

# PLAMENI UDARI I SIMULATOR PLAMENIH UDARA

---

Žarić, Tomislava

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

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:128:327382>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-01**



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

Repository / Repozitorij:

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Tomislava Žarić

**PLAMENI UDARI I SIMULATOR  
PLAMENIH UDARA**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

Tomislava Žarić

# **BACKDRAFTS AND BACKDRAFT SIMULATORS**

Final paper

Karlovac, 2022.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Tomislava Žarić

# **PLAMENI UDARI I SIMULATOR PLAMENIH UDARA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: dr.sc. Zvonimir Matusinović

Karlovac, 2022.



**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: Specijalistički studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2022.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Tomislava Žarić

Matični broj: 0415617058

Naslov: Plameni udari i simulator plamenih udara

Opis zadatka:

Pojasniti gorenja i požare u zatvorenom prostoru. Prikazati Specifične pojave pri gašenju požara u zatvorenom prostoru i njihove opasnosti. Istražiti simulatore plamenih udara i napraviti njihovu usporedbu.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

02/2022

06/2022

06/2022

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Zvonimir Matusinović, v.pred.

Lidija Jakšić, mag. ing. cheming., pred.

Željela bih se zahvaliti svojoj obitelji na podršci koju su mi pružali tijekom studiranja te su uvijek pronalazili prave riječi kada je bilo najteže. Hvala Osobi koja je svaki kilometar učinila manjim.

Želim se zahvaliti svom mentoru dr.sc. Zvonimiru Matusinoviću na odvojenom vremenu i pomoći tijekom izrade diplomskog rada.

Također se želim zahvaliti svim profesorima Veleučilišta u Karlovcu koji su svojim trudom naše neznanje pretvorili u znanje!

Studiranje je razdoblje u kojem sam se formirala kao osoba te upoznala divne ljude i njihove priče. Hvala Veleučilištu u Karlovcu!

Gorenje je proces oksidacije gdje se goriva tvar spaja s kisikom iz zraka uz oslobađanje produkata gorenja (svjetlost i toplina). Gorenje izvan kontrole je požar, a gorenja pod kontrolom je izvor energije. Gorenje izvan kontrole zahtjeva brzu reakciju vatrogasnih službi kako bi se spasili ljudski životi te smanjila materijalna šteta.

Poznato je da su poslovi koje obavljaju vatrogasci vrlo rizični. U svijetu je poznato da je uzrok smrti vatrogasaca u velikom postotku zbog plamenih udara. Kako bi se smanjilo stradanje vatrogasaca razvila se ideja za simuliranje požara i plamenih udara te njihovo promatranje i suzbijanje u sigurnim uvjetima kako bi vatrogasci naučeno mogli primijeniti na intervencijama u stvarnim požarima.

**Ključne riječi:** gorenje, vatrogasci, plameni udar

#### SUMMARY

Combustion is an oxidation process where the fuel substance combines with oxygen from the air with the release of combustion products (light and heat). Burning out of control is a fire, and burning out of control is a source of energy. Out of control, burning demands a quick response from the fire service in order to save human lives and reduce material damage.

It is known that the work performed by firefighters is very risky. It is known in the world that the cause of death of firefighters is a large percentage due to flames. In order to reduce the suffering of firefighters, the idea of simulating fires and flames and their observation and suppression in safe conditions was developed so that firefighters could apply what they had learned to interventions in real fires.

**Keywords:** burning, firefighters, flames

ZAVRŠNI ZADATAK .....	<u>I</u>
PREDGOVOR.....	<u>II</u>
SAŽETAK .....	<u>III</u>
SADRŽAJ.....	<u>IV</u>
1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	2
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja .....	2
2. Procesi gorenja i gašenja .....	3
2.1. Produkti gorenja .....	4
2.2. Učinci gašenja.....	6
3. Požar zatvorenog prostora .....	6
3.1. Početna faza.....	7
3.2. Faza razvoja požara .....	8
3.3. Razbuktala faza.....	8
3.4. Faza gašenja.....	9
4. Specifične pojave pri gašenju požara u zatvorenom prostoru .....	9
4.1. Povratno prostorno buknuće (backdraft) .....	10
4.2. Trenutno prostorno buknuće (flashover) .....	11
4.3. Površinsko buknuće (flameover)/ podstropno valjanje plamena (rollover).....	12
5. Gašenje požara u zatvorenim prostorima .....	13
5.1. Opasnosti prilikom gašenja požara u zatvorenom prostoru .....	14
5.1.1. Opasnost od radioaktivne kontaminacije.....	15
5.1.2. Opasnost od zaraznih bolesti .....	15
5.1.3. Opasnost od stresa, panike, straha i šoka.....	15



5.1.4. Opasnost od elektriciteta .....	15
5.1.5. Opasnost od mehaničkih ozljeda .....	16
5.1.6. Opasnost od topline .....	16
5.1.7. Opasnost od gušenja i trovanja.....	16
6. Zaštitna oprema vatrogasca .....	17
7. Simulator plamenih udara.....	20
7.1. Kontejnera za simulaciju plamenih udara (s krutim gorivom).....	21
7.1.1. Kontejner za ložište .....	22
7.1.2. Kontejner za promatranje .....	22
7.2. Fire dragon III- Plinski simulator .....	23
7.3. Obuka vatrogasaca u simulatorima plamenih udara.....	24
7.4. Gašenje .....	26
7.4.1. Metode gašenja .....	28
7.4.1.1. Indirektna metoda .....	28
7.4.1.2. Direktna metoda .....	28
7.4.1.3. Hlađenje plinova.....	29
7.5. Sigurnosne mjere u simulatoru plamenih udara .....	30
7.5.1. Instruktori .....	31
7.6. Usporedba simulatora .....	33
8. Zaključak .....	35
9. LITERATURA .....	36
10. PRILOZI.....	37
10.1. Popis slika.....	37
10.2. Popis tablica.....	37

## 1. UVOD

U Blaini (Wales), 1. veljače 1996. godine, vatra je izbila u kuhinji dvokatnice. Šest vatrogasaca našlo se u situaciji u kojoj je prijavljeno da se djeca nalaze na gornjem katu koji je zarobljen vatrom. Kuća je bila jako zadimljena i moglo se uočiti snažno izlaženje dima kroz otvore. Vatrogasci su se odlučili na trenutno spašavanje djece, bez ikakvih pokušaja suzbijanja vatre. Unutar građevine razvijene su dvije cijevne pruge, ali nisu bile primijenjene za hlađenje požarnih plinova i dima. Pet minuta nakon dolaska vatrogasaca izbio je strahoviti backdraft u kojem su živote izgubila dvojica vatrogasaca. Taj tragični požar učinio je prekretnicu u britanskom vatrogastvu. Odlučili su početi koristiti simulatore plamenih udara za uvježbavanje vatrogasaca. Preuzeli su švedski model simulatora brodskih kontejnera. Ovakve primjere nalazimo u mnogim zemljama i u njima se počinju koristiti ovakvi simulatori. O ovakvim događajima moglo se često čitati u novinama, ali oni su zaslugom simulatora sve rjeđi. [1]

U Švedskoj su se za simulacije počeli primjenjivati čelični brodski kontejneri. Uvidjelo se da se u njima postižu značajni rezultati. Taj oblik treninga sve se više počeo koristiti. Istaknute su mjere zaštite koje se moraju provoditi i odabrani su najbolji oblici simulatora. Razvile su se i specijalizirane tvrtke koje provode takva uvježbavanja. Postoje i podaci o stradanjima vatrogasaca u ovim simulatorima, ali se daljnjim istraživanjima došlo do spoznaje da se u tim simulatorima nisu provodile mjere zaštite i nisu se osigurali sigurni uvjeti. Ovakvi treninzi su se uz pomoć vatrogasaca iz Švedske počeli provoditi i u nama susjednoj Sloveniji. Vatrogasci koji su prošli ovakav trening tvrde da se sada osjećaju sigurnije na intervencijama i da su više sigurni u same sebe. [1]

Danas se takva vrsta obuke provodi gotovo na svim kontinentima, a u Hrvatskoj je započela 2007. godine kada je izgrađen prvi kontejner simulatora plamenih udara na kruto gorivo u Javnoj vatrogasnoj postrojbi Karlovac u suradnji s tvrtkom Vatro promet.

## 1.1. Predmet i cilj rada

Cilj ovog rada je izvršiti pregled i analizu plamenih udara i simulatora plamenih udara. U radu se prikazuje proces gorenja, faze razvoja požara te načini njihova gašenja. Prikazat ću i objasniti same plamene udare. Nadalje, prikazuje se način funkcioniranja simulatora plamenih udara, mjere zaštite vatrogasaca te način provođenja vježbi u simulatoru plamenih udara.

## 1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Prilikom pisanja ovoga rada korišteni su podaci dobiveni od Dobrovoljnog vatrogasnog društva Našice. Za pojedine podatke kontaktirana je Hrvatska vatrogasna zajednica. Također, je korištena je stručna literatura i internetske stranice.

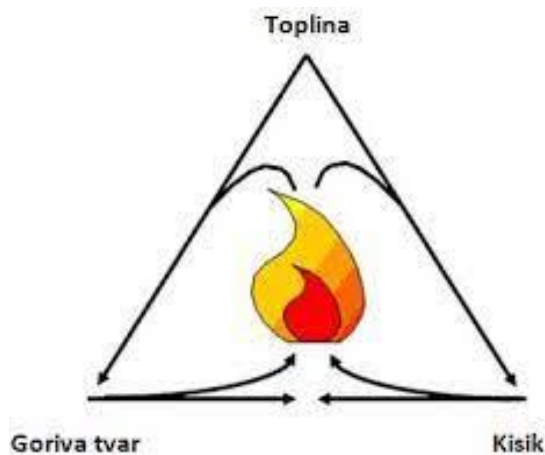
## 2. Procesi gorenja i gašenja

U vatrogastvu se pod oksidacijskim procesom podrazumijeva kemijska reakcija neke tvari s oksidansom. Prilikom procesa oslobađa se određena (veća ili manja) količina topline što naravno ovisi o naravi same tvari i vrsti oksidansa. Primjer oksidacijskog procesa je gorenje, gdje se goriva tvar veže s kisikom iz zraka kao oksidansom uz oslobađanje topline i produkata gorenja. Oksidacija se može odvijati različitim brzinama, pa tako razlikujemo tiha oksidaciju, burnu oksidaciju i eksploziju. Tiha oksidacija se odvija sporo, a oslobađanje topline je neznatna, a kao primjer imamo hrđanje željeza. Burna oksidacija je praćena oslobađenjem visoke temperature izgaranja i to je zapravo gorenje. Eksplozija je trenutno gorenje koje se dijeli na deflagraciju (sporiji oblik eksplozije) i detonaciju (brži oblik eksplozije). Pod oksidansima se smatraju tvari (kemikalije) koje mogu upaliti drugu tvar ili podržavati njeno gorenje. Oksidanse u kemijskom smislu možemo podijeliti na anorganske (nisu gorivi, ali podržavaju gorenje) i organske ( podržavaju gorenje, ali i sami mogu gorjeti). [2]

Gorenje je proces oksidacije gdje se goriva tvar burno spaja s kisikom iz zraka uz oslobađanje svjetlosti, topline i produkata gorenja. Radi se o kemijskom procesu pretvorbe jedne tvari u drugu. Sve tvari koje gore uz pojavu plamena, ne gore one direktno, već plinovi ili pare koje se oslobađaju u procesu gorenja. [2]

Četiri su osnovna uvjeta gorenja prikazana na fotografiji:

1. Prisustvo gorive tvari
2. Prisustvo oksidansa (kisika iz zraka ili druge tvari koja podržava gorenje)
3. Dovoljna količina topline dovedena zapaljivoj tvari da postigne temperaturu paljenja
4. Nesmetano odvijanje kemijskih lančanih reakcija gorenja.



Slika 1. Osnovni uvjeti gorenja (Trokut gorenja). [2]

Uklanjanje bilo kojeg uvjeta gorenja ima za posljedicu zaustavljanje procesa gorenja. Na tom se principu temelje učinci gašenja.

## 2.1. Produkti gorenja

Niz raznih produkata se oslobađa tijekom gorenja nekog organskog materijala. Fizikalno kemijska svojstva i količina tih produkata ovisi o uvjetima pod kojima se odvija gorenje. S obzirom na to proces gorenja dijelimo na potpuno i nepotpuno gorenje. Potpuno gorenje se odvija uz dovoljnu količinu kisika i nema pojave dima. Dobiveni produkti nisu više zapaljivi. Nepotpuno gorenje se odvija uz nedovoljnu količinu kisika, a stvara se puno dima. Dobiveni produkti su i dalje zapaljivi (dim, ugljikov monoksid..). [2]

Dim je rezultat nepotpunog gorenja, a definira se kao aerosol koji se sastoji od disperzije krutih i tekućih čestica u plinovitim produktima gorenja. Sastoji se od vrlo sitnih krutih i tekućih čestica. Boja dima se kreće od svjetlo plavičaste u slučaju kada požaru dolazi dovoljno kisika pa sve do gustog crnog dima gdje se proces gorenja odvija uz nedovoljnu koncentraciju kisika i u dimnom produktu se nalazi dosta zapaljivih plinova. Često požari s niskom temperaturom gorenja, većinom početni požari, mogu biti bogati dimom, dok požari u razbuktalnoj fazi s visokim temperaturama gorenja stvaraju manje količine dima. Ako se u dimu u donjem sloju nalazi „bijeli dim“, odnosno vodena para to nam govori da

je požar u početnoj fazi jer još uvijek dolazi do isparavanja vlage iz gorivog materijala. Vodena para se za razliku od dima može s rukom povući dolje, a kreće se lagano valovito kroz prostor. Kada se gorivi materijal isuši oslobađaju se samo pirolitički plinovi i boja dima je žućkasto smeđa pa sve do tamno crne boje, ovisno o količini kisika u procesu gorenja i temperaturi gorenja. Pirolitičke plinove se ne može rukom povući prema dolje. Što je temperatura gorenja veća to je boja dima tamnija. Promjena boje dima nam može reći koliko je djelotvorno gašenje požara, npr. ako gusti crni dim naglo promijeni boju u svjetlu onda je gašenje djelotvorno. [3]

Plamen je vidljiv plinski dio vatre. To je pojava kod koje dolazi do izrazitog oslobađanja energije prilikom gorenja. Boja i temperatura plamena prvenstveno ovisi o tvari koja gori. Kod tipičnog izgaranja ugljikovodika, boja plamena uglavnom ovisi o dovedu kisika i dobrom miješanju kisika i goriva, koje određuje stupanj izgaranja i time koje će se temperature postići. Hladniji difuzni plamen (nepotpuno gorenje) bit će crven; malo narančast i bijel, ako temperatura raste. Što je veća temperatura to će boja plamena biti bjelija. Prijelaz se može dobro opaziti kod vatre, blizu goriva je bijela boja, iznad toga je narančasta i na kraju plamena je crvena boja, a tim redom se i temperature smanjuju. Kod požara kuća ili zgrada, plamen će obično biti crven i stvarati dosta dima. Crvena boja plamena, u odnosu na uobičajenu žutu boju plamena, nam govori da je temperatura nešto niža. To je zato što u stambenim prostorijama je nedostatak kisika i dešava se nepotpuno izgaranje, pa su temperature plamena 600 – 800 °C. To znači da se stvara puno ugljičnog monoksida CO (koji je goriv ako je velika temperatura). Treba upozoriti na opasnost od “povratnog udara”, a to se dešava kada požar dobije dovoljno kisika, onda ugljični monoksid izgara i stvara temperature sve do 2000 °C i to je jedan od najvećih problema za vatrogasce. [3]

Usljed svoje zapaljivosti i otrovnosti za čovjeka su opasniji produkti nepotpunog gorenja. [2]

## 2.2. Učinci gašenja

Već smo naveli kako je za početak procesa gorenja potrebno osigurati tri osnovna uvjeta (goriva tvar, kisik i toplina). Ako samo jedan od ova tri uvjeta izuzmemo, gorenje prestaje. Na ovome načelu temelje se načini gašenja požara. Požar se najlakše može zaustaviti u početnoj fazi. Uspjeh brzog gašenja ovisi o taktici sprječavanja i širenja požara, te odabiru sredstva za gašenje požara. Sredstva za gašenje požara su voda, prah, pjena, halon, ugljični dioksid i priručna sredstva (pijesak). Sredstvo za gašenje je svaka tvar koja svojim djelovanjem može trajno prekinuti proces gorenja, odnosno ugasiti požar. [3]

Postoje četiri glava učinka gašenja:

- I. Antikatalitički (antikataliziranjem kemijskih reakcija izgaranja)
- II. Hlađenje (hlađenje gorive tvari do temperature koja je niža od temperature paljenja)
- III. Odstranjivanje gorive tvari (oduzimanje gorive tvari u zoni izgaranja)
- IV. Ugušivanje (izoliranje gorive tvari od kisika) [3]

U principu, glavno načelo za gašenje kaže da požare s plamenom moramo ugušiti, a sa žarom moramo hladiti!

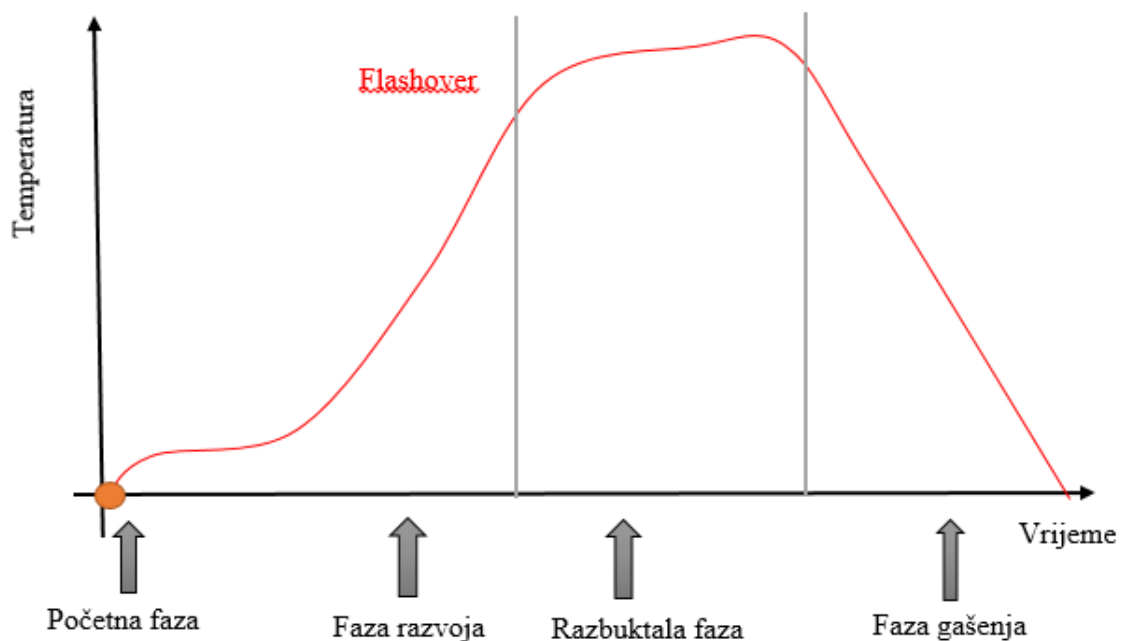
## 3. Požar zatvorenog prostora

Razvijena energija iz nastalog požara zagrijava ostale predmete u prostoru. Prijenos topline se odvija na tri načina:

- Kondukcija
  - Vođenje je direktan prijenos energije kontaktom.
- Konvekcija
  - Strujanje je prijenos topline u plinovitim ili tekućim medijima.
- Radijacija
  - Zračenje je elektromagnetski prijenos topline. [2]

Promatrajući odnos temperature i vremena tijekom uobičajnog požara zatvorenog prostora, razvoj požara se može podijeliti u faze:

1. Početna faza
2. Faza razvoja
3. Flashover
4. Razbuktala faza
5. Faza gašenja



Slika 2. Faze razvoja požara zatvorenog prostora.

### 3.1. Početna faza

Početna faza požara zatvorenog prostora započinje u trenutku paljenja gorive tvari. Može trajati nekoliko minuta pa čak i nekoliko sati. Osnovne karakteristike početnog požara su:

- Dimna zavjesa u opožarenoj prostoriji je do 1,5 metar visine od poda



- Sve dok je sadržaj kisika iznad 8% požar može tinjati po nekoliko sati, a kada koncentracija kisika padne ispod 8% tinjanje se gasi
- Temperatura unutrašnjosti je maksimalno 60°. [7]

Možemo zaključiti da je požar malog obujma, temperatura je relativno niska, a zadimljenost prostora vrlo mala te se požar nalazi u prostoru u kojem je i nastao. S obzirom na to da je u ovoj fazi razvoja požara najbitnije započeti evakuaciju i spašavanje ljudi, ova činjenica je od presudne važnosti za akciju. Zbog ovakvih uvjeta vatrogasci se lako mogu približiti žarištu požara, a za gašenje su im potrebne male količine sredstava za gašenje požara. Odnos između vremena i temperature u prostoru zahvaćenom požarom je različit za svaki nastali požar. Trajanje raznih faza požara po ovom dijagramu nisu konstantne, već ovise o mnoštvu ranije navedenih faktora (količini i vrsti gorivog materijala, količini kisika, sposobnosti odvođenja topline..). [7]

### 3.2. Faza razvoja požara

U ovoj fazi požar povećava svoj intenzitet. Obilježja ove faze požara su naglo povećanje temperature i količine topline u prostoru te požarom postaje zahvaćeno sve više gorivih tvari. Zbog toga što plamen obuhvaća sve više gorivih tvari, dolazi do pucanja staklenih površina. Opasnosti za vatrogasca u ovoj fazi požara su na višoj razini. Požar ne dobiva dovoljnu količinu kisika za gorenje te se pri gorenju stvaraju produkti koji se dodatno mogu zapaliti. Postoji mogućnost od eksplozija posuda pod tlakom i naglog razbuktavanja produkata izgaranja pa zbog toga prilikom ulaska u prostoriju treba pažljivo otvarati vrata da ulaskom svježeg zraka ne bi nastalo trenutno izgaranje vrućih požarnih plinova. Ova faza može trajati od nekoliko minuta pa do desetak minuta i cijelo vrijeme temperatura raste sve dok ne dođe do maksimalne vrijednosti. [7]

### 3.3. Razbuktala faza

U razbuktaloj fazi, požar dostiže vrhunac svog intenziteta. Požar zahvaća sav gorivi materijal u prostoru te se širi izvan prostora. Temperatura raste od 650° do 1000° C,

stvaraju se velike količine dima, a vatra dobiva dovoljnu količinu kisika. Dolazi do urušavanja građevinskih elemenata kao što su metalne konstrukcije i ploče što čini veliku opasnost za gasitelja. Brzina širenja požara ovisit će o vatrootpornosti građevinskih elemenata. Razbuktna faza traje sve dok ima gorivog materijala, odnosno može trajati od nekoliko sati do nekoliko dana. [7]

#### 3.4. Faza gašenja

Faza gašenja je posljednja faza požara. Ona nastaje zbog smanjenja količine gorive tvari i same temperature tijekom gorenja te zbog ubacivanja sredstva za gašenje požara. Sredstva za gašenje djeluju tako da uklanjaju jedan ili više uvjeta gorenja. Sredstva za gašenje su sve one tvari koje mogu ugasiti požar, a da prilikom toga ne načine veću štetu od samog požara. [2]

Opasnost u ovoj fazi je i dalje velika. Temperatura iznosi i do 500°C zbog akumuliranja topline u zidovima. Postoji opasnost od eksplozije zbog mješavine produkata izgaranja i zraka te je građevina ispunjena velikom količinom dima. Velika pažnja se mora posvetiti gašenju sakrivenih tinjajućih žarišta. [7]

#### 4. Specifične pojave pri gašenju požara u zatvorenom prostoru

Pri razvoju požara zatvorenog prostora moramo pripaziti na specifične pojave, odnosno opasnosti koje se mogu pojaviti tijekom samog požara.

Specifične pojave za požare zatvorenog prostora su:

- Povratno prostorno buknuće (backdraft)
- Trenutno prostorno buknuće (flashover)
- Površinsko buknuće (flameover)/podstropno valjanje plamena (rollover) [7]

#### 4.1. Povratno prostorno buknuće (backdraft)

Plameni udar neventiliranog zatvorenog prostora ili backdraft nastaje u prostoru u kojem se požar ugasio zbog nedostatka zraka jer nisu pregorjela vrata ili popucale staklene površine (prozori). U zatvorenom prostoru se nalaze produkti pirolize i produkti nepotpunog gorenja u koncentraciji iznad gornje granice eksplozivnosti. Prilikom ulaska vatrogasaca u takav prostor, odnosno prilikom otvaranja tog prostora, u prostor ulazi svježi zrak, smjesa plinova i zraka stvara koncentracije u području eksplozivnosti te ako postoji bilo kakav izvor paljenja dolazi do eksplozije. Vrijeme od otvaranja vrata do plamenog udara nije moguće utvrditi, ono može iznositi od nekoliko sekundi do nekoliko minuta. Sve ovisi o tome kako će se brzo zrak miješati s zapaljivim plinovima i kako će brzo ta eksplozivna smjesa doći do izvora paljenja. Nakon zapaljenja, vatrena fronta i udarni val krenuti će prema izvoru kisika i izbiti kroz prozor, odakle je ušao zrak. U tom trenutku nastaje backdraft. [2, 7]

Ako ne dođe do otvaranja prostorije, požar se može sam ugaziti jer se kroz neko vrijeme prostor ohladi, odnosno požar potroši sav kisik za gorenje iz prostorije pa dolazi do gašenja. [7]

Na samom početku vatrogasne intervencije, kada je požar već u svojoj kasnijoj fazi, prvenstveno postoji opasnost od pojave backdrafta pri otvaranju prostorije. Opasnost od eksplozije i eksplozivnih smjesa može se isključiti kada je požar ugašen, a prostorije prozračene. Ne postoje pouzdani predznaci backdrafta, ali neki od njih su:

- Usisavanje zraka – ako se nakon otvaranja vrata uoči usisavanje zraka, treba odmah ponovno zatvoriti vrata i koristiti drugu taktiku.
- Kvae na vratima – vruća kvaka daje naslutiti da je iza vrata visoka temperatura.
- Dim – prozori zatvoreni dimom i čađom, predznak su backdrafta
- Trajanje požara – ako postoji sumnja da je požar u zatvorenom prostoru otkriven kasno. [2]

Preventivne mjere zaštite prilikom ovakvih intervencija svakako bih trebale biti dio obuke vatrogasaca te ih se treba strogo pridržavati. Prozori i vrata moraju se otvarati iz zaklona, tj. sa strane po mogućnosti uz zaštitu pripravnog mlaza vode. Ako se prilikom otvaranja

vrata primijeti usisavanje zraka potrebno je usmjeriti raspršeni mlaz na dim i tako vodenom parom spriječiti plameni udar ili zatvoriti vrata i odabrati drugi taktički nastup. Ako se sumnja na plameni udar, prije ulaska navalne grupe u prostoriju, otvara se prozor te se udarni val i vatrena fronta preusmjeravaju. Tada plameni udar ne ugrožava navalnu grupu koja ulazi u prostoriju. Prije samog ulaska, najbitnije je da vatrogasci imaju prikladnu zaštitnu odjeću koja nažalost ne može smanjiti povrede udarnog vala, ali može ublažiti opekotine. [4]

#### 4.2. Trenutno prostorno buknuće (flashover)

Plameni udar ventiliranog prostora ili flashover je stvaranje visoke temperature unutar samog požarnog odjeljka koji je zahvaćen požarom, a uzrokuje naglo zapaljenje cjelokupnog gorivog materijala. Flashover se događa kada zapaljive tvari iz plamtećeg stanja dosegnu strop te se temperaturna razina vrućih plinova počne kretati od 550°C do 649°C. Kada se požar razvije u nekom prostoru, pojavit će se dva odvojena sloja. Gornji sloj će sadržavati vatru i plinove nastale pirolizom, a donji sloj će sadržavati preostali zrak iz prostorije. Granica između slojeva čini neutralnu površinu, tj. površinu dimnog sloja. S razvojem požara, tlak u gornjem sloju će porasti uslijed porasta temperature i gomilanja plinova nastalih izgaranjem, odnosno pirolizom. U nižem sloju, tlak će se smanjiti. Potrošnjom zraka u prostoru, zrak potreban za nastavak procesa pritjecat će iz vanjskog prostora. To će stvoriti prozračeno područje koje će rasti s porastom intenziteta požara. Navedeno temperaturno područje direktno se povezuje s temperaturom paljenja ugljičnog monoksida (CO), koja iznosi 609°C, jer je ugljični monoksid najzastupljeniji plin u procesu pirolize. Ako plamen iz zapaljivih tvari ne dosegne strop ili pak temperatura ostane ispod 550°C, u tom je slučaju pojava flashovera malo vjerojatna. Do flashovera dolazi kada se ne može odrediti žarište požara ili kada se prve mjere zaštite pokažu neučinkovitima. Predznaci flashovera su:

- Dim – ekstremno gust, taman i djelomično izlazi iz prostorije te je vrlo vruć
- Porast temperature – porast temperature se može osjetiti preko zaštitne odjeće i sigurno najavljuje flashover

- Plameni jezici – ako se u zadimljenoj zoni javljaju plameni jezici (kao što je prikazano na slici 3., za nekoliko sekundi će doći do razbuktavanja dima. Potrebno je odmah poduzeti mjere gašenja ili krenuti u povlačenje. [2, 4, 7]



Slika 3. Plameni jezici [8]

#### 4.3. Površinsko buknuće (flameover)/podstropno valjanje plamena (rollover)

Flameover i rollover je pojava kada se plamen kreće i putuje kroz sloj vrućih požarnih plinova koji izlaze iz prostorije. nastaju u fazi razvoja požara prije nego što se pojavi trenutno prostorno buknuće, tj. kada još nije zahvaćen cjelokupni gorivi materijal unutar prostorije. Događa se kad se vrući plinovi, nastali kao produkti pirolize, dižu u zrak i zajedno s time dižu plamen. Zbog toga se počinju pojavljivati plameni jezici u drugoj prostoriji – podstropno valjanje plamena. Razlikuje se od flashovera po tome što se zapaljivi plinovi nalaze u samom dnu, a pale se zbog visoke temperature ili direktnog doticaja s plamenom.

## 5. Gašenje požara u zatvorenim prostorima

Dolaskom na mjesto intervencije vatrogasac mora imati na umu koje opasnosti i rizici ga očekuju. Najopasniji trenutak kod gašenja požara zatvorenog prostora je ulazak u prostor, točnije samo otvaranje vrata. Prije otvaranja vrata je potrebno provjeriti na koji način dim izlazi iz prostorije. Ako je dim gust i izlazi na udare, to je svakako predznak naglog razbuktavanja požara. Potrebno je provjeriti temperaturu vrata i osigurati mlaz vode dovoljnog protoka. Otvaranje vrata se radi iz zaklona. Najbolje je uz sebe nositi kratko uže koje se veže oko kvake i pomoću kojeg se vrata mogu brzo zatvoriti. Vrata se otvaraju samo nekoliko centimetara. U slučaju pojave usisavanja zraka, velika je mogućnost da dođe do razbuktavanja produkata izgaranja. Vrata tada treba ponovno zatvoriti i primijeniti drugu taktiku (3-D gašenje vodenom maglom ili taktičku ventilaciju). Gašenje se obavezno vrši iz klečećeg položaja jer je temperatura u donjem dijelu prostorije višestruko niža od temperature u gornjem dijelu. Kretanje kroz prostorije se provodi tako da se zid stalno dodiruje vanjskim dijelom dlana. U slučaju da se dodirne vodič pod naponom, elektricitet će uzrokovati grčenje mišića ruke. Kretanje prema naprijed vrši se uz stalno opipavanje nogom dio poda koji se nalazi i ispred vatrogasaca. Pod se provjerava zato da se utvrdi da li se ispred nalazi kakav otvor u podu i da li je pod dovoljno čvrst za daljnje kretanje. Tehnika kretanja po zatvorenom stubištu je ista kao i po podu. Spuštanje se bitno razlikuje jer se kretanje tada vrši unatrag, opipavajući nogom stube i provjeravajući čvrstoću svake stepenice udarcem. U slučaju urušavanja objekta, najsigurniji je položaj ispod šokova vrata u nosivim zidovima.

Neki od znakova urušavanja mogu biti:

- Dim ili voda koja prolazi kroz zid
- Fleksibilno pomicanje podnih konstrukcija
- Pomicanje nosivih zidova ili stupova
- Napukline i ispupčenja na vanjskim zidovima
- Zvukovi pomicanja strukture [2]

Pretraživanje prostora osnovna je radnja prilikom spašavanja osoba. Pravilo je, da pri pretraživanju zadimljenih prostora grupa koja vrši akciju bude stalno u dodiru. Grupa za pretraživanje i spašavanje se sastoji od minimalno dva člana (voditelja grupe i člana).

U slučaju da se pri pretraživanju utvrdi da se u prostorima nalaze osobe, potrebno je izvršiti spašavanje. Spašavanje se u pravilu vrši usporedno sa akcijom gašenja. Ako taktičke mogućnosti postrojbe nisu dovoljne za obavljanje istovremenog gašenja i spašavanja, prednost ima spašavanje. [2]

Pri gašenju požara zatvorenog prostora vatrogasci moraju biti raspoređeni u grupe koje imaju minimalno dva člana. Kod gašenja vanjskom navalom, vatrogasne grupe treba pozicionirati na način da budu što dalje od opasne zone, ali da se zadrži njihova efikasnost. Kod gašenja unutarnjom navalom prioritet ima koordinirani napad u svrhu brzog traženja i gašenja žarišta požara. Kod takvog gašenja ne bi se trebala koristiti i vanjska navala zbog mogućih opekлина vodenom parom koji mogu stvoriti mlazovi vanjske navale. Kod gašenja požara ispod razine zemlje potrebno je osigurati dva puta za izlazak i to na suprotnim stranama prostora. [2]

### 5.1. Opasnosti prilikom gašenja požara u zatvorenom prostoru

Posao vatrogasca karakterizira izloženost svim vidovima fizičke, kemijske i biološke ugroženosti zdravlja i života. Težina ozljeda se određuje u odnosu na opasnost po život, funkciju i oštećenje organa te radnu sposobnost. U skladu s tim dolazi do razvoja profesionalnih bolesti koja je uzrokovana utjecajem radnih uvjeta. [6]

Opasnosti s kojima se vatrogasci susreću pri gašenju požara zatvorenih prostora su:

- Opasnost od radioaktivne kontaminacije
- Opasnost od zaraznih bolesti
- Opasnost od stresa, panike, straha i šoka
- Opasnost od elektriciteta
- Opasnost od mehaničkih ozljeda
- Opasnost od topline
- Opasnost od gušenja i trovanja [6]

### 5.1.1. Opasnost od radioaktivne kontaminacije

Ova opasnost je minimalna kod gašenja stambenih objekata. Radioaktivne elemente vatrogasci nalaze u bolnicama, laboratorijima i specijaliziranim ustanovama. Svrha preventivnih mjera je spriječiti rizik od eksplozije. [6]

### 5.1.2. Opasnost od zaraznih bolesti

Pri akciji spašavanja, vatrogasci vrlo lako mogu doći u kontakt s izlučevinama ili krvlju, ljudskom i životinjskom. Posebno treba biti oprezan kod zbrinjavanja ozlijeđenih. Osobito je opasno ako vatrogasci imaju otvorene rane ili ogrebotine na rukama. Najčešće bolesti su hepatitis, AIDS i razni virusi. [6]

### 5.1.3. Opasnost od stresa, panike, straha i šoka

Požari zatvorenih prostora su idealan izvor straha i panike, posebno u objektima gdje boravi veći broj ljudi. Samim odlaskom na intervenciju, tijelo vatrogasca počinje stresno reagirati (povećava se puls, srčani tlak i temperatura). Nakon više godina rada u službi, takvo stanje može ostaviti posljedice (kardiovaskularne bolesti, psihološki poremećaji). Zaštita od ovih opasnosti je konstantno unapređenje znanja i upoznavanje s opasnostima prilikom gašenja te svakodnevni treninzi. [6]

### 5.1.4. Opasnost od elektriciteta

Tijekom intervencije, postoji opasnost od dodira dijelova pod naponom zbog neispravnih instalacija, prekinutih vodiča.. Glavnu opasnost predstavlja jačina same struje, vrijeme djelovanja i mogućnost protoka kroz tijelo. [6]



#### 5.1.5. Opasnost od mehaničkih ozljeda

Posjekotine, istegnuća, uganuća i lomovi su najčešće mehaničke ozljede pri gašenju požara zatvorenih prostora. Takve ozljede se događaju kod rušenja konstrukcija, pada predmeta s visine, pada u dubinu.. Potrebno je pravilno koristiti osobnu zaštitnu opremu i izvoditi vježbe kretanja kroz požarni objekt kako bi se umanjila opasnost od mehaničkih ozljeda. [6]

#### 5.1.6. Opasnost od topline

Čak i najmanji požar uzrokuje temperature koje mogu stvoriti opekline. Opekline prvog stupnja nastaju pri temperaturi 48°C, drugog stupnja pri temperaturi 55°C, a trenutno uništenje kože se događa kada temperatura dosegne 72°C. Osnovna zaštita vatrogasaca od ovih ozljeda je vatrogasno zaštitno odijelo. Ona sprječavaju nastanak opekline do 1000°C. Najčešće opekline nastaju u području lica kojeg ne pokriva zaštitna maska, na ušima i vratu zbog ne korištenja zaštitnih potkapa. [6]

#### 5.1.7. Opasnost od gušenja i trovanja

Statistički je dokazano da veći broj vatrogasaca strada zbog gušenja i trovanja produktima gorenja nego od djelovanja topline. Kada se koncentracija kisika smanji ispod 6%, slijedi smrt u roku 6-8 minuta, dok pri koncentracijama 16%–12% nastaju prvi simptomi gušenja i poremećaja koordinacije. Za vatrogasce je rizik od gušenja i trovanja sveden na minimum zbog korištenja izolacijskih aparata. To je danas najprihvatljivije rješenje za zaštitu vatrogasaca. [6]

## 6. Zaštitna oprema vatrogasca

Kako bi se spriječile različite vrste opasnosti i ozljeda prilikom intervencija, vatrogasac je obavezan koristiti zaštitnu opremu. Zaštitna oprema vatrogasca može biti:

### a) Osobna zaštitna oprema

#### ➤ Zaštitna odjeća i obuća

- Osobna zaštitna odjeća vatrogasca izrađuje se od materijala otpornog na atmosferske utjecaje, na kiseline, lužine, toplinu i mehanička oštećenja, a pogodna je za nošenje u uvjetima koji se stvaraju pri požaru u ljetnom i zimskom periodu. Zaštitna bluza je uobičajenog kroja i oblika, duga do koljena, a zakopčava se do vrata. S prednje i stražnje strane, kao i na prednjem donjem i stražnjem dijelu, ušivene su reflektirajuće trake. Postavljena je vunanim uloškom. Zaštitne hlače su uobičajenog kroja i oblika, a navlače se preko ramena pomoću kružnih lateks- traka. Postavljene su vunanim uloškom. Čizme su gumene, s ojačanim đonom i čeličnom kapicom, a sare dopiru do koljena. Zaštitne rukavice su s odvojenim palcem i postavljene su vunanim uloškom.

#### ➤ Vatrogasna kaciga

- Vatrogasna kaciga je namijenjena zaštititi glave vatrogasca u intervencijama i akcijama gašenja požara kao sredstvo osobne zaštite od mehaničkih ozljeda koje nastaju zbog pada ili udarcem nekog predmeta. Štiti glavu od toplinskog zračenja i plamena, niskih temperatura i električne struje.

#### ➤ Penjački opasač s priborom

- Sigurnost vatrogasca često ovisi i o penjačkom opasaču. Bitno je za zapamtiti da se smiju upotrebljavati samo opasači koju su testirani u ovlaštenom laboratoriju i odobreni od ovlaštene ustanove za njihovo certificiranje.

#### ➤ Zaštitna maska

- Zaštitne maske mogu biti:

- Maska za cijelo lice- prekriva usta, nos oči i bradu te je priljubljena uz cijelo lice
- Polumaska- prekriva usta, nos i bradu te je priljubljena uz lice
- Sklop usnika- pridržava se zubima ili privezom na glavi te je priljubljen na usne
- Filtrirajuća polumaska- namijenjena je za zaštitu od aerosola
- Kapuljača i kaciga- prikriva cijelu glavu i lice. [2]

Zaštitna odjeća vatrogasca mora udovoljiti nekim općim zahtjevima:

- Zahtjev za toplinskom zaštitom
- Zahtjev za udobnosti pri intervenciji
- Zahtjev za udobnosti pri nošenju u normalnim klimatskim uvjetima

b) Skupna zaštitna oprema

➤ Aparati za zaštitu dišnih organa

- Aparati za zaštitu dišnih organa su izolacijski aparati na komprimirani zrak ili komprimirani kisik.

➤ Penjačko i radno uže

- Penjačko uže služi za izbavu i samoizbavu, odnosno kao uže za spašavanje, osiguranje i signalizaciju.
- Radno uže služi za obavljanje radnih zadataka u vatrogasnoj službi kao što su otvaranje ili zatvaranje ventila na usisnoj sitki, osiguranje usisnog voda itd.

➤ Odjela za zaštitu od topline

- Odijelo za zaštitu od topline je jednodijelno ili dvodijelno, sa zaštitnom kapuljačom, a zatvara se patentnim zatvaračem ili patentnom dugmadi. Na stražnjem dijelu odijela nalazi se prostor za smještaj izolacijskog aparata. Zaštitna kapuljača ima zaštitno panorama- staklo ili dva otvora sa staklima za zaštitu očiju. Sastavni dio odijela su zaštitne čizme i zaštitne rukavice.

➤ Odjela za zaštitu od kemikalija

- Odijelo za zaštitu od agresivnih tvari je jednodijelno, zakopčava se patentnim zatvaračem, a izrađuje se od materijala otpornog na agresivne tvari.

➤ Druga oprema. [5]

Svaki je vatrogasac zadužen za osobnu zaštitnu opremu, a za skupnu je zaštitnu opremu zadužena vatrogasna jedinica. Osobnu zaštitnu opremu vatrogasci moraju nositi pri gašenju požara te pri spašavanju ljudi i imovine. Rukovodilac gašenja požara određuje, ovisno o situaciji, kada će i koje dijelove skupne zaštitne opreme nositi pojedini vatrogasac. Vatrogasna zaštitna oprema mora se poslije svake upotrebe vratiti u ispravno stanje. [5]



Slika 4. Osobna zaštitna oprema vatrogasca.[4]

## 7. Simulator plamenih udara

Ideja o simulatoru plamenih udara u Republici Hrvatskoj je nastala 2005. godine. Siniša Jembrih i Mario Rogina potaknuli su ideju o nastanku simulatora plamenih udara te su stupili u kontakt sa svjetskim organizacijama koje organiziraju obuku u simulatorima plamenih udara. Njihovo prisustvovanje seminaru u Hamburgu 2005. godine bila je odlična prilika za uspostavu kontakata te su na tom seminaru dobili prve smjernice za tehničku proizvodnju simulatora ali i za programe obuke što je jednako bitno. 2006. godine izdane su „Upute za izgradnju i korištenje simulatora plamenih udara“ kojom je opisana većina postupaka u takvoj obuci. [8]

U Karlovcu je 2007. godine organizirana i provedena prva obuka u simulatoru plamenih udara u Republici Hrvatskoj. Prvu vježbu u simulatoru izveli su instruktori Siniša Jembrih i Mato Frančešević (JVP Zagreb), Mario Rogina i Damir Martan (JVP Grada Varaždina), Darinko Kos (JVP Karlovac) i Darko Zajčić (JVP Ivanić Grad). Simulator iz Karlovca klasičan je primjer švedskog modela izgradnje i upotrebe brodskih kontejnera, a sve je to potkrijepljeno njemačkim iskustvom u obuci. Simulator u kojem je izvedena prva vježba bio je simulator klase A odnosno na kruta goriva a izrađen je i certificiran prema europskoj normi DIN 14 097/1-4. [10]

Simulator plamenih udara u kojem je održana prva vježba u Republici Hrvatskoj je 2008. godine prebačen na vježbalište JVP Ivanić Grada. U kolovozu 2007. godine Vatrogasnoj školi Učilišta vatrogastva i zaštite i spašavanja Državne uprave za zaštitu i spašavanje isporučen je pokretni plinski simulator plamenih udara tipa Fire Dragon III. U njemu se od tada provodi Program osposobljavanja na pokretnom vježbalištu. Obuku većinom prolaze polaznici Vatrogasne škole koji tijekom školovanja u istoj steknu pravo na vježbanje u simulatoru. Nakon ova dva simulatora, tijekom sljedećih godina organizirana je obuka u simulatorima plamenih udara u sljedećim mjestima: Klana kod Rijeke, Split, Našice, Makarska, Dubrovnik, Slatina i Varaždin. [9]



Slika 5. Instruktori za flashover Darko Zajčić, Siniša Jembrih, Mato Frančesević, Mario Rogina, Damir Martan i Darinko Kos. [10]

#### 7.1. Kontejner za simulaciju plamenih udara (s krutim gorivom)

Radi se o jednom kontejneru za promatranje (prostorija za promatranje) i o jednom kontejneru za požar (prostor za simulaciju požara). Kontejneri se spajaju na prednjim stranama.

Kao kontejner za promatranje se koristi jedan obični brodski kontejner dubine 12,5 metara ili dva brodska kontejnera dužine 6,5 metara koji se međusobno povezuju po dužini. Na izvornoj nosivoj konstrukciji ne smiju se poduzimati nikakve promjene. Prije nego se na limenoj oplati naprave otvori, nosiva konstrukcija se postavlja na mjesto i zavari. Pritom treba paziti da se svi otvori mogu ponovo zatvoriti, a da bi se spriječilo nekontrolirano pritjecanje zraka. Osim toga, preporučljivo je da se sigurnosni i upravljački poklopci mogu otvoriti i izvana. [9, 10]

### 7.1.1. Kontejner za ložište

Ložište se postavlja najmanje 0,5 metara više od kontejnera za promatranje i vari se na jedan ojačani okvir napravljen od željeza. Pomoću prikladne termo- izolacije u unutrašnjosti ložišta i odvajanjem kontejnera za promatranje i ložišta nastaje stvarni prostor za požar. Termo- izolacija se izvodi u dva sloja. Ona se može sastojati od šamota ili od čelične konstrukcije. Ložište završava masivnim jednokrlnim vratima prema kontejneru za promatranje. Ta se vrata moraju otvarati s obje strane. Na stropu ložišta potrebno je ugraditi profilnu konzolu za postavljanje gorivog materijala. Ona se može izraditi i od lanaca. K tome se na bočnim zidovima, kao i na zidu na koji se nalazi nasuprot vratima ložišta, ostavi mogućnost postavljanja gorive oplata oko cijele prostorije. U području poda potrebno je postaviti odvod vode, koji se može zatvoriti izvana. [9]

### 7.1.2. Kontejner za promatranje

Osnovna konstrukcija broskog kontejnera ostaje ista. Postavljanje okolnih profila za ojačavanje preporučuje se samo ako se kontejner nakon završetka izrade mora premještati, odnosno podizati. Kod „školskih“ uvjeta, odnosno kada ima puno ljudi istovremeno, spojena su dva kontejnera od 6,5 metara. Na ulazu i izlazu postavljaju se vrata koja se za vrijeme vježbe moraju moći otvoriti i zatvoriti bez opasnosti i s vanjske i s unutrašnje strane. Druga vrata moraju se ugraditi za izlaz u slučaju nužde u prednjem dijelu kontejnera za promatranje. Posebnu pozornost treba obratiti na to da se vrata otvaraju prema van! Ugrađuje se i ventilacijski poklopac, na ručno upravljanje koji služi kao odvod za dim i toplinu, u prednjem dijelu krova prostora za promatranje. Taj poklopac mora se otvarati do 45°. Alternativno je moguća ugradnja središnje postavljenog poklopca s kutom otvaranja 90° unutar otvora za ventilaciju. Odvodni kanal za dim s poklopcem, koji se može spuštati i podešavati, treba postaviti u stražnjem dijelu prostora za promatranje na strop. Također se treba u prednjem dijelu poda kontejnera instalirati odvod vode koji se može zatvoriti, te da se oba kontejnera pozicioniraju jedan prema drugom s laganim padom da bi se stvorio odvod vode za gašenje iz unutarnjih prostorija. [10]

## 7.2. Fire dragon III- Plinski simulator

Drager Safety AG & Co. KGaA Fire Dragon III pokretno vježbalište plamenih udara namjenski je dizajniran objekt na kotačima kojeg po potrebi može vući teretno vozilo. Simulator kao energent koristi plin propan u optimalnim količinama u odnosu na geometrijske parametre prostorija i time pruža siguran ambijent za učenje vatrogasaca o razvoju požara u zatvorenom prostoru i demonstraciju tehnika kontrole i suzbijanja požara. Uređaj za simulaciju požara opremljen je softverom za upravljanje i sa različitim sustavima za kontrolu i sigurnost.[8], [10]

Simulator požara sastoji se od nekoliko požarišta:

- a. sofa + požar zidne stjenke
- b. flashover
- c. kuhinjski požar
- d. požar na plinskim bocama
- e. požar na brojaču plina
- f. požar na stepeništu

Simulator se sastoji i od ostalih sustava za simulaciju požara te kontrolu i upravljanje cijelim sustavom: glavna plinska regulacijska konzola, konzola za reguliranje plamenika, sigurnosni uređaji, uređaj za zadimljavanje, ventilacijski sustav, kontrolna soba za upravljanje uređajem, uređaj za opskrbu plinom za priključivanje 4 odnosno 8 komada 33 kg plinskih boca s propan-butanom, prikolica-vozno postolje. Sigurnosni uređaji smješteni su na samim požarištima i u okolnim tehničkim sobama kako bi se u svakom trenutku kontrolirao cijeli sustav. U slučaju npr. prevelike temperature ili smjese zraka i plina koja je prešla 25% DGE cijeli sustav automatski započinje sa sigurnosnim gašenjem koje se sastoji od provjetravanja u nuždi, zaustavljanja dotoka plina, isključivanja svih požarišta i generatora dima, trenutnog provjetravanja od dima i plina u prostoru za vježbanje s maksimalnim učinkom ventilatora. Kontrolna soba je smještena u sredini tako da instruktori imaju pregled nad svim požarištima. [10]





Slika 6. Simulator plamenih udara. [10]

Iako postoje brojne razlike među simulatorima, osnovna razlika je gorivo koje se koristi. Plinski simulator koristi propan butan plin te se njegovim pravilnim doziranjem u kontroliranim uvjetima u zatvorenom prostoru stvaraju efekti slični kao kod plamenih udara. Simulatori na kruta goriva koriste nebojane drvene palete koje nakon što se zapale dovedu u stanje da nepotpuno izgaraju. Na taj način se u zatvorenom prostoru stvori velika količina dima koji je pun izrazito zapaljivih produkata nastalih pirolizom. Taj se dim i plinovi, koji su gotovo identični kao i kod pravih požara, zapale te čine plamene udare u kontroliranim uvjetima. [8]

### 7.3. Obuka vatrogasaca u simulatorima plamenih udara

U uvježbavanju u simulatoru plamenih udara mogu sudjelovati osobe koje su tjelesno i duševno sposobne za obavljanje vatrogasne djelatnosti, što dokazuje potvrdom ovlaštene zdravstvene ustanove i potvrdom o osposobljavanju. [11]

Svakom praktičnom uvježbavanju prethodi teorijska obuka. Teorijski dio sadrži poglavlja o razvoju požara u zatvorenom prostoru, nagla razbuktavanja požara, gašenje požara u zatvorenom prostoru, postupak ulaska u prostor zahvaćen požarom, taktička ventilacija te sigurnost u simulatoru plamenih udara. [11]

Uvježbavanje se provodi u pet faza:

#### Faza 1 –promatranje

U prvoj fazi vatrogascima se omogućuje promatranje ponašanja vatre i znakova koji upozoravaju na moguću pojavu flashovera u kontroliranom okruženju. Znakovi koji upućuju na flashover su: plamen pri stropu prostorije, visoka temperatura koja prisiljava vatrogasce da se nisko spuste ili čak legnu, dim se nisko spušta, odnosno ispunjava čitav prostor. Ponavljanjem takovih uvjeta nekoliko puta, vatrogasci stječu znanje i iskustvo kako se nositi sa takovim situacijama.

#### Faza 2 – unutarnja navala

Nadovezujući se na principe naučene u prvoj fazi, vatrogasci se sada nalaze na istom nivou ali se veća pažnja posvećuje prepoznavanju stanja požara i povlačenju cijevne pruge te upotreba odgovarajućeg oblika mlaza naučenog u prvoj fazi. Prosječno vrijeme koje je svakoj grupi potrebno da uđe, procjeni situaciju, počne djelovati, nađe središte požara, počne ventilirati i izađe je manje od 5 minuta. Vatra se tada vraća u slobodnogoreće stanje i nova grupa vatrogasaca sa instruktorom ponavlja postupak.

#### Faza 3 – backdraft

Simulator treće faze je demonstracijski sistem. Nitko ne ulazi u kontejner tijekom demonstracije. U simulatoru se kao gorivo koriste samo krute tvari koje izgaraju posredstvom pirolize kako bi se razvila niskotlačna eksplozija dima poznata kao backdraft. Instruktori ističu ovo naglo ispuštanje dima nakon kojeg se dim uvlači natrag u prostoriju zajedno sa svježim zrakom i uzrokuje backdraft. Znakovi koji ukazuju na backdraft su: malen ili nevidljiv plamen, visoke temperature u prostoriji, zatamnjenje i stvaranje masnih naslaga na prozorima, izbijanje dima kroz sitne otvore, kod otvaranja otvora (vrata) snažno uvlačenje zraka sa pojavom plavičastih plamičaka, sloj dima stalno raste i pada. Eksplozija dima izbacuje vatrenu kuglu kroz vrata desetak i više metara.

#### Faza 4 – garaža

Simulator četvrte faze je zapravo spoj dvaju jednakih kontejnera sa uklonjenim središnjim zidom. Na njih je nadovezan i manji kontejner koji nije zahvaćen vatrom, ali je ispunjen dimom i toplinom i on čini ulaz u prostor dvaju spojenih kontejnera koji je zahvaćen požarom. Sva iskustva iz prve, druge i treće faze testiraju se ovdje. Ova faza je najzanimljiviji i najzahtjevniji dio čitavog treninga jer omogućava kompleksne vježbe ulaska u prostor, spašavanja, svladavanja vatre, ventilacije te uvježbavanje timskog rada.

#### Faza 5 – višetažni prostori

Ovdje se simuliraju požari na dvije etaže, sa unutarnjim i vanjskim stubištem. Vatra zahvaća podrum i prvi kat. Postoje višestruki ulazni i izlazni otvori sa mogućnošću ventilacije. Tu se izvode vježbe poput ulaska u požarom zahvaćeni prostor, spašavanje, svladavanje vatre, ventilacija. Osnove ovog simulatora iste su kao i u fazama 1 i 2. [11]

#### 7.4. Gašenje

Kada se razvije požar u nekoj prostoriji pojaviti će se dva odvojena sloja. Gornji sloj će sadržavati produkte izgaranja (vatra i plinove nastale pirolizom) a donji sloj će sadržavati preostao zrak iz prostorije. Granica između ova dva sloja čini tu neutralnu površinu. Ova neutralna površina je u stvari površina dimnog sloja. S razvojem požara tlak u gornjem sloju, tzv. "nadtak", će porasti uslijed porasta temperature i gomilanja plinova nastalih izgaranjem, odnosno pirolizom. U nižem sloju tlak će se smanjivati. Riječ je o "podtlaku". Potrošnjom preostalih količina zraka u prostoriji, zrak potreban za nastavak procesa izgaranja pritijecati će iz vanjskog prostora. To će stvoriti prozračeno područje koje će rasti s porastom intenziteta požara. Vatrogasac donosi odluku temeljeći je na ključnom elementu - na prirodi te površine. Visina površine i njena uskomešanost pouzdano ukazuju na predstojeće ponašanje požara. Prisustvo plamena unutar područja nadtlaka jedan je od znakova predstojećeg flashovera. [11]

Voda je idealno sredstvo za gašenje, lako je i brzo dostupna, primijenjena u požaru djeluje na sva tri elementa u požarnom trokutu:

1. Ograničenje goriva

- Naglo rasprostiranje vode ima cilj razrjeđivanja zapaljivih plinova. Na taj se način reducira toplina a time i nastajanje zapaljivih plinova nastalih pirolizom. Prelazak vode iz tekućeg u plinovito agregatno stanje (njeno isparavanje) potiskuje prisutne zapaljive plinove.
2. Smanjenje topline:
    - Apsorpcija topline pretvorbom vode u paru.
  3. Smanjenje količine kisika
    - Dopirući do požara para prigušuje gorenje i time smanjuje koncentraciju kisika. Pri prelasku vode u parno stanje voda ekspandira u volumenu 1:1700, pri temperaturi od 100° C. Naraste li temperatura na 450° C volumen pare će se udvostručiti. (1:3500). [11]

80% energije požara utroši se pri transformaciji vode iz tekućeg u plinovito stanje. To znači, utroši li se jedna litra vode u požaru koji je razvio temperaturu od 450° C, 80% topline će se utrošiti da bi nastalo 3500 litara pare. [11]

Da bi ugasili požar, navalna grupa mora postići finu ravnotežu korištenjem malih količina vode kako bi zadržale proizvodnju pare na minimumu, ali ipak dovoljnu da ugasi vatru. Prevelika količina vode uzrokuje stvaranje velike količine pare, snižava razinu neutralne površine i pogoršava uvjete za rad vatrogasaca zbog smanjene preglednosti, povećava njihovu izloženost pari i rastućoj temperaturi. Potrebno je ohladiti i razrijediti što veću količinu plinova koristeći minimalnu količinu vode, imajući na umu da veličina kapljica vode koju dobivamo na mlazu mora biti što manja, čime prekrivamo veću površinu područja koje nastojimo ohladiti. Koriste li se kratki impulsi mlaza, raspršene kapljice vode naglo će ohladiti i razrijediti požarne plinove. Nastajanje malih količina pare osigurati će najbolje moguće uvjete u odjeljku za vatrogasce. Prostor prema kojem usmjeravamo mlaz vode jednako je važan kao i količina upotrijebljene vode. Razlijevanjem vode posvuda po prostoru ne postiže se nikakav učinak. Voda treba biti usmjerena prema plinskom sloju gdje je od najveće koristi. [11]

#### 7.4.1. Metode gašenja

Metode gašenja možemo svrstati u tri vrste:

1. Indirektna metoda (neizravna metoda)
2. Direktna metoda (izravna metoda)
3. Hlađenje plinova

##### 7.4.1.1. Indirektna metoda

Požar može biti ugašen usmjeravanjem mlaza vode u gorući prostor čime se postiže učinak nastanka pare, a time i nadtlaka koji će zadržavati vanjski zrak, gušeći ga na taj način. Ova metoda može se koristiti isključivo iz vanjskog prostora uz uvjet da u požarom zahvaćenom prostoru nema žrtava.

Učinak:

- Hladi i razrjeđuje požarne plinove.
- Hladi građevne elemente.
- Spušta razinu "neutralne površine" čime se smanjuje vidljivost i pogoršavaju uvjeti, kako vatrogascima tako i mogućim žrtvama.

Ovaj način pristupa trebalo bi primjenjivati samo izvana zbog velike količine pare koja nastaje kao posljedica ovakvog pristupa. [11]

##### 7.4.1.2. Direktna metoda

Mora biti primijenjena u ranim fazama požara i korištena izravno na mjestu požara.

Učinak:

- Gasi požar
- Moguća šteta prouzročena vodom za gašenje.

- Koristi li se na krivi način, za sobom povlači zrak u gorući prostor čime se pojačava intenzitet gorenja.
- Pogoršava uvjete vatrogascima i mogućim žrtvama.
- Može raspršiti žar u nastale požarne plinove. [11]

#### 7.4.1.3. Hlađenje plinova

Primjena metode "hlađenja plinova", poznata još i pod nazivima poput; trodimenzionalna /3D/, vodena magla ili ofenzivna metoda. Treba jasno naglasiti da se ova metoda u osnovi koristi, ne (samo) za gašenje požara, već za stvaranje sigurnog pristupa žarištu požara i smanjenju mogućnosti pojave flashovera, backdraft ili eksplozije požarnih plinova. Ova tehnika nije osmišljena kao zamjena za izravnu metodu navale koja je prethodno opisana već kao njihova dopuna u nastojanjima da se poveća sigurnost i učinkovitost vatrogasaca. Primjenjujući metodu "hlađenja plinova" vatrogasci usmjeravaju vodenu maglu izravno u vruće požarne plinove, kratkim i naglim otvaranjem zasuna na mlaznici plasira se najmanja količina vode u zonu nadtlaka u požarnim plinovima. Sitne kapljice će ishlapati u vrućim požarnim plinovima, ohladiti će ih na temperaturu nižu od njihove temperature paljenja i razrijediti će njihovu zapaljivu smjesu. Koristeći vodu, vatrogasac mora izbjeći njezin kontakt s vrućim površinama, čime će spriječiti nastanak vodene pare koja smanjuje vidljivost. Ovaj ohlađujući učinak rezultirati će sažimanjem požarnih plinova, većim od ekspanzije vode u paru, pri čemu će se požarni plinovi zgusnuti te udaljiti od vatrogasaca koji koriste taj mlaz. To stvara negativan pritisak unutar požarnog odjeljka i vatrogasci nisu izloženi vrelini pare, a k tome povećana je mogućnost preživljavanja mogućih žrtava požara. Ovaj učinak postiže se korištenjem određenih vrsta mlazova i odabirom najboljih kutova djelovanja, te pravilnog promjera mlaznice čime kapljice vode neće biti veće od 0,3 mm u promjeru.

U osnovi se koriste tri različite "pulsirajuće" tehnike:

- Kratki impuls propuštanja vode
- Dugi impuls propuštanja vode
- Polijevanje (direktan napad) [11]

## 7.5. Sigurnosne mjere u simulatoru plamenih udara

Vježba u kontejneru za simulaciju plamenih udara smije se izvoditi samo ako su polaznici opremljeni kompletnom zaštitnom odjećom i opremom kako slijedi:

- Vatrogasna zaštitna jakna prema EN 469
- Vatrogasne zaštitne hlače prema EN 469
- Zaštitne rukavice prema EN 659
- Potkapa višeslojna prema EN 13911
- Vatrogasne zaštitne čizme
- Vatrogasna kaciga (bez vanjskog vizira) s zaštitom za vrat, prema EN 443
- Uređaj za zaštitu organa za disanje sa zaštitnom maskom, (IA na komprimirani zrak), sa atestiranom bocom od 300 bara.

Ispod zaštitne odjeće:

- Lagana pamučna trenirka ili sportsko donje rublje dugih rukava

„Sportsko donje rublje“ je ono koje je izrađeno iz sintetičkih materijala koji ne upijaju vlagu i izuzetno brzo se suše. [11]

Velika se pozornost usmjerava prema sigurnosti, stoga postoje striktno mjere sigurnosti za upotrebu simulatora koje uključuju slijedeće:

1. Svi vatrogasci trebaju prije ulaska u simulator i nakon izlaska iz njega uzeti velike količine tekućine.
2. Zaštitna odjeća mora biti visokog standarda i mora uključivati kacige, a svi dijelovi tijela (koža) moraju cijelo vrijeme biti prekriveni. Odjeća mora biti komotna tako da omogućuje zračne džepove između slojeva. Vlažna odjeća ne smije se nositi u simulatoru.
3. Za vrijeme treninga trebaju biti pripremljene dvije cijevne pruge opremljene mlaznicama za vodenu maglu. Po mogućnosti, svaka bi cijevna pruga morala imati vlastiti izvor napajanja. Jednu cijevnu prugu koriste vatrogasci koji se uvježbavaju (maksimalno 4 do 6 vatrogasaca), dok drugu koriste osoba za osiguranje i instruktor.

4. Osoblje koje posluhuje simulator mora posebno upravljati ventilacijskim otvorima
5. Moraju postojati najmanje dva izlaza dostupna vatrogascima u simulatoru.
6. Stražnja vrata simulatora za promatranje moraju ostati otvorena cijelo vrijeme tijekom boravka u njemu.
7. Osoblje se tijekom treninga ne smije nalaziti u simulatoru koji se koristi za prikazivanje backdrafta.

Svi polaznici obvezni su pridržavati se uputa instruktora bez prigovora, a instruktori su dužni svakog polaznika koji ne sluša njihove upute udaljiti sa uvježbavanja i o navedenom obavijestiti organizatora uvježbavanja i Zapovjednika postrojbe iz koje je polaznik.

U slučaju osjećaja neugode treba tri puta udariti po zidu kontejnera i mirno ga napustiti, ako je potrebno brzo napustiti kontejner, dodatno se daje zapovijed “mayday mayday mayday“.

#### 7.5.1. Instruktori

Instruktor može biti vatrogasac s najmanje pet godina iskustva u vatrogasnoj operativi i s manje od 55 godina života te s najmanjim stručnim zvanjem vatrogasnog tehničara. Instruktor se postaje isključivo nakon završene obuke za rad sa simulatorom plamenih udara koja traje pet dana. Nakon obuke potrebno je odraditi još najmanje 20 ulazaka u simulator plamenih udara kao vježbenik. [11]

Broj ulazaka instruktora u simulator je ograničen. Tijekom jednog dana, instruktor smije ući u simulator 4 puta, a tijekom mjesec dana najviše 8 puta. U cijeloj godini, instruktor smije pristupiti simulatoru 18 puta. Također, instruktor je dužan u jednoj godini odraditi barem 4 ulaska u simulator. [11]

Po grupi se nalazi minimalno šest instruktora . Tri instruktora ulaze u sami simulator, dva instruktora se nalaze izvan simulatora kao zamjena dok je jedan zapovjednik ili voditelj



uvježbavanja. Instruktori u svakom trenutku moraju biti svjesni svoje odgovornosti prema sigurnosti svih sudionika.

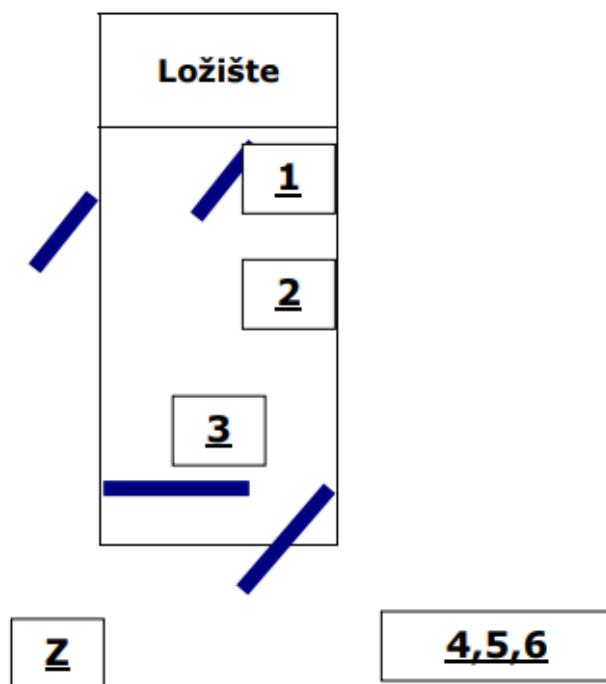
Zapovjednik je organizator same vježbe, pazi na vremena, sprave i određuje vremenski raspored cijele obuke. Prije ulaska u SPU mora provjeriti ispravnost i funkcionalnost svih uređaja u SPU-u kao što su: zaklopke, vrata; provjerava ložište, određuje broj paleta (ovisno o tome koja vježba se izvodi). [11]

Instruktor 1 uvijek stoji ispred ložišta i „upravlja“ samim ložištem. Objasnjava što se događa u ložištu, širenje vatre i dima i slično.

Instruktor 2 sjedi kod sigurnosnog mlaza i osigurava polaznike i instruktore tijekom cijelog boravka u simulatoru. Nitko od polaznika se ne smije nalaziti ispred ili u ravni instruktora 2.

Instruktor 3 nalazi se iza polaznika i nadzire ponašanje polaznika i osigurava da prolaz kroz sredinu ostane slobodan. U slučaju da nekome nije dobro izvodi ga van iz simulatora. Mijenja instruktora 1 na njegov zahtjev.

Instruktor 4 i 5 nalaze se izvan simulatora i mijenjaju instruktore na njihov zahtjev.



Slika 7. Položaj instruktora u simulatoru plamenih udara [10]

## 7.6. Usporedba simulatora

Iako postoje brojne razlike među simulatorima, osnovna razlika je gorivo koje se koristi. Plinski simulator koristi propan butan plin te se njegovim pravilnim doziranjem u kontroliranim uvjetima u zatvorenom prostoru stvaraju efekti slični kao kod plamenih udara. Simulatori na kruta goriva koriste nebojane drvene palete koje nakon što se zapale dovedu u stanje da nepotpuno izgaraju. Na taj način se u zatvorenom prostoru stvori velika količina dima koji je pun izrazito zapaljivih produkata nastalih pirolizom. Taj se dim i plinovi, koji su gotovo identični kao i kod pravih požara, zapale te čine plamene udare u kontroliranim uvjetima.

Tablica 1. Prednosti i nedostaci simulatora na kruta goriva.

Prednosti simulatora na kruta goriva	Nedostaci simulatora na kruta goriva
Gorivo je jednostavno za upotrebu	Produkti izgaranja su otrovni
Gorivo je lako dostupno i relativno jeftino	Vatra u ložištu se gasi tek kada nestane goriva ili je se ugasi
Inicijalni troškovi izrade simulatora su umjereni	Potreban je određeni fizički napor i vrijeme kako bi simulator ponovno napunio gorivom
Osigurava realistične uvjete požara (toplina, dim)	Osobna zaštitna oprema i ostala vatrogasna oprema nakon treninga u simulatoru zahtijeva dekontaminaciju
Pružava mogućnost aktivnog sudjelovanja u razvoju požara	

Tablica 2. Prednosti i nedostaci plinskog simulatora.

Prednosti plinskog simulatora	Nedostaci plinskog simulatora
Otrovni produkti izgaranja su prisutni u manjim količinama nego kod simulatora na kruta goriva	Ostaci goriva nakon izgaranja moraju se isprazniti i deponirati.
Zbog više požarišta, prostorija i načina ulaska nudi više taktičkih pristupa vježbi	Osjetljiv je na hladnoću zbog smrzavanja plinskih instalacija
U slučaju potrebe vatra se može brzo ugasiti zatvaranjem dovoda goriva	Produkti izgaranja su otrovni
Ponavljanje simulacija može se izvesti relativno brzo jer nema potrebe za punjenjem goriva	Simulacija požara nije potpuno realistična zbog nedostatka dima iako se koristi uređaj za zadimljavanje
Javljuju se manje količine dima koje ne oštećuju okoliš i sam simulator	Plameni udari ne nastaju zapaljenjem produkata pirolize već nastaju paljenjem idealne smjese zraka i plina u kontroliranim uvjetima
	Inicijalni troškovi izgradnje ili nabavke ovakvih simulatora su veći zbog kompleksnosti upotrebe samog goriva te upravljanja i nadgledanja nad cijelim sustavom

## 8. Zaključak

Svaka intervencija kojoj vatrogasac pristupi nosi novo iskustvo. Niti jedna intervencija nije ista te vatrogasac nikada ne zna što ga očekuje pri dolasku na mjesto intervencije. Uvježbavanjem u simulatorima uvelike su se smanjili smrtni ishodi na intervencijama i povećala se sigurnost i operativna sposobnost vatrogasaca. Znatno se smanjio šok te psihičke i fizičke reakcije organizma vatrogasaca koji su prvi puta pristupili takvom tipu intervencije.

Osnovni cilj simulatora je uvježbavanje vatrogasaca za intervencije zatvorenih prostora, no također uvježbava se kretanje u zadimljenom prostoru, rad s mlaznicama te međusobna komunikacija. Vatrogasac koji prođe takvu obuku sigurniji je u sebe, u zaštitnu opremu, u kolege, bolje razumije požar te je spremniji.

Nažalost, još uvijek ovakav tip uvježbavanja nije prisutan svuda. Glavni razlog tome se nalazi u financijskim problemima. Smatram da je potrebno investirati u ovakav način uvježbavanja kako bi se vatrogascima olakšao pristup samoj intervenciji te kako bi bili spremniji i sigurniji na istoj.

## 9. LITERATURA

- [1] **Aschenbremer, Dirk**: Suche und Retten; Brandschutz 5/1999.
- [2] **Popović, Ž i drugi**: Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika, Zagreb: Hrvatska vatrogasna zajednica, 2006.
- [3] **Vladimir Seljanj**: Priručnik za osposobljavanje pučanstva za provedbu preventivnih mjera zaštite od požara, gašenja požara i spašavanja ljudi i imovine ugroženih požarom; Kontrol biro 1992.
- [4] **Popović, Knežević, Posavec**: Priručnik za osposobljavanje vatrogasaca, Zagreb: Hrvatska vatrogasna zajednica, 2010.
- [5] **Zdenko Šmejkal**: Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara, 1991.
- [6] Opasnosti od požara u poslovnim i industrijskim objektima  
<https://hrcak.srce.hr/file/362291> , pristupljeno 01.03.2022.
- [7] Sprečavanje pojave i širenja požara na informatičkoj opremi  
<https://hrcak.srce.hr/file/323803> , pristupljeno 01.03.2022.
- [8] Vatrogasni vjesnik.: „Simulatori plamenih udara u RH“,  
[http://213.191.137.190/Dokumenti/VV/2008/10\\_2008.pdf](http://213.191.137.190/Dokumenti/VV/2008/10_2008.pdf) , pristupljeno 05.03.2022.
- [9] Plameni udar,  
[http://www.flashoverhr.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=98](http://www.flashoverhr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=98) pristupljeno 11.03.2022.
- [10] Simulator pakla u Karlovcu, <http://arhiva.nacional.hr/clanak/41107/simulator-pakla-u-karlovcu> pristupljeno 15.03.2022.
- [11] „Postupnik za obuku vatrogasaca u simulatorima plamenih udara“,  
[file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/DIPLOMSKI/SPU/SPU/spu\\_postupnik.pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/DIPLOMSKI/SPU/SPU/spu_postupnik.pdf)  
pristupljeno 24.03.2022.

## 10. PRILOZI

### 10.1. Popis slika

POPIS SLIKA	STRANICA
Slika 1. Osnovni uvjete gorenja (Trokut gorenja) .....	4
Slika 2. Faze razvoja požara zatvorenog prostora.....	7
Slika 3. Plamene jezici.....	12
Slika 4. Osobna zaštitna oprema vatrogasca.....	19
Slika 5. Instruktori za flashover Darko Zajčić, Siniša Jembrih, Mato Frančesević, Mario Rogina, Damir Martan i Darinko Kos.....	20
Slika 6. Simulator plamenih udara.....	23
Slika 7. Položaj instruktora u simulatoru plamenih udara .....	31

### 10.2. Popis tablica

POPIS TABLICA	STRANICA
Tablica 1. Prednosti i nedostaci simulatora na kruta goriva.....	32
Tablica 2. Prednosti i nedostaci plinskog simulatora.....	33