



**PAVUS, a.s.**

AUTORIZOVANÁ  
OSOBA AO 216

Zak.č. 506174 /

Z 220060374

POSOUZENÍ POŽÁRNÍ  
ODOLNOSTI DŘEVĚNÉ  
NOSNÉ OBVODOVÉ STĚNY

Cedar Home s.r.o.  
Dobříkov 73  
566 01 Vysoké Mýto

Posudek obsahuje : 20 stran textu

Počet výtisků : 2 + 1 autorsky

Praha, leden 2007

1. Předmět posudku, výchozí podklady	3
2. Popis obvodové stěny	5
3. Mezní stavy požární odolnosti podle ČSN a EN norem	6
4. Zásady početního posouzení požární odolnosti	10
5. Únosnost ohřelých dřevěných prvků podle ČSN P ENV 1995-1-1 a 1995-1-2	14
6. Posouzení požární odolnosti obvodové stěny	18
7. Závěr	20

# 1. PŘEDMĚT POSUDKU, VÝCHOZÍ PODKLADY

## 1.1. Předmět posudku

Tento posudek je předmětem plnění uzavřené smlouvy č.506174 mezi objednavatelem firmou CANADIAN WOOD a.s., Vysoké Mýto a zhotovitelem PAVUS a.s., Praha. Náplní posudku je stanovení požární odolnosti dřevěné nosné obvodové stěny, kterou firma používá jako nosný prvek pro výstavbu jednodušších dřevěných staveb.

Obvodová stěna bude posouzena na požár z vnitřní strany podle ČSN EN 1363-1 a na požár z vnější strany podle ČSN EN 1363-2. Celkové posouzení stěny bude provedeno podle ČSN EN 1365-1.

Posouzení požární odolnosti je provedeno teoretickým výpočtem v souladu s ustanovením článku 4.3.b) normy ČSN 73 0810.

## 1.2. Výchozí podklady

K posudku byla použita tato literatura :

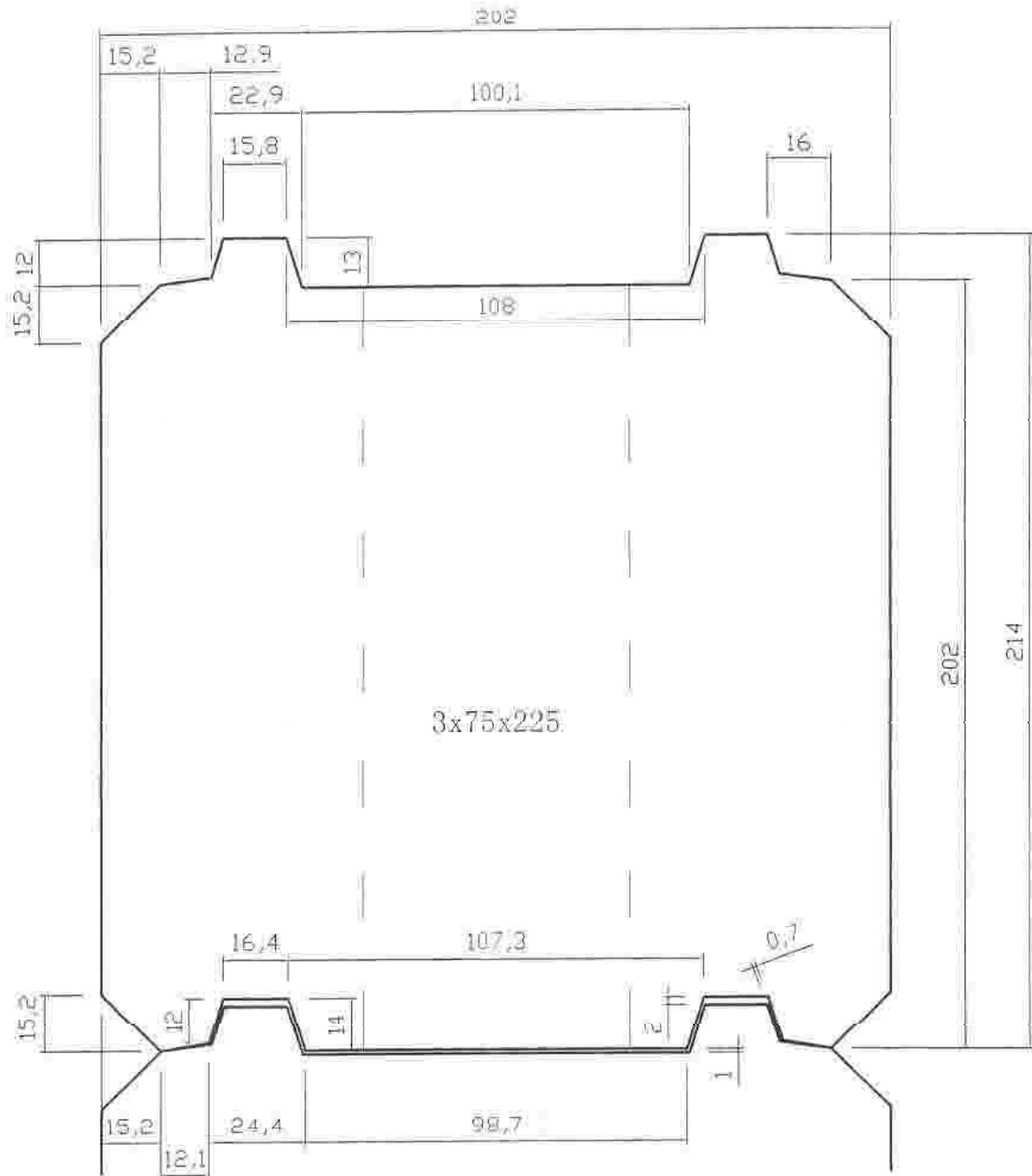
- /1/ Příčný profil trámů skládajících obvodovou stěnu
- /2/ ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty
- /3/ ČSN 73 0810 : 2005 Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení
- /4/ ČSN EN 1363-1 Zkoušení požární odolnosti - Základní požadavky
- /5/ ČSN EN 1363-2 Zkoušení požární odolnosti - Alternativní a doplňkové postupy
- /6/ ČSN EN 1365-1 Zkoušení požární odolnosti nosných prvků - Část 1 : Stěny
- /7/ ČSN EN 13501-2 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 2 : Klasifikace podle zkoušek požární odolnosti kromě vzduchotechnických zařízení
- /8/ ČSN EN 1990 Eurokód : Zásady navrhování konstrukcí

- /9/ ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1 : Zatížení konstrukcí -  
Část 1-1 : Obecná zatížení - Objemové tíhy,  
vlastní tíha a užitná zatížení pozem. staveb
- /10/ ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1 : Zatížení konstrukcí -  
Část 1-2 : Obecná zatížení - Zatížení  
konstrukcí vystavených účinkům požaru
- /11/ ČSN P ENV 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí  
Část 1-1 : Obecná pravidla a pravidla pro  
pozemní stavby
- /12/ ČSN P ENV 1995-1-2 Navrhování dřevěných konstrukcí  
Část 1-2 : Obecná pravidla - Navrhování  
konstrukcí na účinky požáru
- /13/ Směrnice pro výpočet požární odolnosti ocelových konstrukcí,  
VÚPS Praha 1984, autor Jan Karpaš

## 2. POPIS OBVODOVÉ STĚNY

Pro posouzení požární odolnosti lze stěnu charakterizovat jako dřevěnou stěnu tloušťky 200 mm, složenou z jednotlivých tvarovaných trámů z rostlého dřeva. Příčný řez jedním trámem je na následujícím obrázku :

### LH 202x214 (202) /1 LAMECO



### 3. MEZNÍ STAVY POŽÁRNÍ ODOLNOSTI PODLE ČSN A EN NOREM

#### 3.1. Mezní stavy stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0810

Mezní stavy požární odolnosti podle ČSN 73 0810 jsou :

R - ztráta únosnosti nebo stability

E - porušení celistvosti

I - překročení mezních teplot na neohřívané straně konstrukce

W - překročení mezní radiace ve stanoveném místě

#### 3.2. Kritéria dosažení mezních stavů podle ČSN EN 1363-1

1) Ztráta únosnosti nebo stability R nastává v okamžiku, kdy nosná konstrukce není schopna nést dané zatížení, nebo kdy se tato konstrukce zřítí.

U ohýbaných prvků se za porušení nosnosti považuje překročení obou následujících podmínek :

- mezní průhyb  $D = L^2/400 d$  [mm]

- mezní rychlost průhybu  $dD/dt = L^2/9000 d$  [mm/min]

kde L je světlé rozpětí zkušební vzorku [mm]

d vzájemná vzdálenost krajních vláken tlačené

a tažené zóny průřezu v nezahrátém stavu [mm]

U dřevěných konstrukcí můžeme tento mezní stav posoudit také podle ČSN P ENV 1995-1-2.

2) Ztráta celistvosti E nastává v okamžiku vzniku trhlin, jimiž pronikají produkty hoření nebo plameny v takové míře, že :

- dojde ke vznícení přikládaného bavlněného polštářku, nebo

- je možný průchod 6 mm nebo 25 mm měrkou, nebo

- dojde k souvislému plamennému hoření.

U dřevěných konstrukcí můžeme také tento mezní stav posoudit podle ČSN P ENV 1995-1-2.

- 3) Překročení mezních teplot na neohřívané straně I nastává v okamžiku, kdy se oproti počáteční teplotě zvýší
- průměrná teplota o více než o 140 °C, nebo
  - teplota kteréhokoliv měřeného místa o více než 180 °C.

### 3.3. Požární otevřenost obvodových stěn podle ČSN 73 0802

U obvodových stěn se stanovuje též jejich požární otevřenost. V evropských normách není tato problematika řešena a proto se v ČR postupuje podle nového znění české normy ČSN 73 0802 : 2000.

Požární otevřenost obvodových stěn se posuzuje podle velikosti radiace  $W$  z jejich neohřívané strany. Je-li v čase požadované požární odolnosti tato radiace

- větší než 60 kW/m<sup>2</sup>, považuje se stěna za zcela požárně otevřenou plochu,
- mezi 15 až 60 kW/m<sup>2</sup>, považuje se stěna za částečně požárně otevřenou plochu,
- menší než 15 kW/m<sup>2</sup>, považuje se stěna za požárně uzavřenou plochu.

Radiaci  $I_p$  můžeme vypočítat z povrchové teploty stěny  $T_k$  podle vzorce :

$$I_p = \sigma \cdot E \cdot (T_k + 273,15)^4 \quad [\text{W/m}^2] \quad (3.1)$$

kde  $\sigma$  je Stephan-Boltzmannova konstanta ( $= 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )  
 $E$  emisivita povrchu (většinou se počítá s bezpečnou hodnotou  $E = 1,0$ ) [ - ]

Vyčísleme-li výše uvedený vzorec ( 3.1 ) pro hraniční hodnoty radiace 15 kW/m<sup>2</sup> a 60 kW/m<sup>2</sup>, dostáváme odpovídající hraniční povrchové teploty stěny :

$$T_{k,15} = 445 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$T_{k,60} = 740 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

### 3.4. Množství tepla uvolněné při hoření vnějšího povrchu stěny

Jde o nový požadavek, který je v normě ČSN 73 0802 zaveden. Požární otevřenost ploch obvodových stěn se posuzuje také podle množství tepla uvolněného při hoření jejich vnějšího povrchu.

- a) Konstrukce obvodových stěn druhu DP1 nebo DP2, které mají z vnější strany dodatečný obklad z hmot stupně hořlavosti B až C2, při jehož shoření se uvolní množství tepla :
- větší než  $350 \text{ MJ/m}^2$ , se posuzují jako zcela požárně otevřená plocha,
  - mezi  $150$  až  $350 \text{ MJ/m}^2$ , se posuzují jako částečně požárně otevřená plocha,
  - menší než  $150 \text{ MJ/m}^2$ , se posuzují jako požárně uzavřená plocha.
- b) Konstrukce obvodových stěn druhu DP1 nebo DP2, které mají z vnější strany dodatečný obklad z hmot stupně hořlavosti C3, se posuzují vždy jako zcela požárně otevřená plocha.
- c) Konstrukce obvodových stěn druhu DP3 se posuzují podle radiace, která při hoření vnějšího obkladu po dobu požadované požární odolnosti vzniká. Je-li tato radiace
- větší než  $60 \text{ kW/m}^2$ , považuje se stěna za zcela požárně otevřenou plochu,
  - mezi  $15$  až  $60 \text{ kW/m}^2$ , považuje se stěna za částečně požárně otevřenou plochu,
  - menší než  $15 \text{ kW/m}^2$ , považuje se stěna za požárně uzavřenou plochu.

### 3.5. Normové teplotní křivky podle ČSN EN 1363-1 a ČSN EN 1363-2

Podle čl. 5.4.1 normy ČSN 73 0810 se hodnotí požární odolnost obvodových stěn při působení požáru :

- z vnitřní strany objektu,
- z vnější strany objektu.

Podle ČSN EN 1363-1 se teplota v peci při zkoušce požární odolnosti (vnitřní požár) řídí rovnicí :

$$T_N = T_0 + 345 \log(8t + 1) \quad \{ 3.2 \}$$

kde  $T_0$  je teplota před počátkem tepelného namáhání,  
která se ve výpočtech uvažuje hodnotou 20 °C  
t čas od počátku tepelného namáhání v minutách

Obvodové stěny, které se nacházejí v požárně nebezpečném prostoru nebo tvoří požární pásy, se musí hodnotit také na působení vnějšího požáru. Pro jeho velikost stanovuje ČSN EN 1363-2 mírnější průběh teplot, daný rovnicí :

$$T_N = T_0 + 660 (1 - 0,687 e^{-0,32t} - 0,313 e^{-3,8t}) \quad \{ 3.3 \}$$

Význam značek je stejný jako v předešlé rovnici.

# 4. ZÁSADY POČETNÍHO POSOUZENÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI

## 4.1. Teoretický výpočet teplotního pole

Teoretické stanovení požární odolnosti vychází z výpočtu nestacionárního jednosměrného vedení tepla ohřivaným materiálem při působení normového požáru na posuzovanou konstrukci.

Fourierova parciální diferenciální rovnice nestacionárního vedení tepla má tvar :

$$\frac{dT}{dt} = a \frac{d^2T}{dx^2} \quad \{ 4.1 \}$$

kde  $dT$  je přírůstek teploty  $(^{\circ}\text{C})$   
 $dt$  přírůstek času  $(\text{s})$   
 $dx$  tloušťka dílčí vrstvy materiálu  $(\text{m})$   
 $a$  součinitel teplotní vodivosti  $(\text{m}^2/\text{s})$

Součinitel teplotní vodivosti materiálu lze vyjádřit vztahem :

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad \{ 4.2 \}$$

kde  $\lambda$  je součinitel tepelné vodivosti  $(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$   
 $c$  měrné teplo  $(\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K})$   
 $\rho$  objemová hmotnost  $(\text{kg}/\text{m}^3)$

Výpočet teplotního pole probíhá postupně v časových intervalech  $dt$ . V každém časovém intervalu se určují teploty v rovinách, oddělujících jednotlivé dílčí vrstvy materiálu. Obtížnost řešení nestacionárního vedení tepla spočívá v proměnnosti tepelné technických parametrů materiálů v závislosti na jejich teplotě.

Časový interval výpočtu je nutno volit tak, aby pro každý vyskytující se materiál byla splněna podmínka :

$$dt < \frac{dx_i^2}{2a_i} = \frac{dx_i^2 \cdot c_i \cdot \rho_i}{2 \cdot \lambda_i} \quad \{ 4.3 \}$$

V rovnici ( 4.3 ) značí :

$dx_i$	- tloušťka dílčí vrstvy i-tého materiálu	(m)
$a_i$	- nejvyšší hodnota součinitele teplotní vodivosti i-tého materiálu ve vyšetřo- vané teplotní oblasti 20 °C až 1000 °C	(m <sup>2</sup> /s)

Okrajová podmínka na straně povrchu konstrukce vystavené tepelnému namáhání je dána normovými rovnicemi ( 3.2 ) nebo ( 3.3 ).

Detailní sestavy rovnic a postup výpočtu teplotního pole jsou uvedeny ve Směrnici (lit./13/).

#### 4.2. Tepelně technické parametry použitých materiálů

Ve výpočtech se vyskytují pouze dva materiály, rostlé dřevo a zuhelnatělé dřevo. Jejich tepelně technické parametry jsou :

##### Rostlé dřevo

objemová hmotnost	$\rho_0 = 450$	kg/m <sup>3</sup>
tepelná vodivost	$\lambda = 0,16 + 0,00024 \cdot T$	W/m.K
měrné teplo	$c = 2500 + 3,75 \cdot T$	J/kg.K
hmotnostní vlhkost	$v = 8$	%

##### Zuhelnatělé dřevo

objemová hmotnost	$\rho_0 = 225$	kg/m <sup>3</sup>
tepelná vodivost	$\lambda = 0,10$	W/m.K
měrné teplo	$c = 1400$	J/kg.K
hmotnostní vlhkost	$v = 0$	%

*Poznámka :* Protože zuhelnatělé dřevo je většinou rozpraskané a částečně i odpadlé, byla do výpočtů zadávána jeho tloušťka pouze poloviční hodnotou, což je na straně požární bezpečnosti.

VYPOCET JEDNOSMERNEHO NESTACIONARNIHO VEDENI TEPLA  
DIFERENCNI METODOU

uloha : CANADIAN WOOD a.s. - OBVODOVA STENA - VNITRNI POZAR  
cislo : 1

\*\*\*\*\*

$$\text{alfa } i = 25.000 + .20000 * 5.67E-8 * (aTP^4 - aTM^4) / (TP - TM)$$

$$\text{alfa } e = 9.000$$

$$\text{pocatecni teplota} = 20.000 \text{ [ st. C ]}$$

$$\text{pocet materialu} = 2$$

material cislo : 1

$$\text{lambda} = .1000 + .000000 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$$

$$c = 1400.00 + .000000 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$$

$$RO = 225.00 + .000000 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$$

$$\text{tloustka materialu} = .02400 \text{ [ m ]}$$

$$\text{pomerna vlhkost materialu} = .00000 \text{ [ \% ]}$$

$$\text{pocet vrstev materialu} = 4$$

material cislo : 2

$$\text{lambda} = .1600 + .000240 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$$

$$c = 2500.00 + 3.750000 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$$

$$RO = 450.00 + .000000 * T + .0000E-00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$$

$$\text{tloustka materialu} = .15200 \text{ [ m ]}$$

$$\text{pomerna vlhkost materialu} = 8.00000 \text{ [ \% ]}$$

$$\text{pocet vrstev materialu} = 10$$

$$\text{interval vypoctu} = 1.00000 \text{ [ sec ]}$$

$$\text{interval tisku} = 5.00000 \text{ [ min ]}$$

$$\text{mnozstvi vody premenene na paru} = 40.00000 \text{ [ \% ]}$$

$$\text{pozarni krivka : 1 standardni pozar : } T = T_0 + 345 * \log(8 * t + 1)$$

VYPOCET

doba min	teplota pozaru	teplota vrstva 1	teplota vrstva 5	teplota vrstva 15
5.0	576.4	495.9	25.3	20.0
10.0	678.4	639.6	54.9	20.0
15.0	738.6	711.6	94.3	20.0
20.0	781.4	759.8	111.0	20.0
25.0	814.6	796.1	151.5	20.0
30.0	841.8	825.5	184.3	20.0
35.0	864.8	850.2	212.1	20.0
40.0	884.7	871.4	236.2	20.0
45.0	902.3	889.9	255.0	20.0
50.0	918.1	906.5	271.5	20.0
55.0	932.3	921.3	288.0	20.0
60.0	945.3	934.9	303.9	20.0

\*\*\*\*\*

vypocet ukoncen

VYPOCET JEDNOSMERNEHO NESTACIONARNIHO VEDENI TEPLA  
DIFERENCNI METODOU

uloha : CANADIAN WOOD a.s. - OBVODOVA STENA - VNEJSI POZAR  
cislo : 2

\*\*\*\*\*

alfa i = 25.000 + .80000 \* 5.67E-8 \* (aTP<sup>4</sup> - aTM<sup>4</sup>)/(TP - TM)  
alfa e = 9.000  
pocatecni teplota = 20.000 [ st. C ]

pocet materialu = 2

material cislo : 1  
lambda= .1000 + .000000\*T + .0000E+00\*T<sup>2</sup> + .0000E+00\*T<sup>3</sup>  
c = 1400.00 + .000000\*T + .0000E+00\*T<sup>2</sup> + .0000E+00\*T<sup>3</sup>  
RO = 225.00 + .000000\*T + .0000E+00\*T<sup>2</sup> + .0000E+00\*T<sup>3</sup>  
tloustka materialu = .02400 [ m ]  
pomerna vlhkost materialu = .00000 [ % ]  
pocet vrstev materialu = 4

material cislo : 2  
lambda= .1600 + .000240\*T + .0000E+00\*T<sup>2</sup> + .0000E-00\*T<sup>3</sup>  
c = 2500.00 + 3.750000\*T + .0000E+00\*T<sup>2</sup> + .0000E-00\*T<sup>3</sup>  
RO = 450.00 + .000000\*T + .0000E+00\*T<sup>2</sup> + .0000E+00\*T<sup>3</sup>  
tloustka materialu = .15200 [ m ]  
pomerna vlhkost materialu = 8.00000 [ % ]  
pocet vrstev materialu = 10

interval vypoctu = 1.00000 [ sec ]  
interval tisku = 5.00000 [ min ]

pozarni krivka : 11 Vnejsi pozar

VYPOCET

doba min	teplota pozaru	teplota vrstva 1	teplota vrstva 5	teplota vrstva 15
5.0	588.5	504.8	25.3	20.0
10.0	661.5	631.0	55.2	20.0
15.0	676.3	658.2	94.0	20.0
20.0	679.2	664.8	106.8	20.0
25.0	679.8	666.6	141.6	20.0
30.0	680.0	667.5	167.2	20.0
35.0	680.0	668.2	187.3	20.0
40.0	680.0	668.7	203.7	20.0
45.0	680.0	669.1	216.9	20.0
50.0	680.0	669.4	226.0	20.0
55.0	680.0	669.7	233.7	20.0
60.0	680.0	669.8	242.0	20.0

\*\*\*\*\*

vypocet ukoncen

## 5. ÚNOSNOST OHŮRELÝCH DŘEVĚNÝCH PRVKŮ PODLE ČSN P ENV 1995-1-1 A 1995-1-2

Dřevěný průřez vystavený účinkům požáru jednak odhořívá, a tím se zmenšuje jeho průřezová plocha, a jednak se ohřevem snižují fyzikální mechanické parametry dřeva. Příznivě naopak působí skutečnost, že se požár hodnotí jako mimořádná situace, při které se součinitelé zatížení a materiálu uvažují pouze hodnotou 1,0. Teplota vznícení dřevní hmoty se podle českých a zahraničních výzkumů pohybuje okolo 300 °C. Samovznícení se podle ČSN P ENV 1995-1-2 neuvažuje, ale vypočítává se čas porušení ochranného pláště (kap.3.2 a Příloha C), což se považuje za okamžik vznícení.

### 5.1. PRVKY NAMÁHANÉ NA OHYB

#### A) NÁVRH NA POKOJOVOU TEPLITU (ČSN P ENV 1995-1-1)

a) Podmínka únosnosti :  $M_d / W \leq f_{m,d}$  ( 5.1 )

b) Návrhová pevnost v ohybu  $f_{m,d}$  :

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / (\gamma_M) \quad ( 5.2 )$$

$k_{mod}$  je modifikační součinitel zohledňující účinek délky trvání zatížení a vlhkosti na parametry pevnosti

$f_{m,k}$  charakteristická pevnost v ohybu

$(\gamma_M)$  dílčí součinitel spolehlivosti materiálu

c) Hodnoty pro nejběžnější případ - rostlé smrkové dřevo SI :

$$k_{mod} = 0,90 \quad (\text{tab.3.1.7})$$

$$f_{m,k} = 22 \text{ MPa} \quad (\text{NAD})$$

$$(\gamma_M) = 1,45 \quad (\text{NAD})$$

#### B) NÁVRH NA ÚČINKY POŽÁRU (ČSN P ENV 1995-1-2)

Použijeme metodu redukované pevnosti (Příloha A) v alternativě s užitím zbytkového průřezu bez zaoblení rohů.

a) Podmínka únosnosti :  $M_{f1,d} / W_f \leq f_{m,fi,d}$  ( 5.3 )

b) Návrhová pevnost v ohybu za požáru  $f_{m,fi,d}$  :

$$f_{m,fi,d} = k_{mod,fi,m} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / (\gamma_{M,fi}) \quad ( 5.4 )$$

$$k_{\text{mod},fi,m} = 1,0 - 0,005 \cdot (p / A_r) \quad \{ 5.5 \}$$

$p$  je obvod zbytkového průřezu exponovaný požárem [ m ]

$A_r$  plocha zbytkového průřezu [ m<sup>2</sup> ]

$k_{fi}$  je součinitel, kterým se převádí charakteristická hodnota na hodnotu "průměrnou"

$(\gamma)_M,fi$  dílčí součinitel spolehlivosti materiálu za požáru - vždy je  $(\gamma)_M,fi = 1,0$

c) Účinky zatížení za požáru :

$$M_{fi,d} = (\acute{e}ta)_{fi} \cdot M_d$$

Redukční součinitel  $(\acute{e}ta)_{fi}$  uvažujeme :

- v obecných případech (kromě skladů) hodnotou 0,65 (NAD Tab.1)
- výpočtem z rovnice NAD čl.3.1.

d) Průřezový modul zbytkového průřezu  $W_r$  :

Od původního průřezu se odečte hloubka zuhelnatění  $d_{\text{char}}$  :

$$d_{\text{char}} = \beta_0 \cdot t$$

$\beta_0$  je rychlost odhořívání (uhelnatění) dřeva [mm/min]

$t$  doba odhořívání [min]

Pro obdélníkový trám exponovaný požárem ze 3 stran platí :

$$b_r = b - 2 \cdot d_{\text{char}} \quad ; \quad h_r = h - d_{\text{char}} \quad ; \quad W_r = 0,1667 \cdot b_r \cdot h_r^2$$

e) Hodnoty pro nejběžnější případ - rostlé smrkové dřevo SI :

$$k_{fi} = 1,25 \quad (\text{čl.2.3})$$

$$\beta_0 = 0,8 \text{ mm/min} \quad (\text{Tab.3.1})$$

c) VÝPOČET POŽÁRNÍ ODOLNOSTI  $t_{p0}$  TRÁMU PLNĚ STATICKY VYUŽITÉHO

V rovnici (5.1) uvažujeme rovnost a spolu s rovnicemi (5.2) a (5.4) dosadíme do rovnice (5.3). Po úpravě dostaneme :

$$k_{\text{mod},fi,m} \cdot W_r \geq [(\acute{e}ta)_{fi} \cdot k_{\text{mod}} / (\gamma)_M \cdot k_{Fi}] \cdot W \quad \{ 5.6 \}$$

a pro nejběžnější případ - rostlé smrkové dřevo SI :

$$k_{\text{mod},fi,m} \cdot W_r \geq 0,3228 W \quad \{ 5.7 \}$$

$$k_{\text{mod},fi,m} - \text{vzorec (5.5)}$$

Přímý výpočet  $t_{p0}$  je sice možný, ale vzhledem ke vzorci (5.5) složitý. Proto je jednodušší provést výpočet postupným zpřesňováním volených hodnot  $t$ .

$$k_{\text{mod},fi,m} = 1,0 - 0,005 \cdot (p / A_R) \quad (5.5)$$

$p$  je obvod zbytkového průřezu exponovaný požárem [ m ]

$A_R$  plocha zbytkového průřezu [ m<sup>2</sup> ]

$k_{fi}$  je součinitel, kterým se převádí charakteristická hodnota na hodnotu "průměrnou"

$(\gamma)_M,fi$  dílčí součinitel spolehlivosti materiálu za požáru - vždy je  $(\gamma)_M,fi = 1,0$

c) Účinky zatížení za požáru :

$$M_{fi,d} = (\acute{e}ta)_{fi} \cdot M_d$$

Redukční součinitel  $(\acute{e}ta)_{fi}$  uvažujeme :

- v obecných případech (kromě skladů) hodnotou 0,65 (NAD Tab.1)

- výpočtem z rovnice NAD čl.3.1.

d) Průřezový modul zbytkového průřezu  $W_R$  :

Od původního průřezu se odečte hloubka zuhelnatění  $d_{\text{char}}$  :

$$d_{\text{char}} = \beta_0 \cdot t$$

$\beta_0$  je rychlost odhořívání (uhelnatění) dřeva [mm/min]

$t$  doba odhořívání [min]

Pro obdélníkový trám exponovaný požárem ze 3 stran platí :

$$b_r = b - 2 \cdot d_{\text{char}} ; h_r = h - d_{\text{char}} ; W_R = 0,1667 \cdot b_r \cdot h_r^2$$

e) Hodnoty pro nejběžnější případ - rostlé smrkové dřevo SI :

$$k_{fi} = 1,25 \quad (\text{čl.2.3})$$

$$\beta_0 = 0,8 \text{ mm/min} \quad (\text{Tab.3.1})$$

c) VÝPOČET POŽÁRNÍ ODOLNOSTI  $t_{p0}$  TRÁMU PLNĚ STATICKY VYUŽITĚHO

V rovnici (5.1) uvažujeme rovnost a spolu s rovnicemi (5.2) a (5.4) dosadíme do rovnice (5.3). Po úpravě dostaneme :

$$k_{\text{mod},fi,m} \cdot W_R \geq [(\acute{e}ta)_{fi} \cdot k_{\text{mod}} / (\gamma)_M \cdot k_{fi}] \cdot W \quad (5.6)$$

a pro nejběžnější případ - rostlé smrkové dřevo SI :

$$k_{\text{mod},fi,m} \cdot W_R \geq 0,3228 W \quad (5.7)$$

$$k_{\text{mod},fi,m} = \text{vzorec (5.5)}$$

Přímý výpočet  $t_{p0}$  je sice možný, ale vzhledem ke vzorci (5.5) složitý. Proto je jednodušší provést výpočet postupným zpřesňováním volených hodnot  $t$ .

## 5.2. PRVKY NAMÁHANÉ NA VZPĚR

### A) NÁVRH NA POKOJOVOU TEPLITU (ČSN P ENV 1995-1-1)

a) Podmínka únosnosti :  $N_d / k_c \cdot A \leq f_{c,0,d}$  ( 5.8 )

b) Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny  $f_{c,0,d}$  :

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / (\gamma)_M \quad ( 5.9 )$$

$f_{c,0,k}$  je charakteristická pevnost v tlaku rovnob.s vlákny  
 $k_{mod}$  a  $(\gamma)_M$  - stejné definice jako u ohybu

c) Součinitel vzpěrnosti  $k_c$  :

$$k_c = [k + (k^2 - (\lambda)_{rel}^2)^{0,5}]^{-1} \quad ( 5.10 )$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot ((\lambda)_{rel} - 0,5) + (\lambda)_{rel}^2]$$

$\beta_c$  je součinitel pro prvky splňující meze zakřivení

$(\lambda)_{rel}$  poměrný štíhlostní poměr

d) Poměrný štíhlostní poměr  $(\lambda)_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5}$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / (\lambda)^2$$

$$(\lambda) = L_{ef} / i$$

$E_{0,05}$  je modul pružnosti rovnoběžně s vlákny

e) Hodnoty pro nejběžnější případ - rostlé smrkové dřevo SI :

$$f_{c,0,k} = 20 \text{ MPa (NAD)}$$

$$k_{mod} = 0,30 \quad (\text{tab.3.1.7})$$

$$(\gamma)_M = 1,45 \quad (\text{NAD})$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{čl.5.2.1.4})$$

$$E_{0,05} = 6700 \text{ MPa (NAD)}$$

### B) NÁVRH NA ÚČINKY POŽÁRU (ČSN P ENV 1995-1-2)

Použijeme metodu redukované pevnosti (Příloha A) v alternativě s užitím zbytkového průřezu bez zaoblení rohů.

a) Podmínka únosnosti :

$$N_{fi,d} / k_{c,fi} \cdot A_R \leq f_{c,0,fi,d} \quad ( 5.11 )$$

b) Návrhová pevnost v tlaku rovn.s vlákny za požáru  $f_{c,0,fi,d}$  :

$$f_{c,0,fi,d} = k_{mod,fi,c} \cdot k_{fi} \cdot f_{c,0,k} / (\gamma)_{M,fi} \quad ( 5.12 )$$

$$k_{mod,fi,c} = 1,0 - 0,008 \cdot (p / A_R) \quad ( 5.13 )$$

$p$  je obvod zbytkového průřezu exponovaný požárem [ m ]

$A_R$  plocha zbytkového průřezu [ m<sup>2</sup> ]

$k_{fi}$  a  $(\gamma)_{M,fi}$  - stejné definice jako u ohybu

c) Účinky zatížení za požáru :

$$N_{fi,d} = (\acute{e}ta)_{fi} \cdot N_d$$

Redukční součinitel  $(\acute{e}ta)_{fi}$  se uvažuje stejně jako u ohybu

d) Plocha zbytkového průřezu  $A_R$  :

výpočet hloubky zuhelnatění  $d_{char}$  je stejný jako u ohybu

e) Součinitel vzpěrnosti  $k_{c,fi}$  :

výpočet stejný jako ad A), ale pro zbytkový průřez, pouze

$E_{0,05}$  se nahradí  $E_{0,05,fi}$  :

$$E_{0,05,fi} = k_{mod,fi,E} \cdot k_{fi} \cdot E_{0,05} \quad (5.14)$$

$$k_{mod,fi,E} = 1,0 - 0,003 \cdot (p / A_R)$$

$p$  je obvod zbytkového průřezu exponovaný požárem [ m ]

$A_R$  plocha zbytkového průřezu [ m<sup>2</sup> ]

$k_{fi}$  - stejná definice jako u ohybu

f) Hodnoty pro nejběžnější případ - rostlé smrkové dřevo SI :

$$k_{fi} = 1,25 \quad (\acute{c}l.2.3)$$

$$\beta_0 = 0,8 \text{ mm/min} \quad (\text{Tab.3.1})$$

c) VÝPOČET POŽÁRNÍ ODOLNOSTI  $t_{PO}$  SLOUPU PLNĚ STATICKY VYUŽITÉHO

V rovnici (5.8) uvažujeme rovnost a spolu s rovnicemi (5.9) a (5.12) dosadíme do rovnice (5.11). Po úpravě dostaneme :

$$k_{mod,fi,c} \cdot k_{c,fi} \cdot A_R \geq [(\acute{e}ta)_{fi} \cdot k_{mod} / (\gamma_M) \cdot k_{fi}] \cdot k_c \cdot A \quad (5.15)$$

a pro nejběžnější případ - rostlé smrkové dřevo SI :

$$k_{mod,fi,c} \cdot k_{c,fi} \cdot A_R \geq 0,2869 \cdot k_c \cdot A \quad (5.16)$$

$$k_{mod,fi,c} - \text{vzorec (5.13)}$$

$$k_{c,fi} = \text{vzorec (5.10) + (5.14)}$$

$$k_c - \text{vzorec (5.10)}$$

Přímý výpočet  $t_{PO}$  je příliš složitý a proto je jednodušší provést výpočet postupným zpřesňováním volených hodnot  $t$ .

## 6. POSOUZENÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI OBVODOVÉ STĚNY

### 6.1. Obvodová stěna exponovaná požárem z vnitřní strany

Mezní stav R - posoudíme podle vzorce (5.16).

Pro posuzovanou stěnu a čas  $t = 60$  minut platí :

$$A = 200 \cdot 1000 = 200000 \text{ mm}^2$$

$$L_{ef} = 3000 \text{ mm}$$

$$k_c = 0,8076$$

$$0,2869 \cdot 0,8076 \cdot 200000 = 46340 \text{ mm}^2$$

$$k_{mod,fi,c} = 0,8787$$

$$k_{c,fi} = 0,4089$$

$$A_R = 152000 \text{ mm}^2$$

$$0,8787 \cdot 0,4089 \cdot 152000 = 54616 \text{ mm}^2 > 46340 \text{ mm}^2$$

. . . . . Vyhovuje R 60

Mezní stav E - Posoudíme podle ČSN P ENV 1995-1-2 vzorce (C.5) a obrázku C.4.

Doba do porušení :

$$d = 200 \text{ mm}$$

$$\beta_0 = 0,8 \text{ mm/min}$$

$$t_{pr} = 0,6 \cdot d / \beta_0 = 150 \text{ minut} > 60 \text{ minut}$$

. . . . . Vyhovuje E 60

Mezní stav W - Teoretickým výpočtem č.1 byla prokázána teplota na vnější straně stěny v 60.minutě :

$$20,0 \text{ }^\circ\text{C} < 445 \text{ }^\circ\text{C} \quad . . . . . \text{ Vyhovuje W 60}$$

### 6.2. Obvodová stěna exponovaná požárem z vnější strany

Mezní stav R - Protože stěna je podle svíslé středové roviny souměrná, je posouzení stejné jako v bodě 6.1.

. . . . . Vyhovuje R 60

Mezní stav E - Posouzení stejně jako v bodě 6.1.

. . . . . Vyhovuje E 60

Mezní stav I - Teoretickým výpočtem č.2 byla prokázána teplota na vnitřní straně stěny v 60.minutě :

$$20 \text{ }^{\circ}\text{C} < (140 + 20) \text{ }^{\circ}\text{C} \quad . . . . . \text{Vyhovuje I 60}$$

### 6.3. Množství uvolněného tepla při hoření vnějšího povrchu stěny

Hořlavý vnější povrch stěny tvoří rostlé dřevo, jehož objemová hmotnost je  $450 \text{ kg/m}^3$ , normová výhřevnost  $17 \text{ MJ/kg}$  a rychlost odhořívání  $0,80 \text{ mm/min} = 0,36 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}$ .

Dřevo je stupně hořlavosti  $C2 < C3$  . . . . . vyhovuje

Při odhořívání dřeva bude tepelný výkon

$$Q_2 = (0,36 \cdot 17000) : 60 = 102 \text{ kW/m}^2$$

a radiace

$$I_2 = 0,5 Q_2 = 51 \text{ kW/m}^2 < 60 \text{ kW/m}^2 \quad . . . . . \text{vyhovuje}$$

Protože radiace z hořící stěny je menší než  $60 \text{ kW/m}^2$ , můžeme stěnu hodnotit podle čl.8.4.4 c) normy ČSN 73 0802 jako

. . . . . částečně požárně otevřenou plochu

## 7. ZÁVĚR

V souladu s ustanovením čl.4.3.b) normy ČSN 73 0810 bylo teoretickými výpočty provedeno posouzení požární odolnosti nosné dřevěné obvodové stěny, jejíž popis je uveden ve 2.kapitole tohoto posudku. Tuto stěnu používá firma CANADIAN WOOD a.s., Vysoké Mýto jako nosný prvek pro výstavbu jednodušších dřevěných staveb.

V 6.kapitole posudku bylo konstatováno, že posuzovaná obvodová stěna má požární odolnost :

- při požáru z vnitřní strany . . . . . REW 60  
jako částečně požárně otevřená plocha

- při požáru z vnější strany . . . . . REI 60

Vypracoval :



Ing. Milan B a u m a, CSc.

Schválil :



Ing. Jaroslav D u f e k  
ředitel PAVUS a.s.

**PAVUS, a.s.**  
Autorizovaná osoba AO 216  
Prosecká 412/74, 190 00 Praha 9  
(3)

V Praze dne 10.ledna 2007