

Stabilni sustav za gašenje požara FM200

Vujčić, Tihomir

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2017

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:128:053270>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



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 REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Tihomir Vujčić

STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA FM-200

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Tihomir Vujčić

STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA FM-200

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016

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

Tihomir Vujčić

**STABLE FIRE EXTINGUISHING
SYSTEM FM-200**

FINAL WORK

Karlovac, 2016

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Tihomir Vujčić

STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA FM-200

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

mr.sc. Đorđi Todorovski, dipl.ing.

Karlovac, 2016



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



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: SIGURNOSTI I ZAŠTITE
(označiti)

Usmjerenje: Zaštita od požara, Karlovac, 2016.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Tihomir Vujčić

Matični broj: 0420412019

Naslov: Stabilni sustav za gašenje požara FM 200

Opis zadatka:

- građevinske mjere ZOP-a (aktivne i pasivne)
- stabilni sustavi ZOP-a
- stabilni sustav za gašenje požara FM 200
- važeći propisi o stabilnim sustavima ZOP-a
- opis rada, značajke i održavanje stabilnog sustava FM 200 za gašenje požara u odabranom objektu

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

05/2016

12/2016

01/2017

Mentor:
mr. sc. Đorđi Todorovski, dipl.ing.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:
dr. sc. Zlatko Jurac, prof. v.š.

PREDGOVOR

Ovaj rad je izrađen kao pojašnjenje osnova zaštite od požara, te izvedbe pasivnih i aktivnih mjera zaštite. Pri čemu se pokušalo dati bolji uvid u suvremene sustave zaštite od požara kao što je sustav s plinom FM-200. Rad je izrađen u obliku teorijskog i praktičnog dijela, odnosno opisa već ugrađenog i u upotrebi stabilnog sustava za gašenje požara sa FM-200.

U izradi ovog rada i tokom studija mi je veliku pomoć pružio viši predavač mr.sc. Đorđi Todorovski, dipl.ing. kojemu se ovim putem svesrdno zahvaljujem. Zahvaljujem se i svim ostalim profesorima sa Veleučilišta u Karlovcu koji su mi pružili široki spektar znanja tokom studija.

Također bi se zahvalio tvrtci Kontrol biro d.o.o. koja mi je omogućila ovaj studij i kao zaposleniku dala široko znanje i veliko iskustvo u zaštiti od požara i stabilnim sustavima za gašenje požara.

SAŽETAK

Kroz povijest, pa sve do danas, zaštita od požara se konstantno razvijala. Tako danas imamo pasivne i aktivne sustave zaštite od požara, čiji dio su i tzv. stabilni sustavi zaštite od požara. Uvjeti koje pravne i fizičke osobe moraju zadovoljiti po pitanju zaštite od požara su opisane u važećim međunarodnim normama, dok su u većini država obveze propisane zakonom.

U ovom radu su pobliže opisane osnovne građevinske mjere zaštite od požara, dok je veća pažnja posvećena stabilnim sustavima za dojavu i gašenje požara. Također je napravljen posebni osvrt na stabilni sustav za gašenje požara FM-200, gdje je i na praktičnom primjeru prikazan način ugradnje i korištenja navedenog sustava.

Ključne riječi: Stabilni sustav, zaštita od požara, FM-200.

SUMMARY

Through history, until today, the fire protection and prevention was constantly developing. Therefore, today we have the passive and active fire protection systems, while some of them are called fire protection stable systems. Requirements, for fire protection systems incorporated in the structure, for legal entities and individuals are described in the applicable international standards, while in most countries the obligations are prescribed by the law.

This paper closely describes the basic building fire protection measures, while more attention is dedicated to the stable systems for fire alarming and fire extinguishing. Also there is special reference made to the fire extinguishing stable system FM-200, including practical example of installing and using this system.

Key words: stable system, fire protection, FM-200, automated fire protection system

SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK	III
SADRŽAJ	IV
1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja	1
2. SUSTAVI ZAŠTITE OD POŽARA	2
2.1. Povijest i razvoj sustava zaštite od požara	2
2.2. Mjere zaštite u gradnji	3
2.3. Pasivne mjere zaštite od požara.....	3
2.3.1. Pravilan odabir građevinskih materijala	4
2.3.2. Otpornost elemenata na požar.....	4
2.3.3. Ponašanje građevinskih konstrukcija u požaru	5
2.3.4. Požarno sektoriranje građevine	7
2.4. Aktivne mjere zaštite od požara.....	13
2.4.1. Aktivne mjere koje provode ljudi	13
2.4.2. Automatski sustavi zaštite od požara	14
3. STABILNI SUSTAVI ZA ZAŠTITU OD POŽARA	16
3.1. Stabilni sustavi za otkrivanje i dojavu požara	16
3.2. Stabilni sustavi za otkrivanje i dojavu prisutnosti zapaljivih plinova i para	19
3.3. Uređaji i instalacije za sprječavanje nastajanja i širenja požara i eksplozija.	20
3.4. Stabilni sustavi za gašenje požara	21
3.4.1. Hidrantska mreža.....	22
3.4.2. Sustavi u kombinaciji s vatrogasnim vozilom	23
3.4.3. Sprinkler sustav	23
3.4.4. Drencher sustav	27
3.4.5. Sustav gašenja s ugljičnim dioksidom (CO ₂).....	27
3.4.6. Stabilni sustav za gašenje s halonom	28
3.4.7. Sustavi za gašenje požara s „clear agentom“	29

4.	STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA FM-200.....	31
4.1.	Princip gašenja požara	32
4.2.	Štetnost	33
4.2.1.	Utjecaj na ljude	34
4.3.	Primjena	35
4.4.	Elementi sustava	36
4.4.1.	Spremnik plina sa ventilom	37
4.4.2.	Cjevovod sa mlaznicama	39
4.4.3.	Upravljački sustav	41
5.	VAŽEĆI PROPISI ZA STABILNE SUSTAVE ZA ZAŠTITU OD POŽARA.....	43
6.	STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA FM-200 U LIMARSKOJ RADIONICI SA LAKIRNICOM - GRAND AUTO d.o.o.	46
6.1.	Opis štíćenog objekta	46
6.2.	Izvedba stabilnog sustava za gašenje požara FM-200 u komori za lakiranje	49
6.2.1.	Instalacija mehaničkih komponenti sustava	49
6.2.2.	Instalacija elektroničkih komponenti sustava	52
6.2.3.	Režimi rada sustava	55
6.3.	Plan uzbunjivanja	56
6.4.	Eksploatacija sustava	56
6.4.1.	Puštanje u pogon	57
6.4.2.	Korištenje sustava.....	57
6.4.3.	Periodičko ispitivanje sustava	60
7.	ZAKLJUČAK	61
8.	LITERATURA.....	62
9.	PRILOZI	64
9.1.	Popis slika	64
9.2.	Popis tablica	66
9.3.	Priložena dokumentacija	67

1. UVOD

1.1. Predmet i cilj rada

U ovom radu su opisane građevinske mjere zaštite od požara, kako aktivne tako i pasivne. Dodatno su pobliže navedeni i opisani pojedini tipovi stabilnih sustava za zaštitu od požara koji se ugrađuju u građevine, pri čemu je najveća pažnja posvećena sustavu za gašenje požara sa plinom FM-200.

Plin FM-200 je prihvaćen kao ekološki čisti plin za gašenje požara (clear agent), koji je zamijenio zabranjeni (prema Montrealskom sporazumu¹) do tada korišteni halon 1301. Plin FM-200 bezopasan je za ljude, bezbojan je i bez mirisa te ne utječe na proširenje ozonskih rupa. Plin FM-200 ima puno prednosti u odnosu na druge stabilne sustave, ali zbog svoje cijene se ugrađuje samo tamo gdje je neophodno potrebno.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Za razradu teoretskog dijela ovog rada (opisa sustava) je korištena stručna literatura, te informacije prikupljene od više tvrtki koje ugrađuju i vrše servise spomenutih stabilnih sustava za zaštitu od požara.

U ovom radu će se osim teoretskog opisa sustava, u eksperimentalnom dijelu prikazati svrha i način ugradnje sustava s FM-200 u jedan objekt (lakirnicu) sa detaljnim opisom rada sustava i potrebama održavanja istoga. Za potrebe eksperimentalnog dijela je korištena projektna dokumentacija objekta, terenski vizualni pregled objekta, te zapisi prilikom godišnjeg ispitivanja sustava od strane ovlaštene ustanove.

¹ *Montrealski protokol* je sporazum koji je donesen 1987. godine u kanadskom gradu Montreal, u kojem zemlje potpisnice obvezuju na smanjenje uporabe freona za 50%. Montrealski protokol pooštren je dvjema revizijama, 1990. u Londonu i 1992. u Kopenhagenu, kojima je zatraženo da se do 2000. iz uporabe potpuno izbace freoni, haloni i drugi halogenirani ugljikovodici. Do danas je 150 zemalja potpisalo Montrealski protokol među njima i Hrvatska. [1]

2. SUSTAVI ZAŠTITE OD POŽARA

2.1. Povijest i razvoj sustava zaštite od požara

Može se reći da se opasnost od nastanka požara i njegovih štetnih posljedica pojavila sa prvim otkrićem vatre, još u prapovijesti. Tada su požari često bili uzrokovani prirodnim pojavama, kao što su udar groma, pad meteora, potresi i sl. Kako se tada o vatri jako malo znalo i nije dolazilo do velikih gubitaka ljudskih života, jako malo se pridavalo pažnje zaštiti od požara. Tako da prve pisane tragove o zaštiti od požara možemo naći tek u srednjevjekovnim gradovima, kada je zbog načina gradnje (drvenih kuća, slamnatih krovova, itd.), zbijenosti građevina, ograničenih količina vode, dolazilo do požara katastrofalnih posljedica.[2]

Od tada, pa do danas se kroz povijest, u skladu sa razvitkom znanosti, tehnike i gospodarstva, razvijala i tehnologija zaštite od požara i eksplozije. Suvremenu koncepciju zaštite od požara i eksplozije možemo podijeliti u dvije skupine, odnosno sprječavanje nastanka požara i eksplozije, te sprječavanje utjecaja požara i eksplozije (Sl. 1). U svrhu provođenja navedenih zahtjeva zaštite od požara, propisani su postupci postupanja sa gorivim tvarima i izvorima topline, te su postavljeni određeni uvjeti koji se pri gradnji trebaju poštivati.[2]



Sl. 1. Prikaz suvremene koncepcije sustava zaštite od požara i eksplozije [2]

2.2. Mjere zaštite u gradnji

Građevina je građevinski objekt na određenoj lokaciji, a sastoji se od građevinskog dijela i ugrađene opreme koji zajedno čine tehničko-tehnološku cjelinu. Građevna i drugi proizvodi koji se ugrađuju u građevinu moraju ispunjavati zahtjeve propisane Zakonom i posebnim propisima. Tako svaka građevina treba zadovoljavati temeljne zahtjeve za građevinu: [3]

- mehanička otpornost i stabilnost
- sigurnost u slučaju požara
- higijena, zdravlje i okoliš
- sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe
- zaštita od buke
- gospodarenje energijom i očuvanje topline
- održiva uporaba prirodnih izvora.

Iz čega se može vidjeti da je protupožarna zaštita u graditeljstvu važan segment. Planirana protupožarna zaštita postavlja uvjet da bi se dala dozvola za gradnju građevine i u konačnici izvedena protupožarna zaštita da bi se građevinu moglo predati na korištenje, ona mora biti projektirana i izgrađena tako da bude sigurna u slučaju požara. Ovlašteni projektanti koji projektiraju građevinu i opremu (sustave) u građevini su odgovorni da su poduzete sve propisane mjere zaštite od požara, kao i ostali zahtjevi za građevinu. Mjere zaštite od požara mogu biti pasivne (izvode se prilikom izgradnje objekta) i aktivne (primjenjuju se tijekom eksploatacije građevine i u slučaju nastanka požara).[4]

2.3. Pasivne mjere zaštite od požara

Prilikom projektiranja građevine, u svrhu zaštite od požara, potrebno je zadovoljiti temeljna načela zaštite od požara: [5]

- pravilan odabir građevinskih materijala u vidu njihove reakcije na vatru (gorivost, zapaljivost, brzina širenja plamena, gustoća dima, itd.)
- pravilan odabir građevinskih elemenata i konstrukcija glede otpornosti na požar (očuvanje nosivosti, cjelovitosti i toplinske izolacije u požaru tijekom određenog vremena)
- pravilno projektiranje građevine glede podjele u manje cjeline (požarne sektore)

2.3.1. Pravilan odabir građevinskih materijala

Prilikom projektiranja pojedinih tipova objekata i građevina treba se voditi računa o odabiru građevinskih materijala. Pojedini građevinski materijali se ovisno o pojedinom svojstvu reakcije na vatru (gorivost, zapaljivost, brzina širenja plamena, sposobnost stvaranja dima, toksičnost plinova i toplinska moć) sortiraju u određene kategorije, prema prihvaćenim europskim normama.

Odabir građevinskog materijala za određeni objekt se propisuje pravilnikom, odnosno propisuje se najniži kriterij pojedinog svojstva, pri čemu projektant ako misli da ima potrebe, može i postrožiti kriterije u projektu.

2.3.2. Otpornost elemenata na požar

Otpornost na požar je svojstvo konstrukcije (elemenata konstrukcije), a ne materijala, da u uvjetima izloženosti normiranom požaru tijekom određenog vremena očuva svoju nosivost, te spriječi prodor plamena i toplinskog zračenja.

Otpornost na požar se definira vremenom (od 15 do 240 minuta) u kojemu ta konstrukcija zadovoljava definiranim zahtjevima. Utvrđivanje otpornosti na požar konstrukcije određuje se temeljem ispitivanja pri kojemu se građevinski elementi i konstrukcije izlažu takozvanom normiranom požaru.

Element koji se ispituje, treba zadovoljiti tri osnovna kriterija tijekom ispitivanog vremena:

- 1) Nosivost – ne smije doći do rušenja konstrukcije.

- 2) Prostorne cjelovitosti – ne smije doći do nastanka pukotina i drugih otvora kroz koje može doći do prodora plamena.
- 3) Toplinska izolacija – srednja temperatura na neizloženoj strani ne smije prijeći 140°C iznad početne, odnosno na bilo kojem dijelu ne smije biti veća za 180°C od početne.

Zahtjevi (klasa) otpornosti na požar koje određena konstrukcija mora zadovoljiti se definiraju prilikom izdavanja dozvole za gradnju, a određuju se prema važećim hrvatskim propisima ovisno o namjeni građevine. Dodatno se ponekad klasa otpornosti na požar određuje proračunom ili tablično, ovisno o *specifičnom požarnom opterećenju*² koje može biti malo, srednje ili veliko.

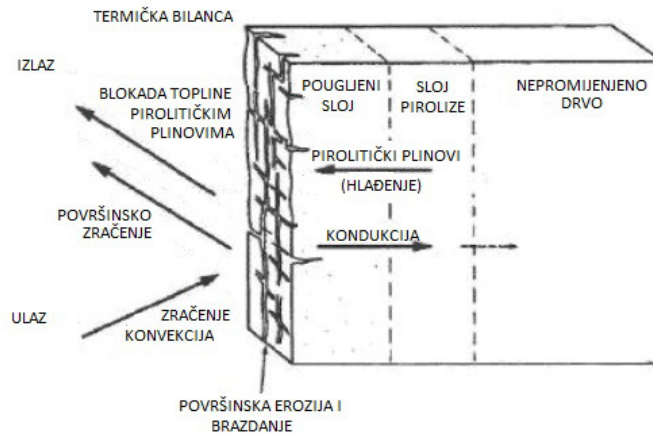
2.3.3. Ponašanje građevinskih konstrukcija u požaru

Ovisno o materijalu iz kojeg su izrađene i tipu konstrukcije građevine se različito ponašaju u požaru. Najčešće korištene konstrukcije su čelične, drvene, betonske, armirano betonske i zidane konstrukcije.

Čelične konstrukcije su primjer posebno neotpornih konstrukcija na djelovanje požara. Iz razloga što se kritične temperature, što izazivaju pad čvrstoće čelika, javljaju već nakon pet minuta. Također je značajno istaknuta i deformacija čelika (progibi i izvijanja) pri malim promjenama temperature, što značajno utječe na strukturalni oblik konstrukcije, a time i na samu nosivost. Zbog navedenih razloga se čelične konstrukcije često dodatno zaštićuju obzidavanjem ili zaštitnim premazima kako bi se postigla zadovoljavajuća otpornost na požar.

Drvene konstrukcije, iako su lakše zapaljive od metalnih, njihovo ponašanje u požaru je puno povoljnije nego kod čeličnih konstrukcija. Prilikom gorenja drvenog nosača, pougljeni sloj koji se stvara na površini je u biti toplinski izolator koji štiti jezgru nosača od visokih temperatura (Sl. 2).

² *Požarno opterećenje* je količina toplinske energije koja se može razviti u nekom prostoru, nastaje sagorijevanjem sadržaja građevine (pokretno opterećenje) i dijelova konstrukcije i elemenata građevine (stalno opterećenje), a razlikuje se ukupno požarno opterećenje (MJ) i specifično požarno opterećenje (ukupno požarno opterećenje podijeljeno po površini prostora MJ/m²)[6].



Sl. 2. Prikaz slojeva izložene površine drveta u požaru [2]

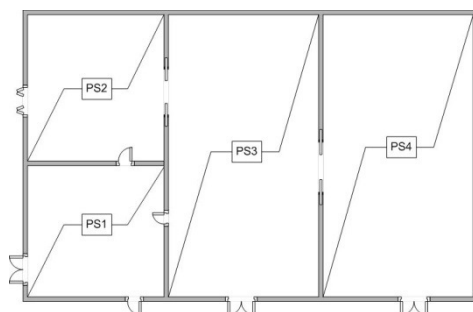
Dakle stabilnost drvene konstrukcije ovisi o brzini izgaranja drva, na koju utječe gustoća drva, vlažnost, oblik i veličina presjeka. To znači da se željena otpornost drvene konstrukcije postiže pravilnim odabirom materijala drva te odgovarajućim oblikom i veličinom presjeka nosača. U slučaju korištenja zaštitnih premaza za drvo, kakvoća premaza mora biti u skladu sa važećim normama.

Betonske i armirano betonske konstrukcije za prednost imaju to što betonski sloj ima pozitivno djelovanje kao zaštita čelične konstrukcije od djelovanja topline, ali kao nedostatak se javlja to što beton na visokim temperaturama gubi tlačnu čvrstoću čime cijela konstrukcija slabi. Dodatan problem se javlja prilikom gašenja požara, kada dolazi do naglog hlađenja betona i mogućeg pucanja konstrukcije. Određena izdržljivost betonske i armirano-betonske konstrukcije se postiže tabličnim odabirom ovisno o vrsti cementa i agregata, izvedbi betona, količini armature i debljini sloja betona.

Zidane konstrukcije od opeke imaju kao takve najpovoljniju otpornost na požar, iz razloga što je opeka pri izradi već prošla temperaturnu obradu (na 900°C), te u požaru ne dolazi do velikih deformacija zidane konstrukcije. Tako se i sa malim presjecima može postići velika otpornost na požar. Jedini problem se može javiti kod gašenja požara, kada zbog naglog hlađenja dolazi do pojave pukotina. Odabir zidane konstrukcije u vidu zadovoljavanja određene otpornosti na požar je tablično određivanje prema normama.

2.3.4. Požarno sektoriranje građevine

Podjela građevine na manje cjeline u svrhu zaštite od požara se naziva požarno sektoriranje. Požarni sektor je dio građevine odijeljen od ostalih dijelova građevine, građevinskim konstrukcijama i elementima (zidovima, stropovima, vatrootpornim vratima, ventilacijskim zaklopkama i dr.) koji imaju određenu otpornost na požar (Sl. 3). U trajanju otpornosti na požar građevinskih konstrukcija i elemenata mora biti spriječen prodor vatre i dima iz gorećeg požarnog sektora na ostale dijelove građevine (druge požarne sektore) [5].



Sl. 3. Primjer podjele građevine na požarne sektore

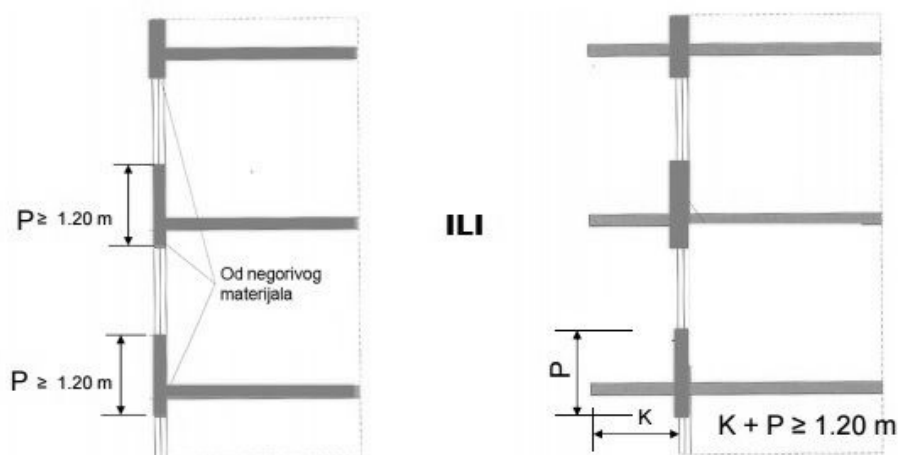
Prilikom projektiranja i izgradnje građevine određeni prostori se moraju izuzeti kao posebni požarni sektori, a to su:

- horizontalni i vertikalni putovi za prolaz i evakuaciju (stepeništa i hodnici)
- okna dizala
- prostori s povećanim požarnim opterećenjem (skladišta lakozapaljivih tvari)
- prostori s povećanom opasnosti od izbijanja požara (strojarnice, kotlovnice i sl.)
- prostori za smještaj automatskih sustava za gašenje požara (vatrodojavna centrala, sprinkler stanica, itd.)

Požar koji je nastao u nekom dijelu građevine, kroz građevinu se može širiti u vodoravnom (preko zidova i kroz otvore u njima) i okomitom smjeru (preko stropova, kroz stubišta, okna liftova i sl.). Izvedbom požarnog sektora, širenje požara se mora spriječiti i u vodoravnom i u okomitom smjeru.

Za sprječavanje vodoravnog širenja požara požarni se sektori odvajaju vatrootpornim zidovima, pri čemu se otvori u njima zatvaraju elementima za vatrootporno brtvljenje kod prodora instalacija i elementima za zatvaranje nužnih otvora u slučaju požara (vatrootporna vrata, protupožarne zaklopke u ventilacijskim kanalima).

Za sprječavanje okomitog širenja požara unutar građevine izvode se stropovi određene vatrootpornosti sa zatvaranjem otvora kao i kod vatrootpornih zidova, dok se vertikalni putovi (stepeništa i dizala) odvajaju požarnim pregradama kao poseban sektor. Dodatno se izvedbom građevinskih elemenata (minimalnom vertikalnom udaljenosti otvora ili konzolnom konstrukcijom (Sl. 4)) može spriječiti vertikalno širenje požara preko pročelja zgrade.



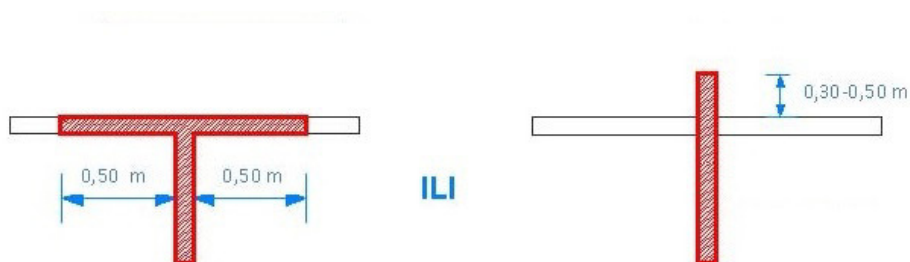
Sl. 4. Način sprječavanja vertikalnog širenja požara preko pročelja

Požarni zidovi, kao posebni vatrootporni zidovi, imaju osnovnu funkciju da spriječe prijenos vatre i dima na odijeljeni dio građevine ili na susjednu građevinu, pri čemu se obavezno izrađuju od negorivog materijala sa otpornosti na požar najmanje 90 minuta. Za razliku od vatrootpornih zidova koji se izvode kao granica pojedinog

sektora i mogu imati manju vatrootpornost. Požarni zid također za razliku od vatrootpornog zida u potpunosti presijeca građevinu po čitavoj visini, od temelja do krovne plohe, sa posebno izvedenim završetkom (Sl. 5), koji onemogućuje prijenos požara s jedne strane na drugu [5][6].

Požarni zidovi mogu biti:

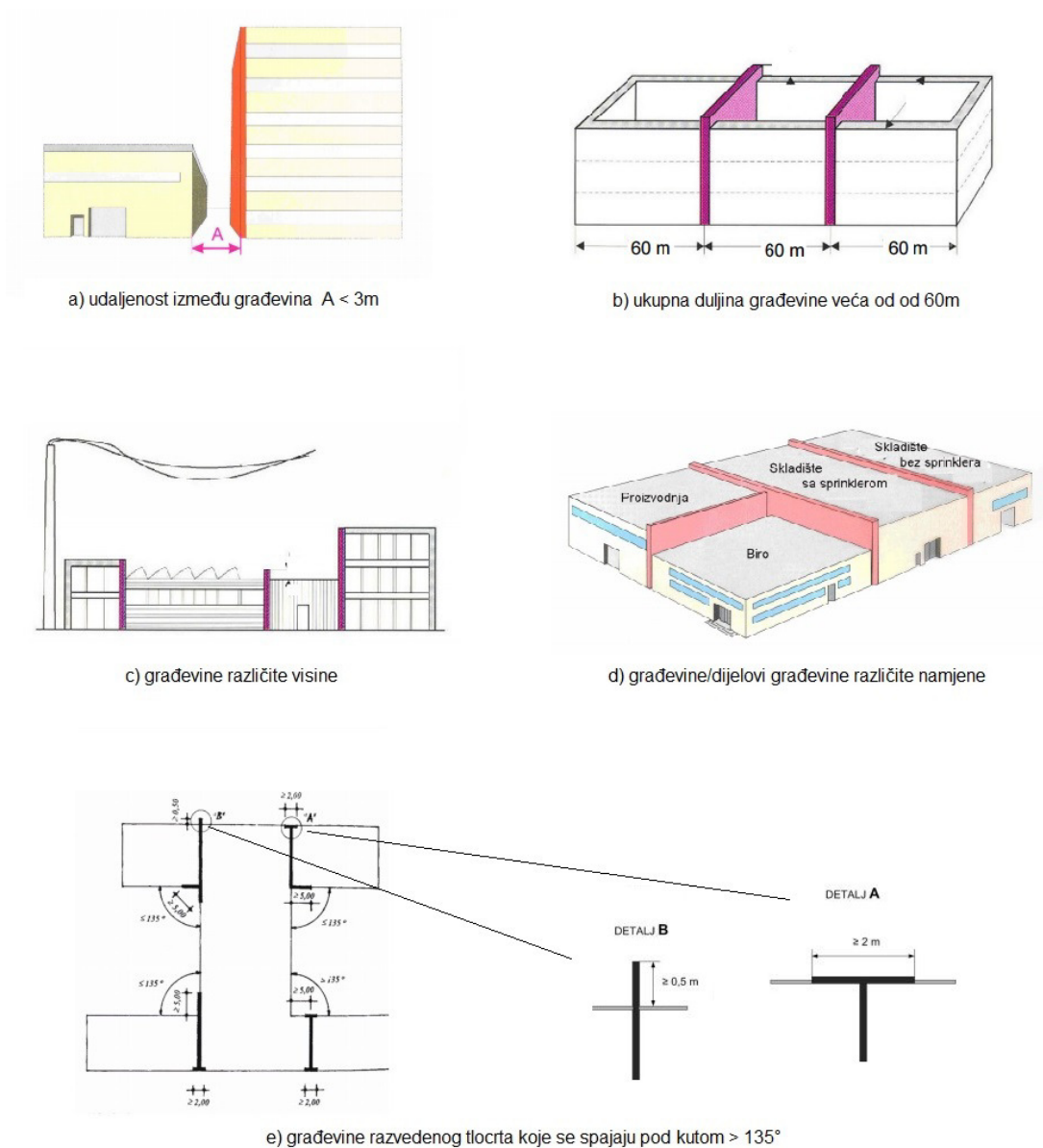
- Unutarnji (razdvajaju dijelove građevine)
- Vanjski (rubni zidovi građevine)



Sl. 5. Prikaz mogućih završetaka požarnog zida na krovu građevine [6]

Požarni zidovi se izvode: (Sl. 6)

- kod građevina kod kojih je završni (vanjski) zid udaljen manje od 3 metra od susjedne građevine (postojeće ili predviđene planom)
- kod građevina velike duljine i zgrada u nizu (duljine veće od 60 metara), osim kod građevina kod kojih to nije moguće iz funkcionalnih razloga (sportske, koncertne dvorane, tvorničke hale i slično)
- kod građevina različite visine koje se spajaju preko različitih požarnih odjeljaka
- kod spojenih građevina različite namjene
- Kod građevina razvedenog tlocrta kod kojih se požarni odjeljci spajaju pod kutom manjim ili jednakim od 135° .



Sl. 6. Prikaz primjera ugradnje požarnih zidova [10]

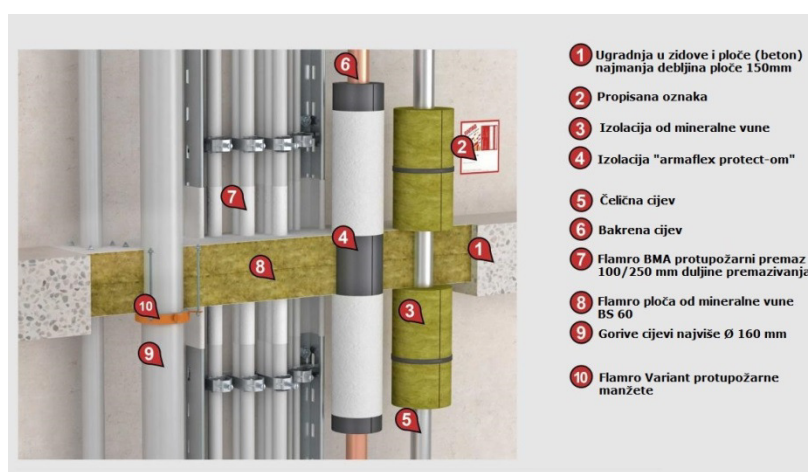
Kako je svrha svih vatrootpornih zidova da ne dozvoljavaju prodor vatre s jedne strane na drugu, bitno je i da u tim zidovima nema nikakvih prodora kroz koje bi toplina mogla proći. Kako je već prije spomenuto nužni otvori se zatvaraju aktivnim sustavima u slučaju požara, dok je sve druge otvore potrebno zatvoriti sredstvima otpornim na požar.

Zatvaranje otvora u vatrootpornim zidovima je nužno provesti u slučajevima kada je potrebno kroz navedeni zid provesti instalacije potrebne za korištenje objekta (elektroinstalacije, plinske instalacije, ventilaciju, vodovodne instalacije, itd.).

Sve nastale šupljine između cjevovoda i građevinske konstrukcije (zida/stropa) kroz koju prolazi cjevovod, moraju se zabrtviti negorivim materijalom iste klase otpornosti kao i građevinska konstrukcija (Sl. 7).

To se može učiniti na slijedeće načine:

- ugradnjom cijevnih barijera (protupožarnih obujmica) i pregrada na mjestu ulaska cjevovoda ili kablenskog kanala u konstrukciju
- premazivanje dijela kabela zaštitnim premazom i ugradnjom pregrada na mjestu ulaska kabela u konstrukciju
- oblaganjem cjevovoda ili kablenskog kanala oblogom čija je reakcija na požar i otpornost na požar i/ili dim ista kao i konstrukcija kroz koju prolazi
- polaganjem cjevovoda u okna i kanale čije stjenke imaju otpornost na požar i/ili dim kao i konstrukcija kroz koju prolazi



Sl. 7. Primjer zatvaranja otvora u vatrootpornim zidovima kod prodora instalacija [13]

Kabeli električnih instalacija, što električnom energijom opskrbljuju sustave koji moraju djelovati i u slučaju požara, kao i signalni kabeli tih sustava, moraju se

smjestiti u protupožarne kanale (poseban požarni sektor) čija otpornost na požar mora iznositi najmanje 90 minuta (Sl. 8).



Sl. 8. Prikaz zaštite instalacije postavljanjem u poseban protupožarni kanal [13]

2.4. Aktivne mjere zaštite od požara

Često za potpunu zaštitu objekta od požara nije dovoljno provoditi (postaviti) samo pasivne mjere zaštite od požara, već je ovisno o djelatnosti koja se u građevini obavlja, potrebno uz pasivne sustave zaštite od požara (građevinske mjere) provoditi i aktivne mjere za zaštitu od požara.

Aktivne mjere za zaštitu od požara obuhvaćaju sve radnje i sustave (instalacije) koji u slučaju požara imaju svrhu stvaranja sigurnih uvjeta za evakuaciju/spašavanje korisnika, smanjenje materijalne štete uzrokovane požarom i eksplozijom, te stvaranja sigurnih uvjeta za djelovanje vatrogasaca i ostalih interventnih službi.

Stoga ih možemo podijeliti na dvije skupine:

- aktivne mjere koje provode ljudi
- automatski sustavi zaštite od požara

2.4.1. Aktivne mjere koje provode ljudi

Po pitanju zaštite od požara, kao i općenito u industriji sve radnje se pokušavaju automatizirati, te se sustavi sve manje oslanjaju na ljudski utjecaj. Naravno, trenutnim dosegom tehnike nije moguće maknuti sve odgovornosti sa čovjeka, te su s toga propisane određene mjere koje ljudi moraju poduzeti u svrhu zaštite od požara. Kako bi ljudi u slučaju požara mogli pravovremeno i na propisani način reagirati, provode se radnje prije nastupa požara, odnosno: [7][7][8]

- provodi se osposobljavanje pučanstva za provedbu preventivnih mjera zaštite od požara, gašenje požara i spašavanje ljudi i imovine ugroženih požarom
- izrađuje se plan evakuacije za građevinu i provode se vježbe evakuacije i spašavanja ljudi ugroženih požarom (jednom u 2. godine).

Dodatno, da bi zaštita objekta i ljudi bila potpuna, potrebno je da svi ugrađeni sustavi i instalacije, kao i prijenosni vatrogasni aparati budu u potpunosti ispravni, što se kontrolira periodičkim pregledima i ispitivanjima od strane ovlaštenih osoba.

2.4.2. Automatski sustavi zaštite od požara

Kako je već navedeno, u današnje vrijeme se sve pokušava automatizirati, tako i sustavi zaštite od požara, pa tako imamo automatske sustave, odnosno sustave (instalacije i opremu) koji u uvjetima požara samostalno aktiviraju i djeluju, a sve u cilju gašenja i/ili ograničenja širenja požara, odnosno ostvarivanja što povoljnijih i sigurnijih uvjeta za evakuaciju korisnika, te za sigurno djelovanje vatrogasaca i ostalih interventnih službi. [5][16]

Najčešći automatski sustavi za zaštitu od požara su:

- tipkala za isključenje struje
- protupanična/evakuacijska rasvjeta
- sustavi odimljavanja
- stabilni sustavi za zaštitu od požara.

Nije nužno da su u objekt ugrađeni svi navedeni sustavi, već se određuje ovisno o namjeni građevine i o predviđenom broju ljudi koji se mogu naći u građevini u istom trenutku.

Tipkala za isključenje struje (Sl. 9) su uređaji koji se postavljaju na sve ulaze u građevinu, te na kritična mjesta unutar građevine, u svrhu daljinskog isključenja struje unutar objekta u slučaju požara. Osnovna namjena im je da se stvore sigurni uvjeti za djelovanje vatrogasaca (gašenje požara sredstvima na bazi vode).



Sl. 9. Primjer tipkala za isključenje struje

Protupanična/evakuacijska rasvjeta (Sl. 10) je instalacija rasvjete koja u slučaju nestanka električne energije u objektu pruža dovoljnu osvjetljenost prostora i evakuacijskih putova, kako bi svi korisnici mogli sigurno napustiti ugroženi objekt. Energija za protupaničnu rasvjetu se osigurava pomoću baterija smještenih unutar samog rasvjetnog tijela ili preko centralnog napajanja objekta u nuždi (UPS) koji se dopunjavaju u normalnom režimu rada objekta.



Sl. 10. Primjer jednog protupaničnog/evakuacijskog rasvjetnog tijela

Sustavi odimljavanja (Sl. 11) se postavljaju u dijelove objekta u kojima je potrebno osigurati odvođenje dima u svrhu stvaranja sigurnih uvjeta za evakuaciju korisnika objekta (smanjenja koncentracije dima i štetnih plinova u prostoru). Najčešće su to evakuacijska stubišta, hodnici ili prostori gdje se može naći veći broj ljudi. Sustavi odimljavanja se izvode u obliku prozora sa automatskim otvaranjem, dimoodvodnih kupola ili dimoodvodne prisilne ventilacije. Dimoodvodni sustavi se mogu aktivirati samostalno uslijed djelovanja topline, ili mogu biti aktivirani daljinski putem javljača, odnosno sustava za dojavu požara.



Sl. 11. Prikaz primjera sustava odimljavanja

3. STABILNI SUSTAVI ZA ZAŠTITU OD POŽARA

Stabilne sustave za zaštitu od požara možemo podijeliti u nekoliko osnovnih skupina [9]:

- stabilni sustavi za otkrivanje i dojavu požara
- stabilni sustavi za otkrivanje i dojavu prisutnosti zapaljivih plinova i para
- uređaji i instalacije za sprječavanje nastajanja i širenja požara i eksplozija
- stabilni sustavi za gašenje požara
 - sustavi sa automatskim radom
 - sustavi bez automatskog rada

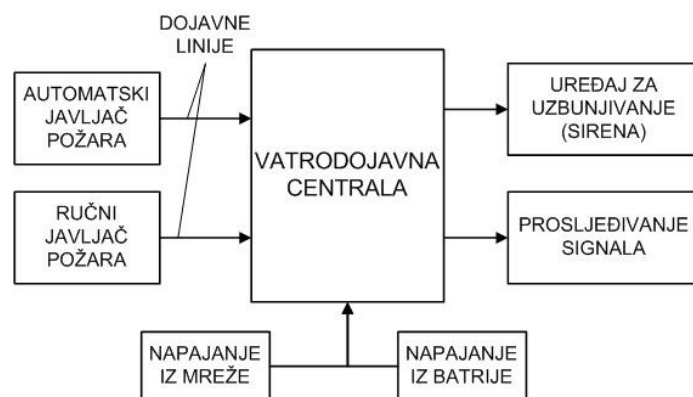
Obveza ugradnje stabilnih sustava ovisi o zahtjevima pojedinog objekta, odnosno procjeni ugroženosti objekta od nastanka i širenja požara. Također ovisno o tipu objekta, djelatnosti koja se u objektu obavlja, te broju korisnika, određuje se koji od navedenih sustava je najpovoljniji za odabrani objekt.

3.1. Stabilni sustavi za otkrivanje i dojavu požara

Stabilni sustavi za otkrivanje i dojavu požara se još skraćeno nazivaju vatrodojavni sustavi (Sl. 12). Vatrodojavni sustav je u potpunosti automatizirani sustav koji služi za pravodobno otkrivanje požara u objektu i prosljeđivanje obavijesti o nastanku požara do mjesta odakle se započinje akcija gašenja i signalizira uzbuna za evakuaciju korisnika. [5][11]

Osnovni elementi svakog vatrodojavnog sustava su:

- javljači požara (automatski ili ručni)
- dojavne linije
- vatrodojavna centrala
- izvor napajanja
- uređaj za uzbunjivanje
- prosljeđivanje signala (po potrebi)



Sl. 12. Shematski prikaz vatrodojavnog sustava

Javljači požara su dio vatrodojavnog sustava koji svojom aktivacijom registriraju nastanak požara te tu informaciju električnim signalom prosljeđuju do vatrodojavne centrale. Aktivacija javljača može biti ručna, pritiskom na dugme od strane korisnika (ručni javljači požara) ili automatska s nekom od značajki požara (automatski javljači požara) (Sl. 13). Ovisno o značajki koju automatski javljači požara detektiraju, možemo ih podijeliti u tri skupine, odnosno, termičke (termo-diferencijalni i termo-maksimalni), dimne (ionizacijski i optički) i plamene (infracrveni i ultraljubičasti) javljače požara.



Sl. 13. Primjer javljača požara: a) ručni; b) dimni; c) termički; d) plameni.

Dojavne linije se koriste za prosljeđivanje signala od javljača požara do vatrodojavne centrale. U osnovi su to izolirani električni vodiči koji moraju imati određeni električni otpor i moraju biti smješteni u zaseban požarni sektor, odvojeno od ostalih energetskih kablova.

Vatrodajavna centrala je sklop koji objedinjuje rad svih elemenata ugrađenih u vatrodajavni sustav, odnosno primljeni signal od javljača požara prosljeđuje na potrebne izlaze sustava. Centrale se smještaju u prostore gdje se nalaze osobe zadužene za nadzor objekta (npr. zaštitari), zaštićene od mogućeg požara i utjecaja okoliša, a ako nisu pod stalnim nadzorom, trebaju biti smještene u zasebni požarni sektor nadziran sa javljačem požara.

Funkcije vatrodajavne centrale su:

- prijam obavijesti o nastanku požara
- provjeru ispravnosti elemenata sustava
- prikaz i bilježenje stanja vatrodajavnog sustava (pogon, smetnje, alarm...)
- prosljeđivanje signala (zaštitarska služba, vatrogasci...)
- aktivacija drugih sustava (vanjski alarm, stabilni sustav za gašenje, dimoodvodni sustav i sl.)

Izvori napajanja za vatrodajavni sustav je u biti električna energija koji se ne smije prekidati. U tu svrhu se izvodi dvostruki sustav napajanja iz dva neovisna sustava, odnosno električne mreže (osnovni izvor) i akumulatorske baterije (pričuvni izvor). Pričuvni izvor se izvodi tako da se uključuje automatski i mora biti takvog kapaciteta da osigura rad sustava najmanje 72h u stanju pripravnosti i nakon toga 30 minuta aktivnog rada (alarm).

Uređaj za uzbunjivanje se uključuje putem vatrodajavne centrale ili tlačne sklopke nakon nastanka požara. Svrha mu je da o nastanku požara obavijesti sve osobe koje se nalaze u ugroženim prostorima radi postupka evakuacije i početka gašenja požara. Najčešće su to električne, hidraulične ili pneumatske sirene koje moraju osigurati jačinu zvuka od 30 dB iznad razine okolne buke, ali ne više od 110 dB.

Prosljeđivanje signala je dodatna opcija koju vatrodajavne centrale imaju, u svrhu da vatrodajavna centrala nije pod stalnim nadzorom, pri čemu se onda signal o požaru prosljeđuje izvan objekta (najčešće zaštitarskoj i/ili vatrogasnoj službi).

3.2. Stabilni sustavi za otkrivanje i dojavu prisutnosti zapaljivih plinova i para

Bitan dio sigurnosnih sustava svakako je detekcija i dojava otrovnih ili eksplozivno-zapaljivih plinova. Bilo da se radi o stambeno-poslovnim ili industrijskim objektima nužno je imati evidenciju o koncentraciji takvih plinova jer i mala koncentracija toksičnih plinova može biti štetna za ljudsko zdravlje, a ukoliko se eksplozivno-zapaljivi plinovi nađu u dodiru sa zrakom može doći do pogubnih posljedica i za ljude i za okolinu. Stoga je u prostorima gdje je moguća pojava otrovnih ili eksplozivno-zapaljivih plinova (kotlovnice, garaže i sl.), potrebno ugraditi stabilni sustav za otkrivanje i dojavu prisutnosti zapaljivih plinova i para (plinodojavni sustav).

Plinodojavni sustavi se sastoje od:

- detektora plina
- plinodojavne centrale
- sustava uzbunjivanja (svjetlosni i zvučni)

Kako su detektori plina jako osjetljivi, moguće je podesiti da se sustav aktivira na koncentracijama plina značajno ispod donje granice eksplozivnosti (DGE^3) ili granične vrijednosti izloženosti ($KGVI^4$), kako bi korisnici stigli reagirati prije nastupa opasnosti.

Prema potrebi plinodojavna centrala može aktivirati dodatni sustav (ventilacija, zatvaranje zapornog ventila plinovoda i sl.) u svrhu sprječavanja povećanja koncentracije štetnog plina.

³ *Donja granica eksplozivnosti (DGE)*, Koncentracija zapaljivoga plina ili pare u zraku ispod koje plinska atmosfera nije eksplozivna [2]

⁴ *Kratkotrajna granična vrijednost izloženosti (KGVI)* je ona koncentracija kemikalije kojoj radnik može bez opasnosti od oštećenja zdravlja biti izložen kroz kraće vrijeme. Izloženost takvoj koncentraciji opasne tvari može trajati najviše 15 minuta i ne smije se ponoviti više od četiri puta tijekom radnog vremena. Između dvije izloženosti toj koncentraciji mora proći najmanje 60 minuta. Vrijednosti kratkotrajne izloženosti se izražavaju u ml/m^3 (ppm) ili mg/m^3 [12]

3.3. Uređaji i instalacije za sprječavanje nastajanja i širenja požara i eksplozija

Skup elemenata, funkcionalno povezanih i neprenosivih (protupožarne zaklopke, protupožarna vrata s uređajem za automatsko zatvaranje) koji se rabe za sprječavanje nastajanja i širenja požara, se zajedničkim imenom nazivaju *uređaji i instalacije za sprječavanje nastajanja i širenja požara i eksplozija*. Mogu djelovati samostalno ili zajedno sa sustavom za dojavu i/ili gašenje požara [9].

Protupožarna vrata su element koji je zajedno sa okovom i bravama ugrađen u protupožarni zid (na prolaz za ljude, transportni put i sl.) koji u slučaju požara ne dopušta prodor plamena i topline na suprotnu stranu u određenom vremenu. Da bi se to moglo zadovoljiti vrata moraju biti posebne izvedbe (način zatvaranja, spoj sa dovratkom, vrsta ispune, ekspandirajuće trake i sl.) izrađena prema normi. Vrata se obavezno ugrađuju sa mehanizmom za zatvaranje, koji radi na principu opruge, utega, komprimiranog plina i sl. [5]

Mehanizam može biti:

- pasivan – vrata se uvijek vraćaju u zatvoreni položaj
- aktivan u sprezi sa vatrodojavom – vrata ostaju otvorena do prijema signala sa vatrodojave, te se potom zatvaraju.

Protupožarne zaklopke (Sl. 14) se postavljaju u ventilacijske kanale (na granicama požarnih sektora) u svrhu sprječavanja širenja požara i dima putem ventilacijskog kanala iz jednog požarnog sektora u drugi. Protupožarna zaklopka je u normalnom režimu stalno otvorena, te u slučaju požara automatski zatvara ventilacijski otvor. Sustav za zatvaranje zaklopke može biti:

- pasivan – opruga koja se aktivira pri porastu temperature u ventilacijskom kanalu
- aktivan/pasivan – elektromotor ili elektromagnet s oprugom koji se aktivira putem vatrodojave ili pri porastu temperature u ventilacijskom kanalu



Sl. 14. Primjer pravokutne elektromotorne protupožarne zaklopke

3.4. Stabilni sustavi za gašenje požara

Stabilni sustavi za zaštitu od požara su se od svoje pojave konstantno unaprjeđivali u skladu s tehnološkim razvojem društva. Mnoge prednosti koje ovi sustavi imaju u postupku gašenja (neovisnost o ljudskom čimbeniku, brzo započinjanje gašenja, učinkovitost, izbjegavanje panike i sl.) su im dale poticaj za sve veću zastupljenost u zaštiti od požara. Dokazana djelotvornost navedenih sustava se temelji na jednom od osnovnih načela za uspješno gašenje požara, a to je pravodobno započinjanje akcije gašenja, što za posljedicu ima višu razinu zaštite ljudskih života i materijalnih dobara.

Stabilni sustavi za gašenje požara se prema načinu rada mogu podijeliti u dvije skupine:

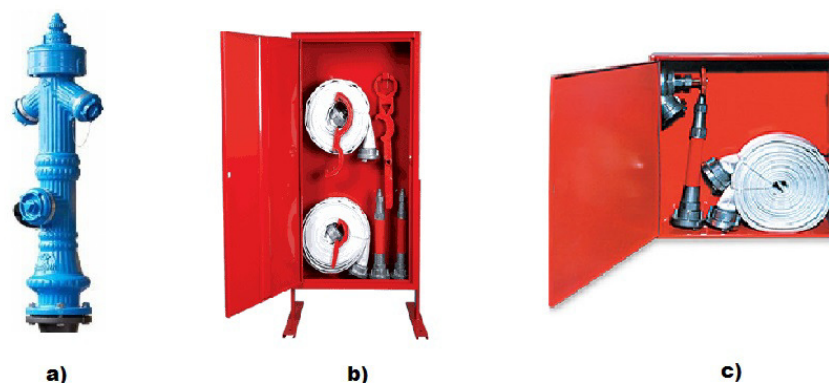
- Sustavi bez automatskog rada
 - o Hidrantska mreža
 - o Sustavi u kombinaciji s vatrogasnim vozilom
- Sustavi s automatskim radom
 - o Sprinkler sustav
 - o Drencher sustav
 - o Sustav gašenja s ugljičnim dioksidom (CO₂)
 - o Sustav s halonom
 - o Sustavi s „clear agentom“
 - o Sustav sa vodenom parom
 - o Bacači pjene i vode

3.4.1. Hidrantska mreža

Hidrantska mreža za gašenje požara je skup cjevovoda, uređaja i opreme kojima se voda od sigurnog izvora dovodi do štice prostora i građevina. Za zaštitu objekata hidrantska mreža može biti izvedena kao vanjska i/ili unutarnja [14][15].

Vanjska hidrantska mreža se izrađuje u obliku prstena oko štice objekta, dok se iznimno može izvesti kao slijepi cjevovod za štice objekata sa nižim požarnim opterećenjem. Na cjevovod vanjske hidrantske mreže postavljaju se nadzemni ili podzemni hidranti čija međusobna udaljenost ne smije biti veća od 150m, odnosno 300m u naselju s obiteljskim kućama. Ako je vanjska hidrantska mreža namijenjena za neposredno gašenje požara, uz vanjske hidrante, na udaljenosti manjoj od 10m, trebaju biti postavljeni hidrantski ormarići sa svom potrebnom opremom (Sl. 15).

Unutarnja hidrantska mreža je namijenjena intervenciji gašenja požara u unutrašnjosti objekta, a izvodi se na način da se na cjevovod postavljaju hidranti smješteni u hidrantske ormariće (ventil, vatrogasna cijev i mlaznica, Sl. 15). Hidranti se postavljaju na takav način da se ostvari potpuno prekrivanje prostora koji se štiti najmanje s jednim mlazom vode. Doseg pojedinog hidranta je 20m (15m vatrogasne cijevi i 5 metara homogenog mlaza). Hidranti i hidrantski ormarići moraju biti izvedeni tako da omoguće sigurno i efikasno rukovanje i uporabu.



Sl. 15. Prikaz primjera hidranta i pripadajuće opreme: a) nadzemni hidrant;
b) vanjski hidrantski ormarić; c) unutarnji hidrantski ormarić;

3.4.2. Sustavi u kombinaciji s vatrogasnim vozilom

Sustavi za gašenje požara koji se koriste u kombinaciji sa vatrogasnim vozilom se nazivaju još i polustabilni sustavi za gašenje požara. Polustabilni sustavi su najčešće sustavi za gašenje požara na bazi vode ili pjene i mogu se podijeliti na dva dijela [16].

Fiksni dio čini cijevna instalacija koja završava mlaznicama za vodu (tipa sprinkler sustav) ili pjenu (bacači pjene sa ručnim ili automatskim radom). Na početku cijevne instalacije se nalazi priključak za vatrogasno vozilo. Ako je riječ o sustavu sa pjenom, uz cijevnu instalaciju se može još nalaziti i stanica za miješanje vode i pjenila.

Mobilni dio sustava čini vatrogasno vozilo, koje je opremljeno pumpom velikog protoka i tlaka, koje sustav opskrbljuje vodom, odnosno vodom i pjenilom ako je predviđeno da se miješanje vrši na vozilu. Vozilo može koristiti vodu iz svog spremnika, iz hidrantske mreže ili iz nekog drugog sigurnog izvora vode (bunar, bazen i sl.).

3.4.3. Sprinkler sustav

Sprinkler sustav je, kao sustav s automatskim radom, najčešće ugrađivani stabilni sustav za gašenje požara. Ugrađuje se u sve vrste objekata, neovisno da li su objekti niskog, srednjeg ili visokog požarnog opterećenja. Sprinkler sustav za gašenje koristi raspršenu vodu, te svojim aktiviranjem, istovremeno uz gašenje vrši i automatsku dojavu požara (na vatrodojavnu centralu). [11][15]

Sprinkler sustav se može podijeliti u tri dijela (Sl. 17):

1. Dobava vode – vodovodna mreža ili zaseban spremnik
2. Sprinkler stanica/ventilska sekcija – suha ili mokra
3. Cjevovod sa sprinkler mlaznicama/sekcija gašenja

Ključni element sprinkler sustava čine sprinkler mlaznice (Sl. 16) koje reagiraju na porast temperature u prostoru koji se štiti. Temperatura aktiviranja sprinkler mlaznice je viša za oko 30°C od najviše očekivane radne temperature štićenog prostora. Pri pojavi požara i porastom temperature dolazi do aktiviranja sprinkler mlaznica čime je

omogućen izlaz vode iz cjevovoda pod tlakom od najviše 10 bara koji je spojen na izvor vode.



Sl. 16. Primjer sprinkler mlaznice

Osnovna funkcija sprinkler stanice je propuštanje vode u cjevovod i dojava požara (alarm), odnosno prosljeđivanje signala na vatrodojavnu centralu pri padu tlaka u cjevovodu uslijed otvaranja sprinkler mlaznice.

Razlikujemo nekoliko tipova sprinkler sustava:

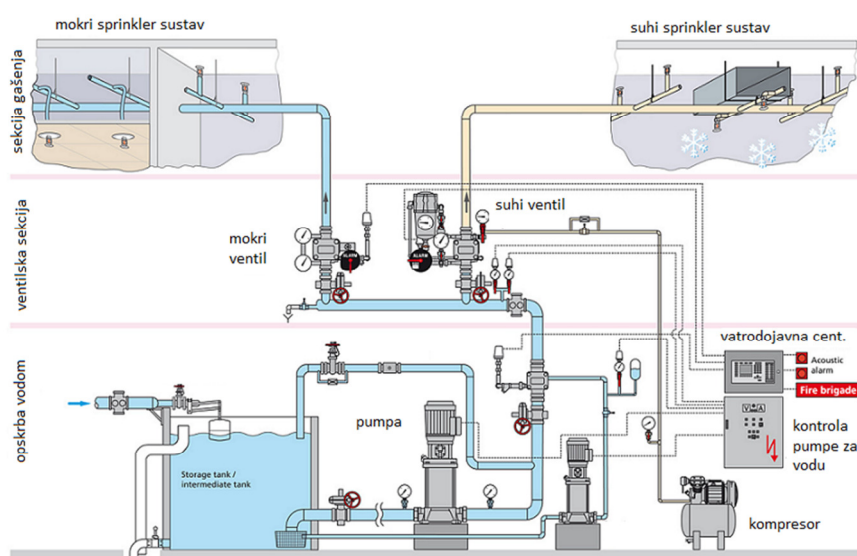
- mokri sprinkler sustav
- suhi sprinkler sustav
- suhi brzodjelujući sustav (s ubrzivačem)
- kombinirani sprinkler sustav
- sprinkler sustav s pred-alarmom
- sprinkler sustav sa pjenom

Mokri sprinkler sustav se primjenjuje u prostorima gdje nema opasnosti od smrzavanja ili isparavanja vode u cijevima. U navedenom tipu sprinkler sustava u cjevovodu ispred sprinkler ventila kao i u cjevovodu iza sprinkler ventila se nalazi voda. Sprinkler mlaznice mogu biti instalirane kao viseće ili stojeće.

Suhi sprinkler sustav se primjenjuje tamo gdje se ne može primijeniti mokri sustav, odnosno u prostorima gdje postoji opasnost od smrzavanja ili isparavanja vode u cijevima. U navedenom tipu sprinkler sustava u cjevovodu ispred sprinkler ventila se nalazi voda, dok se u cjevovodu iza sprinkler ventila nalazi komprimirani zrak ili dušik.

Nedostatak Suhog sprinkler sustava je taj što postoji kašnjenje dolaska vode od ventila do sprinkler mlaznice budući da prije izlaska vode iz cjevovoda mora prethodno izaći zrak.

Kombinirani sprinkler sustav (Sl. 17) je, kao što mu i samo ime kaže kombinacija mokrog i suhog sprinkler sustava. Sustav ima i mokri i suhi sprinkler ventil, a izvodi se na način da se prostori gdje postoji mogućnost od smrzavanja vode (npr. podzemna garaža) štite cjevovodom u kojemu je zrak (suhi sprinkler sustav), a svi ostali prostori se štite cjevovodom u kojemu je voda (mokri sprinkler sustav).



Sl. 17. Prikaz elemenata sprinkler sustava

Sprinkler sustav s pred-alarmom je suhi sprinkler sustav kombiniran sa sistemom za automatsko otkrivanje i dojavu požara. Namijenjen je zaštiti prostora u kojima postoji značajna mogućnost nastanka štete od slučajnog aktiviranja sprinkler mlaznice. U navedenom tipu sprinkler sustava se, kao i kod suhog sprinkler sustava, u cjevovodu ispred sprinkler ventila nalazi voda, dok se u cjevovodu iza sprinkler ventila nalazi komprimirani zrak.

Glavni sprinkler ventil se otvara pomoću vatrodojavnog sustava, koji djeluje prije otvaranja sprinkler mlaznice i sustav se puni vodom, tako da je prilikom aktivacije mlaznice potrebno manje vremena da voda dođe do mlaznice.

U slučaju da se sprinkler mlaznica aktivira prije vatrodavnog sustava, voda neće poteći dok god se ne aktivira i glavni ventil, što smanjuje mogućnost nastanka štete prilikom slučajnog aktiviranja sprinkler mlaznice.

sprinkler sustav sa pjenom se primjenjuje u slučajevima kada je potrebno gašenje sa velike udaljenosti te sa velikom količinom pjene. To su stabilni sustavi kojima se štite objekti visokog požarnog rizika i velike vrijednosti.

Princip rada sastoji se u dovođenju vode i pjenila u mješač te dalje kroz sustav razvoda prema objektu koji se štiti. Istovremeno sa dovođenjem vode pumpa pjenila potiskuje pjenilo u mješač gdje se u traženom omjeru (1% - 6%) miješa sa vodom. Emulzija (mješavina vode i pjenila) prolazi kroz cjevovod do mlaznice (Sl. 18) na kojoj nastaje pjena miješanjem emulzije sa zrakom.



Sl. 18. Primjer sprinkler mlaznice za sustave s pjenom

Prednosti sprinkler sustava se očituje u jednostavnom održavanju, visokoj efikasnosti gašenja i nepostojanju lažnih alarma. U slučaju požara aktiviraju se samo one mlaznice koje se nalaze u dijelu prostora koji je zahvaćen požarom, tako da su minimalne štete od djelovanja vode uštićenom prostoru.

3.4.4. Drencher sustav

Drencher sustav je stabilni sustav za gašenje požara koji se projektira za slučajeve kad je moguće brzo širenje požara, a s ciljem brze reakcije u svrhu usporavanja širenja i gašenja požara. Najčešću primjenu ovog sustava nalazimo u kazalištima, lakirnicama, naftnoj industriji, spremnicima goriva, kablovskim kanalima, postrojenjima za reciklažu i sl. [15]

Kao i kod sprinkler sustava cjevovod je povezan s izvorom vode preko drencher ventilске stanice. Na početku cjevovoda iza izvora vode nalazi se drencher ventil kao dio drencher ventilске stanice, aktivacijom kojega se aktivira cijeli sustav.

Razlika u odnosu na sprinkler sustav je prvenstveno u tome što su mlaznice na cjevovodu otvorene, tj. nemaju toplinski osjetljivi element, te se pri aktivaciji drencher ventila, vodom iz cijevne mreže, polijeva cjelokupna štícena površina. Aktivacija drencher ventila se može izvesti na različite načine:

- hidraulično ili pneumatski (cjevovod pod tlakom vode/zraka)
- električnim putem (vatrodojava, signal sa javljača požara i sl.)
- ručno (putem tipkala, otvaranje ventila i sl.)

Primjena ovog sustava je ograničena zbog velikih količina vode koje su potrebne za njegov ispravan rad, a moguće su i veće sekundarne štete [5].

3.4.5. Sustav gašenja s ugljičnim dioksidom (CO₂)

Sustavi za gašenje ugljičnim dioksidom jedni su od najstarijih sustava za gašenje požara. CO₂ sustavi koriste „efekt gušenja“ odnosno smanjenje količine kisika u zraku, te „efekt hlađenja“ odnosno uzimanje topline isparavanja iz okoline. Navedeni sustavi omogućavaju potpunu ali i djelomičnu zaštitu tj. primjenjuju se za zaštitu prostorije ili objekata unutar same prostorije.

Kod zaštite prostora navedenim sustavima bitno je provesti sve mjere zaštite ljudstva u štícenom prostoru budući da je koncentracija CO₂ u štícenom prostoru smrtonosna. Stoga današnja uobičajena primjena sustava za gašenje požara s CO₂ je lokalna

zaštita pojedinih uređaja i strojeva. Za potpunu zaštitu prostora razvijeni su drugi plinski sustavi koji nisu smrtonosni za ljudstvo koje se zatekne u šticećenim prostorima. [15][17]

Sustav se sastoji od cjevovoda sa mlaznicom/mlaznicama, spremnikom plina sa pripadajućim ventilima i upravljačkog elektro-dijela sustava. Razlikujemo dva sustava gašenja ugljičnim dioksidom, ovisno o tipu spremnika plina (Sl. 19).

- visokotlačni CO₂ sustav - Plin je pohranjen u tekućem stanju u spremnicima pod tlakom 50 bara. Boce su povezane u bateriju boca preko sabirnih cijevi i visokotlačnih crijeva.
- niskotlačni CO₂ sustav - Plin je pohranjen u tekućem stanju u spremniku koji se hlađenjem održava na temperaturi od -18°C i tlaku 21 bar. U niskotlačni sustav dodatno se postavlja i dio sustava koji služi za hlađenje spremnika plina.



a)



b)

Sl. 19. Primjer spremnika plina u sustavima za gašenje s CO₂:

a) baterija boca; b) pothlađeni spremnik

3.4.6. Stabilni sustav za gašenje s halonom

Haloni, odnosno halogenizirani ugljikovodici su plinovi bez boje i mirisa, električki nevodljivi, a u požaru inhibiraju reakciju gorive tvari i kisika tj. djeluju antikatalitički prekidajući lančanu reakciju normalnog gorenja (raspadnuti halon veže se sa atomima i radikalima). Pogodni su za sve vrste požara, osim požara lakih metala.

S obzirom na svoje antikatalitičko djelovanje, haloni su se pokazali kao najučinkovitiji od svih stabilnih sustava za gašenje požara. Prema nekim izračunima, pokazalo se da je halon 1301 tri puta učinkovitiji od ugljičnog dioksida (CO₂).[5]

Sustav za gašenje požara halonom se sastoji od spremnika halona, halonskog ventila, sabirne cijevi (ukoliko se koristi više spremnika halona), cjevovoda na koji su postavljene halonske mlaznice (Sl. 20) i sustava vatrodojave s uzburom (sirena) kada se koristi u prostorima gdje borave ljudi. U spremnicima se halon nalazi u tekućem obliku, te se kao pogonski plin (za ostvarivanje potrebnog tlaka) koristi dušik. S obzirom na tlak plina u spremniku sustave za gašenje dijelimo na visokotlačne i niskotlačne.[5]

Nedostatak sustava za gašenje požara halonom je taj što je međunarodnim konvencijama ograničena upotreba halona za gašenje, zbog njegove utvrđene osobine razaranja ozonskog omotača zemlje [1]. U skladu s time je ograničena i proizvodnja halona, što je dodatno podiglo cijenu ugradnje i održavanja navedenih sustava. Stoga danas postoje zamjenska sredstva koja imaju slične učinke u gašenju požara kao haloni, ali ne uzrokuju oštećivanje ozonskog sloja tako da su većinom halonski sustavi zamijenjeni sustavima za gašenje s tzv. „clear agentima“ (FM-200, Novec 1230 i sl.).



Sl. 20. Primjer mlaznice sustava za gašenje požara halonom

3.4.7. Sustavi za gašenje požara s „clear agentom“

Kako je već navedeno zbog štetnog utjecaja halona na ozonski omotač, upotreba mu je značajno ograničena sa tendencijom potpunog uklanjanja kao sredstva za gašenje

požara. Nadalje zbog razvitka tehnologije, dolazi do sve većih zahtjeva u zaštiti od požara sa plinskim sredstvima, neovisno o uvjetima gašenja, te se u tu svrhu sve više istražuju zamjenska sredstva za halone.

Zamjenska sredstva („clear agent“) su razvili različiti proizvođači u različitim oblicima, ali do danas, nijedno sredstvo nije uspjelo u potpunosti objediniti sve dobre strane halona u zaštiti od požara, a da je pritom neškodljivo za ozonski sloj. Danas su u upotrebi mnoga sredstva pod različitim trgovačkim nazivima, kao što su NAF-S III, Inergen, FM-200, Novec 1230, koja se ravnopravno tretiraju, iako, u praksi pojedine zemlje imaju više sklonosti za pojedino sredstvo.

U Republici Hrvatskoj, kao i u većini zemalja, širu primjenu u zamjeni za halone je našao plin FM-200, koji je najbliži halonu, te ćemo ga u ovom radu pobliže opisati. [5]

4. STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA FM-200

Od mnogobrojnih zamjenskih sredstava za halone, čija primjena je postupno prestala po odredbama Montrealskog protokola radi zaštite ozonskog omotača, plin FM-200 se pokazao veoma prikladnim za gašenje požara u prostorima sa skupom opremom, gdje bi gašenje drugim sredstvima moglo nanijeti dodatne štete. [18]

Plin FM-200 je bezopasan za ljude, bezbojan je i bez mirisa te ne utječe na proširenje ozonskih rupa, a vrijeme raspada u atmosferi mu je 31-42 godine dok je za halon 1301 vrijeme raspada čak 65-77 godina (Tab. 1).

Tab. 1. Svojstva plinova koji se koriste za gašenje požara kao zamjena za halone

Svojstvo\clear agent	halon 1301	Novec 1230	FM-200	FE-13	FE-25
faktor štetnosti za ozon	12	0	0	0	0
faktor globalnog zagrijavanja	6900	1	3500	12.000	3400
vrijeme raspada (godine)	65	0,014	33	260	29

Dodatni podatci i karakteristike plina FM-200:

- ISO oznaka: HFC-227ea
- naziv: heptafluoropropan
- spec. težina: 1,4 kg/l
- temperatura isparavanja: -16,34 °C
- Temperatura smrzavanja: -131 °C

4.1. Princip gašenja požara

Plin FM-200 (HFC227ea⁵) je u osnovi plin heptafluoropropan kemijske formule $\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$ (Sl. 21). Princip gašenja požara navedenim plinom je antikatalitički, odnosno plin inhibira kemijsku reakciju između gorivog materijala i kisika. Da bi efikasnost bila potpuna, potrebno je brzo istjecanje plina i ravnomjerna raspodjela po čitavom prostoru, u koncentraciji potrebnoj za gašenje (totalna zaštita).[17][19]



Sl. 21. Prikaz molekule plina FM-200, odnosno $\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$

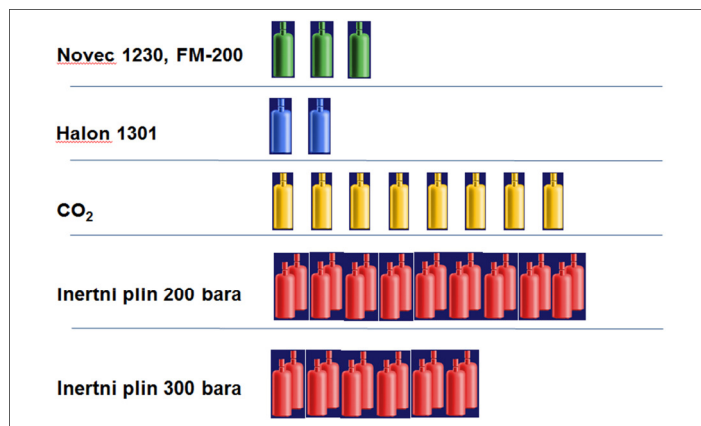
Istraživanja⁶ su pokazala da koncentracija plina FM-200 od samo 7 - 9% u prostoru uspješno gasi sve vrste požara i to u vremenskom periodu od deset sekundi od trenutka aktiviranja. Mala koncentracija plina potrebna za gašenje požara i mogućnosti pohranjivanja u tlačnim spremnicima u tekućem stanju, daje dodatnu prednost plinu FM-200 u odnosu na ostala plinska sredstva za gašenje požara, po pitanju potrebne količine plina i veličine (količine) spremnika potrebnih za gašenje požara u određenom prostoru (Sl. 22). [20]

Kada se plin FM-200 izloži temperaturama većim od 700°C , u kemijskoj reakciji se formira spoj znan kao fluorovodik, koji može reagirati sa nekim kovinama i silicijevim dioksidom (staklom). Stoga, dodatan razlog se javlja, u svrhu smanjenja nastale količine navedenog plina u požaru, da se požar ugasi što je moguće prije. U tu svrhu

⁵ Plin FM-200 se dodatno još naziva HFC227ea prema ISO standardu i NFPA (National Fire Protection Association)

⁶ Sposobnost gašenja plina FM-200 ispitana je u svjetski priznatim američkim atestnim institutima UL (Underwrites Laboratories Incorporated) i FM (Factory Mutual Research Corporations). Rađeni su takozvani "Cup Burner" testovi (standardizirani testovi za određivanje minimalne koncentracije gašenja kod plinovitih sredstava za gašenje)

se kao tehnički zahtjev kod projektiranja stavlja da je potrebno plin FM-200 ispustiti u prostor u vremenu manjem od 10 sekundi. [21][22]



Sl. 22. Prikaz potrebne količine plina za gašenje požara u prostoru istog volumena

Izuzev nastanka navedenog plina, prilikom gašenja požara plinom FM-200 ne dolazi do veće reakcije plina sa opremom koja se nalazi u prostoru (metalima i polimerima i sl.), kao ni do pojave čvrstih produkata reakcije koje je potrebno naknadno čistiti, što za prednost ima manje troškove čišćenja i popravaka nakon požara. [23]

4.2. Štetnost

Iz razloga kao što je već navedeno velika prednost plina FM-200 je ta što ne utječe na ozon u smislu proširenje ozonskih rupa, te je iz tog razloga prihvaćen kao zamjena za Halon 1301 i Halon 1211 u sustavima za gašenje požara. Nedostatak FM-200 plina po pitanju okoliša je što pri ispuštanju zagrijava atmosferu. Koeficijent GWP iznosi 3500 (Tab. 1) što znači da 1 kg plina FM-200 zagrijava atmosferu jednako kao 3500 kg ugljičnog dioksida.

Sukladno Zakonu o zaštiti zraka i Uredbi o tvarima koje oštećuju ozonski sloj i fluoriranim stakleničkim plinovima FM-200 spada u zamjenske tvari na koje su uvedena određena ekološka ograničenja. Navedena ograničenja odnose se prvenstveno po pitanju servisnog održavanja i zbrinjavanja.

4.2.1. Utjecaj na ljude

Kako je već navedeno, plin FM-200 u koncentracijama kojima efektivno gasi požare (7-9%) nije štetan za ljude koji se nađu u prostoru. Međutim, pri izlaganju većim koncentracijama što se može dogoditi kod servisa ili kod oštećenja sustava, može doći do štetnih posljedica. Stoga je jako važno pridržavati se uputa proizvođača za postupanje s plinom i pravilno održavanje sustava.

Udisanje:

Istraživanja su pokazala da izloženost plinu FM-200 u koncentracijama do 1000 ppm (0,1%) tokom radnog vremena (8h/dan) nema utjecaj na ljudsko zdravlje.

Kod udisanja veće količine (veće koncentracije) plina FM-200 od navedene, kod ljudi dolazi do utjecaja na živčani sustav što može prouzrokovati mučninu, vrtoglavicu, glavobolju, gubitak koordinacije, pa čak i nesvjesticu. Daljnjim udisanjem plina ili u slučaju kratkotrajnog izlaganja plinu u koncentracijama većim od 105000 ppm (10,5 %) može doći do nepravilnosti u radu srca, što za posljedicu može imati srčani zastoj i smrt. [15]

Dodatnim istraživanjem je određena granica trenutne izloženosti kod koje nema vidljivih utjecaja na zdravlje ljudi, a ona iznosi 90000 ppm, odnosno 9%. [24]

Tab. 2. Prikaz dozvoljenog vremena izloženosti plinu FM-200 bez štetnih posljedica na čovjeka, ovisno o koncentraciji plina [21]

Vrijeme izloženosti plinu FM-200 u navedenim koncentracijama za koje nema štetnih posljedica za ljude		
Koncentracija plina FM-220		Maksimalno vrijeme izloženosti
% v/v	ppm	
9.0	90000	5 min
9.5	95000	5 min
10.0	100000	5 min
10.5	105000	5 min
11.0	110000	1,13 min
11.5	115000	0,60 min
12.0	120000	0,49 min

Dodir:

Na sobnoj temperaturi plin FM-200 ima zanemariv utjecaj ako dođe u kontakt sa kožom ili očima. Međutim plin u tekućem stanju je puno opasniji i može izazvati smrzotine u doticaju sa kožom ili očima. Stoga je obavezno nositi zaštitnu opremu pri rukovanju plinom FM-200 u tekućem stanju.

Isparavanja:

Kako je plin FM-200 teži od zraka, u slučaju curenja ili prolijevanje tekuće faze dolazi do povećanog isparavanja, pri čemu se plin zadržava uz pod gdje mogu nastati povećane koncentracije. Ukoliko dođe do većeg isparavanja (prolijevanja) u prostoru moguće je da plin istisne kisik i da dođe do gušenja ljudi zatečenih u prostoru. U tim slučajevima je obavezno napustiti ugroženi prostor dok se prostor dobro ne proventilira sa svježim zrakom prisilnom ili prirodnom ventilacijom. Prostor je siguran za korisnike tek kada se koncentracija spusti ispod 1000 ppm.

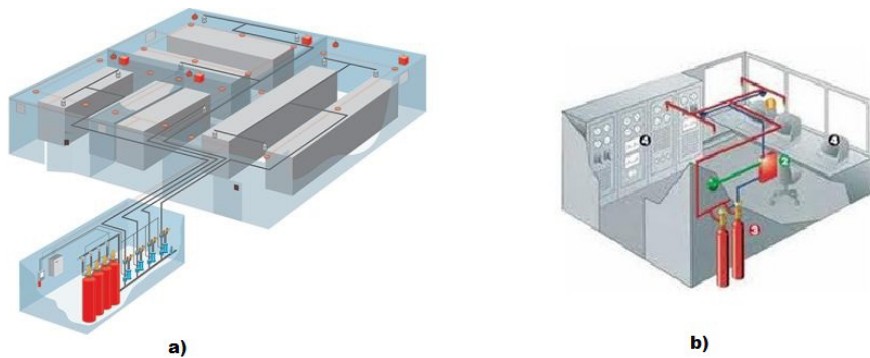
4.3. Primjena

Sustavi za gašenje požara plinom FM-200 su razvijeni sa ciljem da detektiraju i gase požar u samom začetku, iznimnom brzinom (<10 sekundi) i sa minimalnom štetom na ugrađenoj opremi. Dodatna značajna karakteristika navedenih sustava je da plin (u koncentraciji potrebnoj za gašenje požara) nije štetan po zdravlje ljudi, s čime je omogućena sigurna ugradnja sustava u prostorima u kojima stalno borave ljudi.

Zbog svih navedenih karakteristika sustavi za gašenje požara plinom FM-200 se koriste za zaštitu prostora kao što su [23]:

- telekomunikacijski centri
- prostori s računalnom opremom
- arhivi (SI 23, a)
- kemijski laboratoriji
- kontrolne sobe (SI 23, b)
- skladišta zapaljivih tekućina
- lakirnice
- naftne i plinske bušotine

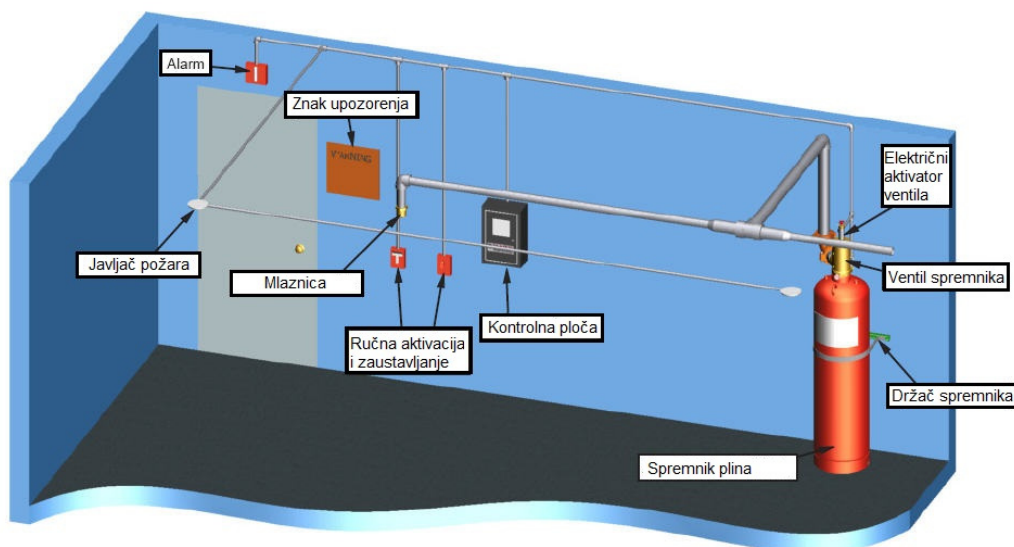
- oprema za automatizaciju – manipulatori
- tekstilna industrija
- vojna oprema
- skladišta umjetnina i sl.



Sl. 23. Primjer ugradnje sustava FM-200: a) Arhiv; b) Kontrolna soba

4.4. Elementi sustava

Sustav za gašenje požara FM-200 (Sl. 24) se sastoji od cjevovoda sa mlaznicom/mlaznicama, spremnika plina sa pripadajućim ventilom i električnog upravljačkog dijela sustava.



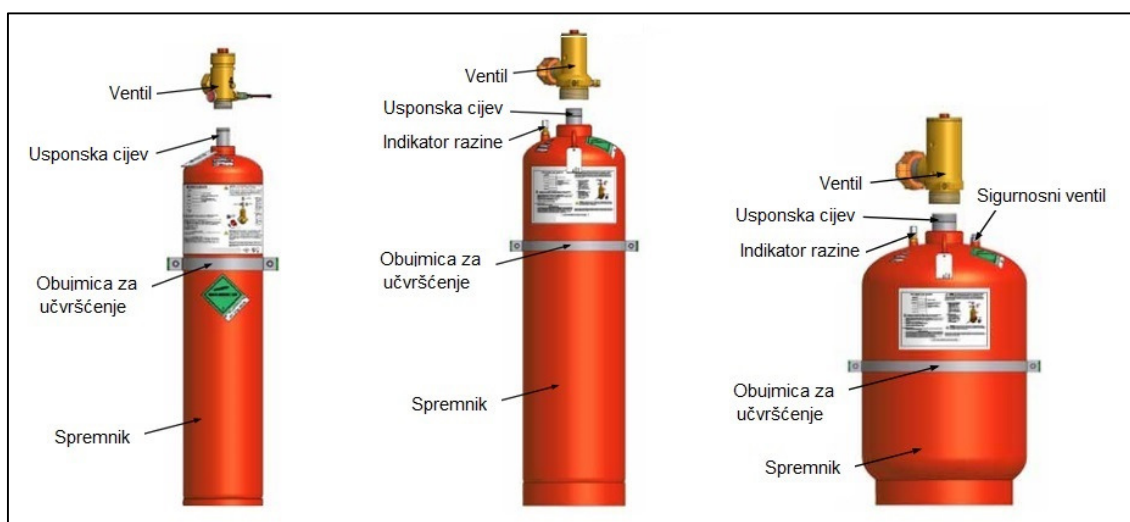
Sl. 24. Prikaz elemenata sustava za gašenje požara FM-200

Dodatno kada je sustav postavljen u prostore u kojima se mogu zateći ljudi u vrijeme požara, sustav obavezno mora imati zvučnu i svjetlosnu signalizaciju kada je gašenje u tijeku.

4.4.1. Spremnik plina sa ventilom

Plin FM-200 je pohranjen u tekućem stanju u spremnicima pod tlakom (Sl. 25). Da ne bi došlo do reakcije između plinova, tlak u spremniku se održava pomoću dušika. Spremnici za FM-200 su standardizirani u nekoliko tipova ovisno o volumenu odnosno maksimalnom punjenju (Tab. 3). Spremnici se izrađuju prema normama i prije upotrebe se moraju ispitati pri čemu se definiraju podatci spremnika, kao što je npr.:

- radni tlak plina: 24,8 bar
- maksimalna gustoća punjenja spremnika: 1,121 kg/l
- proračunski radni tlak spremnika (kod 55 °C): 34.475 bar
- ispitni tlak: 69 bar
- tlak trganja spremnika: 138 bar
- tlak otvaranja sigurnosnog ventila: 55 bar
- radna temperatura: od -18 do + 55 °C



Sl. 25. Prikaz tipova spremnika plina FM-200 sa pratećim elementima

Spremnici za pohranjivanje plina FM-200, nakon provedenog ispitivanja, trebaju dobiti odobrenje od nadležnog tijela Republike Hrvatske, prije stavljanja u upotrebu.

Tab. 3. Prikaz standardnih punjenja spremnika plinom FM-200 u kg

Standardno punjenje spremnika [kg]						
Proizvođač	Volumen spremnika [l]					Radni tlak
	<20	20-49	50-99	100-149	>150	
Kidde	5, 8, 16	28	51, 81	142	243, 368	24,8
Tyco	8, 16	32	52	106, 147	180	25
Minimax	-	22, 25, 40	50, 80	100, 140	180	25, 40, 50

Ovisno o potrebnoj količini plina za šticeenje određenog prostora, standardnom volumenu punjenja (Tab. 3) i moguće transportne veličine spremnika plina, spremnik se može, kao i kod CO₂ sustava, izvesti kao pojedinačni ili kao baterija boca (Sl. 26). Kod baterije boca, više boca je fleksibilnim cijevima spojeno na razvodni cjevovod koji plin odvodi prema mlaznicama.



a)



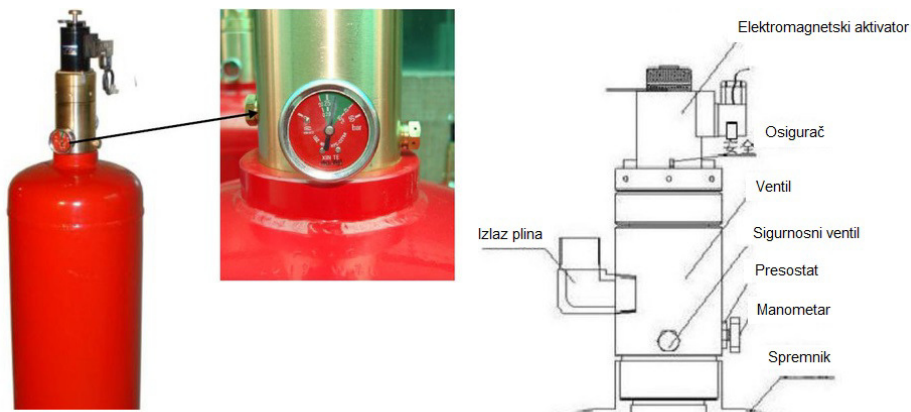
b)

Sl. 26. Primjer spremnika plina FM-200: a) pojedinačni, b) baterija boca

Svaki spremnik na izlazu ima pripadni ventil koji je opremljen sa: manometrom, sigurnosnom membranom, presostatom⁷, ručnim aktivatorom i elektromagnetskim aktivatorom (Sl. 27). Ventil mora biti brzootvarajući i dimenzioniran tako da omogući

⁷ Presostat – Električna komponenta namijenjena elektronskom nadzoru tlaka u spremniku

istjecanje cijelog spremnika u zahtijevanom vremenu (manje od 10s). Ventil mora imati mogućnost ručne i elektromagnetske aktivacije (otvaranja), direktno ili indirektno.



Sl. 27. Prikaz manometra i elemenata ventila spremnika plina FM-200

4.4.2. Cjevovod sa mlaznicama

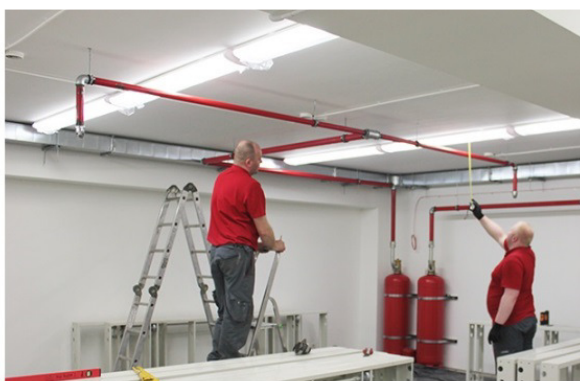
Da bi se plin FM-200 doveo od spremnika (ventila) do prostora koji se štiti, koristi se čvrsti cjevovod, na kojemu su na kraju postavljene mlaznice. Najčešće se plin kroz cjevovod zbog velikog tlaka kreće u tekućem stanju i tek prolaskom kroz mlaznice dolazi do nagle ekspanzije i prelaska u plinovitu fazu.

Cjevovod se najčešće izvodi od čeličnih cijevi prema proračunu. Ispravan proračun cjevovoda podrazumijeva, da sve varijable u sustavu, kao što su, vrijeme gašenja, količina protoka, padovi tlaka, dimenzije prostora, dimenzije cjevovoda i tip mlaznica, budu međusobno optimalno udešeni, kako bi se postiglo brzo i adekvatno gašenje požara.[19]

U svrhu zadovoljavanja optimalnih uvjeta, cjevovod se izvodi kao jednostruki sa jednom mlaznicom na kraju ili razgranati sa više mlaznica, raspoređenih na način da pokriju cijeli štićeni prostor (Sl. 28).



a)



b)

Sl. 28. Primjer izvedbe cjevovoda za gašenje plinom FM-200: a) jednostruki sa jednom mlaznicom, b) razgranati sa više mlaznica

Mlaznice na cjevovodu (Sl. 29) moraju biti izvedene na način da osiguraju potpuno isparavanje plina, a da pri tome da ne uspire istjecanje plina ispod dozvoljene granice (<10s). Također mlaznice se moraju postaviti tako da osiguraju dobro raspršivanje plina po cijelom štíćenom prostoru (Sl. 30).



Sl. 29. Primjer mlaznice za plin FM-200 postavljene na kraj cjevovoda



Sl. 30. Primjer raspršivanja plina FM-200 s mlaznicom

4.4.3. Upravljački sustav

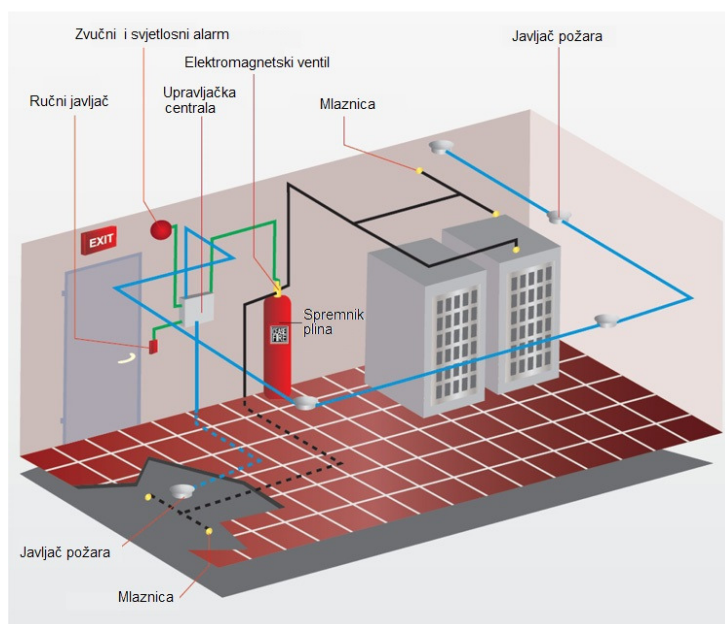
Upravljački sustav aktivacije sustava za gašenje plinom FM-200 je u osnovi elektronički sustav koji se sastoji od javljača požara, centrale i elektromagnetskog aktivacijskog ventila (Sl. 31). Upravljački sustav može biti izveden u kombinaciji sa vatrodojavnim sustavom objekta ili kao zaseban sustav.

Centrala sustava

Centrala sustava kao i kod vatrodojave ima zadatak da objedini sve dijelove upravljačkog sustava. Odnosno, centrala prihvaća signale sa javljača te ih prosljeđuje na signalne uređaje i/ili elektromagnetski aktivacijski ventil.

Neovisno da li je centrala izvedena kao samostalna ili u sklopu vatrodojavnog sustava objekta (vatrodojavne centrale), mora imati mogućnost zvučne i svjetlosne signalizacije da je gašenje u tijeku, te ako je potrebno proslijediti signal na druge sustave (protupožarna vrata, zaklopke, ventilacija, odimljavanje i sl.).

Također centrala mora imati mogućnost očitavanja stanja sustava (gašenje u tijeku, tlak u spremniku, kvar sustava, greška u sustavu i sl.).



Sl. 31. Prikaz elemenata upravljačkog sustava aktivacije

Javljači požara

Ovisno o potrebnoj brzini aktivacije sustava, se kao i kod vatrodajavnog sustava, postavljaju automatski javljači požara, koji mogu biti plameni, dimni ili termički (Sl. 13, str.17). Zbog sigurnosti i zaštite okoliša, javljači požara se često u prostor stavljaju u parovima, u dvije zasebne petlje, kako bi se izbjegla nepotrebna (slučajna) aktivacija sustava. Princip rada upravljačkog sustava je da se na alarm javljača iz prve petlje uključuje signal predalarma (zvučna i svjetlosna signalizacija), a tek kod alarma javljača iz druge petlje dolazi do aktivacije sustava.

Dodatno se, u prostorima gdje borave ljudi, može postaviti i ručni javljač, aktivacijom kojega se trenutno aktivira centrala i sustav, te dolazi do istjecanja plina neovisno o stanju automatskih javljača požara.

Aktivacijski ventil

Aktivacijski ventil je najčešće izveden kao elektromagnetski, koji se postavlja na glavni ventil spremnika plina (Sl. 32), te po primitku signala sa centrale aktivira glavni ventil u najkraćem mogućem roku. Dodatno, na aktivacijski ventil se može postaviti i poluga za ručno aktiviranje spremnika, pomoću koje se može aktivirati sustav neovisno o stanju centrale (neispravnost, greška i sl.).



Sl. 32. Primjer elektromagnetskog aktivacijskog ventila sa opcijom ručne aktivacije

Ispravnost aktivacijskog ventila, kao i cijelog sustava se mora periodički ispitivati i provjeravati od strane ovlaštene ustanove.

5. VAŽEĆI PROPISI ZA STABILNE SUSTAVE ZA ZAŠTITU OD POŽARA

U Hrvatskoj, obveze za izvedbu stabilnih sustava, kao i ostale obveze pučanstva za zaštitu od požara su propisane zakonima Republike Hrvatske i važećim podzakonskim aktima (pravilnicima i tehničkim propisima).

Trenutno važeći zakoni koji se odnose na zaštitu od požara:

- Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)
- Zakon o eksplozivnim tvarima (NN 178/04, 109/07, 67/08, 144/10)
- Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima (NN 108/95, 56/10)

Dodatni zakoni koji se vežu uz zaštitu od požara i stabilne sustave:

- Zakon o vatrogastvu (NN 106/99, 117/01, 36/02, 96/03, 139/04, 174/04, 38/09, 80/10)
- Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13)
- Zakon o gradnji (NN 153/13)
- Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti (NN 80/13, 14/14)

Važeći podzakonski akti iz zaštite od požara:

- Pravilnik o izradi procjene ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije (NN 35/94, 110/05, 28/10)
- Pravilnik o planu zaštite od požara (NN 51/12)
- Pravilnik o zahvatima u prostoru u postupcima donošenja procjene utjecaja zahvata na okoliš i utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša u kojima Ministarstvo unutarnjih poslova, odnosno nadležna policijska uprava ne sudjeluje u dijelu koji se odnosi na zaštitu od požara (NN 88/11)
- Pravilnik o zahvatima u prostoru u kojima tijelo nadležno za zaštitu od požara ne sudjeluje u postupku izdavanja rješenja o uvjetima građenja, odnosno lokacijske dozvole (NN 115/11)
- Pravilnik o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategoriji ugroženosti o požara (NN 62/94, 32/97)
- Pravilnik o razvrstavanju građevina u skupine po zahtjevnosti mjera zaštite od požara (NN 56/12)
- Pravilnik o sadržaju općeg akta iz područja zaštite od požara (NN 116/11)

- Pravilnik o sadržaju elaborata zaštite od požara (NN 51/12)
- Pravilnik o uvjetima za vatrogasne pristupe (NN 35/94, 55/94, 142/03)
- Pravilnik o zaštiti od požara u skladištima (NN 93/08)
- Pravilnik o zaštiti od požara ugostiteljskih objekata (NN 100/99)
- Pravilnik o temeljnim zahtjevima za zaštitu od požara elektroenergetskih postrojenja i uređaja (NN 146/05)
- Pravilnik o vatrogasnim aparatima (NN 101/11)
- Pravilnik o ovlaštenjima za izradu elaborata zaštite od požara (NN 141/11)
- Pravilnik o provjeri tehničkih rješenja iz zaštite od požara predviđenih u glavnom projektu (NN 88/11)
- Pravilnik o mjerama zaštite od požara kod građenja (NN 141/11)
- Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN 29/13, 87/15)

Važeći podzakonski akti za stabilne sustave:

- Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 8/06)
- Pravilnik o sustavima za dojavu požara (NN 56/99)
- Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara (NN 44/12)

Kao što se može vidjeti prema navedenim propisima nisu regulirane mjere za sve vrste objekata i za sve tipove stabilnih sustava. U tim slučajevima se primjenjuju inozemni propisi koji se tada koriste kao priznata pravila tehničke prakse, što je dopušteno člankom 19. Zakona o zaštiti od požara.

Priznata tehnička pravila zaštite od požara:

- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara (Sl. list SFRJ 7/84)
- Pravilnik o tehničkim normativima za uređaje za automatsko zatvaranje vrata ili vatrootpornih zaklopaca (Sl. list SFRJ 35/80)
- Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne uređaje za gašenje požara ugljičnim dioksidom (Sl. list SFRJ 44/83, 31/89)
- Pravilnik o tehničkim normativima za sustave za odvođenje dima i topline nastalih u požaru (Sl. list SFRJ 45/83)
- Pravilnik o tehničkim normativima za uređaje u kojima se nanose i suše premazna sredstva (Sl. list SFRJ 57/85)
- Naredba o obveznom potvrđivanju ručnih i prijevoznih uređaja za gašenje požara (Sl. list SFRJ 16/83 i NN 1/01)
- Pravilnik o obveznom potvrđivanju elemenata tipnih građevinskih konstrukcija na otpornost prema požaru te o uvjetima kojima moraju udovoljavati pravne

osobe ovlaštene za atestiranje tih proizvoda (Sl. list SFRJ 24/90, NN 47/97, 68/00)

- Pravilnik o mjerama zaštite od požara pri izvođenju radova zavarivanja, rezanja, lemljenja i srodnih tehnika rada (NN 44/88)

Inozemna priznata tehnička pravila zaštite od požara:

- propisi i standardi izdani od strane NFPA (National Fire Protection Association)
- austrijske tehničke smjernice za zaštitu od požara TRVB (Technische Richtlinien Vorbeugender Brandschutz)

6. STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA FM-200 U LIMARSKOJ RADIONICI SA LAKIRNICOM - GRAND AUTO d.o.o.

Tvrtka Grand auto d.o.o. se bavi prodajom novih i rabljenih vozila marke Ford Motor Company, te u Republici Hrvatskoj posluje preko nekoliko prodajno izložbenih salona. U sklopu svoje ponude tvrtka ima popravak i održavanje navedenih vozila, zbog čega su uz salone izvedene automehaničarske i limarske radionice.

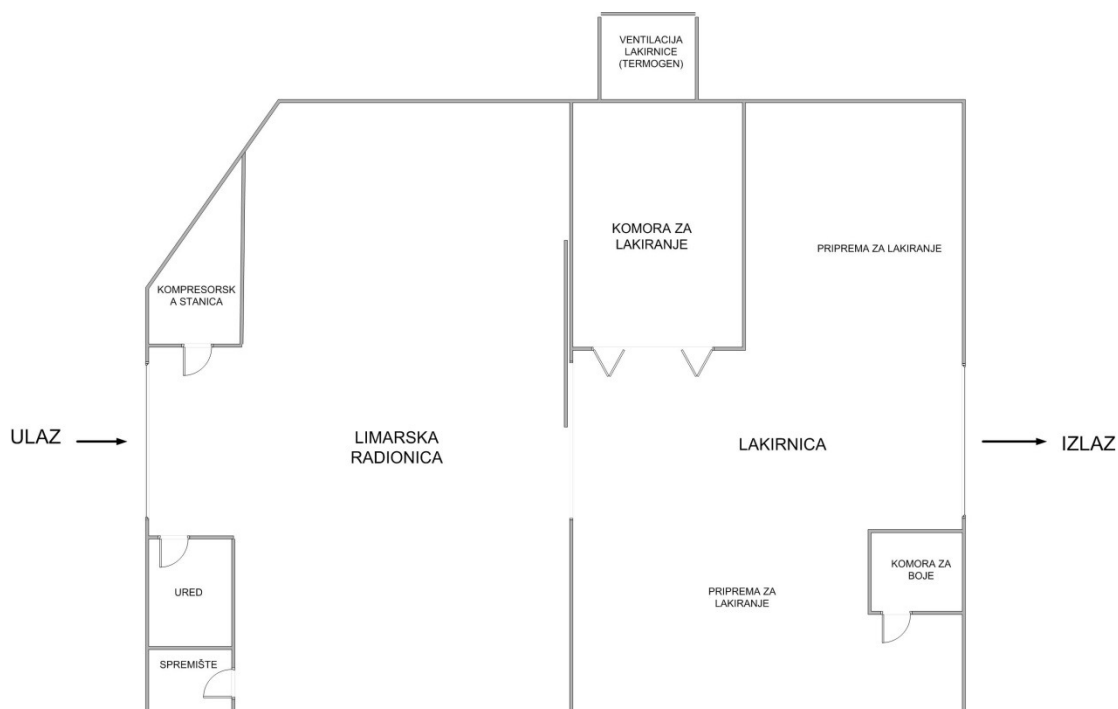
6.1. Opis šticeenog objekta

Objekt limarske radionice sa lakirnicom je izveden kao zasebni pomoćni objekt prodajno izložbenog salona na lokaciji Ljubljanska avenija 4, Zagreb (Sl. 33). Limarska radionica sa lakirnicom se koristi za popravak i lakiranje automobila odnosno karoserijskih dijelova za automobile.



Sl. 33. Satelitski prikaz lokacije šticeenog objekta [izvor: Google maps 20.09.2016.]

Limarska radionica sa lakirnicom je izvedena kao prolazni objekt podijeljen na dva dijela (Sl. 34). Objekt je podijeljen tako da je u prvom dijelu kod ulaza smještena limarska radionica, dok je u nastavku objekta, kod izlaza, smještena lakirnica. U većem dijelu prostora lakirnice se obavlja priprema za lakiranje, dok se samo lakiranje obavlja u komori za lakiranje, također smještenoj u prostoru lakirnice.

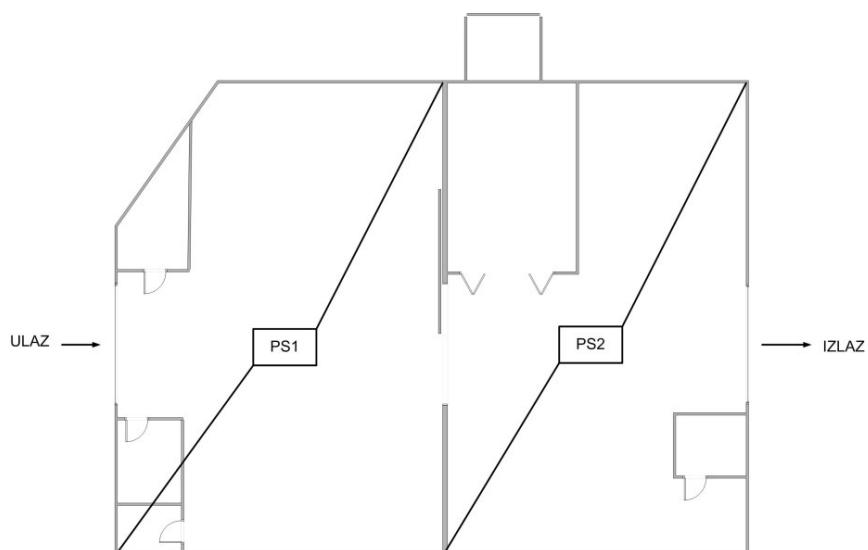


Sl. 34. Tlocrt prostora limarske radionice sa lakirnicom

Zbog eksplozivne atmosfere koja nastaje pri lakiranju, komora za lakiranje je izvedena kao zaseban element (Sl. 35) sa vlastitim razvodnim elektro-upravljačkim ormarom, vlastitim sustavom ventilacije i grijanja te zasebnim sustavom zaštite od požara i eksplozije. Izuzev zaštite od požara unutar same komore, zaštita od požara se dodatno provodi i u cijelom objektu, te je u tu svrhu postavljena hidrantska mreža, vatrodjavni sustav, protupožarne zaklopke u ventilacijskom sustavu. Dodatno je objekt protupožarnim zidom (otpornosti F180) podijeljen u dva požarna sektora (Sl. 36) te su po prostoru razmješteni vatrogasni aparati.



Sl. 35. Prikaz smještaja i izvedbe komore za lakiranje



Sl. 36. Prikaz požarnih sektora u objektu limarske radionice sa lakirnicom

6.2. Izvedba stabilnog sustava za gašenje požara FM-200 u komori za lakiranje

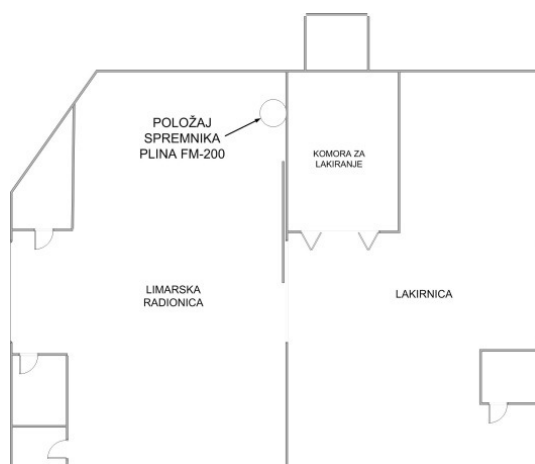
Zbog pojave eksplozivne atmosfere prilikom lakiranja, u komori za lakiranje je bilo potrebno izvesti stabilni sustav za zaštitu od požara i eksplozija. Prilikom projektiranja objekta u projektu [25] je predviđen stabilni sustav za gašenje požara FM-200 za ugradnju u komoru za lakiranje.

U projektu je izabran sustav FM-200 zbog svojih već spomenutih prednosti:

- atmosfera plina u projektiranim koncentracijama (7-9%) ne predstavlja opasnost za ljude
- velika efikasnost medija kojim se požar gasi
- velika brzina djelovanja
- minimalno smanjenje vidljivosti prilikom gašenja
- maksimalna disperzija plina unutar prostorija
- dobro miješanje plina sa zrakom bez rizika za raslojavanjem
- plin nije korozivan, ne provodi struju i ne izaziva hladne šokove na elektronicima

6.2.1. Instalacija mehaničkih komponenti sustava

Za gašenje požara u lakirnici, plinom FM-200, je predviđen jedan spremnik sa plinom volumena 67L, napunjen sa 76,5 kg plina (Sl. 38). Spremnik s plinom je postavljen izvan kabine za lakiranje u prostoru limarske radionice (Sl. 37).



Sl. 37. Prikaz položaja spremnika plina u objektu



Sl. 38. Prikaz spremnika plina FM-200 za gašenje požara u komori za lakiranje

Spremnik sa plinom je obujmicom čvrsto pričvršćen uz zid, čime je smanjena mogućnost oštećenja spremnika prilikom eksploatacije sustava. Na spremniku se nalazi automatski ventil sa sigurnosnim ventilom, manometrom, presostatom, elektroničkim okidačem za daljinsko aktiviranje i okidačem za mehaničko (ručno) aktiviranje (Sl. 39).

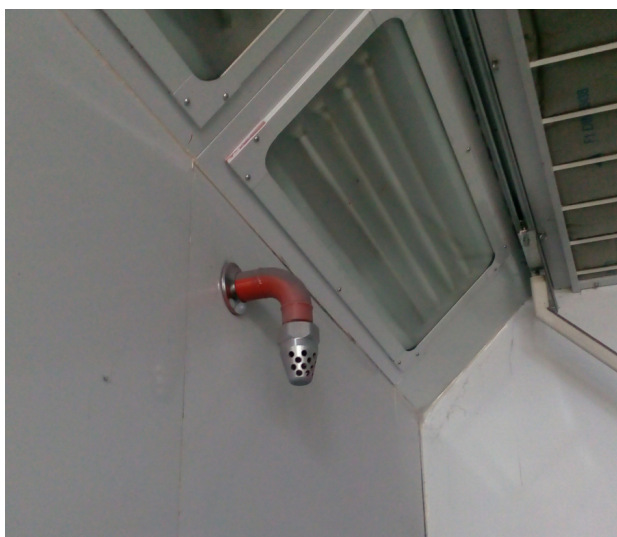


Sl. 39. Prikaz ventila na spremniku plina FM-200

Spremnik plina (ventil) se pomoću fleksibilne cijevi spaja na razvodni cjevovod, koji je izveden kao jedna metalna cijev koja prolazi kroz protupožarni zid do mjesta za gašenje (komore za lakiranje). Na prolasku cijevi kroz zid je izvedeno adekvatno brtvljenje (Sl. 40). Na kraju cjevovoda u komori je postavljena jedna mlaznica za plin FM-200 (Sl. 41). Zbog malog volumena šticećenog prostora i relativno velike brzine ispućavanja plina, nije bilo potrebno postavljanje dodatnih mlaznica.



Sl. 40. Prikaz prolaza cjevovoda kroz protupožarni zid



Sl. 41. Prikaz postavljanja mlaznice za plin FM-200 u komori za lakiranje

6.2.2. Instalacija elektroničkih komponenti sustava

Da bi aktivacija sustava bila moguća automatski i daljinskim upravljanjem, potrebno je uz mehaničke komponente sustava postaviti elektroničke komponente.

Elektro dio stabilnog sustava za gašenje plinom FM-200 se sastoji od slijedećih elemenata:

- centrala za gašenje plinom FM-200 (Proizvođač: Kentec Electronics LTD; Tip: Sigma XT 3Z; Model: K11031M2)
- termomaksimalni javljači u „S“ izvedbi, ukupno 2 komada (Proizvođač: Tehnoalarm; tip: TMD-812 ExI)
- alarmne sirene u „S“ izvedbi
- samosigurnosni uređaj za galvansko odvajanje „S“ zone
- razvodna kutija
- presostat na ventilu spremnika plina FM-200
- elektromagnetski okidač na ventilu spremnika plina FM-200

Centrala za gašenje plinom FM-200 je postavljena neposredno uz spremnik plina u prostoru limarije (Sl. 42). Na centralu su preko samosigurnosnih uređaja (Sl. 43) spojena dva termomaksimalna javljača u „S“ izvedbi, postavljenih u komori za lakiranje (Sl. 44). Spajanje javljača na centralu je izvedeno na način da je svaki javljač u zasebnoj zoni na centrali.



Sl. 42. Prikaz smještaja centrale za gašenje plinom FM-200



Sl. 43. Samosigurnosni uređaj za galvansko odvajanje "S" zone



Sl. 44. Prikaz položaja javljača požara u komori za lakiranje

Postavljanje dva javljača u štíćeni prostor i spajanje na dvije odvojene zone na centrali je izvedeno radi sprječavanja nehodičnog aktiviranja sustava i ispućavanja plina zbog greške na javljaču ili dojavnoj liniji.

Presostat i elektromagnetski okidač postavljeni na ventilu spremnika sa plinom su na centralu spojeni preko razvodne kutije, preko koje je također adekvatno uzemljen spremnik plina (Sl. 42).

Iako predviđena količina ispucanog plina u prostor nije štetna za ljude, poželjno je da ljudi napuste ugroženi prostor pri aktivaciji. Stoga su iznad ulaznih vrata u komoru, s vanjske i unutarnje strane, postavljene alarmne sirene (Sl. 45).



a)



b)

Sl. 45. Prikaz položaja sirena za uzbunjivanje: a) vanjska; b) unutarnja

Dodatno centrala za gašenje plinom ima mogućnost prosljeđivanja signala što je izvedeno na način da se preko nadzornih sustava vatrodjave signali prosljeđuju na vatrodjavnu centralu, koja je smještena u izložbeno prodajni salon sa 24-satnim dežurstvom. Centrala za gašenje plinom FM-200 na sustav vatrodjave može proslijediti dva signala:

- signal alarma: u slučaju prorade javljača ili ručne aktivacije sustava
- signal kvara na sustavu za gašenje (nestanak mrežnog napajanja, nizak tlak u boci, kvar javljača i sl.)

Sve informacije o stanju sustava se mogu provjeriti preko signalnih lampica na centrali za gašenje.

6.2.3. Režimi rada sustava

Centrala za gašenje ima mogućnost automatskog i poluautomatskog režima rada.

U automatskom režimu rada da bi došlo do automatskog uključanja gašenja, potrebno je da su obje zone (oba javljača) u štíćenom prostoru u alarmu. Dvozonska ovisnost se određuje preko centrale za gašenje.

U poluautomatskom (ručnom) režimu rada da bi došlo do uključanja gašenja potrebno je aktivirati ručni javljač požara u sklopu centrale za gašenje (Sl. 46).



Sl. 46. Prikaz položaja tipkala za ručnu aktivaciju gašenja na centrali za gašenje

U automatskom režimu rada u slučaju alarma 1. stupnja (jedna zona u alarmu) uključuje se alarmna sirena u štíćenom prostoru (unutar komore) kao upozorenje osobama u prostoru. Alarm 2. stupnja se uključuje po ulasku i druge zone u alarm, te se isključuje alarmna sirena u štíćenom prostoru, a uključuje se sirena ispred komore (vanjska sirena), koja upozorava da će doći do aktiviranja gašenja nakon programiranog vremena kašnjenja. Nakon programiranog kašnjenja, ukoliko nije došlo do zaustavljanja gašenja na centrali za gašenje, dolazi do ispućavanja plina FM-200 u štíćeni prostor. [25]

U ručnom (poluautomatskom) režimu rada kada jedna zona (jedan javljač) dođe u alarm, aktivira se alarm 1. stupnja i uključuje se sirena unutar šticeenog prostora. Kada se aktivira i druga zona (drugi javljač) sustav ostaje u alarmu 1. stupnja sve dok se ne aktivira ručni javljač ili se ne poništi alarm na centrali za gašenje.

u slučaju aktiviranja ručnog javljača u sklopu centrale, uključuje se alarm 2. stupnja, te se uključuje alarmna vanjska sirena ispred šticeenog prostora. Nakon programiranog kašnjenja, ukoliko nije došlo do zaustavljanja gašenja na centrali za gašenje, dolazi do ispućavanja plina FM-200 u šticeeni prostor. [25]

6.3. Plan uzbunjivanja

Pošto se sustav za gašenje veže na vatrodojavni sustav i posjeduje vlastitu centralu za upravljanje, bilo je potrebno izraditi plan uzbunjivanja i aktivacije sustava. [25]

U slučaju požara (aktivacije jednog javljača) u komori, uključuje se sirena unutar prostora, te se signal alarma 1. stupnja prosljeđuje na vatrodojavnu centralu. Nakon prijema signala na vatrodojavnoj centrali, ovlaštena osoba ide utvrditi požar u šticeenom prostoru. Ukoliko osoba utvrdi požar u šticeenom prostoru, a sustav još nije ušao u alarm 2. Stupnja, odmah aktivira gašenje preko ručnog javljača smještenog na centrali za gašenje. Nakon toga osoba pristupa upozoravanju osoba u objektu i obavještava vatrogasnu postrojbu.

Potrebno je nakon ispućavanja plina FM-200 provjeriti prostor da li je požar ugašen.

Ako je signal koji je pristigao na vatrodojavnu centralu bio lažan, ovlaštena osoba pri obilasku šticeenog prostora treba to utvrditi i resetirati sustav na centrali za gašenje.

Plan uzbunjivanja i aktivacije centrale za gašenje se može prikazati i grafički (Prilog dokument 1), te je sastavni dio projekta.

6.4. Eksploatacija sustava

Svaki sustav koji služi za zaštitu objekata od požara je predviđen samo da se koristi u slučaju izbijanja požara i u tom trenutku ne smije zakazati. Da bi se ta sigurnost

postigla svaki proizvođač (ugraditelj) sustava korisniku treba dati upute za puštanje u pogon, korištenje i periodičko ispitivanje kojih se korisnik treba pridržavati. Dodatno neke od obveza korisnika po pitanju eksploatacije sustava su propisane i pravilnicima zaštite od požara.

6.4.1. Puštanje u pogon

Ugradnja stabilnog sustava zaštite od požara plinom FM-200 u komori za lakiranje je vršena prema glavnom projektu [26]. U projektu se navode obveze investitora (korisnika sustava) koje je bilo potrebno napraviti prije puštanja sustava u pogon.

O izvršenim obvezama prema projektu, investitor (korisnik) je bio obvezan prikupiti važeću dokumentaciju, predložiti je na tehničkom pregledu objekta te ju trajno čuvati u arhivi za vrijeme eksploatacije sustava.

Bilo je potrebno izvršiti tlačnu probu spremnika plina. Tlak u spremniku je 42 bar kod 20°C. Spremnik je ispitan na tlak od 250 bar od strane dobavljača, o čemu je dobavljač dostavio važeću dokumentaciju pri ugradnji.

Iako cjevovod dolazi pod tlak samo za vrijeme aktiviranja uređaja, bilo je potrebno izvršiti i kontrolu nepropusnosti cjevovoda nakon montaže. Nepropusnost cjevovoda je izvršena nakon ugradnje cjevovoda sa zrakom pri tlaku od 10 bar u trajanju od 10 minuta.

Dodatno nakon ugradnje je bilo potrebno izvršiti i kontrolu sustava u cijelosti, što je izvršila tvrtka ovlaštena za ispitivanje stabilnih sustava za zaštitu od požara. Prilikom prvog pregleda sustava, osim funkcionalnosti sustava, bilo je potrebno i ustanoviti da li je ugrađena adekvatna oprema (putem potvrda o sukladnosti i potvrda o kontroli svojstava), te da li je sustav izveden prema projektnoj dokumentaciji.

Nakon izdavanja pozitivnog rješenja od ovlaštene ustanove i tehničkog pregleda cijelog objekta, sustav se mogao pustiti u pogon.

6.4.2. Korištenje sustava

Nakon puštanja u pogon sustava za gašenje plinom FM-200, vlasnik sustava treba održavati sustav, odnosno voditi brigu da je sustav ispravan u svakom trenutku te da

će po potrebi izvršiti svoju funkciju. U tu svrhu vlasnik je sklopio ugovor sa ovlaštenim serviserom sustava koji provodi redovite servise i brine o funkcionalnosti sustava o čemu izdaje važeći zapisnik (Prilog dokument 2). Ovisno o veličini spremnika što je u ovom slučaju 76,5 kg, servise je potrebno vršiti svakih 6 mjeseci, čije se provođenje može provjeriti i na servisnoj kartici sustava koja se nalazi uz spremnik plina FM-200 (Sl. 47).

APIN SUSTAVI d.o.o.		SERVISNI LIST				
<small>za projektiranje, gradnju i trgovinu Tel: 01 38 70 520 01 38 70 521 www.apin.hr Ožujjska 6 HR-10000 Zagreb OIB 22659472331</small>		Broj boce:		List broj:		
		08/83243		01		
Težina boce	Punjenje	Plin	Tlak sustava			
79,4 kg	76,5 kg	FM 200	52 bara			
Datum servisa	Serviser	Redovan / izvanredan	Kontrola propuštanja	Gubitak plina	Broj zapisnika	Potpis
01.08.2012	DARKO SREMEC	REDOVAN	DA	NEMA	01/DS	<i>[Signature]</i>
08.03.2013	VEDRAL KARAPALJIC	REDOVAN	DA	NEMA	2013-03-08-E-01	<i>[Signature]</i>
10.10.2013	DARKO SREMEC	REDOVAN	DA	NEMA	2013-10-10-E-01	<i>[Signature]</i>
05.03.2014	DARKO SREMEC	REDOVAN	DA	NEMA	2014-03-05-E-01	<i>[Signature]</i>
04.09.2014	DARKO SREMEC	REDOVAN	DA	NEMA	2014-09-04-E-01	<i>[Signature]</i>

Sl. 47. Prikaz servisne kartice sustava za gašenje plinom FM-200

Kako je za pravilno funkcioniranje sustava, osim ispravnosti sustava, bitno i pravilno rukovanje sustavom prije, za vrijeme aktivacije (gašenja) i poslije gašenja požara, proizvođač (ugraditelj) sustava je obavezan za korisnika izraditi upute održavanje i korištenje sustava (Prilog dokument 3). Dodatno je ugraditelj uz centralu i spremnik plina postavio skraćene upute za postupanje sustavom kod gašenja i nakon gašenja, te je naveo moguće načine aktivacije spremnika (Sl. 48).



Sl. 48. Prikaz skraćenih uputa postavljenih uz centralu i spremnik plina FM-200

Uz upute za korištenje sustava, obavezno je bilo na objekt (i sam sustav) postaviti znakove obveze, upozorenja i zabrane (Sl. 49), kako bi svi korisnici prostora znali kako se ponašati da ne bi izazvali požar, ugrozili svoje zdravlje ili funkcioniranje sustava.



Sl. 49. Prikaz oznaka obveza, zabrane i upozorenja na ulazu u komoru za lakiranje

6.4.3. Periodičko ispitivanje sustava

Dodatno uz ugovoreno održavanje (servis) sustav, vlasnik je obvezan organizirati i periodičke preglede sustava (jednom godišnje) od strane ovlaštene ustanove. Pregledi se provode kako bi se utvrdila funkcionalnost sustava te da nisu nastale nikakve promjene na sustavu u odnosu na projektirano. Također ovlaštena ustanova pregledava i evidenciju o pravilnom provođenju servisa sustava. Nakon pozitivnog pregleda ovlaštena ustanova izdaje odgovarajući zapisnik i uvjerenje (Prilog dokument 4) o funkcionalnosti i kompletnosti sustava.

7. ZAKLJUČAK

Od vremena kada je čovjek upoznao vatru, pa do danas, postojao je problem gubitka kontrole nad vatrom, odnosno nastanka požara. Požar kao takav može imati kobne posljedice po živote ljudi, a može izazvati i veliku materijalnu štetu. Prvenstvene mjere obuzdavanja požara su bile ljudsko djelovanje (vatrogasne službe) uz pomoć sredstava za gašenje (najčešće vode). Kako bi se vrijeme odziva na požar smanjilo i ubrzalo gašenje požara, osmišljeni su automatski stabilni sustavi za zaštitu od požara. Ovisno o tipu požara (gorivoj tvari) osmišljeni su stabilnih sustavi za gašenje požara sa različitim sredstvima za gašenje.

Stabilni sustav za gašenje požara sa plinom FM-200 je jedan od sustava za gašenje sa plinskim sredstvom koje ima izraženo antikatalitičko djelovanje. Sustav je predviđen da gasi požare zapaljivih plinova i tekućina u zatvorenim prostorima pošto za funkcionalno gašenje požara plin mora ispuniti prostor u određenom postotku. Prednost u odnosu na druge sustave za gašenje je ta što zbog izraženog antikatalitičkog djelovanja ima brzo i efikasno djelovanje (gasi požar za manje od 10 minuta).

Plin FM-200 se u sustavima koristi kao jedan od ekološki prihvatljivih plinova za gašenje u zamjenu za halogenizirane ugljikovodike (halon 1301) koji su zbog svog štetnog djelovanja na ozon maknuti iz upotrebe. Prednost je i to što plin kao takav u koncentracijama potrebnim za gašenje požara nije štetan za ljude koji se nađu u prostoru.

Nedostatak sustava za gašenje sa plinom FM-200 je taj što ugradnja i održavanje samog sustava zahtjeva određene financijske izdatke za korisnika i funkcija mu je uvjetovana potpunom ispravnošću.

Zbog navedenih prednosti i nedostataka stabilni sustav za gašenje s plinom FM-200 se ugrađuje samo tamo gdje je prijeko potrebno, odnosno kada se projektom zaštite od požara ustanovi da se niti jednim drugim povoljnijim sustavom ne može postići odgovarajuća potrebna ili željena razina zaštite od požara (brzina i efikasnost).

8. LITERATURA

- [1] **WIKIPEDIJA:** Montrealski protokol, Internet stranica, https://hr.wikipedia.org/wiki/Montrealski_protokol, pristupljeno 20.03.2016.
- [2] **Kulišić D.:** „*Metodika istraživanja požara i eksplozija*“, Policijska akademija MUP-a RH, Udžbenik, Visoka policijska škola (nedovršena verzija)
- [3] **Hrvatski Sabor:** „*Zakon o gradnji*“ (NN br. 153/13), Narodne novine, Zagreb 2013.
- [4] **Fišter S. i Kopričanec-Matijevac Lj.:** „*Zaštita od požara u graditeljstvu*“, knjiga, Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Zagreb, 2001.
- [5] **Carević M., Jukić P., Sertić Z, Šimara B.:** „*Tehnički priručnik za zaštitu od požara*“, Knjiga, Zagrebinspekt, Zagreb, 1997
- [6] **Ministarstvo Unutarnjih Poslova RH:** „*Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara*“ (NN br. 29/13), Narodne novine, Zagreb 2013.
- [7] **Ministarstvo Unutarnjih Poslova RH:** „*Pravilnik o programu i načinu osposobljavanja pučanstva za provedbu preventivnih mjera zaštite od požara, gašenje požara i spašavanje ljudi i imovine ugroženih požarom*“ (NN br. 61/94), Narodne novine, Zagreb 1994.
- [8] **Hrvatski sabor:** „*Zakon o zaštiti od požara*“ (NN br. 92/10), Narodne novine, Zagreb 2010.
- [9] **Ministarstvo Unutarnjih Poslova RH:** „*Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara*“ (NN br. 44/12), Narodne novine, Zagreb 2012.
- [10] **Kopričanec-Matijevac Lj.:** „*Mjere zaštite od širenja požara unutar građevine te prijenosa sa građevine na građevinu*“, PowerPoint prezentacija - seminar, Tehničko veleučilište Zagreb, Zagreb, 2014.
- [11] **Todorovski Đ.:** „*Sustav vatrodjave*“, PowerPoint prezentacija, kolegij Sustavi vatrodjave i gašenja, Veleučilište u Karlovcu, 2014.
- [12] **Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva:** „*Pravilnik o graničnim vrijednostima izloženosti opasnim tvarima pri radu i o biološkim graničnim vrijednostima*“ (NN br. 13/09 i 75/13), Narodne novine, Zagreb 2013.
- [13] **NADING d.o.o.:** usluge izvođenje protupožarne zaštite, Internet stranica, <http://www.nading.hr/usluge/protupožarna-brtvljenje/>, pristupljeno 13.3.2016.

- [14] **Ministarstvo unutarnjih poslova RH:** „Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara“ (NN br. 08/06), Narodne novine, Zagreb 2006.
- [15] **ALING d.o.o.:** Sustavi za gašenje požara, Internet stranica, <http://www.aling.hr/kat/25/sustavi-za-gasenje-pozara>, pristup. 10.04.2016.
- [16] **Šmejkal Z.:** „Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara“, Knjiga, SKTH - Kemija u industriji, Zagreb, 1991.
- [17] **APIN d.o.o.:** Automatske i protupožarne instalacije, Internet stranica <http://apin.hr/>, pristupljeno 23.04.2016.
- [18] **PASTOR INŽENJERING d.d.:** Sustavi za gašenje, Internet stranica, <http://www.pastor-inz.hr/>, pristupljeno 23.04.2016.
- [19] **Vatro-servis d.o.o.:** Gašenje plinom FM 200, Internet stranica, <http://www.vatro-servis.hr/gasenje-plinom-fm-200/>, pristupljeno 23.04.2016.
- [20] **WIKIPEDIA:** 1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropane, Internet stranica, <https://en.wikipedia.org/wiki/1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropane>, pristupljeno 01.05.2016.
- [21] **JANUS FIRE SYSTEMS:** FM-200 Suppression Systems, Internet stranica, <http://www.janusfiresystems.com/products/fm-200>, pristupljeno 01.05.2016.
- [22] **WIKIPEDIJA:** Fluorovodik, Internet stranica, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Fluorovodik>, pristupljeno 01.05.2016.
- [23] **FIKE:** FM-200 Fire suppression system, Internet stranica, <http://www.fike.com/products/fm-200-fire-suppression-system/>, pristupljeno 01.05.2016.
- [24] **DU PONT:** „DuPont™ FM-200 (HFC-227ea) Fire extinguishing agent – Properties, Uses, Storage and Handling“, DuPont fluoroproducts, Wilmington Delaware, US
- [25] **Aling j.t.d.:** „Projekt izvedenog stanja Stabilnog sustava za gašenje požara FM-200 u limarskoj radionici s lakirnicom i prodaji rabljenih automobila, Zagreb, Ljubljanska Avenija 4“; Broj projekta 1107-07 RP492, Projektant Josip Deković, dipl.ing.str.; prosinac 2008.
- [26] **Aling j.t.d.:** „Glavni projekt Stabilnog sustava za gašenje požara FM-200 u limarskoj radionici s lakirnicom i prodaji rabljenih automobila, Zagreb, Ljubljanska Avenija“; Broj projekta 1107-07, Projektant Josip Deković, dipl.ing.str.; srpanj 2007.

9. PRILOZI

9.1. Popis slika

Sl. 1. Prikaz suvremene koncepcije sustava zaštite od požara i eksplozije [2].....	2
Sl. 2. Prikaz slojeva izložene površine drveta u požaru [2].....	6
Sl. 3. Primjer podjele građevine na požarne sektore	7
Sl. 4. Način sprječavanja vertikalnog širenja požara preko pročelja	8
Sl. 5. Prikaz mogućih završetaka požarnog zida na krovu građevine [6].....	9
Sl. 6. Prikaz primjera ugradnje požarnih zidova [10].....	10
Sl. 7. Primjer zatvaranja otvora u vatrootpornim zidovima kod prodora instalacija [13].....	11
Sl. 8. Prikaz zaštite instalacije postavljanjem u poseban protupožarni kanal [13].....	12
Sl. 9. Primjer tipkala za isključenje struje.....	14
Sl. 10. Primjer jednog protupaničnog/evakuacijskog rasvjetnog tijela	15
Sl. 11. Prikaz primjera sustava odimljavanja	15
Sl. 12. Shematski prikaz vatrodojavnog sustava	17
Sl. 13. Primjer javljača požara: a) ručni; b) dimni; c) termički; d) plameni.....	17
Sl. 14. Primjer pravokutne elektromotorne protupožarne zaklopke	21
Sl. 15. Prikaz primjera hidranta i pripadajuće opreme: a) nadzemni hidrant;.....	22
Sl. 16. Primjer sprinkler mlaznice	24
Sl. 17. Prikaz elemenata sprinkler sustava	25
Sl. 18. Primjer sprinkler mlaznice za sustave s pjenom	26
Sl. 19. Primjer spremnika plina u sustavima za gašenje s CO ₂ :	28
Sl. 20. Primjer mlaznice sustava za gašenje požara halonom.....	29
Sl. 21. Prikaz molekule plina FM-200, odnosno CF ₃ CHFCF ₃	32
Sl. 22. Prikaz potrebne količine plina za gašenje požara u prostoru istog volumena.	33
Sl. 23. Primjer ugradnje sustava FM-200: a) Arhiv; b) Kontrolna soba	36
Sl. 24. Prikaz elemenata sustava za gašenje požara FM-200	36
Sl. 25. Prikaz tipova spremnika plina FM-200 sa pratećim elementima.....	37
Sl. 26. Primjer spremnika plina FM-200: a) pojedinačni, b) baterija boca	38
Sl. 27. Prikaz manometra i elemenata ventila spremnika plina FM-200	39
Sl. 28. Primjer izvedbe cjevovoda za gašenje plinom FM-200: a) jednostruki sa jednom mlaznicom, b) razgranati sa više mlaznica	40
Sl. 29. Primjer mlaznice za plin FM-200 postavljene na kraj cjevovoda	40
Sl. 30. Primjer raspršivanja plina FM-200 s mlaznicom	40
Sl. 31. Prikaz elemenata upravljačkog sustava aktivacije.....	41
Sl. 32. Primjer elektromagnetskog aktivacijskog ventila sa opcijom ručne aktivacije.	42
Sl. 33. Satelitski prikaz lokacije štíćenog objekta [izvor: Google maps 20.09.2016.]	46
Sl. 34. Tlocrt prostora limarske radionice sa lakirnicom.....	47
Sl. 35. Prikaz smještaja i izvedbe komore za lakiranje	48

Sl. 36. Prikaz požarnih sektora u objektu limarske radionice sa lakirnicom	48
Sl. 37. Prikaz položaja spremnika plina u objektu.....	49
Sl. 38. Prikaz spremnika plina FM-200 za gašenje požara u komori za lakiranje	50
Sl. 39. Prikaz ventila na spremniku plina FM-200	50
Sl. 40. Prikaz prolaza cjevovoda kroz protupožarni zid	51
Sl. 41. Prikaz postavljanja mlaznice za plin FM-200 u komori za lakiranje	51
Sl. 42. Prikaz smještaja centrale za gašenje plinom FM-200.....	52
Sl. 43. Samosigurnosni uređaj za galvansko odvajanje "S" zone	53
Sl. 44. Prikaz položaja javljača požara u komori za lakiranje.....	53
Sl. 45. Prikaz položaja sirena za uzbunjivanje: a) vanjska; b) unutarnja	54
Sl. 46. Prikaz položaja tipkala za ručnu aktivaciju gašenja na centrali za gašenje	55
Sl. 47. Prikaz servisne kartice sustava za gašenje plinom FM-200	58
Sl. 48. Prikaz skraćenih uputa postavljenih uz centralu i spremnik plina FM-200.....	59
Sl. 49. Prikaz oznaka obveza, zabrane i upozorenja na ulazu u komoru za lakiranje.....	59

9.2. Popis tablica

Tab. 1. Svojstava plinova koji se koriste za gašenje požara kao zamjena za halone 31	
Tab. 2. Prikaz dozvoljenog vremena izloženosti plinu FM-200 bez štetnih posljedica na čovjeka, ovisno o koncentraciji plina [21]	34
Tab. 3. Prikaz standardnih punjenja spremnika plinom FM-200 u kg	38

9.3. Priložena dokumentacija

1. Prilog dokument: Plan uzbunjivanja za limarsku radionicu sa lakirnicom i prodaje rabljenih automobila
2. Prilog dokument: Knjiga uputa za rukovanje i održavanje protupožarne instalacije FM-200
3. Prilog dokument: Zapisnik tvrtke ovlaštene za servisiranje sustava za gašenje požara plinom FM-200
4. Prilog dokument: Zapisnik i uvjerenje o pregledu stabilnog sustava za gašenje požara FM-200

Prilog dokument 1:

Plan uzbuñivanja za limarsku radionicu sa lakirnicom i prodaje rabljenih automobila

Prilog dokument 2:

Knjiga uputa za rukovanje i održavanje protupožarne instalacije FM-200

Prilog dokument 3:

Zapisnik tvrtke ovlaštene za servisiranje sustava za gašenje požara plinom FM-200

Prilog dokument 4:

Zapisnik i uvjerenje o pregledu stabilnog sustava za gašenje požara FM-200