

STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE I HLAĐENJE SPREMNIKA SIROVE NAFTE

Petrović, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

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:128:605183>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



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 prijediplomski studij Sigurnost i zaštita

Ivan Petrović

**STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE I
HLAĐENJE SPREMNIKA SIROVE
NAFTE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2025.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Ivan Petrović

**STABLE SYSTEM FOR FIRE
EXTINGUISHING AND COOLING OF
CRUDE OIL TANKS**

Final paper

Karlovac, 2025

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni prijediplomski studij Sigurnost i zaštita

Ivan Petrović

**STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE I
HLAĐENJE SPREMNIKA SIROVE
NAFTE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Lidija Jakšić, pred.

Karlovac, 2025.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni prijediplomski studij: SIGURNOST I ZAŠTITA

Usmjerenje: ZAŠTITA OD POŽARA

Karlovac, 2025.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Ivan Petrović

Matični broj: 0248081119

Naslov: STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE I HLAĐENJE SPREMNIKA SIROVE NAFTE

Opis zadatka:

U ovom zadatku će biti opisan stabilni sustav sa hlađenje i gašenje spremnika sirove nafte, glavni dijelovi sustava, opis glavnih dijelova, proračun potrebnih mlaznica za vodu po spremniku, broj komora za pjenu na svakom spremniku kao i ispitivanje sustava.

Zadatak zadan:
Studeni, 2024.

Rok predaje rada:
Veljača, 2025.

Predviđeni datum obrane:
Ožujak, 2025.

Mentor:
Lidija Jakšić, pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:
dr. sc. Zvonimir Matusinović, prof. struč. stud.

PREDGOVOR

Od srca se zahvaljujem mojoj obitelji koja je bila cijelo vrijeme uz mene i koja mi je pružala podršku u svakom trenutku te me motivirala da izdržim do samoga kraja. Zahvaljujem se mojim kolegama i kolegicama na poslu koji su mi također bili podrška od samog početka kao i Upravitelju terminala Virje na motivaciji i pristupu materijalima potrebnim za izradu ovog završnog rada. Hvala i Robertu Hraniloviću na prihvaćenom mentorstvu za ovaj rad te veliko hvala Lidiji Jakšić, pred., na prihvaćenom mentorstvu te na stručnoj pomoći i svesrdnoj podršci prilikom pisanja ovog rada kao i svim profesorima koji su nam predavali na Veleučilištu. Na kraju hvala i mojim kolegama s kojima sam boravio i pohađao ove godine obrazovanja. Sve će ovo biti jedna lijepa uspomena i motiv za dalje.

SAŽETAK

U ovom radu će biti opisan stabilni sustav sa hlađenje i gašenje spremnika sirove nafte, glavni dijelovi sustava, opis glavnih dijelova, proračun potrebnih mlaznica za vodu po spremniku, broj komora za pjenu na svakom spremniku kao i ispitivanje sustava. Opisat će se tijek ispitivanja sustava, periodika ispitivanja, parametri koji se gledaju kao i eventualni prijedlozi poboljšanja.

Ključne riječi: spremnik, hlađenje, gašenje, pjena, voda, ispitivanje, sustav.

ABSTRACT

This paper will describe a stable crude oil tank cooling and fire extinguishing system, the main parts of the system, a description of the main parts, the calculation of the required water nozzles per tank, the number of foam chambers on each tank, as well as system testing. The course of the system test, the periodicity of the test, the parameters that are looked at, as well as possible suggestions for improvement, will be described.

Key words: tank, cooling, fire extinguishing, foam, water, testing, system.

Sadržaj

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK	III
ABSTRACT	III
1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj rada	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	2
2. STABILNI SUSTAV	3
2.1. Spremnici sirove nafte.....	3
2.2. Stabilni sustav za gašenje i hlađenje spremnika.....	6
2.2.1. Izvor vode.....	7
2.2.2. Pumpe za vodu	9
2.2.4. Sustav za dobivanje pjene	13
3. AKTIVIRANJE SUSTAVA	25
4. ISPITIVANJE SUSTAVA ZA GAŠENJE I HLAĐENJE	27
5. ZAKLJUČAK	29
6. LITERATURA	30
7. PRILOZI	31
7.1. Popis slika	31
7.2. Popis tablica	31

1. UVOD

Zaštita od požara u Republici Hrvatskoj od posebnog je interesa kao neizostavna mjera zaštite ljudi i okoliša. Svaka pravna i fizička osoba dužna je djelovati na način koji neće izazvati požar, te je odgovorna za neprovođenje mjera zaštite od požara, njegovo izazivanje, ali i za posljedice koje iz toga proizlaze. Korisnici građevina, ali i drugih nekretnina, te njezini vlasnici, obvezni su poduzimati mjere za smanjenje od nastanka i širenja požara, što između ostalog podrazumijeva i posjedovanje stabilnih sustava za zaštitu od požara [1]. Općenito, požar je svako nekontrolirano gorenje, a gorenje je proces vezivanja gorive tvari s kisikom. Protupožarnu zaštitu definiramo kao skup mjera i postupaka koji se poduzimaju u svrhu sprečavanja nastanka i širenja požara, otkrivanja i gašenja požara te pružanje pomoći pri uklanjanju posljedica uzrokovanih požarom. Pravovremenom reakcijom može se spriječiti nastanak većih posljedica i materijalne štete uz posjedovanje adekvatnih sredstava za gašenje. Stabilni sustavi su sustavi koji se instaliraju tamo gdje je povećana opasnost od požara kao što su trgovački centri, spremnici sa zapaljivim tekućinama, kuhinje u hotelima i slični veliki objekti.

U ovom radu ćemo opisati stabilni sustav za gašenje pjenom i hlađenje vodom spremnika sirove nafte. Bit će obuhvaćen spremnik od 20000 m³ i dva spremnika sa po 10000 m³. Opisat će se glavni dijelovi sustava, sredstva za gašenje i hlađenje kao i postupak ispitivanja navedene instalacije. Rad se sastoji od uvodnog dijela, teorijskog dijela u kojem će biti opisan svaki dio sustava zasebno, načina ispitivanja sustava te zaključnog dijela u kojem je izražena završna misao o cjelokupnom sustavu.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada je opis rada stabilnog sustava za gašenje i hlađenje na spremnicima sirove nafte sa plivajućim krovom, postupak ispitivanja sustava od strane ovlaštenih ispitivača te otklanjanje eventualnih nedostataka utvrđenih tijekom ispitivanja.

Cilj rada je detaljni uvid u stabilne sustave te njihova funkcija u protupožarnoj zaštiti kao i važnost održavanja sustava u funkcionalnom stanju te kontinuirani rad sa istim kako ne bi došlo do neželjenih situacija u stvarnoj potrebi za istim sustavom.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Tijekom pisanja je korištena domaća i strana stručna literatura te zakoni i pravilnici Republike Hrvatske. Literatura je pretraživana na webu po ključnim riječima. Od ostalih materijala korišteni su interni Akti Jadranskog naftovoda (terminal Virje) kao i slike stabilnog sustava koje su korištene tako da ne narušavaju integritet samog sustava. Sva literatura je korištena na prihvatljiv način za pisanje završnog rada.

2. STABILNI SUSTAV

Prilikom gradnje svake građevine pa tako i u ovom slučaju potrebno je osmisliti i pravilno konstruirati funkcionalan sustav zaštite od požara. Sustav za gašenje požara je skup funkcionalno povezanih elemenata koji se koriste za gašenje požara. Stabilni sustavi su oni sustavi koji su konstruirani za gašenje požara u ranoj fazi. S obzirom na to da je sirova nafta lakozapaljiva tekućina, rizik od požara prisutan je u svim fazama njezinog skladištenja i prerade. Prednosti stabilnih sustava u današnje vrijeme su takvi da može djelovati bez ljudskog faktora odnosno uključivanje je automatski na pojavu dima ili plamena. Postoje različite vrste stabilnih sustava kao što su:

- sprinkler sustav,
- vodena magla,
- drencher sustav,
- sustavi sa pjenom,
- hidrantske mreže,
- CO₂ sustavi,
- NOVEC 1230,
- sustavi za gašenje iskre,
- sustavi za zaštitu kuhinja.

Kod spremnika sirove nafte kao najefikasniji protupožarni sustav se pokazao Drencher sustav za gašenje i hlađenje.

2.1.Spremnici sirove nafte

Sirova nafta je lakozapaljiva smjesa tekućih ugljikovodika koja se dobiva crpljenjem iz bušotina. Njezina gustoća iznosi oko 850 kg/m³ što je čini lakšom od vode pa zbog toga pliva po njezinoj površini. Preradom sirove nafte se dobivaju dizelsko gorivo, motorni benzin, kerozin, ukapljeni naftni plin, plinsko ulje, bitumen. Sirova nafta se cjevovodima transportira do spremnika u kojima se skladišti dok ne krene na preradu ili se direktno transportira u rafinerije na preradu. Kod gorenja nafta prvo isparava te njezine pare gore nad površinom. Spremnici sirove nafte su važni zbog izgaranja para zapaljive tekućine

prilikom požara, a sve zbog stabilnosti samoga plašta spremnika. Spremnici sirove nafte se mogu raditi u sljedećim kombinacijama:

- spremnici s fiksnim krovom,
- spremnici s pokrivenim plivajućim krovom,
- spremnici s nepokrivenim plivajućim krovom.

U ovom radu bit će riječi o spremnicima s nepokrivenim plivajućim krovom. To su vertikalni spremnici (Slika 1., Slika 2.) zapremnine od 10000 m³ do 80000 m³.



Slika 1. Spremnik sirove nafte [3]



Slika 2. Spremnici sirove nafte s plivajućim krovom [3]

Spremnik za sirovu naftu napravljen je od čeličnog plašta debljine oko 2 cm, ima na sebi ugrađen otvor za ulaz ljudi unutar spremnika, glavne stepenice i pomoćne stepenice. S vanjske strane spremnika je instalacija za hlađenje plašta spremnika vodom, a na vrhu spremnika su ugrađene komore za ubacivanje pjene na krov spremnika. Sami krov je čelični koji oko ruba krova ima ugrađenu gumu koja klizi po plaštu spremnika kako se spremnik puni ili prazni. Guma je ugrađena iz razloga da ne bi došlo do trenja metala o metal te kao posljedica toga iskrenje i zapaljenje nafte. Na krovu spremnika su pomične ljestve koje se pomiču zajedno sa visinom krova. Također, na krovu postoje i metalne noge koje se spuštaju u donji položaj kako bi krov ostao u zraku bez obzira ako je spremnik prazan. Tu je još ugrađeno i daljinski očitavanje visine krova kao i sklopke koje pokazuju visok ili nizak nivo nafte u spremniku. Oko samog spremnika je izvedena betonska tankvana koji služi da zadrži eventualno curenje nafte iz spremnika da ista ne

ode u okolni teren i tako uzrokuje ekološko zagađenje. Na dnu spremnika su postavljeni ventili za punjenje i pražnjenje spremnika kojima se daljinski upravlja iz kontrolnog centra. U nastavku (Slika 3.) su prikazane karakteristike spremnika za sirovu naftu čiji sustav za gašenje i hlađenje će biti prikazani u ovom radu.

REZERVOARI								PRODUKT		
OZNAKA REZERV.	TIP KROVA	VOLUMEN (m ³)	PROMJER (Ø m)	VISINA (m)	POVRŠINA PLAŠTA (m ²)	POVRŠINA KROVA (m ²)	POVRŠINA KROV. PRST. (m ²)	VRSTA PRODUKTA	GRUPA PALJENJA	TEMP. USKLADIŠT.
A-4501	PLIVAJ.	20.000	42.672	16.52	2213.5	1430	79.3	SIROVA NAFTA		
A-4502	PLIVAJ.	10.000	30.48	14.40	1375.2	130	56.3	SIROVA NAFTA		
A-4503	PLIVAJ.	10.000	30.48	14.40	1375.2	130	56.3	SIROVA NAFTA		

Slika 3. Karakteristike spremnika za sirovu naftu [3]

2.2. Stabilni sustav za gašenje i hlađenje spremnika

Stabilni sustav koji se koristi za gašenje i hlađenje spremnika sirove nafte naziva se još i „Drencher“ sustav. To je sustav koji je napravljen u situacijama kada je omogućeno brzo širenje požara, a glavni cilj mu je gašenje požara i usporavanje samog širenja požara. Koristi se za hlađenje vanjskog plašta spremnika tekućina s niskim plamištem kao i za gašenje postrojenja. Osnovna razlika u osnovu na sprinkler sustav je ta da su mlaznice na kraju cjevovoda otvorene, odnosno nemaju toplinski osjetljiv element za aktivaciju kao sprinkler sustavi. Ovaj sustav se može aktivirati i ručno za razliku od sprinklera koji je automatski [2].

Neke od prednosti ovog sustava su:

- gašenje požara na velikim površinama,
- dobro sprečavanje širenja požara,
- mogućnost prilagodbe na različite vrste opasnosti.

Neki nedostaci:

- potreban mu je stabilan izvor vode i brzo punjenje izvora vode,
- velika potrošnja vode,
- moguća šteta na objektima zbog velike količine potrošene vode.

Osnovni dijelovi sustava:

- izvor vode,
- pumpe,
- ventili,
- cjevovodi,
- spremnik za pjenilo,
- mješač pjenila i vode,
- mlaznice za vodu,
- komore za pjenu.

2.2.1. Izvor vode

Izvori vode za sustave gašenja moraju osiguravati dovoljnu opskrbu vode pod određenim tlakom kako bi sustav bio učinkovit. Za izračun potrebne količine vode za gašenje i hlađenje spremnika uzima se najnepovoljnija situacija do koje može doći te sustav mora funkcionirati u trajanju od 2 (dva) sata neprekidnog gašenja.

Izvor vode za ovakve sustave gašenja mogu biti:

- prirodni izvor,
- hidrantska mreža,
- spremnik za vodu.

Spremnik za vodu:

- Posebni spremnici koji se koriste isključivo za gašenje požara, a mogu biti nadzemni i podzemni.
- Prednost im je da ne ovise o javnoj vodovodnoj mreži nego kad se napune voda u njima je dostatna za potrebe gašenja.
- Nedostatak im je prostor za smještaj i samo održavanje instalacija.

Hidrantska mreža:

- Sustav koji je povezan mrežom cjevovoda i služi kao krajnja točka za preuzimanje vode. Mogu biti dio javnog vodovoda ili zasebni sustav.
- Prednost im je da su lako dostupni i lako se ručno aktiviraju.
- Nedostatak je da su ovisni o tlaku mreže koja je često nedovoljna za gašenje na visinama i o samom kapacitetu sustava.

Prirodni izvori vode:

- jezera, rijeke, bazeni (Slika 4.),
- velika količina dostupne vode što je idealno za dugotrajno gašenje požara,
- vlastiti bunar preko kojeg se bazeni pune (Slika 5.),
- nedostatak je u tome što je potrebna crpka velikog kapaciteta za punjenje bazena, ali koja istodobno može i nadopunjavati bazen prilikom trošenja vode iz njega,
- voda može sadržavati nečistoće koje mogu začepiti mlaznice za hlađenje.



Slika 4. Bazen za protupožarnu vodu [3]



Slika 5. Punjenje bazena vodom [3]

2.2.2. Pumpe za vodu

Pumpe za vodu su ključni element u cijelom sustavu gašenja i hlađenja. Svaki od sustava ima svoje zasebne pumpe koje ne ovise jedna o drugoj. I sustav gašenja i sustav hlađenja treba imati glavnu i pomoćnu pumpu s tim da pomoćne pumpe bi trebali imati zaseban izvor pokretanja tj. napajanja električnom energijom. Pumpe moraju biti dovoljnog kapaciteta da omoguće dovoljan protok vode do krajnjih točaka sustava.

Neke od karakteristika koje pumpa mora zadovoljavati:

- Visoki tlak – mora osigurati dovoljan tlak u svakom dijelu cjevovoda bez obzira na udaljenost.
- Kapacitet – pumpa mora biti konstruirana da opskrbljuje cijeli sustav sa potrebnom količinom vode
- Pouzdanost – pumpa mora biti pouzdana da se može uključiti u svakom trenutku bez obzira da li je to ručno ili automatski.

Za takve sustave se obično koriste centrifugalne pumpe zato jer je potrebna opskrba velikom količinom vode. Na Slici 6. prikazane su neke od karakteristika koje pumpe moraju imati. Na Slici 7. prikazana je električna pumpa za vodu.

PUMPE	P-4301	DP-4302	P-4303
NAMJENA	HIDROFORSKA	PROTUPOŽARNA	PROTUPOŽARNA
TIP	HORIZ.. EL. MOT.	VERT. DIES. MOT.	VERT. EL. MOT.
PROTOK (m ³ /h)	18 - 37.8	680	680
RADNI TLAK (bar)	7.3 - 4.7	10	10
RADNA TEMP. (°C)	5 - 20	5 - 20	5 - 20
NOMIN. SNAGA (kw)	11	340	250

Slika 6. Karakteristike pumpe [3]



Slika 7. Električna pumpa za vodu [3]

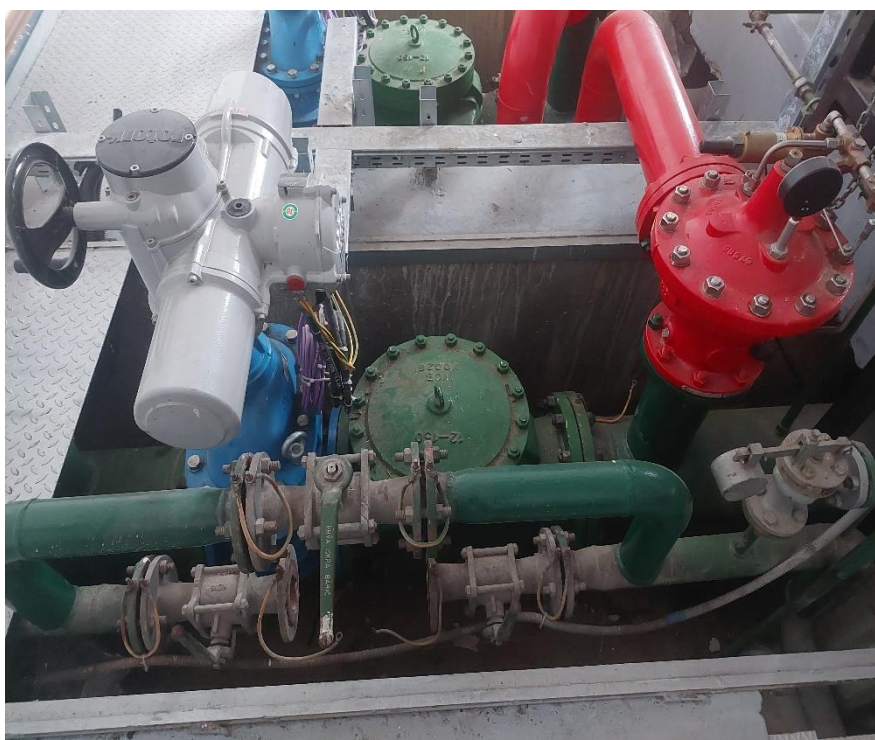
U slučaju nestanka električne energije ili kvara na pumpi mora postojati pomoćna pumpa koje se u tom trenutku uključuje u sustav. Ta pomoćna pumpa (Slika 8.) mora imati iste karakteristike kao i glavna pumpa. U ovoj situaciji ta pomoćna pumpa je brodski motor na diesel pogon koji ima svoje neovisne izvore za rad. Ima svoj spremnik sa diesel gorivom, spremnik vode za hlađenje motora, kompresor za zrak (Slika 9.) koji mu služi za startanje motora. Također ima svoj neovisni izvor napajanja električnom energijom, u ovom slučaju to su akumulatorske baterije. Svaka od tih pumpi ima svoj vlastiti tlačni cjevovod (Slika 10.) preko kojeg se vrši opskrba sustava vodom potrebnom za gašenje ili hlađenje. Za pravilan rad pumpi potrebna je redovita kontrola stanja ispravnosti i povremena funkcionalna provjera rada sustava.



Slika 8. Pomoćna pumpa za vodu na diesel pogon [3]



Slika 9. Kompresor za zrak[3]



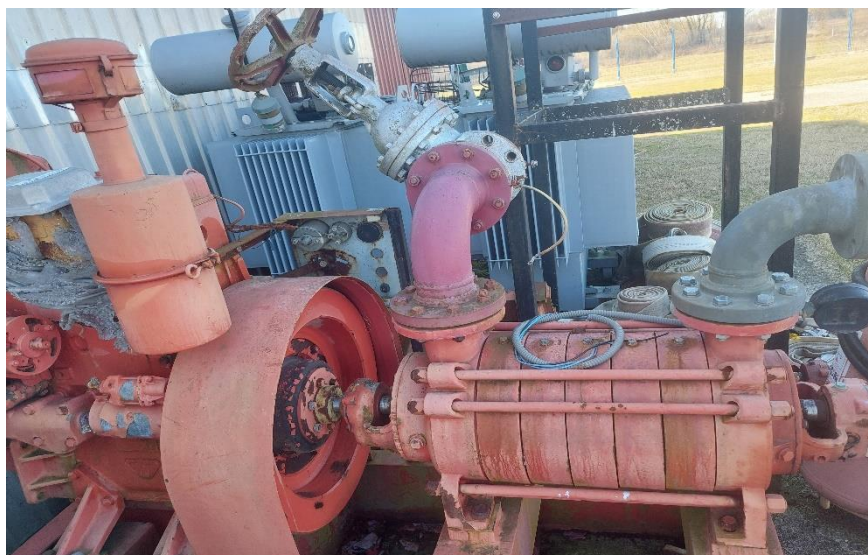
Slika 10. Tlačni cjevovod iza pumpi [3]

2.2.3. Pumpe za pjenilo

Kao što je već spomenuto kod pumpi za vodu, sustav za pjenilo također mora imati pumpe za pjenilo koje mješavinu pjenila i vode tlače preko cjevovoda do samoga krova spremnika. Sustav za gašenje je odvojen od sustava za hlađenje osim u dijelu gdje voda ulazi u mješač otopine vode i pjenila pa se dalje distribuira cjevovodom za gašenje. Najčešće se koriste centrifugalne pumpe kao i za vodu. Moraju biti dovoljnog kapaciteta da pod određenim tlakom i savladavajući potrebne visine isporuče kvalitetnu mješavinu vode i pjenila do mjesta gašenja. Pumpe za pjenilo kao i kod vode moraju biti neovisne jedna o drugoj i također kao pogon koriste električnu energiju i diesel gorivo. Na Slici 11. prikazana je pumpa za pjenilo na diesel pogon.

Neke od karakteristika prikazane pumpe su:

- Tip - KV 25 – 8/6
- Protok – 29 m³/h
- Tlak – 12 bara



Slika 11. Diesel pumpa za pjenilo [3]

2.2.4. Sustav za dobivanje pjene

Sustav za dobivanje pjene se sastoji od:

- spremnik za pjenilo,

- mješač vode i pjenila,
- pjenilo,
- komore za pjenu,
- pumpe za pjenilo.

2.2.4.1. Spremnik za pjenilo

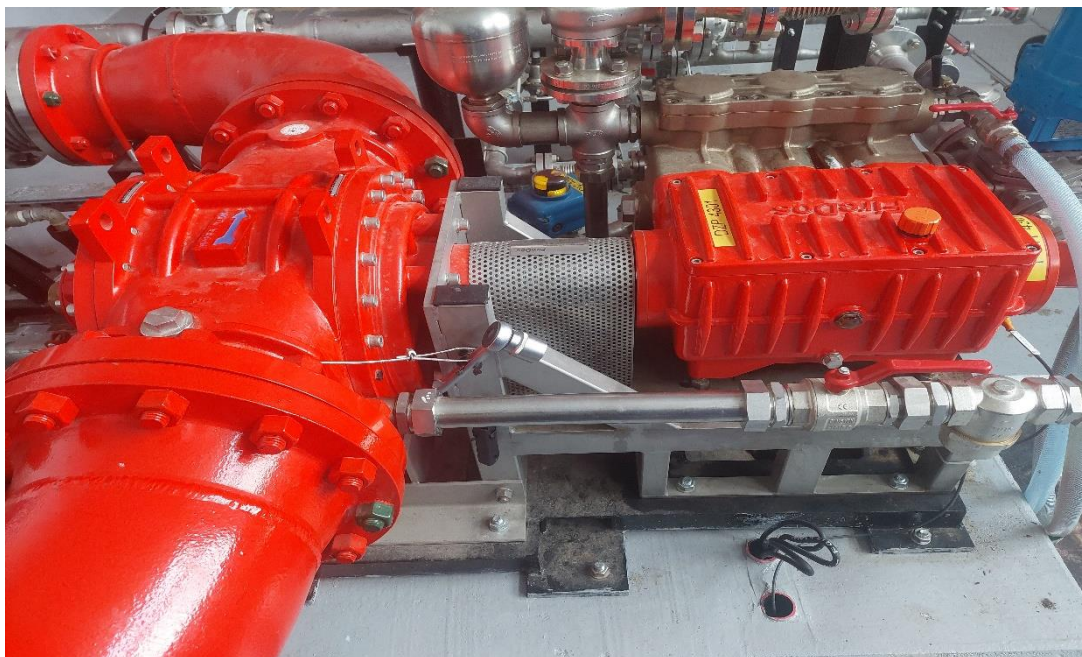
Spremnici za pjenilo (Slika 12.) se koriste za skladištenje pjenila koje se u određenim koncentracijama distribuira u sustav gdje se miješa sa vodom te uz miješanje sa zrakom daje određenu koncentraciju pjene potrebnu za gašenje. Spremnici se konstruiraju tako da mogu imati kapacitet pjenila za najmanje dva sata neprekidnog gašenja požara u najnepovoljnijim uvjetima nastanka požara. Materijali od kojih se izrađuju je pretežno čelik koji može s unutarnje strane spremnika biti obložen materijalima koji su otporni na nagrizanje pjenila. Spremnici su povezani sa sustavom ga gašenje cjevovodima gdje pjenilo prvo dolazi na usisnu stranu pumpe koja ga dalje distribuira prema miješalici vode i pjenila te dalje u sustav. Sami spremnici bi trebali biti smješteni u prostore gdje ne postoji mogućnost smrzavanja zbog toga što pjenilo koje se nalazi u njima gubi određena svojstva na niskim temperaturama. Održavanje spremnika se treba provoditi prema unaprijed definiranom planu održavanja zbog toga što su pjenila agresivna te nagrizaju stijenka spremnika. Redovito održavanje uključuje provjeru razine pjenila, testiranje sustava za miješanje s vodom, a u današnje vrijeme se ugrađuju sustavi koji daljinski očitavaju razinu stanja pjenila u spremniku.



Slika 12. Spremnik za pjenilo [3]

2.2.4.2. Mješač vode i pjenila

Mješač vode i pjenila (Slika 13.) služi da u određenim omjerima pravi mješavinu koja će uz prisustvo zraka stvoriti kvalitetnu pjenu koja je potrebna kako bi se krov spremnika što kvalitetnije i brže prekrilo pjenom te tako ugasio nastali požar sa što manjom štetom. Mješači omogućuju kontroliranje omjera same mješavine bilo da se to radi ručno ili automatski. Sami princip rada je da voda dolazi s jedne strane izvora u mješač, a s druge strane povlači pjenilo (Slika 14.) sa podtlakom te u mješaču dolazi do miješanja vode i pjenila. Takva mješavina odlazi dalje cjevovodom u sustav do potrebnog spremnika. Što se tiče samog održavanja, ono uključuje ispiranje sustava od ostataka pjenila te funkcionalnu provjeru samog sustava.



Slika 13. Mješač vode i pjenila [3]



Slika 14. Ulaz vode i pjenila u mješač [3]

2.2.4.3. Pjenilo

Pjenilo za gašenje požara je smjesa koja u kombinaciji sa vodom i zrakom stvara pjenu koja se koristi ponajviše za gašenje požara zapaljivih tekućina (Klasa B) te se jednim dijelom koristi i za požare krutih tvari (Klasa A) gdje učinkovito gasi drvo, papir i plastiku pošto se lijepi za gornji sloj krutine i tako sprečava dotok kisika i daljnje gorenje. Kod gašenja zapaljivih tekućina pjena djeluje tako da pokrije površinu tekućine i tako sprečava kontakt s kisikom i zaustavlja gorenje. Drugi učinak je da hladi materijal ispod pjene jer u sebi sadrži i vodu te time smanjuje temperaturu i sprečava ponovno paljenje. Još jedan učinak je da sprečava isparavanje zapaljene tekućine te tako onemogućava ponovno gorenje. Postoje različite vrste pjenila ovisno o svojstvima od čega su napravljena.

Bit će spomenute neke od njih:

- Sintetička pjenila – napravljena su od kemijskih spojeva, nekih vrsta deterdženta te stvaraju pjenasti sloj. Sintetička pjenila stvaraju tanki sloj pjene te tako sprečavaju isparavanje te hlade tekućinu.
- Alkoholna pjenila – pjenila na bazi alkohola koja se koriste za gašenja požara tekućina na bazi alkohola.
- Fluoroproteinska pjenila – napravljena o tvari na bazi fluora i proteina. Koriste se za požare tekućina tako što stvaraju film na površini tekućine i tako smanjuju površinsku napetost vode.
- Proteinska pjenila – napravljena od tvari životinjskog podrijetla. Mogu se prepoznati po specifičnom mirisu. Koriste se za gašenje požara zapaljivih tekućina, posebice nafte tako što stvara film na površini tekućine i tako sprečava isparavanje. Pjena se dugo zadržava na površini tekućine ta tako sprečava ponovno zapaljenje.
- Pjena koja stvara vodeni film (AFFF) – sadrži tvari koje smanjuju površinsku napetost između vode i zapaljivih tekućina. Najčešće se koristi za gašenje požara zapaljivih tekućina poput nafte gdje stvara film na površini tekućine i tako sprečava isparavanje i blokira kisik. Efikasna je i zbog svoje sposobnosti da brzo prekriva površine koje gore.

U današnje vrijeme zbog sve većeg utjecaja fluora na zagađenje okoliša pristupa se razvoju pjenila koja u sebi ne sadrže fluor te je težnja da u budućnosti sva pjenila budu

bez fluora. U sljedećoj tablici (Tablica 1.) navedene su karakteristike jednog pjenila bez fluora koje se trenutno koristi za gašenje spremnika obrađenih u ovom radu.

Tablica 1. Karakteristike pjenila bez fluora [3]

Tipična fizikalno-kemijska svojstva		
Izgled		svjetložuta
Specifična težina na 20°C (68°F)		1,01 – 1,05
pH @ 20°C (68°F)		7,5 – 8,5
Viskoznost na 20°C (68°F)	cP	nenjutnovska
Najveća stalna skladištenja	°C (°F)	49 (120)
Najveća povremena temperatura skladištenja	°C (°F)	60 (140)
Ledište	°C (°F)	-9 (15,8)
Efekt smrzavanja/odmrzavanja		nema gubitka učinka
Najniža uporabna temperatura	°C (°F)	-8 (17,6)

Uz sve prednosti koje daje pjena u gašenju požara zapaljivih tekućina postoje i određeni nedostaci od kojih je najveći zagađenje okoliša jer sadrži kemikalije koje mogu doći do vodotoka i tako prouzročiti ekološku katastrofu. Ne može se koristiti za gašenje električnih uređaja jer u sebi sadrži i vodu.

Pjena koja se dobije miješanih pjenila u određenom omjeru (omjeri se kreću od 1 – 6 % pjenila) sa vodom i zrakom ima tri vrste ekspanzije:

- Pjena niske ekspanzije (teška pjena) – pjena čiji se omjer ekspanzije nalazi u rasponu od 2:1 do 20:1.
- Pjena srednje ekspanzije (srednja pjena) – pjena čiji se omjer ekspanzije nalazi u rasponu od 20:1 do 200:1.
- Pjena visoke ekspanzije (laka pjena) – pjena čiji se omjer ekspanzije nalazi u rasponu od 200:1 do 1000:1.

Ekspanzija se definira kao omjer volumena gotove pjene u odnosu na volumen otopine pjene što će reći da omjer 20:1 znači da je iz 100 litara otopine pjene dobiveno 2000 litara gotove pjene [4].

2.2.4.4. Komore za pjenu

Komore za pjenu (Slika 15.) služe da bi u što kraćem vremenu bilo moguće prekriti površinu zapaljive tekućine pjenom za gašenje. Na spremnicima sirove nafte se postavljaju iznad spremnika i raspoređene su tako da ravnomjerno pokrivaju cijelu površinu. Na samoj komori su ugrađeni otvori za zrak (Slika 16.) koji su potrebni da bi se dobila pjena za gašenje. Do same komore dolazi mješavina vode i pjenila te se na komori kroz rupice uvlači zrak koji onda stvara pjenu određene ekspanzije ovisno o postotku miješanja. Tako dobivena pjena se kroz otvore (Slika 17.) rasprostire po površini krova dok ne pokrije cijeli krov i tako onemogućiti daljnje gorenje.



Slika 15. Komore za pjenu [3]



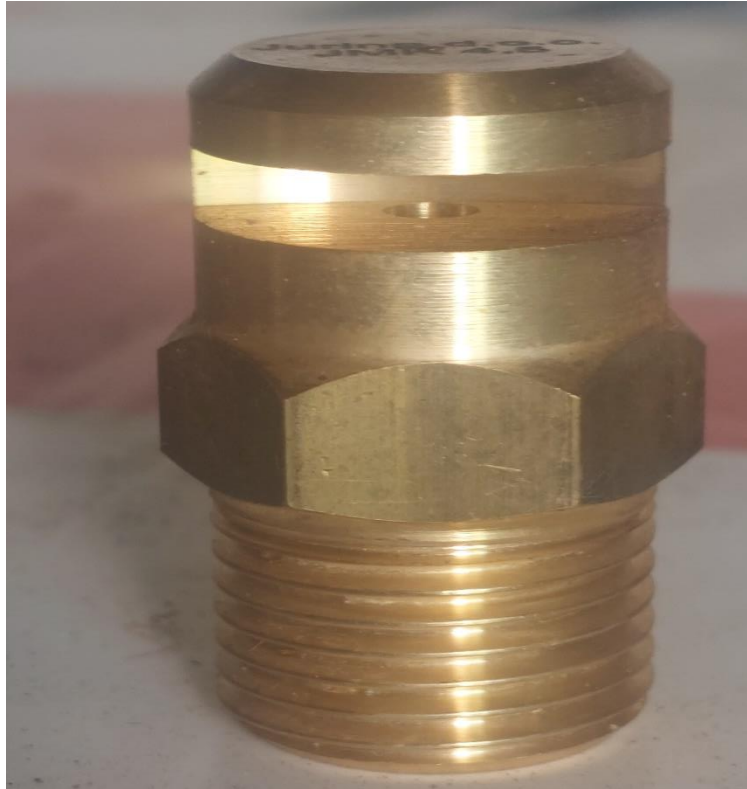
Slika 16. Otvori za zrak [3]



Slika 17. Otvor za ubacivanje pjene [3]

2.2.5. Mlaznice za vodu

Mlaznice za vodu na sustavima za hlađenje spremnika su prvenstveno namijenjene da bi zaštitile vanjski dio spremnika rashlađivanjem istog te zbog mogućnosti prijenosa topline na okolne spremnike. Kako voda kroz mlaznice kontinuirano prska po vanjskoj strani spremnika stvara vodenu barijeru te time sprečava prijenos topline. Mlaznice za vodu se mogu naći u različitim oblicima i veličinama, a za hlađenje spremnika se najčešće koriste standardne mlaznice (Slika 18.) koje raspršuju vodu u finom sloju, pretežno u obliku fine magle ili kapljica. Obično se rade od nehrđajućeg čelika jer su stalno izložene koroziji zbog vode koja proteče kroz njih. Kod same ugradnje mlaznice postoji mogućnost podešavanja da raspršuju vodu pod određenim kutom (Slika 19.) koji se kreće od 160 do 180 stupnjeva u odnosu na spremnik. Moraju ostvarivati određeni protok vode pri određenom tlaku da bi samo hlađenje bilo učinkovito. Što se tiče samog održavanja tu je bitno napomenuti da se treba vršiti funkcionalna proba što uključuje testiranje sustava, provjeru tlaka, prohodnost mlaznica pa se zbog toga ugrađuju drenažni otvori na cjevovodu da bi se mogao isprati sustav jer su mlaznice malog promjera i mogu se lako začepiti te zbog toga sam sustav izgubiti na funkcionalnosti.



Slika 18. Standardna mlaznica za vodu [3]



Slika 19. Položaj kuta mlaznica u odnosu na spremnik [3]

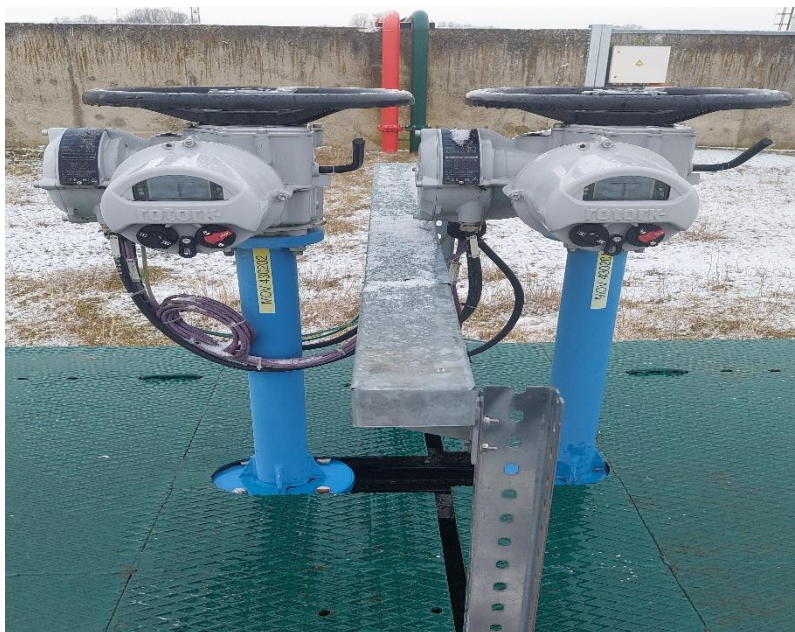
2.2.6. Cjevovodi i ventili

Cjevovodi su elementi koji u sustavu služe za distribuciju vode ili pjene od pumpi do mlaznica za vodu ili komora za pjenu na samim spremnicima. Obično se sastoje od čeličnih cijevi zaštićenih od korozije. Kako bi razlikovali cijevi za hlađenje od cijevi za gašenje one se obično premazuju različitim bojama. Tako je cjevovod hlađenja u zelenoj boji, a cjevovod gašenja u crvenoj boji (Slika 20.). Sustav cjevovoda može biti i podzemni i nadzemni. Sami promjer cjevovoda se odabire na temelju protoka koji je potreban za učinkovito gašenje i hlađenje. Redovito održavanje cjevovoda podrazumijeva kontrolu vanjskog stanja cijevi te po potrebi u zimskom periodu pražnjenje sustava zbog mogućeg smrzavanja vode i puknuća cijevi.

Ventili (Slika 21.) omogućavaju kontrolu protoka vode ili pjene kroz sustav. Pomoću ventila vršimo regulaciju gašenja ili hlađenja pojedinog spremnika. Upravljanje ventilima može biti ručno (Slika 22.) ili automatski sa upravljačkog ormara. Kada se sustav aktivira ventili omogućuju nesmetan protok u sustavu. Održavanje ventila podrazumijeva funkcionalnu probu i redovito podmazivanje dijelova ventila za nesmetano funkcioniranje sustava.



Slika 20. Cjevovod gašenja i hlađenja [3]



Slika 21. Ventili [3]



Slika 22. Ručno upravljanje ventilom [3]

3. AKTIVIRANJE SUSTAVA

Aktiviranje sustava se vrši po točno određenoj proceduri u kojoj je potrebno znati koji spremnik se želi obuhvatiti sustavom hlađenja, a koji sustavom gašenja. Bit će obrađen postupak gašenja i hlađenja na jednom spremniku. Prema odredbi članka 97. Pravilnika o zapaljivim tekućinama (NN 54/1999, 155/2022) propisano je da sustav za hlađenje mora omogućiti hlađenje spremnika koji gori, kao i hlađenje svih susjednih spremnika na udaljenosti manjoj od dva (2) promjera od plašta spremnika koji gori [5]. Budući da su spremnici obrađeni u ovom radu na manjoj udaljenosti od dva promjera morat će se aktivirati i sustav hlađenja susjednog spremnika.

Kod aktiviranja sustava postupak je sljedeći:

- Ručno otvaranje sekcijских ventila na spremniku koji se gasi i hladi
- Ručno otvaranje ventila za hlađenje susjednog spremnika
- Otvaranje ventila na izlaznoj strani pumpe za vodu
- Otvaranje ventila na usisnoj strani pumpe za pjenilo

Nakon što je napravljen ovaj postupak pristupa se aktiviranju električne pumpe za vodu, ručno ili automatski, ovisno o sustavu. Nakon što se aktivira pumpa za vodu pristupa se aktiviranju električne pumpe za pjenilo na isti način kao u pumpe za vodu. Po aktivaciji pumpe za pjenilo pristupa se otvaranju tlačnog ventila na pumpi pjenila tako da pjenilo dolazi u mješač. U mješaču se pjenilo miješa sa vodom te takva otopina dolazi kroz sustav cjevovoda na krov spremnika gdje se nalaze komore za pjenu. Na samim komorama se usisava zrak u otopinu te se na taj način dobiva zračna pjena koja u konačnici prekriva krov spremnika koji gori. Voda za hlađenje spremnika koji gori i hlađenje susjednog spremnika također sustav cjevovoda dolazi do spremnika gdje se preko mlaznica vrši hlađenje vanjskog plašta spremnika. Po završetku gašenja i hlađenja prvo se gase pumpe za vodu i pjenilo. Nakon toga se pristupa zatvaranju sekcijских ventila kao i ventila na pumpama. Po potrebi se nadopunjava bazen za protupožarnu vodu sa pumpama iz vlastitog izvora kao u ovom slučaju. U Tablici 2. prikazan je izračun za potrebnu količinu pjene za učinkovito gašenje.

Tablica 2. Proračun pjene [3]

Kapacitet: $V = 20.000 \text{ m}^3$
 Promjer: $D = 42.67 \text{ m}$
 Visina plašta: $h = 16.52 \text{ m}$
 Površina plašta: $A_p = 2.215 \text{ m}^2$
 Tlocrtna površina spremnika: 1.434 m^2
 Tlocrtna površina prstena: $130,9 \text{ m}^2$
 Ekspanzija = 7-8
 Doziranje pjnila = 3 %
 Vrijeme nabacivanja otopine: 30 minuta
 Traženi protok vode: $Q = 6,6 \text{ l/m}^2/\text{min}$

Voda
 $V_v = A_{prstena} \cdot Q$
 $V_v = 130,9 \text{ m}^2 \cdot 6,6 \text{ l/m}^2/\text{min} = 864 \text{ l/min}$
 $V_v = 864 \text{ l/min} \cdot 30 \text{ min} = \underline{25.920 \text{ l}}$

Pjenilo
 $V_{pj} = V_v \cdot d\%$
 $V_{pj} = 25.920 \text{ l} \cdot 3\%/100 = \underline{778 \text{ l}}$

Otopina
 $V_o = V_v + V_{pj}$
 $V_o = 25.920 \text{ l} + 778 \text{ l} = \underline{26.297 \text{ l}}$

Pjena
 $V_p = E \cdot V_o$
 $V_p = 8 \cdot \underline{26.297 \text{ l}} = \underline{210.376 \text{ l}}$

Na Slici 23. su prikazani podatci o broju mlaznica za vodu i komora za pjenu na svakom spremniku kao i količine vode i tlakovi potrebni za učinkovito gašenje.

		VODA ZA HLAĐENJE					VODA ZA GAŠENJE					EKSTRAKT			OPREMA - MLAZNICE							
JED. PROTOK (l/min/m ²)	PROTOK (l/min.)	SUSJEDNI REZERVOAR			UKUPNI PROTOK ZA HLAĐENJE (l/min.)	REZERVOAR		ZAŠTITNI BAZEN		UKUPNI PROT. VODE ZA HLAĐ. + GAŠ. (l/min.)	REZ. PROTOK (l/min.)	ZAŠT. BAZ. PROTOK (l/min.)	UKUPNI PROTOK EKSTRAKTA (l/min.)	MLAZNICE ZA HLAĐENJE PLAŠTA			KOMORE ZA GAŠENJE REZERVOARA					
		OZNAKA REZ.	PROTOK (l/min.)	OZNAKA REZ.		PROTOK (l/min.)	JED. PROTOK (l/min/m ²)	PROTOK (l/min.)	JED. PROTOK (l/min/m ²)					PROTOK (l/min.)	PROTOK PO MLAZN. (l/min.)	TLAK U PRSTENU (bar.)	TIP MLAZA	BROJ MLAZNICA	PROTOK PO KOMORI (l/min.)	TLAK ISPRED KOMORE (bar.)	TIP KOMORE	BROJ MLAZNICA
1.2	2658	A-4502	1655		4313	20	1586	2.0	4800	9113	47,04	144	191,07	18	5	LEPEZA	148	200	5	25-PE2	12	
1.2	1655	A-4501	2658	A-4503	1655	5968	20	1126	2.0	4800	10768	33,78	144	177,78	18	5	LEPEZA	92	200	5	25-PE2	8
1.2	1655	A-4502	1655		3310	20	1126	2.0	4800	8110	33,78	144	177,78	18	5	LEPEZA	92	200	5	25-PE2	8	

Slika 23. Podatci o sustavu za gašenje i hlađenje [3]

4. ISPITIVANJE SUSTAVA ZA GAŠENJE I HLAĐENJE

Prema članku 40. Zakona o zaštiti od požara (NN 92/10, NN 114/22), članku 16. Pravilnika o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara (NN 44/12, NN 98/21, NN 89/22), svaki objekt koji ima stabilni sustav za gašenje i hlađenje dužan je isti ispitivati najmanje jedanput godišnje od strane ovlaštene firme za takvu vrstu ispitivanja [6]. Na terminalu Virje postoji stabilni sustav za gašenje i hlađenje spremnika sirove nafte, ukupno tri spremnika od kojih je jedan kapaciteta 20000 m³, a dva su po 10000 m³.

Sustav za gašenje je sastoji od: izvora vode, jedinice za pripremu mješavine vode i pjenila, sustava cijevi i zračnih komora na spremniku.

Sustav za hlađenje se sastoji od: izvora vode, sustava cijevi i mlaznica za raspršenu vodu s vanjske strane spremnika sirove nafte.

S obzirom na navedeno početkom svake godine se traže potencijalni ispitivači sustava koji moraju predložiti sve potrebne dokumente koji se od njih traže. Nakon odabira izvođača pristupa se dogovoru sa istim o vremenu ispitivanja. Po dolasku ovlaštene firme na ispitivanje vrši se pregled potrebne dokumentacije o navedenom sustavu te im se fizički pokaže navedeni sustav i objasne nejasnoće ako ih ima. Nakon obilaska sustava slijedi radni dogovor kako će se ispitivanje odvijati.

Sami opis ispitivanja se sastoji od: pregleda dokumentacije, pregleda izvedenog stanja sustava, pregleda isprava o provedenim ispitivanjima pojedinih elemenata sustava, provjera stanja ispravnosti rada pojedinih elemenata sustava, provjera ispravnosti međusobnih veza pojedinih dijelova sustava, provjera slijeda operacija kod aktiviranja sustava, mjerenje ranih karakteristika sustava, provjera ispravnosti rada sustava u cjelini.

Po dogovoru ispitivači odlaze na krov spremnika gdje postavljaju ispitnu opremu (Slika 24.) na sustav i pomoću radio veze obavještavaju vatrogasce da aktiviraju sustav. Po aktivaciji sustava mjeri se vrijeme potrebno da na spremniku krene voda i pjena. Po dolasku medija na spremnik očitavaju se tlakovi i protoci na mjernim instrumentima. Mjeri se vrijeme raspada pjene da se utvrdi da li ista zadovoljava uvjete te se uzima uzorak pjenila za laboratorijsku analizu svojstava čiji se rezultati vide u sljedećoj tablici (Tablica 3.). Analiza pjenila u Hrvatskoj se provodi samo u Državnoj vatrogasnoj školi koja djeluje u sklopu Hrvatske vatrogasne zajednice jer ona jedina ima dozvolu za takvu vrstu

ispitivanja. Nakon završenog ispitivanja sustava ovlaštena firma izdaje u roku tjedan dana zapisnik o ispravnosti sustava.



Slika 24. Ispitna oprema [3]

Tablica 3. Rezultat ispitivanja pjenila [3]

Ispitivanje	Spremnik A6251
Potrošač	Komora ZK-2
Kapacitet (l/min)	200
Tlak na potrošaču (bar)	6
Tlak na pumpi (bar)	11
Pjenilo	Respondol ATF C 3-3%
Podešeno doziranje (%)	3
Stvarno doziranje (%)	3,1
Ekspanzija	6,2
Četvrtinsko vrijeme raspada (s)*	> 60'

* četvrtinsko vrijeme raspada prema deklaraciji proizvođača je >60 minuta

Temeljem rezultata ispitivanja kvalitete pjene zaključujemo da ista zadovoljavaju parametre kvalitete pjene za tešku pjenu.

5. ZAKLJUČAK

S obzirom na sve navedeno može se zaključiti da je ovaj stabilni sustav od velike važnosti jer omogućuje brzo i efikasno djelovanje kada dođe do požara na spremnicima. Sama stabilnost sustava znači da mogu brzo reagirati i efikasno pogasiti požar što dovodi do smanjenja štete u materijalnom, financijskom i ekološkom smislu. Zbog same učinkovitosti sustava nužno je redovno održavanje samog sustava u pogledu funkcionalnih proba, vizualnih pregleda samog sustava. Funkcionalne probe podrazumijevaju redovno testiranje sustava i to u nekim zamišljenim scenarijima požara na spremnicima da se ispita sam rad sustava i da se detektiraju eventualni problemi koji mogu nastati pri stvarnoj situaciji. Vizualni pregledi također igraju veliku ulogu pošto se na vrijeme može detektirati neko propuštanje ili kvar na instalaciji. Godišnja ispitivanja su neizostavna jer se njima vrši temeljita provjera sustava. Takva ispitivanja mogu otkriti promjene u samom sustavu te se na vrijeme može pristupiti otklanjanju nedostatak. Sama obuka vatrogasaca je neizostavan dio sustava jer bez ljudske ruke teško da će sustav biti potpuno funkcionalan. Vatrogasci moraju biti kvalitetno educirani i upoznati sa sustavom te ga znati koristiti u različitim scenarijima kao i koje postupke moraju provoditi u tim scenarijima.

Sve ove mjere čine sustav kvalitetnim i efikasnim u gašenju požara. Samo postupanje po unaprijed određenim pravilima i propisima može doprinijeti kvalitetnoj iskorištenosti samog sustava i svođenja potencijalno nastale štete na minimum.

6. LITERATURA

- [1] Zakon o zaštiti od požara, Narodne novine 92/10, 114/22
- [2] Sustavi za gašenje požara, <https://www.aling.hr/> , pristupljeno, 20.01.2025.
- [3] Vlastiti izvor autora rada
- [4] Terminologija vatrogasnih pjena, www.upvh.hr, pristupljeno, 22.01.2025.
- [5] Pravilnik o zapaljivim tekućinama, Narodne novine 54/1999.
- [6] Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara, Narodne novine 44/12, 98/21, 89/22.

7. PRILOZI

7.1. Popis slika

Slika 1. Spremnik sirove nafte [3]	4
Slika 2. Spremnici sirove nafte s plivajućim krovom [3].....	5
Slika 3. Karakteristike spremnika sirove nafte [3].....	6
Slika 4. Bazen za protupožarnu vodu [3].....	8
Slika 5. Punjenje bazena vodom [3].....	9
Slika 6. Karakteristike pumpi [3].....	10
Slika 7. Električna pumpa za vodu [3].....	10
Slika 8. Pomoćna pumpa za vodu [3].....	11
Slika 9. Kompresor za zrak [3].....	12
Slika 10. Tlačni cjevovod [3].....	12
Slika 11. Pumpa za pjenilo na diesel pogon [3].....	13
Slika 12. Spremnik za pjenilo [3].....	15
Slika 13. Mješač vode i pjenila [3].....	16
Slika 14. Ulaz vode i pjenila u mješač [3].....	16
Slika 15. Komore za pjenu [3].....	19
Slika 16. Otvori za zrak na komori [3].....	20
Slika 17. Otvor za ubacivanje pjene na krov [3].....	20
Slika 18. Mlaznice za vodu [3].....	22
Slika 19. Mlaznice pod kutom [3].....	22
Slika 20. Cjevovod za gašenje i hlađenje [3].....	23
Slika 21. Ventili [3].....	24
Slika 22. Ručno upravljanje ventilom [3].....	24
Slika 23. Podatci o sustavu gašenja i hlađenja [3].....	26
Slika 24. Ispitna oprema [3].....	28

7.2. Popis tablica

Tablica 1. Karakteristike pjenila bez fluora [3]	18
--	----

Tablica 2. Proračun pjene [3]	26
Tablica 3. Karakteristike ispitanog pjenila [3]	28