

# STN EN 1991-1-2 ZAŤAŽENIE KONŠTRUKCIÍ

## ČASŤ 3: ZAŤAŽENIA KONŠTRUKCIÍ NAMÁHANÝCH POŽIAROM

Prednášajúci: Ing. Richard Hlinka, PhD.

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci OP Vzdelávanie pre projekt „Podpora kvality vzdelávania a výskumu pre oblasť dopravy ako motora ekonomiky“ (ITMS: 26110230076), ktorý je spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho sociálneho fondu.



**Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ**

# Obsah normy

STN EN 1991-1-2:

- uvádza tepelné a mechanické zaťaženia na navrhovanie konštrukcií budov namáhaných požiarom
- uvádza:
  - požiadavky bezpečnosti
  - návrhové postupy
  - návrhové pomôcky

# Požiadavky bezpečnosti

Všeobecným cieľom požiarnej ochrany je obmedzenie rizík v prípade požiaru s ohľadom na:

- jednotlivca
- spoločnosť
- okolitý majetok
- životné prostredie
- priamo ohrozený majetok

Stavebný objekt musí byť navrhnutý tak, aby v prípade požiaru:

- bola po určitý čas zachovaná únosnosť a stabilita konštrukcie
- bol obmedzený vznik a šírenie požiaru a dymu vo vnútri objektu
- bolo zamedzené šíreniu požiaru na susedné stavebné objekty
- užívatelia mohli opustiť objekt alebo byť zachraňovaní
- bola zohľadnená bezpečnosť záchranných jednotiek

# Požiadavky bezpečnosti

Požiarne bezpečnosť môže byť splnená rôznymi postupmi:

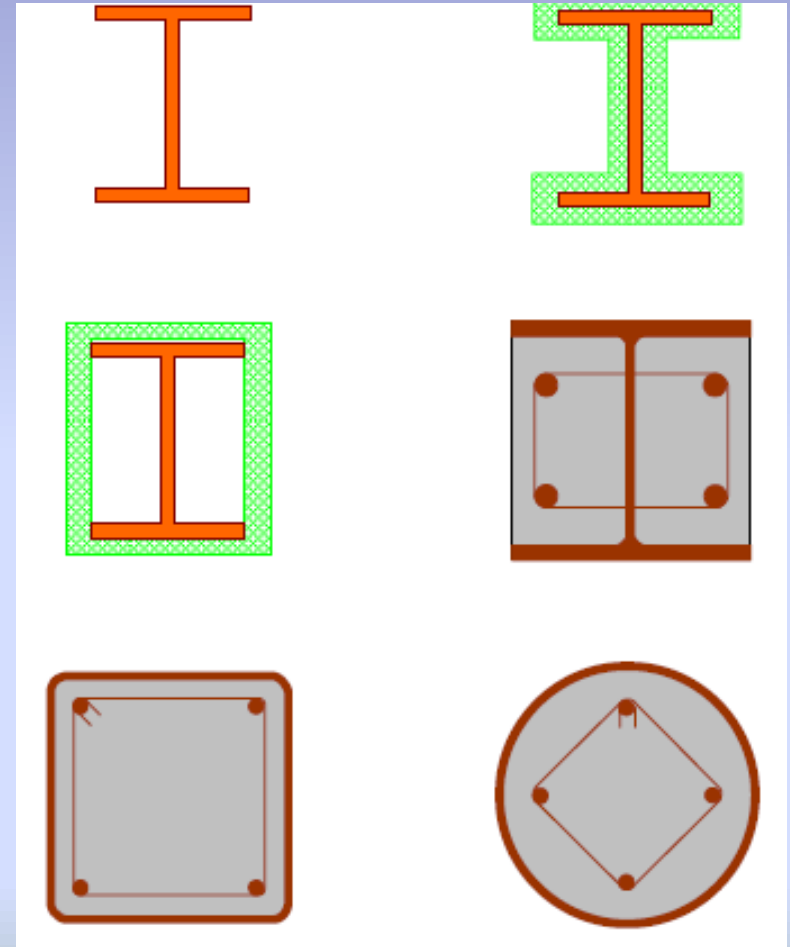
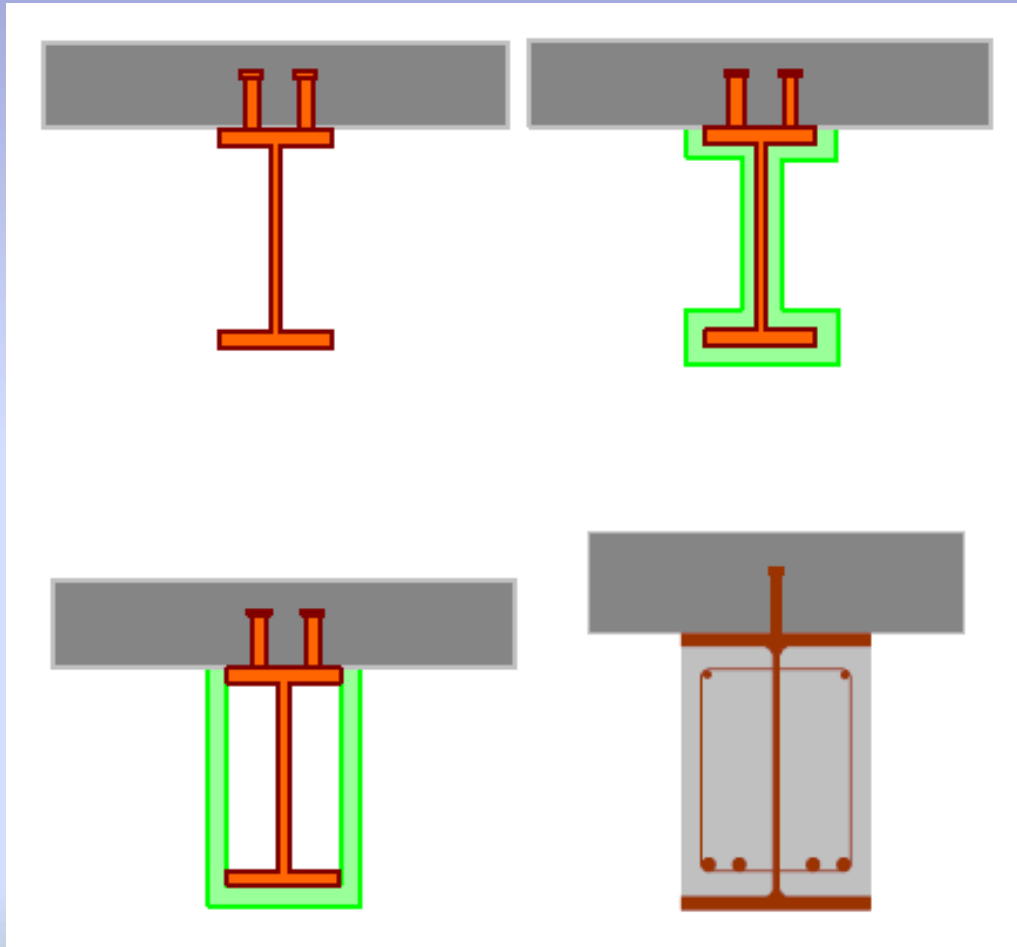
- konvenčné požiarne scenáre (nominálne požiare)
- prirodzené (parametrické) požiarne scenáre
- pasívne protipožiarne opatrenia
- aktívne protipožiarne opatrenia

Pasívne protipožiarne opatrenia  $\Rightarrow$  návrh konštrukcie na zodpovedajúcu únosnosť

Aktívne opatrenia  $\Rightarrow$  pomoc iných požiarne - bezpečnostných inštitúcií na stanovenie doplňujúcich požiadaviek:

- možnosť montáže a údržby samočinných hasiacich systémov
- podmienky na prevádzku v budove resp. požiarne úseku
- pre použitie schválených izolačných a povlakových materiálov a ich údržby

# Pasívne a aktívne opatrenia



# Návrhové postupy

## Predpisové pravidlá (Tepelné zaťaženia dané nominálnym požiarom)

### Analýza prvku

Určenie mechanických zaťažení a okrajových podmienok

Tabuľkové údaje

Jednoduché výpočtové modely

Zdokonalené výpočtové modely

### Analýza časti konštrukcie

Určenie mechanických zaťažení a okrajových podmienok

Jednoduché výpočtové modely

Zdokonalené výpočtové modely

### Analýza celej konštrukcie

Výber mechanických zaťažení

Zdokonalené výpočtové modely

Zákonitosti podložené súborom základných charakteristík  
(Fyzikálne podložené tepelné zaťaženia)

# Návrhové postupy

Zákonitosti podložené súborom základných charakteristík  
(Fyzikálne podložené tepelné zaťaženia)

Výber jednoduchých alebo zdokonalených modelov rozvoja  
požiaru

Analýza prvku

Určenie mechanických  
zaťažení a okrajových  
podmienok

Jednoduché  
výpočtové modely

Zdokonalené  
výpočtové modely

Analýza časti  
konštrukcie

Určenie  
mechanických  
zaťažení a  
okrajových  
podmienok

Zdokonalené  
výpočtové  
modely

Analýza celej  
konštrukcie

Výber  
mechanických  
zaťažení

Zdokonalené  
výpočtové  
modely

# Postup požiarneho návrhu konštrukcie

Postup:

- výber príslušných scenárov návrhových požiarov
- určenie zodpovedajúcich návrhových požiarov
- výpočet rozvoja teploty v konštrukčných prvkoch
- výpočet mechanického správania sa konštrukcie namáhanej požiarom

pozn.: zat'azenie konštrukcií namáhaných požiarom sú klasifikované ako mimoriadne zat'azenie



# Návrhový požiarne scenár

- na identifikáciu mimoriadnej návrhovej situácie sa musia určiť príslušné návrhové požiarne scenáre (odborníci z oblasti požiarnej ochrany)
- pre konštrukcie, kde zaťaženie požiarom vzniká vplyvom iného mimoriadneho zaťaženia sa toto riziko uvažuje pre celkovú koncepciu bezpečnosti



## Návrhový požiar

- pre každý návrhový požiarne scenár sa stanovuje návrhový požiar
- návrhový požiar sa v danom čase uvažuje len pre jeden požiarne úsek

# Teplotný výpočet

- v teplotnom výpočte prvku sa berie do úvahy jeho vzťah k polohe návrhového požiaru
- pre vonkajšie prvky sa uvažuje ich namáhanie požiarom cez otvory v stenách a strechách
- pre deliace steny je potrebné uvažovať namáhanie požiarom z oboch strán (dva rôzne požiare)
- postupy výpočtu:
  - pri použití nominálnej teplotnej krivky sa teplotná analýza robí pre stanovený časový interval bez uvažovania etapy chladnutia
  - pri použití požiarneho modelu sa teplotná analýza robí pre celkový čas požiaru vrátane etapy chladnutia

# Mechanický výpočet

- robí sa pre rovnaký čas ako pri teplotnom výpočte
- overenie odolnosti v časovej oblasti:

$$t_{fi,d} \leq t_{fi,requ}$$

- overenie odolnosti v pevnostnej oblasti:

$$R_{fi,d,t} \leq E_{fi,d,t}$$

- overenie odolnosti v teplotnej oblasti:

$$\Theta_d \leq \Theta_{cr,d}$$

# Tepelné zaťaženia pre teplotný výpočet

- tepelné zaťaženie udáva čistý tepelný tok na povrch prvku:

$$h_{net} = h_{net,c} + h_{net,r} \quad \left[ W/m^2 \right]$$

- čistý tepelný tok prestupujúci prúdením:

$$h_{net,c} = \alpha_c \cdot (\Theta_g - \Theta_m) \quad \left[ W/m^2 \right]$$

$$\alpha_c \quad \left[ W/(m^2 K) \right]$$

súčiniteľ prestupu tepla prúdením

$$\Theta_g \quad [^\circ C]$$

teplota plynu v blízkosti prvku namáhaného požiarom

$$\Theta_m \quad [^\circ C]$$

teplota povrchu prvku

# Tepelné zaťaženia pre teplotný výpočet

- čistý tepelný tok prestupujúci sálaním:

$$h_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_t \cdot \sigma \cdot \left[ (\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right] \quad \left[ W/m^2 \right]$$

$$\Phi \leq 1,0$$

polohový faktor

$$\varepsilon_m = 0,8$$

emisivita povrchu

$$\varepsilon_t = 1,0$$

emisivita požiaru

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \left[ W/(m^2 K^4) \right] \quad \text{Stephan Boltzmannova konštanta}$$

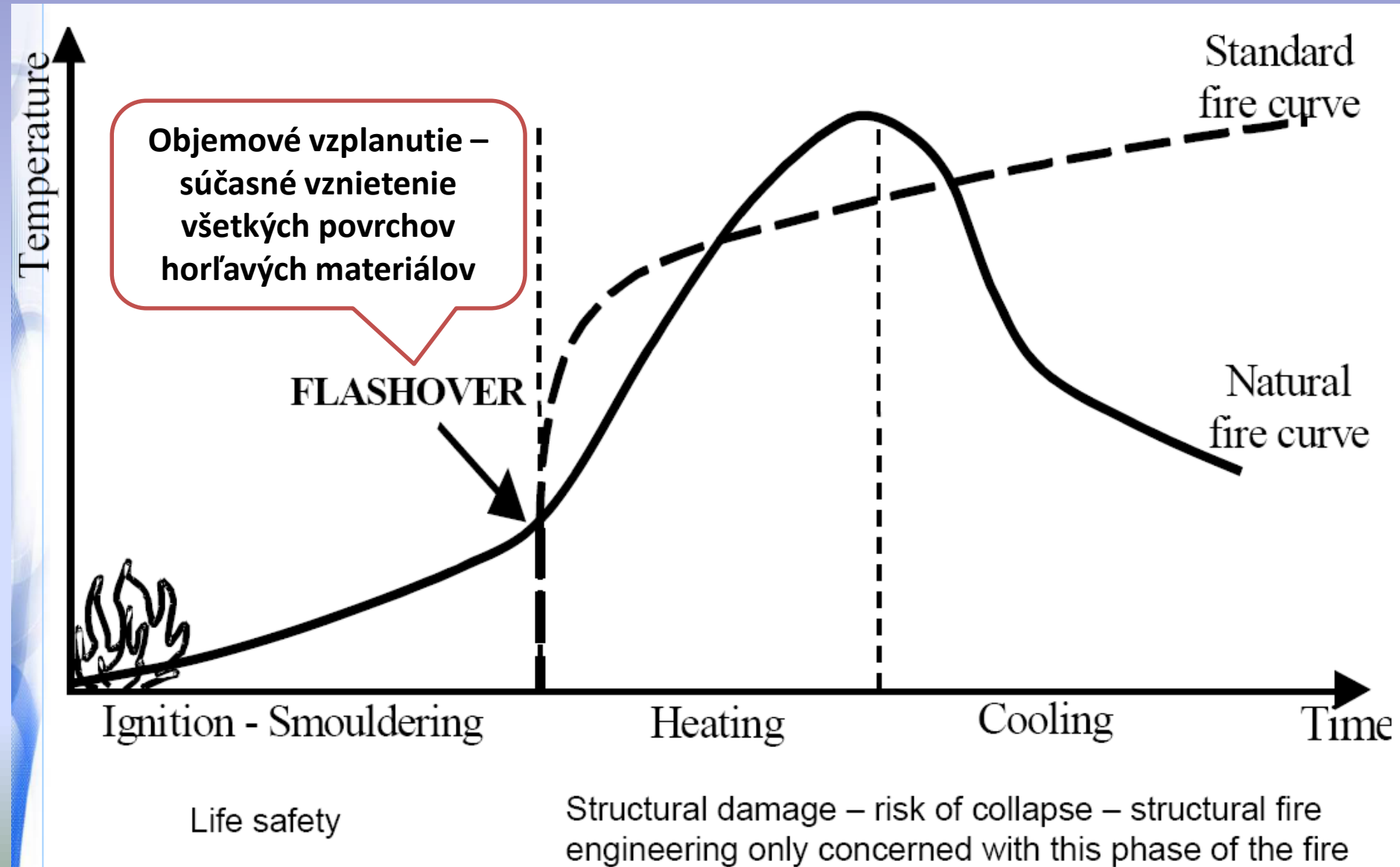
$$\Theta_r \quad [^\circ C]$$

účinná teplota sálania požiarneho prostredia

$$\Theta_m \quad [^\circ C]$$

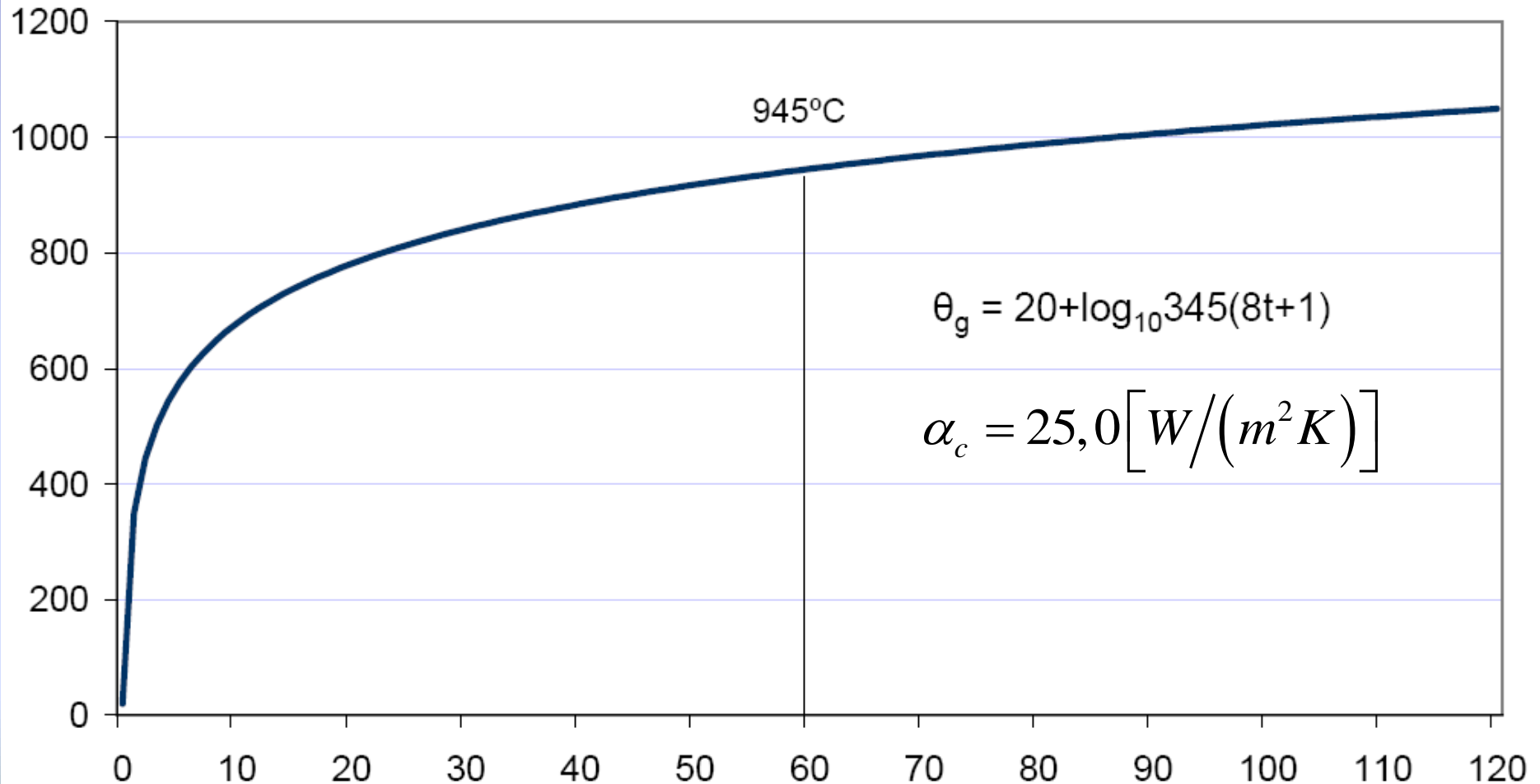
teplota povrchu prvku

# Návrh konštrukcie na účinky požiaru



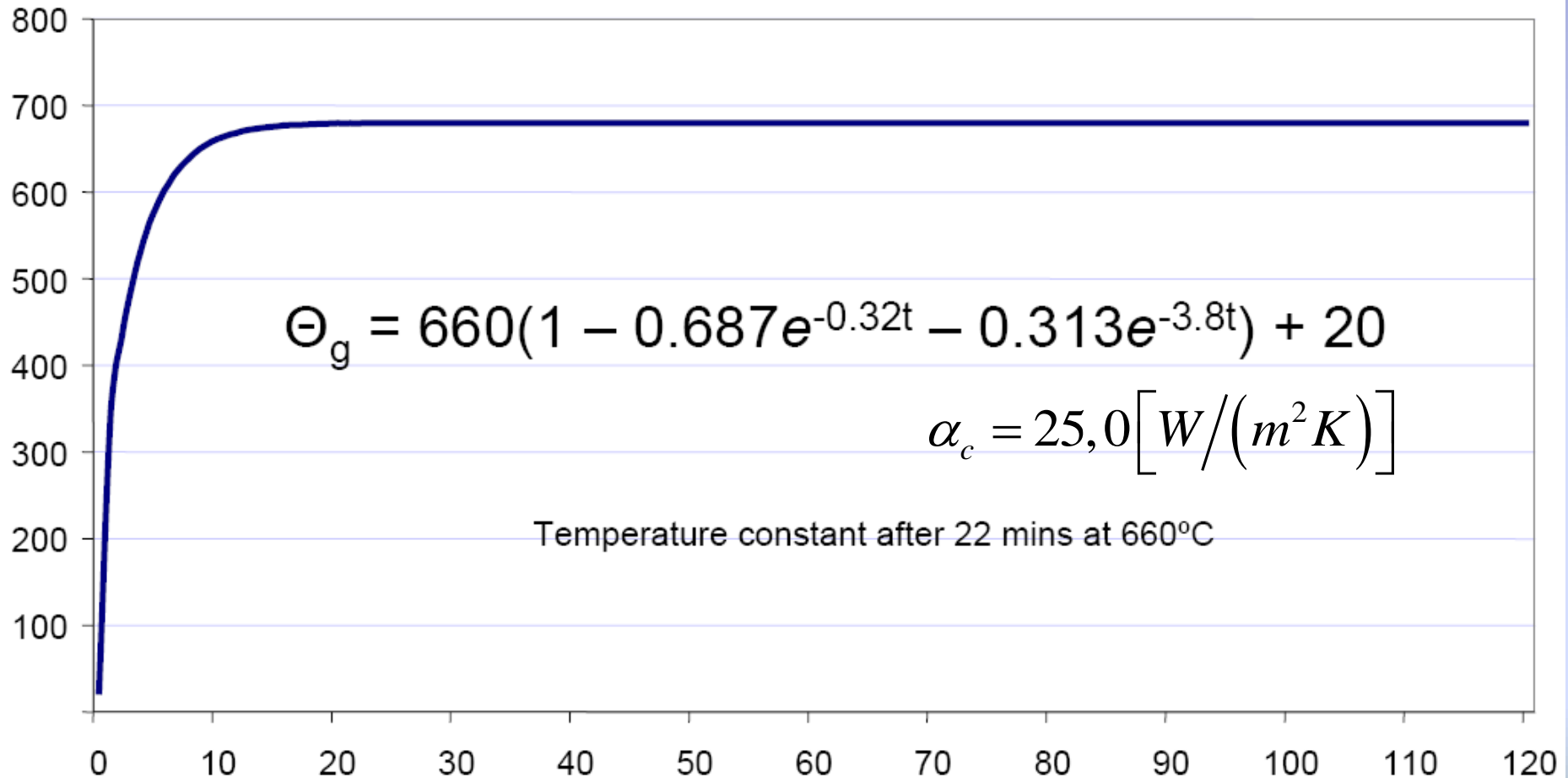
# Nominálne teplotné krivky

- normalizovaná teplotná krivka:



# Nominálne teplotné krivky

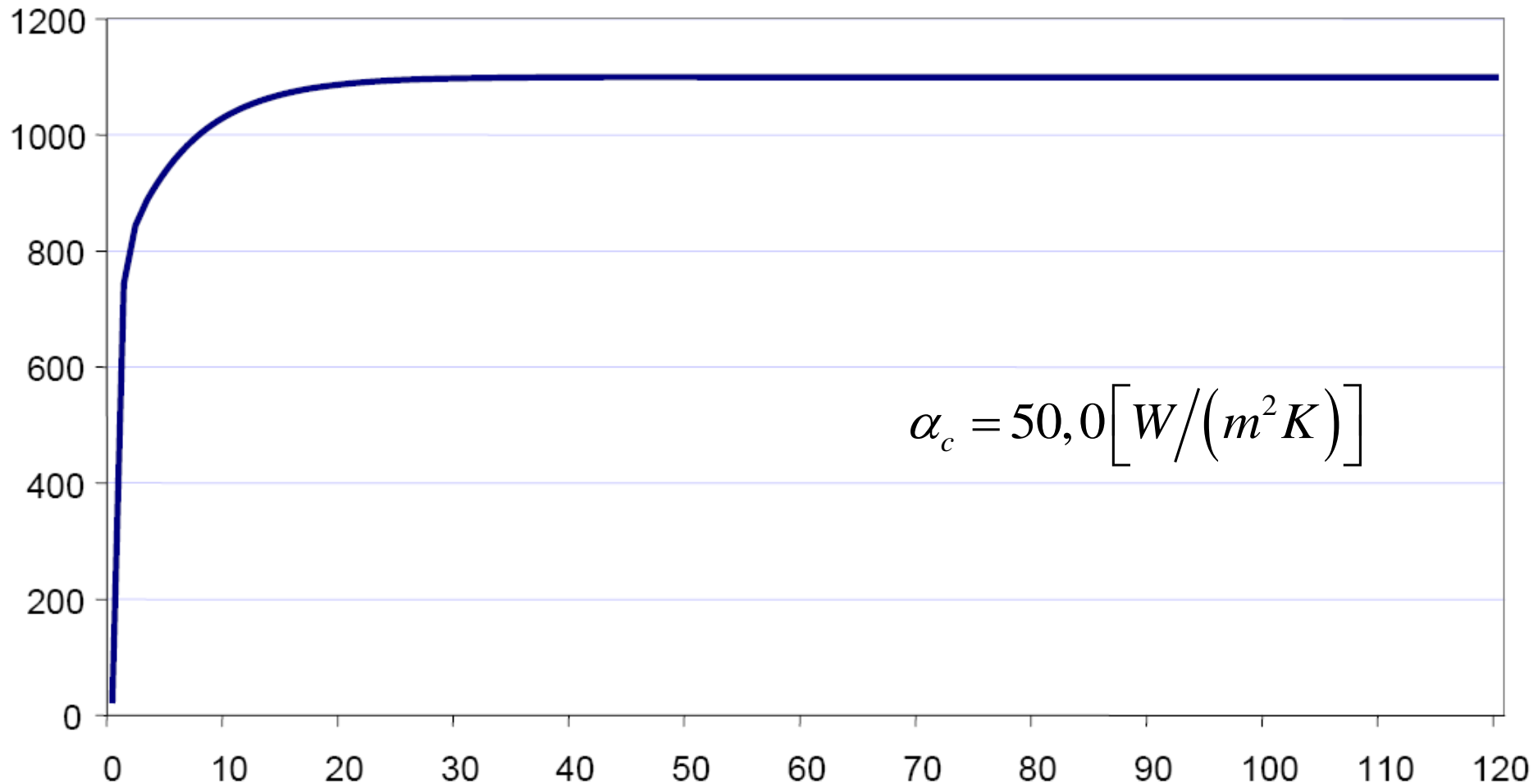
- vonkajšia požiarna krivka:





# Nominálne teplotné krivky

- uhľovodíková krivka:



# Požiarne modely - zjednodušené

- obmedzená možnosť použitia
- pre zjednodušené požiarne modely je  $\alpha_c = 35,0 \left[ W / (m^2 K) \right]$

## A, požiare v úseku

- rovnomerné rozdelenie teploty
- teplota je funkciou času
- teploty plynov sa určia na základe fyzikálnych parametrov
- do úvahy sa berú hustota požiarneho zaťaženia a podmienky odvetrania
- pre vonkajšie prvky sa zložka sálavého tepelného toku stanoví ako súčet z požiarneho úseku a plameňov vystupujúcich z otvorov

Hustota požiarneho zaťaženia = požiarne zaťaženie na jednotku plochy

## B, lokálne požiare

- použitie v prípade nepravdepodobnosti vzniku objemového vzplanutia (flashoveru)

# Požiare v úseku - zjednodušená metóda

Metóda umožňuje stanovenie:

- maximálnej teploty požiaru v požiarnej úseku
- veľkosti a teploty plameňov šľahajúcich z otvorov
- parametrov sálenia a prúdenia

Podmienky použitia:

- splnené podmienky pre pomer  $D/W$
- rozmery požiarneho úseku do dĺžky 70 m, šírky 18 m a výšky 5 m
- uvažuje sa rovnomerná teplota po celej šírke a výške plameňa

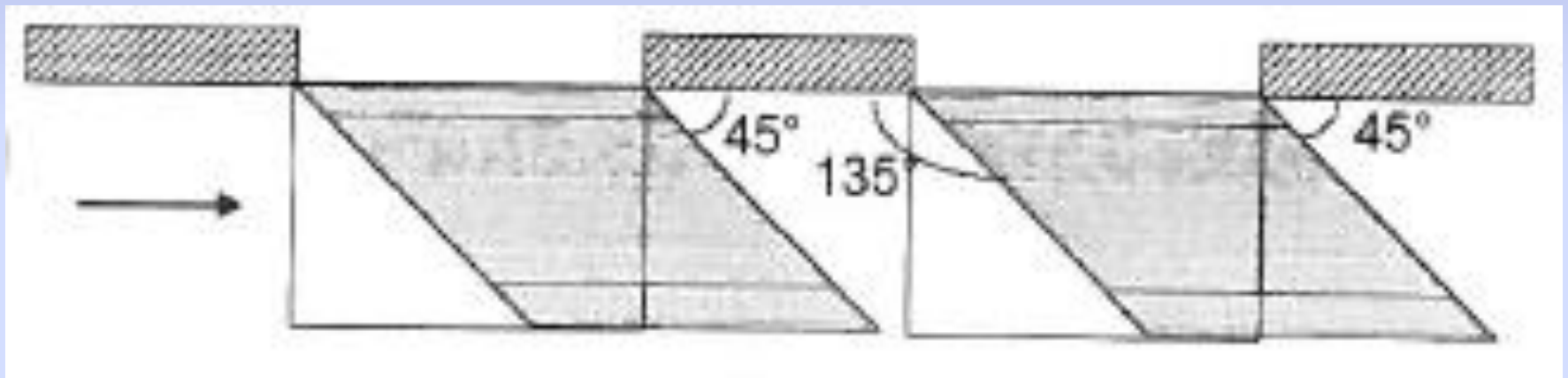
Účinky vetra:

- odklon plameňa vetrom
- nútené vetranie
- bez núteného vetrania

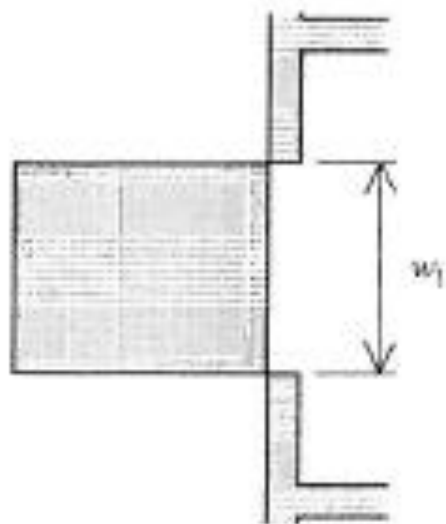
# Odklon plameňa vetrom

Šírenie plameňov z otvorov:

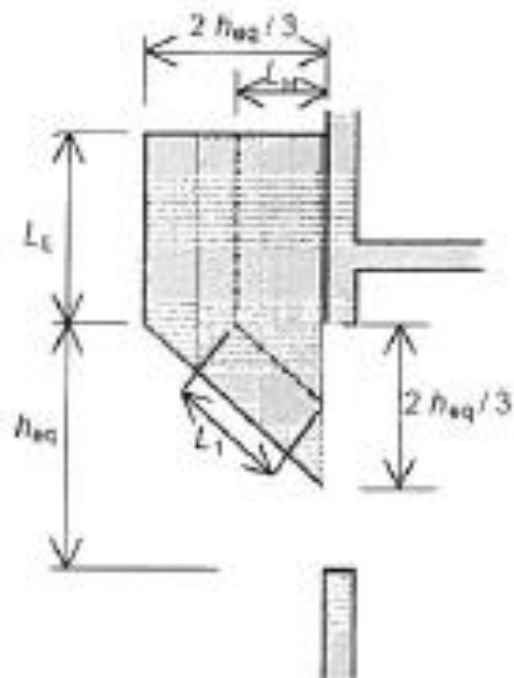
- kolmo na fasádu
- pod sklonom  $45^\circ$  účinkom vetra



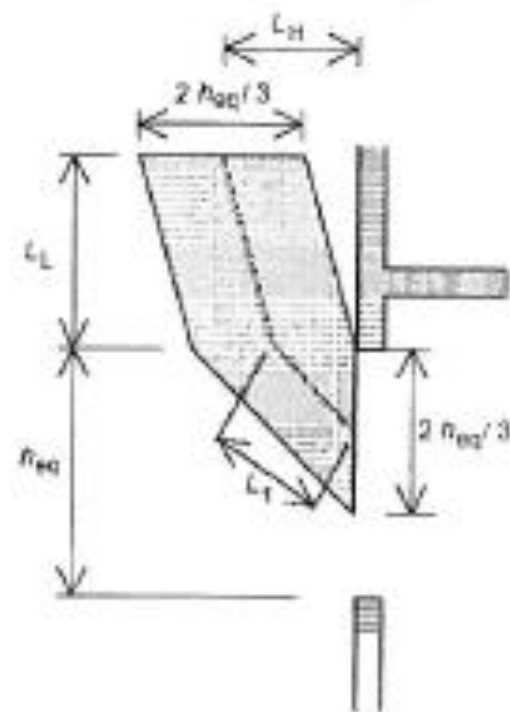
# Bez núteného vetrania



pôdorys

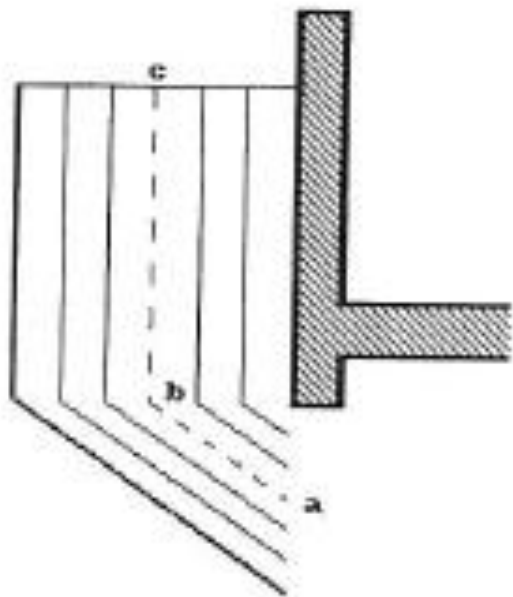


zvislý rez

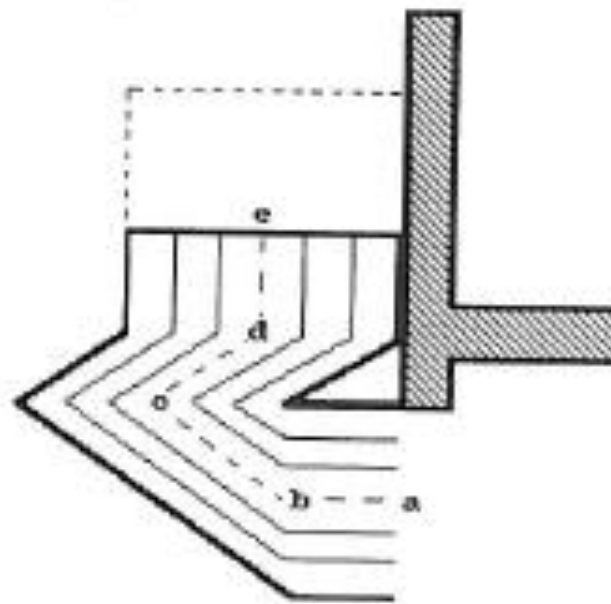


zvislý rez

# Bez núteného vetrania - odklon plameňa

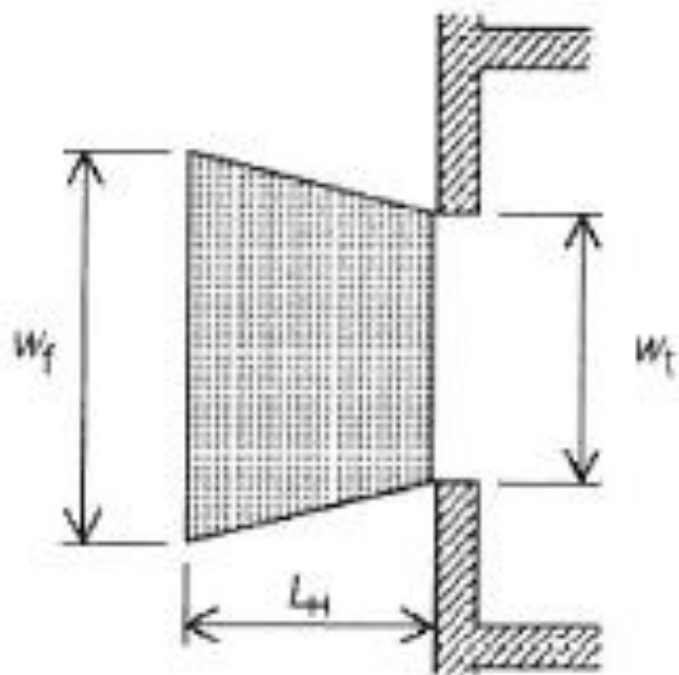


$a b c = L_1$   
zvislý rez

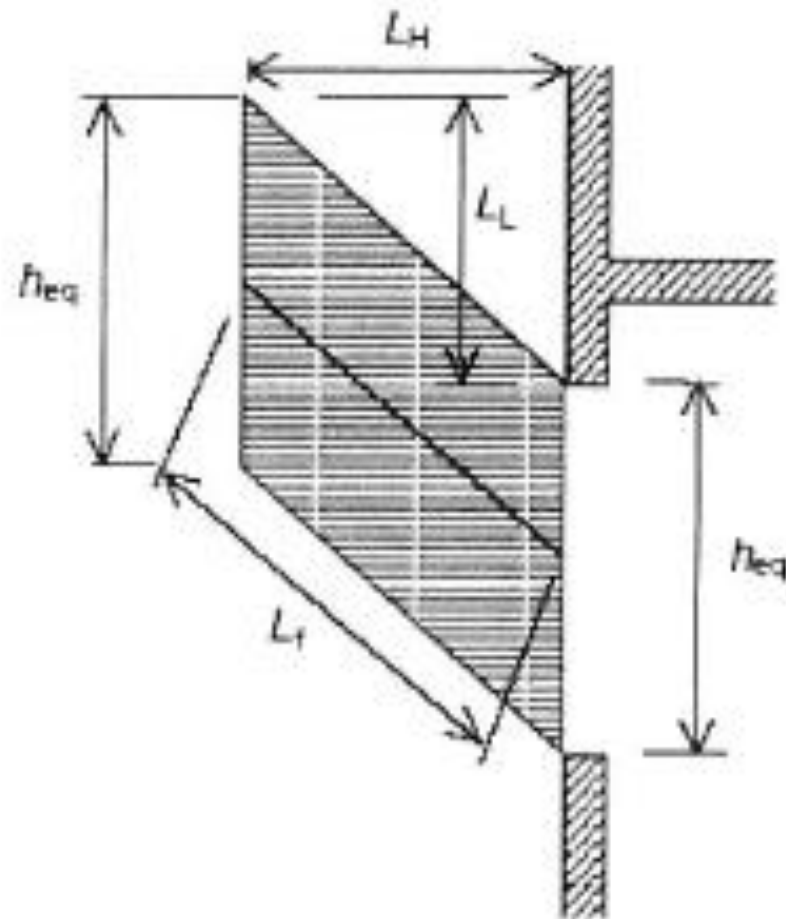


$a b c d e = L_1$  a  $W_a = a b$   
zvislý rez

# Priečne alebo nútené vetranie

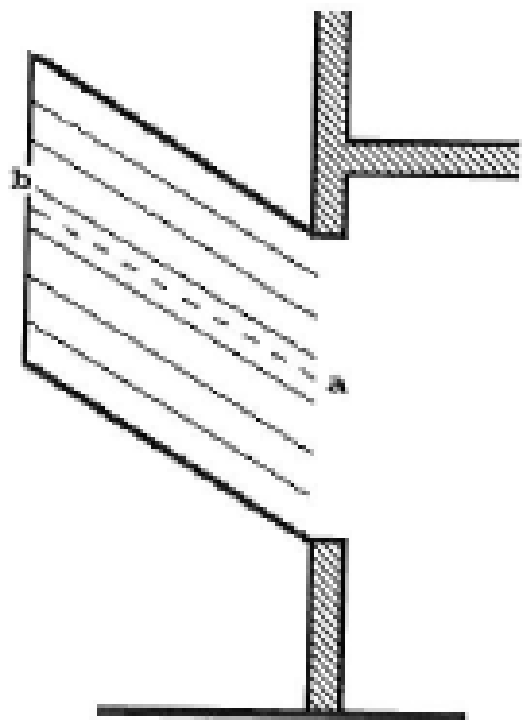


pôdorys  
 $w_f = w_t + 0,4 L_H$



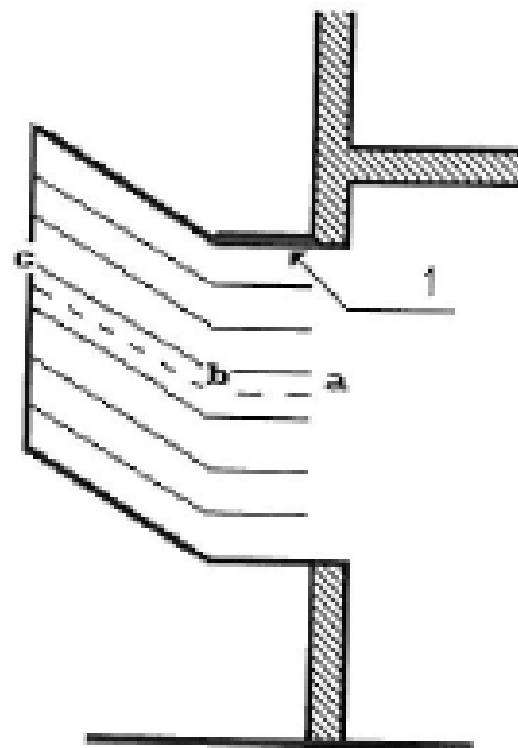
zvislý rez  
 $L_1 = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2}$

# Nútené vetranie - odklon plameňa



$$a b = L_f$$

zvislý rez



$$a b c = L_f$$

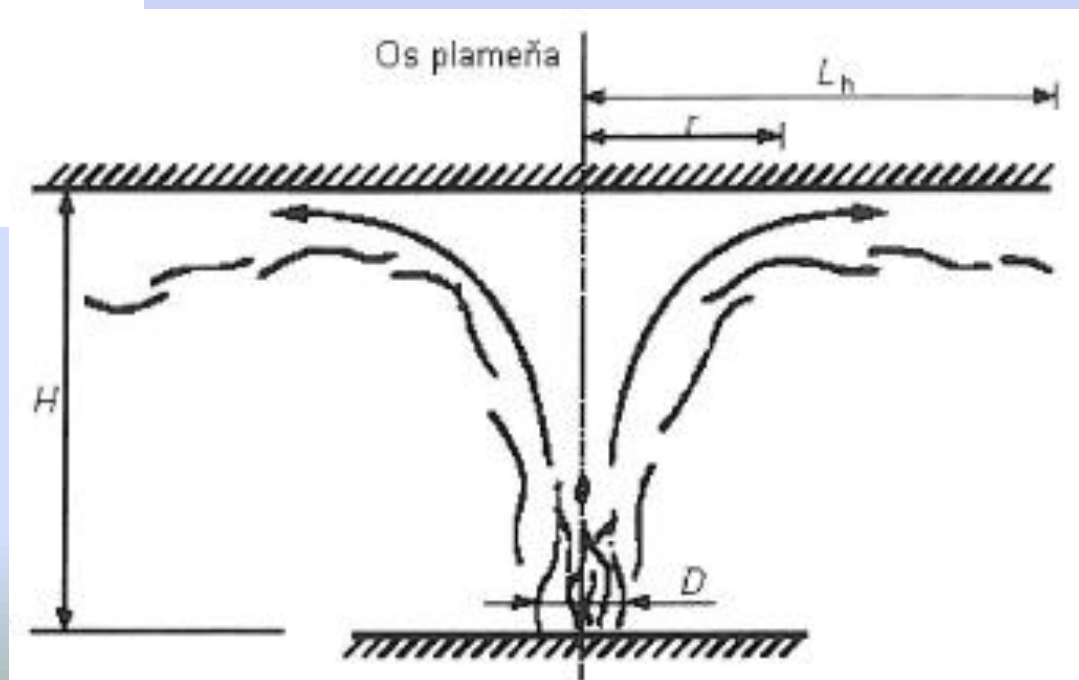
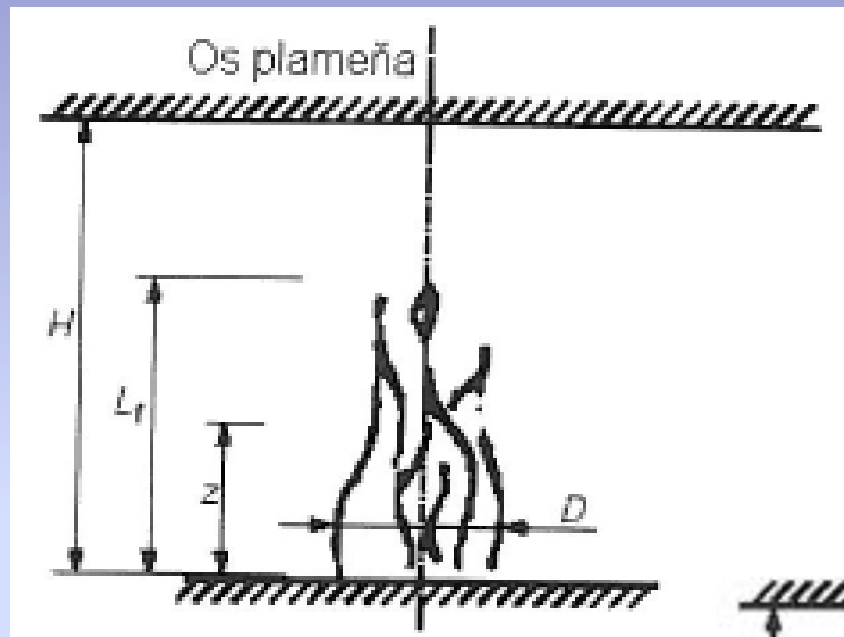
Legenda

1 markíza

zvislý rez



# Lokálne požiare



# Požiarne modely - zdokonalené

Zdokonalené modely požiaru berú do úvahy:

- vlastnosti plynu
- zmenu hmotnosti
- zmenu energie

Modely:

- jednozónové modely - predpokladajú rovnomerne rozšírenú, časovo závislú teplotu v úseku
- dvojjónové modely - predpokladajúce hornú vrstvu s časovo závislou hrúbkou a časovo závislou rovnomernou teplotou a dolnú vrstvu s časovo závislou rovnomernou ale nižšou teplotou
- numerické fluidné dynamické modely poskytujúce celkový vývoj teploty v úseku v závislosti od času a priestoru

$$\alpha_c = 35,0 \left[ W / (m^2 K) \right]$$

# Mechanické zaťaženia pre analýzu konštr.

zmeny teploty počas požiaru  $\Rightarrow$  predĺženia a deformácie  $\Rightarrow$  vnútorné sily

môžu sa zanedbať, ak:

- majú veľmi malú hodnotu
- pôsobia priaznivo

pre stanovenie nepriamych zaťažení sa má uvažovať:

- vynútené tepelné predĺženie prvkov (stĺpy vo viacpodlažných budovách s tuhými stenami)
- rozdielna tepelná rozpínavosť v staticky neurčitých prvkoch (spojité podlahové dosky)
- teplotné gradienty (spády), ktoré spôsobujú vnútorné napätia v priečnom reze
- tepelné rozpínanie priľahlých prvkov (posunutie hlavy stĺpu vplyvom rozpínania podlahovej dosky)
- tepelné rozpínanie prvkov ovplyvňujúce prvky mimo požiarneho úseku