

11 TEPELNÁ ZATÍŽENÍ

11.1 Podklady

Konstrukce, která je vystavena účinkům požáru, je zatížena tepelným zatížením, které je shrnuto v ČSN EN 1991-1-2 [11.1], a mechanickým zatížením. Hodnoty mechanického zatížení se uvažují podle norem pro jednotlivé účinky zatížení ČSN EN 1991-1-x, viz [11.2] až [11.4], a kombinují podle ČSN EN 1990: 2004 [11.5] a kapitoly 4 ČSN EN 1991-1-2, viz [11.1].

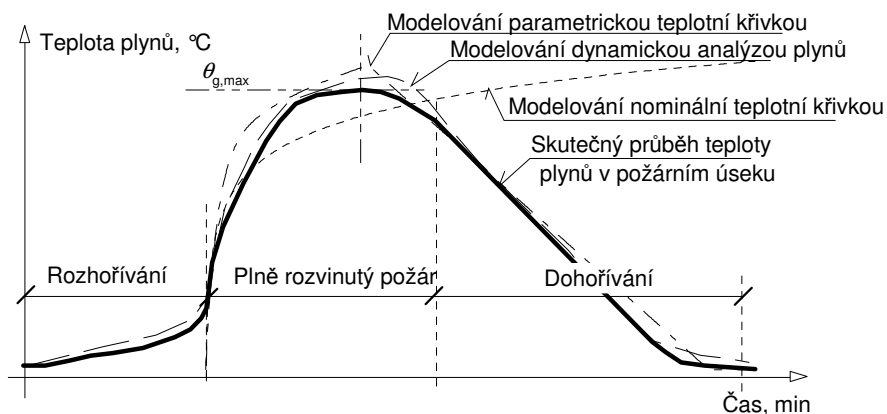
První kapitola normy ČSN EN 1991-1-2 Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru [11.1] uvozuje rozsah platnosti normy, definuje termíny a zavádí značky. Druhá kapitola shrnuje postup návrhu konstrukce na účinky požáru, tj teplotní analýzu požárního úseku, přestup a rozvoj tepla v požárním úseku, mechanické zatížení za požáru a analýzu konstrukce za zvýšené teploty. Třetí kapitola popisuje modely tepelných zatížení pro teplotní analýzu. Kromě jednoduchých modelů rozvoje teploty v požárním úseku pomocí nominální normové teplotní křivky doporučuje využívat i přesnějších parametrických a zónových modelů a dynamické analýzy plynů. Čtvrtá kapitole shrnuje mechanická zatížení při požáru pro analýzu konstrukce, pravidla jejich kombinace a možná zjednodušení při návrhu. Příloha A popisuje analytický model teploty v požárním úseku při prostorovém požáru po celkovém vzplanutí pomocí parametrické teplotní křivky. Příloha B umožňuje zjednodušený výpočet tepelného zatížení vnějších prvků. Přesnější časově závislý návrh je popsán v příloze B ČSN EN 1993-1-2. Příloha C popisuje analytický model teploty v požárním úseku při lokalizovaném požáru. Příloha D definuje požadavky na zdokonalené modely požárů. V příloze E jsou zavedeny pojmy, jako rychlost uvolňování energie nebo součinitele vyjadřující nebezpečí vzniku požáru, a hodnoty vstupních dat, např. hustoty požárního zatížení nebo hodnoty čisté výhřevnosti jednotlivých materiálů, pro výpočet hustoty požárního zatížení během požáru. Příloha F umožňuje výpočet ekvivalentní doby vystavení účinkům požáru. Příloha G popisuje výpočet polohového faktoru.

11.2 Národní příloha ČSN EN 1991-1-2

Národní příloha normy ČSN EN 1991-1-2 je informativní. Národně stanovené parametry, kterých je deset, mají pro stavby umístěné na území České republiky normativní charakter. Prvních devět národně stanovených parametrů uplatňuje pro ČR doporučené hodnoty v jednotlivých člancích normy a tím umožňuje konzistentní využití příloh normy. Článek NA.2.10 uvádí, že se v ČR pro reprezentativní hodnotu proměnného zatížení Q_1 použije kvazistálá hodnota $\psi_{2,1}Q_1$. Podle charakteru konstrukce budovy a jejího umístění se doporučuje, zejména u halových objektů, pro zatížení sněhem a větrem během působení požáru uplatnit použití časté hodnoty $\psi_{1,1}Q_1$. Doporučené hodnoty součinitelů $\psi_{1,1}$ a $\psi_{2,1}$ jsou uvedeny v EN 1990:2004, tabulka A1.1. Použití časté hodnoty $\psi_{1,1}Q_1$ je v rozporu s posledními poznatky, viz např. [11.2], a lze očekávat, že bude při revizi normy aktualizováno.

11.3 Výpočet teploty při prostorovém požáru

Požár je živel, který lze charakterizovat časovým průběhem teplot, tlaku a složením plynů hořících produktů v prostoru. Prostor tvoří obvykle požární úsek stavebního objektu a je ohraničen požárně odolnými konstrukcemi, či konstrukcemi z části bez odolnosti (požárně otevřené plochy okenních otvorů v obvodových stěnách, či ve střešních pláštích). Při požárech lze rozlišit tři časové fáze, viz obr. 11.1. Při rozhořívání požár roste a šíří se z místa jeho vzniku. Plně rozvinutý požár, který začíná přibližně při tepelném výkonu 1 MW, se vyznačuje intenzivním hořením v prostoru celého požárního úseku. Požár končí dohoříváním a chladnutím. Pro experimentální a teoretické posuzování požární odolnosti stavebních konstrukcí byly pro namáhání požárem vypracovány modely, které stanovují časový průběh teplot v hořícím prostoru. Pro posuzování konstrukcí je rozhodující modelování plně rozvinutého požáru probíhajícího v celém prostoru požárního úseku. Modelování první fáze požáru umožňuje zajištění bezpečné evakuace osob, odvětrání prostoru, návrh únikových cest a shromažďovacích prostor při požáru.



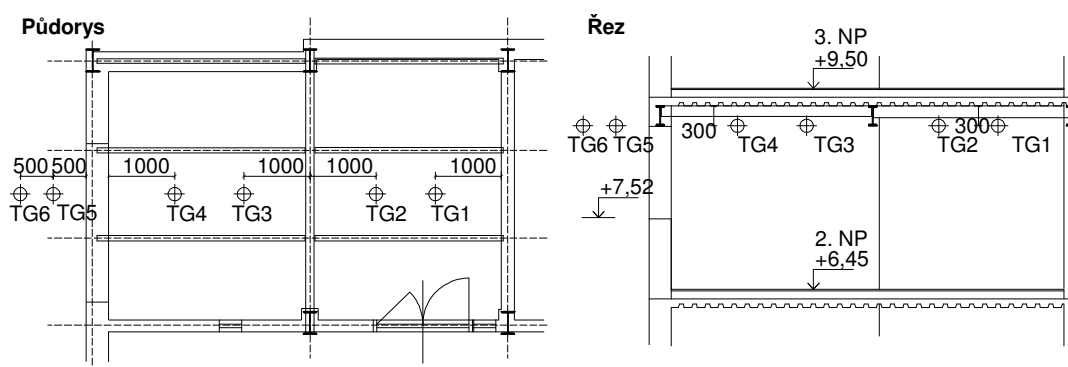
Obr. 11.1 Modelování teploty plynů v požárním úseku během požáru

Lze rozlišit zjednodušené a zdokonalené modely požáru. Zjednodušené modely požáru jsou založeny na fyzikálních parametrech s omezenou oblastí použití. Vychází se z návrhové hustoty požárního zatížení $q_{f,d}$. Za požáru v celém požárním úseku lze v prostoru uvažovat rovnoměrné rozdělení teploty v čase. Při lokalizovaných požárech je rozdělení teplot nerovnoměrné. Pro požáry v požárním úseku lze stanovit teplotu plynů na základě fyzikálních parametrů, které zohlední nejméně hustotu požárního zatížení a podmínky odvětrání. Při výpočtu teplotních podmínek konstrukčních prvků v požárním úseku lze vycházet z předpovědi teploty plynu podle nominální teplotní křivky, parametrické teplotní křivky nebo pomocí dynamické analýzy plynů, viz obr. 11.1. Modely pro předpověď teploty plynů lze využít i pro vnější prvky vystavené požáru sáláním otvory ve fasádě. Samostatně se modelují lokalizované požáry, kdy je požární zatížení soustředěno na malé ploše požárního úseku a požár probíhá místně, např. hořící hromada dřeva v hale, hořící automobil v tunelu.

Zdokonalené modely požáru uvažují vlastnosti plynu a výměnu hmoty a energie. Lze využít jednodušový model, v němž se zavádí rovnoměrné, časově závislé, rozdělení tepla v požárním úseku.

Dvouzónové modely předpokládají s proměnnou tloušťkou horní vrstvy v čase a rovnoměrnou teplotou a dolní vrstvu o nižší teplotě závislé na čase. Dynamické modely kapalin a plynů stanovují vývoj teploty v úseku v čase i prostoru. Pro zpřesnění výpočtu rozdělení teplot po prvku lze v případě lokalizovaného požáru kombinovat výsledky dvouzónového modelu a parametrického modelu lokalizovaného požáru.

Teplotu v požárním úseku lze předpovědět analytickými modely pro lokalizované požár, viz kap. 1.3.4 v [11.6], nebo pro požár v celém prostoru. Parametrické modely využívají pro popis požáru v celém prostoru hlavních fyzikálních závislostí popisujících hoření. Pro složitější úlohy jsou k dispozici jedno a více zónové modely, které jsou založeny na dynamice plynů a na MKP. Parametrické modely pro popis rozvoje teploty v požárním úseku berou v úvahu požární zatížení, tepelně technické vlastnosti ohraničujících konstrukcí a otvory v požárním úseku. Modely předpokládají rovnoměrné rozložení teploty v požárním úseku, což je určuje k popisu rozvoje teploty v požárních úsecích omezené velikosti po celkovém vzplanutí v prostoru. Vstupem do výpočtu jsou hustota požárního zatížení, největší rychlost uvolňování tepla a tepelné ztráty ohraničujících konstrukcí.

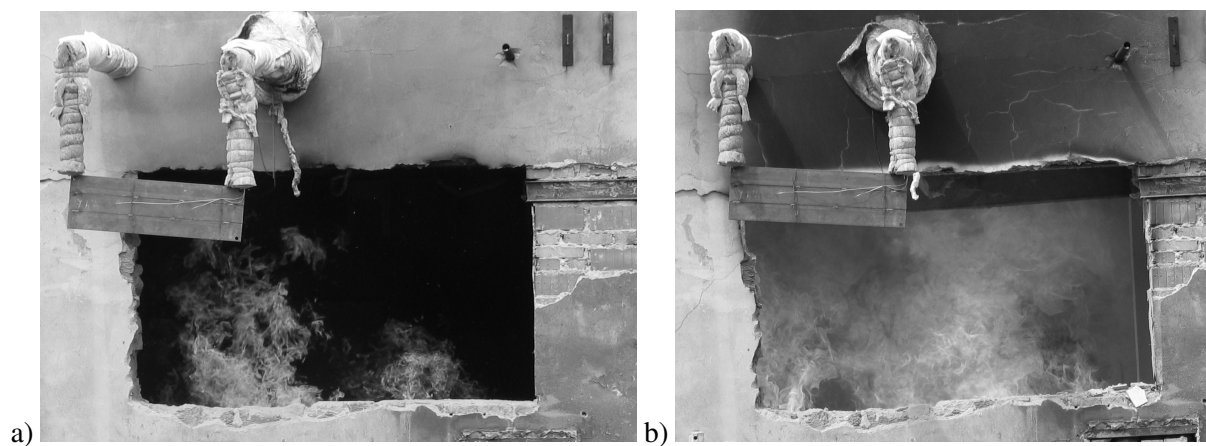


Obr. 11.2 Poloha termočlánků v požárním úseku při požární zkoušce v Ostravě 2006, prostorový požár

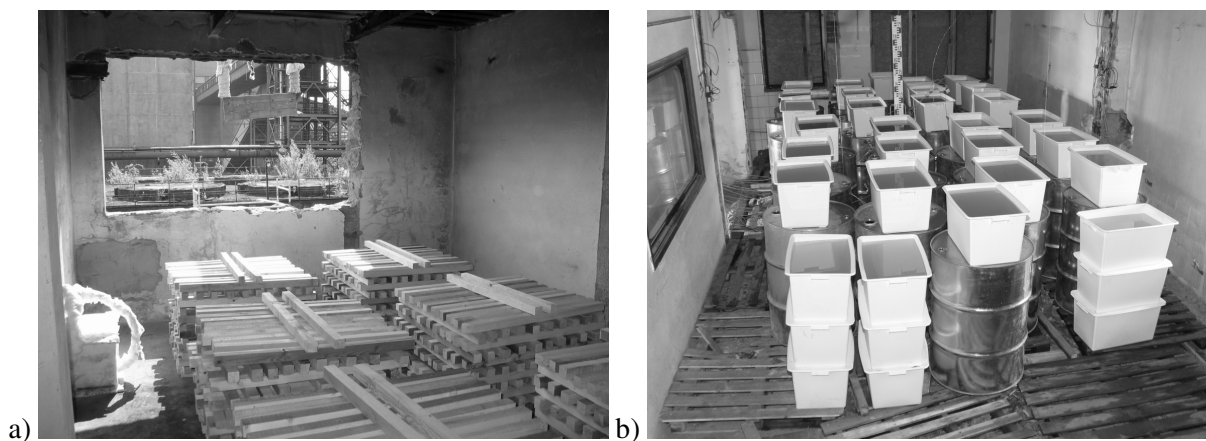
11.4 Prostorový požár řízený ventilací a řízený palivem

Vliv velikosti požárního zatížení, ventilace a rychlosti uvolňování tepla na teplotní křivku lze ukázat na modelování zónovým modelem. Jako příklad je uvedena zkouška ČVUT v Praze na objektu koksovny Mittal Steel Ostrava dne 16. 5. 2006, viz obr. 11.2 až 11.4, viz [11.7]. Hlavním cílem zkoušky bylo prohloubení poznatků o teplotě styčnicků a vnitřních silách v konstrukci při jejím zahřívání a chladnutí. Pro zvolený poměr stran požárního úseku s otvorem pouze v přední části (6:4) byly do asi 30 min teploty blíže k otvoru vyšší o až 200 °C. Při plném rozvinutí požáru, viz obr. 11.5, byly vyšší teploty vzadu v požárním úseku o až 160°C. Při chladnutí se teploty vyrovnaly. Porovnání vypočítané, pomocí parametrické teplotní křivky a programem OZone, viz [11.8], a střední naměřené teploty plynů 300 mm pod stropem požárního úseku při zkoušce je ukázáno na obr. 11.6. Výpočet

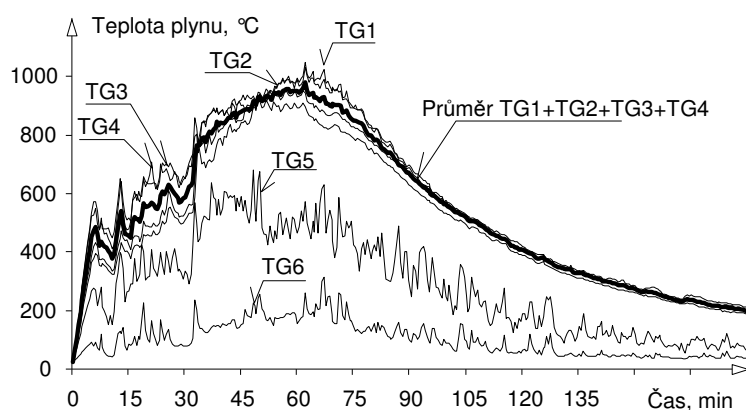
odpovídá naměřeným geometrickým a materiálovým charakteristikám. Je vidět, že předpověď průměrné teploty plynu je výstižná a konzervativní.



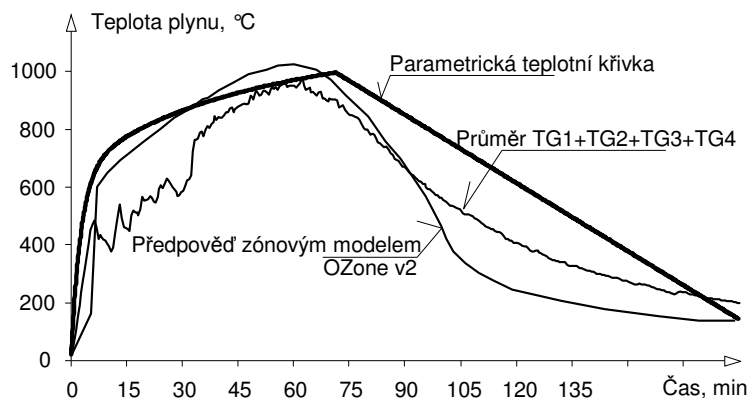
Obr. 11.3 a) Omezení hoření ventilací v 15 min požáru b) Plně rozvinutý požár v 60 min požáru



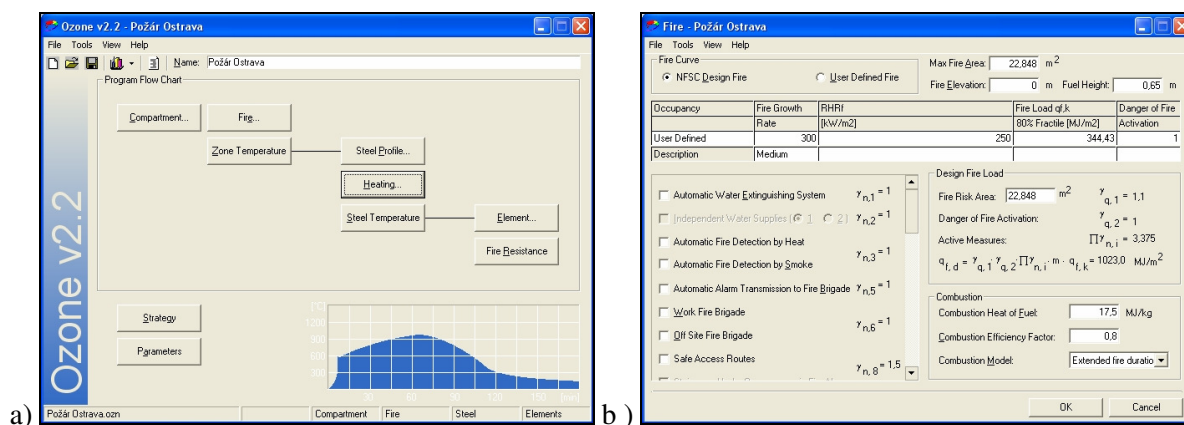
Obr. 11.4 a) Požární zatížení dřevěnými hranoly 50 x 50 x 1000, b) mechanické zatížení barely s vodou



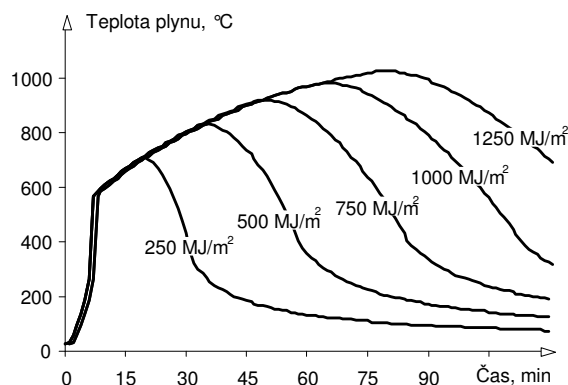
Obr. 11.5 Naměřené hodnoty teploty plynu 300 mm pod stropem požárního úseku



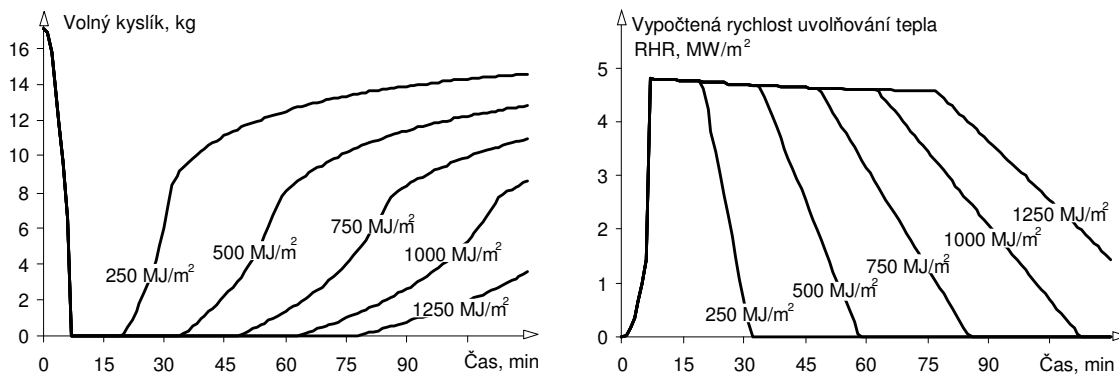
Obr. 11.6 Porovnání teploty plynu vypočítané parametrickou křivkou a zónovým modelem programem Ozone v2.2 se střední změřenou teplotou plynu



Obr. 11.7 Vstupní stránky programu OZone v2.2 [11.8] a) zadání, b) požární zatížení



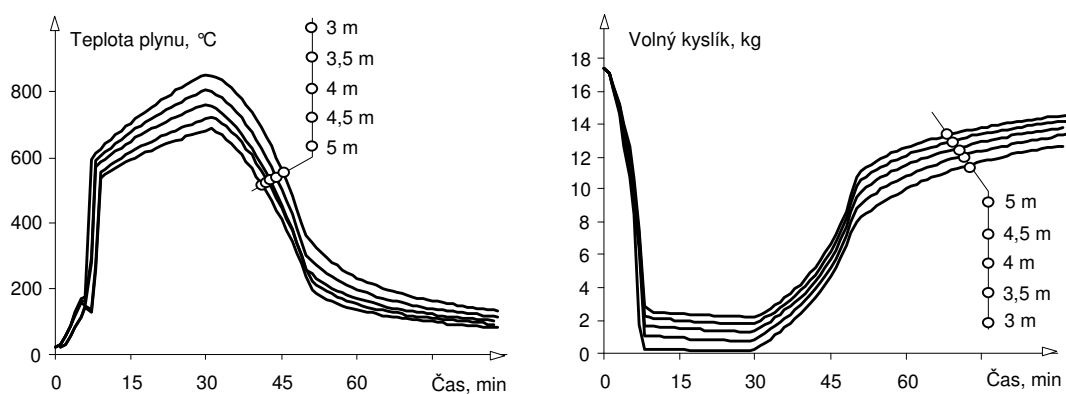
Obr. 11.8 Teplotní křivky při změně požárního zatížení od $q_{f,d} = 250 \text{ MJ/m}^2$ po $q_{f,d} = 1250 \text{ MJ/m}^2$



Obr. 11.9 a) Hmotnost volného kyslíku v požárním úseku a b) skutečné uvolňování tepla z paliva

Vliv požárního zatížení $q_{f,d}$ na průběh teplotní křivky je ukázán pro simulaci programem OZone v.2.2. Vstupní stránka programu je ukázány na obr. 11.7. Ve výpočtu po požární úsek, který byl vytvořen při zkoušce v Ostravě v roce 2006, se uvažovalo s dobou potřebnou k dosažení rychlosti uvolňování tepla 1 MW $t_{\alpha} = 300$ s; rychlostí uvolňování tepla na metr čtvereční $RHR_f = 250$ kW/m² a s výhřevností paliva 17,5 MJ/kg. Tak jako při zkoušce bylo jedno okno, s výškou 2,47 m šířkou 2,4 m a výškou parapetu 1,07 m; v kratší stěně. Při změně návrhové hustoty požárního zatížení vztažené na jednotku plochy od $q_{f,d} = 250$ MJ/m² po $q_{f,d} = 1250$ MJ/m². Získané teplotní křivky ukazují nárůst teploty při nárůstu požárního zatížení, viz obr. 11.8. Zónové modely dobře dokumentují dobu, kdy je průběh požáru ovlivněn nedostatkem kyslíku, viz obr. 11.9a, a skutečné uvolňování tepla z paliva, viz obr. 11.9b.

Obdobně jako množství paliva lze ve výpočtu snadno studovat vliv okenního otvoru. Opět se počítalo s $t_{\alpha} = 300$ s; $RHR_f = 250$ kW/m²; $q_{f,d} = 500$ MJ/m² a s čistou výhřevností paliva 17,5 MJ/kg. Pro jeden okenní otvor, který byl umístěn v delší stěně, se uvažovalo s výškou parapetu 1,07 m a s výškou okna 2,47 m. Šířka okna se měnila ze 3 m; na 3,5 m; 4 m; 4,5 m a až na 5 m. Na obr. 1.20 je vidět, že v tomto případě bylo dosaženo ve stejné době odlišné největší teploty plynu t_{max} . Graf volného kyslíku při hoření ukazuje, jak ventilace ovlivní nejvyšší dosažené teploty.



Obr. 11.10 Teplotní křivky při změně šířky okna ze 3 m na 5 m a odpovídající průběh volného kyslíku

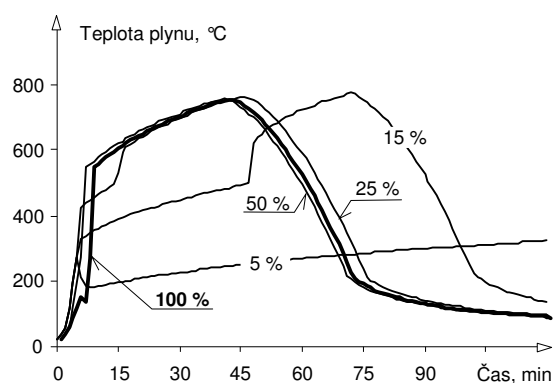
11.5 Vliv oken na rozvoj prostorového požáru

Ventilace požárního úseku omezuje rozvoj požáru a ovlivňuje dosaženou teplotu. Vliv porušení oken lze simulovat zónovými modely a dynamickou analýzou plynů. Při výpočtech se obvykle konzervativně uvažuje s oknem jako s okenním otvorem. Podrobné experimentální studie, viz [11.9], umožňují s postupným praskáním oken počítat. Okna s běžným sklem se porušují při asi 300 °C. Pro požární úsek z experimentu v Ostravě 2006, který lze popsat pomocí $t_{\alpha} = 300$ s; $RHR_f = 250$ kW/m²; $q_{f,d} = 750$ MJ/m²s a čistou výhřevností dřeva 17,5 MJ/kg, se ve studii se uvažuje se dvěma okenními otvory s výškou parapetu 1,07 m a výškou okna 2,47 m o šířce 2,4 m. Jeden otvor je umístěn v kratší a druhý v delší stěně. Praskání oken se v této studii předpokládá po krocích, které jsou popsány %

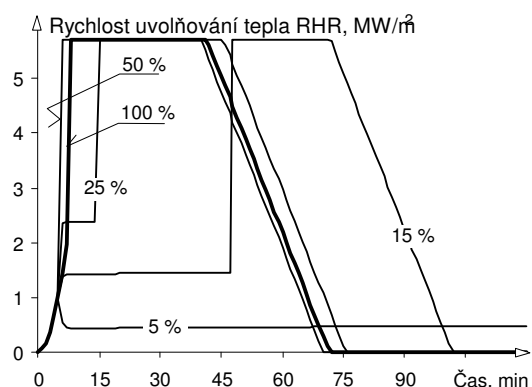
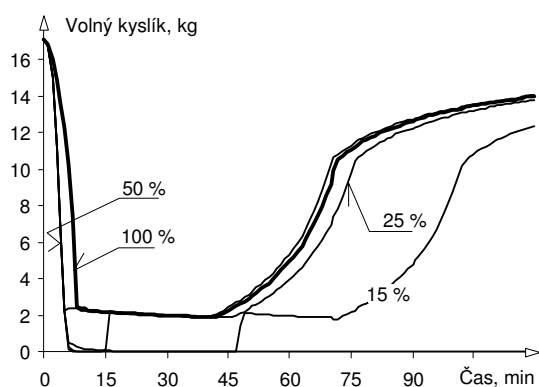
otevření otvoru. Porušení se předpokládá při běžné teplotě, tj. při 20 °C, při 300 °C a 500 °C, viz tab. 11.1. Značení odpovídá % otevření při 300°C.

Tab. 11.1 Postup uvolňování okenního otvoru v %

Simulace č.	Značení	Teplota, °C		
		20	300	500
1	5 %	5	5	100
2	15 %	5	15	100
3	25 %	5	25	100
4	50 %	5	50	100
5	100 %	100	100	100



Obr.11.11 Teplotní křivky pro různá % uvolnění okenního otvoru při teplotě plynu 300 °C



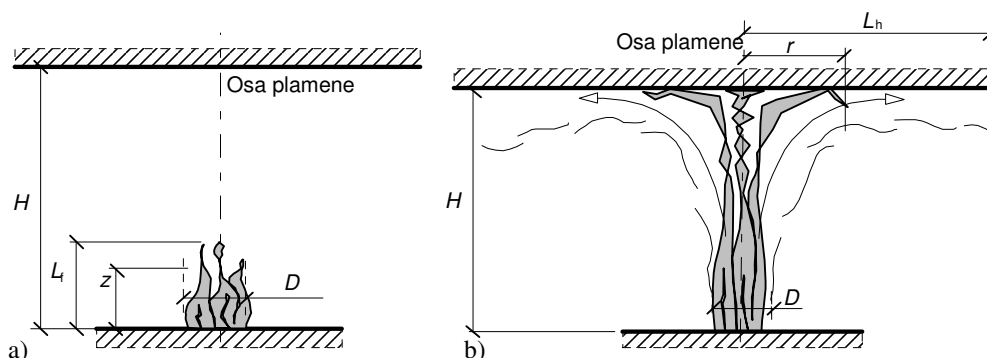
Obr. 11.12 a) Množství volného kyslíku a b) rychlost uvolňování tepla z paliva pro uvolnění okenního otvoru v % při teplotě plynu 300 °C

11.6 Vliv rychlosti uvolňování tepla na průběh lokalizovaném požáru

Lokalizovaný požár nastane v případě, že nedojde k rozšíření hoření po celé ploše požárního úseku, ale jeho průběh je pouze místní. Rozlišují se případy, kdy plamen nezasahuje strop, dvou zónový model a Heskestad model, viz obr. 11.13a, a když plamen strop zasahuje jedno zónový model a Hasemi model, viz obr. 11.13b. Délka plamene L_f lokalizovaného požáru závisí na rychlosti uvolňování tepla Q a na průměru ohně D . Tepelný tok z lokalizovaného požáru na konstrukční prvek se vypočítá z polohového faktoru, viz [11.6]. Délku plamene L_f lokalizovaného požáru lze stanovit jako

$$L_f = -1,02 D + 0,0148 Q^{2/5} \quad \text{v m} \quad (11.1)$$

kde D je průměr ohně v m; Q rychlost uvolňování tepla ve W z ohně. Pokud plamen nezasahuje ke stropu.



Obr. 11.13 Model lokalizovaného požáru: a) plameny nezasahují strop, b) plameny zasahují strop

Čistý tepelný tok $\dot{h}_{net}$, podrobně viz [11.6] kap. 1.3.2, dopadající na jednotku povrchové plochy v úrovni stropu vystavené účinkům požáru, je dán vztahem

$$\dot{h}_{net} = \dot{h} - \alpha_c (\theta_m - 20) - \Phi \varepsilon_m \varepsilon_f \sigma [(\theta_m + 273)^4 - 293^4] \quad (11.2)$$

$\dot{h}$ je tepelný tok ve $W m^{-2}$; α_c součinitel přestupu tepla prouděním ve $W m^{-2} K^{-1}$; θ_m povrchová teplota prvku ve $^{\circ}C$; Φ polohový faktor; ε_m emisivita požáru; ε_f emisivita povrchu a σ Stefan-Boltzmannova konstanta ve $W m^{-2} K^{-4}$. Koeficienty jsou vysvětleny v kap. 1.3 [11.6]. Výpočet lze použít, jestliže je průměr ohně omezen $D \leq 10$ m a rychlost uvolňování tepla z ohně $Q \leq 50$ MW. Při přechodu z předběžné normy ENV na normu EN se zvýšením ε_m emisivity požáru; ε_f emisivity povrchu (z $\varepsilon_m \varepsilon_f = 0,5$ na $0,7$ a α_c z $25 W m^{-2} K^{-1}$ na $35 W m^{-2} K^{-1}$) se v modelech pro lokalizovaný požár snížila předpovězená teplota konstrukce, což nepotvrzují výsledky experimentů.

V případě několika oddělených lokalizovaných požárů lze ze vztahu (11.2) stanovit jednotlivé tepelné toky $\dot{h}_1, \dot{h}_2 \dots$ dopadající na jednotku povrchové plochy v úrovni stropu vystavené účinkům požáru. Celkový tepelný tok lze vypočítat jako

$$\dot{h}_{tot} = \dot{h}_1 + \dot{h}_2 + \dots \leq 100\,000 \text{ ve } W/m^2 \quad (11.3)$$

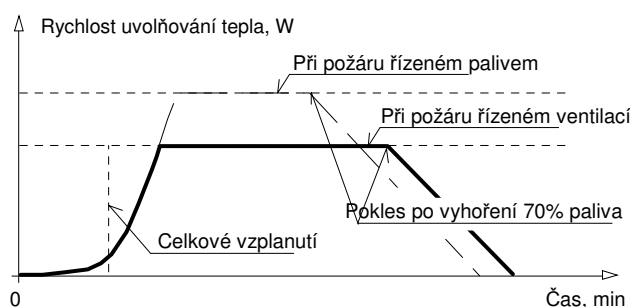
Rychlost uvolňování tepla z paliva výrazně ovlivňuje prostorový i lokalizovaný požár. Jeho význam je s požárním zatížením a německé autority na jeho základě klasifikují požární riziko. Rozvoj a útlum požáru je výrazně ovlivněn uvolňováním tepla v čase. Ve fázi rozvoje požáru lze rychlost uvolňování tepla popsat vztahem

$$Q = 10^6 \cdot (t/t_\alpha)^2 \quad (11.4)$$

kde Q je rychlost uvolňování tepla ve W; t čas v s; t_α doba potřebná pro dosažení rychlosti uvolňování tepla 1 MW. Rychlost rozvoje požáru, doba t_α a nejvyšší rychlost uvolňování tepla RHR_f (**R**ate of **H**eat **R**elease) jsou uvedeny v tab. 11.2 pro různé provozu.

Tab. 11.2 Rychlost rozvoje požáru a RHR_f pro jednotlivé provozy

Rychlost rozvoje požáru	t_α v s	Provoz	RHR_f v kW/m ²
Malá	600	Doprava (prostory pro veřejnost)	250
Střední	300	Byty	250
		Nemocnice (pokoje)	250
		Hotely (pokoje)	250
		Kanceláře	250
		Školní třídy	250
Velká	150	Knihovny	500
		Nákupní centrum	250
		Divadla, kina	500
Velmi vysoká	75	Lihovar Nábytek	

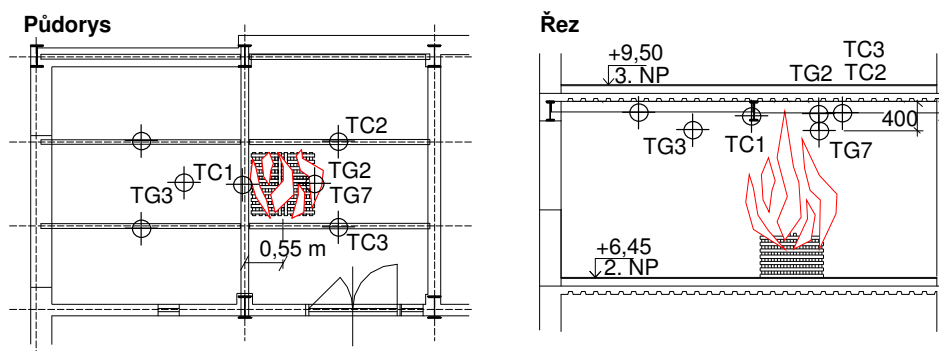


Obr. 11.14 Rychlost uvolňování tepla během požáru

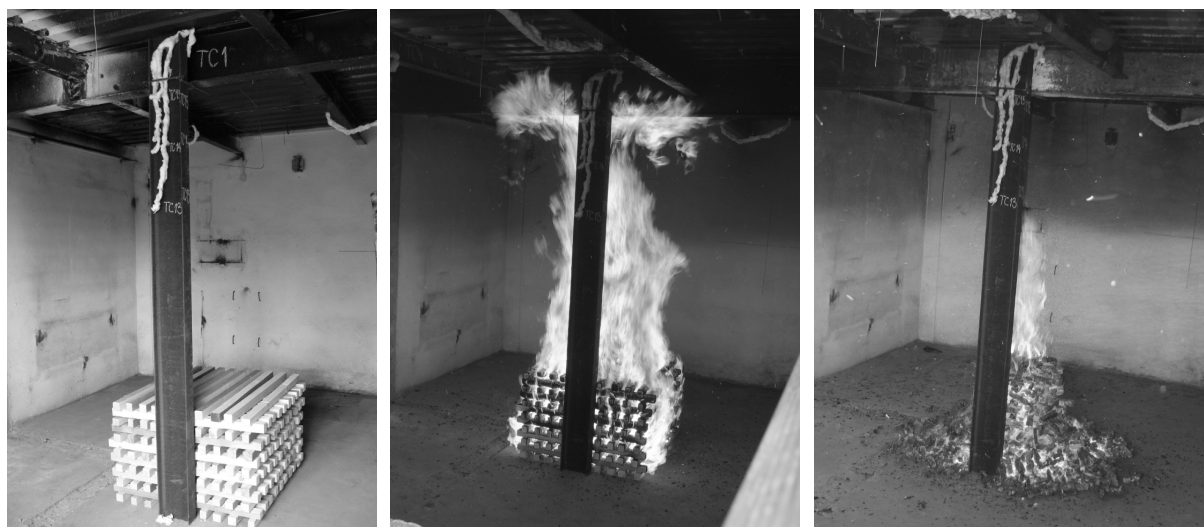
Hodnoty rychlosti rozvoje požáru a RHR_f podle tabulky tab. 11.2 lze použít, pokud je součinitel δ_{q2} roven 1,0. Při velmi rychlém šíření požáru odpovídá $t_\alpha = 75$ s. Počáteční fáze rozvoje je ukončena vodorovnou částí křivky, která odpovídá ustálenému stavu a rychlosti uvolňování tepla Q dané ($RHR_f A_{fi}$), kde A_{fi} je největší plocha požáru v m², kterou je požární úsek v případě rovnoměrně rozděleného požárního zatížení. V případě lokalizovaného požáru je tato plocha dána plochou paliva. RHR_f je největší rychlost uvolňování tepla, vyvozená 1 m² požáru řízeného palivem v kW/m². Vodorovná část křivky končí při útlumu hoření, při dohořívání, viz obr. 11.14. Útlum hoření se vyjadřuje lineárním poklesem teplot, který začíná po vyhoření 70 % požárního zatížení a končí po jeho úplném vyhoření. Při požáru řízeném ventilací se podle obsahu dostupného kyslíku úroveň vodorovné části křivky snižuje. Snižování lze stanovit výpočtním programem, vycházejícím z modelu s jednou zónou, nebo pomocí zjednodušeného vztahu

$$Q_{max} = 0,10 m H_u A_v \sqrt{h_{eq}} \quad \text{v MW} \quad (11.5)$$

kde A_v je plocha otvorů v m²; h_{eq} střední výška otvorů v m; H_u hodnota čisté výhřevnosti dřeva $H_u = 17,5$ MJ/kg; m součinitel hoření $m = 0,8$. V české literatuře, např. ČSN 73 0802: 2000, se hořlavé látky v posuzovaném prostoru určovaly nahodilým a stálým požárním zatížením, které se vztahovalo na jednotku půdorysné plochy a vyjadřovalo ekvivalentním množstvím dřeva o výhřevnosti 16,5 MJ/kg. V případě, že je při požáru řízeném ventilací největší hodnota rychlosti uvolňování tepla snížena, protahuje se křivka rychlosti uvolňování tepla podle energie uvolněné z požárního zatížení.

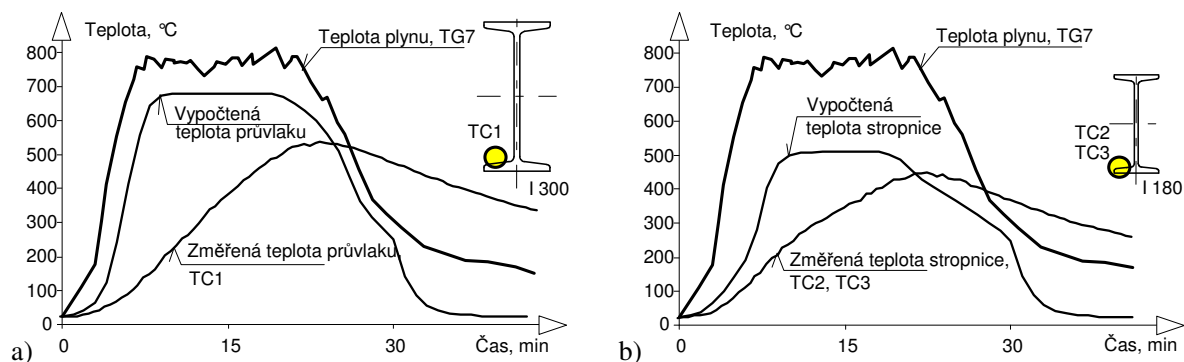


Obr. 11.15 Poloha termočlánků při požární zkoušce v Ostravě 2006, lokalizovaný požár

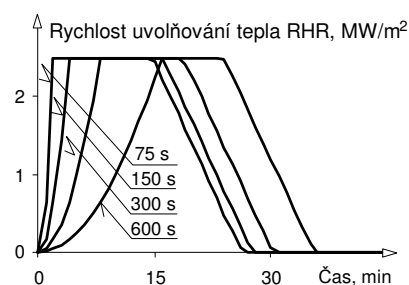


Obr. 11.16 Experiment před zkouškou a v 15. min a 45. min požáru

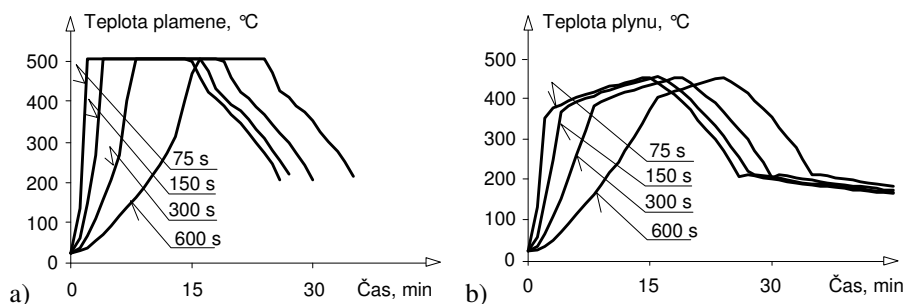
Vliv rychlosti uvolňování tepla je dále ukázán ve studii, která je založena na experimentu s lokalizovaným požárem na objektu odstředivek Čpavkárny II v areálu koksovny Mittal Steel Ostrava dne 15. 5. 2006, viz obr. 11.15 [11.7]. Hlavním cílem bylo prohloubení poznatků o teplotě sloupů při místním požáru, viz obr. 11.16. Na obr. 11.17 je ukázán rozvoj teploty v ohni a mimo něj, teploty průvlaku, který byl přímo nad zdrojem požáru, a teploty stropnice. Termočlánek TC1 byl umístěn na středu průvlaku ne středu horního povrchu ramene pásnice, termočlánek TG7 nad hranou hranice 400 mm pod stropem. Ve výpočtu se uvažovalo s největší plochou požáru $A_{fi} = 1 \text{ m}^2$; $t_{\alpha} = 300 \text{ s}$; $RHR_f = 2500 \text{ kW/m}^2$; $q_{f,d} = 2878 \text{ MJ/m}^2$; čistou výhřevností paliva $17,5 \text{ MJ/kg}$ o měrné hmotnosti $\rho = 506 \text{ kg/m}^3$. Graf dokládá, že předpověď teploty nosníků zónovým modelem je značně konzervativní.



Obr. 11.17 Rozvoj teploty plynu a nosníků při lokalizovaném požáru a) průvlak, b) stropnice



Obr. 11.18 Rychlost uvolňování tepla ve studii s lokalizovaným požárem při změně doby k dosažení rychlosti uvolňování tepla 1 MW



Obr. 11.19 Vliv doby k dosažení rychlosti uvolňování tepla 1 MW na a) teplotu plamene a b) teplotu plynu

Ve studii se pro lokalizovaný požár obdobný s experimentem v Ostravě 2006 počítalo s největší plochou požáru $A_{fi} = 1 \text{ m}^2$; $RHR_f = 2500 \text{ kW/m}^2$; $q_{f,d} = 2878 \text{ MJ/m}^2$; čistou výhřevností paliva $17,5 \text{ MJ/kg}$ o měrné hmotnosti $\rho = 506 \text{ kg/m}^3$. Doba potřebná k dosažení rychlosti uvolňování tepla 1 MW se měnila z $t_\alpha = 75 \text{ s}$; na 150 s; 300 s až na 600 s.

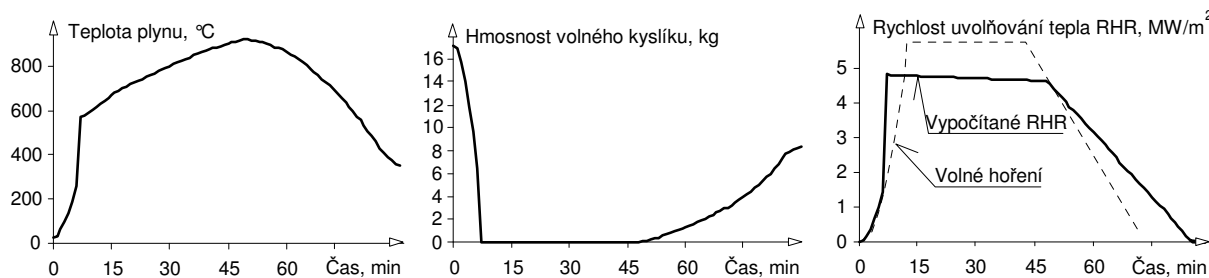
11.7 Příprava revize ČSN EN 1991-1-2

Při požáru je degradace materiálu při vysokých teplotách částečně nebo plně kompenzována redukcí mechanickým zatížením, které je při mimořádné situaci výrazně nižší než na jaké se konstrukce navrhuje při mezním stavu únosnosti za běžné teploty.

Počátek prostorového požáru je obvykle ovlivněn rychlostí uvolňování tepla a teprve později ventilací, viz obr. 11.20. Ventilace může ovlivnit velikost nejvyšší teploty. Požární zatížení ovlivní dobu dosažení a velikost nejvyšší teploty.

Velký vliv na rozvoj prostorového požáru má porušení oken. Při návrhu pokročilým modelem jej lze správně a konzervativně modelovat, viz obr. 11.21.

Rychlost uvolňování tepla z paliva výrazně ovlivňuje prostorový i lokalizovaný požár. Při revizi normy EN 1991-1-2:2002 lze očekávat jeho větší využití pro zpřesnění návrhu konstrukcí vystavených požáru.



Obr. 11.20 Teplota plynu, hmotnost volného kyslíku a rychlost uvolňování tepla pro požár řízený ventilací, požární zatížení 750 MJ/m^2 , požární úsek při zkoušce v Ostravě 2006



Obr. 11.21 Teplota plynu, hmotnost volného kyslíku a rychlost uvolňování tepla pro požár řízený ventilací s postupným uvolňováním okenního otvoru při 300°C a 500°C , požární zatížení 750 MJ/m^2 , pro požární úsek při zkoušce v Ostravě 2006 s dvěma okny

Literatura

- [11.1] ČSN EN 1991-1-2: Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení, Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru, ČSNi, Praha 2004.
- [11.2] ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení, Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, ČSNi, Praha 2004.
- [11.3] ČSN EN 1991-1-3: Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení, Zatížení sněhem, ČSNi, Praha 2004.
- [11.4] ČSN EN 1991-1-4: Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení, Zatížení větrem, ČSNi, Praha 2004.
- [11.5] ČSN EN 1990: Eurokód, Zásady navrhování konstrukcí, ČSNi, Praha 2004.
- [11.6] Wald F. a kol.: Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, České vysoké učení technické v Praze, Praha 2005, 336 s., ISBN 80-0103157-8.
- [11.7] Kallerová P., Wald F.: Požární zkouška na skutečném objektu, Dílčí výzkumná zpráva, CIDEAS, ČVUT v Praze, Praha 2006, 18 s., URL: www.cideas.cz.
- [11.8] URL: www.difisek.eu
- [11.9] Zaharia R., Pintea D., Dubina D.: Fire analysis and design of a composite steel-concrete structure, Proceedings of the 3rd International Conference on Steel and Composite Structures (ICSC2007), Manchester, 2007, ISBN 978-0-415-45141-3.

QUALITY RECORD

Název	Tepelná zatížení
Kategorie	Požární zatížení
Název souboru	1-11_Tepelna_zatizeni.pdf
Datum vytvoření	21. 11. 2007
Autor	Prof. Ing. František Wald, CSc., Ing. Tomáš Baierle, Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D. Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze
Eurokódy	ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí, ČSNI, Praha 2004. ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí, ČSNI, Praha 2004.
Literatura	Wald F. a kol.: Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, České vysoké učení technické v Praze, Praha 2005, 336 s., ISBN 80-0103157-8. Kallerová P., Wald F.: Požární zkouška na skutečném objektu, Dílčí výzkumná zpráva, CIDEAS, ČVUT v Praze, Praha 2006, 18 s., URL: www.cideas.cz . www.difisek.eu Zaharia R., Pintea D., Dubina D.: Fire analysis and design of a composite steel-concrete structure, Proceedings of the 3rd International Conference on Steel and Composite Structures (ICSC2007), Manchester, 2007, ISBN 978-0-415-45141-3.