

Vsebina

Tlak v prostoru med gorenjem in masni tok skozi odprtine

Razvoj požara v prostoru glede na masni tok skozi odprtine

Pojav povratnega udara (backdraft)

Eksplozija dimnih plinov

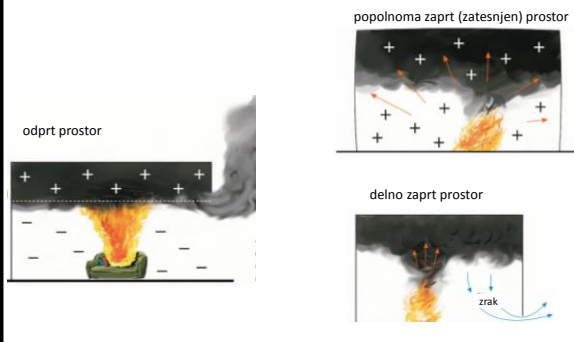
Razlike med tlakom v prostoru in okolici

Razlika med tlakom v prostoru in v okolici povzroči tok plinov iz prostora, kjer gori, v okolico in obratno.

Tlačna razlika nastane zaradi:

- gorenja
 - ekspanzija vročih plinov
 - vzgon
- običajne tlačne razlike v zgradbah in okolici
 - razlika v T (v in izven zgradbe)
 - večer (zelo vpliva na odvajanje plinov skozi streho)
 - prisilno prezračevanje v zgradbah.

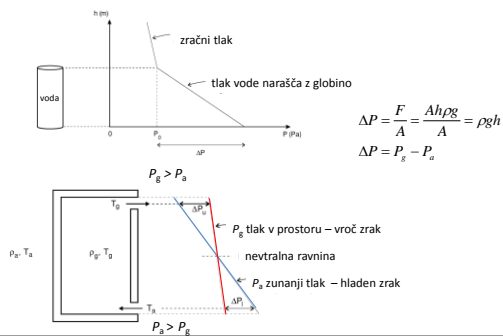
Tlak v prostoru in tok plina



Nadtlak in porušitev

| | nadtlak (kPa) |
|--------------------------------|---------------|
| okensko steklo | 2 - 7 |
| vrata (šobe) | 2 - 3 |
| lesene stene v lesenem ogrodju | 2 - 5 |
| gipsne plošče | 3 - 5 |
| 10 cm opečna stena | 20 - 35 |

Hidrostatični tlak



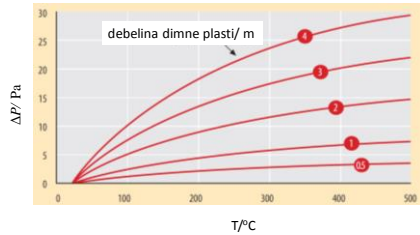
Tlak v dimni plasti v odprtem prostoru

$$\Delta P = (\rho_o - \rho_g)gh = 353 \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_g} \right) gh$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{353}{T}$$



Tlačna razlika glede na T in debelino dimne plasti



Hidrodinamični tlak

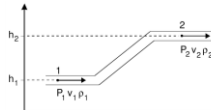
- zaradi gibanja plinov

Če v valj z vodo zvrtno luknjo, bo voda odtekla z določeno hitrostjo, hidrostatski tlak se pretvori v hidrodinamični tlak.

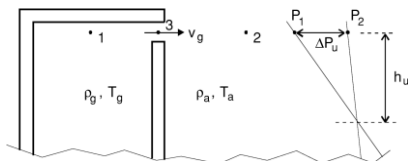
Tudi plini ob odprtinah prostora ne mirujejo, hidrostatski tlak se pretvori v hidrodinamični tlak.

Masni tok iz/v prostor lahko izračunamo, če uporabimo Bernoullijevo enačbo, ki predpostavlja, da ni izgub zaradi trenja:

$$P_1 + \frac{1}{2}v_1^2\rho_1 + \rho_1gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}v_2^2\rho_2 + \rho_2gh_2$$



Razlika v tlakah ob zgornji odprtini

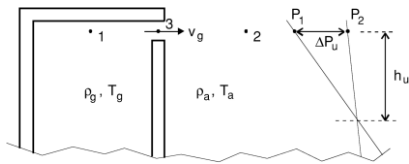


V točki 1 in 2 plin miruje ($v = 0$).

$$P_1 - P_2 = \rho_g gh_1 - \rho_a gh_2 \quad h_1 = h_2$$

$$P_1 - P_2 = (\rho_1 - \rho_2)gh$$

Razlika v tlakah ob zgornji odprtini



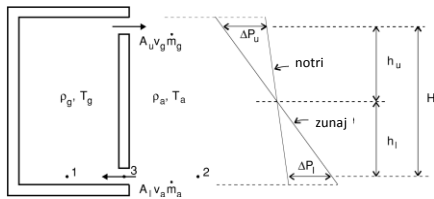
V točki 3 plin ne miruje.

$$P_1 + \frac{1}{2}v_1^2 \rho_1 + \rho_1 g h_1 = P_3 + \frac{1}{2}v_3^2 \rho_3 + \rho_3 g h_3$$

$$h_1 = h_2 = h_3 \quad \rho_1 = \rho_3 = \rho_g \quad v_1 = 0 \quad v_3 = \sqrt{\frac{2\Delta P_u}{\rho_g}} = \sqrt{\frac{2(\rho_a - \rho_g)gh}{\rho_g}}$$

$$P_1 - P_3 = \frac{1}{2}v_3^2 \rho_3 \quad \Delta P = \frac{1}{2}v_g^2 \rho_g$$

Razlika v tlakah ob spodnji odprtini



V točki 3 plin ne miruje.

$$P_2 - P_3 = \frac{1}{2}v_3^2 \rho_3 \quad \Delta P_l = \frac{1}{2}v_a^2 \rho_a \quad v_a = \sqrt{\frac{2\Delta P_l}{\rho_a}} = \sqrt{\frac{2(\rho_a - \rho_g)gh_1}{\rho_a}}$$

Masni tok skozi odprtino

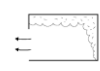
$$\dot{m}_{pl} = C_d A v \rho \quad [\text{kg/s}]$$

- A - odprtina za prezačevajne [m²]
- C_d - koeficient pretoka (0,6 - 0,7)
- v - hitrost [m/s]
- ρ - gostota

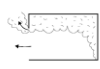
zgorjnjo odprtino masni tok skozi spodnjo odprtino

$$m_g = C_d A_g \rho_g \sqrt{\frac{2(\rho_a - \rho_g)gh_u}{\rho_g}} \quad m_a = C_d A_a \rho_a \sqrt{\frac{2(\rho_a - \rho_g)gh_1}{\rho_a}}$$

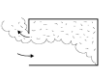
Razvoj požara v prostoru glede na masni tok skozi odprtino



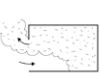
A - začetek, ekspanzija vročih plinov, ki imajo večji V od hladnih plinov. Iz prostora izhajajo hladni plini.



B - zelo kratek čas, iz prostora izhajajo hladni in vroči plini.

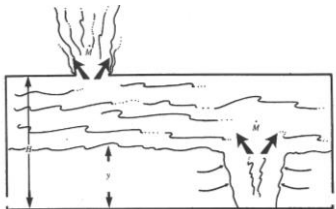


C - Izhajajo vroči plini, v prostor doteka hladen zrak. Traja lahko dalj časa, do požarnega preskoka ali zapolnitve prostora z dimom.



D - prostor je zapolnjen z dimom, T je enakomerna - polno razviti požar. Požarni preskok med C in D.

Odstranjevanje dima skozi odprtino na stropu



y - višina do katere seže dim je konstantna, če je masni tok skozi odprtino na strehi enak masnemu toku v vzgonskem toku na višini y .

Povratni udar

Definicija

Povratni udar je gorenje segrelih plinastih piroliznih produktov, ki se pojavi, ko v prostor z nizko koncentracijo kisika prodre svež zrak. To gorenje je lahko celo eksplozivno, pogosto ob odprtini v prostor nastane goreča krogla.

Povratni udar

Do povratnega udara (backdraught) pride le v posebnih okoliščinah ob nastanku dovolj velike odprtine v prostor, kjer gori (npr. odprt je vrat). Zgodi se zelo redko, posledice pa so zelo hude.

Okoliščine:

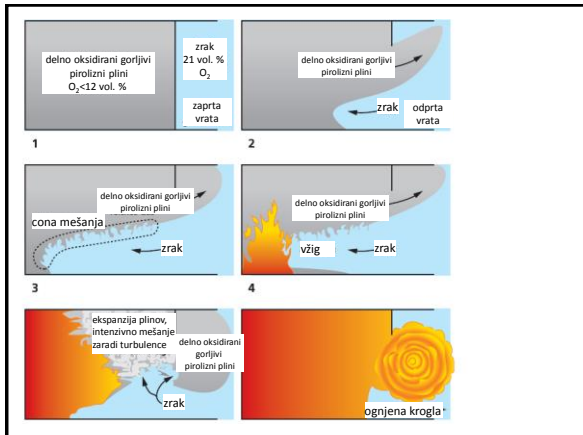
V zaprtem prostoru, kjer gori, se nakopiči velika količina nezgorelih piroliznih plinov, koncentracija kisika se zelo zmanjša (pod 12 vol. %).

Ko se vrata odpro v zgornjem delu odprtine iz prostora izhajajo dimni plini, v spodnjem delu pa doteka zrak (21 vol. % O₂).

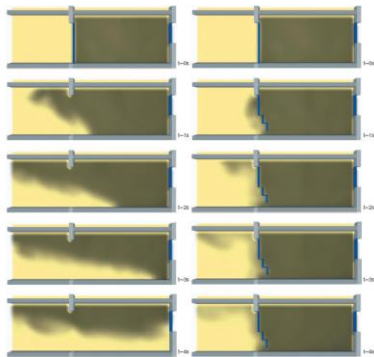
Dimni plini v zgornjem delu prostora so nad ZMV, zaradi mešanja s svežim zrakom nastane vnetljiva mešanica dimnih plinov, ki se v prisotnosti vira vžiga vžge.

Posledica gorenja je povečanje prostornine plinov, ki izpodrinejo večjo količino gorljivih plinov skozi vrata. Turbulenca povzroči dodatno mešanja dimnih plinov in svežega zraka.

Plamenska fronta potiska pred seboj dimne pline, premešane s kisikom. Zunaj prostora pride nato do njihovega vžiga, lahko nastane plamenska krogla.



Gibanje in mešanje dimnih plinov in svežega zraka



Levo - ob odprtju vrat, desno - ob uporabi dimne zapore

Gašenje požara v zaprtem prostoru



Vlek zraka ob tleh v prostor



Povratni udar

Kdaj lahko pričakujemo povratni udar?

Če gori v zaprtem prostoru s slabim prezračevanjem,
če opazimo črne mastne madeže na okenskih steklih (kondenzacija piroliznih produktov na hladnih površinah),
če so vrata in okna vroča (gori že dalj časa),
če opazimo švigajoče dimne plin skozi majhne odprtine prostora (pomanjkanje O_2)
če slišimo piskajoče zvoke pri odprtinah (zaradi toka zraka),
če opazimo vlek svežega zraka proti odprtinam.

Eksplozija dimnih plinov



Dimni plini v sosednjem prostoru se pred vžigom premešajo z zrakom, njihova koncentracija je lahko v mejah vnetljivosti.

Ko plameni prodrejo v sosednji prostor, gorljiva zmes zagori s predhodno premešanim plamenom.

Tlak v zaprtem prostoru naraste, pride do deflagracije.

Eksplozija dimnih plinov v prostoru nastanka požara

Zelo redek pojav

Prostor je zaprt, zelo omejen dovod zraka, ne pride do požarnega preskoka. Gorenje je nepopolno, nastajajo večje količine dimnih plinov, ki vsebujejo delno oksidirane produkte, ki se koncentrirajo pod stropom. Ogenj lahko celo ugasne. V dobro izoliranem prostoru lahko ostane temperatura visoka dalj časa, če je v prostoru veliko gorljivih materialov, je koncentracija plinov pod stropom visoka.

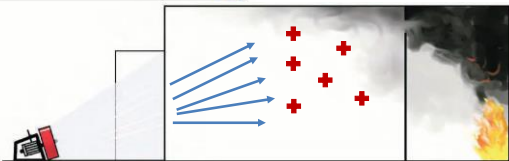
Ko se prostor začne ohlajati, zaradi nižjega tlaka v prostor vdre večja količina zraka, ki se premeša z gorljivimi plini v sobi. Če je kasneje, ko se že ustvari homogena zmes goriva in kisika, prisoten vir vžiga, lahko predhodno premešana zmes zagori, pride do deflagracije.

Varnostni ukrepi



Eksplozijo dimnih plinov preprečimo

- preventiva, preprečimo nastanek,
- z odvajanjem dimnih plinov,
- ali z nadtlakom v sosednjem prostoru.



Vprašanja

Razložite dinamiko požara v prostoru glede na masni tok skozi odprtine.

Kaj je povratni udar, v katerih okoliščinah se zgodi? kateri znaki kažejo na možnost nastanka povratnega udara?

Kdaj pride do eksplozije dimnih plinov? Kako jo preprečimo?
