

## 1 Uvod

Ta smernica vsebuje izhodišča za razvoj racionalne metodologije za načrtovanje stavb z uporabo požarnovarnostnega inženirstva, ki temelji na znanstvenih in inženirskih načelih pri varovanju ljudi, premoženja in okolja pred požarom.

Smernica vsebuje navodila in informacije za kvantitativno in podrobno analizo posameznih vidikov projektiranja. V njej je povzeto zadnje stanje tehnike, ki naj bi ga posodabljali, ko se bodo pojavili nove teorije, računske metode in/ali podatki. Smernica ne izključuje uporabe ustreznih metod in podatkov iz drugih virov. Na sliki 1 je prikazana struktura smernice.

Ta del ne vsebuje specifičnih analiz nekaterih vidikov širjenja požara izven prostora nastanka, razen obnašanja proizvodov na podlagi preskusa požarne odpornosti v peči. Ko se bo sčasoma izboljšalo znanje in razumevanje, bo mogoče obravnavati tudi ta področja negotovosti, dotlej pa je tukaj podan komentar k posameznim problemom, ki jih je treba upoštevati, in kako jih je treba obravnavati.

Projektiranje po metodah požarnovarnostnega inženirstva, pri katerem se upošteva celotna požarna varnost, lahko pogosto privede do bolj temeljnih in bolj ekonomičnih rešitev kot projektiranje požarne varnosti po klasičnih predpisih. V nekaterih primerih se lahko le na ta način doseže zadovoljiv standard požarne varnosti v večjih in kompleksnejših stavbah.

V tem delu so obravnavane naslednje teme:

- a) razmere v prostoru nastanka požara in možnost, da povzročijo širjenje požara po znanih mehanizmih in poteh,
- b) toplotni in mehanski odzivi meja prostora, v katerem je nastal požar, in njegove konstrukcije na požar,
- c) vpliv predvidenih toplotnih in mehanskih odzivov na sosednje zaprte in odprte prostore,
- d) konstrukcijski odziv nosilnih elementov in njihov vpliv na stabilnost konstrukcije, prenos obtežbe in sprejemljivo škodo.

**Slika 1: Osnovni dejavniki v študiji požarne varnosti po metodah požarnovarnostnega inženirstvan (PVI študija)**

Deli smernice s podrobnejšimi informacijami in navodili	
<b>Uvodni del</b>	<p>Navodilaza izhodiščaprojektiranja in postopke požarnovarnostnega inženirstva</p> <p>Načinprojektiranja</p> <p>Kvantitativnypregled požarnovarnostnih dejavnikov</p> <p>Primerjava z merili</p> <p>Poročilo in predstavitev</p>
<b>Podsystem 1</b>	<p>Začetek in razvoj požara v prostoru nastankapožara</p> <p>Načinprojektiranja</p> <p>Merilasprejemljivosti</p> <p>Analiza</p> <p>Podatki</p> <p>Reference</p>
<b>Podsystem 2</b>	<p>Širjenjeplina in strupenih plinov v prostoru in izven prostora nastankapožara</p> <p>Načinprojektiranja</p> <p>Merilasprejemljivosti</p> <p>Analiza</p> <p>Podatki</p> <p>Reference</p>
<b>Podsystem 3</b>	<p>Odzivkonstrukcije in širjenje požara izvenprostora nastankapožara</p> <p>Načinprojektiranja</p> <p>Merilasprejemljivosti</p> <p>Analiza</p> <p>Podatki</p> <p>Reference</p>
<b>Podsystem 4</b>	<p>Odkrivanjepožara inaktiviranje sistemovza požarnozaščito</p> <p>Načinprojektiranja</p> <p>Merilasprejemljivosti</p> <p>Analiza</p> <p>Podatki</p> <p>Reference</p>
<b>Podsystem 5</b>	<p>Posredovanje gasilcev</p> <p>Načinprojektiranja</p> <p>Merilasprejemljivosti</p> <p>Analiza</p> <p>Podatki</p> <p>Reference</p>
<b>Podsystem 6</b>	<p>Evakuacija</p> <p>Načinprojektiranja</p> <p>Merilasprejemljivosti</p> <p>Analiza</p> <p>Podatki</p> <p>Reference</p>
<b>Podsystem 7</b>	<p>Verjetnostnaocena tveganja</p> <p>Načinprojektiranja</p> <p>Merilasprejemljivosti</p> <p>Analiza</p> <p>Podatki</p> <p>Reference</p>

## 2 Izrazi in definicije

V tem dokumentu veljajo naslednji izrazi in definicije.

### 2.1

#### prostor nastanka požara, zaprt prostor

prostor, ki ga določajo mejni elementi (na vseh straneh) okrog začetne točke požara

### 2.2

#### požarnovarnostno inženirstvo (PVI)

uporaba inženirskih principov pri zagotavljanju požarne varnosti

### 2.3

#### časovni ekvivalent

trajanje izpostavljenosti pogojem požarnega preskusa, navedenim v ISO 834-1

OPOMBA: To je glede na določen učinek ekvivalentno izpostavljenosti celotnemu trajanju dejanskih pogojev požara v prostoru nastanka.

### 2.4

#### analiza občutljivosti

račun sprememb izhodnih parametrov, ki nastanejo zaradi spreminjanja določenega vhodnega parametra

### 2.5

#### nosilna konstrukcija

razporeditev konstrukcijskih materialov ali elementov, ki zagotavlja nosilnost stavbe

### 2.6

#### trajanje stacionarnega gorenja

interval med požarnim preskokom in začetkom pojemanja požara

OPOMBA: Pogosto je določen kot čas, v katerem se požarna obremenitev v prostoru nastanka požara zmanjša od 80 % do 30 % svoje začetne vrednosti.

## 3 Simboli in okrajšave

$A$	prezrez jeklenega elementa ( $m^2$ )
$A_c$	površina betonskega jedra ( $mm^2$ )
$A_e$	ploščina izpostavljene površine ( $m^2$ )
$A_f$	talna površina prostora, v katerem je nastal požar ( $m^2$ )
$A_h$	površina prezračevalnih odprtin v horizontalni ravnini ( $m^2$ )
$A_i$	prezrez izoliranega elementa ( $m^2$ )
$A_i^*$	površina elementa $i$ (stena, strop, streha) ( $m^2$ )
$A_r$	prezrez jeklene ojačitve ( $mm^2$ )
$A_{rad}$	ploščina sevajoče površine ( $m^2$ )
$A_T$	notranja trdna površina prostora (brez odprtin), v katerem je nastal požar ( $m^2$ )
$A_t$	celotna notranja površina prostora, v katerem je nastal požar, skupaj z odprtinami ( $m^2$ )
$A_v$	površina prezračevalnih odprtin v vertikalni ravnini ( $m^2$ )
$A_w$	površina odprtin ( $m^2$ )
$A_w\%$	odstotek površine oken ( $m^2$ )
$a$	razdalja med robom odprtine in zunanjim jeklenim stebrom (m)
$b$	toplotna vztrajnost ( $J/m^2 \cdot s^{1/2} \cdot K$ )
$b_e$	izpostavljena višina zunanjega nosilca (m)
$b_c$	širina ojačene betonske plošče (mm)
$b_i$	toplotna vztrajnost elementa ( $W/m^2 \cdot s^{1/2}$ )
$b_p$	s toploto povzročeni pomik predelne stene na sredini višine (mm)
$b_s$	dodatna izbočitev predelne stene zaradi lastne teže (mm)
$b_t$	širina lesenega nosilca (m)
$C$	specifična toplotna kapaciteta ( $J/kg \cdot K$ )

$C_a$	specifična toplotna kapaciteta jekla (J/kg·K)
$C_{al}$	specifična toplotna kapaciteta aluminijevih zlitin (J/kg·K)
$C_c$	specifična toplotna kapaciteta betona (J/kg·K)
$C_{com}$	specifična toplotna kapaciteta z vlakni ojačenih polimerov (J/kg·K)
$C_f$	specifična toplotna kapaciteta ojačilnih vlaken (J/kg·K)
$C_g$	specifična toplotna kapaciteta plinov (J/kg·K)
$C_i$	specifična toplotna kapaciteta izolacijskega sloja $i$ (J/kg·K)
$C_m$	specifična toplotna kapaciteta kovine (J/kg·K)
$C_t$	specifična toplotna kapaciteta nezoglenelega lesa (J/kg·K)
$C_x$	specifična toplotna kapaciteta osnovnega materiala v kompozitu (J/kg·K)
$D$	globina prostora nastanka požara (m)
$d$	karakteristična dimenzija, pravokotna na smer toplotnega toka (m)
$d_{ogt}$	globina pooglenitve (mm)
$d_{vrat}$	debelina vratnega krila (mm)
$d_i$	debelina izolacijskega materiala $i$ (m)
$d_r$	globina ojačitve v betonski plošči (m)
$d_s$	debelina predelne stene s stebri (m)
$d_l$	globina lesenega nosilca (mm)
$d_w$	debelina stene (m)
$d_x$	globina betona, merjena pravokotno na glavno os $x$ (m)
$d_y$	globina betona, merjena pravokotno na drugo glavno os $y$ (m)
$E$	Youngov modul kovine pri relevantni temperaturi (kN/mm <sup>2</sup> )
$E_a$	Youngov modul jekla pri relevantni temperaturi (kN/mm <sup>2</sup> )
$E_{al}$	Youngov modul aluminijevih zlitin (kN/mm <sup>2</sup> )
$E_{d,t}$	projektna obremenitev, ki jo povzroči požar v času $t$
$E_t$	tangentni modul (kN/mm <sup>2</sup> )
$e_{rfc}$	kompleksna funkcija napake
$F$	osna sila, ki deluje v požaru (N)
$F_d$	projektna vrednost posrednih obtežb, ki nastanejo zaradi učinka požara
$F_R$	čas odpornosti proti požaru (h)
$F_{vi}$	trdnost kovanega železa pri sobni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$F_{e-R}$	faktor konfiguracije, ki opisuje prostorska razmerja med površinami, ki oddajajo in površinami, ki sprejemajo toploto
$F_0$	trdnost ojačitve pri sobni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$F_s$	trdnost ojačitve pri relevantni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$F_t$	natezna trdnost jekla pri relevantni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$F_{w0}$	trdnost kovanega železa pri sobni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$F_{wi}$	trdnost kovanega železa pri relevantni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$f$	empirični faktor (min/mm)
$f_c$	tlačna trdnost betona pri relevantni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$f_{ap}$	napetost jekla na meji proporcionalnosti (meja elastičnosti) pri relevantni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$f_{au}$	porušna trdnost jekla pri relevantni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$f_{au,\theta}$	natezna trdnost pri zvišanih temperaturah (N/mm <sup>2</sup> )
$f_{ay}$	porušna trdnost jekla pri temperaturi $T_a$ (N/mm <sup>2</sup> )
$f_{cu}$	trdnost kocke betona (marka betona) (N/mm <sup>2</sup> )
$f_k$	modifikacijski faktor pri prezračevanju
$f_{a,max}$	maksimalna napetost jekla pri relevantni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$f_0$	trdnost betona pri sobni temperaturi (298 K) (N/mm <sup>2</sup> )
$f_s$	napetost jekla (N/mm <sup>2</sup> )
$f_y$	porušna trdnost jekla (N/mm <sup>2</sup> )
$f_{0,2}$	napetost jekla pri 0,2 % deformaciji (0,2 % proof stress) pri sobni temperaturi (N/mm <sup>2</sup> )
$G_k$	karakteristična vrednost stalne mirujoče obtežbe
$H$	višina prostora nastanka požara (m)
$\Delta H$	specifična toplota zgorevanja gorljivega materiala (kJ/kg)
$H_{vrat}$	višina vratnega krila (mm)
$H_p$	ogrevani obseg prereza (m)
$H_{strehe}$	je razlika v višini med ravnino horizontalne odprtine in nevtralno osjo plina v vertikalni odprtini (m)
$H_w$	višina odprtine (m)
$H_{stene}$	višina stene (m)

$h_p$	višina predelne stene (mm)
$I$	vztrajnostni moment prereza ( $\text{mm}^4$ )
$K_{0,1,2}$	konstante materialov za požarno zaščito
$K$	toplotna difuzivnost ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$K_b$	uklonski faktor
$K_c$	toplotna difuzivnost betona ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$k$	toplotna prevodnost ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
$k_a$	toplotna prevodnost jekla ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
$k_{al}$	toplotna prevodnost aluminijevih zlitin ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
$k_b$	faktor, ki opisuje toplotne lastnosti prostora
$K_{vijaka, \theta}$	faktor zmanjšanja trdnosti za vijake (nateg in strig)
$K_c$	toplotna prevodnost betona ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
$K_{comp}$	toplotna prevodnost kompozita ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
$K_f$	toplotna prevodnost ojačilnih vlaken ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
$K_i$	toplotna prevodnost izolacijskega sloja $i$ ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
$K_l$	toplotna prevodnost nezoglenelega lesa ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
$K_x$	toplotna prevodnost osnovnega materiala v kompozitu ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
$l$	razdalja vzdolž plamena (m)
$L$	celotna požarna obremenitev v prostoru, izražena bodisi s toplotno vrednostjo (MJ) bodisi z ekvivalentno težo lesa (kg)
$\Delta L$	raztezek vratnega krila (mm)
$L_0$	linearna dimenzija pri sobni temperaturi (mm)
$L_R$	koeficient obremenitve
$L_T$	linearna dimenzija pri temperaturi $T$ (mm)
$\Delta L_T$	raztezek zaradi temperature (mm)
$M$	hitrost izstopnega masnega toka vročih plinov (kg/s)
$M_b$	momentna odpornost proti bočnemu torzijskemu uklonu (N·m)
$M_c$	momentna kapaciteta prereza okoli ustrezne osi upogiba (N·m)
$M_f$	moment, ki deluje v požaru (N·m)
$M_{fx}$	upogibni moment okoli glavne osi $x$ v požaru (N·m)
$M_{fy}$	upogibni moment okoli glavne osi $y$ v požaru (N·m)
$M_{odprtine}$	hitrost masnega toka v stebri v višini $Z_w$ (kg/s)
$M_{px}$	plastični moment ojačitve okoli glavne osi $x$ (N·m)
$M_{py}$	plastični moment ojačitve okoli glavne osi $y$ (N·m)
$M_{stebra}$	upogibni moment v stebrih predelne stene zaradi ekscentričnosti, ki nastane zaradi toplote (N·m)
$m$	ekvivalentni faktor enakomernega momenta
$m_s$	razdalja med stebri predelne stene (mm)
$N_{pl,fi,Rd}$	tlačna odpornost v požaru
$N_{pl,Rd}$	tlačna odpornost pri običajnem projektiranju
$n$	teža predelne stene na meter višine (kN)
$n_s$	razmerje med temperaturo plina in temperaturo površine pri betonskem elementu
$n_x$	razmerje med temperaturo na površini in temperaturo v globini $x$ v betonskem elementu
$n_y$	razmerje med temperaturo na površini in temperaturo v globini $y$ v betonskem elementu
$O$	faktor odprtine ( $\text{m}^{1/2}$ )
$P$	masni procent vlage
$F_b$	uklonska sila (kN)
$p_c$	tlačna trdnost betona ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
$p_y$	karakteristična napetost za dimenzioniranje jekla ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
$p_{yr}$	karakteristična porušna trdnost jeklene ojačitve ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
$Q$	celotna sproščena toplota
$Q_c$	hitrost izgube toplote s konvekcijo (kW)
$Q_g$	hitrost akumulacije toplote v vročih plinih (kW)
$Q_k$	karakteristična vrednost koristne obtežbe
$Q_{k,i}$	karakteristične vrednosti drugih spremenljivih obtežb, na primer vetra
$Q_{k,1}$	karakteristična vrednost dominantne obtežbe
$Q_r$	hitrost izgube toplote s sevanjem skozi odprtine (kW)
$Q_{total}$	celotna hitrost sproščanja toplote v prostoru (kW)
$Q_w$	hitrost toplotnega toka proti mejnim elementom (kW)
$q$	gostota požarne obremenitve na enoto površine prostora ali talne površine ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )

$q_c$	konvekcijski toplotni tok na enoto površine (kW/m <sup>2</sup> )
$q_{cond}$	kondukcijski toplotni tok (kW)
$q_{conv}$	konvekcijski toplotni tok (kW)
$q_{net}$	neto vpadni toplotni tok na enoto površine (kW/m <sup>2</sup> )
$q_r$	sevalni toplotni tok (kW/m <sup>2</sup> )
$q_{rad}$	sevalni toplotni tok (kW)
$q_{rec}$	sevalni toplotni tok, ki ga sprejme površina zunaj prostora nastanka požara (kW/m <sup>2</sup> )
$q_{total}$	celoten toplotni tok na enoto površine (kW/m <sup>2</sup> )
$R$	hitrost gorenja (kg/s)
$R_{d,t}$	projektna odpornost elementa ali konstrukcije proti požaru v času $t$
$S_i$	debelina sloja $i$ (m)
$S_{lim}$	limitna vrednost globine meje (m)
$T$	temperatura (°C ali K)
$\Delta T$	temperaturni interval (°C ali K)
$\Delta T_{stebra}$	temperaturna razlika med vročo in mrzlo stranjo predelne stene s stebri (°C)
$T_a$	temperatura jekla (K)
$T_{al}$	temperatura aluminijeve zlitine (K)
$T_c$	temperatura betona (K)
$T_{vrat}$	temperatura vratnega krila (K)
$T_{exp}$	temperatura izpostavljene površine stene (°C)
$T_g$	temperatura plina v prostoru nastanka požara ali v peči (K)
$T_g^{max}$	maksimalna temperatura plina v prostoru nastanka požara (K)
$T_m$	temperatura kovine (K)
$T_0$	sobna temperatura (293 K)
$T_{odprtine}$	temperatura plina v ravnini odprtine (K)
$T_{površine}$	temperatura na površini materiala (K)
$T_t$	temperatura nezoglenelega lesa (K)
$T_{unexp}$	temperatura neizpostavljene površine stene (°C)
$T_{wi}$	temperatura kovanega železa (°C)
$T_{x,t}$	temperatura na mestu $x$ v času $t$ (K)
$T_z$	temperatura na katerikoli točki vzdolž plamena (K)
$t$	čas (s, min ali h)
$\Delta t$	časovni interval (s)
$t_{ogl}$	hitrost pooglenitve (mm/min)
$t_{ogl}^{max}$	maksimalna hitrost pooglenitve (mm/min)
$t_d$	trajanje konstantne temperature (dwell time) (min)
$t_e$	časovni ekvivalent (min)
$t_{ed}$	projektni čas za ekvivalentno trajanje segrevanja pri standardnem preskusu v peči (min)
$t_{fr}$	čas požarne odpornosti (min)
$t_s$	merjeni čas (h)
$t^*$	modificirani čas (h) ( $t^* = I \cdot t$ )
$t^*_{max}$	čas, v katerem nastopi maksimalna temperatura (h)
$u$	hitrost vetra (m/s) (običajno 6 m/s)
$V$	volumen jekla (m <sup>3</sup> )
$V_f$	volumski delež vlaken v kompozitu
$V_i$	volumen na enoto dolžine izolacijskega elementa (m <sup>3</sup> )
$V_x$	volumski delež osnovnega materiala v kompozitu
$W$	širina prostora (m)
$w$	širina odprtine (m)
$w_f$	širina plamenske fronte (m)
$w_v$	faktor prezračevanja (brez dimenzij)
$X$	dolžina plamenov vzdolž osi (m)
$x$	horizontalna projekcija plamena (m)
$x_a$	globina nevtralne osi (m)
$x_s$	razdalja od izpostavljene površine (m)
$Z$	višina plamenov nad odprtino (m)
$Z_y$	vztrajnostni moment okoli druge glavne osi $y$ (cm <sup>4</sup> )
$Z_w$	višina nad vrhom odprtine (m)
$Z$	vertikalna projekcija plamena nad oknom (m)
$Z_c$	ročica med težiščem dejanskega diagrama napetosti in nevtralno osjo

$\alpha$	toplotni razteznostni koeficient
$\alpha_c$	koeficient konvekcijskega prenosa toplote ( $W/m^2 \cdot K$ )
$\Gamma$	časovni faktor požarnega sektorja
$\gamma_1$	varnostni faktor, ki odraža posledice porušitve prostora
$\gamma_2$	varnostni faktor, ki odraža tveganje za nastanek polno razvitega požara v prostoru
$\gamma_3$	varnostni faktor, ki odraža prednosti namestitve avtomatskega sprinklerskega sistema v prostoru
$\gamma_c$	delni varnostni faktor trdnosti materiala za beton (1,3)
$\gamma_{conv}$	koeficient konvekcijskega prenosa toplote
$\gamma_G$	delni varnostni faktor za stalno obtežbo, ki se mu predpiše vrednost 1,0
$\gamma_{rad}$	koeficient za prenos toplote s sevanjem
$\gamma_s$	delni varnostni faktor trdnosti materiala za jeklo (1,0)
$\Delta_{bow}$	izbočitev stene
$\Delta_{dis}$	pomik
$\Delta_{head}$	odklon vrha stene stran od vira toplote
$\varepsilon$	deformacija
$\varepsilon_a$	deformacija pri relevantni temperaturi
$\varepsilon_{a,max}$	deformacija pri maksimalni napetosti, ki ustreza 2,0 % deformaciji
$\varepsilon_{ap}$	deformacija pri meji proporcionalnosti pri relevantni temperaturi
$\varepsilon_{au}$	deformacija pri največji napetosti pri relevantni temperaturi
$\varepsilon_c$	deformacija, ki ustreza napetosti pri 0,2 % plastični deformaciji pri določeni temperaturi
$\varepsilon_f$	emisivnost požara
$\varepsilon_{fl}$	emisivnost plamenov
$\varepsilon_g$	emisivnost požarnih plinov
$\varepsilon_{rec}$	emisivnost sprejemne površine
$\varepsilon_{res}$	rezultirajoča emisivnost
$\varepsilon_s$	emisivnost na površini materiala
$\varepsilon_{površine}$	emisivnost površine
$\eta$	obtežno razmerje votlega prereza, napolnjenega z betonom
$\eta_{n,t}$	razmerje trdnosti pri temperaturi ( $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ so varnostni faktorji)
$\theta$	temperatura ( $^{\circ}C$ ali $K$ )
$\lambda$	debelina plamena
$\phi$	faktor konfiguracije
$\rho$	gostota ( $kg/m^3$ )
$\rho_a$	gostota jekla ( $kg/m^3$ )
$\rho_{al}$	gostota aluminijevih zlitin ( $kg/m^3$ )
$\rho_c$	gostota betona ( $kg/m^3$ )
$\rho_f$	gostota ojačilnih vlaken ( $kg/m^3$ )
$\rho_i$	gostota izolacijskega sloja $i$ ( $kg/m^3$ )
$\rho_m$	gostota kovine ( $kg/m^3$ )
$\rho_l$	gostota lesa ( $kg/m^3$ )
$\rho_x$	gostota osnovnega materiala v kompozitu ( $kg/m^3$ )
$\rho_w$	gostota vode ( $kg/m^3$ )
$\sigma$	Stefan Boltzmanova konstanta ( $5,67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$ )
$\sigma_a$	napetost pri relevantni temperaturi
$\psi$	$L/(A_w A_T)^{0,5}$ ( $kg/m^2$ )
$\psi_{1,j}$	delni varnostni faktor za spremenljivo obtežbo
$\psi_{1,1}$	delni varnostni faktor za primarno spremenljivo obtežbo
$\psi_{2,i}$	delni varnostni faktorji za sekundarne spremenljive obtežbe

## **4 Način projektiranja**

### **4.1 Načela projektiranja**

#### **4.1.1 Izkušnje in usposobljenost**

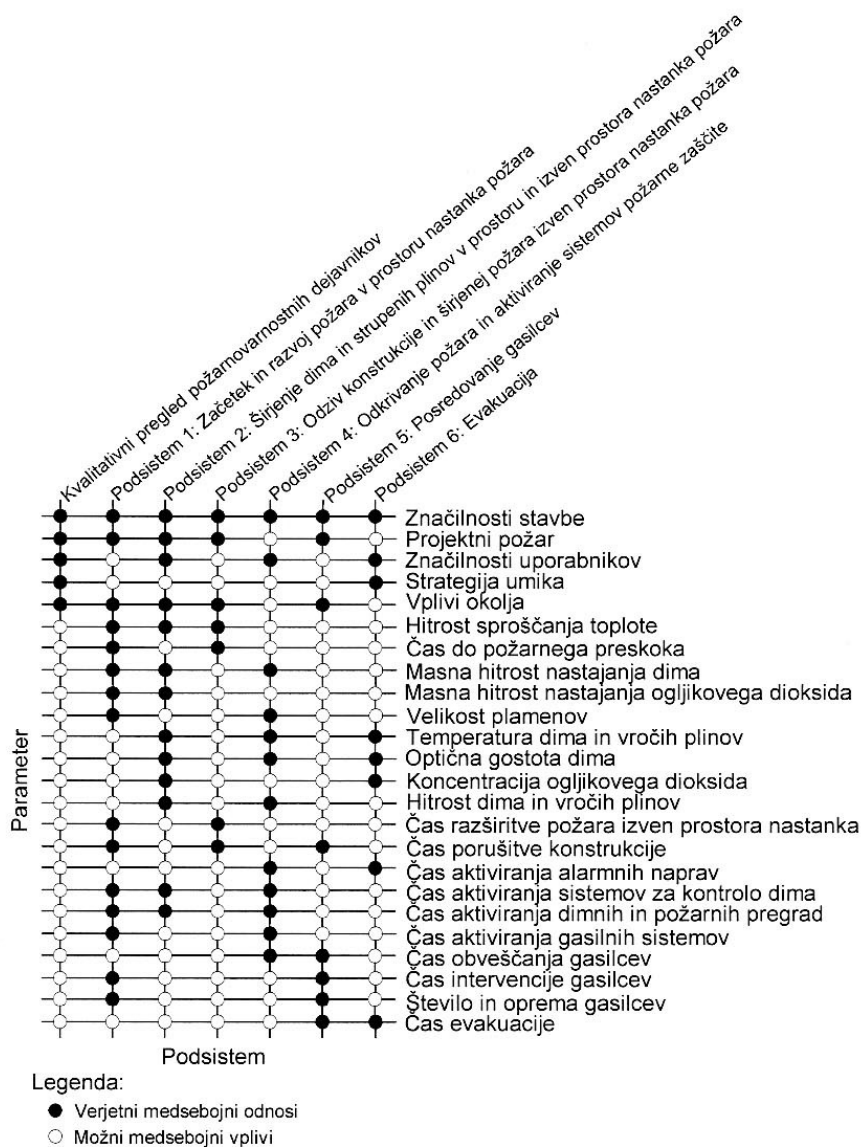
Zapletenost medsebojnega delovanja ljudi, stavb in požara je tako velika, da ni mogoče uporabiti ene same skupine računskih postopkov pri vseh stavbah in v vseh razmerah. Zato požarnovarnostno inženirstvo zahteva večjo stopnjo skrbnosti in odgovornosti projektanta kot uporaba klasičnih predpisov. Bistveno je, da se s požarnovarnostnim inženirstvom ukvarjajo primerno izobražene in izkušene osebe.

#### **4.1.2 Metodologija projektiranja – Splošno**

Izhodišča za uporabo inženirskih načinov projektiranja požarne varnosti v stavbah so v uvodnem delu, kjer so tudi navodila za pomoč požarnovarnostnemu inženirju pri projektiranju.

Kvantitativna analiza, ki je nujen del projektiranja, je razdeljena na 6 podsistemov. Vsak podsistem se lahko pri analiziranju posameznega vidika projektiranja uporablja samostojno ali pa se uporabljajo skupaj kot del celotne požarnoinženirske ocene stavbe. Ta koncept je predstavljen na sliki 2. Prikazane so tudi možne interakcije med podsistemi. Parametri so pogosto obenem vhodni podatki za en podsistem in izhodni podatki drugega.

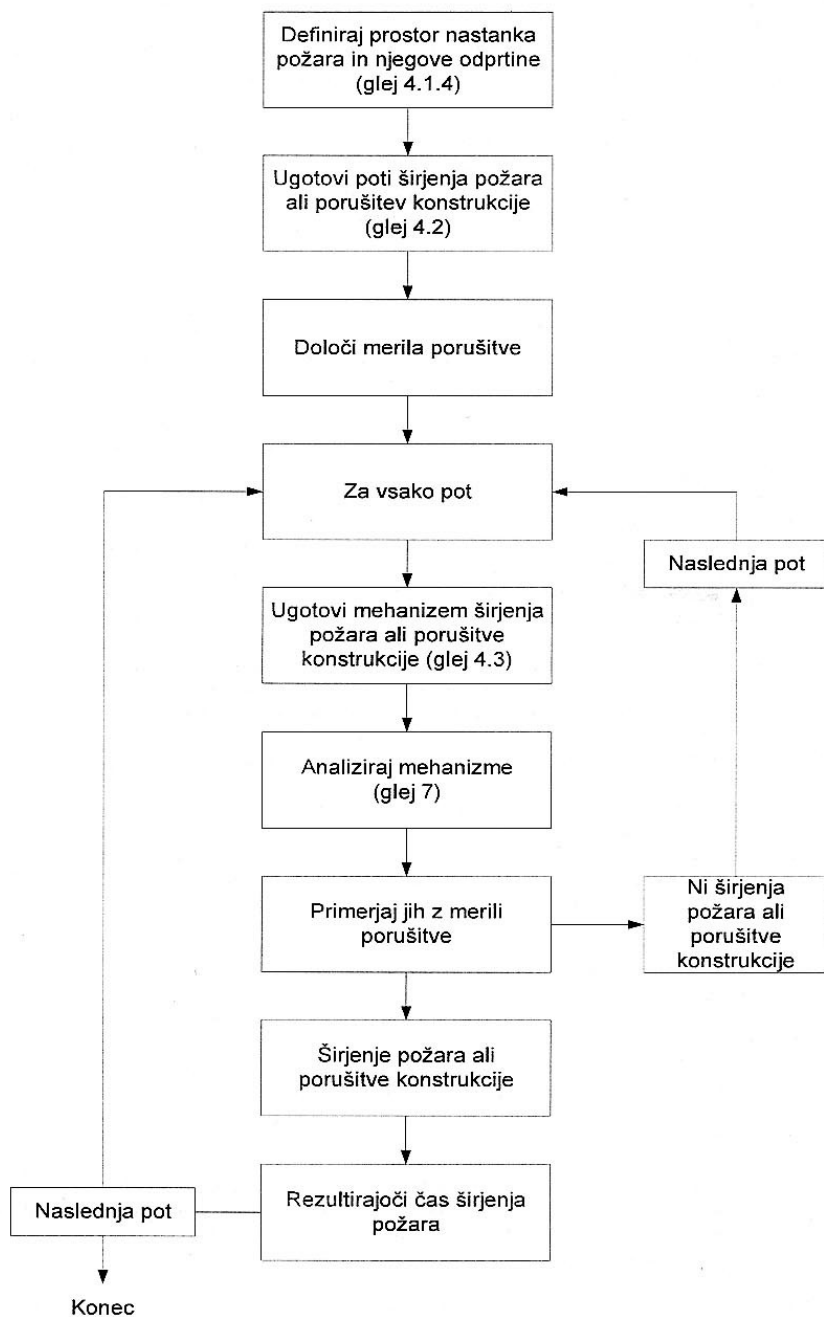


**Slika 2: Prikaz verjetnih medsebojnih vplivov med podsistemi**

#### 4.1.3 Metodologija projektiranja v podsistemu 3

Metodologija projektiranja v podsistem 3 je predstavljena na sliki 3.

Slika 3: Metodologija projektiranja v podsistemu 3



#### 4.1.4 Opis prostora nastanka požara

Vse stene in stropi v stavbi do neke mere preprečujejo širjenje požara. Nekatere od teh meja so projektirane tako, da preprečujejo širjenje požara in se običajno preskušajo v standardnih pečeh, da se zagotovi njihova požarna odpornost. Strategija požarne varnosti (vzpostavljena v kvalitativnem pregledu požarnovarnostnih dejavnikov, glej uvodni del) določi tiste meje prostorov, ki morajo biti odporne proti širjenju požara. Vendar vse mejne površine prostora, v katerem lahko pride do požara, do neke mere omejujejo požar. To je posebno pomembno zaradi hitrosti naraščanja požara in dviga temperatur v prostoru. Nadaljnja sposobnost teh v začetku omejujočih površin, da ohranijo celovitost med širjenjem požara, je odvisna od njihove konstrukcije in požarnih razmer, ki se lahko spreminjajo. Temu primerno je treba naravo prostora nastanka požara razumeti kot časovno odvisno, zato je potrebna nadaljnja analiza, ki je opisana v tem podsistemu.

Pri opisovanju lastnosti prostora nastanka požara so na voljo naslednja navodila:

- Pri napovedovanju pogojev pred nastankom požarnega preskoka obravnavamo horizontalne in vertikalne površine, ki neposredno obkrožajo požar, kot prostor nastanka požara.
- Prostor nastanka požara lahko vsebuje tudi odprtine (glej 4.1.5), ki se jih lahko določi za del meja prostora, čeprav so takoj in neposredno odprte za prehod požara in toplote.
- Po požarnem preskoku lahko predpostavimo, da trdne meje ostanejo neprepustne (celovitost) za požar tako dolgo, dokler se zaradi mehanskega odziva na izpostavljenost požaru ne pojavijo odprtine na mejah prostora. Navodila za napovedovanje odprtin, ki nastanejo zaradi požara, so v točki 7 in 12.
- Ko se definicija meja spremeni zaradi nastanka odprtin, je morda treba ponovno oceniti požarne razmere in poti širjenja požara.
- Projektiranje lahko poenostavimo s predpostavko, da je prostor omejen samo s tistimi površinami, ki imajo določeno požarno odpornost. Tako definirane prostore pogosto opisujemo kot požarne sektorje. Vmesne meje brez požarne odpornosti, zanemarimo. Z oceno požarnega sektorja lahko preverimo požarne pogoje in možnost širjenja požara. Možnosti hujših pogojev, ki se v požarnem sektorju pojavijo lokalno, ni treba upoštevati. Čeprav je lahko na primer požar v majhnem prostoru znotraj velikega požarnega sektorja hujši kot požar v celotnem sektorju, je bilo to upoštevano že v definiciji večjega prostora kot enega požarnega sektorja pri kvalitativnem pregledu požarnovarnostnih dejavnikov.

#### 4.1.5 Lastnosti odprtin (vrat, oken, prezračevalnih odprtin itd.) v razmerah brez požara

Požarni pogoji v prostoru so odvisni od velikosti, oblike in dimenzij odprtin, ki omogočajo dotok zraka do požara in odvod toplote. Če je v prostoru nastanka požara možna kombinacija različnih pogojev odpiranja (nekatera vrata so na primer odprta, nekatera zaprta), je treba upoštevati možnosti, ki najbolj prispevajo k širjenju požara, to je najhujši požarni scenarij. Predpostavka, da so vse odprtine na začetku odprte, ni nujno najhujši primer. Na voljo so naslednja navodila:

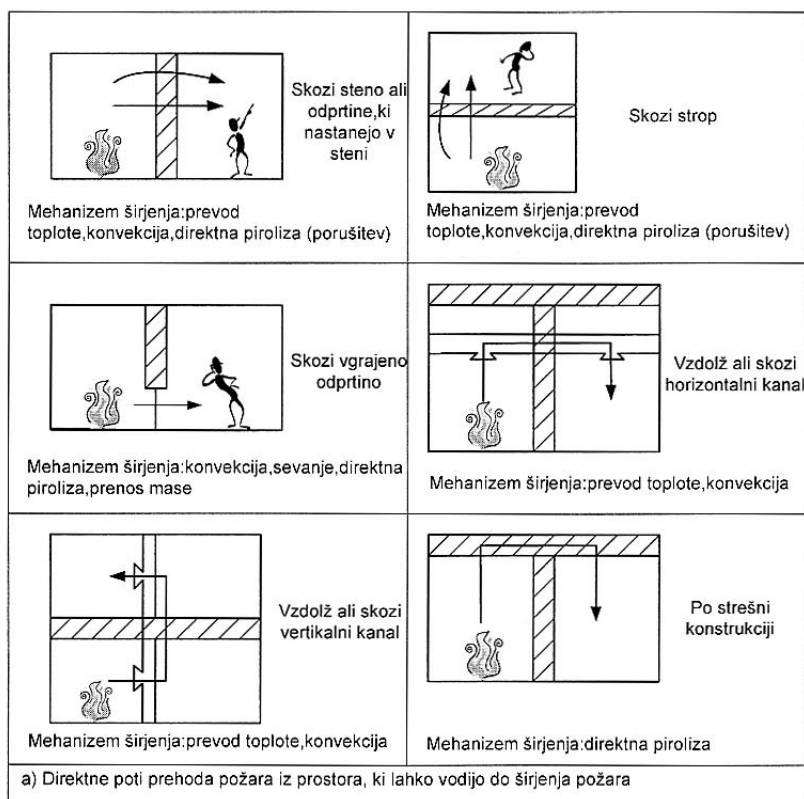
- Če prostor nima drugih odprtin, je treba predpostaviti, da so vrata odprta.
- Če ima prostor druge odprtine, je treba predpostaviti, da so vrata zaprta.
- Za vse mejne površine, skupaj z zastekljenimi, lahko predpostavimo, da ostanejo celovite v času trajanja požara, če je analiza pokazala, da požarni pogoji niso povzročili odprtin; glej točki 7 in 12.
- Veliko kombinacij pri pogojih odpiranja je mogoče simulirati z metodo Monte Carlo, ki projektantu omogoča, da oceni občutljivost projektnih rešitev.

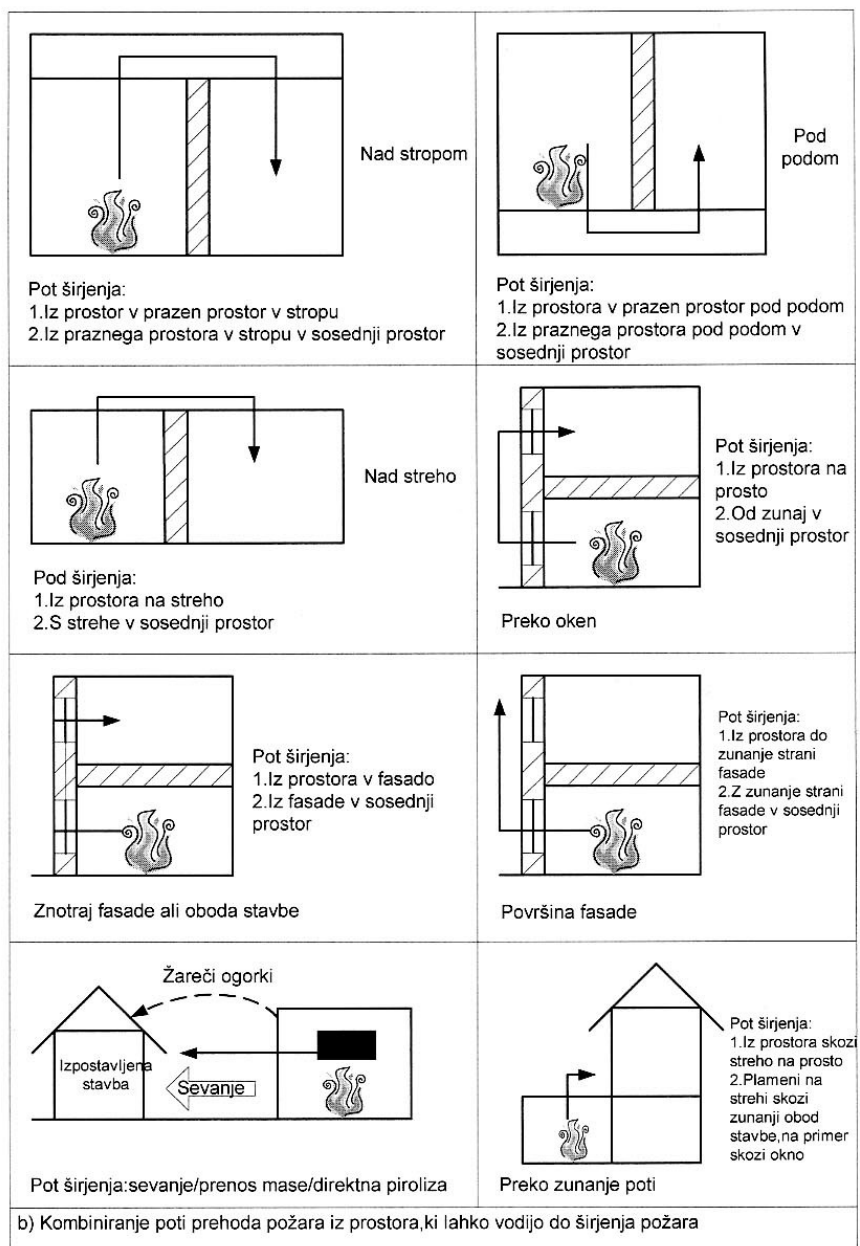
#### 4.2 Poti širjenja požara

Po opisu prostora nastanka požara mora projektant določiti vse možne poti za prehod požara skozi mejne površine. Slika 4a) prikazuje nekatere od najbolj pogostih direktnih načinov (skozi mejne elemente med dvema prostoroma ali vzdolž elementov, ki segajo preko meja prostora) za potencialno širjenje požara. V mnogih primerih morajo projektanti poleg tega direktnega širjenja upoštevati tudi možnost širjenja požara med dvema sosednjima prostoroma preko votlih prostorov v stavbi ali po zunanji strani stavbe, kot je prikazano na sliki 4b). Ti načini širjenja požara predstavljajo kombinacijo direktnih načinov širjenja in jih je treba proučevati kot serijo mehanizmov direktnega širjenja.

Idealno bi bilo raziskati vse možne poti za širjenje požara iz prostora nastanka in določiti minimalni čas tega širjenja. Vendar se lahko projektantsko delo skrajša, kadar lahko s strokovno presojo določimo tiste poti, po katerih je širjenje požara najhitrejše. Za kvalitativni pregled požarnovarnostnih dejavnikov je nujno poznati minimalni čas širjenja požara. Opozoriti je treba, da na določitev, ali bo prišlo do širjenja požara ali ne, vplivajo pogoji tako znotraj prostora nastanka požara kot tudi znotraj sosednjih zaprtih ali odprtih prostorov.

Slika 4: Poti prenosa požara





#### 4.3 Mehanizmi širjenja požara

##### 4.3.1 Uvod

Požar, ki se začne v nekem prostoru, se lahko razširi v sosednje zaprte ali odprte prostore kot posledica posameznega načina prenosa toplote ali njihove kombinacije:

- a) prevajanja toplote
- b) konvekcije
- c) sevanja
- d) prenosa mase
- e) pirolize

#### 4.3.2 Prevajanje toplote

Pri trdnih mejah prostora nastanka požara je notranja površina izpostavljena požarnim razmeram, neizpostavljena površina pa je obrnjena proti sosednjemu zaprtemu ali odprtemu prostoru. Prevelik toplotni tok od izpostavljene do neizpostavljene površine mejnih elementov lahko povzroči prehod požara v sosednje prostore. Ta mehanizem širjenja požara se običajno imenuje odpoved izolativnosti prostora.

Toplota se lahko prenaša iz prostora z direktnim prevajanjem na neizpostavljeno stran mejnih elementov ali z indirektnim prevajanjem skozi dele stavbe, ki potekajo skozi meje prostora, na primer skozi cevi, kanale, nosilce, stebre.

Ali kondukcija toplote na neizpostavljeno stran povzroči prehod požara, je odvisno od učinka te toplote na sosednje prostore. Kondukcija toplote na neizpostavljeno stran prostora, v katerem je požar, lahko povzroči širjenje požara na naslednje načine:

- vžig neizpostavljene površine,
- prevajanje toplote od neizpostavljene površine do gorljivih materialov, s katerimi je v neposrednem stiku,
- konvekcija toplote od neizpostavljene površine do bližnjih gorljivih materialov,
- sevanje toplote z neizpostavljene površine na bližnje gorljive materiale.

Te mehanizme širjenja požara lahko zaustavimo tako, da preprečimo zgornje scenarije. Vendar bo morda treba vpliv kondukcijskega segrevanja neizpostavljene strani obravnavati posebej zaradi njegovega učinka na uporabnike stavbe.

#### 4.3.3 Konvekcija

Prekomeren tok vročih plinov ali plamenov skozi odprtine prostora lahko povzroči vžig gorljivih predmetov v sosednjih prostorih. Tok vročih plinov lahko iz prostora nastanka požara potuje skozi vgrajene odprtine (kot so definirane v 4.1.5) ali skozi odprtine, ki so nastale kot posledica požara. Širjenje požara po tem mehanizmu se običajno imenuje porušitev celovitosti zaprtega prostora. Poleg tega lahko tudi porušitev mejnega elementa, na primer zato, ker v požarnih razmerah ni ohranil zadostne nosilnosti, omogoči prehod požara zaradi prevelike konvekcije.

Toplotni tok skozi odprtine je eden od parametrov, ki jih je najteže ovrednotiti, posebno v fazi med začetkom odpovedi celovitosti in popolno porušitvijo.

#### 4.3.4 Sevanje

Prehod toplote skozi odprtine prostora lahko povzroči vžig bližnjih gorljivih predmetov. Toplota lahko seva skozi vgrajene odprtine (npr. vrata in okna) ali skozi odprtine, ki so nastale zaradi požara.

#### 4.3.5 Prenos mase

Goreči predmeti lahko prehajajo iz prostora nastanka požara skozi vgrajene ali s požarom povzročene odprtine. Primeri tega prehajanja so leteči ogorki in razlivanje goreče tekočine pod vrati, ki nimajo praga.

#### 4.3.6 Piroliza in odziv na požar

Če so mejni elementi gorljivi in potekajo neprekinjeno preko meja prostora, se piroliza lahko razširi iz tega prostora. Tak primer je bočno širjenje požara znotraj debeline gorljivih sten in streh. Na uspešno zaustavitev takih poti pirolize vplivajo lastnosti odziva prisotnih materialov na ogenj in mehanska

stabilnost celotnega sistema. Elementi, ki se raztezajo preko meja prostora nastanka požara, lahko na primer omogočijo širjenje požara s pirolizo preko svojih zveznih gorljivih sestavin. Elementi, ki naj bi zaustavljali požar se lahko poškodujejo zaradi lokalne porušitve ali deformacija negorljivega dela sistema. Tudi porušitev meja prostora lahko omogoči širjenje požara z direktno pirolizo.

#### 4.4 Dejavniki, ki vplivajo na širjenje požara

Verjetnost, da se bo požar razširil izven prostora svojega nastanka, je odvisna od naslednjih dejavnikov:

- Sposobnost meja prostora, da prepreči prehod požara, je odvisna od požarne odpornosti. Meje, ki so projektirane kot požarno odporne, lahko na primer uspešno preprečijo prehod polno razvitega požara tekom znanega minimalnega časovnega intervala.
- Pričakovano jakost požara v prostoru nastanka lahko določimo iz požarne obremenitve in prezračevanja.
- Ukrepi za zmanjšanje jakosti požara zmanjšajo tudi možnost, da bi prodrli skozi meje prostora. Jakost požara lahko zmanjšamo z neposrednimi ukrepi za kontrolo požara, kot je namestitev avtomatskega sprinklerskega sistema. Kontrolo jakosti požara lahko vzpostavimo tudi posredno s projektantskimi ukrepi, kot sta zmanjšanje prezračevanja, ki je na razpolago požaru, in zmanjšanje količine gorljivih snovi, ki požar oskrbujejo z gorivom.
- Tudi velikost prostora nastanka požara lahko vpliva na jakost požara. Pri požarih v velikih prostorih z visokimi stropi, na primer v atrijih ali enoetažnih trgovskih prostorih, je bolj verjetno, da požar še naprej kontrolira gorivo in manj verjetno, da pride do požarnega preskoka.
- Dostop do odprtih vertikalnih jaškov, kot so stopnišča, jaški za dvigalo ali kanali za inštalacije, lahko poveča jakost požara zaradi dodatnega prezračevanja in prepaha. Vertikalne poti lahko prav tako omogočijo širjenje požara, če niso opremljene z ustreznimi požarnimi loputami.
- Prisotnost skritih prostorov (na primer nad obešenimi stropi, znotraj votlih konstrukcij, pod tlemi) povečuje možnost, da se požar širi neopazno.
- Razmere v zračnem tlaku v prostoru nastanka požara, oziroma natančneje razlike v tlaku med prostori, vplivajo na možnost širjenja požara. Jakost požara lahko zmanjšamo z odvodom toplote iz prostora skozi prezračevalni sistem. Poleg tega se požar in vroči plini težje širijo v sosednje prostore, če v njih vzdržujemo višji tlak kot v prostoru nastanka požara. To načelo nadtlaka se uporablja za zaščito stopniščnih jaškov.
- Velikost odprtih v mejah prostora nastanka požara vpliva na možnost širjenja požara. Nepričakovana izguba neprepustnosti za zrak zaradi slabe izdelave konstrukcije, požarno nezaščiteni stiki in prehodi inštalacij lahko ustvarijo poti, po katerih se požar z lahkoto širi.
- Zaradi deformacije konstrukcijskih elementov lahko nastanejo razpoke v mejah prostorov, in sicer postopoma ali nenadoma, kot se zgodi, če pride do obremenitve nenasilnih delov konstrukcije.
- Na možnost širjenja požara skozi votle prostore za sistemom obešenih fasad vpliva nadaljevanje delovanja sistema v požarnih pogojih. Nekateri sistemi, ki vsebujejo na primer zasteklitev ali kompozitne plošče z aluminijasto ali jekleno oblogo, se lahko deformirajo ali kako drugače reagirajo na izpostavljenost požaru, tako da omogočijo požaru, da obide požarnozaščitni element.