temperatura plamišta i samozapaljenja za određene tekućine navedene su u Tablici 2. Tekućine s oznakom* nisu čiste tvari stoga njihovo plamište i samozapaljenje ovisi o sastavu.

Tab. 2. Vrijednost temperature plamišta i samozapaljenja za određene tekućine [1]

Vrsta tekućine	Plamište (°C)	Samozapaljenje (°C)
Eter	-40	180
Benzin*	~30	~530
Lož ulje, dizel gorivo*	~100	~430
Ulje suncokreta*	~200	~370

U nekim slučajevima zapaljiva tekućina može se zapaliti iako nisu postignute temperature plamišta ili samozapaljenja. To je moguće u slučaju da se tekućina nalazi u vrlo tankom sloju (rastopljeni parafin na fitilju svijeće) ili je raspršena u obliku spreja (izlazi pod visokim pritiskom iz boce ili oštećene cijevi). Razlog su sitne kapljice ili vrlo tanki slojevi tekućine koji se mogu lako zagrijati i ispariti prisilnim pripaljivanjem (iskra ili plamen), a nastale pare se odmah upale.

Gorenje zapaljivih para tekućina odvija se u području zapaljivosti ili eksplozivnosti, a to je područje određene koncentracije u kojemu zapaljive pare ili plinovi u smjesi sa zrakom mogu na više ili manje eksplozivan način izgorjeti. Donja granica eksplozivnosti je najniža koncentracija zapaljivih para ili plinova koja moraju postojati u smjesi sa zrakom iznad koje može doći do eksplozivnog sagorijevanja, dok je gornja granica eksplozivnosti maksimalna koncentracija. [1]

2.3. Sredstva za gašenje požara

Sredstva za gašenje požara djeluju tako da onemogućuju jedan ili više uvjeta gorenja, a mogu se podijeliti na tri fizikalna i jedan kemijski učinak gašenja (Tablica 3.).

Tab. 3. Učinci gašenja i sredstva s kojima se ona ostvaruju [1]

Uvjeti gorenja	Učinci gašenja	Sredstvo s kojim se ostvaruje učinak
Goriva tvar	Uklanjanje gorive tvari (fizikalni učinak)	Mehanički pribor
Prisustvo oksidansa (zrak)	Ugušivanje (fizikalni učinak)	Inertni plinovi (CO ₂), priručna sredstva, pjena
Izvor topline	Ohlađivanje (fizikalni učinak)	Voda, CO ₂ kao suhi led
Nesmetano odvijanje lančanih reakcija	Inhibiranje (kemijski učinak)	Prahovi, retardanti, FM 200, Novec 1230

Sredstva za gašenje dijele se u dvije kategorije:

Vodena sredstva za gašenje:

- voda
- retardanti
- supresanti
- pjenila

Nevodena sredstva za gašenje:

- Inertni plinovi
- Prahovi
- Zamjenska sredstva za halone. [1]

2.3.1. Voda kao sredstvo za gašenje

Voda je sredstvo koje se prvo koristilo za gašenje požara te se još uvijek najčešće koristi u borbi protiv požara. Razlog zbog kojeg se voda često koristi u borbi protiv požara je rezultat velike količine vode koja se nalazi u prirodi ili hidrantskoj mreži, bunarima, spremnicima. Uz ove, voda ima i drugih prednosti: pomoću nje u smjesi sa drugim tvarima mogu se dobiti nova sredstva za gašenje (primjerice pjene), jeftinija je od ostalih sredstava za gašenje, neškodljiva, jednostavno se transportira, brzog je učinka gašenja, u raspršenom obliku apsorbira toplinu i opasne plinove. Tehnika gašenja vodom je vrlo razvijena te je opseg aparature za gašenje vodom širok, od ručnih aparata do sprinkler uređaja. Voda se koristi za gašenje požara razreda A, a to su požari krutina, primjerice: drvo, ugljen, tekstil. Još se koristi za gašenje požara razreda B, ali u kombinaciji s pjenilom pri čemu se dobije zračna pjena. Da bi se poboljšale negativne karakteristike vode, koriste se dodaci vodi, primjerice retardanti, supresanti, pjenila. [1, 2, 3]

2.3.2. Retardanti

Retardanti su dodaci vodi koji se koriste za gašenje i zaštitu od šumskih požara, a mogu se koristiti u tekućem ili praškastom obliku. Retardantima se tretiraju površine koje još nisu zahvaćene požarom, najčešće se primjenjuju iz aviona ili helikoptera te ih primjećujemo po intenzivno crvenoj boji. Također se mogu primijeniti i sa zemaljskom opremom, stoga ih često koriste željeznice za prskanje drvenih pragova i raslinja uz željezničku prugu, a obično su bezbojne ili sivkaste tekućine. [1, 3]

2.3.3. Supresanti

Supresanti su dodaci vodi koji omogućavaju bolje širenje vode po površini gorive tvari, bolje prodiranje u strukture gorive tvari te duže zadržavanje u debljim slojevima na površini gorive tvari. [1]

2.3.4. Pjene

Pjena je sredstvo koje se prvenstveno koristi za gašenje požara klase B (zapaljivih tekućina), dok se u iznimnim slučajevima može koristiti i kod gašenja požara klase A (zapaljivih krutina). Upotrebljava se u obliku plivajućeg pokrivača gdje se iskorištava njezin ugušujući, odvajajući i ohlađujući učinak. Zbog toga gustoća pjene mora biti manja od gustoće zapaljive tekućine kako bi se zadržala na površini tekućine te na taj način pomogla u borbi protiv požara. U borbi protiv gašenja i zaštite od požara koriste se kemijske i zračne (mehaničke) pjene. [3]

2.3.4.1. Kemijske pjene

Oslobađanjem CO₂ u vodenoj otopini deterdženata putem kemijske reakcije nastaje kemijska pjena. Reakcijom aluminijevog sulfata i sode bikarbone postiže se oslobađanje CO₂, što se odvija u aparatu za gašenje prilikom aktiviranja. Oslobađanje CO₂ u aparatu stvara povišen tlak te on izbacuje pjenu kroz mlaznicu van. Kemijska pjena koristi se u aparatima za gašenje, ali sve manje zbog raznih nedostataka: složeni način proizvodnje, korozivnost, cijene kemikalija i uređaja. [1, 3]

2.3.4.2. Zračna (mehanička pjena)

Iako se za gašenja požara zapaljivih tekućina u spremnicima mogu koristiti sredstva kao što su prahovi i haloni, u praksi je potvrđeno da se požari u velikim spremnicima, bazenima ili nekim drugim požarima najbolje gase zračnom pjenom. [4]

Da bi zračna pjena nastala, potrebno je vodi dozirati pjenilo (ekstrakt) u masenom udjelu od 2-6% te zatim umiješati zrak. Doziranje pjenila odvija se pomoću raznih mješača, a miješanje sa zrakom odvija se pomoću mlaznica za pjenu. Razne vrste pjena mogu se dobiti ovisno o različitim količinama primiješanog zraka. Volumen pjene povećava se povećanjem količine zraka što se izražava vrijednošću ekspanzije ili stupnjem opjenjenja. To je bezdimenzionalan broj koji pokazuje koliko se povećava volumen pjene u odnosu na volumen otopine. [1]

Prema ekspanziji zračne pjene se dijele u tri skupine:

- teška pjena- ekspanzija do 20
- srednja pjena - ekspanzija od 21-200
- laka pjena-ekspanzija od 201 na više.

Za gašenje požara zapaljivih tekućina (nafta i naftni derivati, boje i lakovi, eterična ulja, masti) u velikim spremnicima, najviše se primjenjuje teška pjena. Glavna prednost teške pjene u odnosu na srednje tešku i laku pjenu je veće rashladno djelovanje, veća specifična težina te veća sposobnost klizanja i tečenja. To omogućava prekrivanje površine koja gori dovoljnim slojem pjene za uspješno gašenje, pri čemu treba dovesti potrebnu količinu pjene na jedinici površine u jedinici vremena. [4]

Podjela zračne pjene:

- proteinska pjenila su viskozne tekućine koje se dobivaju kemijskom obradom otpadnih produkata mesne industrije (krv, kosti, dlake, perje, kopita). To su bjelančevine netopljive u vodi, crne boje i vrlo neugodnog mirisa. Prirodnog su porijekla zbog čega se brzo i neškodljivo razgrađuju. Imaju vrlo dobro toplinsku stabilnost pa se u požaru teže raspadaju od sintetskih pjenila. Da bi se povećala kvaliteta proteinskih pjenila, dodaju im se soli metala koje doprinose stabilnosti pjene prema plamenu. Najčešće se koriste se za gašenje nepolarnih tekućina
- fluoroproteinska pjenila su kombinacija čistog proteinskog pjenila i fluoriranih površinski aktivnih tvari koje pjenu daju vrlo dobru tečnost, plastičnost, otpornost na toplinu te se koriste za gašenje ne polarnih tekućina
- sintetska pjenila su deterdženti s površinski aktivnim tvarima, prozirne, žute, narančaste ili smeđe boje. Imaju dobra svojstva tečnosti i otpornosti na plamen
- fluorosintetska pjenila sadrže fluorirane površinski aktivne tvari koje im omogućavaju stvaranje vodenog filma. Ovakve pjene su izrazito tečne zbog čega se vrlo brzo šire po površini tekućine, velika je brzina gašenja, ali im je nedostatak čvrstoća i toplinska otpornost
- alkoholna ili univerzalna pjenila najčešće se koriste za gašenje polarnih zapaljivih tekućina odnosno tvari koje se lako, djelomično ili potpuno miješaju s vodom (alkoholi, esteri, organske kiseline, eteri), ali se mogu koristiti i za gašenje nepolarnih tekućina (mazuti, kerozini, benzini). Postoje dvije vrste ovakvih pjenila: prva se temelji na prirodnim polimerima topivim u vodi (fluoroproteinski koncentrat) i na tvarima netopivim u alkoholima koje se talože na donjem dijelu zaštitnog sloja i

stvaraju netopljivu prepreku mjehurićaste strukture. Druga vrsta se temelji se na sintetičkim koncentratima i sadrži želatinski agens koji ovija mjehuriće pjene i na površini goriva oblikuje zaštitni sloj. [1, 4]

3. STABILNI SUSTAVI ZA GAŠENJE POŽARA

Paralelno s razvojem industrije i tehničkih dostignuća znatno se povećala i opasnost od požara zbog čega je porasla potreba za razvojem protupožarnih sustava. Razvojem stabilnih sustava za gašenje požara omogućeno je gašenje požara na mjestima gdje je često gašenje neizvedivo bez upotrebe takvih sustava. Cilj protupožarnih sustava je što prije otkriti požar i započeti akciju gašenja neovisno o ljudskom čimbeniku. Također, uz minimalni utrošak sredstva za gašenje postiže se velika efikasnost pri gašenju požara, povećan je stupanj sigurnosti u štíćenim prostorima i objektima, smanjuje se opasnost za živote i zdravlje ljudi te su niži troškovi osiguranja. Stabilni sustavi za gašenje požara dijele se na sustave s automatskim radom i sustave s neautomatskim radom.

Sustavi s automatskim radom:

- stabilni sustavi za gašenje tipa sprinkler
- stabilni sustavi za gašenje drencher
- stabilni sustavi za gašenje CO₂
- stabilni sustavi za gašenje "clear agentom"
- bacači pjene i vode
- sustavi s neautomatskim radom
- hidrantska mreža za gašenje. [2]

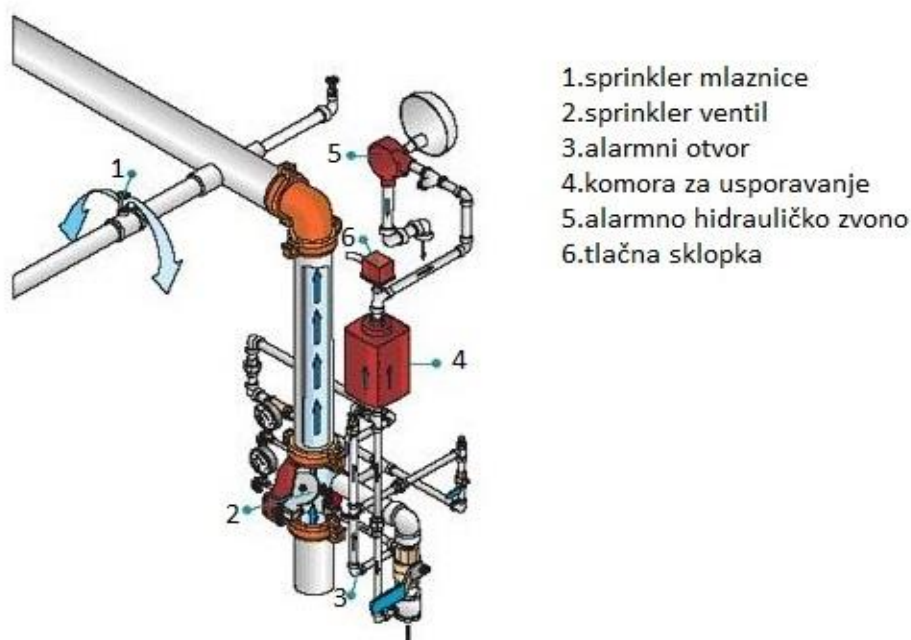
3.1. Sprinkler sustavi

Sprinkler sustavi su automatski stabilni sustavi za gašenje požara raspršenom vodom ili pjenom, lokalnog su djelovanja te gase požare samo na području požara. Najzastupljeniji su stabilni sustavi u zaštiti od požara te mogu biti izvedeni kao mokri, suhi ili kombinirani. Osnovni dijelovi sprinkler sustava su: izvor vode, sistem cjevovoda, sprinkler stanica te sprinkler mlaznica.

S obzirom na način aktiviranja, sprinkler sustavi se dijele:

- sustavi koji se aktiviraju pucanjem ili topljenjem ampule na mlaznicama
- sustavi koji se aktiviraju otvaranjem glavnog ventila signalom vatrodajavnog sistema
- sustavi koji se aktiviraju pucanjem ampula i otvaranjem glavnog ventila (kombinacija prva dva aktiviranja, oba uvjeta moraju biti ispunjena).



Najraširenija je upotreba mokrih sprinklera zbog njihove jednostavnosti. Ovaj tip sustava ugrađuje se na mjestima gdje nema opasnosti od smrzavanja vode u cijevima (uredskim zgradama, proizvodnim pogonima, skladištima, kuhinjama). Sustav je opremljen mehaničkim i električnim alarmnim uređajima te uređajima za provjeru sustava. Princip rada mokrog sprinkler sustava prikazanog na slici 2. je sljedeći, povećanjem temperature u požarom zahvaćenom prostoru toplina dolazi do sprinkler mlaznica koje se aktiviraju postizanjem topline aktiviranja (temperatura aktiviranja sprinkler mlaznica prikazana je na slici 3). U trenutku kad je došlo do protoka vode kroz mlaznicu došlo je do narušavanja ravnoteže vode u sprinkler ventilu, pada tlaka vode iznad ventila, on se otvara te voda poteče alarmnim vodom i daje daljinski i lokalni alarm. Iz ovog otkrivamo da je sustav odradio svoje tri zadaće, otkrio je požar, aktivirao se i izvršio alarmiranje. [1, 2]



Sl. 2. Mokri sprinkler sustavi-dijelovi [2]

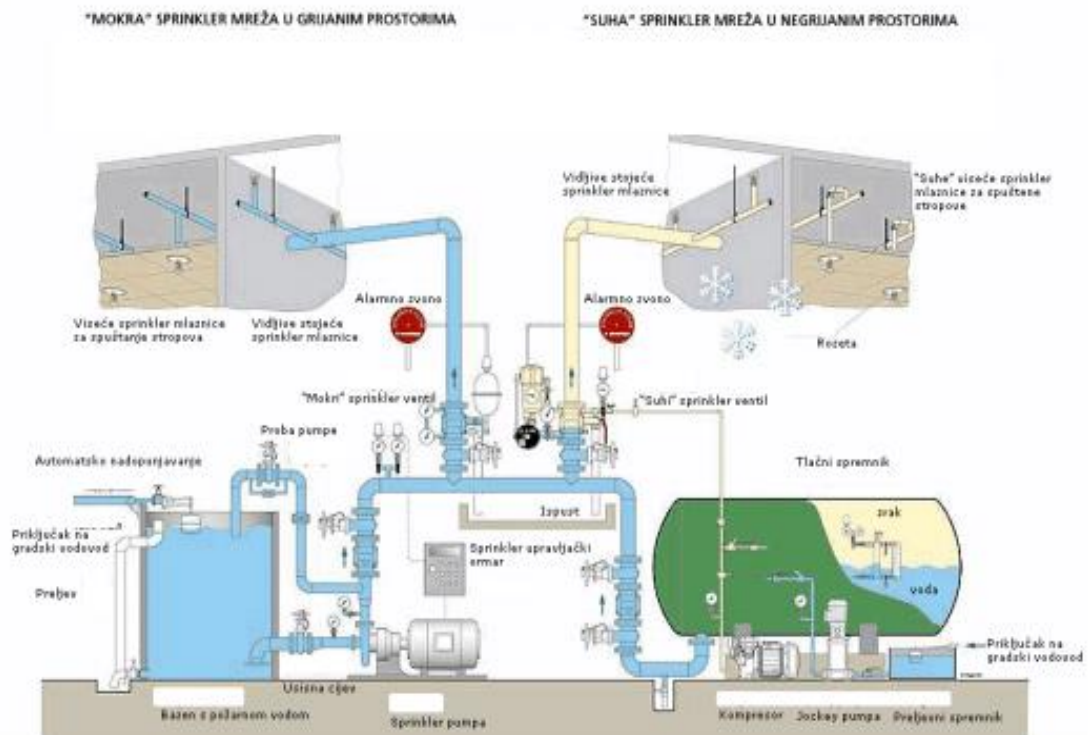
Suhi sprinkler sustavi vrlo su slični mokrim sprinkler sustavima, princip rada vrlo je sličan mokrom sprinkler sustavu, osim što se u cjevovodu ne nalazi voda već stlačeni zrak ili dušik. Suhi sprinkler sustavi ugrađuju se na mjestima gdje postoji opasnost od smrzavanja vode zbog niskih temperatura. Princip rada suhog sprinkler sustava, otvaranjem mlaznice temperaturom aktiviranja (Slika 3.) kroz mlaznice započne izlaziti stlačeni zrak ili dušik te u sustavu dolazi do padanja tlaka iza sprinkler ventila. Sprinkler ventil se otvara i voda poteče alarmnim

vodom i daje lokalni i daljinski alarm. Nakon stlačenog zraka kroz mlaznice krene izlaziti voda. Obaveza suhog sprinkler sustava je da voda počne izlaziti kroz mlaznice najkasnije 120 sekundi nakon aktiviranja sustava. [1, 2]

	Orange: 57 °C (135 °F)	
	Red: 68 °C (155 °F)	
	Yellow: 79 °C (175 °F)	
	Green: 93 °C (200 °F)	
	Blue: 141 °C (286 °F)	

Sl. 3. Temperatura aktiviranja sprinkler mlaznica [17]

Kombinirani stabilni sprinkler sustavi (Slika 4.) koriste se kad je potrebno dio prostora pokriti mokrim, a dio suhim sprinkler sustavom ili kod zimskih i ljetnih načina rada sustava gdje sustav mora imati mokri i suhi sprinkler ventil. [3]



Sl. 4. Kombinirani sprinkler sustav [1]

3.2. Stabilni sustavi sa predalarmom

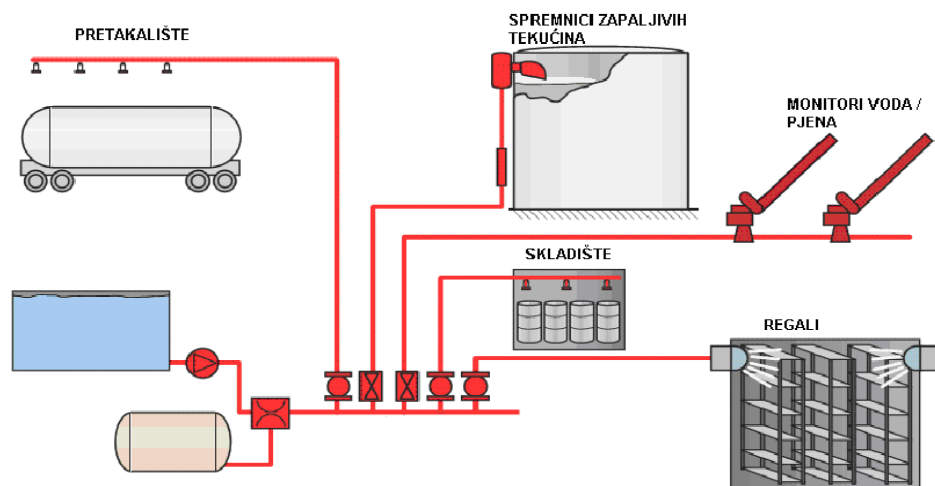
Stabilni sustav sa predalarmom (Slika 5.) koristi se kad je za prostore štice stabilnim sustavom potrebno dodatno osiguranje od neželjenog istjecanja vode. Često se koriste u prostorijama sa računalnom opremom, knjižnicama. Za razliku od mokrog, suhog i kombiniranog sustava kod kojih je za proradu sustava dovoljno aktiviranje mlaznica, kod sustava sa predalarmom koristi se i sustav vatrodojave. Cijevi sustava su suhog sistema te do punjenja sustava vodom dolazi kad se aktivira sustav vatrodojave, voda dolazi do mlaznica, ali do polijevanja rizičnog prostora koji se štiti dolazi tek kada se zadovolji temperatura pucanja ampula na mlaznicama. Na taj način sprječava se neželjeno polijevanje štice prostora slučajnim lomom ampule ili oštećenja same mlaznice. [1, 2, 3]



Sl. 5. Stabilni sustav sa predalarmom [2]

3.3. Drencher sustavi za gašenje požara

Drencher sustavi (Slika 6.) koriste se za gašenje požara koji se brzo šire u vanjskim i unutarnjim prostorima i objektima, primjerice brodovi, zrakoplovni hangari, petrokemijski kompleksi, naftna industrija. Sredstvo za gašenje drencher stabilnim sustavom može biti voda ili pjena. Ovim sustavom djeluje se na načelu potpune zaštite. Glavna karakteristika sustava su otvorene mlaznice po čemu je sustav prepoznatljiv. Drencher sustavi primjenjuju se i kod preventivne zaštite od požara prilikom hlađenja spremnika zapaljivih tekućina ili plinova zbog visokih temperatura te se primjenjuju za stvaranje vodene zavjese.



Sl. 6. Prikaz drencher stabilnog sustava [14]

Osnovni dijelovi drencher sustava:

- izvor vode
- sistem cjevovoda
- drencher stanica
- drencher mlaznica
- sistem ili uređaj za aktiviranje drencher sustava
- sistem ili uređaj za alarmiranje.

Vrlo je važno da je opskrba vode drencher sustava pouzdana i dovoljna. Mora se voditi računa da ni u jednom trenutku ne smije biti onemogućena zbog smrzavanja ili nekih drugih

problema. Voda ne smije biti onečišćena jer bi moglo doći do začepjenja u sistemu od izvora do mlaznica. Treba se osigurati radni tlak i protok prema hidrodinamičnom proračunu sustava. Kao izvor vode mogu se koristiti prirodni izvori mora, rijeke, jezera, ako se sustavi nalaze u blizini istih, vodovodne mreže i bunari u kombinacijama s spremnicima za vodu (primjer prikaza spremnika vode prikazan je na slici 7.)



Sl. 7. Prikaz spremnika vode sa punjenjem iz bunara i hidrantske mreže [vlastita fotografija]

Sistem cjevovoda služi za povezivanje izvora vode, drencher ventila i drencher mlaznice. Kod hidrauličkog proračuna potrebno je uzeti u obzir najmanji i najviši tlak na mlaznici da bi se dobio kvalitetni mlaz. Maksimalni tlak vode u cjevovodu ne smije biti veći od 12.5 bara. Cjevovod je ispunjen vodom od izvora do drencher ventila, a od drencher ventila do mlaznica cjevovod je suh i u njemu vlada atmosferski tlak. Za izradu cjevovoda koriste se materijali od čelika ili bakra koji mogu biti spojeni navojno ili zavarivanjem (čelik) ili tvrdim lemljenjem pomoću cijevnih spojeva za lemljenje. Cjevovodi postavljeni u štíćenom prostoru moraju biti uočljivi te postavljeni na način da se sustav može drenirati nakon korištenja.

Drencher stanica koristi se kontrolu rada uređaja, uključivanje uređaja te za alarmiranje. Nalazi se u blizini prostora koji se štiti i odvojena je u posebnoj prostoriji. Drencher ventil je osnovni dio stanice pomoću kojeg se kompletan sustav stavlja u rad. U slučaju potrebe

drencher ventil propušta vodu od izvora prema mlaznicama. Ulaz u stanicu mora biti nesmetan i osiguran, vrata moraju biti jasno obilježena i prepoznatljiva, a unutrašnjost prostorije ne smije se koristiti za bilo kakve druge svrhe te se ne smiju nalaziti uređaji i vodovi koji sadrže plinove. [1, 2]

Ulogu drencher ventila mogu imati:

- elektromotorni ili elektromagnetski ventili
- hidraulični ventili
- pneumatski ventili
- zasuni, ventili i slavine s mehaničkim ili ručnim aktiviranjem.

Drencher mlaznice otvorenog su tipa tako da aktiviranjem sustava kroz njih uvijek poteče voda. Svojem oblikom i veličinom otvora mlaznice usmjeruju i oblikuju mlaz prema površini gašenja. Izrađuju se od materijala otpornih na koroziju i temperaturu. Kod izbora mlaznice potrebno je uzeti u obzir geometrijske i građevinske karakteristike prostora koji se štiti, odnos tlakova u cjevovodu, specifično polijevanje i štićenu površinu mlaznica te potrebnu količinu vode za rad sustava i odabrati one koje najbolje odgovaraju štićenom prostoru. Razmaci između mlaznica određuju se ovisno o površini štićenog prostora i njihovom rasporedu. Važno je da mlaznice nemaju nikakve prepreke koje bi utjecale na oblik mlaza vode.

Vrste mlaznica drencher sustava:

- normalna mlaznica – daje konusno raspršen mlaz usmjeren prema podu ili stropu
- spray mlaznica – daje paraboloidno raspršen mlaz usmjeren prema podu
- konična mlaznica – mlaznica koničnog punog mlaza s određenim kutem raspršivanja
- mlaznica plosnatog mlaza – daje linearnu raspodjelu vode s određenim kutom otvora
- površinska mlaznica – može prskati odozdo na horizontalne i vertikalne površine
- mlaznica za kablovske police – mlaz vode raspodjeljuje se po potrebi na pojedine kablovske police radi nanosa dovoljne količine vode potrebne za gašenje
- mlaznice za hlađenje spremnika – daje plosnati mlaz koji svojim oblikom prekriva određeni dio spremnika
- zidna mlaznica – raspršuje mlaz vode paralelno s vertikalnim građevinskim elementima.

Drencher sustav može se aktivirati na tri načina: automatski, poluautomatski, ručno.

Automatsko aktiviranje može biti:

- mehaničko aktiviranje
- hidrauličko aktiviranje
- pneumatsko aktiviranje
- električno aktiviranje

Svaka drencher stanica obavezno mora imati sustav ili uređaj za alarmiranje koji reagira kod bilo koje aktivacije sustava. Alarmiranje je izvedeno tako da dežurnom osoblju daje zvučne i svjetlosne signale da je sustav proradio. Može biti lokalno pomoću sirene, bljeskalice ili daljinsko posredstvom vatrodojave.

Otvorene mlaznice drencher sustava raspoređene su iznad štíćenog prostora ili oko štíćenog objekta. Sustav počinje s radom kad se aktivira javljač požara koji je smješten u istom području s otvorenim mlaznicama. Osim ovog načina može se aktivirati i ručnim javljačem ili pneumatskim putem. Aktivacijom javljača otvara se drencher ventil te voda krene od izvora prema mlaznicama štíćenog prostora. [1,2]

3.4. Stabilni sustavi za gašenje požara pjenom

Sustav gašenja požara pjenom može biti stabilni ili polustabilni. Stabilni sustavi za gašenje požara pjenom su fiksne instalacije gdje pripadaju: izvor vode, sistem za opskrbu vodom, spremnik za pjenilo, mješač vode i pjenila, cjevovod te mlaznica za pjenu. Sustav može biti automatski, poluautomatski i ručni. Polustabilni sustav sastoji se od stabilnog sustava i mobilnog dijela. Stabilni sustav sastoji se od cjevovoda kod kojega se na početku nalaze stabilne spojnice za priključak vozila na cjevovod, a na kraju mlaznice za pjenu. Mobilni dio čini vatrogasno vozilo opremljeno centrifugalnom pumpom velikih volumnih protoka i tlakova za potrebe opskrbe cjevovoda vodom ili mješavinom vode i pjenila.

Osnovni dijelovi stabilnih sustava za gašenje požara pjenom:

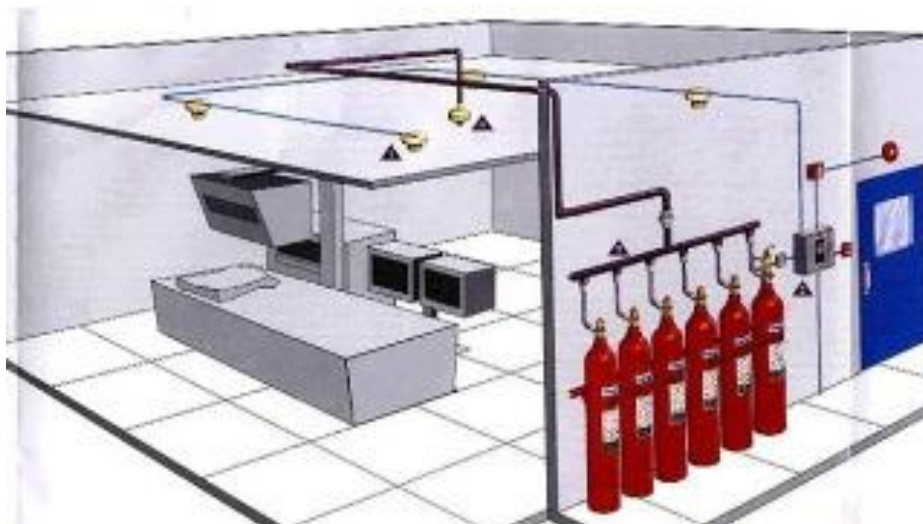
- izvor vode i sistem opskrbe vodom
- spremnici za pjenilo i mješači vode i pjenila
- sistem cjevovoda
- razdjelni ventili
- mlaznice za pjenu. [1, 3]

3.5. Stabilni sustavi za gašenje požara ugljičnim dioksidom

Stabilni sustav za gašenje požara pomoću CO₂ (Slika 8.) koristi se za borbu protiv požara razreda B i C. Gašenje se može izvesti potpunom ili djelomičnom zaštitom. Gašenje potpunom zaštitom provodi se tako da se ugljičnim dioksidom ispuni cjelokupna prostorija koja se štiti. Ispunjavanje požarnog sektora ugljičnim dioksidom mora se izvršiti za 2 minute te osobe koje borave u štijećenom prostoru obavezno moraju napustiti štijećeno područje (daje se zvučni i svjetlosni alarm). Gašenje djelomičnom zaštitom provodi se tako da se štite pojedini dijelovi prostora ili pojedini uređaji. Vrijeme ispunjavanja je maksimalno 30 sekundi, uz uvjet da osobe koje borave u prostoriji napuste štijećeno područje.

Osnovni dijelovi stabilnog sustava:

- stanica za smještaj ugljičnog dioksida
- sistem cjevovoda
- razdjelni ventili
- mlaznice za ugljični dioksid
- sistem za aktiviranje i upravljanje ugljičnim dioksidom
- sistem za alarmiranje.



Sl. 8. Stabilni sustavi za gašenje požara ugljičnim dioksidom [15]

3.6. Sustavi s "clear agentom"

Zabranom korištenja halona za gašenje požara, krenula su se istraživati sredstva koja bi mogla zamijeniti halone. Do danas niti jedno sredstvo nije uspjelo u potpunosti objediniti sve pozitivne strane halona, stoga njihov razvoj i istraživanje i dalje traje. Danas postoje mnoga sredstva koja se koriste kao zamjena za halone kao što su NAF-S III, Inergen, FM – 200 i sl.

3.7. Bacači pjene i vode

Bacači vode i pjene koriste se tako da se priključuju na hidrantsku mrežu te gase požar bacanjem vode ili pjene, a mogu se upravljati automatski ili ručno. Najčešće se upotrebljavaju u naftnoj industriji te kod lučkih uređaja i brodova na vezu. Sastoje se od postelja, cjevovoda za dopremu vode i pjene te ventila s ručnim ili daljinskim upravljanjem.

3.8. Hidrantske mreže za gašenje požara

Hidrantska mreža je stabilni sustav kojim se služe gasitelji za neposredno i posredno gašenje požara. Pod neposrednim gašenjem požara smatra se gašenje bez upotrebe vatrogasnih vozila i opreme, dok posredno gašenje podrazumijeva njihovu upotrebu. Izrada hidrantskih mreža propisana je Pravilnikom o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara. Obavezna primjena ovog sustava od požara propisana je u RH i to izričito za pojedine slučajeve (skladišta, visoki objekti, energetske objekte, zračne luke). Hidrantske mreže ne smiju štiti materijale i prostore koje bi u reakciji s vodom pogoršale postojeće stanje. Hidrantsku mrežu možemo podijeliti na vanjsku i unutarnju, a sastoji se od: izvora vode, građevinskih elemenata, cjevovoda, ventila i oprema za gašenje (prikaz opreme za gašenje slika 9). [2]



Sl. 9. Unutarnji ormarić hidrantske mreže [16]

3.9. Održavanje sustava za dojavu i gašenje požara

Održavanje sustava, uređaja i sredstva za dojavu gašenja i sprječavanja širenja požara obveza je svakog vlasnika ili korisnika sustava. Zakonom je uređeno da svaki vlasnik ili korisnik sustava treba izvršiti ispitivanje funkcionalnosti sustava najmanje jednom godišnje. Dvije su vrste ispitivanja stabilnih sustava, prvo i periodično. Kod prvog ispitivanja provjerava se ispravnost sustava koja se obavlja prije tehničkog pregleda novoizgrađenog objekta ili nakon izvršene rekonstrukcije sustava. Periodično ispitivanje je provjera ispravnosti sustava u propisanim vremenskim razmacima. [2]

4. VRSTE SPREMNIKA ZA SMJEŠTAJ I ČUVANJE NAFTE I NAFTNIH DERIVATA

Za skladištenje većih količina nafte i naftnih derivata potrebno je izgraditi odgovarajuće i prikladne spremnike. Spremnici moraju biti sigurni za rad, zadovoljavajućeg kapaciteta te izvedeni tako da gubici uzrokovani isparavanjem budu što manji. Veličina spremnika ovisi o kapacitetu preradbenih postrojenja, načinu dopreme i otpreme nafte, učestalosti dopreme nafte i mogućnosti investiranja.

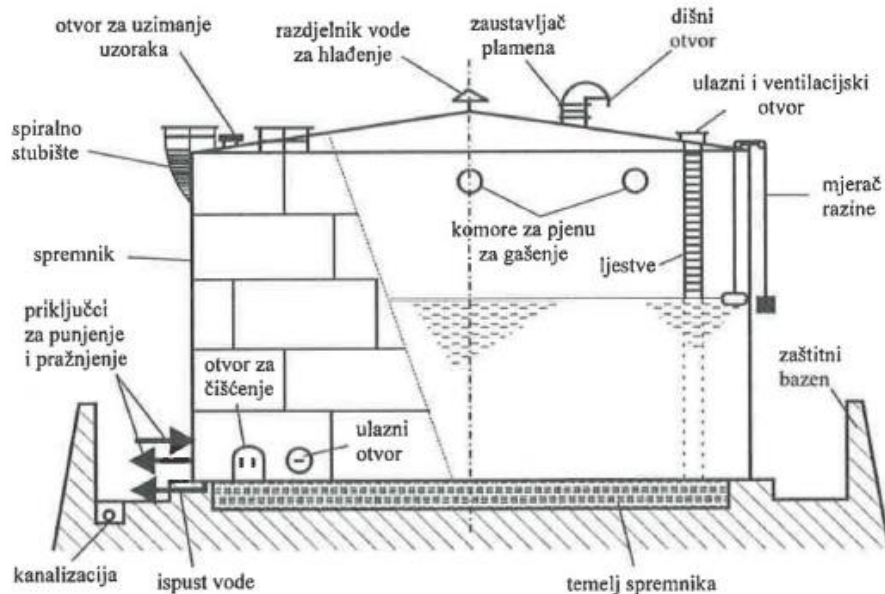
Spremnici mogu biti izvedeni na dva načina:

- nadzemni spremnici
- podzemni spremnici

Nadzemni spremnici češće se grade u naftnoj industriji zbog financijski povoljnijih uvjeta i lakše izgradnje, ali su mjere zaštita od požara strože i opsežnije. Razlikuju se prema kapacitetu zaprimanja naftnih derivata i načinu izvedbe krova: spremnici sa čvrstim krovom, spremnici s plivajućim krovom te spremnici sa čvrstim i plivajućim krovom. Podzemni spremnici uglavnom se izgrađuju kao manji spremnici benzinskih crpki. [4]

4.1. Spremnici sa čvrstim krovom

Spremnici sa čvrstim krovom (Slika 10.) karakteristični su za teže hlapive medije (plinska ulja, loživa ulja, maziva i sl.) i oni rade pod atmosferskim tlakom. Zbog teškoća kod izvedbe (nošenja) krova, nadzemni spremnici se rijetko grade za volumen veći od 30000 m³.

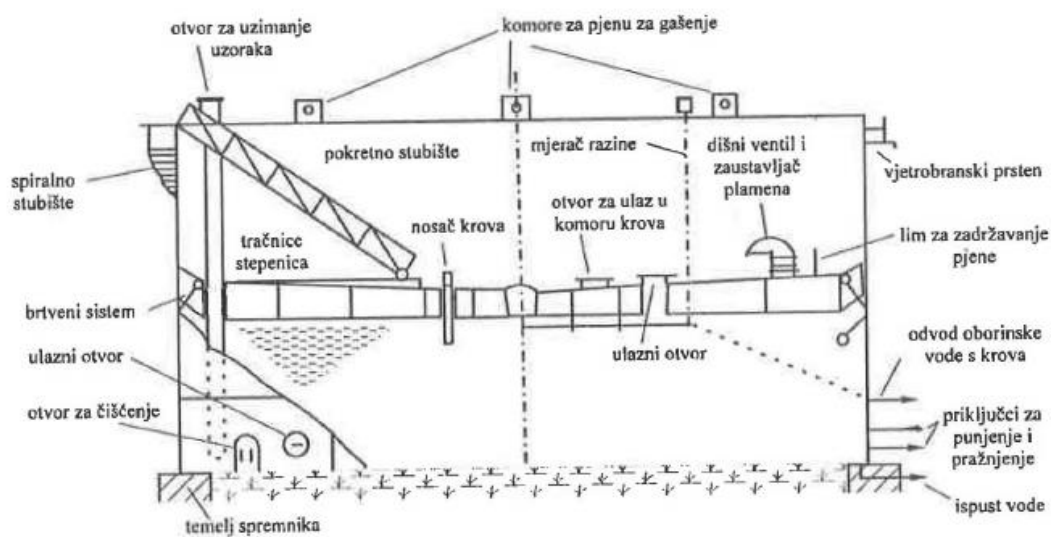


Sl. 10. Spremnik sa čvrstim krovom [4]

Krov spremnika može biti izrađen s jednim ili više nosivih stupova ili kao samonosiv, s profilnom ili rešetkastom konstrukcijom oslonjenom na vrh plašta spremnika. Spoj krova i plašta spremnika namjerno se izvodi kao najslabija točka jer ukoliko dođe do porasta tlaka u spremniku, poželjno je da spremnik pukne na spoju krova i plašta, da ne bi došlo do izlivanja medija iz spremnika. [4]

4.2. Spremnici s plivajućim krovom

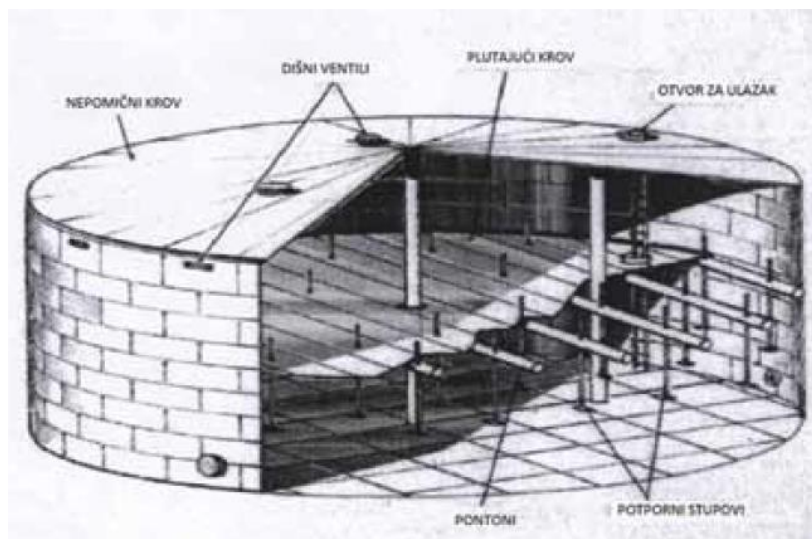
Spremnici s plivajućim krovom (Slika 11.) koriste se za lakohlapive medije (benzin, nafta, alkohol i sl.). Kod ovakvih spremnika krov pliva na površini medija. Zbog velikih razmjera spremnika nemoguće je izraditi točne razmake između plašta i oboda plivajućeg krova te se iz tog razloga ostavlja znatan razmak kojeg treba zabrtviti. Plutajući krov brtvi se različitim fleksibilnim napravama sa ciljem da isparavanje medija bude što manje uz obod spremnika. Postoji više načina brtvljenja: s gumenim cijevima ispunjenim odgovarajućim tekućinama, pantografima, spužvastom masom. Važno je da materijal koji se koristi za izradu brtvi bude otporan na atmosferu radne okoline te da ne ispušta boju niti zagađuje uskladišteni medij. Pomoću posebnih cijevi koje se nalaze na plaštu spremnika, odvode se oborinske i druge vode i ispuštaju u bazen oko njega. [4]



Sl. 11. Spremnik s plivajućim krovom [4]

4.3. Spremnik s kombiniranim čvrstim i plivajućim krovom

Kod kombinacije čvrstog i plutajućeg krova plutajući krov nalazi se unutar spremnika ispod čvrstog krova (Slika 12.). Zbog propuštanja na brtvenom spoju plutajućeg krova u prostoru između čvrstog i plutajućeg krova nastaju pare koje moraju biti ispod donje granice eksplozivnosti. Ovakvi spremnici koriste se za vrlo zapaljive tekućine kao što je benzin. [5]



Sl. 12. Spremnik s nepomičnim i plutajućim krovom [5]

4.4. Spremnici požarne opasnosti

U spremnicima zapaljivih tekućina prisutne su i požarne opasnosti:

- opasnosti od električnih instalacija i postrojenja – električni luk ili iskra mogu biti uzrok paljenja zapaljivih smjesa, a nastaju pri upotrebi električnih instalacija, oštećenja i pregrijavanja električnih vodova
- opasnosti od udara groma – udari groma velika su opasnost za skladišta i spremnike zapaljivih tekućina, zbog čega je vrlo bitno izraditi kvalitetnu gromobransku instalaciju
- opasnosti od lutajućih struja – nastaju zbog propusnosti električnih vodova, posljedica mogu biti požari ili eksplozije zbog električnog luka koji može nastati pri rastavljanju cijevi, prirubnica i sl. Važno je dobro uzemljiti spremnik i cjevovode kako bi se opasnosti svele na minimum
- opasnosti od statičkog elektriciteta – naelektriziranje materijala zbog fizičkih kretnji, dodira i razdvajanja
- opasnosti od samozapaljenja – taloženje željeznog sulfida na dnu spremnika stvara sloj mulja, koji izložen na zraku vrlo brzo oksidira te predstavlja ozbiljnu opasnost.
- opasnosti od požara tijekom pretakanja – podijeljeno je u dvije zone: zona II obuhvaća armature i elemente koji se koriste za pretakanje te prostor oko uređaja za punjenje ili otvor kroz koji se puni cisterna. Zona III obuhvaća prostor širine 15 m od zone II i visine 1m iznad gornjeg otvora kroz koji se puni mjereno od tla
- opasnosti tijekom remonta spremnika – nakon pražnjenja spremnika ostaju velike koncentracije pare koje u smjesi sa zrakom lako postaju eksplozivne
- opasnosti od mehaničke iskre – otkinute čestice metala od glavne mase daju male, ali vrlo vruće iskre
- opasnosti od trovanja – pri čišćenju spremnika može doći do trovanja te se iz tog razloga radnici koji ulaze u spremnik trebaju zaštititi zaštitnim sredstvima
- opasnosti oštećenja od korozije – može izazvati prošupljivanje spremnika i istjecanje zapaljivih tekućina.

4.5. Zaštita spremnika od požara

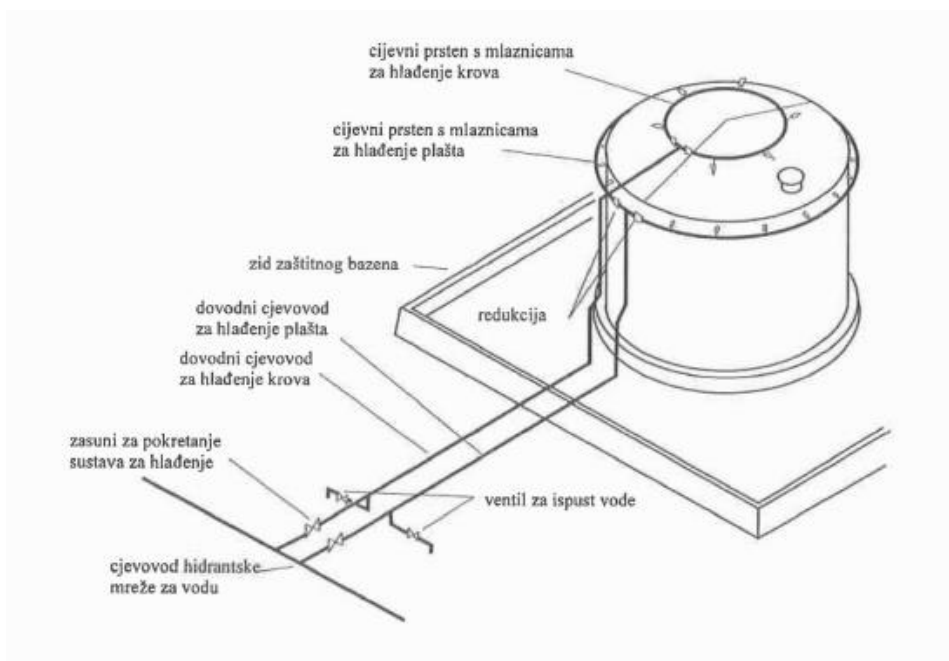
Pravilnikom o izgradnji postrojenja za skladištenje i pretakanje zapaljivih tekućina, nadzemni spremnici moraju biti zaštićeni od svih izvora topline hidrantskom mrežom i sustavom zaštite od požara koji moraju biti odobreni. Sustav zaštite od požara uključuje sustav hlađenje spremnika vodom i sustav gašenja požara pjenom. Također spremnici moraju biti opremljeni sigurnosnim instalacijama kako bi se spriječili požari ili eksplozije te dali zaposlenicima terminala potrebne informacije o stanju medija u spremniku. Sigurnosne instalacije nadzemnih spremnika:

- normalni odušak
- sigurnosni odušak
- odušne cijevi
- zadržrač plamena
- pokazivač razine (razinomjer)
- uređaj za punjenje i pražnjenje i uređaj za osiguranje od prepunjavanja
- otvor za ulaz i pregled.

4.6. Hlađenje spremnika

Minimalna količina vode potrebna za hlađenje plašta spremnika je 1,2 L/min vode na m² plašta u trajanju od najmanje dva sata. Kod hlađenja spremnika s konusnim krovom minimalna količina vode za hlađenje iznosi 0,6 L/min na m² površine krova u trajanju od najmanje dva sata. Za hlađenje ležećih cilindričnih nadzemnih spremnika, najmanja količina vode mora iznositi 1,6 L/min na m² površine spremnika u trajanju od dva sata.

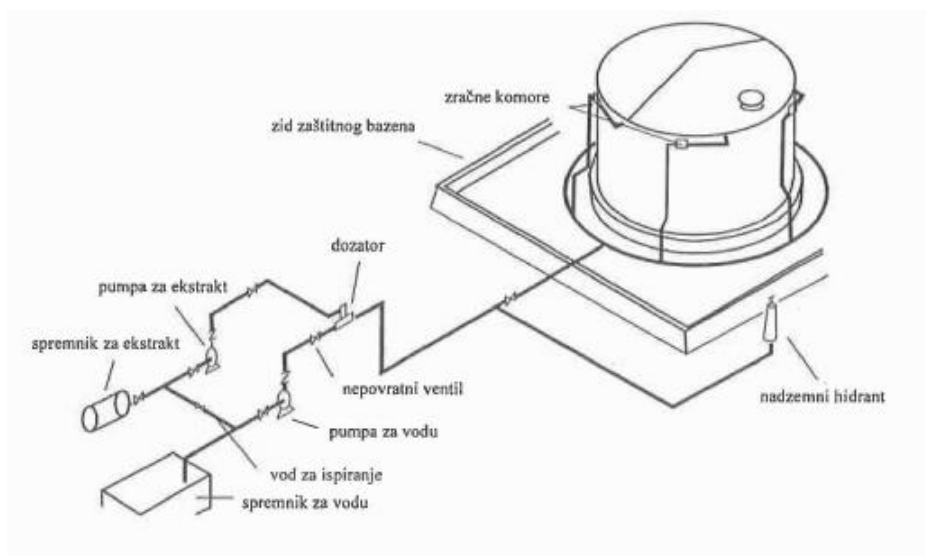
Hidrantska mreža za jedan nadzemni hidrant mora imati najmanje dva hidranta, a kod više spremnika hidranti se raspoređuju prema rasporedu spremnika, s tim da udaljenost između hidranata ne smije biti veća od 50 m, a udaljenost hidranta od spremnika ne smije biti veća od 25 m. Primjer instalacije za hlađenje spremnika prikazan je na slici 13.



Sl. 13. Stabilna instalacija za hlađenje spremnika raspršenom vodom [4]

4.7. Gašenje spremnika

Za gašenje spremnika zapaljivih tekućina koristi se zračna pjena koja se pomoću stabilnih i polustabilnih sustava dovodi do spremnika zahvaćenog požarom (Slika 14.). Pokretanje sustava za gašenje pjenom izvodi se automatski ili poluautomatski.

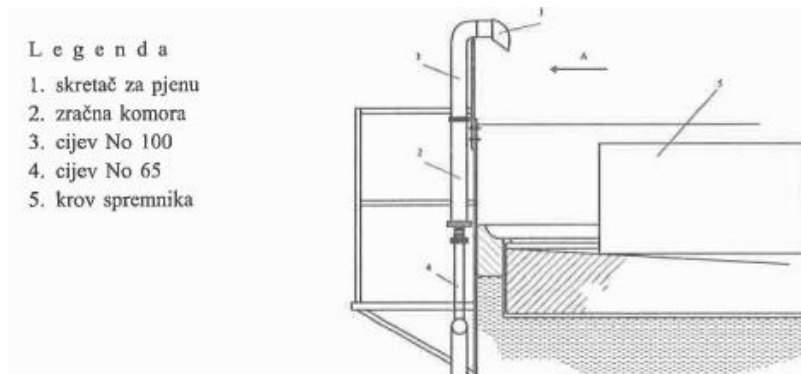


Sl. 14. Stabilna instalacija za gašenje požara spremnika zračnom pjenom kod čvrstog krova

[4]

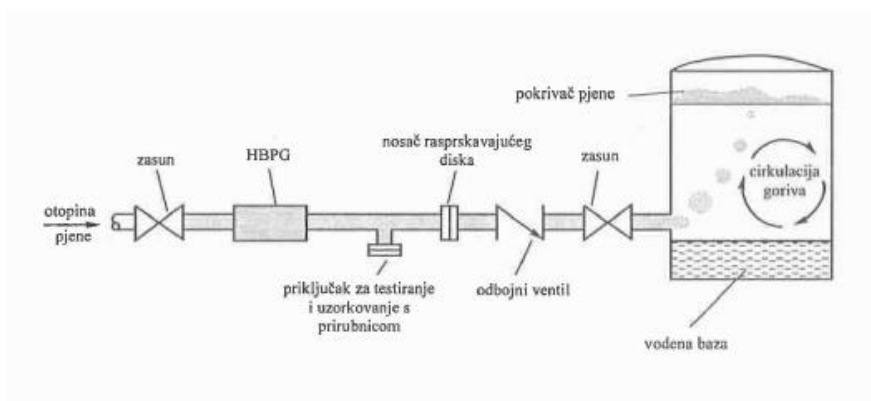
Ubacivanje pjene u spremnik može se izvršiti na dva načina:

- ubacivanje pjene odozgo – otopina pomoću sustava cijevi dolazi do vrha spremnika gdje se u komorama uzima zrak i stvara pjena koja se ubacuje u sam spremnik (čvrsti krov) ili u vijenac krova spremnika (plivajući krov) (Slika 15.). Ovaj način gašenja koristi se u većini slučajeva.



Sl. 15. Ubacivanje pjene odozgo na spremniku s plivajućim krovom [4]

- ubacivanje pjene s dna – pjena se uvodi unaprijed određenim protokom uz dno spremnika, ali iznad vode (Slika 16.). Uzdizanjem kroz gorivo, pjena dolazi do površine i stvara pokrivač koji gasi gorivo. Turbulencija nastala gibanjem pjene izazvat će miješanje goriva u spremniku, tako da će na goruću površinu doći hladnije gorivo što će smanjiti brzinu isparavanja, a samim time i jačinu požara.



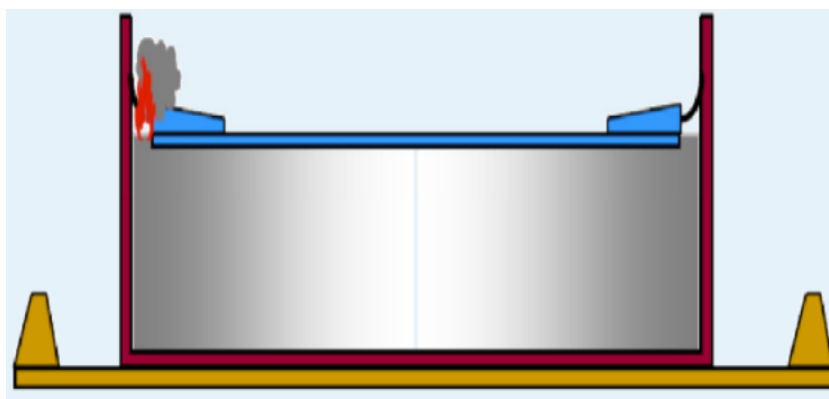
Sl. 16. Shema sustava za ubacivanje pjene s dna [4]

Kod velikih požara spremnika naftnih derivata požari se mogu gasiti vatrogasnim vozilima opremljenim velikim količinama vode i pjene za gašenje, pumpama velikog volumnog protoka i tlaka te bacačima vode i pjene smještenim na krovu vozila. [4]

5. OPASNOSTI PRI GAŠENJU POŽARA SPREMNIKA NAFTE I NAFTNIH DERIVATA

Požari na spremnicima mogu biti različite vrste, od manjih požara kod kojih primjerice dolazi do zapaljenja para na brtvenom dijelu spremnika s plutajućim krovom (Slika 17.) ili na dišnim ventilima koji se lako gase, do velikih požara kod kojih gori cjelokupni sadržaj u spremniku te postoji velika opasnost za širenje požara na ostale spremnike.

Uzroci požara su različiti, no najčešće je razlog nepropisno pretakanje u kojem se javlja statički elektricitet ili udar munje kod pražnjenja statičkog elektriciteta. Kod požara tankvana, uzroci požara su propuštanje zapaljivih medija kroz spremnik ili cjevovod. Ukoliko nije došlo do požara, nakon propuštanja zapaljivih medija, obavezno se moraju ukloniti svi potencijalni izvori paljenja, a u slučaju da je došlo do požara potrebno je započeti akciju gašenja tankvane da ne bi došlo do proširenja požara na spremnik. Požari koji nastaju na dišnom ventilu najčešće su uzrokovani udarom munje, gase se prijenosnim aparatom za gašenje. Požari na brtvenom dijelu spremnika česta su pojava, ali se uspješno gase ukoliko nije došlo do oštećenja ili potonuća pontona. Ponton se može potopiti zbog velike količine sredstava za gašenje koja se koriste za gašenje, a ne odvede s pontona. Zbog opasnosti od potonuća pontona treba voditi računa da se ubacivanje sredstva za gašenje izvršava jednako na svim dijelovima pontona. [5]



Sl. 17. Požar na brtvenom dijelu [5]

5.1. Opasnosti pri gašenju požara spremnika

Tijekom gašenja požara spremnika veliku opasnost za vatrogasce predstavlja jako zračenje topline. Vatrogasci zbog toga moraju biti dobro opremljeni osobnom zaštitnom opremom kako bi se ozljede prouzročene velikim zračenjem topline svele na minimum. Kod gašenja spremnika moguće su i posebne pojave koje mogu iznenaditi vatrogasce i izazvati stradavanje. Radi se o kipljenju sadržaja kojeg nazivamo boilover i slopover. Boilover nastaje spuštanjem toplinskog vala u tekućini do dna spremnika, gdje zagrijano ulje prouzroči naglo isparavanje vode s dna spremnika te dovodi do naglog kipljenja i prskanja vrelog ulja iz spremnika. Nestankom sloja ulja s površine tekućine dolazi do erupcije sadržaja iz spremnika na udaljenost deset puta veću od promjera spremnika. Slopover prskanje nastaje prilikom ubacivanja vode u spremnik s vrelim uljem tijekom gašenja požara što uzrokuje prelijevanje sadržaja preko plašta spremnika.

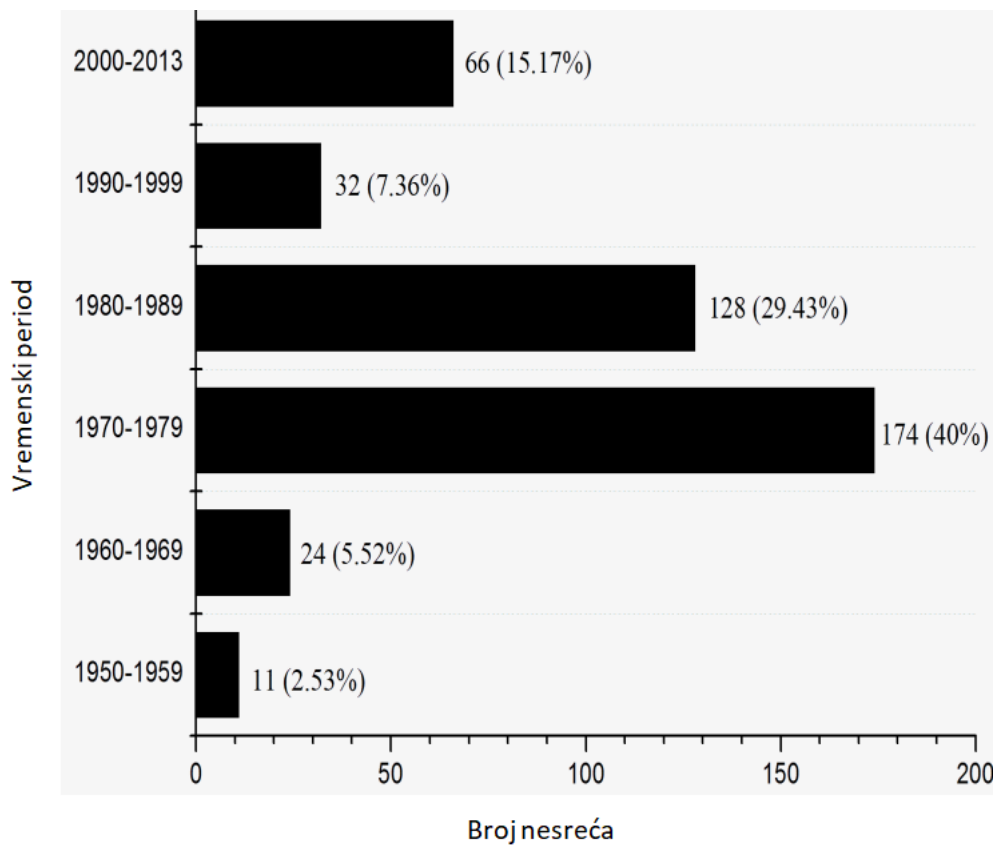
Požari spremnika nisu česta pojava, ali kad dođe do njih vatrogascima predstavljaju veliki izazov. Vatrogasci uvijek moraju biti unaprijed pripremljeni za mogući nastanak požara spremnika, odnosno moraju imati isplanirani odgovor za takav događaj, odgovarajuću opremu i sredstva za gašenje te plan vatrogasne taktike primjenjivu slučaju požara. U velikom broju slučajeva kod požara spremnika vatrogasci imaju na izbor dvije taktike gašenja ovisno o pojedinačnom slučaju, za što su odgovorni zapovjednici koji moraju imati razrađen plan i parametre na temelju kojih će donesti odluku. Ofenzivna taktika gašenja je taktika kojom zapovjednik procjenjuje može li ugasiti požar raspoloživim sredstvima te započinje akciju gašenja spremnika sa svim raspoloživim odgovarajućim sredstvima za gašenje i kontrolira razvoj događaja. Defanzivna taktika gašenja koristi se kad je požarom zahvaćen cjelokupni sadržaj u spremniku i kad se prema procjeni zapovjednika raspoloživim sredstvima ne može ugasiti požar. U tom slučaju zapovjednik može odustati od gašenja požara te se koncentrirati na sprječavanje širenja požara na ostale spremnike. Taktika je takva da se ostali spremnici hlade, a spremnik zahvaćen požarom ostavi da izgori. [5]

5.2. Statistika požara spremnika u naftnoj industriji u svijetu

Nesreće izazvane požarima i eksplozijama koje su se često događale u naftnim rezervoarima u Kini, dovele su do mnogobrojnih žrtava te velikog zagađenja okoliša i ekonomskih gubitaka. Prema statističkim rezultatima prikazanim u istraživanju Zhou i sur. (2016.), najopasnije područje je punjenje i pražnjenje operacijske jedinice, a najosjetljiviji dio postrojenja i opreme su spremnici. No, prevencija požara i eksplozija trebala bi biti skoncentrirana na više faktora jer izvor zapaljenja može biti bilo koji dio postrojenja. Eksplozija oblaka pare najčešća je vrsta nesreće u naftnim spremištima. Prema tome, u budućnosti bi se boljim upravljanjem sigurnošću mogla izbjeći većina eksplozivnih i požarnih nesreća u skladištima nafte.

Skladišta nafte poput naftnih terminala ili benzinskih postaji skladište velike količine zapaljivih naftnih proizvoda. Uskladišteno gorivo ili mješavina zraka i goriva može prouzročiti velike požare i eksplozije, osobito tijekom čišćenja, bojanja, održavanja, varenja spremnika, punjenja ili pražnjenja te tijekom svih aktivnosti vezanih uz spremnike. Istraživači Zhou i sur. (2016.) tvrde da su uzroci nesreća u naftnim skladištima slični te da bi se velik broj tih nesreća mogao spriječiti znanstvenim istraživanjima ili razumnim smjernicama.

Slika 18. prikazuje broj nesreća u Kini u vremenskom razdoblju od 1950. – 2013. godine na kojoj je vidljivo da se većina nesreća u naftnoj industriji dogodila tijekom 1970-ih te 1980-ih godina. Razlog je nagli procvat naftne industrije i nagli porast potrošnje nafte u Kini. Nasuprot tome, 1950-ih i 1960-ih godina, kao posljedica Drugog svjetskog rata smanjen je broj naftnih skladišta zbog čega je u ovom periodu zabilježen najmanji broj nesreća u naftnoj industriji. Uvođenjem upravljanja sigurnošću te buđenjem svijesti o zaštiti od požara, broj nesreća tijekom 1990-ih znatno je pao u odnosu na 1980-e, sa 30 % na 7%. No, nakon toga, 2000-e godine kad dolazi do povećane potražnje za gorivom, ponovno dolazi do porasta broja nesreća u naftnim skladištima zbog povećanih kapaciteta skladišta nafte u Kini. Izgradnja novih spremnika s velikim kapacitetima zapreme dovela je do povećanja opasnosti zbog velikih količina medija u rezervoarima. Također, većina starih spremnika nafte izgrađena je 1970-ih i 1980-ih, stoga je veliki dio osnovne opreme istrošen i podložniji požarima.



Sl. 18. Broj nesreća u Kini [6]

Prema Tablici 4. vidljivo je da je gotovo polovica ukupnog broja žrtava smrtno nastradala ili teško ozlijeđena. Također, u svakoj od 435 zabilježenih nesreća u naftnoj industriji u Kini, u prosjeku su ozlijeđene tri osobe.

Tab. 4. Broj žrtava [6]

ŽRTVE	BROJ ŽRTAVA	POSTOTAK (%)
Smrtno nastradali	390	29.10
Teško ozlijeđeni	175	13.06
Lakše ozlijeđeni	775	57.84
Ukupno	1340	100

Najopasnije područja terminala su punilišta i istakališta nafte sa čak više od 50 % (Tablica 5.). Tijekom punjenja ili pražnjenja spremišta isparava velika količina naftnih derivata, koji ukoliko dođu u kontakt s izvorom paljenja, mogu uzrokovati velike eksplozije. Drugo

najopasnije područje su spremnici nafte koji sadrže velike količine nafte pa električna iskra, statički elektricitet ili čak munja mogu biti opasni i dovesti do požara bazena, površinskog gorenja ili deflagracije unutar zaštitne ograde. [6] Primjerice, prema statističkim pokazateljima u Sjevernoj Americi udar munje uzrokovao je 16 od 20 nesreća na terminalima za skladištenje naftnih derivata. [7] Stoga bi upravljanje sigurnošću od požara trebalo biti najviše orijentirano na ta dva područja, spremnike za skladištenje medija te na mjesta gdje se provode operacije punjenja i istakanja goriva iz cisterne u spremnike i obrnuto. [6]

Tab. 5. Mjesta nesreće [6]

MJESTO NESREĆE	BROJ NESREĆA	POSTOTAK (%)
Spremnici nafte	103	23.68
Punilišta i istakališta	222	51.03
Pogonski prostori	37	8.51
Ostalo	73	16.78
Ukupno	435	100

Požar na naftnom terminalu Buncefield, u Velikoj Britaniji 2005. godine koji je zahvatio 23 spremnika i potraja punih pet dana. U nesreći je 43 ljudi ozlijeđeno, dok na sreću nije bilo smrtno stradalih. U požaru je većina terminala uništena te su nanesene znatne štete na okolne stambene i poslovne objekte (Slika 19.). Također, zbog loše infrastrukture odvodnje opasnih tvari, većina medija koja je iscurila iz spremnika prodrila je u tlo i izazvala veliku ekološku katastrofu. Uzrok požara bilo je izlivanje velike količine medija iz spremnika zbog kvara na automatskom uređaju za pokazivanje napunjenosti spremnika te zapaljenje para izlivenih tekućina, najvjerojatnije iskrom elektromotora. Šteta koja je nastala procjenjuje se na 1 bilijun funti. [7, 8, 9]



Sl. 19. Ostaci terminala nakon požara [9]

Prema dostupnim statističkim podacima u razdoblju od 1960. godine do 2003. godine u svijetu je došlo do 242 nesreće povezane s naftnim i kemijskim spremnicima. Od toga je najviše nesreća zabilježeno u Sjevernoj Americi, čak 114, a prate ju Azija sa 72 nesreće i Europa sa 38 nesreća (Tablica 6.).

Tab. 6. Prikaz broja nesreće po kontinentima [10]

Godina	Sjeverna Amerika	Azija i Australija	Europa	Južna Amerika	Afrika	Ukupno
1960-1969	3	7	6	1	0	17
1970-1979	18	9	6	1	2	36
1980-1989	26	9	9	5	4	53
1990-1999	36	33	12	2	2	85
2000-2003	31	14	5	0	1	51
Ukupno	114	72	38	9	9	242

Od sveukupnog broja nesreća, 12.8% nesreća dogodilo se u kemijskoj industriji, a čak 87.3 % u naftnoj industriji. Promatrajući broj nesreća na terminalima u ovisnosti o vremenskom razdoblju, vidljivo je da se najveći broj nesreća na terminalima dogodio u vremenskom razdoblju od 1990. do 1999. godine (Tablica 7.).

Tab. 7. Vrste kompleksa u kojima su se dogodile nesreće [10]

Godina	Rafinerije	Terminali / Skladištenje	Kemijska industrija	Naftna polja	Ostalo	Ukupno
1960-1969	10	5	1	0	1	17
1970-1979	22	11	0	0	3	36
1980-1989	25	17	5	2	4	53
1990-1999	41	22	16	1	5	85
2000-2003	18	9	9	3	12	51
Ukupno	116	64	31	6	25	242

6. SUSTAV ZAŠTITE OD POŽARA SPREMNIKA NAFTNIH DERIVATA TERMINALA ŽITNJAK JANAF

Prihvatno otpremni terminal naftnih derivata Žitnjak u sastavu je Jadranskog naftovoda te služi za skladištenje, otpremu i dopremu naftnih derivata. Modernizacija, rekonstrukcija te gradnja novih spremnika izvršena je u razdoblju od 2010. - 2014. godine. Terminal raspolaže sa 34 spremnika ukupnog volumnog kapaciteta 142000 m³ (prikazano na slici 20.). Zbog sigurnosti terminala i zakonskih propisa izrađen je stabilni i polustabilni sustav za dojavu i gašenje požara te je uspostavljena vatrogasna postrojba.



SPREMNICI ZA DIESEL/BIODIESEL		
	SPREMNIK	VOLUMEN (m ³)
1	TK 6204	400
2	TK 6208	480
3	TK 6251	480
4	TK 4402 - A	480
5	TK 4402 - B	480
6	TK 4401 - B	480
7	TK 4401 - A	480
8	TK 6211 - A	417
9	TK 6211 - B	417
10	TK 6207 - A	639
11	TK 6207 - B	639
12	TK 6206 - A	1850
13	TK 6206 - B	1850
14	TK 6201 - A	3000
15	TK 6201 - B	3000

16	TK 6201 - C	3000
17	TK 6201 - D	3000
18	TK 6253	5000
19	TK 6205	480
20	TK 6217 - A	1600
21	TK 6217 - B	1650
22	TK 6221 - A	480
23	TK 6221 - B	480
24	TK 6222 - A	639
25	TK 6222 - B	639
26	TK 6301	20000
27	TK 6302	20000
28	TK 6303	20000
29	TK 6305	20000
30	TK 6306	20000
31	TK 6202 - B	1500
32	TK 6203 - A	1500
33	TK 6203 - B	1500
34	TK 6202 - A	1500

Sl. 20. Skladišni prostor terminala Žitnjak [10]

6.1. Vatrogasna postrojba terminala Žitnjak

Uslugu profesionalne vatrogasne djelatnosti na terminalu Žitnjak pruža Javna vatrogasna postrojba grada Đurđevca. U postrojbi djeluje 18 vatrogasaca sa zapovjednikom postrojbe i njegovim zamjenikom (Tablica 8.). Vatrogasci su podijeljeni u četiri smjene sa smjenskim radom od 12 sati gdje svaki vatrogasac ima svoje zvanje prema kojem obavlja svoje dužnosti i zadaće. Vatrogasnoj postrojbi su na raspolaganju četiri vatrogasna vozila, od kojih su tri kemijska vozila voda – pjena – prah te jedna autocisterna. Vatrogasci djeluju samo u krugu terminala i uz gašenje požara, glavna zadaća im je obavljanje preventivnih mjera zaštite od požara kako bi se mogućnost nastanka požara svela na minimum, a neke od njih su sljedeće:

- redoviti obilasci kruga terminala te vizualni pregled spremnika, ventila, cjevovoda, crpnih stanica, dijelova stabilnog sustava za hlađenje i gašenje
- kontrola, a po potrebi i dežurstvo prilikom istakanja i utakanja naftnih derivata u vagon cisterne i autocisterne
- vatrogasno dežurstvo prilikom izvođenja radova na terminalu, posebice kod radova s otvorenim plamenom (varenje), kontrola otrovnih plinova ukoliko se radi u zatvorenom prostoru
- kontrola temperature derivata u spremnicima, a po potrebi u ljetnim mjesecima hlađenje spremnika zbog visokih temperatura
- kontrola ispravnosti stabilnog sustava, dreniranje cjevovoda u zimskim mjesecima, sudjelovanje u godišnjim periodičnim ispitivanjima sustava
- redoviti vizualni pregledi vatrogasnih aparata
- organizacija vatrogasnih vježbi, rad s vatrogasnom opremom i tehnikom, rad na operativnim panelima i SCADA sustavu (eng. Supervisory Control And Data Acquisition)
- surađivanje s ostalim Javnim vatrogasnim postrojbama s područja grada Zagreba.

Tab. 8. Ustrojstvo vatrogasne postrojbe Žitnjak

Zapovjednik postrojbe
Zamjenik zapovjednika
Voditelj smjene
Vatrogasac – vozač
Vatrogasac operater
Vatrogasac

6.2. Stabilni i polustabilni sustavi za gašenje požara na terminalu Žitnjak

Velikim ulogom u cjeloviti skup tehničkih i organizacijskih mjera zaštite od požara i tehničkih eksplozija, rizik terminala sveden je na minimum. Stabilni sustav za gašenje i hlađenje terminala Žitnjak jedan je od najmodernijih sustava za zaštitu od požara u Hrvatskoj. Izveden je kao stabilni i polustabilni za gašenje zračnom pjenom i hlađenje vodom.

Sustav se sastoji od :

- izvora vode
- vatrogasne crpne stanice
- hidrantske mreže
- jedinice za pripremu pjene
- sustava cjevovoda i mlaznica
- operativne i informacijske sobe.

6.2.1. Izvor vode

Voda za potrebe terminala opskrbljuje se na dva načina. Prvi je uz pomoć arteškog bunara iz kojeg se pomoću potopne centrifugalne pumpe kapaciteta 20 m³/h voda doprema do vanjskog spremnika u kojem se skladišti. Drugi je uz pomoć gradske vodovodne mreže koja je spojena

na spremnik vode i u pravilu se koristi samo u slučajevima kad su potrebne velike količine vode (požar).

Spremnik vode volumena 2000 m^3 izgrađen je kao nadzemni s fiksnim krovom (Slika 21.). Zbog mogućeg smrzavanja spremnik je dobro izoliran mineralnom vunom, obložen aluminijskim limom i grijan električnim grijačima koji se pale kad temperatura padne na $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Bunarska pumpa automatskog načina rada uključuje se na niski signal vode (85%) te isključuje na visoki signal vode (92%).



Sl. 21. Nadzemni spremnik vode [vlastita fotografija]

6.2.2. Vatrogasna crpna stanica

Spremnik vode spojen je pomoću cjevovoda na vatrogasnu crpnu stanicu koja služi za osiguranje potrebnog tlaka vode u hidrantskoj mreži. Osiguranje tlaka provodi se na dva načina: pomoću hidroforske posude i dizel pumpe. Hidroforska posuda služi za održavanje radnog tlaka vode (5-6 bara) u hidrantskoj mreži i korištenja manjih količina vode za potrebe terminala (Slika 22.). U slučaju korištenja većih količina vode (ispitivanje stabilnog sustava, punjenje vatrogasnog vozila vodom, požara itd.) kod kojih hidroforska posuda ne može osigurati potreban tlak vode, uključuju se dizel pumpe. Hidroforsko postrojenje sastoji se od

dvije hidroforske pumpe istog kapaciteta $Q=17 \text{ m}^3/\text{h}$ ($H= 55.4 \text{ m}$, $P=7.5 \text{ kW}$) od čega je jedna radna, a jedna rezervna. Pumpe su preko hidroforske posude volumena 2000 litara spojene na hidrantsku mrežu. Na hidroforsku posudu spojen je kompresor zraka koji prema potrebi nadopunjuje zrak u posudi.



Sl. 22. Hidroforska posuda i pumpe [vlastita fotografija]

U vatrogasnoj crpnoj stanici nalaze se tri dizel pumpe (Slika 23.) koje služe za osiguranje potrebnog radnog tlaka u požarnom režimu koji iznosi 10 – 11 bara. Kad dođe do požara i pokrene se sekvenca gašenja, dizel pumpa se automatski pali i diže tlak u hidrantskoj mreži na 10.4 bara. Druga pumpa se pali po potrebi, kad tlak padne ispod 10.4 bara, a treća je u rezervi. Pumpama se može upravljati automatski ili ručno pomoću operativnih panela u vatrogasnoj crpnoj stanici i zgradi vatrogasnice. Vatrogasne pumpe s dizel pogonom kapaciteta su $Q=435 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{m}$, $P=210\text{kW}$. [7, 8]



Sl. 23. Dizel pumpe [vlastita fotografija]

6.2.3. Hidrantska mreža

Oko cijelog terminala postavljena je hidrantska mreža s nadzemnim hidrantima DN 100. Sustav cjevovoda hidrantske mreže izveden je u prstenastom obliku terminala i opremljen sekcijskim zasunima, a promjer cjevovoda dimenzioniran prema potrebnom protoku.

Hidrantska mreža izvedena je prema:

- pravilniku o hidrantskim mrežama za gašenje požara (NN 08/06)
- pravilniku o zapaljivim tekućinama (NN 54/99). [11]

6.2.4. Jedinica za pripremu pjene (JPP)

Jedinice za pripremu mješavine za gašenje raspoređene su po terminalu i gase određenu grupu spremnika, autopunilište te vagon istakalište. Na terminalu se nalazi šest jedinica za pripremu pjene radi smanjenja ukupne dužine cjevovoda za zaštitu od požara i povećanja učinkovitosti sustava za gašenje, odnosno smanjuje se potrebno vrijeme za dovod mješavine do pojedinih objekata na terminalu. Za svaku grupu spremnika ili objekta koji se gasi osigurana je potrebna količina pjenila za 30 minuta gašenja pri doziranju pjenila od 3 % te još 30 minuta gašenja s rezervnim spremnikom pjenila. Pjenilo je smješteno u jedinici za pripremu pjene (Slika 24.), u dva vertikalna spremnika (jedan radni, drugi rezervni). Pjenilo dolazi do mješača ulaskom vode u membranu spremnika koja se pod tlakom vode širi i izbacuje pjenilo putem cjevovoda do mješača. Mješavina se dalje pomoću cjevovoda preko ventila dovodi do zračnih komora ili mlaznica voda/pjena koje su postavljene na objektima koji se gasi. U slučaju kad je u požaru potrošen cjelokupni sadržaj pjenila, spaja se vatrogasno vozilo koje dalje tlači cjevovod mješavinom. Objekti JPP-a izrađeni su armiranim betonom koji ima vatrootpornost 120 minuta, te vatrootpornim vratima i prozorima. [11, 12]



Sl. 24. Jedinica za pripremu pjene [vlastita fotografija]

6.2.5. Sustav ventila, cjevovoda i mlaznica

Sustav ventila i cjevovoda služi za dopremu sredstava za gašenje od izvora do mlaznica. Ventili otvaranjem i zatvaranjem omogućuju dopremanje sredstva za gašenje na željeno područje. Cjevovod koji spaja jedinicu za pripremu pjene i mlaznice opremljen je cjevovodom za pjenu i cjevovodom za vodu. Cjevovod za pjenu služi za gašenje požara, dok cjevovod za vodu služi za hlađenje objekata.

Na sustav cjevovoda postavljene su mlaznice za hlađenje plašta spremnika, zračne komore za tešku pjenu (Slika 25.) za gašenje požara u spremniku i gašenje čeličnih tankvana te zračne komore za gašenje srednje teškom pjennom koje se koriste za gašenje betonskih tankvana. [11]



Sl. 25. Zračna komora za tešku pjenu [vlastita fotografija]

6.2.5.1. Ventili i upravljanje ventilima

Ventili su izvršni elementi sustava gašenja. Svi ventili imaju iste upravljačke karakteristike te se njima može upravljati na isti način, ali u sustavu nisu svi jednaki. Ventili su označeni slovom i brojem koji se nalazi na ventilu. Prvi broj označava kojem JPP-u pripada ventil, a druga dva redni broj ventila. Ventili su opremljeni elektromotorom pomoću kojeg se ventil otvara i zatvara, mogu se upravljati daljinski ili lokalno. Kod daljinskog načina rada moguć je samo automatski način rada kod koje sustav sam otvara i zatvara ventil te nije mogući ručni način rada. Isto tako u lokalnom načinu rada moguće je samo ručno upravljati ventilima zasebno, na licu mjesta. Na ventilu postoji upravljački dio (prikazan na slici 26.) na kojem se nalaze dvije preklopke, jedna za izbor načina upravljanja, a druga za ručno otvaranje i

zatvaranje ventila. Mali ekran daje informacije o otvorenosti ventila, komunikaciji ventila te greškama na ventilu. Ventili su spojeni na upravljačke ormare putem zajedničke komunikacijske mreže. [12]



Sl. 26. Upravljačke komande ventila [vlastita fotografija]

6.2.6. Operativna soba

Operativna soba jedna je od ključnih dijelova stabilnog sustava smještena u zgradi vatrogasnice te mora biti pod nadzorom dežurnog vatrogasnog operatera u smjeni, 24 sata na dan. U operativnoj sobi smješteni su operatorski paneli, SCADA sustav te video nadzor.

6.2.6.1. Operatorski paneli

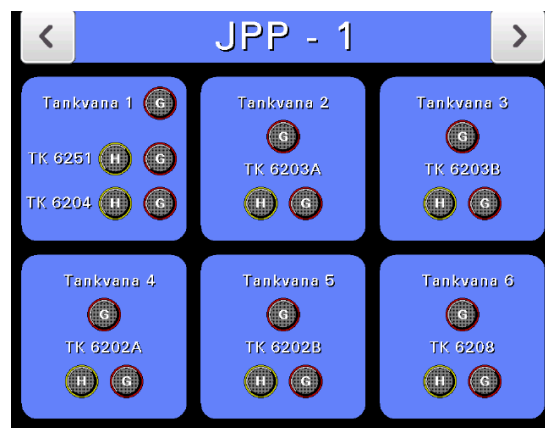
Operatorski paneli služe za pružanje informacija dežurnom vatrogasnom operateru o stanju sustava automatske detekcije i gašenja požara. U operativnoj sobi nalazi se 6 operativnih panela, svaki panel pripada odgovarajućem JPP-u. Na panelu se prikazuje alarm požara i lokacija gdje je detektiran požar te koja su dozvoljena postupanja za svaki pojedini slučaj požara i stanje ventila u mreži gašenja (otvoren ili zatvoren, u procesu otvaranja ili zatvaranja).

Izgled operaterskih panela

Na slici 27. prikazan je operativni panel JPP-1 koji prikazuje stanje tankvane i spremnika te eventualni proces hlađenja i gašenja. Svaki bazni prikaz pokazuje o kojem se JPP-u radi te fizičke podjedinice u plavim okvirima unutar kojih se nalaze tankvane, spremnici ili zone pretakališta. Svaka podjedinica predstavlja jednu cjelinu sastavljenu od dva ili više elemenata, u kojoj se nalazi šest cjelina, a svaka ima tri elementa odnosno objekta:

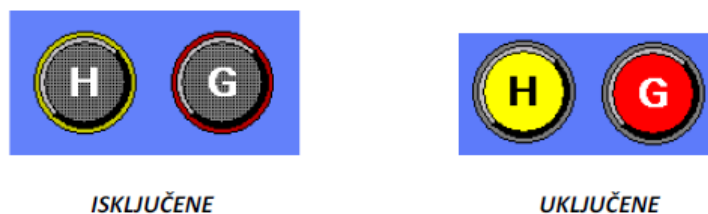
- tankvana 1
- TK (spremnik) 6251
- TK (spremnik) 6204.

Također, iz cjeline je vidljivo da se unutar tankvane 1 nalaze dva spremnika, dok se na preostalih 5 cjelina unutar jedne tankvane nalazi jedan spremnik.



Sl. 27. Operativni panel JPP-1 [12]

Lampica G označava gašenje i u procesu gašenja crvene je boje, dok lampica H označava hlađenje i u procesu hlađenja žute je boje (Slika 28.).



Sl. 28. Izgled uključenih i isključenih lampica [12]

Prozori upozorenja operativnih panela

Prozori upozorenja služe za upozorenje operatera da sustav nije u normalnom radu. To su slučajevi kod kojih je došlo do isključenja nekog od JPP-ova ili je detektirana neželjena situacija odnosno požar. Upozorenje iskače na panelu dotičnog JPP-a. Kad sustav detektira plamen, na panelu se prikazuje objekt na kojem je detektiran plamen, dok se na susjednim panelima prikazuju upozorenja o dozvoljenim akcijama i stanjima ventila u liniji gašenja. Prozori upozorenja ne mogu se ugasiti sve dok se ne otkloni uzrok odnosno dok se ne ugasi požar. Isto vrijedi i za slučaj kada je sustav isključen, prozor upozorenja će biti otvoren dok se sustav ponovno ne uključi.

Redoslijed pojavljivanja prozora:

- prozor upozorenja iskače s obavijesti lokacije na kojoj je detektiran plamen, taj prozor iskače na pripadajućem JPP-u s kojeg se mogu pokrenuti akcije gašenja
- istovremeno na desnom ili lijevom ekranu od prvog slučaja, iskače prozor upozorenja koji sadrži dozvoljene akcije za dotičan slučaj
- u trenutku pokretanja akcije gašenja otvara se i treći prozor koji pokazuje stanje ventila u čitavoj mreži pripreme pjene (na popisu se ne nalaze ventili za hlađenje, već samo za gašenje).

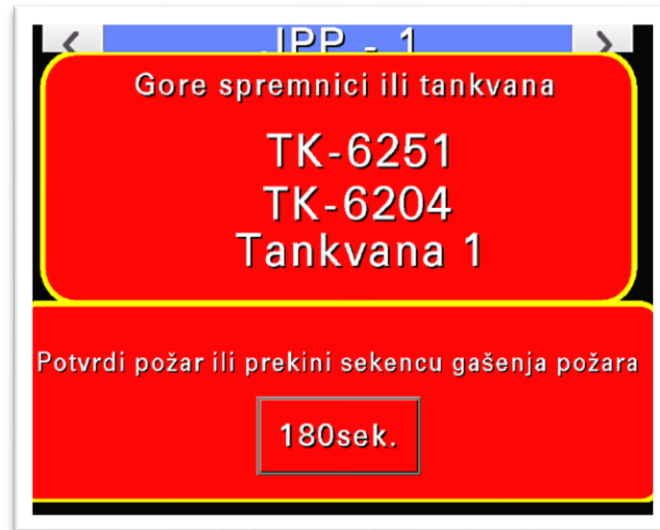
Prozor upozorenja detekcije plamena

Kao što je vidljivo na slici 29. prozor upozorenja sastoji se od dva dijela:

- popis objekta na kojima je detektiran plamen
- vrijeme koje stoji na raspolaganju operateru da prekine automatsku sekvencu gašenja i ručno pokrene neku od mogućih akcija gašenja.

U većini slučajeva popis se sastoji od dva objekta (jedan spremnik i jedna tankvana), dok se u prikazanom slučaju na slici 28. popis sastoji od tri objekta (TK-6251, TK-6204 i Tankvana 1) što nam govori da su požarom zahvaćeni svi objekti ili samo neki od tri prikazana objekta. Tri objekta prikazana su zbog tehničke prirode odnosno nemogućnosti da se sa predviđenim brojem detektora nedvojbeno odredi na kojem je objektu detektiran požar. Zbog toga se operateru daje popis potencijalnih ugroženih objekata te on dalje utvrđuje na temelju drugih izvora (video nadzora, vatrogasaca na terenu) na kojem je točno objektu izbio požar. Time je

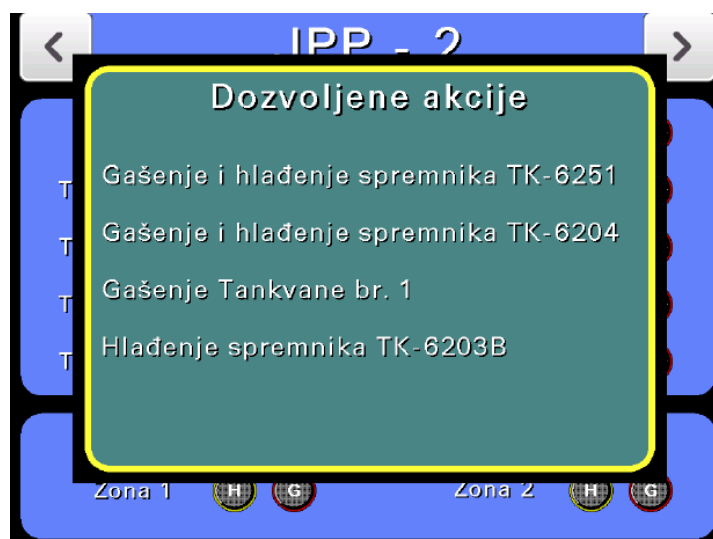
operateru dano duže vrijeme reakcije koje u ovom slučaju iznosi 180 sekundi kako bi ručno pokrenuo potrebne akcije. Ako operater nije pokrenuo neku od mogućih akcija gašenja, u 180 sekundi sustav će započeti s gašenjem sva tri objekta.



Sl. 29. Izgled OP panela s aktivnim prozorom upozorenja detekcije plamena [12]

Prozor upozorenja dozvoljenih akcija

Istovremeno s prozorom upozorenja detekcije plamena, otvara se prozor upozorenja dozvoljenih akcija. Svaki slučaj daje različite akcije koje su dozvoljene za dotičan slučaj detekcije plamena. Jedan od mogućih primjera prikazan je na slici 30.

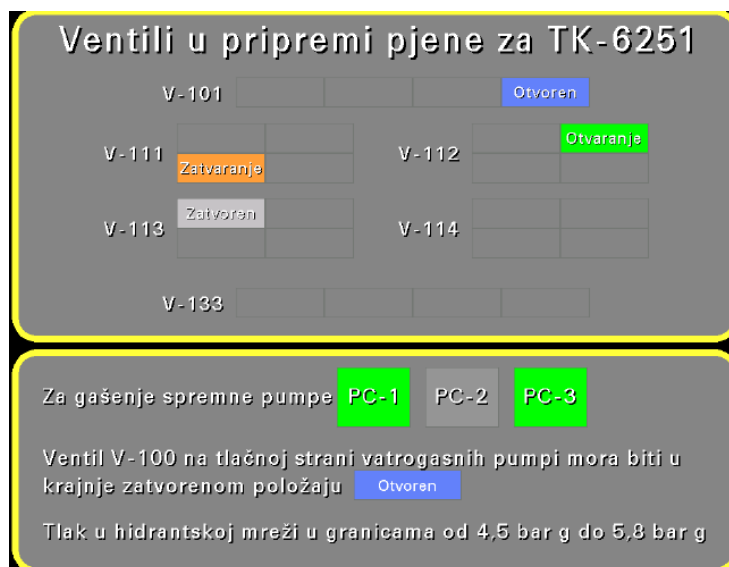


Sl. 30. Izgled OP panela s aktivnim upozorenjem dozvoljenih akcija [12]

Vatrogasac operater dužan je iz drugih izvora saznati koje su akcije s popisa potrebne te iste aktivirati. Operater može pokrenuti i neke druge akcije koje nisu navedene na popisu, ali samo kad su nužno potrebne i zahtijevane od vatrogasnog zapovjednika.

Prozor upozorenja ventila u liniji pripreme pjene

Upozorenje ventila u liniji pripreme pjene (Slika 31.) daje operateru informacije o stanju ventila u cijeloj grani pripreme pjene, o radnim dizel pumpama, stanju ventila V-100 te graničnim vrijednostima tlaka u hidrantskoj mreži za objekt na kojem je detektiran plamen. Prozor se aktivira u trenutku početka sekvence gašenja te se sastoji od dva dijela: prvi dio daje informacije o stanju ventila u grani pripreme pjene i različit je od slučaja do slučaja, dok drugi opisuje dizel pumpe, ventil V-100 i tlak u hidrantskoj mreži te je isti za svaki slučaj gašenja požara.



Sl. 31. Izgled OP s aktivnim prozorom upozorenja ventila u liniji pripreme pjene [12]

6.2.6.2. Upravljački ormar

Upravljački ormar sastoji se od OP panela i upravljačkih tipkala (Slika 32.) koja služe za upravljanje gašenja spremnika, autopunilišta, vagon istakališta te upravljanje rada dizel pumpi i ventila u vatrogasnoj crpnoj stanici. Svaki upravljački panel namijenjen je za upravljanje dotičnog JPP-a koji je označen na vrhu svakog ormara.

- prvi dio sastoji se od dva tipkala i sklopke, a služi za upravljanje sustavom. Sklopka služi za prebacivanje sustava na jedan od željenih načina rada sustava (1 = automatski način rada, 2 = ručni način rada, 0 = isključenje sustava), dok jedno tipkalo služi za prihvatanje i poništenje zvučnog alarma, a drugo za restart sustava.
- drugi dio se sastoji od tipkala za pokretanje i prekidanje gašenja i hlađenja. Tipkala ima onoliko koliko ima mogućnosti akcija gašenja na objektima. Plavom bojom označena su tipkala za pokretanje gašenja, crnom bojom označena su tipkala za početak hlađenja, te su crvenom označena tipkala za prekid akcije (Slika 32.).
- zbog smanjenja pogreški tipkalo se mora pritisnuti i držati najmanje tri sekundi da bi sustav prihvatio zadanu naredbu.

Sustav može raditi u automatskom i ručnom načinu rada. Da bi sustav detektirao i automatski reagirao na pojavu plamena mora biti u automatskom načinu rada. U ručnom načinu rada sustav također može detektirati pojavu plamena, ali na taj plamen ne može utjecati odnosno ne može pokrenuti nikakvu akciju gašenja. U tom slučaju operater sam mora pokrenuti akciju gašenja prema uputama zapovjednika. Treba napomenuti da je svaki JPP neovisan o jedan o drugome te ako je jedan isključen, drugi može normalno raditi.



Sl. 32. Izgled upravljačkog ormara [12]

6.2.6.3. Sekvenca gašenja

Prilikom izrade sustava uzeti su u obzir svi mogući slučajevi požara na terminalu te su prema tim slučajevima izrađene akcije koje se moraju izvesti za pojedini slučaj požara. Na slikama 32. i 33. vidljive su akcije koje se mogu poduzeti za svaki pojedini slučaj na JPP-1, JPP-2, JPP-3, JPP-3a i JPP-4. Vidljivo je kojem sustavu JPP-a objekti pripadaju i koji detektori detektiraju plamen. Svaki pojedini slučaj je jedna sekvenca. Redni brojevi označeni žutom i narančastom bojom pripadaju istoj automatskoj sekvenci, ali više slučajeva ručne sekvence jer javljači požara nisu ugrađeni na svaki spremnik, već su ugrađeni na stupovima koji pokrivaju dva ili više spremnika te sustav ne može odrediti kod kojeg je spremnika došlo do požara te započinje gašenje nakon 180 sekundi na sva tri spremnika. Ukoliko je došlo do požara samo na jednom spremniku, vatrogasac poništava automatsku sekvencu i ručno aktivira sekvencu samo za određeni spremnik. Za svaki spremnik dana je informacija o volumenu i vrsti medija koji se nalazi u njemu i količini medija. Redoslijed slučajeva izrađen je tako da su prvo naznačeni spremnici, a nakon toga tankvane u kojima se nalaze spremnici. Kod sekvenca kod kojih se hladi objekt koji nije u istom sustavu JPP-a to je posebno naznačeno, a ako nema te oznake znači da su svi objekti u pripadajućem JPP-u. Svaki JPP ima svoj tlačni dozator pjenila, jedino JPP-3A koristi dozator iz JPP-3. Jedan dozator dovoljan je za gašenje požara na jednom objektu od trajanja 30 minuta. Nakon toga je na sustav potrebno priključiti vatrogasno vozilo na za to predviđeno mjesto. Sustav je napravljen tako da može gasiti samo jedan požar po tlačnom dozatoru pjenila, a broj hlađenja nije ničime ograničen.

Primjer nekoliko sekvenca gašenja na različitim JPP:

a) Slučaj pod rednim brojem 8. gori spremnik TK(tank)-6251 koji se nalazi na JPP-1: (Slika 33.)

- gasi se spremnik TK 6203-B
- hladi se spremnik TK 6202-B
- hladi se spremnik TK 6203-A
- objekti na kojima se provode akcije hlađenja i gašenja nalaze se na istom JPP-u tj. na JPP-1
- ako se požar pojavi na bilo kojem dugom JPP-u, osim JPP-1 može se gasiti paralelno s ovim požarom na spremniku TK-6251.

b) Slučaj pod rednim brojem 30. gori spremnik TK(tank)-6201D koji se nalazi na JPP-3: (Slika 33.)

- gasi se spremnik TK 6201-D
- hladi se spremnik TK 6201-D
- hladi se spremnik TK 6201-B
- hladi se spremnik TK 6201-C
- hladi se spremnik TK 6217-B na JPP-3a
- hladi se spremnik TK 6205 na JPP-3a
- u ovoj situaciji nisu svi objekti koji se hlade na istom JPP-u, već se dva objekta moraju hladiti na JPP-3a.

c) Slučaj pod rednim brojem 25. gori tankvana 13 koja se nalazi na JPP-3: (Slika 33.)

- gasi se tankvana 13
- hladi se spremnik TK 6201-A
- hladi se spremnik TK 6201-B
- hladi se spremnik TK 6201-C
- hladi se spremnik TK 6201-D
- hladi se spremnik TK 6217-A na JPP-3a
- hladi se spremnik TK 6217-B na JPP-3a
- hladi se spremnik TK 6205 na JPP-3a
- kao i kod prethodnog primjera akcija hlađenja ne provodi se na jedan JPP već na dva.

Red br.	GORI - GASI SE	HLADI SE	PLAMEN SE DETEKTIRA	JPP	22	TK 6207 B, V=639 m ³ LUEL / ED	TK 6207 B TK 6211 A TK 6211 B TK 6207 A			
1	TK 6251, V=480 m ³ LUEL / ED	TK 6251 TK 6204	AJP-T1-01 i AJP-T1-02 koji su na stupovima	JP P- 1	23	TANKVANA BR. 8	TK 6207 B TK 6211 A TK 6211 B TK 6207 A			
2	TK 6204, V=480 m ³ LUEL / ED	TK 6204 TK 6251				Red br.	GORI - GASI SE	HLADI SE	PLAMEN SE DETEKTIRA	JPP
3	TANKVANA BR. 1	TK 6251 TK 6204 TK 6203 B				24	TK 6206-B, V=2.048 m ³ ED/BMB95	TK 6206-B TK 6201-C	AJP-T9-01 i AJP-T9-02 koji su na spremniku	
4	TK 6208, V=480 m ³ LUEL / ED	TK 6208	AJP-T6-01 i AJP-T6-02 koji su na stupovima		25	TANKVANA BR. 9	TK 6206-B TK 6206-A TK 6201-C	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen		
5	TANKVANA BR. 6	TK 6208			26	TK 6206 A, V=2.048 m ³ ED/BMB95	TK 6206-A TK 6201-A	AJP-T11-01 i AJP-T11-02 koji su na spremniku		
6	TK 6203 A, V=1.605 m ³ BMB 95	TK 6203 A TK 6202 A TK 6203 B	AJP-T2-01 i AJP-T2-02 koji su na spremniku		27	TANKVANA BR. 11	TK 6206-A TK 6201-A TK 6206 B TK 6201 C	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen	JP P- 3	
7	TANKVANA BR. 2	TK 6203 A TK 6203 B TK 6202 A TK 6202 B	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamca		28	TK 6201 C, V=3.201 m ³ ED/BMB95	TK 6201 C TK 6206 B TK 6201 A TK 6201 D	AJP-T10-01 i AJP-T10-02 koji su na spremniku		
8	TK 6203 B, V=1.605 m ³ BMB 95	TK 6203 B TK 6202 B TK 6203 A	AJP-T3-01 i AJP-T3-02 koji su na spremniku		29	TANKVANA BR. 10	TK 6201 C TK 6206 B TK 6201 A TK 6201 D TK 6206 A	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen		
9	TANKVANA BR. 3	TK 6203 A TK 6203 B TK 6202 A TK 6202 B TK 6251	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen		30	TK 6201 D, V=32.01 m ³ ED/BMB95	TK 6201 D TK 6201 C TK 6201 B TK 6217 A (na JPP-3A) TK 6217 B (na JPP-3A) TK 6205 (na JPP-3A)	AJP-T14-01 i AJP-T14-02 koji su na spremniku		
10	TK 6202 A, V=1.605 m ³ BMB 95	TK 6202 A TK 6203 A TK 6202 B	AJP-T4-01 i AJP-T4-02 koji su na spremniku		31	TANKVANA BR. 14	TK 6201 D TK 6201 C TK 6201 B TK 6217 A (na JPP-3A) TK 6217 B (na JPP-3A) TK 6205 (na JPP-3A)	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen		
11	TANKVANA BR. 4	TK 6203 A TK 6203 B TK 6202 A TK 6202 B	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen		32	TK 6201 A, V=3.201 m ³ ED/EMB95	TK 6201 A TK 6206 A TK 6201 C TK 6201 E	AJP-T12-01 i AJP-T12-02 koji su na spremniku		
12	TK 6202 B, V=1.605 m ³ BMB 95	TK 6202 B TK 6202 A TK 6203 B	AJP-T5-01 i AJP-T5-02 koji su na spremniku	33	TANKVANA BR. 12	TK 6201 A TK 6206 A TK 6206 E TK 6201 C TK 6201 D	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen			
13	TANKVANA BR. 5	TK 6203 A TK 6203 B TK 6202 A TK 6202 B	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen	Red br.	GORI - GASI SE	HLADI SE	PLAMEN SE DETEKTIRA	JPP		
14	TK 4402 A, V=480 m ³ LUEL / ED	TK 4402 A TK 4401 A TK 4402 B	AJP-T7-01, AJP T7-02 i AJP- T7-03 koji su na stupovima	JP P- 2	34	TK 6201 B, V=1.201 m ³ ED/EMB95	TK 6201 E TK 6201 A TK 6201 D TK 6217 A (na JPP-3A) TK 6217 B (na JPP-3A)	AJP-T13-01 i AJP-T13-02 koji su na spremniku		
15	TK 4402 B, V=480 m ³ LUEL / ED	TK 4402 B TK 4402 A TK 4401 B				35	TANKVANA BR. 13	TK 6201 E TK 6217 A (na JPP-3A) TK 6217 B (na JPP-3A) TK 6205 (na JPP-3A) TK 6201 D TK 6201 C TK 6201 A	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen	JP P- 3
16	TK 4401 B, V=480 m ³ LUEL / ED	TK 4401 B TK 4401 A TK 4402 B				36	TK 6253, V=5.000 m ³ ED/EMB95	TK 6253	AJP-T15-01 i AJP-T15-02 koji su na spremniku	
17	TK 4401 A, V=480 m ³ LUEL / ED	TK 4401 A TK 4402 A TK 4401 B				37	TANKVANA BR. 15	TK 6253	Nema uređaja koji mogu detehtirati plamen	
18	TANKVANA BR. 7	TK 4402 B TK 4402 A TK 4401 A TK 4401 B				38	TK 6217 A, V=1.650 m ³ BMB95	TK 6217 A TK 6201 B (na JPP-3) TK 6217 E	AJP-T16-01 i AJP-T16-02 koji su na spremniku	JP P- 3A
19	TK 6211 A, V=417 m ³ LUEL / ED	TK 6211 A TK 6207 A TK 6211 B	AJP-T8-01, AJP T8-02 i AJP- T8-03 koji su na stupovima		39	TK 6217 B, V=1.650 m ³ BMB95	TK 6217 E TK 6217 A TK 6205	AJP-T16-03 i AJP-T16-04 koji su na spremniku		
20	TK 6211 B, V=417 m ³ LUEL / ED	TK 6211 B TK 6211 A TK 6207 B				40	TK 6205, V=480 m ³ BMB95	TK 6205 TK 6217 E	AJP-T16-05 i AJP-T16-06 koji su na spremniku	
21	TK 6207 A, V=639 m ³ LUEL / ED	TK 6207 A TK 6211 A TK 6211 B TK 6207 B								

Sl. 33. Sekvence gašenja požara [12]

Proглаšenje požara

Izvedba sustava je takva da samo automatski javljači požara koji se nalaze na slikama 33. i 34. mogu pokrenuti automatsku sekvencu gašenja, a to AJP na spremnicima, stupovima oko spremnika te stupovima na autopunilištu i vagon istakalištu. Ostali detektori kao što su ručni javljači požara, detektori plinova i para, dimni javljači u zgradama mogu proglasiti požar, ali ne pokreću nikakvo izvršno djelovanje. Njihova je uloga informativnog karaktera i pomaže vatrogascu u detekciji plamena. Iz sigurnosnih razloga do automatske sekvence dolazi tek kad dva AJP-a istovremeno detektiraju plamen. U slučaju kad je jedan AJP između više njih ispravan (ostali su u kvaru), tada je dovoljno da samo on detektira plamen i započne sekvencu gašenja. Takvi slučajevi su rijetki jer u slučaju kvara javljača odmah se pristupa u otklanjanje istoga ili se javljač zamjeni, no i za to vrijeme može doći do požara te je zato u takvim situacijama dovoljan jedan AJP za pokretanje automatske sekvence.

41	TANKVANA BR. 16	TK 6217 A TK 6217 B TK 6205 TK 6201 B (na JPP-3) TK 6201 D (na JPP-3)	Nema uređaja koji mogu detektirati plamen	
42	TK 6221 A, V=480 m ³ ED/BMB95	TK 6221 A TK 6221 B	AJP-T17-01 i AJP-T17-02 koji su na stupovima	
43	TK 6221 B, V=480 m ³ ED/BMB95	TK 6221 B TK 6221 A		
44	TANKVANA BR. 17	TK 6221 A TK 6221 B TK 6222 A TK 6222 B		
45	TK 6222 A, V=639 m ³ ED/BMB95	TK 6222 A TK 6222 B	AJP-T18-01, AJP-T18-02 i AJP-T18-03 koji su na stupovima	
46	TK 6222 B, V=639 m ³ ED/BMB95	TK 6222 B TK 6222 A		
47	TANKVANA BR. 18	TK 6222 A TK 6222 B TK 6221 A TK 6221 B		
Red br.	GORI - GASI SE	HLADI SE	PLAMEN SE DETEKTIRA	JPP
48	PUNILIŠTE KAMIONSKIH CISTERNI ZONA 1	PUN. KAM. CIST. ZONA 2	AJP-AP-01 do AJP-AP-06 koji su na krovu	JP P- 2
49	PUNILIŠTE KAMIONSKIH CISTERNI ZONA 2	PUN. KAM. CIST. ZONA 1	AJP-AP-07 i AJP-AP-08 koji su na krovu	
50	PRETAKALIŠTE VAGONSKIH CISTERNI ZONA 1	PRE. VAG. CIST. ZONA 2	AJP-VP-01, AJP-VP-02, AJP-VP-05 i AJP-VP-06 koji su na konstrukciji	JP P- 4
51	PRETAKALIŠTE VAGONSKIH CISTERNI ZONA 2	PRE. VAG. CIST. ZONA 1 PRE. VAG. CIST. ZONA 3	AJP-VP-03, AJP-VP-04, AJP-VP-07 i AJP-VP-08 koji su na konstrukciji	
52	PRETAKALIŠTE VAGONSKIH CISTERNI ZONA 3	PRE. VAG. CIST. ZONA 2 PRE. VAG. CIST. ZONA 4	AJP-VP-09 i AJP-VP-10 koji su na konstrukciji	
53	PRETAKALIŠTE VAGONSKIH CISTERNI ZONA 4	PRE. VAG. CIST. ZONA 3	AJP-VP-11 i AJP-VP-12 koji su na konstrukciji	
54	ISTAKALIŠTE KAMIONSKIH CISTERNI ZA BIODIZEL I ETANOL	PUN. KAM. CIST. ZONA 1 SPREMNIK BIOETANOLA SBE-1	AJP-FS2-01 i AJP-FS2-02 koji su na stupovima	JP P- 3
55	SPREMNIK BIOETANOLA SBE-1	ISTAKALIŠTE KAMIONSKIH CISTERNI ZA BIODIZEL I ETANOL	AJP-BDE-01 i AJP-BDE-02 koji su na stupovima	

Sl. 34. Sekvence gašenja požara [12]

Pokretanje sekvence gašenja

Da bi došlo do pokretanja sekvence gašenja sustav mora biti u automatskom ili ručnom načinu rada. Postoji više ručnih sekvenca od automatskih jer su ručne sekvence označene narančastom i žutom bojom spojene u jednu automatsku sekvencu. Glavna razlika između ručno i automatski pokrenute sekvence je u vremenu reakcije. Kod automatske sekvence postoji određeno vrijeme za potvrdu sekvence od strane vatrogasaca, dok kod ručnog pokretanja sekvenci gašenje počinje odmah. Postoje slučajevi gdje i kod automatske sekvence gašenje započinje odmah nakon aktiviranja dva AJP, a to su slučajevi kad je detektiran plamen na autopunilištu i vagon istakalištu. U tim slučajevima sekvenca započinje odmah jer na tom području često borave zaposlenici terminala i sa otklonom opasnosti se započinje odmah te nema opasnosti od lažnog alarma i mogućeg miješanja sredstva za gašenje s medijima u spremniku.

Slučajevi kod kojih se AJP nalaze na samom spremniku, čekanje za potvrdu sekvence gašenja iznosi 60 sekundi. Ukoliko do potvrde ne dođe, sustav sam kreće u predviđene akcije. To su ručne sekvence prikazane na slikama 33. i 34. pod rednim brojem: 6, 8, 10, 12, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 39 i 40. Kada se AJP nalaze na stupovima i pokrivaju više spremnika i tankvana, vrijeme čekanja je duže od prethodnog slučaja i iznosi 180 sekundi. Razlog tome je što u tom slučaju sustav nikako ne može znati na kojem je objektu došlo do požara pa zbog prevencije gasi sve objekte neovisno o tome gdje se plamen nalazi. Vrijeme je duže kako bi vatrogasci mogli iz drugih informacija saznati na kojem je objektu došlo do požara te ručno započeti sekvencu gašenja na požarom zahvaćenom objektu. Ukoliko vatrogasci ne reaguju unutar 180 sekundi, sustav će započeti sekvencu akcije gašenja na svim objektima odnosno započeti će automatsku sekvencu koja sadrži više ručnih sekvenca. Te su ručne sekvence prikazane na slikama 32. i 33.: 1, 2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 42, 43, 44, 45, 46 i 47, odnosno 6 automatskih sekvenca prikazanih na slikama 32. i 33.: sek 1-2-3, sek 4-5, sek 14-18, sek 19-23, sek 42-44, sek 45-47. Ostale sekvence su ručne i ne mogu se pokrenuti automatski jer nisu pokrivene AJP. To su ručne sekvence za tankvane i na slikama 33. i 34.: prikazane su pod redni brojevima: 7, 9, 11, 13, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 41.

Ako se u bilo kojem trenutku zaključi da ne postoji opasnost od požara može se prekinuti automatska sekvenca gašenja prebacivanjem sustava u ručni način rada i resetiranjem sustava kako bi se poništile sve automatske sekvence gašenja požara. Sustav je osmišljen tako da se ne čeka istek vremena za pokretanje automatske sekvence, već da vatrogasac u što kraćem

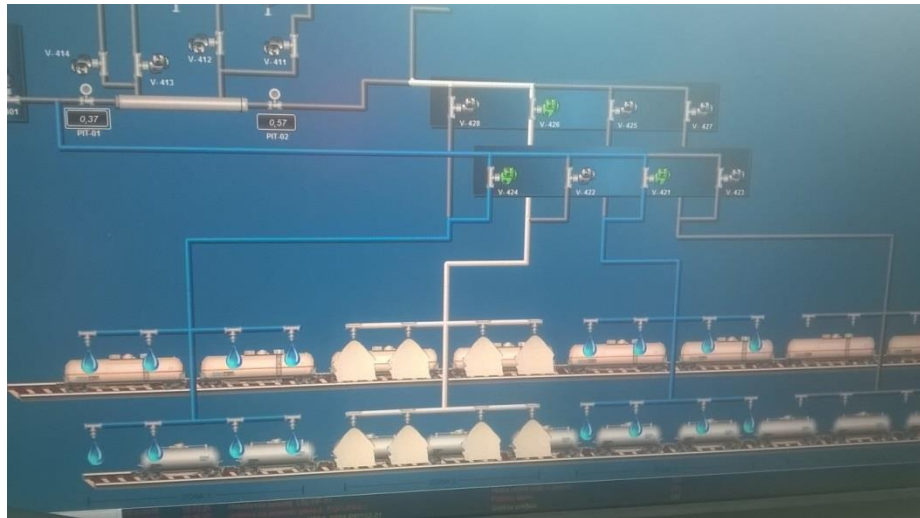
roku napravi još jednu procjenu situacije i pokrene potrebne akcije gašenja na objektima. Sustav mora biti u automatskom načinu rada. U ručnom načinu rada sustav može biti jedino u slučaju kada se potvrđuje i reagira na dojavu plamena odnosno proglašenja požara ili u drugim specifičnim situacijama.

Svrha ručnog načina rada je ubrzavanje reakcije na dojavu plamena, koje mogu biti:

- pokretanje i potvrda ručne sekvence koja je istovjetna automatskoj sekvenci
- potvrda i pokretanje ručne sekvence koja se djelomično razlikuje od automatske
- prekid automatske sekvence na osnovnu drugih informacija koje potvrđuju da je riječ o lažnoj dojavi. [12]

6.2.6.4. SCADA sustav

SCADA sustav (Supervisory Control And Data Acquisition / sustav za nadzor kontrolu i upravljanje podacima) dio je stabilnog sustava za dojavu i gašenje požara. SCADA sustavom ne može se upravljati sekvencama i akcijama gašenja već služi za davanje detaljnih informacija vatrogascima o stanju sustava u bilo kojem trenutku, bilo da se radilo o požaru, ispitivanju sustava ili normalnom radu sustava. U normalnom radu SCADA sustav vatrogascima daje sve potrebne informacije o ispravnosti sustava kao što su: tlak u hidrantskoj mreži, razina vode u spremniku i hidroforskoj posudi, radne i rezervne pumpe, ispravnost javljača požara, ventila i druga električna oprema u sustavu. SCADA sustav od velike je pomoći vatrogascima i kad sustav aktivira požar, daje zvučne signale za nastanak požara, detaljne informacije o mjestu nastanka požara te koji su AJP aktivirale. U procesu gašenja na SCADA sustavu vidljiva je kompletna sekvenca gašenja te na temelju nje vatrogasac može kontrolirati rad svih elemenata koji su aktivni u tom trenutku i u slučaju nepravilnosti obavijestiti zapovjednika ili voditelja smjene da iste pokušaju ukloniti (Slika 35.). [12]



Sl. 35. Prikaz stanja ventila i cjevovoda u trenutku gašenja požara [vlastita fotografija]

7. ZAKLJUČAK

Požari spremnika nafte i naftnih derivata 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.

Vatrodjavni 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.

Nesreće koje su se dogodile u prošlosti mogu nam pomoći u budućnosti, jer na tuđim greškama najbolje se uči. Analizom nesretnih događaja i utvrđivanjem pogrešaka moguće je ukloniti eventualno prisutne nedostatke. Također, svatko od nas može svojim svjesnim ponašanjem povećati sigurnost i smanjiti mogućnost nastanka požara.

8. LITERATURA

- [1] **Grupa autora:** *Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika*, Hrvatska vatrogasna zajednica, Vjesnik d.d., Zagreb, (2006.), ISBN 953-6385-16-3.
- [2] **Carević M., Jukić P., Kaštelanac Z., Sertić Z.:** *Tehnički priručnik za zaštitu od požara*, Grafo-Amadeus d.o.o., Zagreb, (1997.), ISBN 953-97239-0-6.
- [3] **Šmejkal Z.:** *Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara*, Savez kemičara i tehnologa Hrvatska; Kemija u industriji, Zagreb, (1991.), ISBN 89-80907-11-1.
- [4] **Gulan I.:** *Protupožarna tehnološka preventiva*, Biblioteka Nading, Zagreb, (1997.), ISBN 953-96015-4-1.
- [5] **Knežević, D.:** *Požari na spremnicima tekućih naftnih prerađevina*, *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, **6**(1), (2016.), 5-11.
- [6] **Zhou Y., Zhao X., Zhao J., Chen D.:** *Research on Fire and Explosion Accidents of Oil Depots*, *Chemical Engineering Transactions*, **51** (2016.), 163-168.
- [7] **Atherton W., Ash J. W.:** *Review of failures, causes & consequences in the bulk storage industry*, *Proceedings of Second Annual Liverpool Conference in Bulleting* (2007.) pp. 7. https://www.researchgate.net/profile/W_Atherton/publication/237477019_REVIEW_OF_FAILURES_CAUSES_CONSEQUENCES_IN_THE_BULK_STORAGE_INDUSTRY/links/5487970f0cf289302e2edd96/REVIEW-OF-FAILURES-CAUSES-CONSEQUENCES-IN-THE-BULK-STORAGE-INDUSTRY.pdf, pristupljeno 05.09.2018.
- [8] **Mannan, M. S.:** *A technical analysis of the Buncefield explosion and fire*, *Hazards XXI*, Institution of Chemical Engineers, Manchester, (2009.), 662-673.
- [9] *The Buncefield Incident 11 December 2005: The final report of the Major Incident Investigation Bord*, **1**, (2008.), ISBN 978-0-7176-6270-8.
- [10] **Chang, J. I., & Lin, C. C.:** *A study of storage tank accidents*, *Journal of loss prevention in the process industries*, **19**(1), (2006.), 51-59.
- [11] **Janaf**, <http://www.janaf.hr/naslovnica/>, pristupljeno 05.09.2018.

- [12] *Upute za rukovanje i održavanje sustava za zaštitu od požara (sustava za gašenje i hlađenje) na terminalu Janaf Žitnjak*, Top projekt d.o.o., Zagreb, (2014.).
- [13] *Priručnik (radna verzija); Operatorski paneli (OP paneli)*, Nabla plus, Zagreb, (2013.).
- [14] **Aling d.o.o. protupožarni i sigurnosni sustavi**, <http://www.aling.hr/clanak/66/sustavi-sa-pjenom>, pristupljeno 05.09.2018.
- [15] **Sigurnost d.o.o.**, <http://www.sigurnost-nis.co.rs/stabilne-instalacije-za-gašenje-pozara-splinkleri-drenceri-servis-kontrola-redovno-odrzavanje.html>, pristupljeno 05.09.2018.
- [16] **Abeceda zaštita**, <https://www.zastita.eu/strucni-clanci/unutarnja-i-vanjska-hidrantska-mreza-147>, pristupljeno 05.09.2018.
- [17] **Automatske i protupožarne instalacije**, <http://apin.hr/>, pristupljeno 06.09.2018.

9. PRILOZI

9.1. Popis slika

Naziv slike	Broj stranice
Sl. 1. „Požarni trokut“	2
Sl. 2. Mokri sprinkler sustavi-dijelovi	12
Sl. 3. Temperatura aktiviranja sprinkler mlaznica	13
Sl. 4. Kombinirani sprinkler sustav	13
Sl. 5. Stabilni sustav sa predalarmom	14
Sl. 6. Prikaz drencher stabilnog sustava	15
Sl. 7. Prikaz spremnika vode sa bunjenjem iz bunara i hidrantske mreže	16
Sl. 8. Stabilni sustavi za gašenje požara ugljičnim dioksidom	19
Sl. 9. Unutarnji ormarić hidrantske mreže	21
Sl. 10. Spremnik sa čvrstim krovom	23
Sl. 11. Spremnik s plivajućim krovom	24
Sl. 12. Spremnik s nepomični i plutajućim krovom	24
Sl. 13. Stabilna instalacija za hlađenje spremnika raspršenom vodom	27
Sl. 14. Stabilna instalacija za gašenje požara spremnika zračnom pjenu kod čvrstog krova	27
Sl. 15. Ubacivanje pjene odozgo na spremniku s plivajućim krovom	28
Sl. 16. Shema sustava za ubacivanje pjene s dna	28
Sl. 17. Požar na brtvenom dijelu	29
Sl. 18. Broj nesreća u Kini	32
Sl. 19. Ostaci terminala nakon požara	34
Sl. 20. Skladišni prostor terminala Žitnjak	36
Sl. 21. Nadzemni spremnik vode	39
Sl. 22. Hidroforska posuda i pumpe	40
Sl. 23. Dizel pumpe	41
Sl. 24. Jedinica za pripremu pjene	42
Sl. 25. Zračna komora za tešku pjenu	43
Sl. 26. Upravljačke komande ventila	44
Sl. 27. Operativni panel JPP-1	45

Sl. 28. Izgled uključenih i isključenih lampica	45
Sl. 29. Izgled OP panela s aktivnim prozorom upozorenja detekcije plamena	47
Sl. 30. Izgled OP panela s aktivnim upozorenjem dozvoljenih akcija	47
Sl. 31. izgled OP s aktivnim prozorom upozorenja ventila u liniji pripreme pjene	48
Sl. 32. Izgled upravljačkog ormara	49
Sl. 33. Sekvence gašenja požara	52
Sl. 34. Sekvence gašenja požara	53
Sl. 35. Prikaz stanja ventila i cjevovoda u trenutku gašenja požara	56

9.2. Popis tablica

Naziv tablice	Broj stranice
Tab. 1. Brzina gorenja određenih tekućina za velike spremnike	4
Tab. 2. Vrijednost temperature plamišta i samozapaljenja za određene tekućine	5
Tab. 3. Učinci gašenja i sredstva s kojima se ona ostvaruju	6
Tab. 4. Broj žrtava	32
Tab. 5. Mjesta nesreće	33
Tab. 6. Prikaz broja nesreće po kontinentima	34
Tab. 7. Vrste kompleksa u kojima su se dogodile nesreće.	35
Tab. 8. Ustrojstvo vatrogasne postrojbe Žitnjak	38

9.3. Popis simbola (korištenih kratica)

Kratice	Značenje kratica
CO ₂	Ugljikov dioksid
m ³	Metar kubni
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition / sustav za nadzor, kontrolu i

	upravljanje podacima
°C	Celzijev stupanj
Q	Protok
H	Visina
P	Snaga
kW	Kilovat
JPP	Jedinica za pripremu pjene
AJP	Automatski javljač požara