

DETEKCIJA PARAMETARA POŽARA

Osnovna namena sistema za otkrivanje i dojavu požara jeste da korisniku što ranije dá pouzdano upozorenje o nastanku požara da bi se izbegle ljudske žrtve i sačuvala imovina. Sistemi za otkrivanje i dojavu požara treba da detektuju požar u najranijoj fazi razvoja, odmah po nastanku procesa nekontrolisanog sagorevanja. U ovom poglavlju su date karakteristike razvoja požara u zatvorenom prostoru i opisani su parametri požara sa aspekta detekcije i otkrivanja u najranijoj fazi.

4.1. Razvoj požara u zatvorenom prostoru

4.2. Faze razvoja požara sa aspekta detekcije

4.3. Klasifikacija požara sa aspekta detekcije

4.1. Razvoj požara u zatvorenom prostoru

Osnovna namena sistema za otkrivanje i dojavu požara jeste da korisniku što ranije dá pouzdano upozorenje o nastanku požara da bi se izbegle ljudske žrtve i sačuvala imovina. Projektovanje ovih sistema predstavlja neizbežni kompromis između performansi sistema, kao što su: vreme odziva sistema, vreme bezotkaznog rada, sklonost ka davanju lažnih alarma, raspoloživa tehnologija, i na drugoj strani, cene sistema. U sistemima zaštite od požara čovek ima ulogu kontrolora tehničkih sredstava, a tek u momentu pojave uzroka materijalne štete on postaje aktivan činilac u njenom suzbijanju.

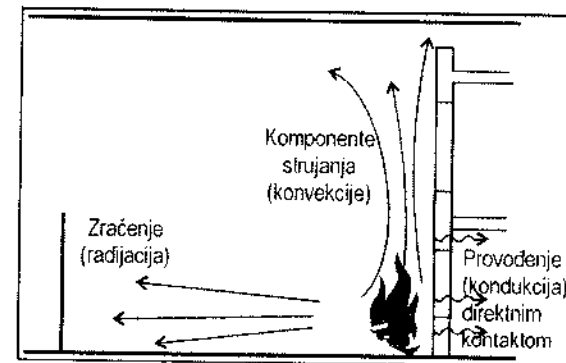
Projektovanje sistema za dojavu požara obuhvata poznavanje velikog broja činjenica koje se odnose na objekat, kao i na mogući razvoj požara u objektu na osnovu kojih se dolazi do sistema koji treba da otkrije požar odmah po njegovom nastanku. Dva najvažnija rezultata procesa projektovanja su pravilan izbor javljača požara i njihov razmeštaj u objektu (tačna lokacija javljača i međusobna rastojanja). Da bi navedeni rezultati bili optimalni, potrebno je znati osnovne činjenice o razvoju požara u zatvorenom prostoru.

Sagorevanje predstavlja seriju hemijskih reakcija između gorive materije i kiseonika (obično iz okolnog vazduha), pri čemu dolazi do oslobađanja toplote, dima i svetlosti. Da bi došlo do procesa sagorevanja potrebno je prisustvo svih „stranica“ tzv. *požarnog trougla*: gorive materije, energije paljenja i kiseonika, i uklanjanjem bilo koje od njih prekida se proces sagorevanja. Ukoliko do sagorevanja dolazi bez iniciranja spoljnim izvorom toplote, govori se o procesu spontanog sagorevanja, odn. o procesu *samopaljenja*.

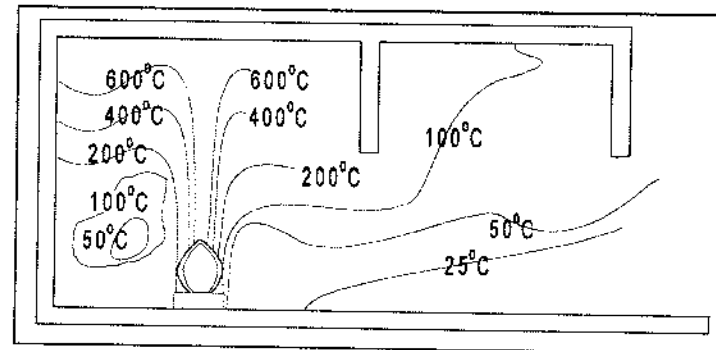
Tri osnovna mehanizma prenosa toplote su *provođenje (kondukcija)*, *strujanje (konvekcija)* i *zračenje (radijacija)* i sva tri mehanizma karakterišu požare u objektu. Provođenje je način prenosa toplote između čvrstih tela, mada je prisutna i kod tečnosti i gasova, gde je obično „maskirana“ strujanjem. Strujanje podrazumeva kretanje čestica koje prenose toplotu, tako da je uobičajena kod tečnosti i gasova. Zračenje u kontekstu razvoja požara je oblik prenosa toplote koji ne zahteva učešće čestica u prenosu između izvora toplote i prijemnika toplote. Na slici 4.1. su prikazani načini prenosa toplote prilikom požara u zatvorenoj prostoriji.

Slika 4.1.
Načini prenosa toplote

Tri osnovna mehanizma prenosa toplote.



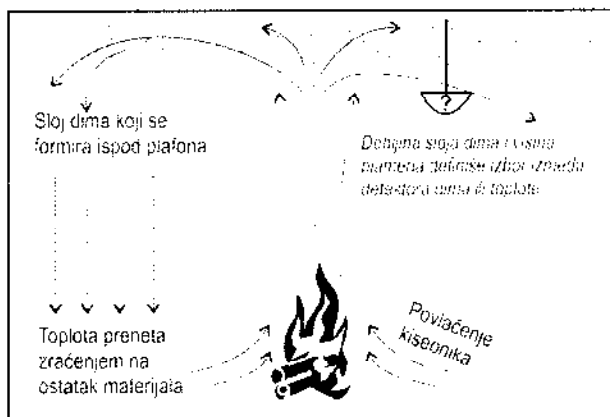
Na osnovu načina prenosa toplote razvijen je veliki broj modela sa ciljem da se dobije odgovarajuća temperaturna kriva. Sledeća slika ilustruje raspodelu temperature u požaru za prostoriju dimenzija $4.20 \times 3.35 \times 2.45$ m i vratima dimenzija 1.00×2.05 m.



Slika 4.2. Primer raspodele temperature u prostoriji

Na slici je prikazana raspodela temperature koja se najčešće uzima pri formiranju fizičkih modela razvoja požara u prostoriji.

Međutim, sa aspekta otkrivanja i dojave nastanka požara, veoma su bitni i ostali produkti sagorevanja i njihovo ponašanje tokom požara u zavisnosti od dimenzija prostorije, otvora i ventilacije. Pri projektovanju sistema za dojavu požara treba imati u vidu da dim formira sloj ispod tavanice i da prisustvo tavanice ili plafona i zidova ima neposredan uticaj na mehanizam prenosa toplote zračenjem.



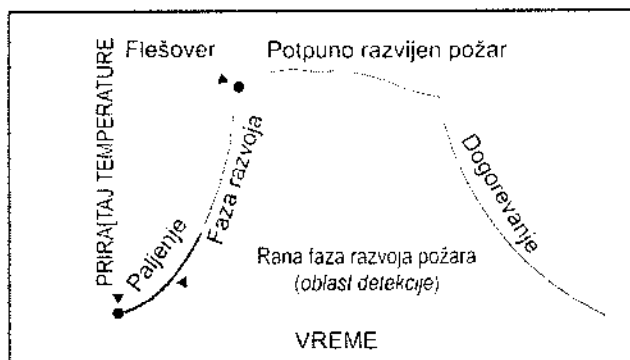
Slika 4.3.
Karakteristike
razvoja požara
u prostoriji

*Izbor tipa
javljača koji će
biti postavljen u
prostoriji zavisi
od očekivanog
razvoja požara.*

Zavisno od količine gorivog materijala i ventilacije u prostoriji, razvoj požara prolazi kroz nekoliko faza posle paljenja. Eksperimentalna kriva promene srednje temperature u prostoriji u vremenu pokazuje da je moguće izdvojiti tri faze požara:

- fazu razvoja požara - razvoj od paljenja do „flešovera“,
- fazu potpuno razvijenog požara,
- fazu smirivanja požara - dogorevanja.

Navedene faze su idealizovano prikazane na sledećoj slici:



Slika 4.4.
Faze
razvoja
požara

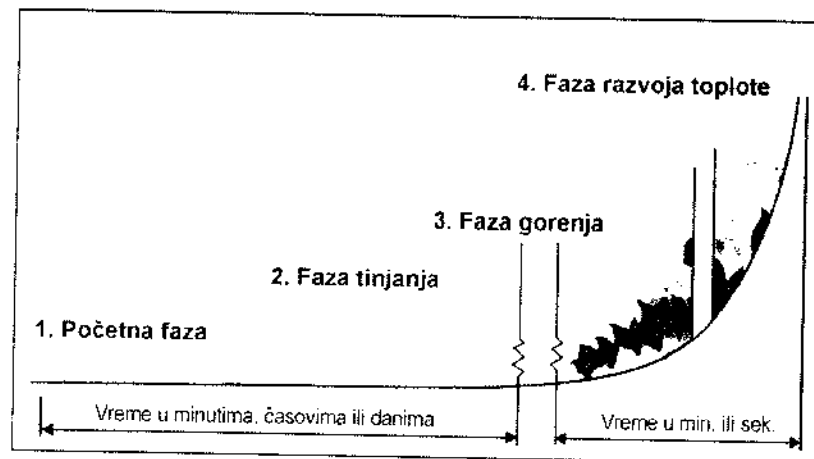
*Detekcija
požara treba
da se desi u
najranijoj
fazi.*

U zapadnoj literaturi, ali i u literaturi drugih zemalja, za brz prelaz na stanje koje karakteriše zahvatanje vatrom svih zapaljivih materijala u prostoriji koristi se pojam „flešover“ (eng. *flasbover*). Ovim pojmom se

označava ne samo vizuelna pojava već prelazno stanje od rane faze razvoja požara u fazu potpuno razvijenog požara. U momentu flešovera dolazi do naglog paljenja ostatka gorivog materijala pod uticajem zračenja i već akumuliranog dela toplote požarom u prostoriji. Treba napomenuti da do faze razvijenog požara može da dođe i bez nastanka flešovera, najčešće u slučaju nedovoljne ventilacije.

4.2. Faze razvoja požara sa aspekta detekcije

Iako za sisteme za otkrivanje i dojavu požara važi izreka „u požaru sistem za dojavu poslednji umire“, činjenica je da oni treba da detektuju požar u najranijoj fazi razvoja, odmah po nastanku procesa nekontrolisanog sagorevanja. Sa aspekta otkrivanja i dojave požara rana faza razvoja požara koja je prikazana na slici 4.5. se odvija kroz četiri faze. U samom početku žarište požara je malo i produkti sagorevanja su nevidljivi i to je tzv. „početna“ ili „prvobitna“ faza. Pojavom dima nastaje „faza tinjanja“ koja rasplamsavanjem prelazi u „fazu gorenja“ pri čemu se brzina razvoja požara naglo povećava. Najzad, daljim razvojem požara nastaje „toplotna faza“.

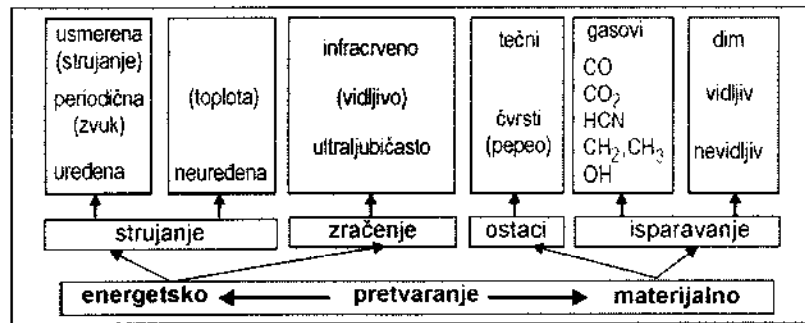


Slika 4.5. Faze požara posle nastanka sa aspekta detekcije

Najčešći oblik dinamike razvoja požara u prostoriji. Sprinklerski sistem kao najprisutniji sistem za gašenje, aktivira se tek u poslednjoj fazi.

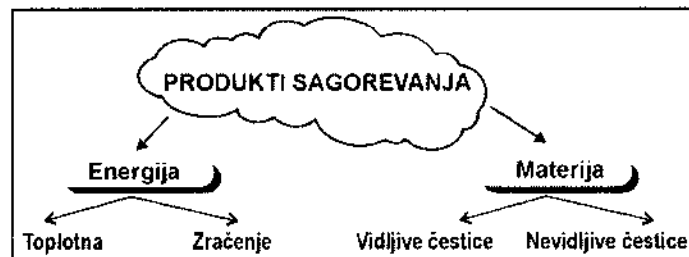
Brzina kojom požar prolazi kroz navedene faze posle nastanka zavisi od materijala koji gori. Prolazak kroz sve četiri faze može da se desi u deliću sekunde, kad je u pitanju eksplozija, ili je potrebno da prođe nekoliko dana u tinjanju dok ne dođe do rasplamsavanja. Bez obzira na vreme razvoja, produkti sagorevanja koji se stvaraju u navedenim fazama su osnova za detekciju i dojavu.

Požar kao proces nekontrolisanog sagorevanja se odlikuje velikim brojem parametara. To su parametri koji karakterišu zonu sagorevanja, zonu toplotnog dejstva i zonu zadimljavanja. Međutim, sa aspekta detekcije bitna su materijalna i energetska pretvaranja čiji su krajnji proizvodi požarne veličine koje mogu da se upotrebe za detekciju.



Slika 4.6. Materijalna i energetska pretvaranja tokom procesa sagorevanja

Za rano otkrivanje požara najvažniji su **toplota** (povećana temperatura), **plamen** - zračenje u infracrvenom, vidljivom i ultraljubičastom delu spektra i **dim** - kao gasoviti, čvrsti i tečni produkti sagorevanja.



Slika 4.7. Produkti sagorevanja sa aspekta detekcije

Toplota kao mera zagrejanosti mase je jedini parametar koji može da proizvede signal koji se ne mora pojačavati. Stalni porast oslobađanja toplotne energije je karakterističan za ranu fazu razvoja požara koja je praćena povećanjem temperature u prostoriji. Usled oslobađanja toplote nastaje temperaturna razlika između gasova u zoni sagorevanja i okolne sredine, što izaziva razlike u gustinama i ubrzano strujanje zagrejanih gasova naviše. Mnogi savremeni javljači koriste merenje temperature za detekciju požara, ali je to signal koji zahteva pojačanje. Zbog jednostavnosti konstrukcije javljači toplote danas zauzimaju značajno mesto među ostalim javljačima požara.

Plamen je terminološki prihvaćen naziv za gasovitu sredinu u kojoj se odigravaju brojne fizičko - hemijske reakcije. Nezavisno od tipa požara, svaki plamen odlikuju dve karakteristike: posedovanje izražene visoko temperaturske oblasti (zone sagorevanja) i odgovarajuće gasne struje kojom se ostvaruje prenos mase i oslobođene toplote.

Sa aspekta detekcije najbitnije su karakteristike zračenja i frekvencija treptanja plamena. Opseg elektromagnetnog zračenja plamena koji se koristi za detekciju požara počinje od infracrvenog dela spektra u kome se koristi približno infracrveno ($700\text{ nm} \leq \lambda \leq 1.3\text{ }\mu\text{m}$) i srednje infracrveno zračenje plamena ($1.3\text{ }\mu\text{m} \leq \lambda \leq 3\text{ }\mu\text{m}$). Vidljivo područje ($400\text{ nm} \leq \lambda \leq 700\text{ nm}$) se ne koristi za detekciju požara, a sve manje se koristi i ultraljubičasto područje ($\lambda \leq 400\text{ nm}$) u kome je zračenje plamena veoma malo.

Dim je suspenzija tečnih i čvrstih čestica u gasnoj sredini. U zavisnosti od materijala koji gori i uslova sagorevanja, svaki požar je praćen oslobađanjem odgovarajućih produkata sagorevanja, što je našlo mnogobrojnu primenu u detekciji požara. Struktura i veličina čestica dima najviše zavisi od materije koja gori, a manje od uslova sagorevanja. Zbog malih dimenzija čestica ($1\text{ nm} - 10\text{ }\mu\text{m}$), odnosno problema njihovog detektovanja, rad javljača koji koriste dim kao parametar za detekciju baziran je na ispitivanju optičkih karakteristika dima.

Optičke osobine čestica dima zavise od njihovog sastava i dimenzija, ali nezavisno od ovih osobina, sa aspekta detekcije su bitne pojave rasejavanja i apsorpcije svetlosti, koje se i koriste za detekciju. Zbog toga što se dim razvija već na samom početku razvoja većine požara, to je najčešće korišćena požarna veličina za detekciju.

4.3. Klasifikacija požara sa aspekta detekcije

Produkti sagorevanja za različite tipove požara se razlikuju po intenzitetu, obimu i vremenu trajanja, pa se na osnovu toga biraju požarne veličine koje su pogodnije za detekciju. Različiti senzori koji se ugrađuju u javljače požara neće na isti način reagovati na sve požare. Da bi se utvrdila pogodnost upotrebe pojedinih javljača na odgovarajući tip požara, a samim tim i olakšao izbor tipa javljača, evropska regulativa je svrstala sve požare u šest klasa sa oznakama od TF1 do TF6 (eng. *Test Fires*)¹⁵⁾, čije su karakteristike prikazane u tabeli 4.1.

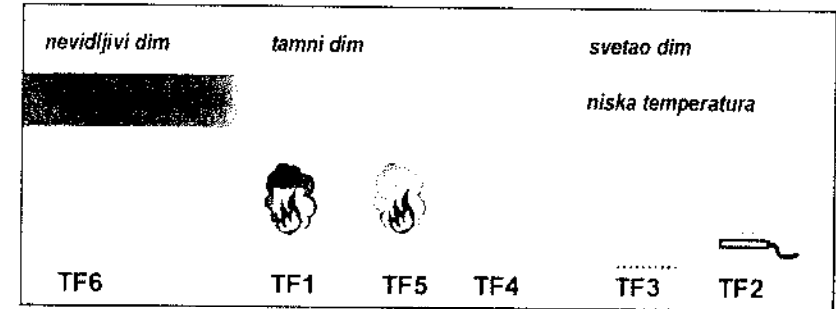
Tabela 4.1. Klasifikacija požara sa aspekta požarnih veličina za detekciju

klasa	opis požara	razvoj toplote	brzina porasta	dim	spektar aerosola	vidljivi deo
TF1	otvoreni, celuloza (drvo)	jak	velika	da	uglavnom vidljiv	taman
TF2	tinjajući, pirolitički (drvo)	zanemarljiv	mala	da	uglavnom vidljiv	svetao, rasut
TF3	tinjajući sa žarom (drvo)	zanemarljiv	zanemarljiva	da	uglavnom vidljiv	svetao, rasut
TF4	otvoreni, plastika (poliuretan)	jak	velika	da	delimično vidljiv	vrlo taman
TF5	zapaljive tečnosti bez dima (n-heptan)	jak	velika	da	uglavnom nevidljiv	vrlo taman
TF6	zapaljive tečnosti sa dimom (alkohol)	jak	velika	ne	nema	nema

U skladu sa ovom podelom, u laboratorijama se ispituju različite performanse javljača požara u odnosu na tačno definisanu vrstu i količinu gorivog materijala u prostorijama različite geometrije i uslova ambijenta. Najvažnija karakteristika javljača koji treba da se dobije ispitivanjima je brzina odziva na osnovu koje se formiraju tabele pogodnosti upotrebe pojedinih tipova javljača. U principu, izbor javljača bi trebao da se obavlja na osnovu izbora reprezentativnog tipa požara i

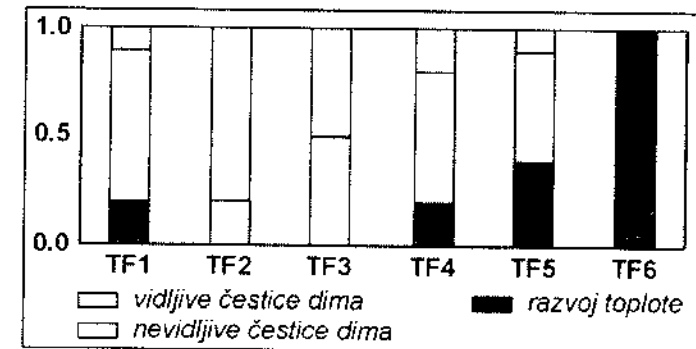
¹⁵⁾ Ova klasifikacija je u skladu sa podelom koja je definisana standardom EN 54-9: Fire sensitivity test. Međunarodni standard ISO 7240-9: Test fires for fire detectors definiše devet klasa požara sa oznakama TF1 do TF9. Nove klase su: TF7 - *Slow smoldering (pyrolysis) wood fire*, TF8 - *Low temperature black smoke (decalene) liquid fire* i TF9 - *Deep seated smoldering cotton fire*.

tabele pogodnosti za odgovarajući tip požara. Međutim, ovaj pristup kod nas se ne primenjuje. Uslovi, metodi testiranja i dobijene karakteristike ispitnih požara su definisani standardima ISO i EN (ISO 7240-9 i EN 54-9). Osnovne karakteristike test požara koje se odnose na razvoj dima i temperature su prikazane na slici 4.8.



Slika 4.8. Karakteristike ispitnih požara TF1 - TF6

Idealno bi bilo kada bi pri projektovanju sistema za dojavu požara mogao da se precizno definiše tip očekivanog požara u skladu sa klasama požara TF1 - TF6. Naime, proizvođači javljača požara, kao jedan od osnovnih podataka u tehničkim opisima javljača, daju i pogodnost upotrebe u skladu sa tipom požara. U svakom slučaju, karakteristike ispitnih požara mogu da bude dobra polazna osnova pri izboru javljača požara za konkretnu primenu.



Slika 4.9. Relativni odnos čestica dima i količine toplote