

# Ljudski čimbenici i tehnološki aspekti sigurnosti u požaru

---

Šturlan, Patricia

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:115:498721>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

PATRICIA ŠTURLAN

ZAVRŠNI RAD

Sisak, rujan 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

PATRICIA ŠTURLAN

**LJUDSKI ČIMBENICI I TEHNOLOŠKI ASPEKTI SIGURNOSTI U  
POŽARU**

ZAVRŠNI RAD

Voditelj: prof.dr.sc Ivica Boko

Članovi Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada, uključujući i zamjenskog člana:

1. prof. dr. sc. Ljerka Slokar Benić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – predsjednica
2. prof. dr. sc. Ivica Boko, Sveučilište u Splitu Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije - član
3. izv. Prof. dr. sc. Ivan Jandrić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – član
4. prof. dr. sc. Stjepan Kožuh, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – zamjenski član

Sisak, rujan 2024.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET  
UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF METALLURGY

◆ FAKULTETSKO VIJEĆE ◆

KLASA: 602-03/24-05/04  
URBROJ: 2176-78-24-01-175

Sisak, 11. rujna 2024.

Temeljem točke IX. Naputka o završnom radu i završnom ispitu Pravilnika o studiranju na preddiplomskim studijima i diplomskom studiju Metalurškog fakulteta i članka 20. Statuta Metalurškog fakulteta, Fakultetsko vijeće na svojoj 11. redovitoj sjednici u akad. god. 2023./2024. od 11. rujna 2024. godine (t. 3), a na prijedlog Povjerenstva za nastavno područje djelovanja, donosi sljedeću

## ODLUKU

### o odobravanju teme, imenovanju voditelja i Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada

#### I.

Studentici sveučilišnog prijediplomskog studija *Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš* u redovitom statusu **PATRICIJI ŠTURLAN** (0124125499) za voditelja završnog rada pod naslovom "Ljudski čimbenici i tehnološki aspekti sigurnosti u požaru" ("Human factors and technological aspects of fire safety") imenuje se **prof. dr. sc. Ivica Boko**.

#### II.

Studentici iz točke I. ove Odluke imenuje se Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada u sastavu:

1. prof. dr. sc. Ljerka Slokar Benić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – predsjednica,
2. prof. dr. sc. Ivica Boko, Sveučilište u Splitu Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije – član,
3. izv. prof. dr. sc. Ivan Jandrić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – član.

Za zamjenskog člana imenuje se prof. dr. sc. Stjepan Kožuh, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet.

#### III.

Ova Odluka stupa na snagu danom donošenja.

#### IV.

Protiv ove Odluke može se uložiti prigovor Fakultetskom vijeću Metalurškog fakulteta u roku 8 dana od dana primitka iste.

#### Dostavljeno:

- 1 x Patricia Šturlan
- 4 x voditelj, članovi Povjerenstva
- 1 x Studentska referada
- 1 x Tajništvo
- 1 x pismohrana Fakultetskog vijeća
- 1 x pismohrana

Vršiteljica dužnosti dekanice  
Metalurškog fakulteta



prof. dr. sc. Ivana Ivanić

Ivanić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF METALLURGY

IME: PATRICIA  
PREZIME: ŠTURLAN  
MATIČNI BROJ: BS-94/21

Na temelju članka 19. stavak 2. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu dajem sljedeću

## IZJAVU O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je moj završni / diplomski / doktorski rad pod naslovom:

Ljudski čimbenici i tehnološki aspekti  
sigurnosti u požaru

izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Sisak, 16.9.2024.

Patricia Šturlan  
(vlastoručni potpis)

Izrazi koji se koriste u ovoj Izjavi, a imaju rodno značenje, koriste se neutralno i odnose se jednako i na ženski i na muški rod.

## **Zahvala**

*Zahvaljujem svom mentoru, prof.dr.sc Ivici Boki, za podršku, vodstvo i pomoć tijekom pisanja ovog rada. Vaša stalna raspoloživost i stručni savjeti bili su ključni za uspješan završetak ovog projekta.*

*Također, hvala mojoj obitelji i prijateljima na nesebičnoj podršci tijekom cijelog studija.*

## LJUDSKI ČIMBENICI I TEHNOLOŠKI ASPEKTI SIGURNOSTI U POŽARU

### Sažetak:

Požari su jedan od najvećih sigurnosnih izazova za građevinske objekte i industrijska postrojenja, s potencijalno katastrofalnim posljedicama. Razumijevanje uzroka požara, kao što su električni kvarovi, loše održavanje instalacija, kemijske reakcije ili ljudska nepažnja, ključno je za razvoj preventivnih strategija i tehnologija koje omogućuju njihovo sprječavanje i brzu intervenciju. Ponašanje ljudi u kriznim situacijama, poput požara, često je obilježeno panikom i dezorijentacijom, što može otežati pravovremenu reakciju. Stoga je važno razumjeti psihološke aspekte ovih reakcija za bolje planiranje evakuacije i obuke. Uz to, tehnološki napredak, uključujući razvoj novih protupožarnih materijala i naprednih sustava za detekciju požara, presudan je za unaprjeđenje požarne sigurnosti i smanjenje rizika. Ovaj rad istražiti će ključne aspekte požarne sigurnosti s naglaskom na prevenciju, tehnologiju i ljudski faktor kako bi se osigurala sigurnija okruženja u budućnosti.

**Ključne riječi:** požarna sigurnost, uzroci požara, prevencija požara, reakcija na požar, tehnološke inovacije, protupožarni sustavi, evakuacija, upravljanje rizicima, građevinski objekti

## HUMAN FACTORS AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF FIRE SAFETY

### Abstract:

Fires represent one of the greatest safety challenges for construction sites and industrial facilities, with potentially catastrophic consequences. Understanding the causes of fires, such as electrical faults, poor maintenance of installations, chemical reactions, or human negligence, is crucial for developing preventive strategies and technologies that allow for their prevention and swift intervention. Human behavior in crisis situations, such as fires, is often marked by panic and disorientation, which can hinder timely responses. Therefore, understanding the psychological aspects of these reactions is important for better evacuation planning and training. Additionally, technological advancements, including the development of new fire-resistant materials and advanced fire detection systems, are crucial for enhancing fire safety and reducing risks. This paper will explore key aspects of fire safety with a focus on prevention, technology, and human factors to ensure safer environments in the future.

**Keywords:** fire safety, causes of fire, fire prevention, fire response, technological innovations, fire protection systems, evacuation, risk management, construction sites

Popis slika:

Slika 1. Požar [2].....	2
Slika 2. Požar zgrade [7].....	9
Slika 3. Tradicionalni detektor dima [15].....	13
Slika 4. Primjer plana evakuacije i sigurnosnih znakova [21].....	19
Slika 5. Vježba evakuacije, spašavanja te pokazna vježba za djelatnike [26].....	21
Slika 6. Aparati za gašenje požara [41].....	31



## Sadržaj

1.	UVOD .....	1
1.1.	Definicija i osnovni uzroci požara .....	2
1.2.	Obilježja ponašanja ljudi u slučaju požara .....	8
1.3.	Tehnološki aspekti sigurnosti kod požara .....	12
2.	SIGURNOST U SLUČAJU POŽARA .....	15
2.1.	Evakuacija .....	15
2.1.1.	Faza prije kretanja .....	15
2.1.2.	Faza kretanja .....	17
2.2.	Upravljanje rizicima u požaru .....	22
2.2.1.	Kontrola zapaljivih materijala .....	23
2.2.2.	Smanjenje potencijala za paljenje .....	23
2.2.3.	Brzo prepoznavanje i obavještanje o prisutnosti požara ili dima .....	24
2.2.4.	Učinkovita hitna opskrba i postupci .....	24
2.2.5.	Kontrola požara .....	25
2.2.6.	Upravljanje rizikom od požara .....	26
2.2.7.	Informiranje, obuka i edukacija.....	27
2.3.	Unaprjeđivanje materijala za bolju požarnu sigurnost .....	28
3.	ZAKLJUČAK .....	34
4.	LITERATURA .....	35
	Životopis.....	38

## 1. UVOD

Požar je jedan od najvećih sigurnosnih izazova s kojima se suočavaju građevinski objekti i industrijska postrojenja diljem svijeta. Njegove posljedice mogu biti katastrofalne pa je razumijevanje uzroka požara, ponašanja ljudi u kriznim situacijama te primjene tehnoloških inovacija ključno za unaprjeđivanje požarne sigurnosti i smanjenje rizika. Uzroci požara mogu proizaći iz električnih kvarova, loše održanih električnih instalacija, kemijskih reakcija, ljudske nepažnje ili namjernih radnji. Svaki od ovih čimbenika može biti pokretač požara koji, ovisno o okolnostima, može prouzročiti ozbiljne posljedice. Razumijevanje i analiza ovih uzroka ključni su za razvoj preventivnih strategija i tehnologija usmjerenih na sprječavanje požara prije nego što izbiju, kao i za brze i učinkovite intervencije kada do požara dođe.

Ponašanje ljudi u situacijama požara predstavlja jedan od najvažnijih aspekata požarne sigurnosti. Krizne situacije poput požara često su praćene povećanom panikom i dezorijentacijom što može značajno otežati pravilno reagiranje i donošenje odluka. Stoga je razumijevanje psiholoških aspekata reakcije na požar ključno za razvoj programa evakuacije i obuke koji mogu poboljšati sigurnost i smanjiti rizik od ozljeda i smrti.

Tehnološki napredak igra presudnu ulogu u unaprjeđivanju požarne sigurnosti. Razvoj novih materijala otpornih na požar, kao i naprednih sustava za detekciju požara, omogućava brže otkrivanje, suzbijanje i sprječavanje širenja požara. Integritet građevinskih materijala, učinkovitost protupožarnih sustava te brzina i efikasnost evakuacije postaju ključni u spašavanju života i minimiziranju materijalnih gubitaka. Uz to, primjena umjetne inteligencije i automatizacije u sustavima za otkrivanje i gašenje požara može značajno unaprijediti sposobnost brzog reagiranja na prve znakove požara. Pametni sustavi za detekciju požara, koji koriste senzore i analitiku podataka, mogu prepoznati opasnosti prije nego što se požar rasplamsa te automatski aktivirati odgovarajuće protupožarne mjere.

Kroz ovaj rad detaljno će se istražiti različiti aspekti sigurnosti u slučaju požara, naglašavajući važnost holističkog pristupa za minimiziranje rizika i osiguranje sigurnosti u različitim okruženjima. Analizirat će se tehnološke inovacije, psihološki aspekti reakcije na požar te strategije upravljanja rizicima kako bi se razvile smjernice za sigurnije okoline u budućnosti.

## 1.1. Definicija i osnovni uzroci požara

Požar je proces samostalnog gorenja koji se pokreće namjerno kako bi se proizvelo korisne učinke, kontrolirano u vremenu i prostoru (Slika 1.). Gorenje je izloženost procesu izgaranja gdje se tvar rasplamsava uz oslobađanje topline, često uz plamen i/ili žar i/ili dim. Gorenje je fizičko-kemijski proces koji se sastoji od tri važna elementa: kemijske promjene tvari, oslobađanja topline i oslobađanja svjetlosti. Kako bi vatra nastavila gorjeti, potrebno je gorivo, zrak (kisik u udjelu od 15 do 17%) i temperatura paljenja. Tvari se razlikuju prema svojim svojstvima poput izgleda, boje, topljivosti, okusa, prozirnosti i tvrdoće. S vatrogasnog stajališta, tvari se dijele na gorive (koje mogu gorjeti pod određenim uvjetima) i negorive (koje se neće zapaliti u normalnim uvjetima) [1].



Slika 1. Požar [2]

Požar je svako nekontrolirano gorenje, čak i najmanjih razmjera, koje uzrokuje materijalnu štetu ili predstavlja opasnost za živote ljudi, životinja ili materijalnih dobara. Bitna karakteristika svakog požara je sagorijevanje gorivog materijala. U uvjetima požara, gorenje može brzo eskalirati po količini, intenzitetu i posljedicama, prelazeći granice običnog gorenja i postajući vatrena stihija koja uništava sve pred sobom. Takav požar često je izuzetno teško ili čak

nemoguće potpuno zaustaviti. Pored same vatre, kod požara se mogu pojaviti i druge opasne pojave koje također imaju ozbiljne posljedice. To uključuje eksplozije, rušenja, oslobađanje otrovnih plinova, izlaganje radioaktivnom zračenju te kontaminaciju okoline radioaktivnim tvarima u području pogođenom požarom. Sve ove pojave doprinose kompleksnosti i opasnosti koju požar može donijeti, zahtijevajući brzu i koordiniranu reakciju u borbi protiv požara i njegovih posljedica [3].

Poznavanje požarnih opasnosti, rizika i uzroka požara olakšava procjenu požarne opasnosti i omogućuje učinkovitu provedbu mjera zaštite od požara. Kada je riječ o požaru, prevencija nastanka požara uvijek treba biti primarni cilj. Ovo posebno vrijedi za poduzeća i druge organizacije jer požari mogu prouzročiti velike financijske troškove i dovesti u rizik ljudske živote. Poznavanje opasnosti od požara, rizika i uzroka požara olakšava procjenu požarne opasnosti i omogućuje učinkovitu provedbu mjera zaštite. Uobičajeni uzroci požara su organizacijama su:

- I. Električne instalacije i neispravna oprema. Bez obzira na industriju, električni požari vrlo su česti. Neispravno i oštećeno ožičenje može uzrokovati iskre i zapaliti obližnje zapaljive materijale. Preopterećeni strujni krugovi i neispravna električna oprema također mogu iskriti i stvoriti temperature koje mogu izazvati požare. Električni požari vrlo su česti i teško ih je ugасiti, a mogu se spriječiti ako se pridržava sljedećih smjernica:
  - Potrebno je redovito provjeravati sve električne sustave: žice, utičnice i prekidače kako bi se utvrdilo da nisu oštećeni.
  - Uvijek izbjegavati preopterećenje električnih krugova i koristiti zaštitu od prenapona ako se koristi visokonaponska električna oprema.
  - U poduzećima i drugim organizacijama treba obučiti zaposlenike kako prepoznati probleme s električnim instalacijama.
  - Treba provjeriti nalazi li se aparat za gašenje požara klase C na lako dostupnim mjestima u blizini električnih instalacija i električne opreme.
- II. Pušenje u nesigurnim područjima. Nepažnja pri pušenju jedan je od vodećih uzroka požara u stambenim i industrijskim objektima. Tinjajući opušci cigareta koji nisu pravilno odloženi i pušenje preblizu zapaljivih materijala može izazvati požar. Kako bi se spriječili požari uzrokovani pušenjem treba se pridržavati sljedećih smjernica:

- Osigurati da je pušenje dopušteno samo u određenim područjima na sigurnoj udaljenosti od zgrade.
- Provoditi politiku zabrane pušenja u određenim područjima uz stroge kazne. U organizacijama treba osigurati i da su svi zaposlenici educirani o mogućim opasnostima za vlastitu sigurnost ako puše u zabranjenim područjima.
- Koristiti učinkovite kutije za odlaganje opušaka cigareta na za to predviđenim mjestima jer to sprječava da vjetar neugašene opuške otpuhne prema zapaljivom materijalu.

III. Nepravilno skladištenje zapaljivih materijala. Iako opasnosti povezane sa skladištenjem zapaljivih materijala mogu varirati od industrije do industrije, od ključne je važnosti da svaka organizacija nauči kako skladištiti zapaljive tvari. Ne samo da ih treba držati na sigurnoj udaljenosti od otvorenog plamena i iskri, već ih također treba pohraniti dalje od sustava grijanja, električnih sustava i bilo koje opreme koja stvara toplinu kada se koristi. Požari prouzročeni s nesigurnim skladištenjem zapaljivih materijala mogu se spriječiti ako se pridržava sljedećih smjernica:

- Treba provjeriti jesu li svi materijali uvijek pohranjeni na određenim mjestima. To uključuje osiguravanje da su u organizacijama svi zaposlenici obučeni za sigurno odlaganje zapaljivih materijala kada se ne koristi.
- Treba osigurati da oprema za grijanje bude udaljena od svega zapaljivog. To uključuje privremen grijače prostora, jedinice peći i sve ostalo dizajnirano za stvaranje topline.

IV. Kuhinjski požari. Iako su kuhinjski požari ozbiljan rizik u restoranima, hotelima i drugim industrijama povezanim s pripremom hrane, i mnoge druge organizacije suočavaju se s rizicima od požara uzrokovanih kuhinjskom opremom. Čak i mala kuhinja za zaposlenike može biti izvor razornog i široko rasprostranjenog požara jer i već nestručno rukovanje mikrovalnom pećnicom može izazvati požar. Kuhinjski požari mogu se spriječiti ako se prate sljedeće smjernice:

- Svi kuhinjski prostori moraju imati dobro održavane detektore dima, aparate za gašenje požara pa čak i sustave za prskanje požara.
- Sva oprema za kuhanje, ventilatori, kuhinjske nape i ostali ispušni sustavi moraju se redovito čistiti i održavati.

- Svi zaposlenici moraju biti obučeni o sigurnoj praksi kuhanja i skladištenja zapaljivih materijala, poput ulja za kuhanje.
- V. Nepravilno rukovanje i odlaganje zapaljivih materijala. Zapaljivi materijali moraju se skladištiti na sigurnom mjestu, daleko od bilo kakvog izvora topline, a osim toga njima se mora i pravilno rukovati i sigurno ih zbrinuti. To posebno vrijedi za zapaljive kemikalije koje mogu proizvesti pare koje mogu izazvati požar. Požari povezani s nepravilnim rukovanjem i odlaganjem zapaljivih tvari mogu se spriječiti ako se prate sljedeće smjernice:
- Treba se pridržavati strogih sigurnosnih mjera opreza za rukovanje i odlaganje zapaljivih materijala.
  - Treba uvijek osigurati funkcionalnu ventilaciju u područjima gdje se skladište i koriste kemikalije.
  - Treba uvijek osigurati funkcionalnu ventilaciju u područjima gdje se kemikalije skladište i koriste.
  - Treba obučiti sve zaposlenike o tome kako se rukuje i kako se odlažu zapaljive tvari [4].

Prema istom izvoru (Shutgun, 2023.), opće preporuke za sprječavanje požara uključuju osiguranje da se detektori dima i alarmi za dojavu požara pravilno održavaju. Isto je potrebno učiniti i s opremom za suzbijanje požara, poput sustava za prskanje požara i aparata za gašenje požara. Također, potrebno je provoditi redovite kontrole i inspekcije zaštite od požara. Razvijanje plana odgovora na hitne slučajeve i redovite protupožarne vježbe također mogu pomoći u zaštiti zaposlenika ako dođe do požara na radnom mjestu. Isto tako, neophodno je pridržavati se svih relevantnih protupožarnih kodeksa i propisa vezanu za industriju u kojoj organizacija posluje i zemljopisni položaj. Ovi kodeksi i propisi imaju izuzetnu važnost u zaštiti života i dobrobiti zaposlenika, kupaca i drugih pojedinaca koji se nađu u organizaciji. Osim toga, osiguravaju i da imovina i sredstva organizacije ostanu neoštećeni tako da se poslovanje može nastaviti bez prekida [4].

S druge strane, najčešći uzroci kućnih požara su:

- I. Oprema za kuhanje. Kada se lonac ili tava pregriju ili prskaju masnoćom, može proći nekoliko sekundi do izazivanja požara. Zato treba ostati u kuhinji tijekom kuhanja, osobito ako se koristi ulje ili visoke temperature budući da većina kuhinjskih požara

nastaje jer ljudi stave kuhinju bez nadzora. Isto tako, zapaljive tvari poput rukavica za pećnicu, ručnika za posuđe i papirnatih ručnika, treba držati dalje od izvora topline. Preporuka je da se u blizini uvijek nalazi protupožarna deka ili odgovarajući aparat za gašenje požara koji se koristi u slučaju nastanka požara.

- II. Oprema za grijanje. Kako bi se spriječio nastanak požara uzrokovan grijaćim tijelima, potrebno ih je redovito pregledavati, a dimnjak čistiti jednom godišnje. Prijenosne grijalice treba držati najmanje jedan metar od svega što može gorjeti (uključujući zavjese, namještaj i ljude) te ih ne koristiti za sušenje odjeće ili obuće. Alarmi za ugljični monoksid trebali bi se koristiti za upozorenje na smrtonosni plin ugljični monoksid.
- III. Nemarno pušenje. Kad god je to moguće, u domu treba zabraniti pušenje, osobito u spavaćim sobama. Treba voditi računa o nadzoru pušača kada su umorni ili pod utjecajem alkohola ili lijekova kako ne bi zaboravili ugasiti cigaretu. Treba koristiti velike, duboke pepeljare te nikada ne stavljati pepeljaru na ili blizu nečega što može gorjeti te provjeriti ima li u namještaju zaostalih opušaka ili žeravice. Opuške ne treba bacati na pod i treba uvijek koristiti nezapaljivu posudu kao pepeljaru. Kada se opušci i pepeo bacaju u kantu za otpatke, treba osigurati da su opušci potpuno ugašeni budući da opušak može tinjati satima prije nego izazove plamen ako je bačen u zapaljivi otpad.
- IV. Električna oprema. Važno je provjeriti da električni uređaji nemaju labave ili pohabane kabele i utičnice. Isto tako, utičnice ne smiju biti preopterećene utikačima, a ne smiju se ni provlačiti električne žice ispod tepiha ili teškog namještaja. Preporuka je i da se pretjerano ne koriste produžni kabel ili adapter.
- V. Svijeće je potrebno držati u čvrstom držaču na ravnoj površini, dalje od zapaljivih materijala i izvan dohvata djece i kućnih ljubimaca te ih je potrebno ugasiti prije izlaska iz prostorije u kojoj gore.
- VI. Djeca koja se igraju vatrom. Djeca izazivaju požare iz znatiželje (što se događa kada nešto izgori) ili nestašluka (ljuti su, uzrujani ili destruktivni, a vatra je veliki tabu koji treba kršiti). Djeca se mogu igrati vatrom ako nađu šibice ili upaljače pa treba provjeriti da ovih predmeta nema u njihovoj sobi ili posjedu, kao i provjeriti osjeti li se miris gorenja u njihovoj sobi te provjeriti da igračke ili drugi osobni predmeti ne izgledaju rastopljeno ili izgoreno.

VII. Neadekvatno ožičenje. Starije kuće i stanovi mogu imati neadekvatno ožičenje što predstavlja opasnost od požara i strujnog udara. Neki od znakova upozorenja na neadekvatno ožičenje su: treba isključiti jedan uređaj da bi se uključio drugi; treba često koristiti produžne kabele; osigurači pregore ili se prekidači često aktiviraju; svjetla se gase ako se koriste dva uređaja istovremeno. U slučaju neadekvatnog ožičenja, potrebo je potražiti savjet ovlaštenog električara.

VIII. Zapaljive tekućine. Pare zapaljivih tekućina (goriva, otapala, sredstava za čišćenje, razrjeđivača, ljepila, boja i drugih sirovina) mogu se zapaliti ili eksplodirati ako se koriste ili skladište na nepravilan način. Pare se mogu lako zapaliti čak i od visokih temperatura ili slabih izvora paljenja (jedna iskra statičkog elektriciteta). Budući da su pare teže od zraka, mogu prijeći određenu udaljenost do izvora paljenja i zatim bljesnuti natrag. Stoga ne treba skladištiti zapaljive tekućine blizu izvora grijanja već izvan kuće u hladnom ventiliranom prostoru, u odobrenim spremnicima za zapaljive tekućine.

IX. Božićna drvca / ukrasi. Drvce treba držati u postolju u kojemu će stati 2-3 litre vode i svakodnevno dolijevati vodu. Drvce treba držati i dalje od svih izvora topline, uključujući radijatore, peći, televizore i kamine. Treba provjeriti ukrasna svjetla prije nego ih se postavi na drvce i baciti sve pohabane ili oštećene ukrase ili kabele. Nikada ne treba stavljati svijeće na ili blizu božićnog drvca.

X. Roštilj. Kao dio redovitog održavanja, treba iznutra i izvana očistiti uklonjive dijelove sapunicom. Treba poprskati spojeve plinske boce vodom sa sapunom kako bi se provjerilo potencijalno curenje. Roštilj treba koristiti daleko od svog doma, ograda na palubi, stolnjaka i grana drveća te ga koristiti na otvorenom, nikako u zatvorenom prostoru (uključujući garaže).

XI. Baterije mogu izazvati požar. Litij-ionske baterije koje se koriste u telefonima, tabletima i prijenosnim računalima imaju visoku gustoću energije. Elektronički sklopovi u punjačima u teoriji bi trebali spriječiti prekomjerno punjenje. Međutim, elektronika može otkazati, a baterije se mogu pregrijati i zapaliti. Stoga treba isključiti ove uređaje iz struje kada su bez nadzora. Prijenosna računala ne treba ostavljati na zapaljivoj površini, poput kauča, preko noći. AA ili slične baterije mogu potencijalno izazvati požar ako ostanu u džepovima odjeće zajedno s ključevima ili drugim metalnim predmetima koji mogu prouzročiti kratki spoj. Isto vrijedi i za odlaganje u ladicama ili kutijama kada mogu nenamjerno doći u kontakt s vodljivim predmetima. Zato ih treba čuvati jedne pored drugih, najbolje u plastičnoj posudi, kako bi se smanjila mogućnost da se to dogodi.



XII. Daljinski upravljači mogu izazvati požar ako se pregriju ili se zapale zato što su tipke bile stalno pritisnute kada je daljinski upravljač okrenut prema jastuku.

XIII. Neuklonjene dlačice iz sušilice rublja mogu izazvati požar jer dlačice blokiraju filtere, a na kraju čak i izlazno crijevo. To može prouzročiti pregrijavanje sušilice jer je onemogućeno cirkuliranje zraka kroz sušilicu pa se može zapaliti. Zato ovakve uređaje velike snage ne treba dulje vrijeme ostavljati bez nadzora.

XIV. Aerosol limenke mogu eksplodirati i izazvati požar ako ih se ostavlja na prozorskim daskama ili suncu.

XV. Palež. Podmetanje požara najznačajniji je uzrok požara i čini velik dio ukupne štete od požara. Rizik za domove trebao bi se smanjiti uskraćivanjem piromanima lakog pristupa zgradi i materijalima koji se mogu koristiti za potpirivanje požara (kante za otpatke, spremnici za otpatke i svi zapaljivi predmeti poput kauča i madraca koji se moraju pohraniti trebaju biti smješteni što dalje od domova). Kante za otpatke moraju biti zatvorene i zaključane. Tamo gdje su stari namještaj i slični materijali odbačeni blizu domova, stanovnici bi se trebali obratiti lokalnoj vlasti da se ti predmeti uklone što je prije moguće.

XVI. Suvremene metode gradnje. Moderne kuće i stambeni blokovi sve se više grade od zapaljivih građevinskih materijala, uključujući drvene okvire, izolaciju od polistirena i sustave obloga od polistirena i drveta. Stanari bi trebali biti svjesni bilo koje vrste zapaljivog materijala prisutnog u strukturi njihovog doma i biti educirani o potencijalnom uzroku požara koji može varirati od jednostavnih poboljšanja "uradi sam" do dimljenja i roštiljanja itd. [5].

Prema navedenom, požar se određuje kao nekontrolirani proces izgaranja gorivih materijala u prisutnosti kisika i topline, a može prouzročiti ozbiljne posljedice po živote ljudi, imovinu i okoliš. Razumijevanje osnovnih uzroka požara vrlo je važno za razvoj preventivnih mjera i strategija koje mogu smanjiti rizik od izbijanja požara. Električni kvarovi, ljudska nepažnja, kemijske reakcije i prirodni uzroci neki su od čimbenika koji mogu izazvati požar. Svakom od tih uzroka treba pristupiti na specifičan način i donijeti odgovarajuće preventivne mjere kako bi se smanjio potencijal za izbijanje požara i moguće štete se svele na najmanju moguću mjeru [5].

## **1.2. Obilježja ponašanja ljudi u slučaju požara**

Požari uzrokuju smrtonosne i teške ozljede stanara u zgradama te nanose izravnu materijalnu štetu na zgradama, uredima i kućanstvima (Slika 2.). Neki požari uzrokuju neizravne

posljedične gubitke kao što su gubitak proizvodnje, nezaposlenost i smanjenje izvoza, iako na nacionalnoj razini ti gubici ne doprinose značajno ukupnom gubitku od požara [6].



Slika 2. Požar zgrade [7]

Ponašanje ljudi u požaru podrazumijeva svijest ljudi, uvjerenja, stavove, motivacije, odluke, ponašanja i strategije suočavanja s izloženošću vatri i drugim sličnim hitnim slučajevima u zgradama, na otvorenom i u prijevoznim sustavima. Ljudski odgovor na požare često se kategorizira u dva razdoblja: razdoblje prije evakuacije i razdoblje evakuacije. Razdoblje prije evakuacije procjenjuje vrijeme od početka požara do trenutka kada pojedinac ili grupa započinju svrsishodno evakuacijsko kretanje do sigurnog mjesta. Vremensko razdoblje u kojem se odvija namjerno kretanje na sigurno smatra se razdobljem evakuacije ili kretanja [8].

Pojam panike često se koristi za objašnjenje višestrukih smrtnih slučajeva u požarima. Prema većini definicija, panika je bijeg ili vrsta bihevioralne reakcije koja uključuje ekstravagantne i nerazborite napore. Panika nije nužno ograničena na jednog pojedinca, a može je oponašati i usvojiti skupina osoba te je tada riječ o masovnoj panici ili kolektivnom bijegu. Panika se karakterizira ne samo kao ponašanje u povlačenju ili bijegu, već i kao ponašanje koje uključuje nedostatak obzira prema drugima [8].

Ramachandran je u svom pregledu istraživanja o ljudskom ponašanju u požarima u Ujedinjenom Kraljevstvu zaključio kako se u stresu izazvanom požarom ljudi često ponašaju neprikladno, ali rijetko paničare ili se ponašaju neracionalno. Takvo je ponašanje u velikoj mjeri uzrokovano činjenicom da su ljudima inicijalno dostupne informacije o mogućem postojanju požara te njegovoj veličini i mjestu često dvosmislene ili neadekvatne. U stvarnosti, i u potpunoj suprotnosti s paničnim ponašanjem, prva pretpostavka ljudi u mnogim katastrofama, bez obzira na intenzitet percipiranih informacija, je da se ništa neuobičajeno ne događa pa stoga nije potrebna nikakva reakcija. Ovaj fenomen poznat je kao pristranost normalnosti [9,10].

Isto tako, mnoge društvene norme i društvene uloge evidentne prije katastrofe prenose se u novu situaciju. Stoga će se ljudi vjerojatno uključiti u prosocijalna ponašanja, uključujući pomaganje drugima, a ne natjecanje s drugima, kao što bi činili u situacijama koje nisu katastrofe. Inženjeri i drugi stručnjaci uključeni u izradu politika i planova za slučaj požara također bi trebali biti svjesni ove vrste prosocijalnog ponašanja budući da takvo ponašanje može dovesti do kašnjenja u procesu evakuacije, između ostalog. Odgode povezane s altruističkim ponašanjem, kao što je pomaganje, treba uzeti u obzir u zaštiti od požara i projektiranju postupaka za u slučaju hitnih požara [8].

Iako se na prvi pogled može činiti irelevantnim za slučaj požara, šok katastrofe javlja se kao odgovor na prirodne ili tehnološke katastrofe. U požaru zgrade, vatra se zapali i nastavlja rasti, a stanari zgrade ili zaposlenici poduzeća, kada je riječ o poslovnoj zgradi, upozoreni su na opasnost i potrebu evakuacije već kada je događaj započeo. Stoga je moguće pretpostaviti da će u slučaju požara u zgradi pojedinci doživjeti šok kao odgovor na vatru te se tako učiniti nesposobnim za vlastitu evakuaciju [8].

Melick je nakon analize istraživanja o katastrofama provedenih između 1943. i 1983. godine vezano za šok katastrofe došao do tri zaključka: (1) šok katastrofe javlja se češće u iznenadnim događajima katastrofe koji su popraćeni slabim upozorenjem i opsežnim fizičkim i društvenim uništenjem; (2) šok katastrofe pogađa relativno mali udio stanovništva u bilo kojem događaju i (3) šok katastrofe obično se javlja unutar neposrednog razdoblja nakon katastrofe i traje nekoliko sati ili dana. Drugi istraživači pokazali su kako se kod požara šok katastrofe javlja rijetko i kako je stanje obično kratkotrajno. Ovi rezultati ukazuju na to kako će žrtve požara umjesto da čekaju pomoć, pokazati znatnu osobnu inicijativu obavljajući aktivnosti potrage i spašavanja, zbrinjavanje ozlijeđenih i ponovno uspostavljanje osnovnih usluga čak i prije nego hitne službe stignu na mjesto događaja. Ipak, inženjeri i drugi stručnjaci za sigurnost trebaju

razumjeti kako će ljudi reagirati u hitnim slučajevima i proaktivno se angažirati za njihovu, ali svoju sigurnost tako što će osigurati dostatne i učinkovite evakuacijske rute i strategije kako bi osigurali sigurnost za sve ljude koji se zateknu u požaru [8,11,12].

Treće obilježje ponašanja je pretpostavka da grupa ima vlastiti „um“ kada donosi odluke u slučaju katastrofe. Drugi način razmišljanja o grupnom umu pretpostavka je da, kada se dogodi katastrofa, pojedinci postaju dio grupe i grupa kao cjelina djeluje kao odgovor na katastrofu što se može okarakterizirati kao ponašanje gomile ili ponašanje krda. Ono što je vjerojatnije, a što je viđeno u stvarnim događajima katastrofe, jest da se grupe sastoje od niza različitih pojedinaca. Tijekom katastrofa vjerojatnije je da će se grupe uključiti u ono što se naziva „podjelom rada“ u smislu da određeni pojedinci preuzimaju određene uloge na temelju svojih iskustava i/ili odnosa s drugima u grupi, koje se međusobno nadopunjuju i omogućuju grupi funkcionirati. Stoga je važno razumjeti podjelu rada unutar grupa i karakteristike, iskustvo, donošenje odluka i ponašanje pojedinaca unutar grupe kako bi se doista razumjelo ponašanje ljudi u požaru. Jednako je važno identificirati stavove grupe prema objektu ili problemu kao što je vatra i stavovima grupe prema drugima u zgradi kako bi se došlo do pravog razumijevanja ljudskog odgovora u hitnim slučajevima [8,13].

Ljudi svakodnevno žive normalnim životom, odlaze na posao, gledaju filmove u lokalnom kinu i kupuju sve svoje potrepštine u trgovačkom centru ili trgovini. Kad se dogodi hitan slučaj, te se aktivnosti mogu odjednom učiniti nevažnima. Kada se oglasi alarm ili dim ulazi u prostoriju u kojoj se nalaze, ljudi se suočavaju s potencijalno novom i jedinstvenom situacijom u kojoj prethodne radnje možda više nisu primjenjive. U ovim novim uvjetima, pojedinci su dužni uložiti zajedničke napore kako bi stvorili značenje iz novih i nepoznatih situacija, često pod vremenskim pritiskom. Iz tog značenja mora se stvoriti niz radnji, različitih od onih koje su postale rutina. Teorija nastalih normi (ENT) objašnjava proces stvaranja značenja u uvjetima neizvjesnosti, navodeći da u situacijama kada se dogodi događaj koji stvara normativnu krizu, kao što je požar u zgradi, pojedinci komuniciraju kolektivno kako bi stvorili novi situacijski specifičan skup normi za usmjeravanje njihovog budućeg ponašanja. Drugim riječima, pojedinci moraju raditi zajedno kako bi redefinirali situaciju i predložili novi skup akcija [13].

U slučaju požara važno je uspostaviti komunikacijski proces u kojem se pojedinci okupljaju u pokušaju definiranja situacije, predlaganja i usvajanja novih odgovarajućih normi ponašanja i traženja koordinirane akcije kako bi pronašli rješenje zajedničkog problema. Grupa se uključuje u fizičku i verbalnu komunikaciju kako bi postavila sljedeća tri pitanja: (1) što se dogodilo? (2)

što trebamo učiniti? i (3) tko bi trebao djelovati prvi? Vođe se pojavljuju kao ključni govornici ili oni koji iznose sugerirana tumačenja događaja ili prijedloge o tome što učiniti sljedeće. Rezultati ovakvog komunikacijskog su da pojedinci postaju osjetljivi jedni na druge, da se razvija zajedničko raspoloženje i da se odlučuje o kolektivnoj definiciji situacije koja minimizira početnu dvosmislenost. Sve u svemu, u susretu s novim i neizvjesnim situacijama, komunikacija i proces postavljanja ključnih riječi omogućuju grupi prepoznavanje situacije i predlaganje koraka za alternativne sheme društvenog djelovanja [12].

Isto tako, nova situacija i koraci koje grupa poduzima ne nastaju u društvenom vakuumu budući da pojedinci unutar grupe sa sobom donose određene aspekte "normalne" ili situacije koja nije izvanredna, a koji utječu na odluke koje se donose u novoj situaciji. Prvo, pojedinci donose svoju društvenu zalihu znanja u situaciju. Društvena zalih znanja sastoji se od internog skupa znanja pojedinca o katastrofi, iskustava iz prethodnih katastrofa ili evakuacija zgrada, te odnosa pojedinca i uloga unutar zgrade, posebno onih povezanih s požarima u zgradama i drugim vrste katastrofa. Drugo, pojedinci donose konvencionalne norme, tj. prijašnje načine djelovanja koji će vjerojatno utjecati na novo razvijene sljedeće korake za djelovanje tijekom trenutne situacije katastrofe [12].

Razumijevanje obilježja ponašanja ljudi u slučaju požara daje uvid u složenost ljudskih reakcija i potrebu za njihovim temeljitim razumijevanjem kako bi se osigurala učinkovita evakuacija i smanjili potencijalni gubici. Ljudsko ponašanje u situaciji požara često prati panika i dezorijentacija pa je od ključne važnosti razumjeti ove reakcije za razvoj učinkovitih strategija i obuke ljude koji mogu poboljšati njihovu svijest o požaru i pripremiti ih na pravilno djelovanje u kriznoj situaciji nastanka požara [9-13].

### **1.3. Tehnološki aspekti sigurnosti kod požara**

Tehnološki napredak uvelike mijenja način na koji se sprječava, otkriva i reagira na požare, unoseći revoluciju u sigurnosne mjere. Od naprednih sustava za detekciju požara do pametne opreme za gašenje, tehnologija značajno poboljšava zaštitu života i imovine, osnažujući vatrogasce, upravitelje zgrada i pojedince da donose informirane odluke i brzo reagiraju u slučaju požara [14].

Tradicionalni detektori dima nekada su bili glavno sredstvo za otkrivanje požara u domovima i uredima (Slika 3.). Međutim, razvoj sofisticiranijih sustava za detekciju požara koji koriste napredne senzore i inteligentne algoritme, omogućuje otkrivanje požara u najranijim fazama,

često prije nego što dim ili plamen postanu vidljivi. Neki moderni sustavi čak koriste umjetnu inteligenciju (AI) za analizu obrazaca i prepoznavanje potencijalnih opasnosti [14].



Slika 3. Tradicionalni detektor dima [15]

Internet je omogućio povezivanje uređaja za sigurnost od požara, omogućujući im međusobnu komunikaciju i dijeljenje informacija u stvarnom vremenu. Na primjer, detektori dima mogu slati upozorenja na pametne telefone omogućujući vlasnicima kuća i upraviteljima objekata da odmah budu obaviješteni o potencijalnim opasnostima, čak i kada nisu prisutni. Ova povezanost poboljšava svijest o situaciji i omogućuje brzu reakciju u hitnim situacijama [14].

Vatrogasci sve više koriste pametnu opremu kako bi poboljšali svoju učinkovitost i sigurnost. Nosivi uređaji sa sensorima mogu pratiti vitalne znakove vatrogasaca, upozoravajući ih na rizike poput povišenih otkucaja srca ili izloženosti štetnim plinovima. Dronovi s termalnim kamerama mogu brzo procijeniti mjesta požara, identificirati vruće točke i pomoći u planiranju strategija gašenja [14].

Tehnologije virtualne (VR) i proširene stvarnosti (AR) donose inovacije u obuku za sigurnost od požara. Vatrogasci sada mogu iskusiti realistične scenarije požara u kontroliranom virtualnom okruženju što im omogućuje vježbanje vještina bez izlaganja fizičkim rizicima. Ove simulacije nude siguran i ekonomičan način obuke, poboljšavajući svijest o situaciji, sposobnost donošenja odluka i timske vještine [14].

Napredne tehnike analize podataka pružaju vrijedne uvide u mogućnosti prevencije i sprječavanja nastanka požara. Analizom podataka generiranih različitim sustavima za sigurnost od požara moguće je prepoznati obrasce, identificirati potencijalne opasnosti i predvidjeti

rizike. Ovi uvidi omogućuju upraviteljima zgrada i stručnjacima za sigurnost poduzimanje proaktivnih mjera za smanjenje rizika kao što su poboljšanje materijala otpornog na požar, optimizacija izlaznih puteva i poboljšanje sigurnosnih protokola [14].

Tehnologija također omogućuje daljinsko praćenje i upravljanje sustavima sigurnosti od požara. Upravitelji zgrada i stručnjaci za sigurnost mogu pristupiti podacima o statusu sustava za gašenje požara i detektora dima u stvarnom vremenu, omogućujući brzo rješavanje problema, pravovremeno održavanje i učinkovito upravljanje infrastrukturom [14].

Kako tehnologija nastavlja napredovati, donosi novu eru sigurnosti i zaštite od požara. Od naprednih sustava za detekciju do pametne opreme za gašenje i analize podataka, tehnologija transformira način na koji se ljudi suočavaju s požarima. Prihvatanje ovih tehnoloških napredaka ne samo da poboljšava zaštitu života i imovine, već i omogućuje brze i informirane reakcije u hitnim situacijama, čineći okolinu ljudi sigurnijim mjestom [14].

Iz navedenog se može zaključiti kako tehnološki napredak ima ključnu ulogu u unaprjeđenju sigurnosti u slučaju požara budući da tehnološki razvoj omogućuje razvoj novih sustava i alata koji znatno poboljšavaju detekciju, reakciju i zaštitu ljudi i imovine u kriznim situacijama, uključujući i situaciju nastanka požara. Tako napredni senzori i sustavi za rano otkrivanje požara omogućuju brže i točnije prepoznavanje prvih znakova požara čime se smanjuje vrijeme potrebno za početak evakuacije i intervencije. Osim toga, IoT, VR i AR pružaju dodatne mogućnosti za analizu podatka prikupljenih iz različitih izvora što značajno pridonosi predviđanju potencijalnih opasnosti i optimizaciji odgovora na požare [14].

## **2. SIGURNOST U SLUČAJU POŽARA**

Sigurnost u slučaju požara predstavlja ključni aspekt zaštite života ljudi, imovine i okoliša u svim vrstama građevina budući da požar predstavlja ozbiljan izazov koji može prouzročiti velike štete i značajne posljedice. Evakuacija i upravljanje rizicima u uvjetima požara ključni su elementi sigurnosti u slučaju požara [16].

### **2.1. Evakuacija**

Modeli evakuacije u slučaju požara koriste se u inženjerstvu sigurnosti od požara (FSE) za istraživanje sigurnosnih uvjeta zgrade, područja ili infrastrukture. Njihova uporaba raste tijekom godina zbog stalnog porasta broja zemalja koje dopuštaju projektiranje temeljeno na izvedbi građevine i potrebe za projektiranjem građevina za brzu evakuaciju. Slično tome, modeli evakuacije mogu biti korisni alati za poboljšanje pripravnosti za hitne slučajeve i upravljanje velikim vanjskim požarima [16].

S obzirom na to da su modeli evakuacije pojednostavljena reprezentacija stvarnosti mogu se koristiti različiti pristupi za njihov razvoj. Prvi pristup temelji se na Galilejevoj znanstvenoj metodi u kojoj se prvo oblikuje teorija ili metoda modeliranja koja se odnosi na predstavljanje ljudskog ponašanja u požaru, a zatim se analizira, odnosno validira prema skupovima podataka o evakuaciji. Alternativni pristup je predviđanje ljudskog ponašanja pomoću empirijskih modela temeljenih na podacima. Ovi modeli ne zahtijevaju potpuno razumijevanje modeliranog sustava, već ciljaju korištenje postojećih skupova podataka za identifikaciju trendova ili ponašanja koja se mogu predvidjeti. Drugim riječima, kreatori modela oslanjaju se na odgovarajući izbor statističkog modela za interpretaciju danog skupa podataka o kretanju u evakuaciji i pružaju predviđanja u skladu s tim. Modeliraju se obje faze procesa evakuacije: faza prije kretanja i faza kretanja [16,17].

#### **2.1.1. Faza prije kretanja**

Prva faza u evakuacijskom procesu je faza prije kretanja, odnosno prije evakuacije ljudi s požarom zahvaćenog područja. U ovoj fazi, pristup modeliranju implicitno predstavlja čimbenike koji utječu na vrijeme prepoznavanja opasnosti od požara, kao i vrijeme potrebno za reakciju ljudi. U većini modela, ljudi ostaju na mjestu na kojem se nalaze dok ne dođe njihovo vrijeme za kretanje, odnosno evakuaciju [18].



Modeli evakuacije mogu pružiti i mogućnost eksplicitnog predstavljanja aktivnosti koje se mogu dogoditi tijekom ove faze. U tom slučaju, modelira se svaka akcija, njezino trajanje i njezina specifična svrha. Pri tome treba imati na umu kako je ključni problem u ovakvom modeliranju to što prikazano ponašanje ovisi o pretpostavkama, a ne o stvarnoj predikciji modela [19].

Alternativni pristup je korištenje prediktivnog pod modela faze prije kretanja koji eksplicitno uzima u obzir čimbenike koji utječu na odluku o evakuaciji. Mogući pristup modeliranju ovog tipa oslanja se na predstavljanje ključnih unutarnjih i vanjskih čimbenika koristeći teoriju slučajnih varijabli. Glavna prednost ovog pristupa je što ne treba unaprijed odrediti distribuciju jer model predstavlja čimbenike koji utječu na odluku o evakuaciji. Takav tip modela je zato više u skladu s postojećim teorijama ponašanja koje opisuju fazu prije kretanja i ostavlja manje prostora za nesigurnost zbog učinka korisnika [17].

Faza prije kretanja predstavlja kritični trenutak u procesu evakuacije tijekom požara. U ovoj fazi, pojedinci se suočavaju s nizom odluka i radnji koje određuju njihovu sigurnost i uspjeh evakuacije. Primjer ovakve situacije može se prikazati kroz nekoliko ključnih koraka: prepoznavanje opasnosti, procjenu situacije, prikupljanje potrebnih stvari, odlučivanje o ruti evakuacije, i na kraju, početak evakuacije [17-19].

U hipotetskom primjeru, prvi korak u fazi prije kretanja je prepoznavanje opasnosti. To uključuje identifikaciju znakova požara, kao što su dim ili zvuk alarma. Kada osoba prepozna ove znakove, dolazi do svijesti o potencijalnoj opasnosti koja prijeti njenoj sigurnosti. Na primjer, ako zaposleniku u uredu primijeti dim koji ulazi u sobu ispod vrata ili se čuje glasni požarni alarm. Ovaj trenutak prepoznavanja je ključan jer pokreće niz događaja koji slijedi [17-19].

Nakon prepoznavanja opasnosti, osoba prelazi na procjenu situacije. Ovaj korak uključuje brzu procjenu ozbiljnosti situacije i odlučivanje o potrebi za evakuacijom. Pojedinac procjenjuje razinu prijetnje i razmišlja o mogućim posljedicama ostanka na trenutnoj lokaciji. Tako zaposlenik koji vidi gust dim i osjeća miris gorenja shvaća da je požar ozbiljan i da se mora brzo evakuirati. U ovoj fazi, važno je donijeti brzu, ali promišljenu odluku kako bi se minimizirala opasnost [17-19].

Jednom kada je donesena odluka o evakuaciji, osoba može pokušati prikupiti nužne stvari prije nego što započne evakuaciju. To može uključivati važne dokumente, vrijedne predmete ili osobne stvari koje se nalaze u blizini. Tako zaposlenik može zgrabiti svoje prijenosno računalo, torbu s važnim papirima ili mobitel. Iako prikupljanje stvari može oduzeti vrijeme, često je to instinktivna reakcija jer ljudi žele sačuvati svoje vrijednosti i dokumente [18,19].

Sljedeći korak je odlučivanje o ruti evakuacije. Na temelju dostupnih informacija i trenutne situacije, osoba mora odabrati najpogodniju rutu za evakuaciju. Ova odluka može biti pod utjecajem različitih čimbenika, kao što su blizina izlaza, prisutnost dima ili drugih prepreka, te preporuke iz sigurnosnih procedura. Tako zaposlenik može odlučiti koristiti najbliži izlaz za nuždu, ali ako je put prema tom izlazu blokiran dimom, mora brzo odabrati alternativnu rutu [18,19].

Posljednji korak u fazi prije kretanja je početak evakuacije. Nakon donošenja odluke o ruti, osoba započinje kretanje prema izlazu, slijedeći odabranu rutu. U ovom trenutku, važno je ostati smiren i slijediti evakuacijske procedure kako bi se izbjegla panika i potencijalne ozljede. Zaposlenik brzo i pažljivo napušta ured, kreće se prema stepenicama ili izlazu za nuždu, pridržavajući se svih sigurnosnih smjernica [19].

Koraci iz prikazanog primjera prikazuju složenost i važnost faze prije kretanja u procesu evakuacije. Svaka odluka i radnja tijekom ove faze može značajno utjecati na ishod evakuacije i sigurnost pojedinca. Razumijevanje i pravilna priprema za ovu fazu mogu spasiti živote i smanjiti rizik od ozljeda tijekom požara [17-19].

### 2.1.2. Faza kretanja

Faza kretanja predstavljena je u modelima evakuacije na različitim razinama, uglavnom uzimajući u obzir taktičku, stratešku ili globalnu razinu (npr. izbor rute/izlaza) i lokalnu razinu (npr. predstavljanje lokalnog kretanja i izbjegavanja sudara s preprekama/drugim ljudima) [20].

Metode koje se koriste za predstavljanje izbora rute ili izlaza mogu se grupirati u četiri glavne kategorije:

- Najkraća ruta: putanja do najbližeg izlaza.
- Najbrža ruta: putanja do izlaza u najkraćem vremenu.

- Uvjetna ruta: putanja koja uzima u obzir trenutne uvjete, poput prisutnosti dima ili prepreka.
- Ruta definirana od strane ljudi koji se evakuiraju: putanja koju sami evakuirani ljudi odabiru na temelju vlastitih preferencija i znanja [20].

Većina modela evakuacije temelji se optimizaciji kako bi se dobila ruta koja nalikuje najkraćoj ili najbržoj ruti. Sofisticiraniji pristupi uključuju predstavljanje uvjeta koji mogu utjecati na odabranu rutu i dostupnost izlaza, npr. linije vidljivosti, prisutnost dima, društveni utjecaj itd. Modeli evakuacije općenito dopuštaju ljudima definiranje prilagođenih ruta ili određivanje specifičnih izlaza [20].

Procjenjivanje utjecaja različitih pretpostavki postaje teže s povećanjem složenosti zgrade. Na primjer, izbor ruta u višekatnoj zgradi uključuje i horizontalne i vertikalne komponente izlaza (npr. stepenice, dizala) što može dovesti do nekoliko kombinacija odabranih ruta ili izlaza. Složenost izbora rute može naknadno utjecati na plan evakuacije [20].

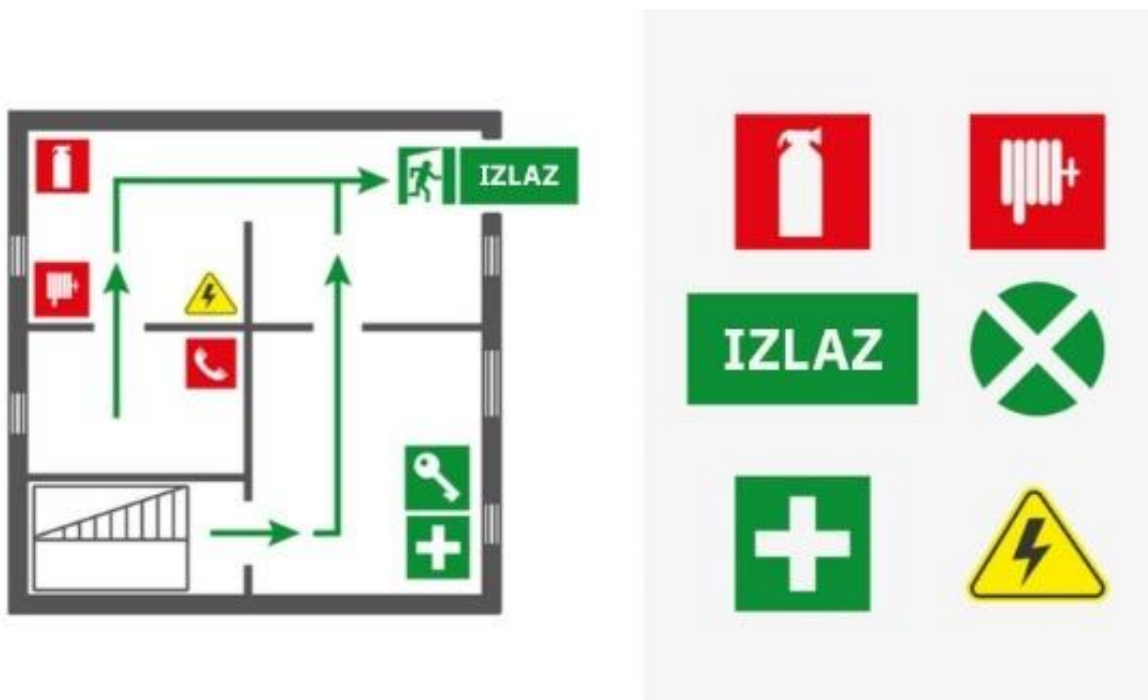
U stvarnosti, kao i u hipotetskom primjeru u nastavku, odabir rute tijekom evakuacije iznimno je važan korak koji može značajno utjecati na sigurnost i uspješnost evakuacije. Ova faza uključuje nekoliko ključnih koraka: identifikaciju najbližeg izlaza, procjenu uvjeta na ruti, odabir najpogodnije rute, kretanje prema izlazu te izbjegavanje prepreka i sudara [20].

Prvi korak u procesu odabira rute je identifikacija najbližeg izlaza. Osoba koja se nalazi u zgradi ili prostoru zahvaćenom požarom mora brzo locirati najbliži izlaz koji vodi prema sigurnosti. To može uključivati vrata, prozore ili druge otvore koji su obično označeni kao izlazi za nuždu ili evakuaciju [20].

Nakon identifikacije izlaza, osoba procjenjuje uvjete na ruti. Ovo je ključan korak jer uvjeti mogu varirati ovisno o situaciji požara. Osoba mora obratiti pažnju na prisutnost dima, koji može smanjiti vidljivost i otežati disanje te na moguće prepreke poput zapaljenih predmeta ili ruševina koje mogu blokirati prolaz do izlaza [20].

Na temelju procjene uvjeta, osoba odabire najpogodniju rutu za evakuaciju. Odluka se može temeljiti na različitim čimbenicima kao što su dostupnost izlaza, vidljivost, težina prepreka i preporuke sigurnosnih procedura. Primjerice, ako se na glavnom izlazu nalazi gust dim, osoba može odlučiti koristiti alternativni put koji nudi bolje uvjete prolaska [20].

Kada je ruta odabrana, osoba započinje kretanje prema izlazu. Ovo uključuje prilagođavanje brzine kretanja i smjera prema trenutnim uvjetima na terenu. Osoba može usporiti hod radi bolje vidljivosti ili ubrzati ako se situacija pogorša. Osim toga, važno je slijediti upute sigurnosnih ekipa ili sigurnosnih oznaka koje mogu biti postavljene kako bi se olakšalo kretanje (Slika 4.). Tijekom kretanja, osoba mora izbjeći prepreke i sudare s drugim ljudima. Ovo je ključni aspekt sigurne evakuacije jer sudari ili zapinjanje za prepreke mogu ozbiljno usporiti ili čak zaustaviti napredovanje prema sigurnosti. Osoba bi se trebala pažljivo kretati kroz okolinu, pazeći na druge evakuirane osobe i bilo kakve prepreke koje se mogu pojaviti na putu [20].



Slika 4. Primjer plana evakuacije i sigurnosnih znakova [21]

Ovaj hipotetski primjer prikazuje složenost i važnost odabira rute tijekom evakuacije. Svaki korak u procesu igra ključnu ulogu u osiguravanju brze, sigurne i uspješne evakuacije iz opasnog okruženja. Razumijevanje procedura i sposobnost brze reakcije ključni su za minimaliziranje rizika i zaštitu života tijekom kriznih situacija poput požara. Prikazani primjer ilustrira kompleksnost i važnost odabira rute tijekom evakuacije [20].

Svaki korak u procesu evakuacije igra ključnu ulogu u osiguravanju brze, sigurne i uspješne evakuacije iz opasnog okruženja. Razumijevanje procedura i sposobnost brze reakcije ključni su za smanjenje rizika i zaštitu života tijekom kriznih situacija poput požara. Kretanje tijekom evakuacije općenito se provodi uzimajući u obzir kretanje na horizontalnoj ravnini, a zatim povezivanjem tog prostora s vertikalnim komponentama za izlaz. Na taj način, ljudi se kreću u

trodimenzionalnom prostoru. Kretanje ljudi može se prikazati i temeljem skupa globalnih ili lokalnih pravila ili diferencijalnih jednadžbi, obično temeljenih na Newtonovim silama, koje definiraju programeri modela. Oba pristupa omogućuju predstavljanje interakcija između ljudi i između ljudi i prostora. Primjeri takvih metoda za predstavljanje lokalnog kretanja i izbjegavanja sudara su model socijalne sile i model upravljanja [20].

U ovoj fazi evakuacijskog procesa od ključne je važnosti brzina hodanja. Nesmetana brzina hodanja često se naziva željenom brzinom hodanja jer označava brzinu koju bi ljudi odabrali u odsustvu vanjskih smetnji. Drugim riječima, modeli pretpostavljaju da ljudi imaju maksimalnu moguću brzinu koja se zatim smanjuje prisutnošću drugih ljudi ili prepreka. Ova pretpostavka potaknuta je modelima samopokretanih čestica koji pretpostavljaju da su ljudi samopokretane čestice stalne brzine kretanja koja je usklađena s brzinom njihovih susjeda i uzimaju u obzir nasumičnu perturbaciju. Ova pretpostavka izvorno je dizajnirana za modele koji predstavljaju kretanje čestica od izvora do odredišta. Eksperimentalne studije pokazale su da na željene brzine hodanja utječe percipirana hitnost situacije [22].

Alternativni pristup za predstavljanje željene brzine razmatrao bi promjenjivu brzinu. Primjer konceptualnog modela koji eksplicitno predstavlja ovaj problem tvrdi da željena brzina hodanja ne bi trebala ovisiti samo o fizičkim sposobnostima evakuiranih, već bi trebala biti povezana s njihovom motivacijom za kretanje zajedno s fizičkim sposobnostima. Ovo bi moglo biti povezano s čimbenicima kao što su fizički napor, mentalni umor i percepcija rizika. Ovaj tip modela kretanja omogućio bi postizanje željenih brzina hodanja koje se prilagođavaju tijekom vremena i moglo bi odgovarati točnijem prikazu kretanja. Ovaj pristup također bi se mogao koristiti za predstavljanje dodatnih ponašajnih čimbenika koji utječu na odabir željene brzine hodanja (npr. društveni utjecaj, grupna ponašanja itd.) [23].

Posljednjih godina, kretanje na vertikalnim komponentama za izlaz dobilo je znatno manje pažnje u usporedbi s horizontalnim kretanjem dok se ranije veliki naglasak stavljao na kretanje stepenicama tijekom evakuacije. Što se tiče kretanja ljudi na stepenicama, modeli evakuacije usvajaju slične pretpostavke kao da se kretanje događa na kosini ili projektiranoj ravnini ili koriste empirijske jednadžbe izvedene iz podataka o kretanju na stepenicama. Posebnu pažnju treba posvetiti spajanju tokova koji dolaze iz različitih komponenti za izlaz (npr. stepenice i katovi), jer mogu utjecati na redoslijed evakuacije katova. Ovo pitanje je posebno važno u strategijama fazne evakuacije jer njihov uspjeh može ovisiti o vremenu evakuacije svakog kata [24].

Fazna evakuacija predstavlja strategiju za sigurno oslobađanje ljudi iz složenih prostora poput višekatnih zgrada ili velikih javnih prostora tijekom hitnih situacija poput požara. Ovaj pristup nije samo teorijski koncept već praktična strategija koja se provodi širom svijeta kako bi se osigurala sigurnost i minimalizirao kaos u slučaju opasnosti [24].

Ideja fazne evakuacije temelji se na postupnom i kontroliranom oslobađanju ljudi iz zone opasnosti. Umjesto naglog i neorganiziranog bijega, evakuacija se provodi u fazama koje su pažljivo planirane i koordinirane. Prva faza obično uključuje detekciju opasnosti poput požara putem sustava za detekciju i aktiviranje alarma kako bi se obavijestili svi prisutni. Ovo je ključni trenutak kada se započinje proces evakuacije. Nakon detekcije opasnosti, slijedi faza prije kretanja. Ovdje ljudi u zgradi ili prostoru prepoznaju znakove požara poput dima ili zvuka alarma te procjenjuju situaciju. Odluka o evakuaciji donosi se na temelju procjene situacije i uputa dobivenih putem alarma ili od sigurnosnog osoblja [24].

Sljedeća faza je fazna evakuacija samih prostorija ili dijelova zgrade gdje se požar dogodio. Ovdje se prioritet daje evakuaciji ljudi iz najbližeg i najugroženijeg dijela zgrade prema sigurnim izlazima ili zonama. Sigurnosni timovi i vatrogasci obično prate ovu fazu, pomažući ljudima u navigaciji i osiguravajući da se izlazi ne zagušuju. Nakon što se početna zona evakuira ili stavi pod kontrolu, slijedi faza nastavka evakuacije prema ostalim dijelovima zgrade ili prostora. Ovdje se ponavlja proces identifikacije najsigurnijih ruta i usmjeravanja ljudi prema tim rutama. Komunikacija između evakuiranih osoba, sigurnosnih timova i upravljačkih centara ključna je za uspješnost ove faze. Konačno, završetak evakuacije uključuje provjeru prostora i osiguranje da su svi prisutni evakuirani i da nema preostalih opasnosti. Sustavi za detekciju požara se isključuju tek nakon potvrde sigurnosti prostora, što označava kraj procesa fazne evakuacije. Ukupno gledano, fazna evakuacija nije samo organizacijski pristup već sustav koji se temelji na pažljivoj analizi rizika, koordinaciji i brzom reakciji. Implementacija ovog pristupa zahtijeva ne samo tehničku infrastrukturu poput alarma i sigurnosnih sustava već i obučeno osoblje koje može brzo i učinkovito reagirati u hitnim situacijama [24].

Skup modela evakuacije daje i mogućnost predstavljanja utjecaja dima na evakuaciju. Kako se uvjeti okoliša mijenjaju zbog požara, i faza prije kretanja i faza evakuacije mogu biti pogođene. Na primjer, znakovi požara i dim mogu se koristiti za utjecaj na simuliranu odluku o evakuaciji. Dim također može utjecati na fazu kretanja, utječući na odabir rute ili brzinu hodanja. Brzina hodanja ovisi o uvjetima smanjene vidljivosti pri čemu se brzina smanjuje s povećanjem opasnosti od umiranja. Treba napomenuti da većina dostupnih modela evakuacije na tržištu

dopušta samo jednosmjerno povezivanje između simulacija požara i ponašanja tijekom evakuacije. To znači da evolucija požara može utjecati na simulirano ljudsko ponašanje, ali radnje evakuiranih (npr. pokušaji gašenja požara, otvaranje vrata itd.) ne mogu automatski utjecati na požar [24].

Faza kretanja u evakuaciji predstavlja ključni segment u upravljanju sigurnošću u slučaju požara, čija učinkovitost izravno utječe na brzinu i uspješnost evakuacije ljudi iz ugroženih prostora. Kako je prikazano, istraživanja su pokazala da je brzina reakcije i koordinacija ključna u ovoj fazi jer svaki trenutak odgode može biti presudan za spašavanje života. Obrazovanje i informiranje javnosti o postupcima evakuacije igraju ključnu ulogu u pripremi za slučaj požara, s naglaskom na smirenost i disciplinu kao temeljnim elementima uspješne evakuacije [24].

## **2.2. Upravljanje rizicima u požaru**

Prema Međunarodnoj organizaciji rada za poslodavca ili osobu koja kontrolira zgradu, prvi korak u upravljanju rizicima od požara je imenovanje odgovorne osobe. Ova osoba treba izraditi Požarni plan surađujući pri tome s predstavnicima radnika te slijedeći politiku poslodavca za smanjenje rizika od požara. Isto tako, poslodavac treba razmotriti imenovanje vatrogasnog upravitelja za svako područje zgrade. Ove osobe trebaju:

- pomoći imenovanoj odgovornoj osobi za nastanak požara u izradi i provedbi Požarnog plana,
- provoditi dnevne ili tjedne provjere sigurnosnih mjera, uključujući nadzor evakuacijskih puteva kako bi bili otključani i bez prepreka; praćenje skladištenja zapaljivih materijala prema zakonima i drugim propisima; kontrolu i smanjenje izvora paljenja; provjeru dostupnosti i pristupa opremi za gašenje požara,
- osigurati da se sve osobe u njihovom području mogu evakuirati u slučaju hitne intervencije, uz posebne mjere za radnike s invaliditetom ili djecu u dječjim ustanovama,
- osigurati da su sve osobe evakuirane iz radnog područja u hitnoj situaciji,
- osigurati da samo obučeni radnici koriste opremu za gašenje požara [25].

Politika i plan za smanjenje rizika od požara trebaju uzeti u obzir ključne elemente kako je prikazano u nastavku [25].

### **2.2.1. Kontrola zapaljivih materijala**

Svi radnici trebaju biti informirani, upućeni i obučeni za siguran rad sa zapaljivim materijalima te potaknuti da slijede te upute. Poslodavci, upravitelji i nadzornici moraju osigurati poštivanje ovih sigurnosnih mjera. Zapaljivi materijali trebaju biti ograničeni na odgovarajuća područja u zgradi i pravilno skladišteni, a količine tih materijala svedene na minimum. Zapaljive tekućine i plinske boce trebaju biti sigurno pohranjene u vanjskim skladištima, osim kad su u upotrebi, kada trebaju biti u minimalnoj količini i pohranjene u označenim, vatrootpornim spremnicima. Zapaljivi materijali poput papira, tkanina, drva, plastike, ambalaže i kemikalija ne smiju se skladištiti ispod stepenica, u stubištima ili blizu izvora paljenja kao što su grijaća oprema, električni ormarići, mjesta visokih temperatura poput zavarivanja i brušenja te kuhala i pušačke zone [25].

Svi zapaljivi materijali i tekućine trebaju biti adekvatno označeni i pohranjeni u vatrootpornim spremnicima. Kod skladištenja kemikalija, potrebno je koristiti znakove upozorenja prema Globalno harmoniziranom sustavu klasifikacije i označavanja kemikalija, posebno za rizike poput eksploziva, zapaljivih plinova, tekućina i aerosola, oksidirajućih tvari te komprimiranih plinova [25].

Dobre prakse održavanja čistoće i redovite inspekcije radnog mjesta ključne su za učinkovitu kontrolu zapaljivih materijala. Treba osigurati dovoljan broj spremnika za otpad na svakom radnom mjestu kako bi se spriječilo nakupljanje otpada i olakšalo održavanje čistoće. Spremnici za kontaminirane tkanine i krpe trebaju imati čvrste poklopce kako bi se smanjio rizik od ispuštanja para. Vanjski dio zgrade treba biti čist od zapaljivih materijala poput suhe vegetacije, a mjesta za pušenje moraju biti bez zapaljivih materijala [25].

### **2.2.2. Smanjenje potencijala za paljenje**

Prisutnost izvora topline ili paljenja treba se uzeti u obzir u odnosu na lokaciju zapaljivih ili lako zapaljivih materijala. Sljedeće mjere kontrole trebaju biti uključene u Požarni plan:

- Zabrana pušenja na radnom mjestu, osim u kontroliranim područjima za pušenje.
- Kontrolirani pristup kako bi se smanjio potencijal za podmetanje požara.
- Dobra praksa održavanja čistoće u područjima gdje se obavljaju radovi s visokim temperaturama (npr. zavarivanje, brušenje), uz redovite provjere nakon završetka radova kako bi se osiguralo da materijal nije zapaljen.



- Sigurni postupci za spaljivanje otpadnih materijala, gdje je to dopušteno zakonima i propisima.
- Kontinuirani nadzor izvora topline tijekom radova u kuhinji.
- Učinkovito održavanje i inspekcija električne opreme kako bi se spriječilo iskrenje, pregrijavanje ili stvaranje luka, što može uzrokovati požar [25].

Posebne mjere opreza za električnu opremu uključuju:

- Električna oprema treba biti uzemljena kako bi se smanjio potencijal za stvaranje statičkog elektriciteta i iskrenje.
- Svaki električni krug treba imati odgovarajući osigurač ili prekidač smješten u vatrootpornom ormaru.
- Treba koristiti fiksne električne krugove umjesto produžnih kablova kako bi se spriječilo oštećenje izolacije žica i preopterećenje krugova.
- Izolatori trebaju biti pravilno raspoređeni i označeni tako da se sva električna oprema može brzo izolirati u hitnim slučajevima [25].

### **2.2.3 Brzo prepoznavanje i obavješćavanje o prisutnosti požara ili dima**

Osiguranje detektora povezanih s automatskim sustavom alarma i upozorenja važno je za brzo prepoznavanje i rano upozorenje o prisutnosti požara ili dima. Požari se mogu otkriti pomoću raznih električnih uređaja koji mogu prepoznati prisutnost dima, topline (ili naglog porasta topline) ili treperave svjetlosti. Ovi uređaji trebaju se redovito pregledavati i testirati u skladu s nacionalnim zakonodavstvom i uputama proizvođača. Njihova lokacija i raspodjela su ključni. Njihova prisutnost je od ključne važnosti, posebno u dijelovima zgrade gdje se skladište zapaljivi materijali ili tekućine [25].

### **2.2.4. Učinkovita hitna opskrba i postupci**

Osiguravanje pravovremene evakuacije svih osoba iz zgrade ključna je mjera kontrole rizika. Radno mjesto trebalo bi imati najmanje dva izlazna puta za brzu evakuaciju, a više od dva može biti potrebno ovisno o broju radnika, veličini zgrade i rasporedu radnog mjesta. Izlazni putevi trebaju biti što dalje jedan od drugoga, ali unutar maksimalnih udaljenosti propisanih nacionalnim propisima, kako bi se osigurala evakuacija u slučaju da je jedan blokirani. Dodatni izlazni putevi mogu biti potrebni ovisno o situaciji [25].

Zatvorene prostorije poput ureda mogu imati jedan izlaz ako vrata vode na izlazni put i ako lokalni uvjeti omogućuju sigurnu evakuaciju. Svi izlazni putevi moraju biti vidljivo označeni, dovoljno široki i bez prepreka, prema zahtjevima temeljenim na vrsti korištenja zgrade, broju korisnika, površini kata, udaljenosti do izlaza i kapacitetu izlaza. Viši katovi trebaju imati najmanje dva odvojena izlazna puta na suprotnim krajevima zgrade kako bi se omogućila sigurna evakuacija. Izlazni putevi trebaju biti osvijetljeni hitnom rasvjetom i voditi na sigurno mjesto izvan zgrade. Potrebno je svakodnevno provjeravati izlazne puteve kako bi se osiguralo da su bez prepreka i da se izlazna vrata mogu lako otvoriti [25].

Ako je potrebno zaključavati izlazna vrata zbog sigurnosnih razloga, ona se moraju otvarati prema van i biti opremljena mehanizmima za lako otvaranje iznutra. Svi radnici trebaju biti obučeni za postupak evakuacije, što bi trebalo biti osnovni element zaštite na radu. Trebaju se provoditi godišnje vježbe evakuacije kako bi se osigurala učinkovitost evakuacije i proveda potrebna poboljšanja [25].

### **2.2.5. Kontrola požara**

Oprema za gašenje požara mora biti pažljivo odabrana i postavljena kako bi bila lako dostupna korisnicima i vatrogasnom osoblju. Poslodavac treba osigurati da se u planu gašenja požara uzmu u obzir sljedeći:

- Vatrogasni aparati trebaju odgovarati tipu požara koji može nastati (požari se klasificiraju prema vrsti materijala koji gori, kao što su zapaljivi čvrsti materijali, tekućine, plinovi/aerosoli, metalni i električni požari). Oznake i boje aparata mogu se razlikovati prema lokalnim propisima.
- Aparati za gašenje požara moraju biti postavljeni po cijelom katu, unutar određene udaljenosti od bilo koje točke i, gdje je potrebno, u blizini specifičnih područja opasnosti.
- Oprema za gašenje požara za vatrogasne službe (kao što su vatrogasni koluti i hidrantski priključci) mora biti postavljena na izlazima iz zgrade za sigurno korištenje.
- Oprema za gašenje požara mora biti pravilno montirana na sigurnom i označenom mjestu.
- Dovoljan broj radnika mora biti odabran i obučen za korištenje aparata za gašenje požara.
- Upravitelj za požar mora biti obaviješten o svakoj upotrebi aparata za gašenje požara.

- Vatrogasni aparati trebaju se pregledavati najmanje tjedno kako bi se osiguralo da su ispravno postavljeni i potpuno napunjeni [25].

Svi radnici trebaju biti upoznati i obučeni u pravilnoj uporabi opreme za gašenje požara, uključujući koju opremu smiju koristiti samo obučeni vatrogasci te kako sigurno gasiti požar. Brzo prijavljivanje nadzornicima i vatrogasnom odjelu ključno je za kontrolu požara i spašavanje zarobljenih radnika. Telefonski brojevi hitnih kontakata trebaju biti jasno označeni na radnim mjestima, a sredstva za uspostavljanje kontakta trebaju biti dostupna [25].

Širenje požara treba ograničiti postavljanjem vatrootpornih zidova između različitih područja zgrade, s vatrogasnim vratima na otvorima i u hodnicima. Vatrootporna vrata usporavaju širenje požara, omogućujući radnicima više vremena za evakuaciju. Specifikacije ovih vrata obično su propisane lokalnim propisima, ali će općenito biti u skladu s međunarodnim standardima [25].

#### **2.2.6. Upravljanje rizikom od požara**

Broj radnika i posjetitelja unutar zgrade mora biti poznat upravitelju za požar ili njegovom zamjeniku. Svi radnici, izvođači i posjetitelji trebaju biti upoznati s postupkom evakuacije: kada se oglasi alarm, odmah se evakuirajte, izbjegavajući korištenje dizala. Vrata na izlaznim putovima trebaju se sama zatvarati kako ne bi ometala evakuaciju. Vatrogasni nadzornici trebaju biti obučeni da provjere je su li s njihovih područja evakuirani svi ljudi prije nego što sami izađu, a zatim trebaju izvijestiti upravitelja za požar ili njegovog zamjenika [25].

Nakon evakuacije, ljudi moraju ostati na označenom sigurnom području dok ih upravitelj za požar ne evidentira. Ni pod kojim uvjetima ne smiju se vraćati u zgradu dok ne dobiju uputu od upravitelja za požar. Vozila koja prevoze zapaljive tekućine ili plinske boce trebaju se, ako je moguće bez povećanja rizika, premjestiti na sigurnu udaljenost od zgrade. Pristupni putevi moraju biti uvijek čisti kako bi se omogućio lak pristup hitnim službama [25].

### 2.2.7. Informiranje, obuka i edukacija

Radnici trebaju dobiti formalnu obuku o postupcima u hitnim situacijama i procesima upravljanja požarom kao dio njihovog uvođenja u posao. Radnicima se treba redovito pružiti dodatna obuka o postupanju u hitnim situacijama. Po dolasku u zgradu, svi posjetitelji trebaju dobiti upute i informacije o sustavu upozorenja požarnim alarmom, evakuacijskim putovima i točkama okupljanja u slučaju požara [25].



Slika 5. Vježba evakuacije, spašavanja te pokazna vježba za djelatnike [26]

Prema prikazanom, upravljanje rizicima u požaru predstavlja ključni aspekt sveobuhvatnog pristupa sigurnosti u slučaju nastanka požara. Kontrola zapaljivih materijala, poput pravilnog skladištenja i korištenja, ključna je u minimiziranju početnih uzroka požara. Smanjenje potencijala za paljenje, primjenom nezapaljivih ili manje zapaljivih materijala u konstrukciji, također igra važnu ulogu u sprečavanju širenja požara i povećanju vremena za evakuaciju. Informiranje, obuka i edukacija svih ljudi o požarnoj sigurnosti ključni su za uspješno upravljanje rizicima. Prema tome, integrirani pristup koji kombinira tehničke inovacije, edukaciju i stalnu evaluaciju rizika ključan je za stvaranje sigurnih i otpornih okruženja. Daljnji

razvoj tehnologija i poboljšanje standarda zaštite od požara od presudne je važnosti za očuvanje života, imovine i okoliša u budućnosti [25].

### **2.3. Unaprjeđivanje materijala za bolju požarnu sigurnost**

Unaprjeđivanje materijala za bolju požarnu sigurnost je važan korak u smanjenju rizika od požara i povećanju sigurnosti u zgradama, vozilima i drugim objektima [27].

Većina zgrada projektirana je da traje nekoliko desetljeća i pruža stambeno zbrinjavanje i svakodnevnu funkcionalnost ljudima koji u njima žive ili rade. Tijekom tog razdoblja, zgrade su izložene različitim prirodnim (potres, oluje, itd.) i ljudskim (požar, eksplozija, itd.) opasnostima koje mogu uzrokovati djelomično ili potpuno rušenje zgrade i onesposobiti njezine funkcije. Takvo uništenje ili onesposobljenje u slučaju opasnosti može ugroziti sigurnost života stanovnika i uzrokovati značajne izravne i neizravne financijske gubitke. Stoga se zgrade projektiraju da izdrže djelovanja brojnih predviđenih opasnosti kako bi se osigurala sigurnost života i strukture tijekom njihovog životnog vijeka, a požar predstavlja jednu od takvih ekstremnih opasnosti koja se može dogoditi u zgradama [27].

Požarna sigurnost može se definirati kao skup praksi za sprječavanje ili izbjegavanje pojave požara i upravljanje rastom i posljedicama slučajnih ili namjernih požara dok se gubici drže na prihvatljivoj razini. Trenutno se požarna sigurnost u zgradama osigurava putem odredbi koje preporučuju građevinski propisi. Zakon o gradnji uređuje projektiranje, građenje, uporabu i održavanje građevina te provedbu postupaka zbog osiguranja zaštite prostora i ispunjenja propisanih zahtjeva za građevine. Na temelju njega donosi se i Tehnički propis za građevinske konstrukcije koji uvjetuje i osigurava sigurnost, stabilnost, trajnost te funkcionalnost građevinskih konstrukcija kao i zadovoljavajuća svojstva građevinskih proizvoda. Iako se specifikacije i strategije za osiguranje požarne sigurnosti u zgradama razlikuju od jednog kodeksa prakse do drugog, većina se temelji na pristupu temeljenom na propisima i izvedena je iz sličnih načela požarne sigurnosti. U pristupima temeljenim na propisima, požarna sigurnost u zgradama osigurava se kombinacijom aktivnih i pasivnih sustava zaštite od požara. Zakonom o zaštiti od požara se uređuje sustav zaštite od požara. Uz njega povezujemo brojne pravilnike koji propisuju specifične uvjete i mjere koje građevine moraju ispuniti radi zaštite od požara. Aktivni sustavi zaštite od požara (prskalice, detektori topline i dima itd.) osmišljeni su da otkriju i kontroliraju ili ugase požar u početnoj fazi i važniji su s aspekta sigurnosti života. S druge strane, pasivni sustavi zaštite od požara (nosivi i nenosivi građevinski elementi) osmišljeni su

da osiguraju stabilnost građevine tijekom izlaganja požaru i spriječe širenje požara. Njihov glavni cilj je omogućiti dovoljno vremena za gašenje požara i operacije spašavanja te smanjiti financijske gubitke [27,29,30].

Tijekom potpuno razvijene faze požara temperature mogu doseći iznad 1.000°C, što može uzrokovati značajno degradiranje svojstava čvrstoće i krutosti konstrukcijskih materijala (beton, čelik, drvo itd.) . Ova degradacija materijala može onesposobiti konstrukcijske elemente za prijenos projektiranih opterećenja i dovesti do djelomičnog ili potpunog urušavanja zgrade tijekom ili nakon požara. Također, degradacija materijala može prouzročiti trajna konstrukcijska oštećenja, što može dovesti do privremene neupotrebljivosti zgrade pod drugim prirodnim opterećenjima za koje je prvotno bila projektirana; time ugrožavajući sigurnost konstrukcija, odnosno građevine [28,31].

Jedan od najvećih utjecaja požarne opasnosti je na sigurnost imovine. Čak i ako zgrada izdrži požar bez gubitka života, posljedica gotovo svakog požara uključuje financijske gubitke čija veličina ovisi o ozbiljnosti požara. Izravni gubici od požara uključuju gubitak imovine od sagorijevanja, djelovanje prskalica, operacije gašenja požara (oštećenje imovine od vode vatrogasne brigade, razbijanje vrata i prozora itd.), padanje krhotina od djelomičnog ili potpunog urušavanja strukture; i strukturna oštećenja i troškove popravka. Neizravni gubici uključuju gubitak upotrebe tijekom vremena potrebnog za popravke, gubitak zbog privremenog ili trajnog preseljenja, gubitak zbog rušenja strukture, povećanje troškova osiguranja, zagađenje okoliša, itd. [31].

U građevinskim propisima detaljno je specificirano kako spriječiti pojavu požara, upravljati njegovim utjecajem i osigurati sigurnost života i strukture građevine uz minimalne gubitke ljudskih života i imovine. Građevinski propisi i standardi pružaju smjernice za projektiranje i procjenu otpornosti na požar konstrukcijskih elemenata i sklopova. Kod projektiranja protupožarne sigurnosti, propisi specificiraju funkciju građevinskih elemenata tijekom izlaganja požaru, dopuštenu granicu gustoće goriva, potrebne požarne ocjene za građevinske elemente, preporuke o vrsti materijala, minimalne dimenzije elemenata za postizanje potrebne požarne ocjene i smjernice za evakuacijske strategije. Ove preporuke variraju ovisno o vrsti namjene, kao što su bolnice, poslovne zgrade i stambene zgrade itd. Općenito, za javne zgrade kao što su bolnice i domovi za njegu (gdje je rizik za sigurnost života veći i neizravni financijski gubici su vrlo visoki), građevinski propisi i standardi preporučuju mnogo konzervativnija rješenja s visokim čimbenikom sigurnosti [27].

Za procjenu požarne sigurnosti strukturnog elementa ili sklopa, građevinski propisi i standardi koriste tri glavna kriterija požarne sigurnosti prema funkciji građevinskog elementa. To uključuje: kriterij stabilnosti (R) koji je sposobnost izdržavanja primijenjenih opterećenja tijekom izlaganja požaru; kriterij integriteta (E) koji je sposobnost sprječavanja širenja požara zbog stvaranja pukotina i fisura; i kriterij izolacije (I) koji je sposobnost izolacije neizloženih površina tijekom izlaganja požaru. Uzimajući u obzir ove kriterije požarne sigurnosti, procjena otpornosti na požar može se provoditi pristupom temeljenim na propisima ili naprednom analizom [29].

U pristupu temeljenom na propisima, procjena otpornosti na požar provodi se koreliranjem specifikacija elemenata (dimenzije, čisto pokrivanje, vrsta agregata) s kriterijima požarne sigurnosti koristeći podatke iz standardnih požarnih testova. Dok u slučaju naprednih metoda analize, građevinski propisi i standardi pružaju parametarske požarne krivulje za korištenje u procjeni otpornosti na požar, i preporučuju svojstva materijala na povišenim temperaturama koja se koriste u analizi dok kriteriji požarne sigurnosti ostaju isti (HRN EN 1991-1-2:2012, HRN EN 1992-1-2:2013, HRN EN 1993-1-2:2014, HRN EN 1994-1-2:2012, HRN EN 1995-1-2:2013, HRN EN 1996-1-2:2012, HRN EN 1999-1-2:2015) [32-39].

Odredbe požarne sigurnosti unutar zgrade grupirane su u dvije glavne kategorije: aktivni i pasivni sustavi zaštite od požara. Aktivni sustavi zaštite od požara (prskalice, detektori dima, aparati za gašenje požara itd.) odnose se na kontrolu požara poduzimanjem nekih radnji pomoću automatskog uređaja ili osobe. S druge strane, pasivni sustavi zaštite od požara odnose se na mjere zaštite od požara koje su ugrađene unutar same zgrade i ne zahtijevaju nikakvo djelovanje ljudi ili automatskih kontrola (požarne ocjene konstrukcijskih i nekonstrukcijskih elemenata ili sklopova, zaštita konstrukcijskih elemenata u cilju povećanja požarne otpornosti: premazima, oblogama, itd.) [40].

U početnoj fazi požara, aparati za gašenje požara koriste se za suzbijanje požara dok to još mogu. Ako požar prijeđe u fazu rasta, prioritet je evakuirati ljude iz zgrade jer udisanje otrovnih plinova iz požara može biti smrtonosno unutar nekoliko minuta. U ovoj fazi, upravljanje požarom preuzima automatski ili ručni aktivni sustav zaštite od požara. Treba napomenuti da je vrijeme početka svih automatskih sustava zaštite od požara ključno jer svako kašnjenje u požarnom alarmu izravno ugrožava sigurnost života i smanjuje šanse za suzbijanje požara jednom kada naraste u intenzitetu. Stoga bi idealno cijeli proces evakuacije trebao biti dovršen prije nego što požar izmakne kontroli aktivnih sustava zaštite od požara [40].



Slika 6. Aparati za gašenje požara [41]

Nakon pojave požara, temperature požara mogu doseći i do 1.000°C, a rezultirajuća toplinska ekspanzija i degradacija svojstava materijala predstavljaju ozbiljnu prijetnju konstrukcijskog sigurnosti građevine. Tijekom ove faze požara, glavni cilj aktivnih sustava zaštite od požara je spriječiti širenje požara uz osiguranje stabilnosti konstrukcije. Da bi to postigli, važno je da svi konstruktivni i nekonstruktivni elementi zadovoljavaju kriterije požarne sigurnosti. Ovi pasivni sustavi zaštite od požara omogućuju sigurne operacije gašenja požara, sigurne operacije evakuacije i smanjuju gubitke imovine [40].

Unaprjeđivanje materijala za bolju požarnu sigurnost predstavlja ključni aspekt u zaštiti ljudi, imovine i okoliša od požara. Požari predstavljaju ozbiljnu prijetnju sigurnosti i mogu uzrokovati katastrofalne posljedice, uključujući gubitak života, materijalne štete i ekološke probleme. Stoga je razvoj i primjena naprednih tehnologija i materijala koji su otporniji na požar od iznimne važnosti za sve vrste građevinskih objekata, vozila, kao i industrijskih i stambenih prostora [42].

Jedan od ključnih pristupa u unaprjeđivanju požarne sigurnosti korištenje je usporivača plamena. Ovi kemijski aditivi dodaju se materijalima kako bi smanjili njihovu zapaljivost i usporili širenje požara. Tradicionalno se koriste halogenirani usporivači plamena koji sadrže klor ili brom, koji učinkovito gase plamen, ali su istovremeno toksični i štetni za okoliš. Stoga



se sve više istražuju i razvijaju alternativni usporivači plamena poput fosfatnih i mineralnih, koji pružaju bolju sigurnost bez negativnog utjecaja na zdravlje i okoliš [42].

Neorganski materijali, kao što su staklo, keramika i cement, poznati su po svojoj visokoj otpornosti na visoke temperature i požar. Često se koriste u građevinskim konstrukcijama radi povećanja konstrukcijske stabilnosti i zaštite od požara. Primjena ovih materijala može značajno smanjiti širenje požara unutar objekata te povećati vrijeme koje je potrebno za evakuaciju i spašavanje u slučaju požara [42].

Intumescentni premazi predstavljaju još jednu ključnu tehnologiju u poboljšanju požarne sigurnosti. Ovi premazi reagiraju na visoke temperature tako što se nabubre, stvarajući izolacijski sloj koji štiti osnovni materijal od plamena i topline. Intumescentni premazi često se koriste na čeliku i drvenim konstrukcijama kako bi se produžilo vrijeme otpornosti na vatru i omogućilo sigurnije uvjete za spašavanje [42].

Razvoj nanotehnologije otvara nove perspektive u unaprjeđivanju požarne sigurnosti materijala. Dodavanjem nanočestica poput gline u polimere, moguće je značajno poboljšati njihovu otpornost na vatru bez značajnog narušavanja mehaničkih svojstava. Ovi materijali mogu pružiti dodatnu zaštitu od požara u širokom spektru primjena, od građevinskih materijala do elektroničkih komponenti [43].

Kompozitni materijali koji kombiniraju različite materijale poput polimera i keramičkih vlakana, također predstavljaju važan segment u borbi protiv požara. Ovi materijali dizajniraju se kako bi kombinirali najbolje karakteristike svakog sastojka, stvarajući materijale koji su otporniji na vatru, ali istovremeno i lagani i otporni na koroziju. Samo-gasivi materijali posebna su kategorija materijala koja su dizajnirana da se sami ugase kada su izloženi vatri. Primjer su određene vrste pjene koje se koriste u namještaju i madracima. Ovi materijali su ključni za sprečavanje širenja požara u unutrašnjim prostorima te pružaju dodatnu sigurnost korisnicima i objektima [43].

Istraživanje i razvoj novih polimernih materijala koji su inherentno otporni na vatru također je značajan aspekt u unaprjeđivanju požarne sigurnosti. Ovi materijali temelje se na strukturi koja prirodno sprječava zapaljenje, čime se smanjuje potreba za dodatnim kemijskim usporivačima plamena i povećava ukupna sigurnost materijala. Testiranje i standardizacija igraju ključnu ulogu u osiguravanju da materijali zadovoljavaju stroge požarne standarde i propise. Kroz

rigorozne testove osigurava se da materijali pružaju očekivanu razinu požarne sigurnosti i mogućnost reakcije u stvarnim požarnim situacijama [43].

Prema navedenom, unaprjeđivanje materijala za bolju požarnu sigurnost zahtijeva integrirani pristup koji uključuje znanstvena istraživanja, inovacije, regulativu i tehničku primjenu. Kontinuirani razvoj tehnologija i materijala ključan je za postizanje sigurnijih i otpornijih građevinskih objekata čime se smanjuju rizici od požara i štete koja može nastati [43].

### 3. ZAKLJUČAK

Određenje pojma požara kao nekontroliranog procesa izgaranja gorivih materijala uz prisutnost topline i kisika naglašava njegovu složenost i dinamičnost, kao i važnost razumijevanja osnovnih elemenata požara kao ključnog čimbenika za razvoj preventivnih strategija i tehnologija usmjerenih na minimiziranje rizika i štetnih posljedica. Uzroci požara mogu biti raznoliki, uključujući električne kvarove, kemijske reakcije ili ljudsku nepažnju. Svakim slučajem potrebno je pažljivo upravljati kako bi se smanjio potencijal za izbijanje požara i osigurala sigurnost objekata i osoba koje ih koriste.

Ovaj završni rad detaljno je istražio različite aspekte sigurnosti u slučaju požara, analizirajući definiciju požara, uzroke, ponašanje ljudi u kriznim situacijama te tehnološke aspekte sigurnosti. Požar predstavlja izazov koji zahtijeva integrirani pristup kako bi se smanjio rizik od nastanka požara, te kako bi se osigurala brza i učinkovita reakcija u slučaju izbijanja požara. Istraživanja sigurnosti u slučaju požara otkrivaju složenost ovog izazova te potrebu za integriranim pristupom u prevenciji, detekciji i upravljanju požarima.

Ponašanje ljudi u situacijama požara, koje je često obilježeno panikom i dezorijentacijom, naglašava važnost edukacije i treninga za pravilno reagiranje i evakuaciju. Razvijanje svijesti o požarnoj sigurnosti i redovito provođenje vježbi mogu značajno poboljšati kapacitet ljudi za suočavanje s ovim izazovima te smanjiti broj ozljeda i žrtava.

Tehnološki napredak igra ključnu ulogu u unaprjeđivanju požarne sigurnosti. Razvoj materijala otpornih na požar, kao i inovativnih sustava za detekciju, alarmiranje i gašenje požara, omogućuje brže prepoznavanje i suzbijanje požara te minimizira štetu. Integracija ovih tehnologija u arhitektonski dizajn i građevinske standarde ključna je za stvaranje sigurnih i otpornih okruženja.

U budućnosti, nastavak istraživanja i razvoja novih tehnologija bit će od vitalne važnosti za unaprjeđivanje požarne sigurnosti. Usredotoči se treba na inovacije koje će poboljšati otpornost materijala na vatru, učinkovitost detekcije požara te brzinu i sigurnost evakuacije. Samo kroz sustavan pristup koji integrira tehničke, psihološke i obrazovne aspekte može se osigurati sigurnija okolina i smanjiti gubitci uzrokovani požarima u budućnosti.

#### 4. LITERATURA

1. Pavelić, Đ., Pavelić, M. (2010). Procesi gorenja i gašenja. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac.
2. <https://source.colostate.edu/wildfire-home/> Pristupljeno: 20.8.2024.
3. Karlović, V. (2002). Procesi gorenja i gašenja. Ministarstvo unutarnjih poslova RH, Policijska akademija, Zagreb.
4. 5 Common Causes of Fire and Prevention Tips. (2023) On-Line URL: <https://shutgun.ca/common-causes-of-fire-and-prevention-tips/> Shutgun. Pristupljeno: 26.6.2024.
5. Zurich Muncipal (2024). Most common causes of house fires, and some more unusual. On-Line URL: <https://www.acha.co.uk/resources/Common-causes-of-Fire.pdf>. Pristupljeno: 26.6.2024.
6. Ramachandran, G. (1999). Fire safety management and risk assessment. *Facilit.* 17: 363-376.
7. <https://en.wikipedia.org/wiki/Firefighting> Pristupljeno: 20.8.2024.
8. Hurley, M.J. (2016). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Fifth Edition. Springe, New York.
9. Ramachandran, G. (1990). Human Behavior in Fires - A Review of Research in the United Kingdom. *Fire Tech.*, **26**: 149–155.
10. Tierney, K. (1993). *Disaster Preparedness and Response: Research findings and guidance from the social science literature*. Preliminary Paper #193. Newark, DE: Disaster Research Center.
11. Melick, M. (1985). *The Health of Postdisaster Populations*. U: Laube, J. and Murphy, S. (ur.). *Perspectives on Disaster Recovery*. New York, Appleton-Century-Crofts, 179–209.
12. Connell, R. (2001). *Collective Behavior in the September 11, 2001. Evacuation of the World Trade Center*. Preliminary Paper #313. Newark, DE: University of Delaware Disaster Research Center.
13. Turner, R.H., Lewis M.K. (1987). *Collective Behavior*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, Inc., New York.
14. Fire safety in the digital age: how technology is transforming fire protection. (2023) On-Line URL: <https://www.coopersfire.com/news/fire-prevention-technology/> Coopers Fire. Pristupljeno: 2.7.2024.
15. <https://foxmoorsecurity.co.uk/conventional-fire-alarm-system/> Pristupljeno: 20.8.2024.

16. Ronchi, E., Corbetta, A., Galea, E.R., Kinateder, M., Kuligowski, E., McGrath, D. i sur. (2019). New approaches to evacuation modelling for fire safety engineering applications. *Fire Saf. J.*, **106**, 197-209.
17. Gwynne, S.M.V., Kuligowski, E., Spearpoint, M., Ronchi E. (2015). Bounding defaults in egress models. *Fire Mater.*, 39, 335-352.
18. Loverglio, R., Ronchi, D., Nilsson, A. (2015). A model of the decision-making process during pre-evacuation. *Fire Saf. J.*, 78, 168-179.
19. Kuligowski, E. (2011). Predicting human behavior during fires. *Fire Technol.*, 49, 101-120.
20. Ronchi, E., Nilsson, D., Gwynne, S.M.V. (2012). Modelling the impact of emergency exit signs in tunnels. *Fire Technol.*, 48, 961-988.
21. <https://vatrozastita.com/plan-evakuacije/> Pristupljeno: 20.8.2024.
22. Graat, E., Midden, c., Bockholts, P. (1999). Complex evacuation; effects of motivation level and slope of stairs on emergency egress time in a sports stadium, *Saf. Sci.*, 31, 127–141.
23. Ronchi, E., Reneke, P.A., Peacock, R.D. (2016). A conceptual fatigue-motivation model to represent pedestrian movement during stair evacuation. *Appl. Math. Model.*, 40, 4380-4396
24. Sano, T., Ronchi, E., Minegishi, Y., Nilsson, D. (2018). Modelling pedestrian merging in stair evacuation in multi-purpose buildings. *Simulat. Model. Pract. Theor.*, 85, 80-94.
25. Međunarodna organizacija rada (2021). *Fire Risk Management*. Second revised edition, International Labour Organization, Geneva.
26. <https://www.antenazadar.hr/clanak/2024/02/foto-odrzana-vjezba-evakuacije-spasavanja-i-pokazna-vjezba-za-djelatnike-tvrtke-lth-metalni-lijev-d-o-o-benkovac/> Pristupljeno: 20.8.2024.
27. Kodur, V., Kumar, P., Rafi, M. M. (2019). Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety. *PSU Res. Rev.*, 4, 1–23.
28. Kodur, V. (2014). Properties of concrete at elevated temperatures, *ISRN Civil Eng*, 1-15
29. Zakon o zaštiti od požara URL: <https://www.zakon.hr/z/349/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-po%C5%BEara> Pristupljeno: 19.8.2024.
30. Zakon o gradnji URL: <https://www.zakon.hr/z/349/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-po%C5%BEara> Pristupljeno: 19.8.2024.

31. Buchanan, A.H., Abu, A.K. (2017). *Structural Design for Fire Safety*, 2nd ed., John Wiley and Sons, West Sussex.
32. Brushlinsky, N.N. Ahrens, M. Sokolov, S.V., Wagner, P. (2017). *World fire statistics*”, CTIF, International Association of Fire and Rescue Services, No. 22, On-Line URL: : <https://www.ctif.org/news/world-fire-statistics-issue-no-22-2017>. Pristupljeno: 2.7.2024.
33. HRN EN 1991-1-2:2012, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-2: Opća djelovanja -- Djelovanja na konstrukcije izložene požaru (EN 1991-1-2:2002+AC:2009), Hrvatski zavod za norme, 2012.
34. HRN EN 1992-1-2:2013, Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-2: Opća pravila -- Proračun konstrukcija na djelovanje požara (EN 1992-1-2:2004+AC:2008), Hrvatski zavod za norme, 2013.
35. HRN EN 1993-1-2:2014, Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija -- Dio 1-2: Opća pravila -- Proračun konstrukcija na djelovanje požara (EN 1993-1-2:2005+AC:2009), Hrvatski zavod za norme, 2014.
36. HRN EN 1994-1-2:2012, Eurokod 4: Projektiranje spregnutih čelično-betonskih konstrukcija -- Dio 1-2: Opća pravila -- Proračun konstrukcija na djelovanje požara (EN 1994-1-2:2005+AC:2008), Hrvatski zavod za norme, 2012.
37. HRN EN 1995-1-2:2013, Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija -- Dio 1-2: Općenito -- Proračun konstrukcija na djelovanje požara (EN 1995-1-2:2004+AC:2009), Hrvatski zavod za norme, 2013.
38. HRN EN 1996-1-2:2012, Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- Dio 1-2: Opća pravila -- Proračun konstrukcija na djelovanje požara (EN 1996-1-2:2005+AC:2010), Hrvatski zavod za norme, 2012.
39. HRN EN 1999-1-2:2015, Eurokod 9: Projektiranje aluminijskih konstrukcija -- Dio 1-2: Proračun konstrukcija na djelovanje požara (EN 1999-1-2:2007+AC:2009), Hrvatski zavod za norme, 2015.
40. Alarie, Y. (2002). Toxicity of fire smoke. *Crit. Rev. Toxicol*, 32, 259-289.
41. <https://varazdinski.net.hr/vijesti/automobilizam/128605/aparati-za-gasenje-pozara-koje-su-prednosti-aparata-na-prah-ili-pjenu-4397627/> Pristupljeno: 20.8.2024.
42. Olawoyin, R. (2018). Nanotechnology: The future of fire safety. *Saf. Sci.*, 110, 214–221.
43. Gibb, A., Jones, W., Goodier, C., Bust, P., Song, M., Jin, J. (2018). Nanotechnology in construction and demolition: What we know, what we don't. *Constr. Res. Innov.*, 9, 55–58.

## **Životopis**

### Osobni podaci

Ime: Patricia

Prezime: Šturlan

Datum rođenja: 16.10.2002.

Mjesto rođenja: Zabok

Adresa: Strmec Stubički 102, Stubičke Toplice

E-mail: sturlanp@gmail.com

### Obrazovanje

2009.-2017. Osnovna škola

2017.-2021. Srednja škola Oroslavje

2021. – danas – Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, preddiplomski sveučilišni studij  
Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš

### Vještine

Strani jezici: Engleski B2

Rad na računalu: MS Office, Autocad

Vozački ispit: B kategorija