

### Vsebina

Področja vzgonskega difuzijskega plamena  
hitrost in masni vzgonski tok v plamenu

Temperatura v navpičnem vzgonskem toku

Vzgonski tok in plamen pod stropom  
hitrost sproščanja toplote, temperatura in  
hitrost vzgonskega toka

---

---

---

---

---

---

---

---

### Področja vzgonskega difuzijskega plamena

Vzgonski tok - ni plamena!

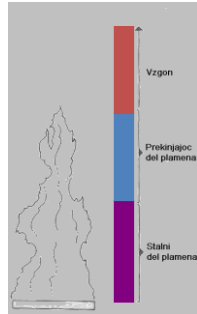
$$\frac{z}{Q^{2/5}} > 0,2$$

Področje intermitence  
-prekinjajoč del plamena

$$\frac{z}{Q^{2/5}} = 0,08 - 0,2$$

Bližnje področje  
-plamen je stalno prisoten

$$\frac{z}{Q^{2/5}} < 0,08$$




---

---

---

---

---

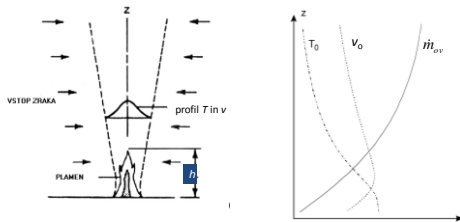
---

---

---

### Področja vzgonskega difuzijskega plamena

Osnosimetrični vzgonski difuzijski plamen




---

---

---

---

---

---

---

---

### Področja vzgonskega difuzijskega plamena

Enačbe McCaffrey

**Vzgonski tok**

- hitrost in temperatura z višino padata

$$v_0 = 1,1 \left( \frac{\dot{Q}_k}{z} \right)^{1/3}$$

**Področje intermitence**

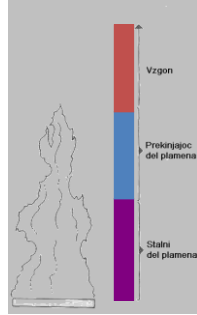
- področje "skoraj" konstantnega pretoka

$$v_0 = 1,9 \dot{Q}_k^{1/5}$$

**Bližnje področje**

- stalni plamen in pospešen pretok gorečih plinov (cona gorenja)

$$v_0 = 6,8 \sqrt{z}$$




---

---

---

---

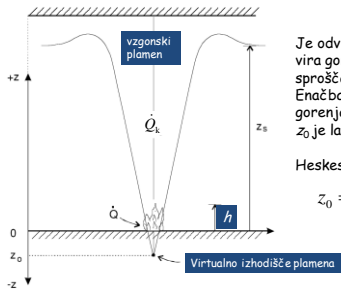
---

---

---

---

### Virtualno izhodišče plamena $z_0$



Je odvisno od premera vira gorenja in hitrosti sproščanja toplote. Enačba temelji na meritvah gorenja različnih tekočin.  $z_0$  je lahko negativen ali pozitiven.

Heskestad - enačba:

$$z_0 = 0,083 \dot{Q}_k^{2/5} - 1,02D$$

---

---

---

---

---

---

---

---

### Masni vzgonski tok v plamenu $\dot{m}_v$

Masni tok sestavljajo produkti gorenja in zrak, ki vstopa. Vstopanje zraka v plamen in višje v vzgonski tok se razlikuje, zato se enačbi (Heskestad) razlikujeta

v plamenu  $z \leq h$  
$$\dot{m}_v = 0,0056 \cdot \dot{Q}_k \cdot \frac{z}{h}$$

v vzgorskem toku  $z > h$  
$$\dot{m}_v = 0,071 \dot{Q}_k^{2/5} (z - z_0)^{3/5} + 1,92 \cdot 10^{-3} \dot{Q}_k$$

- $z$  - oddaljenost od izhodišča plamena v navpični smeri [m]
- $h$  - višina plamena [m]
- $\dot{m}_v$  - masni vzgonski tok [kg/s]
- $\dot{Q}_k$  - hitrost sproščanja toplote - konvekcija [kW]

---

---

---

---

---

---

---

---

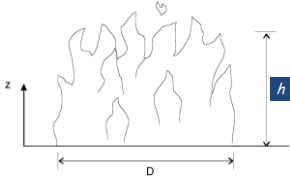
### Masni vzgonski tok če je $D > h$

V plamenu ( $z \leq h$ ) velja (Thomas):

$$\dot{m}_v = 0,188 \cdot P \cdot z^{3/2}$$

$$P = \pi D$$

$$\dot{m}_v = 0,59 \cdot D \cdot z^{3/2}$$



$P$  - obseg [m]  
 $z$  - višina glede na izhodišče plamena [m]  
 $D$  - premer plamena [m]  
 $\dot{m}_v$  - masni tok [kg/s]

---

---

---

---

---

---

---

---

### Posebnost vorteksi




---

---

---

---

---

---

---

---

### Temperatura v vzgonskem toku

Heskestad  $z > h$

$$\Delta T = 9,1 \cdot \left( \frac{T_\infty}{g \cdot c_p^2 \cdot \rho_\infty^2} \right)^{1/3} \cdot \dot{Q}_k^{2/3} (z - z_0)^{-5/3}$$

$g$  - gravitacijski pospešek 9,81 m/s<sup>2</sup>  
 $\rho_\infty$  - gostota zraka v kg/m<sup>3</sup> (večinoma 1,2)  
 $T_\infty$  - temperatura v K (večinoma 293)  
 $c_p$  - specifična toplota zraka v kJ/kg K (večinoma 1,0)

$$\Delta T = 25 \cdot \frac{\dot{Q}_k^{2/3}}{(z - z_0)^{5/3}} = 25 \cdot \left( \frac{\dot{Q}_k^{2/5}}{(z - z_0)} \right)^{5/3}$$

Velja v navpičnem vzgonskem toku, ki še ne doseže stropa.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Oblika in višina vzgonskega toka pod stropom

Vzgonski tok, ki se navpično dvigovanje, se ob stiku s stropom odkloni v vodoravni smeri radialno, nastane plast vročih plinov pod stropom.

- pomembno pri nameščanju naprav za detekcijo in javljanje gorenja ter sprinklerjev

---

---

---

---

---

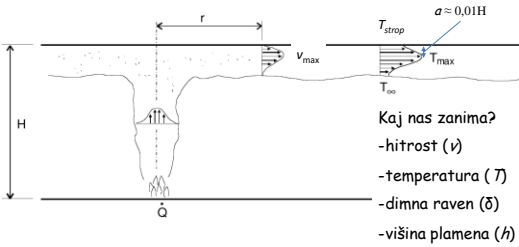
---

---

---

### Vzgonski tok pod stropom

Pod stropom je horizontalen vzgonski tok




---

---

---

---

---

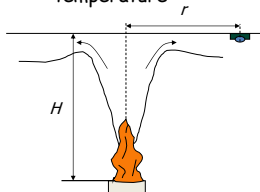
---

---

---

### Vzgonski tok pod stropom

izračun maksimalne temperature



#### Alpertova korelacija

temelji na poskusih, kjer je:

- $\dot{Q} = 0.5 - 98 \text{ MW}$  in  $H = 4.6 - 15.5 \text{ m}$
- enakomerno gorenje,  $\dot{Q}$  je konst.
- neomejen, gladek strop
- gorljiva snov vsaj  $1.8 \times H$  od stene

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vzgonski tok pod stropom

uporaba modela za neomejen raven strop ustreza za:

"velik" prostor ali "kratek" čas po vžigu

Vzgonski horizontalni tok je še neomejen, še ne dosega sten in se ne „debeli“.

**TEŽAVE** pri "majhnih" prostorih ali dolgih časih po vžigu!  
(tvori se mirna negibna raven toplih plinov, ki onemogoča nadaljnjo pot dima in plinov)

---

---

---

---

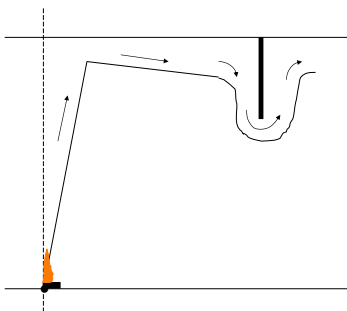
---

---

---

---

## Vzgonski tok pod stropom




---

---

---

---

---

---

---

---

## Temperatura vzgonskega toka pod stropom

$$T_{\max} - T_{\infty} = \frac{16,9 (\dot{Q})^{\frac{1}{3}}}{H^{\frac{5}{3}}} \quad \frac{r}{H} \leq 0,18$$

$$T_{\max} - T_{\infty} = \frac{5,38 (\dot{Q}/r)^{\frac{1}{3}}}{H} \quad \frac{r}{H} > 0,18$$

$r$  - oddaljenost od osi plamena [m]

$H$  - višina do stropa [m]

$\dot{Q}$  - hitrost sproščanja toplote (celotna) [kW]

---

---

---

---

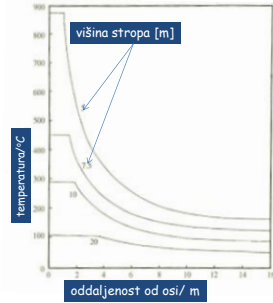
---

---

---

---

### Temperatura vzgonskega toka pod stropom



$\dot{Q}$  je v vseh poskusih 20 MJ, višine stropa so različne.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Hitrost horizontalnega vzgonskega toka pod stropom

$$v_{\max} = 0,946 \left( \frac{\dot{Q}}{H} \right)^{1/2} \quad [\text{m/s}] \quad \frac{r}{H} \leq 0,18$$

$$v_{\max} = \frac{0,197 \dot{Q}^{1/2} H^{1/2}}{r^{1/2}} \quad [\text{m/s}] \quad \frac{r}{H} > 0,18$$

Hitrost pada z oddaljenostjo od osi plamena.

Primerjava: maksimalna hitrost plinov je v prekinjajočem delu plamena:

$$v_{0,\max} = 1,9 \dot{Q}^{1/2} \quad [\text{m/s}]$$

v navpičnem vzgonskem toku pa:  $v_{0,\max} = 1,1 \left( \frac{\dot{Q}}{z} \right)^{1/3} \quad [\text{m/s}]$

---

---

---

---

---

---

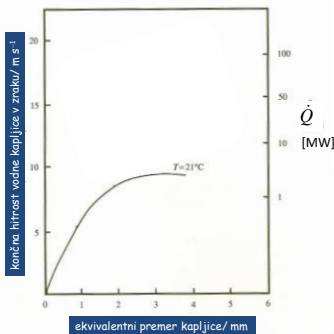
---

---

---

---

### Hitrost vodnih kapljic pri gašenju




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Toplota, potrebna za aktiviranje javljalnikov

$$\dot{Q}_{\min} = r(H(T_{akt.} - T_{\infty})/5,38)^{3/2} \quad \frac{r}{H} > 0,18$$

$$\dot{Q}_{\min} = ((T_{akt.} - T_{\infty})/16,9)^{3/2} H^{5/2} \quad \frac{r}{H} \leq 0,18$$

$T_{akt.}$  – aktivac. temp.

---

---

---

---

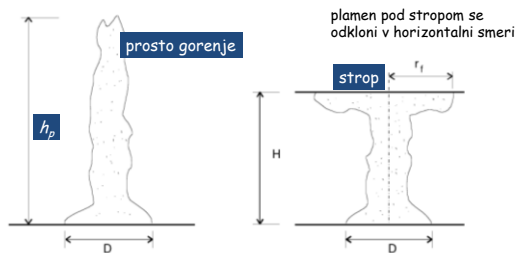
---

---

---

---

## Gorenje na prostem in v prostoru




---

---

---

---

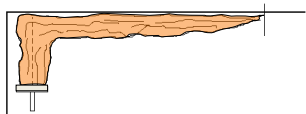
---

---

---

---

## Plamen pod stropom



nizek strop ali velik požar – plamen pod stropom v horizontalni smeri  
v horizontalnem plamenu manjše vstopanje zraka v plamen kot v vertikal.

“revna” mešanica pod stropom, omejen vstop zraka ni pomemben; dolžina plamena (vsota vertikalne in horizontalne) je manjša kot na prostem

“bogata” mešanica pod stropom, plamen je daljši kot bi bil na prostem, zaradi počasnejšega mešanja z zrakom

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vprašanja

Opišite značilnosti osnosimetričnega vzgonskega plamena (področja, hitrost plinov, masni vzgonski tok, ...).

Kaj se zgodi, ko plamen v prostoru doseže strop?

Naloge

- hitrost plinov in masni vzgonski tok v plamenu in vzgonskem toku
- temperatura v navpičnem vzgonskem toku in na stropu,
- toplotni tok, ki aktivira javljalnik

---

---

---

---

---

---

---

---