

Brodski vatrodojavni alarmni sustav na putničkim brodovima

Car, Lovro

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:529202>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-04**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

LOVRO CAR

**BRODSKI VATRODOJAVNI ALARMNI SUSTAV NA
PUTNIČKIM BRODOVIMA**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2022.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

BRODSKI VATRODOJAVNI ALARMNI SUSTAV NA
PUTNIČKIM BRODOVIMA
SHIP FIRE ALARM SYSTEM ON PASSENGER SHIPS

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Ispitivanje brodskih električnih uređaja

Mentor/komentor: doc. dr. sc. Miroslav Bistrović

Student/studentica: Lovro Car

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112070044

Rijeka, rujan 2022.

Student/studentica: Lovro Car

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112070044

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom
BRODSKI VATRODOJAVNI ALARMNI SUSTAV NA PUTNIČKIM BRODOVIMA

izradio/la samostalno pod mentorstvom

doc. dr. sc. Miroslav Bistović _____ ::_

te komentorstvom _____

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____
(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrizirajući naveo/la u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezao/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



Lovro Car

Student/studentica: Lovro Car

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112070044

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima Creative Commons licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica



SAŽETAK

Ovaj diplomski rad s naslovom BRODSKI VATRODOJAVNI ALARMNI SUSTAV NA PUTNIČKIM BRODOVIMA proučava ulogu vatrodojavnog sustava na putničkim brodovima. U prvom dijelu rada proučava se povijesni razvoj zahtjeva protupožarne zaštite i karakteristike brodskih vatrodojavnih sustava. Razvoj moderne tehnologije omogućio je veliki napredak u pravovremenom otkrivanju požara. Stari konvencionalni sustavi zamijenjeni su adresabilnim koji javljaju točnu lokaciju detektora na brodu. Opisuje se koje vrste požara postoje i faze u kojima se razvija. Detektori požara su temelj svakog vatrodojavnog sustava te se na njih obraća posebna pažnja. Prema statistikama potrebno je samo pet minuta od početka požara do količine dima u hodnicima i stepeništima koja znatno otežava evakuaciju putnika i posade. Stoga je pravilan rad detektora od krucijalne važnosti. Važan dio rada je također analiza požara i na koji način uvijek razvijajuća tehnologija može poboljšati brodski vatrodojavni sustav.

Ključne riječi: detektor, putnički brod, požar, SOLAS, sustav, tehnologija.

SUMMARY

This thesis with the title SHIPS FIRE ALARM SYSTEM ON PASSENGER SHIPS studies the role of the fire alarm system on passenger ships. The first part of the paper studies the historical development of fire protection requirements and the characteristics of ship fire alarm systems. The result of modern technology has enabled great progress in the timely detection of fires. The old conventional systems have been replaced by addressable systems that report the exact location of the detectors on board. The thesis describes what types of fires exist and the stages in which they develop. Fire detectors are the basis of every fire alarm system and special attention is paid to them. According to statistics, it takes only five minutes from the start of the fire for a large level of smoke to appear in the corridors and staircases, making the evacuation of passengers and crew members much more difficult. Therefore, the correct operation of the detector is of crucial importance. An essential part of this thesis is also the analysis of fires and how constantly developing technology can improve the ship's fire alarm system.

Keywords: detector, passenger ships, fire, SOLAS, system, technology.

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	I
SUMMARY.....	II
1. UVOD.....	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	1
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA.....	2
2. POVIJESNI RAZVOJ ZAŠTITE OD POŽARA NA BRODU I KARAKTERISTIKE VATRODOJAVNIH SUSTAVA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA	3
2.1. POVIJESNI RAZVOJ SOLAS KONVENCIJA VEZANIH ZA ZAŠTITU OD POŽARA NA BRODU	3
2.2. PRINCIPI ZAŠTITE OD VATRE NA BRODU	5
2.3. OSNOVNI DIJELOVI BRODSKOG VATRODOJAVNOG SUSTAVA	5
2.4. KONVENCIONALNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV	6
2.5. ADRESABILNI VATRODOJAVNI SUSTAV	8
2.6. ANALOGNO-ADRESABILNI SUSTAV	9
2.7. BEŽIĆNI VATRODOJAVNI SUSTAV.....	10
3. STRUKTURALNA ZAŠTITA OD POŽARA NA BRODU	11
3.1. OBUZDAVANJE VATRE.....	11
3.2. ZAŠTITA EVAKUACIJSKIH PUTOVA I PRISTUP OPREMI ZA GAŠENJE POŽARA	11
3.3. STRUKTURALNA ZAŠTITA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA.....	11
3.4. SREDSTVA ZA BIJEG	12
4. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA	14
4.1. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA NA TRAJEKTIMA I RO-RO TRAJEKTIMA.....	14
4.2. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA NA BRODOVIMA ZA KRSTARENJE.....	16
5. VRSTE POŽARA NA BRODU	18
5.1. GAŠENJE VATRE UKLANJANJEM KISIKA	19
5.2. GAŠENJE VATRE UKLANJANJEM TOPLINE	20

5.3.	GAŠENJE VATRE UKLANJANJEM GORIVA	20
5.4.	FAZE RAZVOJA POŽARA	20
5.4.1.	<i>Početna faza</i>	21
5.4.2.	<i>Faza razvijanja požara</i>	21
5.4.3.	<i>Potpuno razvijen požar</i>	22
5.4.4.	<i>Slabljenje požara</i>	22
6.	ULOGA DETEKTORA POŽARA U BRODSKOM VATRODOJAVNOM SUSTAVU	24
6.1.	DETEKTORI POŽARA	24
6.2.	TEMPERATURNI DETEKTORI	25
6.2.1.	<i>Termomaksimalni detektori</i>	26
6.2.2.	<i>Termodiferencijalni detektori</i>	27
6.3.	DETEKTORI DIMA	28
6.3.1.	<i>Ionizacijski detektor dima</i>	29
6.3.2.	<i>Optički detektor dima</i>	30
6.4.	DETEKTOR PLAMENA	30
6.4.1.	<i>Infracrveni detektor plamena</i>	32
6.4.2.	<i>Ultraljubičasti (UV) detektori plamena</i>	33
6.5.	RUČNI JAVLJAČ POŽARA	35
7.	SUSTAVI ZA GAŠENJE POŽARA	37
7.1.	SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA UGLJIČNIM DIOKSIDOM	37
7.2.	SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA PRSKALICAMA	39
7.3.	SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA HALONOM	40
7.4.	SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA SA VODENOM MAGLOM	40
7.4.1.	<i>Hlađenje plamena</i>	41
7.4.2.	<i>Reduciranje koncentracije kisika</i>	41
7.4.3.	<i>Atenuacija topline</i>	41
7.5.	PRIJENOSNI APARATI ZA GAŠENJE POŽARA	42
8.	ISPITIVANJE PROTUPOŽARNOG SUSTAVA I ELEMENATA VATRODOJAVNOG SUSTAVA	43
8.1.	TESTIRANJE DETEKTORA DIMA	45
8.2.	TESTIRANJE DETEKTORA PLAMENA	46
8.3.	TESTIRANJE TOPLINSKIH DETEKTORA	47

8.4. TESTIRANJE RUČNOG JAVLJAČA POŽARA	48
9. ANALIZA POŽARA	49
9.1. ANALIZA POŽARA U PUTNIČKIM KABINAMA	50
9.2. ANALIZA POŽARA U BRODSKOJ STROJARNICI	51
10. BUDUĆNOST BRODSKIH VATRODOJAVNIH SUSTAVA	52
11. ZAKLJUČAK	53
LITERATURA	54
WEB IZVORI	54
KAZALO KRATICA.....	56
POPIS SLIKA.....	57
POPIS TABLICA	58

1. UVOD

Brodski vatrodojavni sustav razvijen je u svrhu zaštite od požara na brodu. Skoro 25 % incidenata koji se dogode u pomorstvu je direktan uzrok požara. Požar na brodu predstavlja veliku opasnost za sigurnost samog broda, te u najgorem slučaju veliku opasnost za morski okoliš i osobe koje se nalaze na brodu. Pravovremena zaštita je ključna na svim brodovima, a pogotovo na putničkim brodovima koji se sastoje od velikog broja zatvorenih kabina i putnika koje je potrebno evakuirati. SOLAS (Safety of life at sea) je konvencija napravljena od strane IMO (International maritime organization) te sadrži jedno poglavlje koje se bavi zaštitom od požara na brodu. Detektori požara temelj su gotovo svih vatrodojavnih sustava. Oblik i namjena im ovisi o okolini u kojoj se nalaze pa tako postoje detektori požara koji identificiraju dim, toplinu ili prisutnost ugljičnog monoksida. Napredak broskog vatrodojavnog sustava je usko povezan sa razvojem moderne tehnologije te se uvijek razvijaju nove metode i načini na koji se brod može zaštititi od požara.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Pravovremena detekcija požara ključna je za sigurnost broda, putnika i posade na putničkim brodovima. Korištenjem detektora u vatrodojavnom sustavu se vrijeme detekcije požara pokušava smanjiti. Pravilno poznavanje vatrodojavnih sustava i detektora omogućiti će veću sigurnost broda. Predmet istraživanja ovog diplomskog rada su vrste vatrodojavnih sustava i detaljno proučavanje detektora koji su njihovi glavni elementi.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Pošto se ovim radom ne želi ništa dokazivati niti opovrgavati tvrdnje, nego pobliže objasniti uzroke požara, vrste i ulogu brodskih vatrodojavnih sustava, nije potrebno postavljati radnu hipotezu.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha ovog rada je upoznati se sa pasivnim i aktivnim karakteristikama vatrodojavnog sustava na putničkim brodovima sa posebnom pozornošću obraćenom na detektore koji su

ključni u pravovremenom otkrivanju požara. Unutar istraživanja predstavljene su vrste vatrodojavnih detektora te vrste i osnovna struktura brodskih alarmnih vatrodojavnih sustava. Osim toga cilj ovoga istraživanja je prikazati analizu uzroka požara putničkih brodova i budućnost vatrodojavnih sustava.

1.4. ZNANSTVENE METODE

Za potrebe ovoga rada korištene su znanstvene metode indukcije i dedukcije, metode specijalizacije i generalizacije, metoda analize i sinteze.

1.5. STRUKTURA RADA

Struktura ovog rada podijeljena je u jedanaest cjelina. U uvodu ovog rada navedeni su problem i predmet istraživanja te svrha i ciljevi istraživanja. Navedene su korištene znanstvene metode te struktura rada. U drugom dijelu rada s naslovom **POVIJEST ZAŠTITE OD POŽARA NA BRODU I KARAKTERISTIKE VATRODOJAVNIH SUSTAVA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA** opisan je povijesni razvoj protupožarne zaštite na brodu te osnovne karakteristike vatrodojavnih sustava. U trećem dijelu rada pod naslovom **STRUKTURALNA ZAŠTITA OD POŽARA NA BRODU** navedene su vrste i svrha pasivnih zaštita na brodu. Naslov četvrtog dijela rada je **PROTUPOŽARNA ZAŠTITA**. U ovom dijelu navedene su specifičnosti protupožarne zaštite na trajektima. U petom dijelu rada pod naslovom **VRSTE POŽARA NA BRODU** navedene su vrste i faze razvoja požara. U šestom dijelu rada pod naslovom **ULOGA DETEKTORA POŽARA U BRODSKOM VATRODOJAVNOM SUSTAVU** navedene su vrste detektora, kako rade te koja je njihova uloga u vatrodojavnom sustavu. U sedmom dijelu rada pod naslovom **SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA** navedene su vrste i uloga sustava za gašenje požara. U osmom dijelu rada pod naslovom **ISPITIVANJE PROTUPOŽARNOG SUSTAVA I ELEMENATA VATRODOJAVNOG SUSTAVA** se prikazuje i objašnjava ispitivanje uređaja. U devetom dijelu rada pod naslovom **ANALIZA POŽARA** se analiziraju požari s fokusom na požare u strojarnici te prostorijama putnika. U desetom dijelu rada pod naslovom **BUDUĆNOST BRODSKIH VATRODOJAVNIH SUSTAVA** obraća se pozornost na budućnost detektora u vatrodojavnom sustavu te što će oni značiti u pravovremenoj detekciji požara. U **ZAKLJUČKU** iznesena je sinteza rezultata kojima je potvrđena radna hipoteza.

2. POVIJESNI RAZVOJ ZAŠTITE OD POŽARA NA BRODU I KARAKTERISTIKE VATRODOJAVNIH SUSTAVA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA

Detekcija požara je prvi korak u sprječavanju širenja i gašenja požara. U svrhu detekcije i gašenja požara koristi se vatrodojavni sustav. Na brodovima je kritično da se požar što prije otkrije, osobito kod putničkih brodova u kojima ne postoji prijetnja samo uvježbanom osoblju već i velikoj količini neuvježbanih putnika čija reakcija na požar je nepredvidiva. Prema raznim istraživanjima je došlo do zaključka da je potrebno otprilike pet minuta od pojave vatre na brodu do pojave dima u brodskim hodnicima koji dovodi do loše vidljivosti i ugrožene evakuacije. Ako u tu činjenicu ubacimo faktor ljudske panike jasno je da je pravovremena detekcija požara krucijalna.

2.1. POVIJESNI RAZVOJ SOLAS KONVENCIJA VEZANIH ZA ZAŠTITU OD POŽARA NA BRODU

Potonuće Titanika 1912. godine je uzrokovalo pojavu prve SOLASOVE konvencije vezane za zaštitu od požara na brodu. Izdana je 1914. godine i sastojala se od osnovnih zahtjeva potrebnih za protupožarnu zaštitu na brodu koji su se naknadno dograđivali SOLAS konvencijama 1929, 1948, 1960. Ubrzo se nesrećama pokazalo da su zahtjevi koji proizlaze iz konvencije neadekvatni, kao što je požar na putničkom brodu Morro Castle koji je odnio živote 134 putnika. Tek je SOLAS konvencija 1974. godine bila prvi značajni pomak prema adekvatnoj zaštiti putničkih brodova. SOLAS poglavlje II koje se odnosi na konstrukciju se podijelilo na dva dijela:

- II – 1 Struktura, podjela i stabilnost, strojevi i električni zahtjevi
- II – 2 Protupožarna zaštita, detekcija i gašenje požara. [4]

U SOLAS konvenciji iz 1974. godine zahtijevalo se da svi novi putnički brodovi budu izgrađeni od nezapaljivih materijala i da imaju instaliran ili fiksni sustav za prskanje požara ili fiksni sustav za detekciju požara. Također se uvelo obvezno ugrađivanje strukturnih pregrada koje služe kao pasivna zaštita od požara na brodu.

Izmjene i dopune SOLAS poglavlja II-2 koje su stupile na snagu 1998. su donijele

izmjene općeg uvoda dijela B (mjere protupožarne zaštite za putničke brodove). Novi međunarodni kodeks za primjenu postupaka ispitivanja požara također je razvijen i postao je obveznim 1. srpnja 1998. Kodeks je namijenjen administracijama pri odobravanju proizvoda za ugradnju na brodove koji plove pod njihovom zastavom.

FTP (Fire testing procedures) je kodeks koji pruža međunarodne zahtjeve za laboratorijsko ispitivanje, postupke odobrenja tipa materijala korištenih pri izgradnji broda i ispitivanja požara.

Tablica 1 Tipovi testa FTP kodeksa

FTP KODEKS	TIP TESTA
PRVI DIO	TEST NEGORIVOSTI
DRUGI DIO	TEST DIMA I TOKSIČNOSTI
TREĆI DIO	TEST PROTUPOŽARNOSTI PREGRADA BRODA
ČETVRTI DIO	TEST PROTUPOŽARNOSTI MEHANIZMA ZA ZATVARANJE PROTUPOŽARNIH VRATA
PETI DIO	TEST POVRŠINSKE ZAPALJIVOSTI
ŠESTI DIO	TEST PRIMARNIH POKROVA PALUBE
SEDMI DIO	TEST ZAPALJIVOSTI ZASTORA I VERTIKALNO OVJEŠENIH TEKSTILA
OSMI DIO	TEST NAMJEŠTAJA
DEVETI DIO	TEST POSTELJINE ZA KREVETE

Izvor: izradio autor prema FTP kodeksu

IMO (International Maritime Organization) je specijalizirana agencija Ujedinjenih naroda čiji je primarni cilj razvijanje i održavanje sveobuhvatnog regulatornog okvira za pomorsku plovidbu. Organizacije je usvojila potpuno novo strukturirano poglavlje II-2 SOLAS-a, koje je stupilo na snagu 1. srpnja 2002.

Nova struktura usredotočena je na "proces scenarija požara", a ne na vrstu broda, kako je bilo strukturirano prethodno poglavlje II-2 SOLAS-a. Dakle, propisi počinju s prevencijom, otkrivanjem i suzbijanjem pa sve do evakuacije. [32]

2.2. PRINCIPI ZAŠTITE OD VATRE NA BRODU

Zaštita od vatre na brodu se dijeli u 3 grupe:

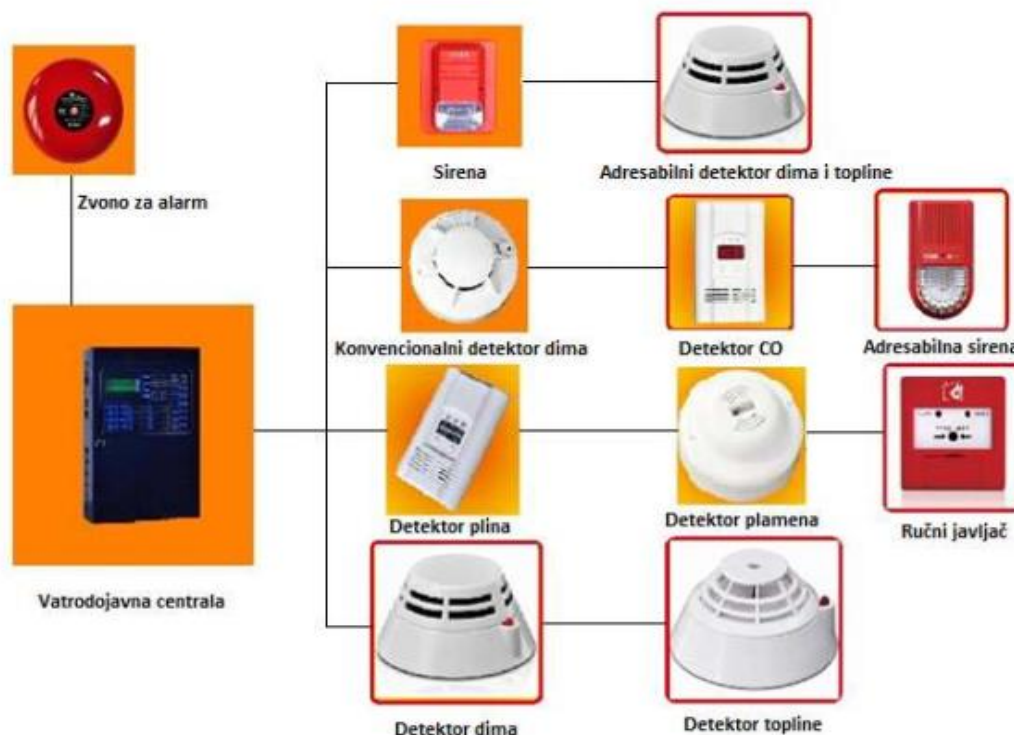
- 1) Strukturalna zaštita
- 2) Detekcija požara
- 3) Gašenje požara [2]

Konstruktivna zaštita od požara naziva se i pasivna zaštita kojoj je svrha usporavanje širenja požara kako bi omogućila putnicima vrijeme da se evakuiraju ili u najgoroj situaciji dođu do brodova za spašavanje, Detekcija i gašenje požara su samo objašnjavajući pojam te je njihova svrha vrlo jasna: otkriti požar i ugasiti ga.

2.3. OSNOVNI DIJELOVI BRODSKOG VATRODOJAVNOG SUSTAVA

Krugovi uređaja za pokretanje alarma su krugovi koji povezuju inicirajuće uređaje kao što su dimni detektori, detektori topline, ručni javljači i alarmi protoka vode. Ovi uređaji oglašavaju "nenormalno" stanje, a ne stanje požara ili "alarma". Oni se nazivaju "nadzorni uređaji".

Kontrolna ploča za dojavu požara je vatrodojavna centrala koja sadrži elektroniku koja nadzire protupožarni sustav. Pokretni i indikacijski krugovi su spojeni izravno na ovu ploču. Primarno napajanje električnom energijom napaja cijeli protupožarni sustav. Sekundarno napajanja u slučaju nužde je zasebno napajanje koje će se automatski upaliti kada primarnom napajanju nestane struje te on mora imati sposobnost upravljanja cijelim sustavom.



Slika 1 Elementi vatrodjavnog sustava
 Izvor: <https://www.vedard.com/post-fire-detector.html>

Većina modernih putničkih brodova i kruzera opremljeni su sa Consillium ili Autronica sustavima koji su svjetski vodeći dobavljači proizvoda i sustava za zaštitu i navigaciju na brodovima.

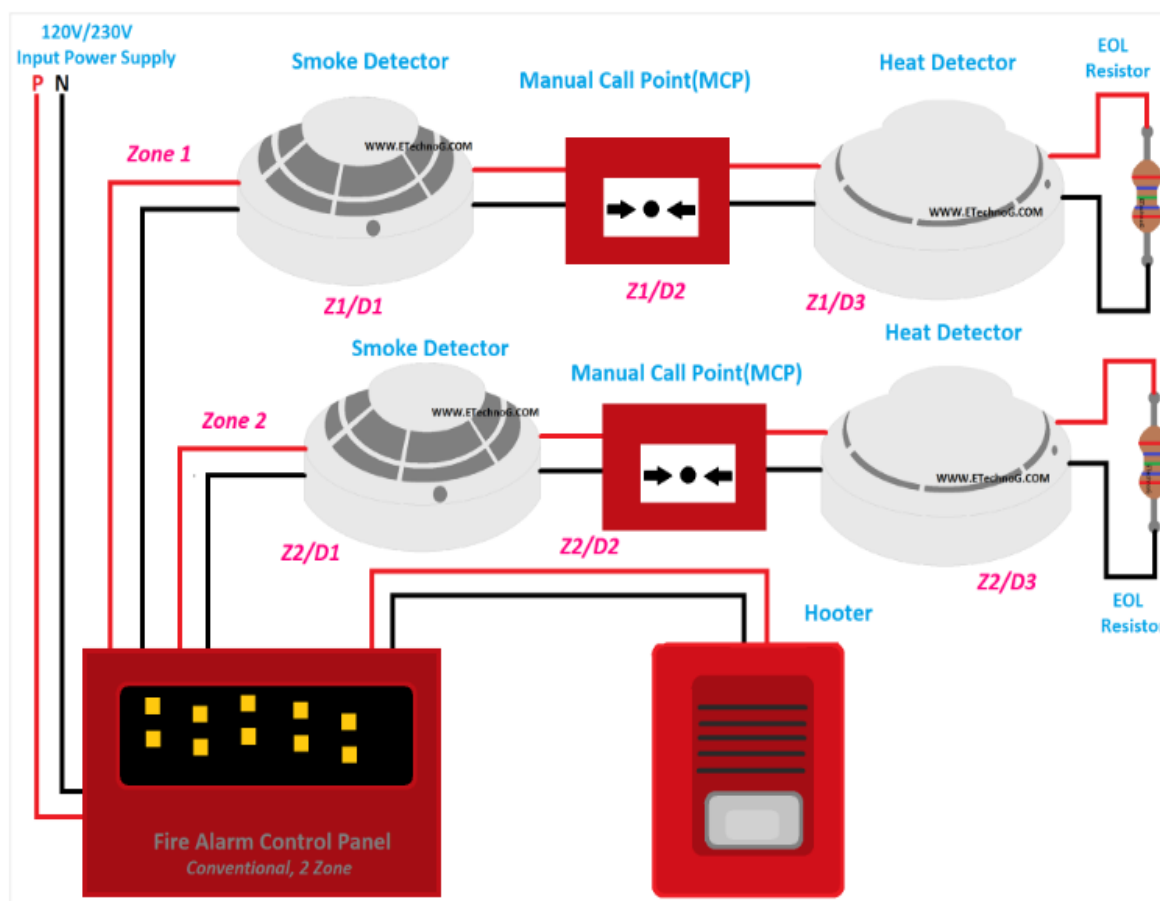
2.4. KONVENCIONALNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV

Konvencionalni sustavi temeljeni su na hardveru i koriste analognu tehnologiju. Sastoje se od takozvanih zona. Više uređaja koji se sastoje od inicirajućih i obavještajnih uređaja čine zonu koja se spaja direktno na glavnu upravljačku ploču. Konvencionalni sustavi su analogni po tome što koriste električnu struju za komunikaciju s upravljačkom pločom. Uređaji za pokretanje i dojavu dizajnirani su za povećanje struje u krugu (količina električne energije koja teče kroz žice) svaki put kada uvjeti okoline (toplina ili dim) u području senzora prijeđu unaprijed određeni prag. Ova promjena u struji se priopćava upravljačkoj ploči kako bi se aktivirao alarm.

Budući da se konvencionalni sustav oslanja na pojedinačne krugove za komunikaciju s upravljačkom pločom, informacije koje ploča može primiti ograničene su na broj uređaja koje

može podržati. Informacije su također ograničene u smislu da samo govore ploči je li uređaj aktiviran, a ne koji uređaj i gdje se točno nalazi.

Iz navedenog se jasno vidi kako su konvencionalni vatrodojavni sustavi prigodni na manjim objektima ili brodovima. Putnički brodovi nisu pogodni za ovakav sustav pošto imaju puno zatvorenih prostora, odnosno prostora za smještaj putnika. Pošto se na ploči prikazuju informacije koje samo govore da li je uređaj aktiviran javlja se problem pošto ne znamo koji je uređaj aktivan i gdje. [11]



Slika 2 Konvencionalni vatrodojavni sustav

Izvor: <https://www.etechnog.com/2021/11/conventional-fire-alarm-system.html>

2.5. ADRESABILNI VATRODOJAVNI SUSTAV

Umjesto oslanjanja na promjene u električnoj struji koja teče kroz strujni krug u konvencionalnom sustavu, s adresabilnim sustavom digitalna tehnologija prenosi informacije s povezanih uređaja na glavnu upravljačku ploču kao binarni kod – kombinacije jedinica i nula.

Binarni kod počinje kao analogni signal stvoren varijacijama u naponu unutar signalnog uređaja. Uz adresabilni uređaj, postoji "mikro-računalo" koje pretvara te varijacije u binarni kod. Ovisno o uređaju i vrstama informacija za koje je dizajniran da ih prenosi, adresabilni uređaj može prenijeti širok raspon kritičnih informacija na upravljačku ploču za razliku od jednog okidačkog signala koji pružaju konvencionalni sustavi.

Budući da koriste digitalnu tehnologiju, adresabilni sustavi nude mnogo širi raspon informacija koje upravljačka ploča može primiti od uređaja.

Najvažnija vrsta informacija koju adresabilni sustavi prenose je točno gdje na brodu izbija požar. Budući da je točna lokacija svakog uređaja u adresabilnom sustavu programirana, točno se zna pozicija na kojoj se požar događa, što omogućuje bržu reakciju na požar. S konvencionalnim sustavom, osim ako prostor u kojem sustav štiti nije jedna prostorija, kao što je putnički brod, požar bi se trebalo locirati manualnim pregledavanjem posade.

Prednosti:

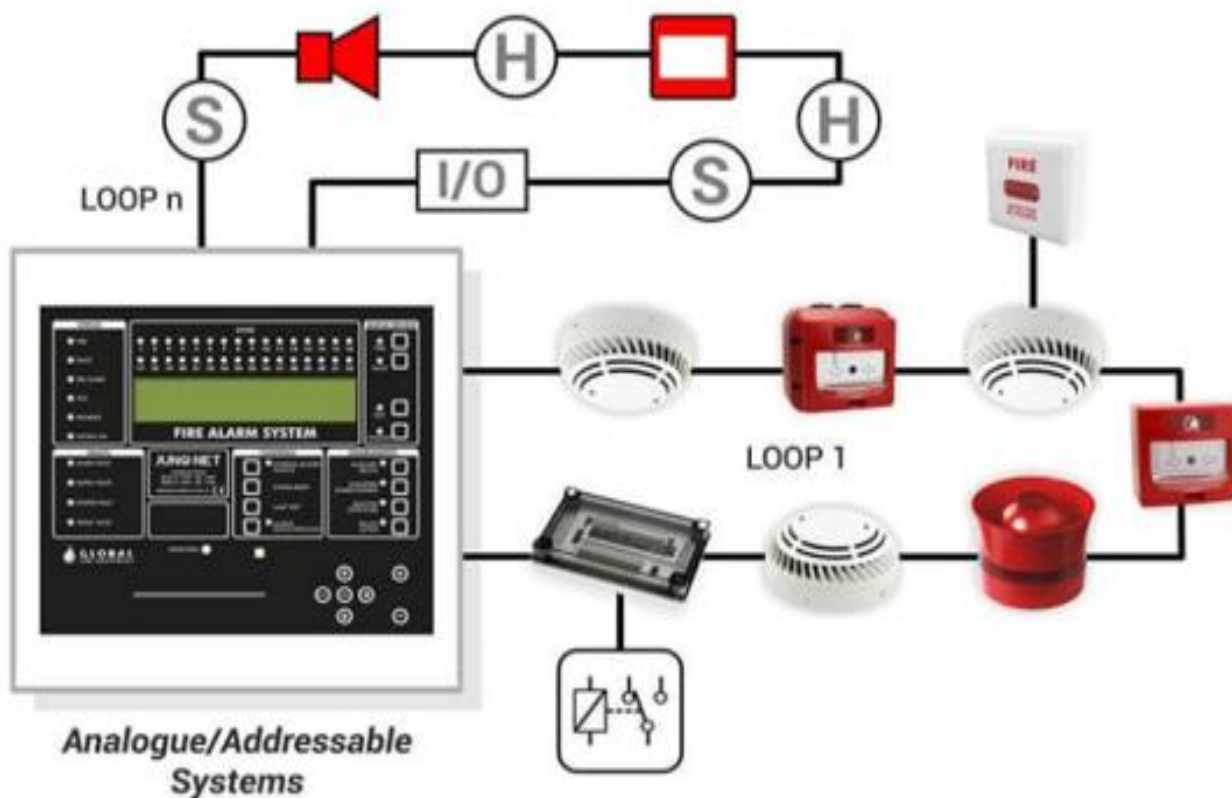
- 1) Identificiranje točnog mjesta požara, kvarova otvorenog/zatvorenog kruga i lažnih alarma.
- 2) Veliki kapacitet vatrodojavnog sustava.
- 3) Instalacija može biti jeftinija od konvencionalnog sustava ako se izvodi na velikoj razini
- 4) Prikladno za projekt bilo koje veličine.
- 5) Više mogućnosti sustava.

Nedostaci:

- 1) Vatrodojavni uređaji koštaju više
- 2) Puštanje sustava u rad traje duže [32]

2.6. ANALOGNO-ADRESABILNI SUSTAV

Analogno-adresabilni sustav je korak iznad adresabilnog sustava u smislu da pruža specifične detalje o lokaciji detektora. U ovom sustavu detektori, javljači požara, uređaji za zvučnu signalizaciju i ostali uređaji su ožičeni u petlju te svaki uređaj ima svoju unikatnu 'adresu'. Analogno-adresabilni detektor je detektor koji mjeri različitu fizikalnu veličinu ovisno o tipu detektora, npr. kod temperaturnog detektora mjeri iznos temperature. Napredak je u odnosu na adresabilni sustav jer uz lokaciju šalje i fizikalnu veličinu koju je uređaj izmjerio. Izmjerena fizikalna veličina se šalje mikroprocesoru koji sadrži A/D konverter pomoću kojega se ona pretvara u digitalnu te je na taj način omogućeno slanje podatka centralnoj jedinici. Centralna jedinica provodi rutinu ispitivanja u kojoj šalje signal svakom uređaju u petlji te čeka odziv. Svaki detektor se dijeli na četiri moguća stanja: stanje greške, normalno stanje, pred-alarmno stanje i alarm. Ta četiri stanja su u svakom trenutku prikazana na ploči. Ovakvim načinom konfiguracije sustava iznos lažnih alarma smanjen je za 70%. [32]



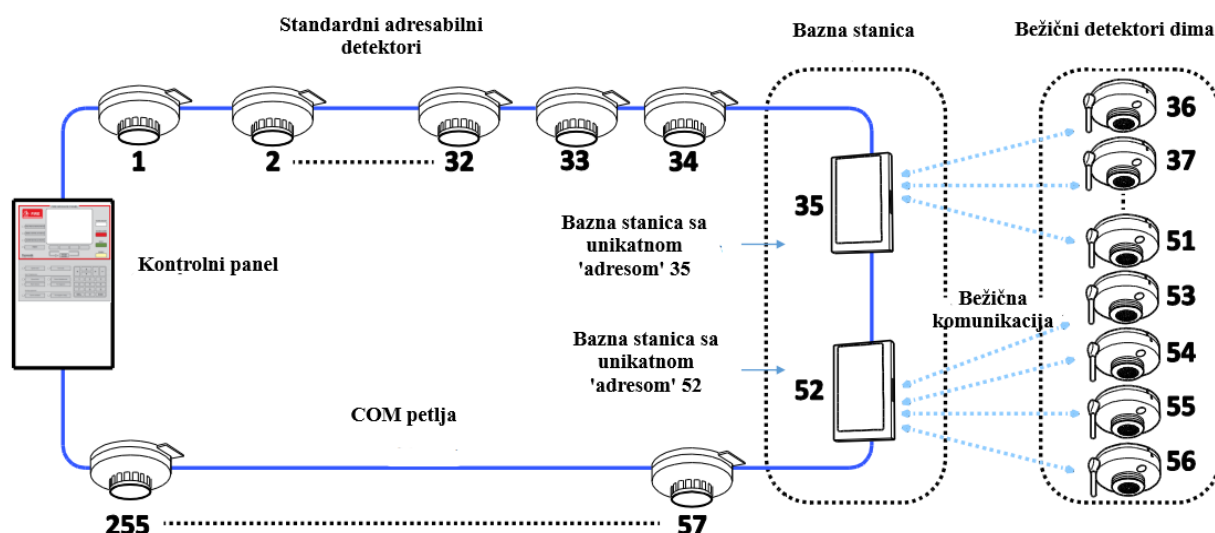
Slika 3 Analogno-adresabilni sistem

Izvor: <https://www.firesafetysearch.com/automatic-fire-detection-systems-conventional-addressable/>

Predalarmno stanje je stanje između normalnog stanja i alarma koje ukazuje na promjenu odnosno porast izmjerene fizikalne veličine. Takvo stanje se uglavnom očitava kada detektor ima tragove prašine, te je bolje aktivirati predalarm koji će dati dovoljno vremena nadležnoj osobi da riješi problem, umjesto da dođe do potpunog oglašavanja protupožarnog sustava. Signal pred alarma je također vrlo koristan i kod potencijalno opasnih situacija tinjajućeg požara. Tinjajući požar ima karakteristiku vrlo sporog ali kontinuiranog povećanja dima što može prerasti u katastrofalni požar ukoliko se ne detektira na vrijeme. Ukoliko se uoči takva spora promjena u sustavu, sustav automatski spušta prag alarma odnosno povećanja osjetljivosti detektora čime se postiže pravovremena brzina reakcije sustava.

2.7. BEŽIČNI VATRODOJAVNI SUSTAV

Bežična tehnologija za otkrivanje požara pruža mnogo prednosti u odnosu na tradicionalnu, žičanu verziju. Nudi pouzdano, jednostavno za instalaciju, baterijsko napajano rješenje za privremene ili trajne aplikacije koje se mogu vrlo brzo implementirati. Sama činjenica da je bez žica eliminira potrebu za dugim kabelima. Bežični sustav je zapravo alternativan sustav koji se koristi u prostorijama u kojima je teško izvesti instalaciju kabela. Nedostatak bežične verzije je potencijalno slaba kvaliteta signala koja kod žičanih sustava ne postoji.



Slika 4 Primjer bežičnog vatrodjavnog sustava

Izvor: izradio autor prema: <https://www.brooks.com.au/sites/brooks/assets/File/presentation-addressable-wireless-detection-system.pdf>

3. STRUKTURALNA ZAŠTITA OD POŽARA NA BRODU

Strukturalna zaštita od požara naziva se i pasivna zaštita. Mnoge lekcije naučene iz žrtava požara uključuju važnost konstrukcijske zaštite od požara te je strukturalna zaštita itekako usko povezana s brodskim vatrodajavnim sustavom. Kada se vatra izbije kontroli, prisutnost konstrukcijske zaštite je ta koja sprječava širenje požara, produljuje vrijeme potrebno za evakuaciju i štiti same evakuacijske puteve.

3.1. OBUZDAVANJE VATRE

Obuzdati vatru znači kad god postoji vatra na brodu, potrebno je zaustaviti širenje sa početnog prostora kako bi se dobilo potrebno vrijeme da putnici i posada pobjegnu iz opasnog područja i pričekaju spašavanje. Na temelju ovog načela, brod treba podijeliti u glavne vertikalne požarne zone i horizontalne požarne zone. Strojevi i smještajni prostori moraju biti odvojeni od ostatka broda.

3.2. ZAŠTITA EVAKUACIJSKIH PUTOVA I PRISTUP OPREMI ZA GAŠENJE POŽARA

U slučaju požara na brodu, putnike je uvijek potrebno prvo evakuirati iz zahvaćenog područja, a zatim razmotriti gašenje požara. Evakuacija će biti uspješna samo ako su stepeništa ili drugi načini bijega sigurni i upotrebljivi. Ove rute za bijeg također su pristup za vatrogasce odnosno uvježbanog osoblja. Zaštita ovih ruta je neophodna i za evakuaciju i za gašenje požara. SOLAS daje različite propise o načinima bijega na putničkim brodovima (Pravilnik 28), koji uključuje ro-ro putničke brodove (Pravilnik 28-1). Svaki brod treba imati spremna barem dva načina bijega za posadu i putnike.

3.3. STRUKTURALNA ZAŠTITA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA

Kod putničkog broda trup, nadgrađe i palubne kućice podijeljeni su po dužini u glavne vertikalne požarne zone po odjelima klase "A" (SOLAS II-2/24). Za brodove koji prevoze više od 36 putnika, odjelci će biti odjelci klase "A-60". Duljina i širina glavnih vertikalnih zona može se produžiti do najviše 48 metara, ali ukupna površina glavne vertikalne zone ne smije prelaziti 1600 metara kvadratnih na bilo kojoj palubi. U skladu s rizikom od požara susjednih

prostora, mogu se odabrati različite požarne skupine. Postoje tri klase vatrogasne podjele. Najučinkovitije protupožarne jedinice su pregrade klase A koje sprječavaju prolaz dima i plamena tijekom jednog sata i ne griju iznad nazivne granice.

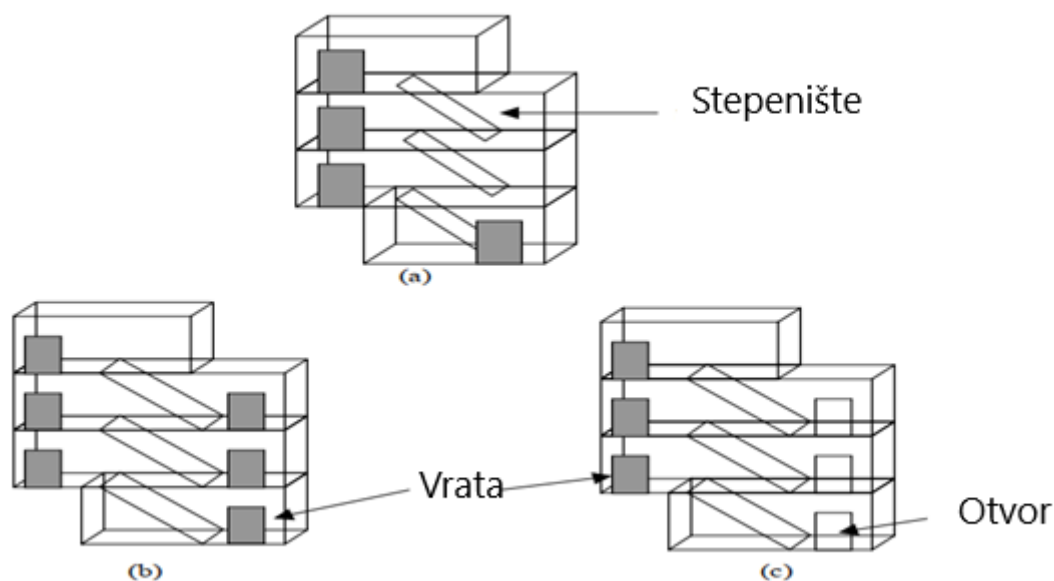
Pregrade klase A imaju metalnu jezgru od čelika ili drugog ekvivalentnog materijala izoliranu negorivim materijalima kako bi se spriječilo njihovo zagrijavanje.

Pregrade klase B su one koji sprječavaju prolaz plamena kada su izložene trideset minutnom standardu testa požara; međutim, ne smiju spriječiti prolaz dima. Klase pregrade B ne smiju imati metalnu jezgru, ali moraju biti izrađene od negorivih materijala.

Pregrade klase C izgrađene su od nezapaljivih materijala, ali ne moraju zadovoljiti sve zahtjeve koji se odnose na prolaz dima i plamena niti ograničenja u odnosu na porast temperature. Njihova je svrha smanjiti potencijal paljenja opreme i konstrukcijskih elementa, kao što su obloge bokova broda, stropovi, pregrade, itd. Bilo koja pregrada izgrađena od nezapaljivog materijala, ali nije ispitana testovima za usporavanje požara treba smatrati pregradom C klase. Unutar okomite zone, za putničke brodove koji prevoze više od 36 putnika, sve pregrade za koje se ne zahtijeva da budu pregrade klase A moraju biti najmanje klase B ili C podjele. Za brodove koji prevoze najviše 36 putnika, ovaj se zahtjev odnosi na pregrade unutar smještajnih i uslužnih prostora.

3.4. SREDSTVA ZA BIJEG

Na putničkim brodovima iznad pregradne palube moraju postojati najmanje dva evakuacijska puta iz svake glavne vertikalne zone ili sličnog ograničenog prostora, od kojih barem jedan od tih puteva omogućuje pristup stubištu. Ispod pregradne palube moraju biti dva evakuacijska puta iz svakog vodonepropusnog odjela ili sličnog ograničenog prostora, barem jedan od njih mora biti neovisan o vodonepropusnim vratima. Jedan od načina bijega sastojati će se od lako dostupnog zatvorenog stubišta koje pruža kontinuirani zaklon od požara. Bilo koji hodnik i predvorje trebaju imati više od jednog izlaza. Širina stubišta treba zadovoljiti broj putnika i posade koji mogu koristiti stubište kao sredstvo za bijeg u hitnim slučajevima. Širina stubišta za brzu evakuaciju velikog broja putnika u kratko vrijeme se određuje prema veličini broda i kapacitetu putnika.



Slika 5 Način projektiranja stepeništa

Izvor: izradio autor prema: <https://www.standardclub.com/fileadmin/uploads/standardclub/Documents/Import/publications/masters-guides/2678934-a-masters-guide-to-fire-safety-on-ferries.pdf>

Stepeništa se projektiraju na način da se uzima ukupan broj osoba koje treba evakuirati, odnosno uzima se dvije-trećine posade i ukupni broj putnika. Opet, projektanti ne bi trebali ograničavati njihovo razmatranje ovim zahtjevima SOLAS-a. Na luksuznom kruzeru gdje postoji velika količina kazališta, kasina i drugih javnih zabavnih mjesta, projektanti bi trebali uzeti u obzir najgoru situaciju kada odlučuju o širini stepeništa. [2]

4. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA

Današnji moderni putnički brodovi sastoje se od niza protupožarnih sustava od protupožarnih vrata, osvjetljenja podova za slučaj nužde, međunarodnih znakova smjera “Running Man”, sustava vodene magle, sustava ranog upozorenja, kontrole dima do sustava za automatsku kontrolu zaklopki. Mnogi od ovih sustava skriveni su zbog estetike, ali ostaju spremni kada je potrebno. Zajedno sa svim članovima posade koji se obučavaju osnovnoj protupožarnoj zaštiti s nekim članovima određenim kao vatrogasna brigada.

Ključevi uspjeha ovih sustava se oslanjaju na sveukupnom dizajnu i integraciji sustava kao sustava životne sigurnosti te rutinskim inspekcijama i održavanjima koji se provode na sustavima.

4.1. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA NA TRAJEKTIMA I RO-RO TRAJEKTIMA

Trajekt je brod koji se koristi za prijevoz putnika, a ponekad vozila i tereta (ro-ro trajekt), preko vodene površine.

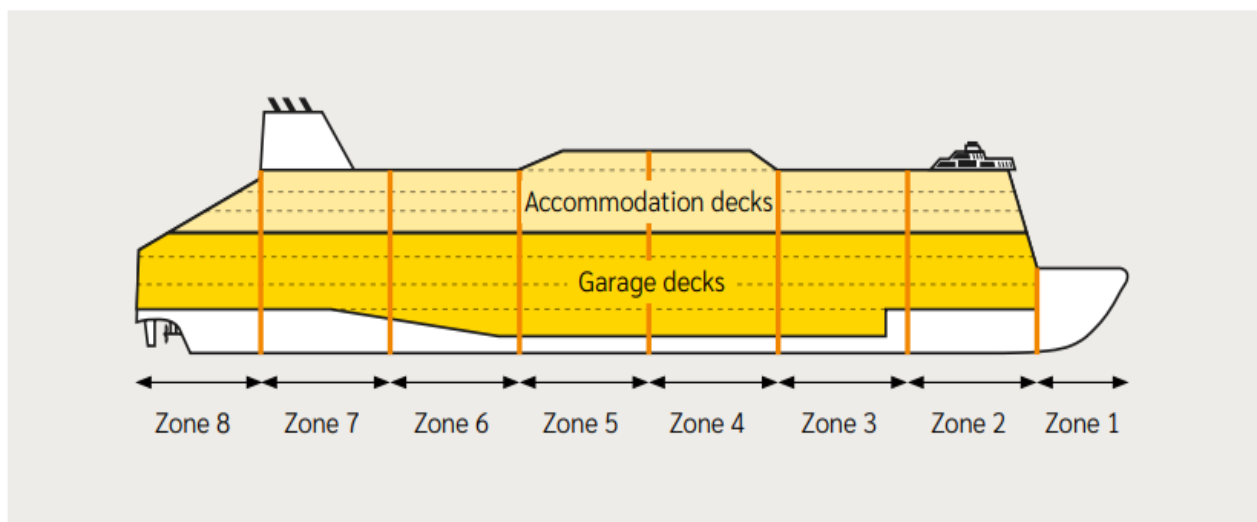
Zaštita od požara na trajektima se zasniva na osam generalnih principa:

- 1) Podjela broda na vertikalne i horizontalne zone toplinskim i strukturnim pregradama
- 2) Odvajanje smještaja od ostatka broda toplinskim i strukturnim pregradama
- 3) Ograničena uporaba zapaljivih materijala
- 4) Automatska detekcija požara
- 5) Obuzdavanje i gašenje požara u prostoru zapaljenja
- 6) Zaštita sredstava za bijeg i protupožarnog pristupa
- 7) Dostupnost aparata za gašenje požara
- 8) Minimiziranje izvora paljenja [20]

Ro-ro trajekti dizajnirani su sa posebnim značajkama pošto postoji dodatna opasnost požara od strane vozila koja se prevoze te uključuju:

- 1) Maksimiziranje prostora za odlaganje i omogućavanje vozilima što lakši pristup velikom otvorenom garažnom prostoru
- 2) Potrebno je ukloniti ispušne plinove vozila
- 3) Veliki prisilni ventilatori

- 4) Omogućiti putnicima lak pristup smještaju i garažnom prostoru
- 5) Omogućiti posadi lagan pristup strojarnici [20]



Slika 6 Raspodjela zona na ro-ro putničkom brodu

Izvor: <https://www.standardclub.com/fileadmin/uploads/standardclub/Documents/Import/publications/masters-guides/2678934-a-masters-guide-to-fire-safety-on-ferries.pdf>

Osnovno načelo protupožarne zaštite je obuzdavanje požara u prostoru začetka. Brodski trup, nadgrađe i palubne kućice podijeljene su u vertikalne požarne zone omeđene vatrootpornim pregradama. Ove okomite požarne zone često su u liniji s vodonepropusnim pregradama. Njihova duljina i širina obično ne prelazi 48 metara. Međutim, garažni prostor na ro-ro trajektu vjerojatno će premašiti takvu veličinu.

Pregrade klase A su pregrade, palube ili vrata, obično izrađene od čelika i izolirane za sprječavanje prolaza dima i plamena. Primijenjeni standard je da temperatura pregrade sa strane na kojoj nema požara ne smije prijeći 140°C ili 180°C na spojevima.

Pregrade B klase, iako su izgrađene od negorivih materijala, mogu imati zapaljive ljuskice. Imaju niži standard prijenosa topline u usporedbi s pregradama klase A te odjeljci su izolirani kako bi se spriječilo porast temperature na njihovoj neizloženoj strani za najviše 140°C ili na jednom mjestu za 225°C do 15 minuta. Pregrade su sposobne spriječiti prolaz plamena prvih pola sata.

Detektori požara (topline, dima, plamena) i alarmi ručni javljači požara: Sustavi za otkrivanje požara i alarmni sustavi instalirani su u nastambama, područjima na palubi i u prostorijama strojeva zajedno s alarmnim sustavom za obavještanje o svakom izbijanju požara ili dima što je prije moguće. [20]

4.2. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA NA BRODOVIMA ZA KRSTARENJE

Brod za krstarenje (kruzer) je brod namijenjen kružnim turističkim putovanjima, najčešće u tropskim ili zatvorenim morima ili uz obalne krajeve kulturno-povijesno ili prirodno atraktivnih zemalja.

Koriste se vatrootporne pregrade različite klase pregrada kao što je klasa A. Moraju biti izolirane odobrenim nezapaljivim materijalima tako da prosječna temperatura neizložene strane ne poraste više od 140°C iznad izvorne temperature, niti će temperatura, u bilo kojoj točki, uključujući bilo koji spoj, porasti više od 180°C iznad izvorne temperature. Koriste se na brodu za izgradnju pregrada u područjima kao što su smještaj, strojarnica, crpna soba itd. Glavne primjene takvih pregrada su zadržavanje ili ograničavanje širenja požara u osjetljivim područjima.

Protupožarna vrata su ugrađena u vatrootpornu pregradu kako bi se omogućio pristup iz iste. To su vrata koja se samo zatvaraju bez sustava zadržavanja. Mogu se aktivirati lokalno i s mosta. Redovita ispitivanja se trebaju provoditi po zonama. Sve nedostatke pronađene tijekom ispitivanja treba odmah otkloniti.

Protupožarne zaklopke se nalaze u strojarnici ventilacijskog sustava, smještajnim prostorima itd. kako bi se spriječio prekomjerni dotok kisika u vatru. Za to je potrebno da su otvoreni i zatvoreni položaji jasno označeni za protupožarne zaklopke. Ventilacijske jedinice treba koristiti za zatvaranje ventilacije i prestanak dovoda kisika.

Protupožarne pumpe prema propisu moraju imati glavnu protupožarnu pumpu i pumpu za napajanje u nuždi odobrenog tipa i kapaciteta. Lokacija protupožarne pumpe mora biti izvan prostora u kojem se nalazi glavna protupožarna pumpa.

Prijenosni aparati za gašenje požara: Najčešći prijenosni aparati za gašenje požara su CO₂ (uglavnom kod električnih požara), pjene (tekuće požare), vode (zapaljive požare) i suhog kemijskog praha (sve vrste požara) koji se nalaze u nastambama, na palubi i strojevima.

Fiksni sustav za gašenje požara: CO₂, (strojarnica, električne podstanice, skladište boja itd.) prskalice s pjenom i vodom (smještaj), vodena magla, HI-Fog se koriste i postavljaju na različitim lokacijama na broda i njima se daljinski upravlja izvan prostora koji treba zaštititi.

Detektori požara (topline, dima, plamena) i alarmi ručni javljači požara: Sustavi za otkrivanje požara i alarmni sustavi instalirani su u nastambama, područjima na palubi i u prostorijama strojeva zajedno s alarmnim sustavom za obavješćavanje o svakom izbijanju požara ili dima što je prije moguće.

5. VRSTE POŽARA NA BRODU

Gorenje je kemijski proces kod kojeg dolazi do oksidacije gorivih sastojaka pri čemu se oslobađa toplina i dolazi do pojave svijetlosti. Prema slici 3. koja prikazuje trokut gorenja se vidi da će doći do gorenja ako je prisutan kisik, goriva tvar i izvor zapaljenja.



Slika 7 Trokut požara

Izvor: <https://repozitorij.rgn.unizg.hr/en/islandora/object/rgn%3A1088/datastream/PDF/view>

Čimbenik koji predstavlja lijevu bočnu stranu trokuta je velika količina zraka (kisika) koja se nalazi npr. u strojarnici, a svrha je osiguravanje dovoljne količine za rad glavnih i pomoćnih motora (izgaranje goriva), rashlada strojarnice putem ventilatora, turbina te kotlova i incineratora. Desna bočna strana trokuta prikazuje toplinu koja nastaje uslijed zagrijavanja određenih strojeva zbog nepravilnog održavanja ili nedovoljnog hlađenja što je u većini slučajeva ljudska pogreška. Treća strana trokuta ukazuje na gorive tvari kao što su ulje unutar cijevi, nafta u spremnicima, zauljene krpe itd. Ispravnim održavanjem i provjerom spojeva (brtve, priрубnice) moguće je reducirati ove uzroke požara. Ako se izuzme jedan od uzroka u trokutu požar neće biti moguć. [5]

Vatra se može podijeliti u 4 klase:

- Klasa A – Požari uzrokovani običnim zapaljivim materijalima kao što su drvo, tkanina, papir, guma i mnoge plastike. Općenito, požari koji uključuju čvrste

materijale, obično organske prirode, u kojima se obično odvija izgaranje uz stvaranje užarenog žara. Voda je najbolji medij za gašenje požara klase A. Također se koristi meki suhi kemijski prah (DCP).

- Klasa B - Uključuje požare tekućina ili krutina koje se mogu ukapljiti. Požari zapaljivih tekućina, ulja, masti, katrana, boja na bazi ulja, lakovi itd. Pjena je najbolje sredstvo za gašenje požara klase B. Ali treba osigurati njegovu reaktivnost u slučaju kemijskih požara.
- Klasa C - Požari koji uključuju plinove. Zapaljivi plinovi poput metana, prirodnog plina, acetilena itd. Suhi kemijski prah se koristi za gašenje plinovitih požara. Njegova osobnost da prekine lančanu reakciju u procesu izgaranja čini ga prikladnim za tu svrhu.
- Klasa D - Požari koji uključuju metale, uključujući magnezij, cirkonij, natrij, litij, kalij itd. Para, suhi kemijski prah može se koristiti protiv požara brašna. Klasifikacija požara nam govori koji je aparat za gašenje požara potrebno koristiti za učinkovito gašenje požara.

5.1. GAŠENJE VATRE UKLANJANJEM KISIKA

Osim u tvarima koje sadrže vlastiti kisik, uklanjanje dovoljne količine kisika ugasit će vatru. Manji požari mogu se ugasiti pijeskom iz vatrogasne kante, a prostirka ili pokrivač mogu se koristiti za gašenje plamena s nečije odjeće. Neophodno je osigurati da su vrata pravilno zatvorena kada se vatra ostavi da gori u odjeljku ili prostoriji. U svim prostorima zahvaćenim požarom ventilatore treba isključiti, a vrata i druge otvore zatvoriti. Ako vatra na primjer krene goriti u prostorima za skladištenje tereta može se spriječiti zatvaranjem otvora i isključivanjem ventilatora kako bi uklonili kisik iz prostorije. U postupcima gašenja požara kisik se uklanja gašenjem vatre slojem pjene. Kisik se također prekida korištenjem prijenosnih i poluprijenosnih aparata za gašenje ugljičnim dioksidom i u nekim slučajima koristeći aparat za gašenje suhim prahom. Kada se koristi CO₂ ili suhi prah treba ostati na oprezu jer se vatra prigušuje ali i dalje postoji mogućnost ponovnog zapaljenja.. U slučaju kada koristimo fiksne sustave za gašenje požara na brodovima, ugljični dioksid istiskuje zrak unutar odjeljka i požar se gasi zbog nedostatka kisika.

5.2. GAŠENJE VATRE UKLANJANJEM TOPLINE

Smanjenje temperature postiže se upotrebom odgovarajućeg rashladnog medija, uobičajeno korištenjem vode. Brzina kojom rashladni medij uklanja toplinu mora biti veća od one koju proizvodi vatra. Hlađenjem graničnih pregrada smanjit će se mogućnost paljenja materijala izvan zahvaćenog odjeljka. Za određenu količinu vode, oko šest puta više topline će biti uklonjeno ako je veličina kapljice vode dovoljno mala da se pretvori u paru. Slučajno, određeni stupanj gušenja također se može postići iz stvorene pare. Toplina se također može apsorbirati razgradnjom suhog praha. Izvor struje treba isključiti u slučaju požara električne izolacije i kuhinje.

5.3. GAŠENJE VATRE UKLANJANJEM GORIVA

Uklanjanje goriva nije uvijek moguće. Međutim, u slučaju požara tekućeg goriva uzrokovanog curenjem cijevi ili spojnica, dovod goriva treba zatvoriti. Također je moguće ispustiti gorivo iz gorućeg spremnika. Osobito je važno zatvoriti dovod plina u požaru. Međutim, plin se također može ostaviti da gori na kontrolirani način. U prostorijama za smještaj putnika i posade, zapaljive materijale treba ukloniti iz okoline vatre, uključujući sve susjedne odjeljke na koje utječe toplina. U nekim slučajevima može biti mudro baciti goruće ili potencijalno opasne materijale u more.

5.4. FAZE RAZVOJA POŽARA

Faze početnog razvoja požara odnose se na vrijeme između nastanka požara pa sve do naglog porasta temperature. Ova faza ovisno o uvjetima zapaljenog prostora može biti različitog trajanja, a ovisi o vrsti gorive tvari te količini kisika u prostoru. Razlikuju se dva dijela faze:

- 1) Stupanj paljenja nastaje kada su ispunjeni potrebni uvjeti trokuta gorenja.
- 2) Stupanj tinjanja karakterizira spori porast temperature te pojava velike količine dima koji može ispuniti cijelu strojarnicu. [28]

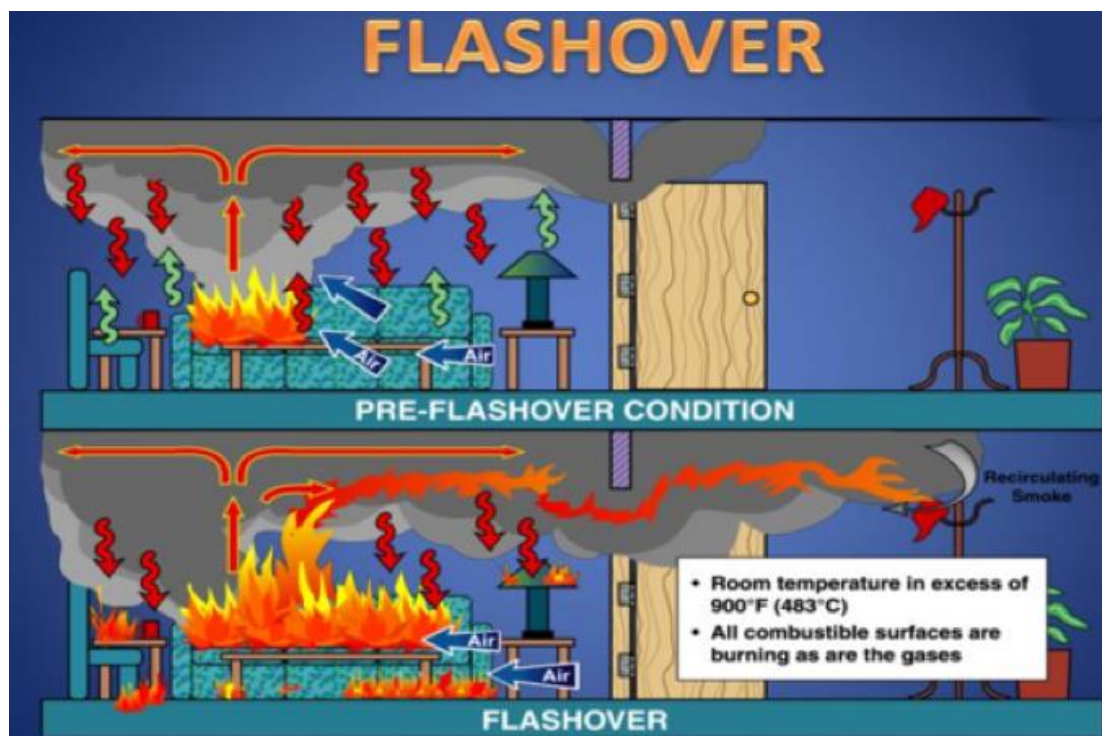
5.4.1. Početna faza

Početna faza je ključna u uspješnoj borbi s požarom jer ga je tada najlakše suzbiti, a uzrokovat će najmanje štete. Teško je ručno boriti se i ugasiti vatru kada je u ovoj fazi zbog vremena koje je potrebno da se identificira vatra, locira ručni aparat za gašenje i poduzmu odgovarajući koraci za gašenje vatre.

Faza počinje kada se toplina, kisik i izvor goriva spoje i dođu do kemijske reakcije koja rezultira požarom. Ovo je također poznato kao "zapaljenje" i obično je predstavljeno vrlo malom vatrom koja se često gasi sama od sebe prije nego što se dosegne sljedeća faza. Prepoznavanje požara u ovoj fazi daje najbolju priliku za gašenje ili bijeg.

5.4.2. Faza razvijanja požara

Faza razvijanja požara je stadij u kojem se požarno opterećenje konstrukcije i kisik koriste kao gorivo za vatru. Brojni su čimbenici koji utječu na fazu rasta, uključujući mjesto izbijanja požara, koji se zapaljivi materijali nalaze u njegovoj blizini, visina stropa i mogućnost "toplinskog raslojavanja". Tijekom ove najkraće od 4 faze može doći do smrtonosnog "flashovera".



Slika 8 Primjer flashover-a

Izvor: <https://www.slideserve.com/debra/basic-firefighting>

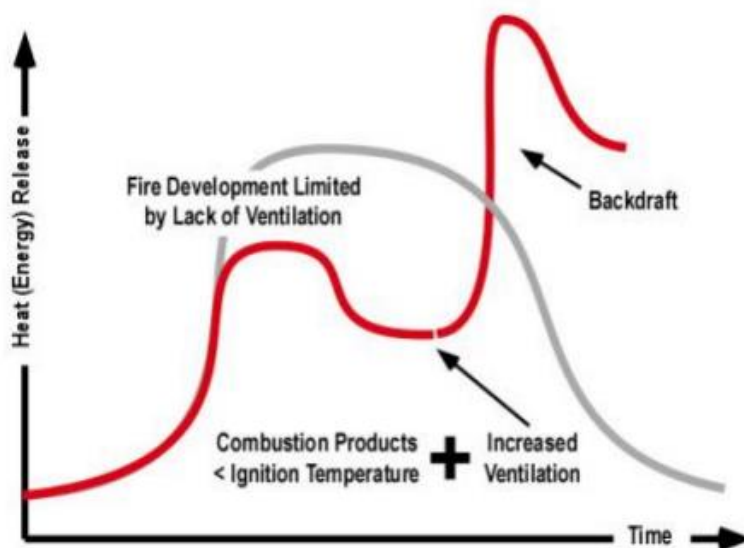
Nakon pojave „flashovera“ požar iz faze rasta prelazi u fazu potpuno razvijenog požara. U trenutku pojave „flashovera“ dolazi do zapaljenja cjelokupnog gorivog materijala u prostoriji. Prilikom pojave „flashovera“ razina temperature u prostoriji može varirati ali obično se nalazi između 500-600 °C. Važno je istaknuti da ne dolazi uvijek do pojave „flashovera“. Ukoliko u prostoriji nema dovoljno gorive tvari ili kisika neće doći do navedene pojave. [15]

5.4.3. Potpuno razvijen požar

Kada je faza razvijanja dosegla svoj maksimum i svi zapaljivi materijali gore, požar se smatra potpuno razvijenim. Ovo je najtoplija faza požara i najopasnija za svakoga tko je u njemu zarobljen. Temperatura plinova se kreće oko 700-1200 °C. Potpuno razvijen požar je najteže suzbiti te su izgledi za zaustavljanje širenja vatre višestruko manji.

5.4.4. Slabljenje požara

Ova faza uobičajeno traje najduže. Požar dolazi u fazu slabljenja kada u prostoru nestane gorive tvari ili kada dođe do prestanka dovoda kisika odnosno kada dođe do značajnog pada količine navedenih tvari. Ova faza sadrži dvije velike opasnosti: opasnost od ponovnog zapaljenja ukoliko se gorivi ostaci ne ugase te opasnost od ponovnog zapaljenja od ponovnog dovoda kisika ukoliko je razlog slabljenja požara bio nedostatak kisika.



Slika 9 Efekt backdrafta

Izvor: <https://www.firehouse.com/operations-training/article/10499828/extreme-fire-behavior-backdraft>

Uslijed nedostatka kisika temperatura neko vrijeme može rasti što čini opasnost zbog toga što se u prostoru koji gori nalazi koncentracija vrućeg, piroliziranog goriva i zapaljivih plinovitih proizvoda izgaranja. Ukoliko dođe do ponovnog dotoka kisika u prostoriju požar se ponovno razbuktava i javlja se takozvani *Backdraft* efekt sa slike 9. [28]

6. ULOGA DETEKTORA POŽARA U BRODSKOM VATRODOJAVNOM SUSTAVU

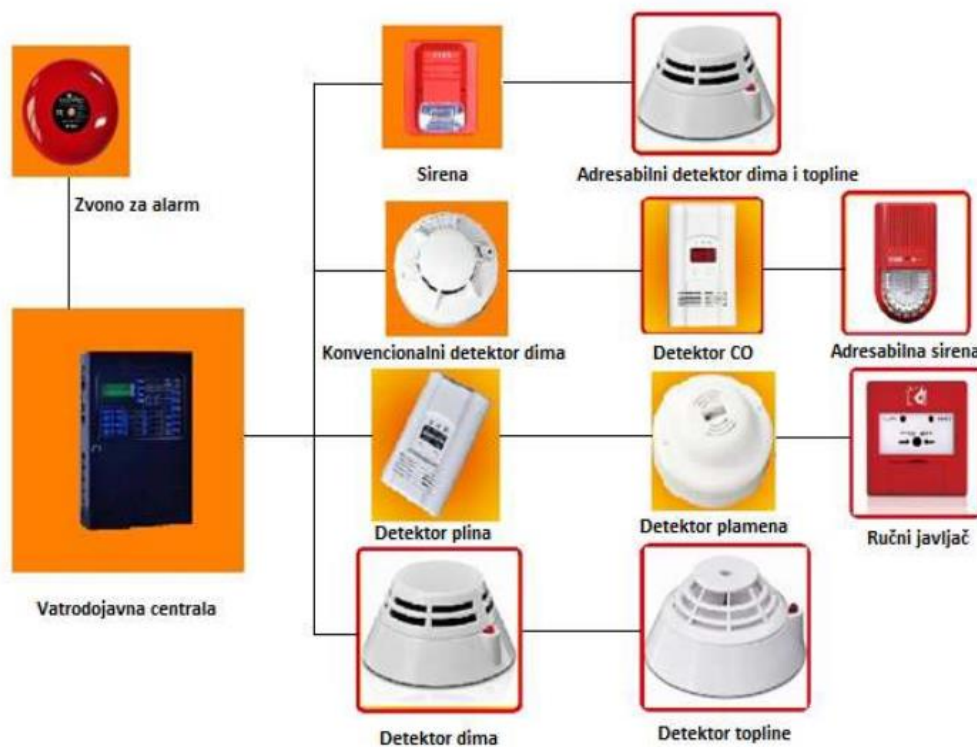
Uloga protupožarnih sustava na brodovima ne može se više naglasiti. Uvijek iznova, smrtonosni požari opustošili su trgovačke brodove na moru, daleko od kopna bez ikakve nade u pomoć s obale i prouzročili razaranja velikih razmjera na brodu, teretu i, još gore, rezultirali gubitkom ljudskih života.

Sada zamislite takav scenarij na putničkom brodu s tisućama života na brodu; Sama pomisao je zastrašujuća jer bi gubitak života potencijalno mogao biti mnogo veći. Iz tog je razloga ključno da putnički brodovi budu opremljeni sredstvima za gašenje požara, kako u prostorima za putnike tako i u područjima za posadu, uključujući tehničke prostore.

Kao i kod teretnih brodova na putničkim brodovima je također najvjerojatnije mjesto izbijanja požara strojarnica. Toplina od rada strojeva i ispušnih plinova, masne površine i obilje zraka koji se dovodi kroz ventilatore čini strojarnicu vrlo opasnim i ranjivim prostorom za nastanak požara. Ako se u početku ne obuzda ili ne kontrolira, požar se može brzo proširiti na druga područja broda.

6.1. DETEKTORI POŽARA

Detektori požara temelj su gotovo svih sustava zaštite od požara. Svaki vatrodojavni sustav u principu radi na isti način. Kada detektor detektira dim, vatru ili netko od posade i putnika aktivira ručni javljač aktiviraju se alarmni uređaji koji upozoravaju na mogućnost požara i da je vrijeme za evakuaciju. Detektori se dijele na detektore požara koji analiziraju okolinu u kojoj se nalaze kako bi identificirali dim, toplinu ili prisutnost ugljičnog monoksida. Detektor dima replicira ljudski osjećaj za miris, detektori plamena se ponašaju kao elektroničke oči, a toplinski detektori su slični našoj sposobnosti identificiranja temperature. Vatrodojavna centrala (glavna inteligentna komponenta sustava vatrodojave) prati stanje ulaznih elemenata, detektora i izvršava funkciju dojava i upravljanja izvršnim elementima. Signalizacija može biti zvučna, svjetlosna i putem evakuacijskih tabloa.



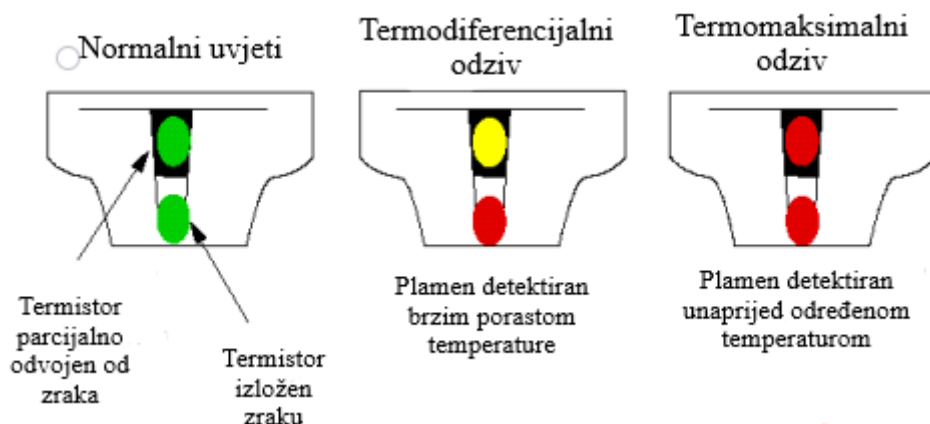
Slika 10 Elementi vatrodjavnog sustava

Izvor: izradio autor prema <https://www.vedard.com/post-fire-detector.html>

6.2. TEMPERATURNI DETEKTORI

Detektori topline najprikladniji su za okruženja gdje se može očekivati brzi porast vatre. Pretežito se postavlja na strop te se prilikom odabira mjesta ne smije postaviti na izravni put strujanja vrućeg ili hladnog zraka. Detektori topline imaju najsporiji odziv za razliku od ostalih detektora, ali im je prednost mala količina lažnih alarma. Postoje dvije vrste termalnih detektora:

- 1) Termomaksimalni koji aktiviraju alarm kada temperatura radnih elementa dosegne unaprijed određenu temperaturu.
- 2) Termodiferencijalni koji reagiraju na promjenu vrijednosti temperature.



Slika 11 Prikaz temperaturnih detektora

Izvor: izradio autor prema:

https://firealarmengineers.com/downloads/Complete_Intro_to_Fire_Detectors_v2-1.pdf

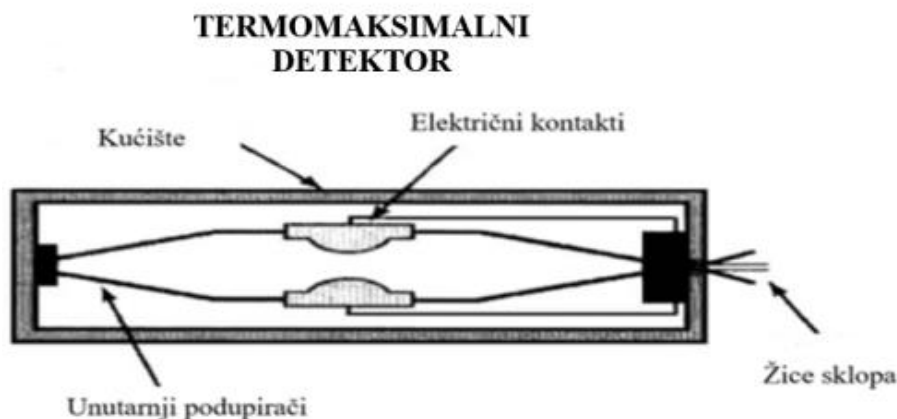
6.2.1. Termomaksimalni detektori

Toplinski ili termalni detektori s kompenzacijom brzine su uređaji koji su dizajnirani da se aktiviraju na unaprijed određenoj temperaturi u prostoru bez obzira na brzinu kojom se temperatura u prostoru povećava. To se postiže kompenzacijom toplinskog kašnjenja između sobne temperature i unutrašnjosti uređaja.

Konstrukcija se sastoji od metalne cijevi koja se širi fiksnom brzinom. Unutar ove cijevi kontakti alarma se zatvaraju kada se dosegne određena udaljenost širenja, ali se tom širenju suprotstavlja drugi metalni uređaj. Pri sporoj stopi porasta temperature, vanjska cijev se širi približavajući kontakte.

Unutarnji metalni dio uređaja djeluje protu silno, držeći kontakte razdvojenima dok se cijeli uređaj ne zagrije na nazivnu temperaturu. Pri brzoj stopi porasta temperature, vanjska cijev se širi brže nego što unutarnji dio može kompenzirati.

Stoga se kontakti alarma zatvaraju kada se cijeli uređaj zagrije na nižu razinu, čime se kompenzira termalno kašnjenje. Ovi su detektori dizajnirani da eliminiraju toplinsko kašnjenje povezano s detektorom fiksne temperature, kao i problem lažnih alarma.

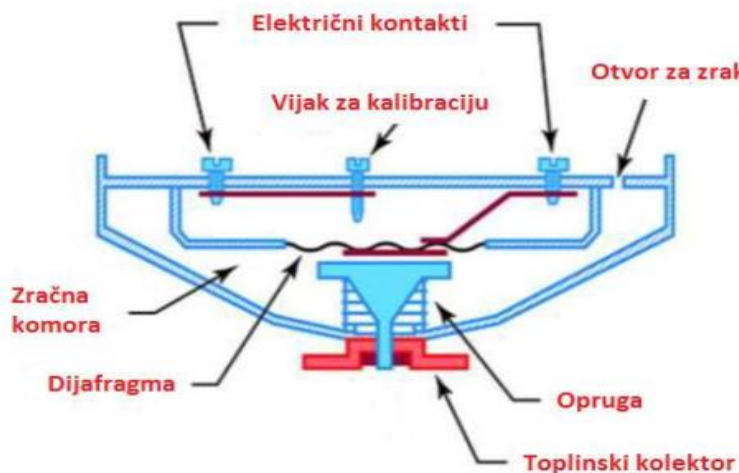


Slika 12 Termomaksimalni detektor

Izvor: izradio autor prema <https://instrumentationtools.com/rate-compensated-heat-detectors/>

6.2.2. Termodiferencijalni detektori

Termodiferencijalni detektori mjere brzinu kojom se temperatura zraka mijenja tijekom požara. Odlikuju se bržom reakcijom nego termomaksimalni detektori. Radi na principu mjerenja promjene temperature prostora pomoću prekidača diferencijalnog tlaka. Ovaj prekidač sadrži zračnu komoru odvojenu od zraka u okolnom prostoru fleksibilnom dijafragmom. Kako zrak u okolnom prostoru mijenja temperaturu, tlak zraka raste, stvarajući diferencijalni tlak preko dijafragme.



Slika 13 Prikaz termodiferencijalnog detektora

Izvor: Brodski vatrodojavni sustav, Dalibor Rebić, 2021.

Zračna komora je konstruirana sa takozvanim kalibriranim curenjem tako da se normalne fluktuacije temperature i tlaka unutar prostora prostorije prilagođavaju preko obje strane dijafragme i neće uzrokovati zatvaranje kontakata te pojavu lažnog alarma. Tijekom požara temperatura zraka raste brzinom većom od normalne, što uzrokuje povećanje dijafragme na strani prostorije. Propuštanje se ne može kompenzirati, pa se dijafragma pomiče i zatvara kontakte detektora.

6.3. DETEKTORI DIMA

Detektor dima je uređaj koji detektira prisutnost dima u prostoriji. Pošto je dim u većini slučajeva jedan od najranijih znakova požara, otkrivanje dima ima važnu ulogu u otkrivanju vatre. Detektori dima obično se nalaze u plastičnim kućištima u obliku diska promjera oko 150 milimetara i debljine 25 milimetara iako oblik i veličina variraju po tipu i potrebi. Postoje dva tipa dimnih detektora koji rade na različitim principima detekcije prisutnosti dima, optički (fotoelektrično) i fizičkim postupkom (ionizacija).



Slika 14 Ionizacijski i optički detektor dima

Izvor: <https://zionssecurity.com/fire-protection/why-you-should-add-a-photoelectric-smoke-detector-to-your-security-system-monitoring/>

Prema SOLASOVIM propisima zahtijeva se da se na stepeništima, hodnicima i putevima evakuacije unutar smještajnih prostora certificira da detektor pošalje signal prije nego što gustoća dima prijeđe 12,5% zamračenja po metru, ali se neće poslati sve dok gustoća dima ne prijeđe 2% zamračenja po metru. Detektori dima koji se postavljaju u drugim prostorijama moraju raditi unutar granica osjetljivosti imajući u vidu izbjegavanje neosjetljivosti ili preosjetljivosti detektora.

Tablica 2 Raspored detektora dima

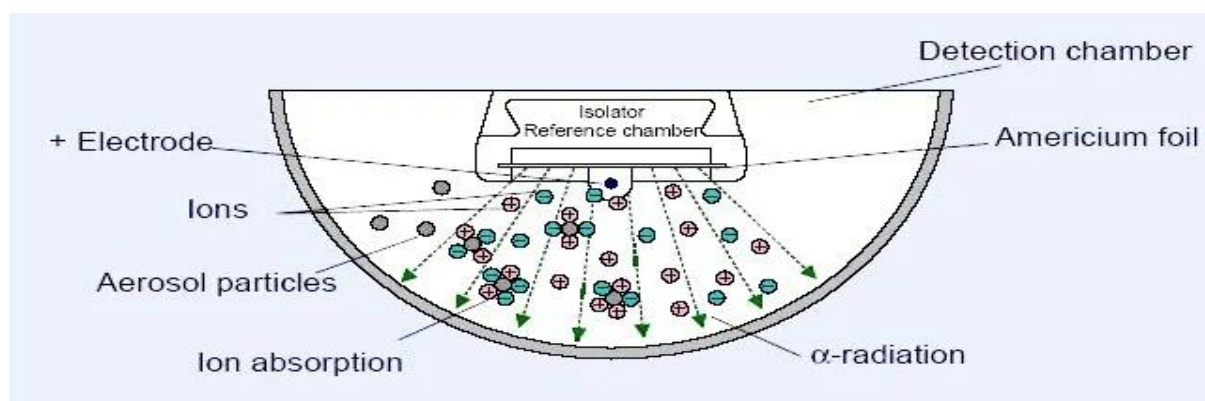
Visina prostorije u metrima	Područje nadzora detektora u metrima kvadratnim	Maksimalna udaljenost u metrima	
		Između detektora	Detektor od zida
Do 3.5	Do 85	9.0	4.5
3.5-6.0	Do 70	8.5	4.0
6.0-10.0	Do 65	8.0	4.0
10.5-12.0	Do 55	7.5	3.5

Izvor: izradio autor

Najmanje jedan detektor dima mora biti smješten u svakom zatvorenom prostoru za koji je potrebna detekcija dima.

6.3.1. Ionizacijski detektor dima

Ovi detektori se sastoje od ionizacijske komore s radijatorom od osam čestica koji se sastoji od folije Americij-241 u središtu i ionizira zrak unutar komore. Električni napon se primjenjuje na igličastu elektrodu i kao rezultat, struja protokne kroz komoru za detekciju kada je detektor u svom normalnom stanju.



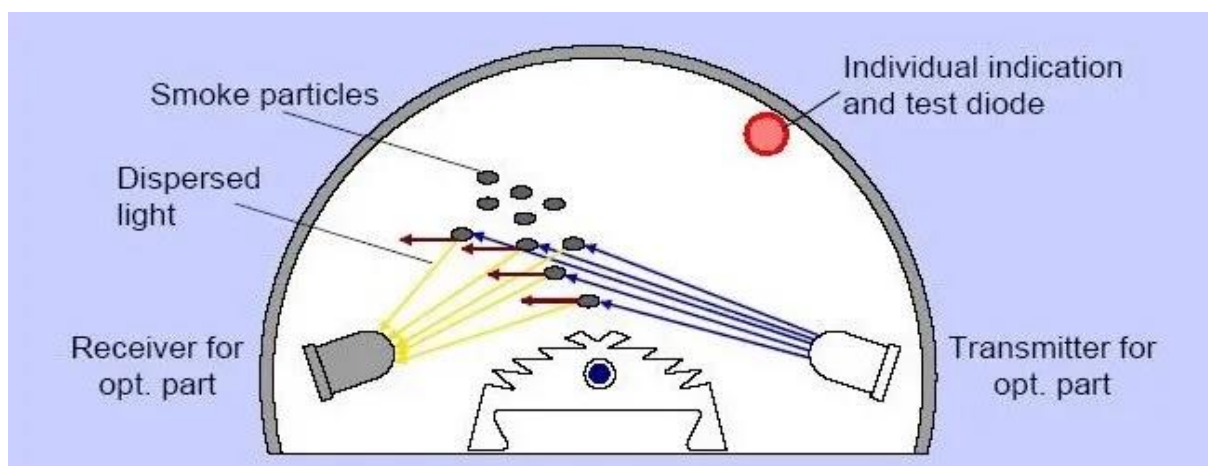
Slika 15 Komponente ionizacijskog detektora dima

Izvor: <https://instrumentationtools.com/types-of-fire-and-gas-detectors>

U slučaju požara, sitne čestice aerosola (čestice čađe, plinovi izgaranja itd.) vežu se za ionizirane čestice. To povećava otpor u komori i posljedično smanjuje protok struje unutar detekcijske komore. Ovu promjenu registrira elektronika detektora i signal za požar šalje se upravljačkoj ploči.

6.3.2. Optički detektor dima

Princip detekcije se zasniva na senzoru koji se sastoji od LED diode, predajnika i fotodiode prijemnika. Ova dva uređaja postavljena su pod određenim kutom jedan u odnosu na drugi i razdvojena ekranom, tako da svjetlo iz LED-a ne može pasti izravno na prijemnu diodu. LED odašiljač emitira infracrveno svjetlo u komoru za otkrivanje.



Slika 16 Komponente optičkog detektora dima

Izvor: <https://instrumentationtools.com/types-of-fire-and-gas-detectors/>

U slučaju požara, vidljivi produkti izgaranja ulaze u komoru, a dio svjetlosti koju emitira LED se raspršuje na česticama tako da pada na prijamnu diodu. To prirodno povećava razinu signala koju generira prijamnik, a koju registrira elektronika detektora, što zauzvrat aktivira signal alarma.

6.4. DETEKTOR PLAMENA

Detektor plamena sastoji se od optičkog detektora za pronalaženje i reagiranje na prisutnost plamena vatre; kroz UV i infracrvene zrake koje izlaze iz plamena. Protupožarni detektori plamena se u pravilu ugrađuju isključivo u strojarnicu.

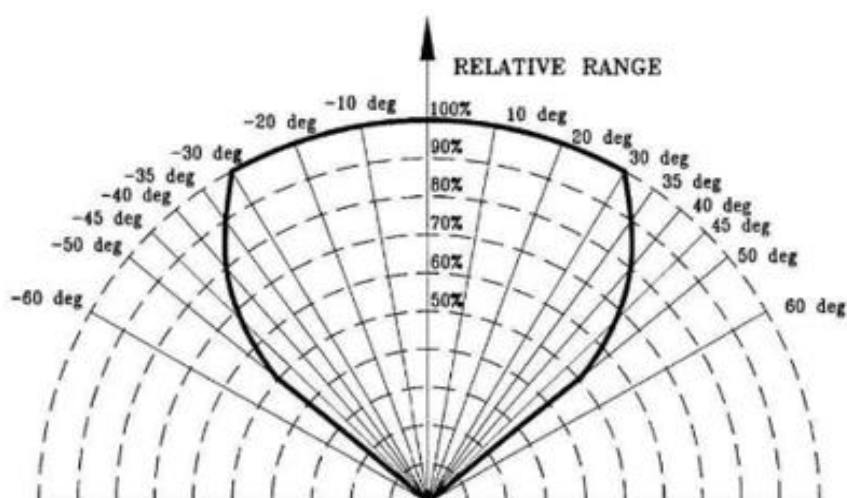


Slika 17 Detektor plamena

Izvor: <http://hr.ahjianlong-ir.com/info/comparison-and-limitation-of-various-flame-det-42718421.html>

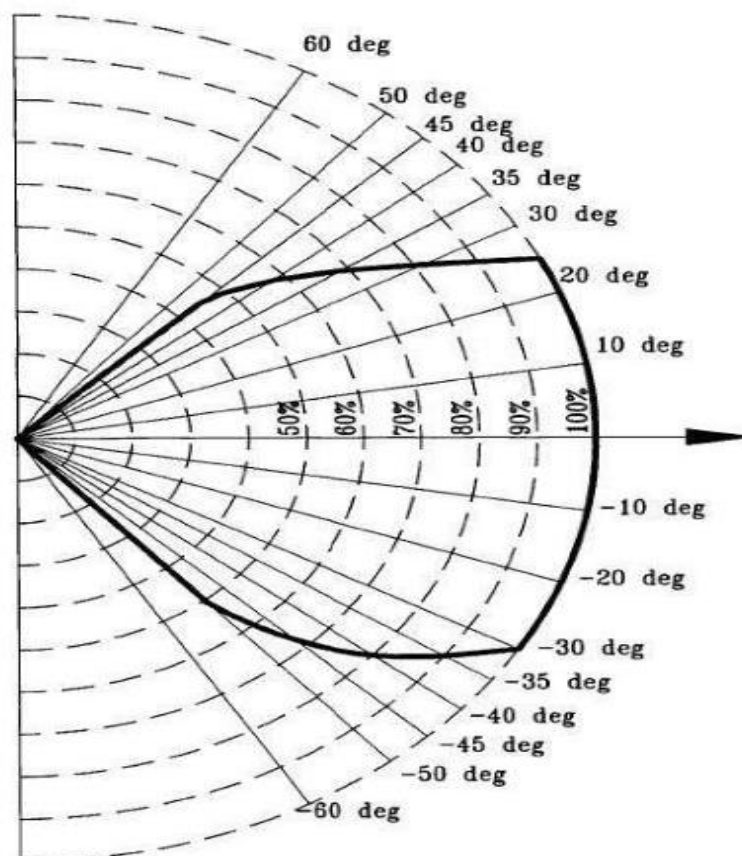
Veliki nedostatak je visoka sklonost lažnim alarmima, dok im je prednost brzina detekcije požara. Smještaju se na mjestima gdje se rukuje s gorivom. Detektor plamena može biti UV, infracrveni ili oboje. Ultraljubičasti detektor dobro radi u rasponu od 150 do 250 nm za otkrivanje požara ili eksplozije u roku od 2 do 4 milisekunde. Slično, infracrveni detektor radi u rasponu od 4 do 4,5 mikrometara za otkrivanje požara i čestica koje prodiru kao što su prašina, dim i drugi zagađivači zraka.

Na slici 18 i 19 je prikazano vertikalno i horizontalno vidno polje detektora plamena koji je postavljen u standardnoj kalibraciji.



Slika 18 Horizontalno vidno polje detektora plamena

Izvor: <https://www.slideserve.com/orrin/flame-detection>



Slika 19 Vertikalno vidno polje detektora plamena

Izvor: https://www.alibaba.com/product-detail/Photoelectric-flame-sensor-UV-flame-detector_60303307749.html

Iz slika je vidljivo da su detektori plamena ograničeni vidnim poljem i udaljenosti. Osjetljivost se smanjuje na rubovima stošca te se na rubovima javljaju slijepe točke. Detektor bi i dalje reagirao, ali vatra bi trebala biti i do četiri puta veća nego da je u središtu stošca. Budući da su osjetljivost i domet povezani s veličinom požara, ako je detektor postavljen dalje od (ili bliže) izvora vatre, veličina požara koja se može otkriti varirati će prema zakonu inverznog kvadrata. Udvostručenjem udaljenosti detekcije rezultira u tome da samo $\frac{1}{4}$ energije zračenja dolazi do detektora, odnosno, za isto vrijeme detekcije površinsko područje vatre bi trebalo biti četiri puta veće.

6.4.1. Infracrveni detektor plamena

Infracrveni (IR) ili širokopolasni infracrveni detektori plamena prate infracrveni spektralni pojas za specifične uzorke koje ispuštaju vrući plinovi. One se otkrivaju pomoću

specijalizirane termovizijske kamere (TIC). Detektor je osjetljiv na uski pojas zračenja oko područja od 4.3 do 4,4 μm što označava emisijsko područje ugljikovodika (naprimjer drvo ili fosilna goriva kao što su nafta i prirodni plin).



Slika 20 Razni IR detektori

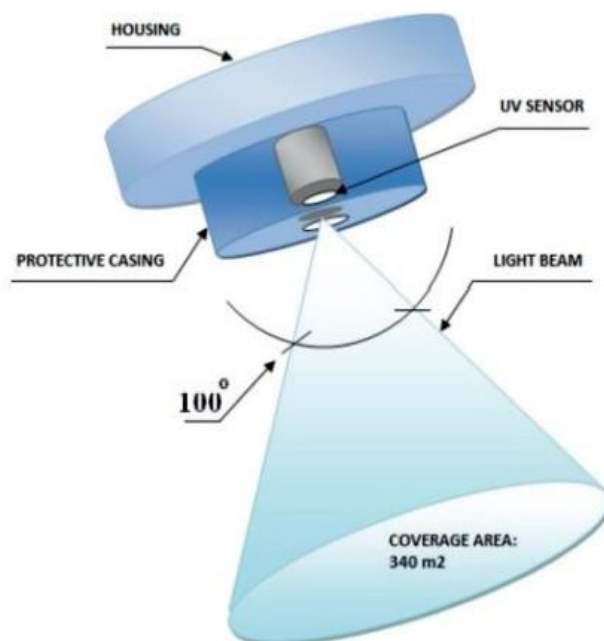
Izvor: Bistrović, M.: Prilog povećanju učinkovitosti broetskoga vatrodojavnog sustava primjenom novih elektroničkih i računalnih tehnologija, doktorska disertacija, Pomorski fakultet, Rijeka, 2016

Kao i ostale vrste detektora plamena nedostatak im je što je IR detektor plamena solarno slijep i lažni alarmi su česti jer je detektor jako osjetljiv na tople površine i pozadinsku termalnu radijaciju.

6.4.2. Ultraljubičasti (UV) detektori plamena

UV detektor radi na principu detektiranja UV radijacije emitirane u trenutku paljenja. Sastoji se od senzorske cijevi koja otkriva zračenje. Unutar detektora osjetljivi element ultraljubičastog plamena sačinjen je od cijevi ispunjene plinom u kojoj se plin ionizira ultraljubičastim zračenjem. To uzrokuje provodljivost materijala, što rezultira alarmom.

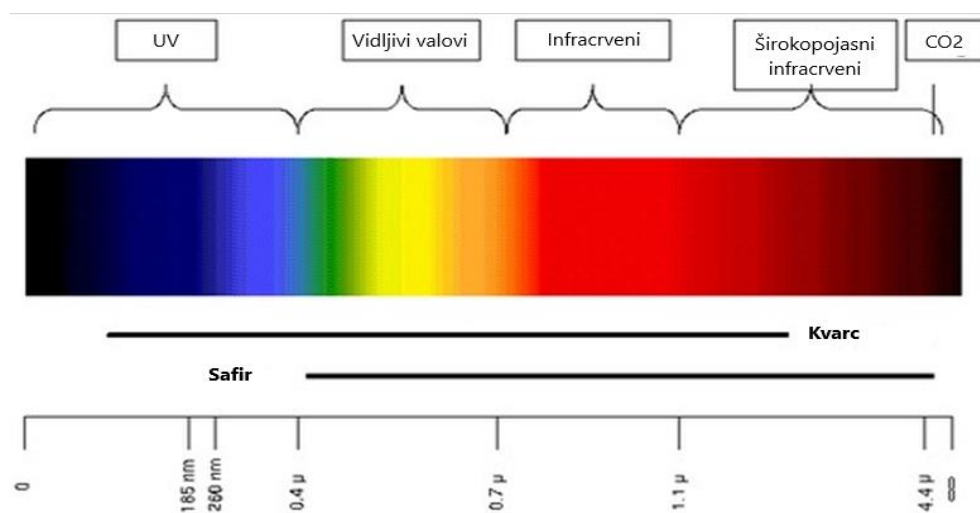
Iako može detektirati požare i eksplozije unutar 3-4 milisekunde, često se uključuje vremenska odgoda od 2-3 sekunde kako bi se smanjili lažni alarmi koje mogu pokrenuti drugi UV izvori kao što su munja, elektrolučno zavarivanje, zračenje i sunčeva svjetlost.



Slika 21 Ultraljubičasti detektor plamena

Izvor: Bistrović, M.: Prilog povećanju učinkovitosti broškoga vatrodojavnog sustava primjenom novih elektroničkih i računalnih tehnologija, doktorska disertacija, Pomorski fakultet, Rijeka, 2016

UV detektori obično rade s valnim duljinama kraćim od 300 nm kako bi smanjili učinke prirodnog pozadinskog zračenja. Odlika detektora je brzina odziva koja iznosi ispod 10ms i sposobnost reakcije na više vrsta požara (ugljikovodika, metala, vodika).



Slika 22 Valna duljina UV detektora

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Flame_detector#/media/File:Vlamdetectie_spectrum.jpg

6.5. RUČNI JAVLJAČ POŽARA

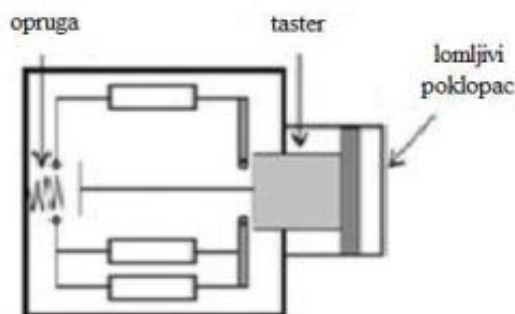
Ručni javljači igraju važnu ulogu u detekciji požara na putničkim brodovima. Čovjek često bolje reagira na potencijalnu opasnost od požara jer lakše može raspoznati pravi požar od lažne uzbune. Ručni javljači se postavljaju na jasno vidljiva mjesta u prostorijama strojarnice, hodnicima, stepeništima te prostorima za zabavu i rekreaciju.



Slika 23 Ručni javljač požara

Izvor: <https://www.gz-supplies.com/manual-call-point/>

Ručni javljač požara povezan je u niz s drugim detektorima požara u odgovarajućoj požarnoj zoni i nakon što se aktivira lokalno, pokazat će svoju lokaciju na kontrolnoj ploči za detekciju požara i alarmnog sustava koji se nalazi na broskom mostu ili u protupožarnoj stanici.



Slika 24 Građa ručnog javljača

Izvor: <https://www.gz-supplies.com/manual-call-point/>

Kućište ručnog javljača crvene je boje, a gumb ćelije obično se drži u pritisnutom položaju malim dijelom stakla kako bi se spriječilo slučajno aktiviranje. Ako uočite vatru, razbijte zaštitno staklo da otpustite gumb. Ovo će uključiti požarni alarm. Ručni javljači požara su smješteni u svakoj požarnoj zoni tako da svaka osoba koja napušta požarište može aktivirati jedan na svom odlasku.

7. SUSTAVI ZA GAŠENJE POŽARA

Sustave za gašenje požara na brodu se dijeli s obzirom na materijal koji se koristi za prigušivanje požara:

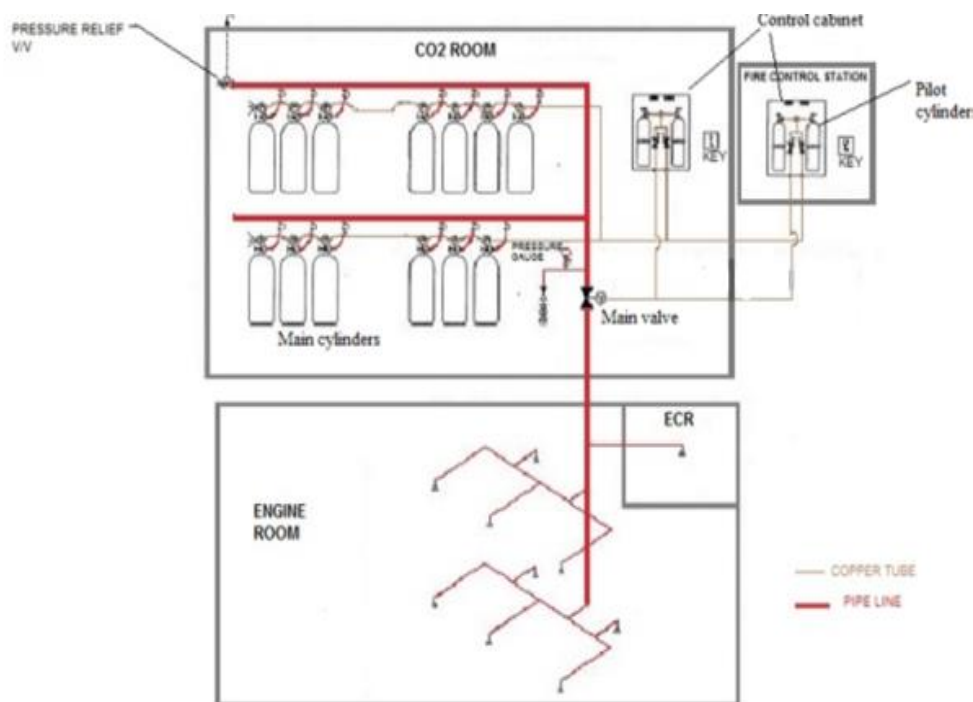
1. Ugljičnim dioksidom
2. Sustav prskalica
3. Vodenom maglom
4. Pjenom
5. Suhim prahom
6. Halonom
7. Morem
8. Vodenom parom [1]

7.1. SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA UGLJIČNIM DIOKSIDOM

Sustav za preplavlivanje CO₂ jedan je od uobičajenih fiksnih sustava za gašenje požara instaliranih na većini brodova. Ugljični dioksid je medij za gašenje požara koji se koristi u sustavu navodnjavanja CO₂. Ima visoku stopu ekspanzije što mu omogućuje brz rad. Kada se nanese na vatru, CO₂ stvara teški omotač plina koji smanjuje razinu kisika do točke u kojoj ne može doći do izgaranja. Budući da je ugljikov dioksid plin, nema čišćenja povezanog s pražnjenjem sustava. CO₂, spoj ugljika i kisika, bezbojan je plin koji pri udisanju izaziva kašalj. U višim koncentracijama je akutno otrovan stoga se ne koristi u prostorima za smještaj i rekreaciju. CO₂ niskog i visokog tlaka koristi se za zaštitu od požara prostorija strojeva, crpnih prostorija, skladišta tereta, skladišta boja i ispušnih ventilacijskih kanala na brodovima. Ispušta ugljični dioksid (CO₂) u velikim količinama u zaštićeni prostor (kao što je strojarnica, teretni prostor, prostorija za pročišćavanje, pumpna soba itd.).

Prigušujuće djelovanje CO₂ gasi vatru čime se sprječava širenje vatre na ostale dijelove broda. Sastoji se od nekoliko CO₂ cilindara smještenih u zasebnoj prostoriji, koja se naziva CO₂ soba. Ove boce sadrže CO₂ u tekućem stanju. Kada vatra u zatvorenom prostoru izmakne kontroli ili u situaciji kada vatru ne mogu ugasiti lokalna vatrogasna sredstva, na scenu dolazi sustav navodnjavanja CO₂. CO₂ se iz boca usmjerava preko zajedničkog razdjelnika, glavnog

ventila i razvodnih cjevovoda do mlaznica kroz koje se ispušta u šticeći prostor za gašenje požara. Zbog sigurnosnih razloga, sustav za navodnjavanje CO₂ se ručno ispušta iz ormarića koji se nalazi izvan šticećeg prostora.



Slika 25 CO₂ protupožarni sustav

Izvor: <https://www.marinesite.info/2017/05/Co2-fixed-fire-fighting-system-on-ships-flooding-system.html>

Postoji nekoliko prednosti za CO₂ kao medij za gašenje požara. One su:

- Gustoća je 1,5 puta veća od gustoće zraka. Tako se CO₂ taloži i istiskuje zrak.
- Lako se može ukapiti i staviti u boce.
- Koncentracija CO₂ od 20% – 30% gasi požar prigušivanjem
- Nprovodi električnu energiju
- Nema ostataka nakon nanošenja
- Nema pogoršanja s godinama [2]

Slično tome, postoje i neki nedostaci, kao što su:

- CO₂ je vrlo zagušljiv. Koncentracija od 9% uzrokuje nesvijest u roku od nekoliko minuta
- Vrlo mali učinak hlađenja. Stoga postoji opasnost od ponovnog paljenja.

- Kada se isprazne, prisutne su čestice krutog CO₂ i stvaraju dovoljno statičkog elektriciteta za stvaranje iskre. [2]

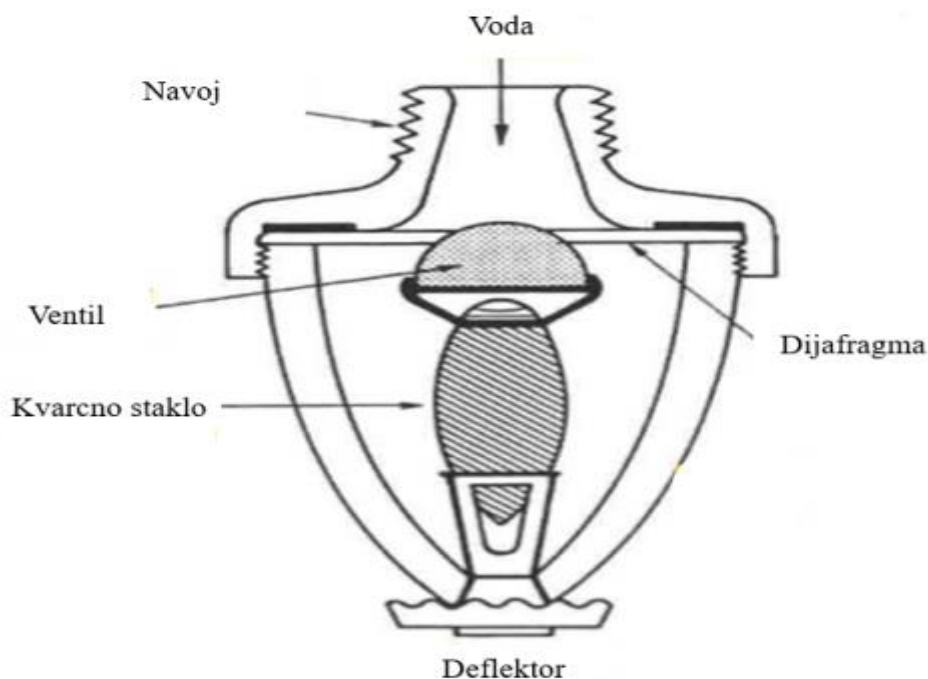
7.2. SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA PRSKALICAMA

Sustav prskalica odnosno sprinklera automatski je sustav za detekciju požara, alarma i gašenje požara koji je stalno na oprezu kako bi se brzo i učinkovito nosio s izbijanjem požara koji se može pojaviti u smještajnim i drugim prostorima.

Ovaj sustav se sastoji od spremnika vode pod pritiskom s cijevima za vodu koje vode do raznih mjesta u odjeljcima. Ove vodovodne cijevi sastoje se od glave sprinklera koja se uključuje kada izbije požar. Spremnik za vodu pod tlakom je do pola napunjen svježom vodom kroz priključak za dovod svježe vode. Komprimirani zrak se isporučuje iz električno upravljanog kompresora ili iz boce sa zrakom koja podiže tlak na unaprijed određenu razinu.

Tlak u spremniku je takav da bi mogao isporučiti tlak na najvišoj glavi sprinklera u sustavu i nije manji od 4,8 bara. Glave sprinklera grupirane su u različite sekcije s najviše 200 glava sprinklera u svakoj sekciji. Štoviše, svaka sekcija ima vlastiti alarmni sustav koji daje alarm na rad. Glava raspršivača sastoji se od kvarcoidnog balona koji puca kada temperatura poraste preko granice i voda počne teći iz glave raspršivača. Ove kvarcne žarulje označene su crvenom, žutom i zelenom bojom. Temperatura crvene žarulje je 68 stupnjeva celzijeva, žute 80 stupnjeva celzijeva, a zelene 93 stupnja celzijeva.

Svaka glava sprinklera pokriva površinu palube od 16 m², a protok vode u svakoj od njih trebao bi biti najmanje 5 litara/minuti prema propisu SOLAS-a. Kada glava prskalice pukne i počne raditi, nepovratni ventil u cjevovodu se otvara i voda počinje teći. Zbog tog protoka dolazi do pada tlaka u cjevovodu i aktivira se alarm za određeni dio, ukazujući na požar u dijelu. Ovaj sustav je također spojen na crpku morske vode koja može opskrbljivati sustav vodom u slučaju da se potroši voda u tlačnoj posudi. U sustavu su predviđeni različiti alarmi i presostat za održavanje i provjeru alarma i aktiviranje crpke morske vode izolacijom sustava. Sustav sprinklera općenito se koristi u smještajnim jedinicama, prostoriji za bojanje i drugim mjestima na brodu.



Slika 26 Građa glave sprinklera

Izvor: izradio autor prema: <http://generalcargoship.com/fire-protection-automatic-sprinkler-system.html>

7.3. SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA HALONOM

Halonski sustav nekada je bio vrlo učinkovit sustav i široko se koristio na brodu kao primarni sustav za gašenje požara za zaštitu prostorija strojeva zbog svojih dobrih svojstva kao što su dobra sposobnost gašenja, minimalni zahtjevi za skladišnim prostorom i niski troškovi implemetacije. Postoje alternativni sustavi za halon, ali malo njih ispunjava mnoge od kriterija koji su halon učinili toliko poznatim. Već navedeni sustav vodenom maglom se uobičajeno naziva zamjenom za sustav s halonom.

7.4. SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA SA VODENOM MAGLOM

Noviji putnički brodovi su uglavnom isključivo opremljeni sustavima za vodenu maglu u svim prostorijama kao što su prostorije strojarnice, rekreacije i smještaja. Voda se u obliku vrlo fine magle ispušta iz mlaznica ili raspršivača ugrađenih na vrhu štice opreme ili prostora.

Sustavi s vodenom maglom imaju sustave crpnih i distribucijskih cjevovoda slične onima koji se nalaze kod sustava prskalica. Međutim, kritična razlika između ove vrste sustava

je veličina kapljica vode koje se ispuštaju iz mlaznica. Kapljice vode su puno sitnije te ispuštanje vode priliči na gustu maglu po čemu je i sustav dobio ime.

Gašenje vatre pomoću sustava sa vodenom maglom se izvodi na tri načina:

1. Hlađenje plamena
2. Reduciranje koncentracije kisika
3. Atenuacija topline

Svaki od ovih mehanizama je u biti neovisan, ali gašenje plamena općenito se javlja kao rezultat kombinacije ovih učinaka. Svaki mehanizam je opisan u nastavku.

7.4.1. Hlađenje plamena

Voda je učinkovita tvar za uklanjanje topline iz sustava zbog svoje latentne topline isparavanja. Povećana površina malih kapljica za određeni volumen vode povećava brzinu isparavanja putem provođenja topline iz plamena, vatrenih plinova i vrućih površina. Hlađenje plamena događa se kada kapljice prodiru kroz vruće, plutajuće plinove i apsorbiraju toplinu izravno iz plamena.

7.4.2. Reduciranje koncentracije kisika

Dio vode unesene u vatru ispari. Kada to učini, širi se na otprilike 1500 puta veći od početnog volumena, razrjeđujući koncentraciju kisika oko plamen istiskujući zrak. Ako se sadržaj kisika smanji s tipičnih 20,9% na oko 13% za većinu goriva klase B, požar će se ugasiti. Smanjeni kisik koncentracija može postati dominantan mehanizam gašenja kada je odjeljak zatvoren ili slabo ventiliran.

7.4.3. Atenuacija topline

Suspendirana vodena para može smanjiti prijenos topline zračenjem između plamena i

neizgorenog goriva. Toplina koja zrači može uzrokovati isparavanje neizgorjelog goriva što dovodi do bljeska gdje će sve okolne zapaljive tvari početi gorjeti. Smanjenje prijenosa topline zračenjem može ograničiti rast i širenje požara.

7.5. PRIJENOSNI APARATI ZA GAŠENJE POŽARA

Prijenosni aparati za gašenje požara prvo su sredstvo protupožarne zaštite i učinkoviti su kod malih požara koji nisu zaživjeli. Prijenosni aparati za gašenje požara izgledaju slično, ali po boji naljepnica označavaju način gašenja požara: crvena = voda, plava = suhi prah, krem = pjena, crna = CO₂ i žuta = mokra kemikalija.

	Type	Extinguishing method	Used on	Not used on
	Water	Cooling	Dry material.	Oil, liquids or electrical fires.
	Foam	Smothering	Oil, combustible liquids and solid materials.	Electrical fires.
	Dry powder	Smothering	Dry materials, liquid fuels, flammable gases, electrical equipment (excluding high-voltage equipment).	Can be used on any fire except metal fires.
	Carbon dioxide	Smothering	Ideal for electrical and liquid fuel fires.	Can be used on most fires.

Slika 27 Tipovi ručnih javljača požara

Izvor: <https://www.standardclub.com/fileadmin/uploads/standardclub/Documents/Import/publications/masters-guides/2678934-a-masters-guide-to-fire-safety-on-ferries.pdf>

8. ISPITIVANJE PROTUPOŽARNOG SUSTAVA I ELEMENATA VATRODOJAVNOG SUSTAVA

SOLAS poglavlje II-2/14 zahtijeva detaljan plan održavanja na svakom brodu u skladu sa SMS (engl. Safety Management System). Plan održavanja detaljno opisuje ispitivanje, inspekciju protupožarnih sustava i uređaja. Od velike važnosti za putničke brodove je da se plan izradi u skladu s SMS-om jer je potrebno uzeti u obzir svo osoblje, putnike i predvidive opasnosti. Planom se uspostavlja učinkovit komunikacijski sustav između osoblja inspekcije i dežurne posade. Održavanje i pregledi na brodu moraju se provoditi u skladu s brodskim planom održavanja, koji mora uključivati zahtjeve navedene u ovoj obavijesti. Određene postupke održavanja i preglede može obavljati kompetentna članovi posade, dok druge trebaju obavljati osobe posebno obučene za održavanje takvih sustava. Plan održavanja na brodu trebao bi naznačiti koje dijelove pregleda i održavanja treba izvršiti obučeno osoblje. Inspekcije treba provoditi posada kako bi se osiguralo da se navedeni tjedni, mjesečni i godišnji pregledi obave pravovremeno. Zapisnici o inspekciji moraju se nalaziti na brodu. U slučajevima kada preglede i održavanje provode osposobljeni servisni tehničari osim posade broda moraju se dostaviti izvješća o inspekciji po završetku testiranja.

- 1) Jednom tjedno se provjeravaju indikatori na upravljačkoj ploči (centrali). Provjerite rade li svi indikatori na kontrolnoj ploči za detekciju požara i požarni alarm tako da uključite lampicu/indikator ispitni prekidač.
- 2) Mjesečna inspekcija i ispitivanje se izvršava na način da se pojedinačno ispituju detektori i ručni javljači požara na način da se svaki element ispita u vremenskom periodu od pet godina.
- 3) Godišnja inspekcija zahtjeva provjeru svih sustava za detekciju i otkrivanje požara koji se koriste za automatsko gašenje požara kako bi se osigurao njihov pravilan rad. Izvršava se kontrola sustava za prebacivanje napajanja u nuždi u slučaju nestanka električne energije na brodu. Također je potrebno očistiti smetnje poput prašine i prljavštine. [4]

Tablica 3 Intervali i zahtjevi inspekcije opreme

Oprema	Interval	Zahtjevi
Prijenosni protupožarni aparati	Godišnji	Inspekcija u skladu sa instrukcijama proizvođača
	5-godina	Aktivirani kao dio vježbi
	10-godina	Hidrostatički test
Mobilni protupožarni aparati na kotačima	Mjesečni	Verifikacija na mjestu
	Godišnji	Inspekcija u skladu sa instrukcijama proizvođača
	5-godina	Vizualna inspekcija
	10-godina	Hidrostatički test
Prijenosna jedinica za nanošenje pjene	Mjesečni	Inspekcija u skladu sa instrukcijama proizvođača
	Godišnji	test kontrole pjene
Fiksni CO2 sustav	Mjesečni	Verifikacija svakog djela
	Godišnji	Vizualna inspekcija
	2.5 godina	Verifikacija sadržaja
	5-godina	Operacijski test
	10-godina	Hidrostatički test
Fiksni suhi kemijski prah	Mjesečni	Verifikacija ventila i mjerila
	Godišnji	Vizualna inspekcija
	2-godina	ispitivanje uzorka suhog kemijskog praha
	10-godina	Hidrostatički test
Fiksni sustav za gašenje požara pjenom	Mjesečni	Verifikacija ventila i mjerila
	Kvartalno	Verifikacija količine koncentrata pjene
	Godišnji	Funkcionalni test

	5-godina	Inspekcija komponenta
--	----------	-----------------------

Izvor: izradio autor

8.1. TESTIRANJE DETEKTORA DIMA

Prije početka testiranja potrebno je dobiti dozvolu za rad i obavijestiti nadležne osobe da je process ispitivanja u tijeku. Ispitivanje se vrši u nekoliko koraka.



Slika 28 Testiranje detektora dima

Izvor: https://www.solo-tester.com/cms/document/Solo_Quick_Start_Guide_Online.pdf

- 1) Prije početka testiranja potrebno je provjeriti da li LED diode treperi crveno.
- 2) Testira se napon detektora koji bi trebao iznositi približno +30 VDC.
- 3) Detektor se čisti pamučnom krpom i puhalom.
- 4) Nanese se aerosol sprej na detektor dima samostalnim pištoljem za detekciju dima i primjenjuje se 10 sekundi
- 5) Nakon 10 sekundi status LED diode detektora dima promijenit će se iz trepćućeg crvenog u stalno crveno i nakon toga se pojavljuje alarm koji zasvijetli gumb na vatrodojavnoj ploči.
- 6) Za utišavanje alarma se pritisne tipka za potvrdu na ploči.
- 7) Nakon što se pojavi alarm, testni pištolj za otkrivanje dima se ukloni iz detektora dima.
- 8) Potvrđuje se status aktivacije detektora dima na odgovarajućoj grafičkoj stranici. Potrebno je vizualno prepoznati signale promjene boje dotičnog detektora dima na grafičkoj stanici.

- 9) Alarm se resetira sa centrale. LED status će se promijeniti iz postojanog crvenog u trepćuće crveno.
- 10) Postupak se ponavlja za svaki detektor dima u nizu. [31]

8.2. TESTIRANJE DETEKTORA PLAMENA

Kao i kod svih detektora potrebno je blokirati procese pokretanja ostalih sustava koji su u komunikaciji sa vatrodojavnim sustavom.



Slika 29 Testiranje detektora plamena

Izvor: https://www.solo-tester.com/cms/document/Solo_Quick_Start_Guide_Online.pdf

- 1) Prije početka testiranja potrebno je provjeriti da li LED dioda treperi zeleno.
- 2) Testira se napon detektora koji bi trebao iznositi približno +24 VDC.
- 3) Detektor se čisti pamučnom krpom i puhalom. Podesiti rezoluciju ovisno o udaljenosti sa koje se uređaj ispituje.
- 4) Nakon korištenja pištolja za grijanje otprilike 3 sekunde se oglašava sirena te detektor svijetli konstantno crveno.
- 5) Alarm se potvrđuje na vatrodojavnim panelu kako bi se sirena utišala.
- 6) Pištolj za zagrijavanje se drži 3 sekunde nakon čega bi se trebala oglasiti sirena i LED diode prelazi u konstantno crvenu boju što označava alarm.
- 7) Nakon što se alarm na panelu potvrdi potrebno je provjeriti da se oznaka alarma podudara sa instaliranim mjestom i oznakom detektora.
- 8) Detektor se nakon izvedene operacije testiranja vraća u početno stanje te se ponovno vraća trepteća zelena indikacija. Blokirani procesi se vraćaju u normalan mehanizam rada
- 9) Postupak se ponavlja za sve ostale detektore u nizu. [30]

8.3. TESTIRANJE TOPLINSKIH DETEKTORA

Prije početka testiranja potrebno je dobiti dozvolu za rad i obavijestiti nadležne osobe da je proces ispitivanja u tijeku. Ispitivanje se vrši u nekoliko koraka.



Slika 30 Testiranje toplinskih detektora

Izvor: https://www.solo-tester.com/cms/document/Solo_Quick_Start_Guide_Online.pdf

- 1) Prije početka testiranja potrebno je provjeriti da li LED dioda treperi crveno.
- 2) Testira se radni napon detektora koji bi trebao iznositi 20 - 38 VDC ovisno o proizvođaču.
- 3) Detektor se čisti pamučnom krpom i puhalom.
- 4) Korištenjem toplo zračnog fena zagrijava se detektor. Fen mora biti aktiviran deset sekundi kako bi simulirao toplinu vatre.
- 5) U toplo zračni fen se stavi napunjena baterija, potvrđuje se da je uređaj uključen zelenom LED diodom te se fen stavi oko detektora sve dok se ne aktivira alarm.
- 6) Alarm se potvrđuje na vatrodiojavnim panelu kako bi se sirena utišala.
- 7) Nakon što se alarm na panelu potvrdi potrebno je provjeriti da se oznaka alarma podudara sa instaliranim mjestom i oznakom detektora.

- 8) Detektor se nakon izvedene operacije testiranja vraća u početno stanje te se ponovno vraća trepteća zelena indikacija. Blokirani procesi se vraćaju u normalan mehanizam rada
- 9) Postupak se ponavlja za sve ostale detektore u nizu. [29]

8.4. TESTIRANJE RUČNOG JAVLJAČA POŽARA

Kao i kod svih detektora potrebno je blokirati procese pokretanja ostalih sustava koji su u komunikaciji sa vatrodojavnim sustavom te javiti centru za prijam alarma da se vrši ispitivanje uređaja.

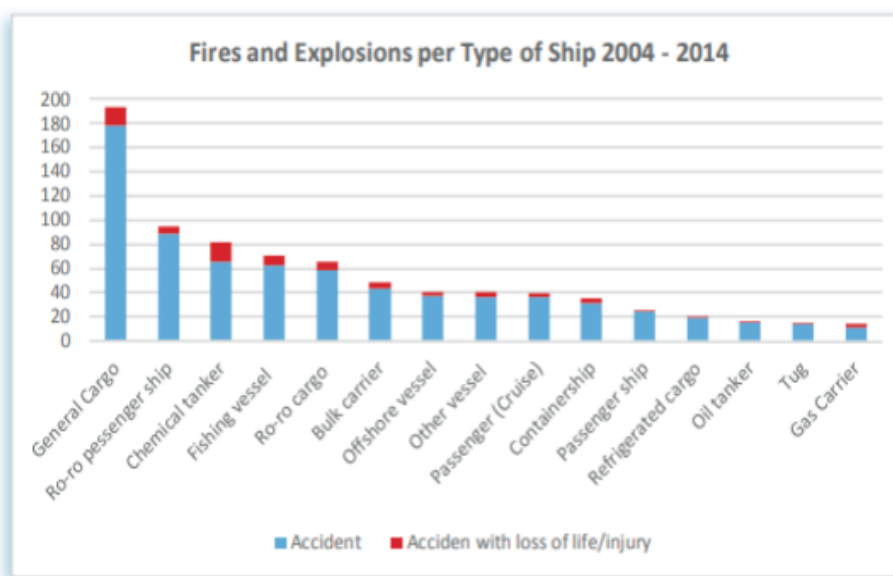
Testiranje ručnog javljača se izvršava na dva načina:

- 1) Specijalnim ključem se spusti zaštitno staklo kako bi se aktivirao alarm.
- 2) Na drugi način se privremeno uklanja stakleni pokrov sa ručnog javljača za što je potrebno ukloniti sve vijke. Nakon uklanjanja staklene kapice s ručnog javljača, prekidač unutar njega se aktivira i alarm se uz sirenu pojavi na vatrodojavnoj centrali.

Svi ručni javljači su registrirani po određenim zonama u kojima se nalaze na brodu. Nakon što se alarm aktivira prilikom testiranja potrebno je provjeriti prikazuje li se na ploči ispravna zona u kojoj se uređaj nalazi. Također je poželjno provjeriti dotične spojeve unutar modula, te ih po potrebi zategnuti. Alarm se nakon toga resetira i sustavi se vraćaju u uobičajeno radno stanje.

9. ANALIZA POŽARA

Iskustvo s požarima na brodovima pokazuje da se požar u kabinskim dijelovima može razviti izuzetno brzo, a požari u prostorima kabina na putničkim brodovima često počinju kao tinjajući požari. Tinjajuća vatra razvija samo malu količinu topline, tako da se obično ne može pravovremeno otkriti detektorima topline prije nego što se razvije u plameno izgaranje. Za to vrijeme bit će velikih količine proizvedenog dima koji sadrži otrovne plinove. Bit će to veliki rizik za putnike i posade i uzrokuje poteškoće u evakuaciji.



Slika 31 Količina požara i eksplozija po tipu broda

Izvor: https://www.raja.fi/download/70756_European_Maritime_Traffic_Risk_Assessment_on_Ship_Fires_FINAL.pdf?09132420b21ad588

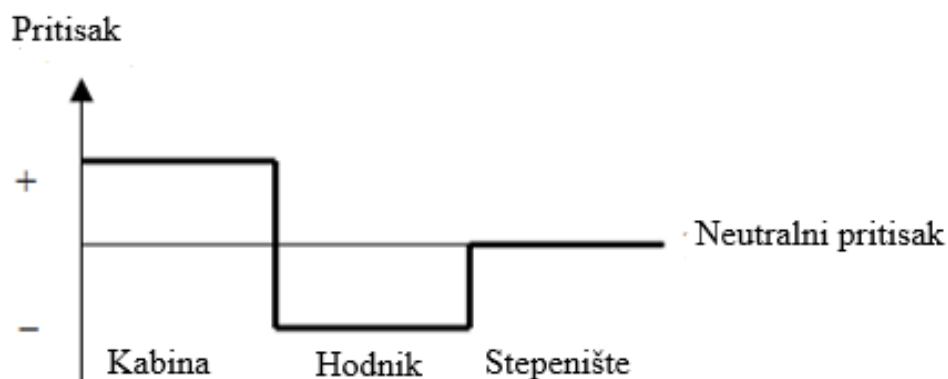
Kako bi se postigli najbolji rezultati kontrole dima:

- 1) Korišteni materijali trebaju biti oni koji proizvode manje dima tijekom požara
- 2) Svi detektori dima moraju biti instalirani nad prostorima smještaja, kako bi se dim detektirao što prije.
- 3) Sustav za detekciju dima trebao bi moći aktivirati sustav kontrole dima. Nakon što sustav primi i protumači signale koji dolaze iz sustava za detekciju požara pokreće se unaprijed programirana radnja upravljanja.
- 4) Sustav upravljanja i sve komponente moraju biti spojene na generator za hitne slučajeve.

9.1. ANALIZA POŽARA U PUTNIČKIM KABINAMA

Prema statistikama oko 90% osoba na brodu strada jer su izloženi velikoj količini dima, a samo oko 10% zbog izloženosti samoj vatri. Katastrofa broda Scandinavian Star i drugih putničkih brodova pokazale su da se dim vrlo brzo širi unutar broda. Nakon otkrivanja požara na brodu, grijanje, ventilaciju i klimatizaciju (HVAC) sustav treba što prije isključiti. To može spriječiti izbacivanje dima, protok i zaustavljanje dovoda kisika, međutim, ne sprječava kretanje dima zbog uzgon dima, učinak dimnjaka, ekspanzija ili propuh. Ako se širenje dima unutar broda smanji, sigurnost će se povećati. Sa stajališta spašavanja ljudskih života, kontrola dima ključno je pitanje primjene Safety by Design. Praksa je pokazala da je požar izuzetno teško lokalizirati u kabinskom dijelu. Požari na otvorenim površinama često je lakše locirati i stoga se mogu brže ugasiti. Evakuacija putnika iz kabinskih prostora također je teža od evakuacije iz javnih prostora, posebno noću kada ljudi spavaju. Stoga, kontrola dima u prostorima kabina glavni su predmet projekatnata brodova. U tradicionalnom HVAC sustavu, dovod zraka u kabinu dolazi iz zračnog terminala uređaja koji se obično nalazi u stropu. Pozitivan tlak u kabini je manji kako bi se spriječio ulazak dima. Ispuštanje zraka normalno se odvija dijelom kroz kupaonicu, a dijelom u hodnik. Postoji nekoliko zračnih terminala jedinice za ispuh u hodnicima, stoga je tlak u hodniku negativan. [2]

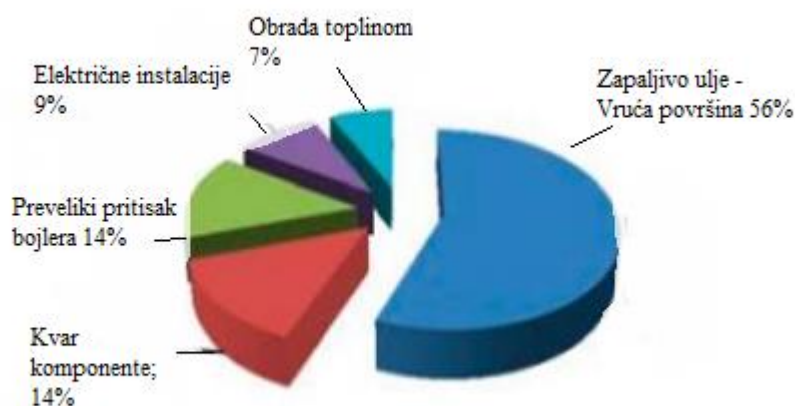
U hodnicima i stepeništima količina dovedenog zraka jednaka je zapremini odvedenog zraka. Radi se o uravnoteženom sustavu i u tim područjima nema ni pozitivnog ni negativnog pritiska. Uvjeti tlaka u kabini, hodniku i stepeništu prikazani su na slici 30.



Slika 32 Uvjeti tlaka
Izvor: Izradio autor

9.2. ANALIZA POŽARA U BRODSKOJ STROJARNICI

Visoka prisutnost zapaljivih tvari u strojarnici ju čini najvećim rizikom od požara. Europske pomorske agencije su 2014. godine izdale statistiku koja kaže da se više od polovice brodskih požara dogodilo u strojarnici. Iz trokuta požara se jasno vidi zašto strojarnica predstavlja najveću opasnost od požara. Kisika ima u obilju zbog kompresora koji ga dovode za rad glavnih i pomoćnih motora. Spremnici goriva i ulja se nalaze u velikim količinama te se smatraju donjim dijelom trokuta koji predstavlja goriva. Desni dio trokuta koji predstavlja toplinu, odnosno izvor paljenja u strojarnici možemo vidjeti na slici 32. Više od pola uzroka požara se događa zbog zapaljivog ulja koje dolazi u kontakt s vrućom površinom. [9]



Slika 33 Uzroci požara u strojarnici

Izvor: izradio autor prema: Agata Krystosik-Gromadzinska, *Engine room fire safety*, 2016

Upravo zbog velikih količina zapaljivih tekućina i uvjeta u strojarnici vrlo brzo dolazi do punog razvoja požara. U početku intenzitet vatre jednak je količini proizvedene topline po jedinici vremena izgaranjem primarne gorive tvari no nakon toga intenzitet se povećava izgaranjem ostalih zapaljivih materijala prisutnih u prostoriji. [8]

10. BUDUĆNOST BRODSKIH VATRODOJAVNIH SUSTAVA

Otkako se prva generacija detektora dima, plamena i temperature počela koristiti na brodovima došlo je do brojnih napretka kako bi se smanjilo vrijeme detekcije dok se u isto vrijeme smanjio broj lažnih alarma. Detektori i alarmi prelaze na kombinirane detektore i detektore s više kriterija.

Teži se višekriterijskim otkrivanjem u kojem će detektor biti više kao senzor, s otkrivanjem više produkata izgaranja kao što su ugljikov monoksid, ugljikov dioksid, sumporov dioksid, dušikovi oksidi uz toplinu i čestice. Senzori će također imati mogućnost osjetiti ili pratiti da li se netko nalazi u sobi ili prostoriji te će imati mogućnost integracije s obavijestima. Razvoj naprednijih algoritama i umjetne inteligencije, kako unutar samog senzora tako i kontrolnog panela, smanjit će vrijeme od početka događaja do obavijesti o događaju. [25]

U sljedećem desetljeću detekcija video slike (VID) postat će sve popularnija u kojoj će se pomoću analitike slika dima ili plamena moći izolirati i detektirati iz sobe ili prostora. VID sustav bi također bio u mogućnosti detektirati je li pojedinac unutar prostora i kroz integraciju s uređajima za obavješćavanje, osigurati put za izlaz. Na svim brodovima kao i zgradama se oslanja na samostalnu evakuaciju čovjeka, nadajući se da će pravilno pristupiti evakuaciji.

2019. godine znanstveni rad po imenu izvedba detektora s više senzora na izvore požara i lažne uzbune proveo je istraživanje u kojemu su testirali detektor dima sa više senzora. Rezultat je bio kašnjenje u detekciji dima 40-60 sekundi, ali se broj lažnih alarma višestruko smanjio. Više studija se mora provesti kako bi se utvrdilo dali je takvo vremensko povećanje u detekciji prihvatljivo. [24]

11. ZAKLJUČAK

Sigurnost broda u pomorstvu je od velikog značaja. Požar na putničkim brodovima predstavlja veliku opasnost za sigurnost broda, posadu i putnike broda te se u svrhu zaštite od požara koriste stalno razvijajući brodski vatrodajavni sustavi. Cilj ovog diplomskog rada je prikazati brodski vatrodajavni sustavi te na koji način on koristi svoje elemente u svrhu protupožarne zaštite. Prikazane su vrste i faze razvoja požara na brodu, te je istaknuto vrlo kratko vrijeme koje je potrebno da se požar razvije do razine koja otežava pravilnu evakuaciju putnika i posade. Vatrodajavni sustav se u prošlosti sačinjavao od zona te se točna lokacija požara nije mogla odrediti. Ta činjenica predstavlja veliki problem na putničkim brodovima koji sadrže veliku količinu zatvorenih prostora (kabina). Današnji sustavi javljaju točnu lokaciju detektora koji se aktivirao te i time požara. Pravilno funkcioniranje uređaja vatrodajavnog sustava je krucijalno za sigurnost broda te se prikazuje njihovo održavanje i testiranje.

Čak i uz najbolju tehnologiju, ne možemo u potpunosti izbjeći nesreće, ali možemo učiniti mnogo kako bi štetu smanjili na minimum i spasili ljudske živote. Budući proizvodi i rješenja kao što su pametni detektori, alarmi i sustavi obavijesti mogu nam pomoći da povećamo sigurnost od požara na brodu.

LITERATURA

- [1] Prof. dr. sc. Danko Kezić, Brodski vatrodojavni sustavi
- [2] Zhang Shanchung, Fire protection onboard: enhance fire safety by design, 2000.
- [3] Huimin Han, Research on ship fire monitoring and alarm system, 2021
- [4] SOLAS II-2 The maintenance and inspection of fire protection systems and appliances, 2016.
- [5] Bistrović, M.: Prilog povećanju učinkovitosti broskoga vatrodojavnog sustava primjenom novih elektroničkih i računalnih tehnologija, doktorska disertacija, Pomorski fakultet, Rijeka, 2016
- [6]https://www.raja.fi/download/70756_European_Maritime_Traffic_Risk_Assessment_on_Ship_Fires_FINAL.pdf?09132420b21ad588
- [7] Dino, B. : Brodski vatrodojavni sustav i analiza funkcionalnosti, diplomski rad, Pomorski fakultet, Rijeka 2021.
- [8] Bistrović, M., Kezić, D. Komoreč, D.: Povijesni razvoj tehnologije vatrodojavnih sustava na brodovima, Naše more, vol. 60., 2013., p. 127-133.
- [9] Agata Krystosik-Gromadzinska, Engine room fire safety, 2016

WEB IZVORI

- [10] https://www.solo-tester.com/cms/document/Solo_Quick_Start_Guide_Online.pdf
- [11] <https://www.etechnog.com/2021/11/conventional-fire-alarm-system.html>
- [12] <http://generalcargoship.com/fire-protection-automatic-sprinkler-system.html>
- [13] <https://www.marinesite.info/2017/05/Co2-fixed-fire-fighting-system-on-ships-flooding-system.html>
- [14] <https://www.standardclub.com/fileadmin/uploads/standardclub/Documents/Import/publications/masters-guides/2678934-a-masters-guide-to-fire-safety-on-ferries.pdf>
- [15] <https://cfbt-us.com/pdfs/FBIandFireDevelopment.pdf>
- [16] <https://instrumentationtools.com/rate-compensated-heat-detectors/>
- [17] <https://www.imo.org/es/OurWork/Safety/Paginas/History-of-fire-protection-requirements.aspx>

- [18] <https://www.marineinsight.com/marine-safety/sprinkler-system-automatic-fire-detection-alarm-and-extinguishing-system-on-ship/>
- [19] <https://www.marineinsight.com/marine-safety/different-types-of-alarms-on-ship/>
- [20] <https://www.standardclub.com/fileadmin/uploads/standardclub/Documents/Import/publications/masters-guides/2678934-a-masters-guide-to-fire-safety-on-ferries.pdf>
- [21] <https://knowledgeofsea.com/fire-fighting-equipment-maintenance/>
- [22] <https://forums.thefirepanel.com/t/cruise-ship-fire-alarms/3321/6>
- [23] https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC_2394_14/
- [24] <https://www.autronicafire.com/en/solutions/cruise/>
- [25] <https://www.securitysales.com/columns/future-fire-detection-alarms/>
- [26] <https://www.securitysales.com/columns/multisensor-smoke-detectors-test/>
- [27] <https://www.firehouse.com/operations-training/article/10499828/extreme-fire-behavior-backdraft>
- [28] <https://journeytofirefighter.com/4-stages-of-a-fire/>
- [29] <https://instrumentationtools.com/heat-detector-testing-procedure/>
- [30] <https://instrumentationtools.com/flame-detector-testing-procedure/>
- [31] <https://instrumentationtools.com/smoke-detector-testing-procedure/>
- [32] <https://www.firesafetysearch.com/automatic-fire-detection-systems-conventional-addressable/>
- [33] <https://www.imo.org/es/OurWork/Safety/Paginas/History-of-fire-protection-requirements.aspx>
- [34] <https://www.slideserve.com/debra/basic-firefighting>
- [35] <https://www.slideserve.com/orrin/flame-detection>
- [36] https://www.alibaba.com/product-detail/Photoelectric-flame-sensor-UV-flame-detector_60303307749.html
- [37] https://www.classnk.or.jp/hp/en/activities/statutory/solas/solas_treaty/fire_protection/

KAZALO KRATICA

SOLAS – SAFETY OF LIFE AT SEA

IMO – INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION

FSS – INTERNATIONAL CODE FOR FOR SAFETY SYSTEMS

UV – ULTRAVIOLET

IR – INFRARED

LED – LIGHT EMITTING DIODE

HVAC – HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING

POPIS SLIKA

Slika 1 Elementi vatrodojavnog sustava	6
Slika 2 Konvencionalni vatrodojavni sustav	7
Slika 3 Analogno-adresabilni sistem.....	9
Slika 4 Primjer bežičnog vatrodojavnog sustava	10
Slika 5 Način projektiranja stepeništa	13
Slika 6 Raspodjela zona na ro-ro putničkom brodu	15
Slika 7 Trokut požara	18
Slika 8 Primjer flashover-a.....	21
Slika 9 Efekt backdrafta	22
Slika 10 Elementi vatrodojavnog sustava	25
Slika 11 Prikaz temperaturnih detektora	26
Slika 12 Termomaksimalni detektor	27
Slika 13 Prikaz termodiferencijalnog detektora.	27
Slika 14 Ionizacijski i optički detektor dima.....	28
Slika 15 Komponente ionizacijskog detektora dima	29
Slika 16 Komponente optičkog detektora dima	30
Slika 17 Detektor plamena	31
Slika 18 Horizontalno vidno polje detektora plamena	31
Slika 19 Vertikalno vidno polje detektora plamena	32
Slika 20 Razni IR detektori	33
Slika 21 Ultraljubičasti detektor plamena	34
Slika 22 Valna duljina UV detektora	34
Slika 23 Ručni javljač požara.....	35
Slika 24 Građa ručnog javljača	35
Slika 25 CO ₂ protupožarni sustav.....	38
Slika 26 Građa glave sprinklera	40
Slika 27 Tipovi ručnih javljača požara.....	42
Slika 28 Testiranje detektora dima.....	45
Slika 29 Testiranje detektora plamena	46
Slika 30 Testiranje toplinskih detektora.....	47
Slika 31 Količina požara i eksplozija po tipu broda.....	49
Slika 32 Uvjeti tlaka.....	50
Slika 33 Uzroci požara u strojarnici	51

POPIS TABLICA

Tablica 1 Tipovi testa FTP kodeksa	4
Tablica 2 Raspored detektora dima	29
Tablica 4 Intervali i zahtjevi inspekcije opreme	44