



LOCAFI⁺

Hodnocení teploty svislého prvku
vystaveného lokálnímu požáru

Diseminace

01/07/2017 – 31/12/2018

Právní kontext a referenční materiály
v České republice

Obsah

1. Úvod
2. Požárně bezpečnostní řešení stavby
3. Statický výpočet požární odolnosti
4. Metodika
5. Řešené příklady
6. Literatura

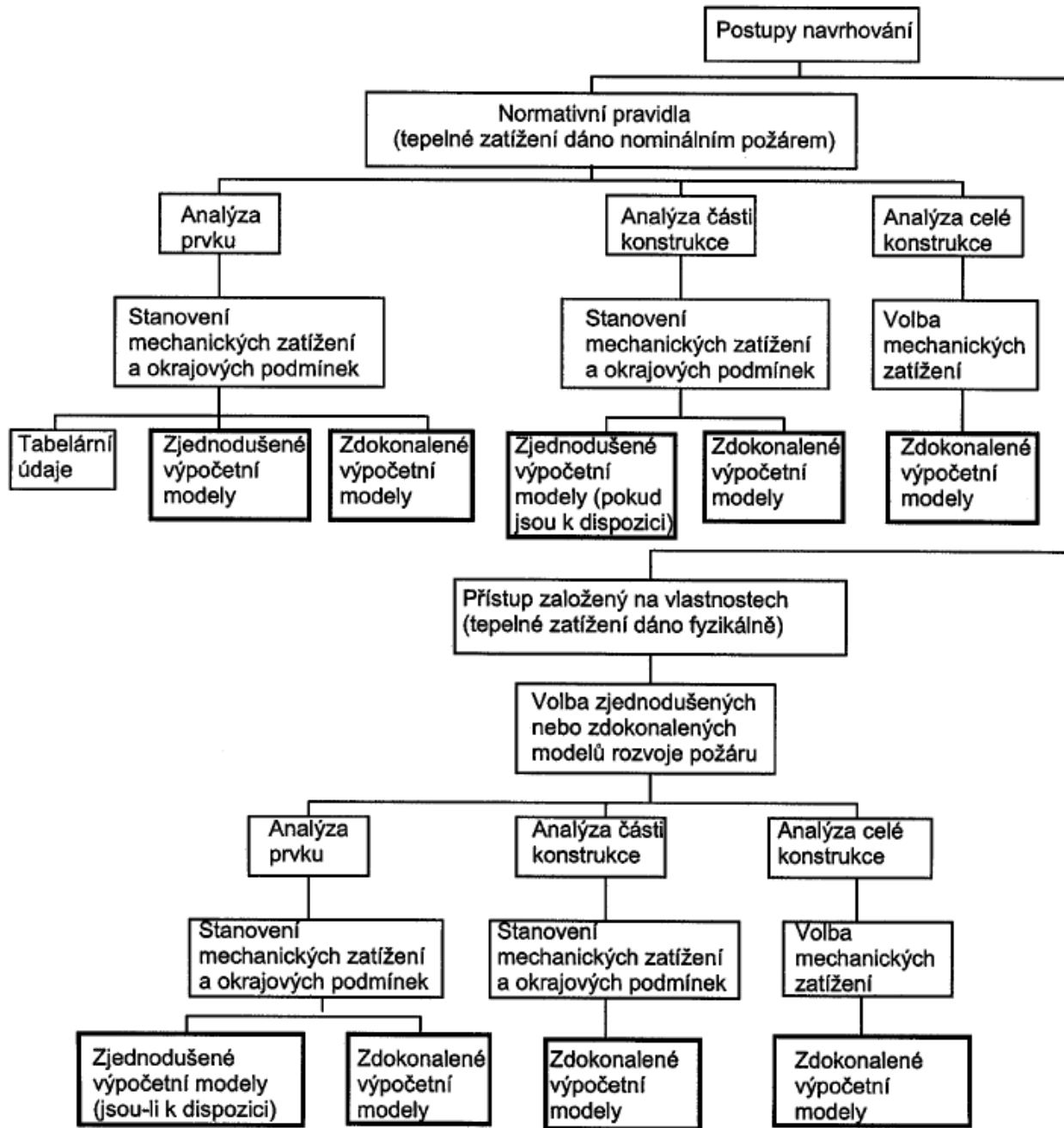
1. Úvod

K zajištění správného a účelného řešení požární bezpečnosti stavby je nutná spolupráce tvůrčího týmu již od zahájení návrhu stavby, tedy již od počátečního stádia projektové činnosti. Je třeba koordinovat zejména požadavky architekta, hlavního inženýra, inženýra pro požární bezpečnost staveb a statika případně zástupců dalších profesních projektů tak, aby návrh stavby již ve svém zrodu splňoval základní požadavky všech profesních částí. I kvalitní práci zúčastněných specialistů může znehodnotit absence dobré koordinace týmu.


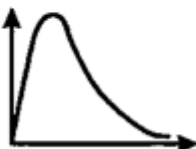

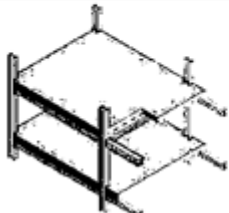
Nezbytnou oblastí spolupráce mezi autorizovaným inženýrem pro požární bezpečnost staveb a autorizovaným statikem je určení požárního scénáře, ze kterého pro danou stavbu plyne vhodný model pro tepelné zatížení, návrhový požár a vstupní data pro tento model, např. požární zatížení, rychlost uvolňování tepla a velikost lokálního požáru. K dispozici jsou nominální teplotní křivky, zjednodušené a zdokonalené modely požáru, viz obr. 1.

K vlastnímu ověřování požární odolnosti staveb výpočtem je nutná spolupráce zejména autorizovaného inženýra pro požární bezpečnost staveb, stavebního inženýra a autorizovaného statika. Požadovanou požární odolnost, tj. levou stranu rovnice spolehlivosti, vypracovává autorizovaný inženýr pro požární bezpečnost staveb podle celkové koncepce požární spolehlivosti budovy s podporou národních předpisů, daných zejména kodexem norem požární bezpečnosti řady ČSN 7308xx. Prokázání požární odolnosti statickým výpočtem, tj. pravou stranu rovnice spolehlivosti statického výpočtu konstrukce vystavené účinkům požáru, provádí statik s využitím dat a znalostí o návrhu a chování nosné konstrukce za běžné teploty s podporou návrhových norem ČSN EN 1990 až 1999. Kromě přístupu vycházejícího z norem (preskriptivní přístup) je možné použít přístup založený na skutečných vlastnostech (inženýrský přístup). Tato disciplína přistupuje k otázkám požární bezpečnosti komplexním způsobem a využívá postupy, které jsou odlišné od tradičních způsobů zajištění požární bezpečnosti.

Ve zjednodušených případech lze prvky pouze klasifikovat, viz obr. 2. Pro složitější případy je nutné použít výpočet pomocí zjednodušených či pokročilých výpočetních modelů. Při využití výpočtových softwarů, je zpracovatel povinen prověřit a doložit jejich vhodnost pro daný případ. Zejména je třeba dbát o vhodné použití a doložení vstupů a výstupů z modelování požáru, z výpočtu přestupu tepla do konstrukce a rozvoje teploty v ní a z globální analýzy, tj. statického modelu, za běžné nebo zvýšené teploty, a ověření spolehlivosti konstrukce obvykle po jednotlivých prvcích a styčnicích.



Obrázek 1: Postup výpočtu podle ČSN EN 1991-1-2

Konstrukce/Metoda	Zjednodušená	Pokročilá
	Nomin. normová křivka 	Analytický model 
	Klasifikace	Výpočet
	Výpočet	Výpočet

Obrázek 2: Požární návrh podle nominální normové křivky a podle analytického modelu požáru podle ČSN EN 1991-1-2

2. Požárně bezpečnostní řešení stavby

Požární bezpečnost stavebních objektů je schopnost objektů bránit v případě požáru ztrátám na životech a zdraví osob, popř. zvířat a ztrátám majetků. Dosahuje se jí vhodným urbanistickým začleněním objektu, jeho dispozičním, konstrukčním a materiálovým řešením nebo požárně bezpečnostními zařízeními a opatřeními podle ČSN 73 0802 čl. 3.1.

Faktory, které ovlivňují požární odolnost, závisí na volbě konstrukčního návrhu z hlediska statického, stavebního i požárně bezpečnostního. Stanovení kritérií přijatelnosti návrhu a nastavení hranice pro bezpečné řešení případného požáru musí být v souladu s požadovanými národními předpisy, tj. českými zákony č.133/1985 Sb. o požární ochraně ve znění zákona č. 186/2006 Sb. a vyhláškami a technickými normami, viz příloha č. 1 Vyhlášky 23/2008 Sb.

Základní postup pro zajištění požární bezpečnosti stavby určují Vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb č. 23/2008 Sb. §2 odst. 1 a 2, a Vyhláška o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru č. 246/2001 Sb. Při zpracování požárně bezpečnostního řešení se vychází z požadavků zvláštních právních předpisů, normativních

požadavků a z podmínek vydaných rozhodnutí v daném území. Příslušné podklady z hlediska požární bezpečnosti obsahují:

- Návrh koncepce požární bezpečnosti z hlediska předpokládaného stavebního řešení a způsobu využití stavby. Přitom se vychází z výšky stavby, stavebních konstrukcí, umístění stavby z hlediska předpokládaných odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností, údajů o navržené technologii a používaných, zpracovávaných nebo skladovaných látkách.
- Řešení příjezdových komunikací, popřípadě nástupních ploch pro požární techniku, zajištění potřebného množství požární vody, popřípadě jiné hasební látky.
- Předpokládaný rozsah vybavení objektu vyhrazenými požárně bezpečnostními zařízeními, včetně náhradních zdrojů pro zajištění jejich provozuschopnosti.
- Zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu, popřípadě vyjádření potřeby zřízení jednotky požární ochrany podniku nebo požární hlídky.
- Grafické vyznačení umístění stavby s vymezením předpokládaných odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností, příjezdové komunikace a nástupní plochy pro požární techniku, připojení k sítím technického vybavení apod.

Při navrhování stavby musí být podle druhu stavby dále splněny technické podmínky požární ochrany na:

- stavební konstrukce a technologické zařízení,
- evakuaci osob a zvířat,

které jsou stanoveny v českých technických normách uvedených v příloze č.1 vyhlášky 23/2008 Sb. Požárně bezpečnostní řešení, které je nedílnou součástí dokumentace stavby a ve smyslu vyhlášky č. 499/2006 Sb. musí obsahovat:

a) seznam použitých podkladů pro zpracování

b) stručný popis stavby

z hlediska stavebních konstrukcí, výšky stavby, účelu užití, popřípadě popisu a zhodnocení technologie a provozu, umístění stavby ve vztahu k okolní zástavbě. Jedná se zejména o rozměry objektu (půdorysné rozměry, počet podlaží atd., konstrukční návrh objektu, statické schéma objektu vč. stanovení statických závislostí, vnitřní dispozice a urbanistické řešení, koordinace jednotlivých požadavků a navazující návrh technického zařízení budovy včetně požárně bezpečnostních opatření, posouzení technologie provozu, vybavenost aktivním a pasivním požárními zařízeními. Návrh objektu musí koordinovat základní požadavky na objekt dané

venkovními vlivy, umístěním objektu, požadavky na mezní odstupové vzdálenosti a z toho vyplývající požadavky na dispoziční, konstrukční i požárně bezpečnostní řešení.

c) Rozdělení stavby do požárních úseků

Požární úsek, viz ČSN 73 0802 čl. 3.11 je prostor stavebního objektu, ohraničený od ostatních částí tohoto objektu, popř. od sousedních objektů, požárně dělícími konstrukcemi, popř. požárně bezpečnostním zařízením. Úsek je základní posuzovanou jednotkou z hlediska požární bezpečnosti stavebních objektů. Účelem je bránit šíření požáru. Úseky jsou ohraničeny požárně dělícími konstrukcemi, u kterých se stanoví požární odolnost podle stupně požární bezpečnosti ČSN 73 0802 čl. 7.2. Stavební objekt, který není dělen do požárních úseků, se považuje za jeden požární úsek. Objekt se musí dělit tehdy, přesahuje-li jeho velikost mezní rozměry požárního úseku. Samostatné požární úseky musí tvořit celá řada částí objektu, viz čl. 5.3.2 ČSN 73 0802 resp. čl. 5.2.4 ČSN 73 0804 např. chráněná úniková cesta, evakuační výtahy, instalační šachty, prostory pro zajištění požární bezpečnosti, garážové prostory. Rozdělení objektu na požární úseky musí odpovídat technickému a technologickému rozdělení objektu, aby nedocházelo k neekonomickým požadavkům na požární dělení zejména s ohledem na požární uzávěry, prostupy technologií a technických zařízení budov a musí navazovat na konstrukční a statické řešení objektu z hlediska statických závislostí dílčích konstrukcí, podlažnosti objektu či požárních úseků, rozmístění pož. zatížení vč. požadavků na oddělení prostorů s vyšším požárním zatížením či stanovení prostor s místně soustředěným požárním zatížením, vše za účelem ekonomického, bezpečného a funkčního návrhu stavby.

d) Stanovení požárního rizika popřípadě ekonomického rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti a posouzení velikosti požárních úseků.

Při navrhování stavby musí být pro vymezené požární úseky určena pravděpodobná intenzita případného požáru, dále jen požární riziko, v souladu s českými technickými normami uvedenými ve Vyhlášce Ministerstva vnitra č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany, příloze č. 1 částech 2 a 3. Dále je možné stanovení požárního rizika dle ČSN EN 1991-1-2.

Rozsah a intenzita případného požáru v posuzovaném stavebním objektu nebo jeho částí, je určena dle kodexu norem 7308xx výpočtovým požárním zatížením v nevýrobních objektech, viz čl. 3.6 ČSN 73 0802, resp. ekvivalentní dobou trvání požáru a normovými či pravděpodobnými teplotami plynů v hořícím prostoru, viz čl. 3.8 ČSN 73 0804. Závisí zejména na množství a druhu

hořlavých látek, na rychlosti jejich odhořívání, účinnosti požárně bezpečnostních zařízení a na tepelně technických vlastnostech konstrukcí ohraničujících posuzovaný požární úsek. Požární zatížení, viz čl. 3.13-3.16 ČSN 73 0804, se stanoví z požárního zatížení nahodilého a stálého. Do nahodilého požárního zatížení se započítává hmotnost a výhřevnost všech hořlavých látek, které se za normálních podmínek provozu nebo užívání vyskytují v požárním úseku. Do stálého požárního zatížení se započítává hmotnost a výhřevnost hořlavých výrobků obsažených ve stavebních konstrukcích posuzovaného úseku nebo objektu, pokud nejde o konstrukce nosné a požárně dělící.

Požární riziko, které se určení podle jiné metodiky, nenahrazuje výpočtové požární zatížení podle norem řady ČSN 7308xx, viz ČSN 730810:2009. Jinak se musí dokázat, že nedochází ke snížení požární bezpečnosti oproti požární bezpečnosti podle norem řady ČSN 7308xx.

Ekonomické riziko, ve výrobních stavbách, resp. mezní velikost požárního úseku, v nevýrobních stavbách, jsou závislé na druhu a charakteru provozu, požárně bezpečnostních zařízeních a opatřeních, velikosti požárního úseku, počtu podlaží v objektu, konstrukčním systému a na předpokládaných škodách.

e) Zhodnocení navržených stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti.

Požární odolností stavebních konstrukcí je souhrnně vyjádřena schopností konstrukcí odolávat účinkům požáru a zachovat při požáru svou nosnost, celistvost a izolační schopnost. Požadovaná požární odolnost stavebních konstrukcí, vyjádřena dobou v minutách a požadovaný druh konstrukčních částí se stanoví podle stupně požární bezpečnosti požárního úseku dle ČSN, viz tab. 12 v ČSN 73 0802 Požární odolnost konstrukcí a jejich druh.

Požadovaná požární odolnost konstrukcí musí být při běžném provozu zajištěna po celou dobu předpokládané životnosti objektu. Při posuzování konstrukcí, i neuvedených v tab. 12, se postupuje podle ČSN 73 0810. Jedná se např. o zasklené konstrukce, zvýšené podlahy apod.

V případě návrhu konstrukce, která je vystavena vysokým teplotám za požáru, dle kap. 2 v ČSN EN 1991-1-2, lze požární odolnost prokázat statickým výpočtem s využitím znalostí o chování nosné konstrukce za běžné teploty s podporou návrhových norem ČSN EN 1990 až 1999. Pro jednoduché konstrukce lze použít publikaci Zoufal R. a kol. Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů, viz [1], ve které se vychází z konzervativních hodnot namáhání. Nemusí se tedy stanovovat zatížení ani řešit statický model konstrukce.

f) Zhodnocení navržených stavebních hmot

tj. stupeň hořlavosti, odkapávání v podmínkách požáru, rychlost šíření plamene po povrchu, toxicita zplodin hoření apod.

Navržené stavební materiály se hodnotí zejména dle reakce stavební konstrukce včetně stavebního výrobku určeného k zabudování do stavby na oheň a musí být klasifikovány do tříd A až F včetně přiřazených indexů podle české technické normy ČSN EN 13501-1.

g) Zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu,

evakuace osob, zvířat a majetku a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení.

Únikové cesty musí umožnit bezpečnou a včasnou evakuaci všech osob z požárem ohroženého objektu nebo jeho části na volné prostranství a přístup požárních jednotek do prostorů, napadených požárem. Zajištění úniku osob a zvířat z objektu je řešeno únikovými cestami s rozdělením na nechráněné a chráněné únikové cesty. Únikové cesty tvoří i evakuační a požární výtahy, rampy, eskalátory. Dále jsou řešeny náhradní únikové možnosti, které se nezapočítávají do kapacity únikových cest. V rámci posouzení jsou stanoveny mezní kapacity únikových cest dle typu ochrany a jejich mezní délky či mezní doby evakuace s posouzením dle ohrožení osob zplodinami hoření a kouře u vymezených prostor.

h) Stanovení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností a vymezení požárně nebezpečného prostoru, zhodnocení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností ve vztahu k okolní zástavbě, sousedním pozemkům a volným skladům.

i) Určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou včetně rozmístění vnitřních a vnějších odběrních míst, popřípadě způsobu zabezpečení jiných hasebních prostředků u staveb, kde nelze použít vodu jako hasební látku.

j) Vymezení zásahových cest a jejich technického vybavení, opatření k zajištění bezpečnosti osob provádějících hašení požáru a záchranné práce, zhodnocení příjezdových komunikací, popřípadě nástupních ploch pro požární techniku.

k) Stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasicích přístrojů vč. hasicí schopnosti dle vyhl. 23/2008 Sb., popřípadě dalších věcných prostředků požární ochrany nebo požární techniky.

l) Zhodnocení technických, popřípadě technologických zařízení stav, rozvodná potrubí, vzduchotechnická zařízení, vytápění apod., z hlediska požadavků požární bezpečnosti

m) Stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot

Stanovení ochrany je možno řešit použitím výrobové základny pomocí obkladů konstrukcí, nátěry, nástřiky s dokladem o požární odolnosti či dle ověření požární odolnosti statickým výpočtem s využitím znalostí o chování nosné konstrukce za běžné teploty s podporou návrhových norem ČSN EN 1990 až 1999 v rozsahu, daném těmito normami.

n) Posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními, následně stanovení podmínek a návrh způsobu jejich umístění a instalace do stavby, dále jen návrh.

Návrh obsahuje:

- způsob a důvod vybavení stavby vyhrazenými požárně bezpečnostními zařízeními, určení jejich druhů, popřípadě vzájemných vazeb,
- vymezení chráněných prostor,
- určení technických a funkčních požadavků na provedení vyhrazených požárně bezpečnostních zařízení, včetně náhradních zdrojů pro zajištění jejich provozuschopnosti,
- stanovení druhů a způsobu rozmístění jednotlivých komponentů, umístění řídicích, ovládacích, informačních, signalizačních a jisticích prvků, trasa, způsob ochrany elektrických, sdělovacích a dalších vedení, zajištění náhradních zdrojů apod.,
- výpočtovou část,
- stanovení požadavků na obsah podrobnější dokumentace.

o) Rozsah a způsob rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek včetně vyhodnocení nutnosti označení míst, na kterých se nachází věcné prostředky požární ochrany a požárně bezpečnostní zařízení.

3. Statický výpočet požární odolnosti

Zpracovatelé

Statický výpočet zpracovávají fyzické osoby, které mají oprávnění k výkonu vybraných činností ve výstavbě. Odpovědnost za záruky je řešena obchodním a občanským zákoníkem. požáru, přestup tepla do konstrukce a ověření konstrukce za vysokých teplot.

Účel

Statický výpočet je dokument, který prokazuje, že konstrukce je schopna bezpečně přenášet působící zatížení, splňuje hlavní požadavky na mechanickou únosnost a stabilitu za běžné teploty a za zvýšené teploty při požáru. Výpočet musí být plnohodnotným podkladem pro vypracování technické dokumentace, která povede k provedení stavby.

Rozsah statického výpočtu má odpovídat stupni projektové dokumentace, jejíž je výpočet součástí. Z tohoto hlediska lze rozeznat statický výpočet pro stavební povolení a statický výpočet pro provedení stavby. Postup návrhu konstrukce vystavené zvýšeným teplotám za požáru je dán kap. 2 v ČSN EN 1991-1-2. Požaduje se jasně definovat a odděleně doložit model

Právní rámec

Pokud je statický výpočet vypracován podle platných norem a osobami mající oprávnění k výkonu činnosti, je to považováno za důkaz, že statický výpočet je v souladu s nároky právního řádu státu a posledními poznatky vědy a techniky.

Základní požadavky

Statický výpočet je dokument, který prokazuje, že konstrukce splňuje základní požadavky, tj. mechanickou únosnost a bezpečnost při požáru, které jsou pro země Evropské unie uvedeny ve Směrnici rady 89/106/EEC pro stavební výrobky. Základní požadavky musí konstrukce splňovat po celou dobu její plánované životnosti, viz ČSN EN 1990. Statické výpočty mají jasnou strukturu, která je dána jejich účelem a potřebou dodatečné kontroly, viz [2].

Statický výpočet má mít takové uspořádání, aby umožňoval snadnou a přehlednou orientaci. Vstupy do výpočtu musí být srozumitelné a jejich podklady se musí jasně dokladovat. Výpočet musí obsahovat všechny údaje pro provedení kontrolního přepočtu. Ověřují se všechny

rozhodující stavy konstrukce, které ovlivňují únosnost a stabilitu se seřazením od podporovaných prvků k podporujícím.

Statický výpočet konstrukce vystavené účinkům požáru dokládá, že konstrukce si zachová nosnou funkci po příslušnou dobu trvání požáru, která je stanovena požadovanou požární odolností dané konstrukce. Požadavky musí konstrukce splňovat po celou dobu předpokládané životnosti.

Zatížení

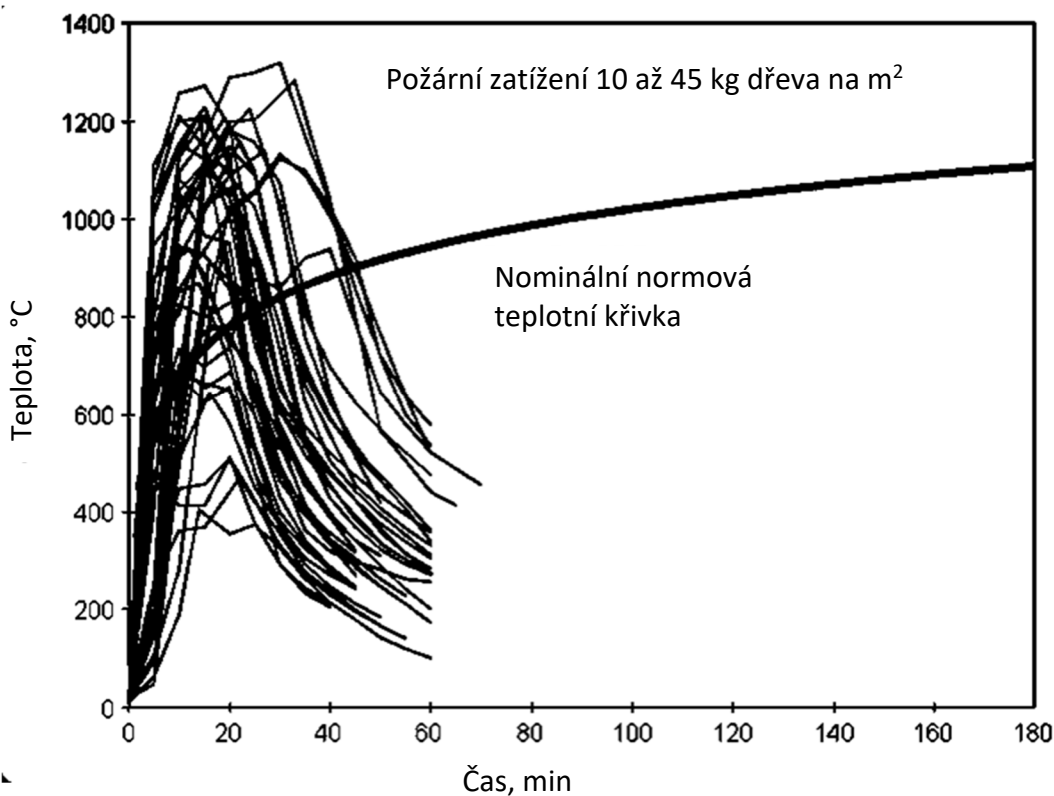
Při požární situaci je konstrukce kromě mechanického zatížení vystavena i tepelnému zatížení.

Stanovení mechanického zatížení vychází z návrhu při běžné teplotě, pokud je pravděpodobné, že bude působit i v požární situaci. Pro mimořádné návrhové situace se kombinace mechanického zatížení uvažuje podle vztahů podle ČSN EN 1990. Obvykle lze využít redukce odpovídajících účinků vypočítaných za běžné teploty. Redukční součinitel zatížení závisí na použitém kombinačním pravidlu pro stanovení návrhové hodnoty účinku zatížení pro běžnou teplotu, dílčích a kombinačních součinitelích. Postup stanovení redukčního součinitele je stanoven v druhých kapitolách norem ČSN EN 1992-1-2 až ČSN EN 1999-1-2. Snížené mechanické zatížení při požáru oproti meznímu stavu únosnosti za běžné teploty je jedním ze zdrojů spolehlivosti konstrukcí při požáru.

Nepřímá zatížení konstrukce v důsledku roztažení a přetvoření, způsobená teplotními změnami od požáru, vyvolávají síly a momenty. Nepřímá zatížení lze uvažovat obvykle pouze pokročilou globální analýzou za zvýšené teploty. Nepřímá zatížení od požáru není nutno při výpočtu konstrukce uvažovat, pokud jsou zanedbatelná, příznivá nebo je konzervativně zvolený model podepření a okrajových podmínek. Při hodnocení nepřímých zatížení se má uvažovat vynucené tepelné roztažení vlastních prvků, rozdílné tepelné roztažnosti staticky neurčitých prvků, teplotní gradienty v průřezech, tepelné roztažení sousedních prvků.

Tepelná zatížení se určují na požadované úrovni přesnosti výpočtu podle třetí kapitoly normy ČSN EN 1991-1-2. Nejjednodušším modelem požáru je nominální teplotní křivka (viz obr. 3), která již po 130 let umožňuje přibližný odhad teploty plynu. Osvědčila se pro zkoušení prvků v laboratořích a při klasifikaci požární odolnosti. Její hlavní nevýhodou pro ověření požární odolnosti je absence popisu chladnutí. Chladnutí popisují zjednodušené i pokročilé modely rozvoje teploty v požárním úseku. Kromě nominálních teplotních křivek existují parametrické teplotní

křivky a další pokročilé návrhové modely pro stanovení teploty plynu jako jsou zónové modely, modely lokálního požáru a modely dynamické analýzy plynů (Computational Fluid Dynamics).



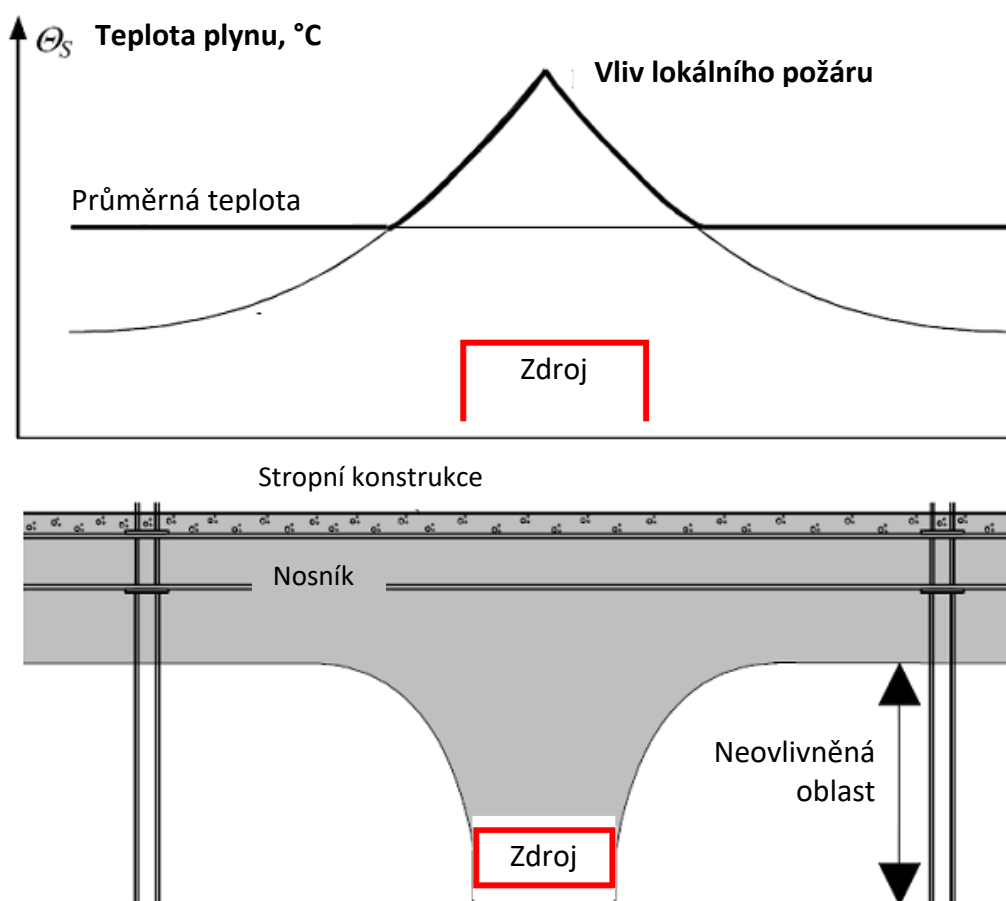
Obrázek 3: Porovnání teploty plynu v požárním úseku předpovězené podle nominální normové křivky a z výsledků zkoušek

Parametrické modely požáru využívají fyzikálních parametrů a analytického popisu hoření v požárním úseku uvedených v ČSN EN 1991-1-2 přílohy A a F a předpokládají rovnoměrné rozložení teploty v celém požárním úseku. Křivka zohledňuje parametry, které mají hlavní vliv na průběh teploty plynu: požární zatížení, ventilace, tvar a rozměr požárního úseku a požáru a povrchy požárních úseků.

Zónové modely rozdělují řešený prostor na homogenní vrstvy (neboli zóny), kde každá vrstva má shodnou hustotu, teplotu a koncentraci plynů. Nejčastěji je prostředí požáru simulováno pomocí dvou zón – horní horká vrstva kouře a dolní, relativně studená vrstva. Při dosažení podmínek celkového vzplanutí (tj. flashover efekt) je pak požár modelován pomocí jedné zóny. Vývoj teploty není předepisován předem určenou rovnicí, ale je výsledkem časové integrace diferenciálních rovnic založených na základě zachování hmoty a energie v jednotlivých zónách.

Použití takových modelů tedy vyžaduje využití numerického počítačového software, např. OZone [3].

Při lokálním požáru je požární zatížení soustředěno na malé ploše požárního úseku a požár probíhá místně, např. hořící dřevěná paleta v hale, hořící automobil v tunelu. Lokální požár nastane v případě, že nedojde k rozšíření hoření po celé ploše požárního úseku, ale jeho průběh je pouze místní. Při lokálních požárech je rozdělení teplot nerovnoměrné, viz obr. 4. Postup výpočtu je uveden v příloze C normy ČSN EN 1991-1-2. Teplota svislých prvků vystavených lokálnímu požáru je studována v např. [4] až [9]. Příklady výpočtů jsou uvedeny v příloze A.



Obrázek 4: Lokální požár a teplota v požárním úseku

Ekvivalentní doba vystavení účinkům požáru $t_{e,d}$ se definuje jako čas, po který účinky ohřátí stavební konstrukce podle nominální normové teplotní křivky odpovídají účinkům ohřátí stavební konstrukce při požáru. Přejít z teplotní křivky požáru na nominální normovou křivku umožňuje

porovnat zkoušky požární odolnosti stavebních konstrukcí, při kterých se zahřívá podle nominální normové teplotní křivky, viz kap. 1.3.7 v [10]. Porovnání křivek je možné jen pro některé typy konstrukcí. Je ověřeno a rozvíjeno pro betonové konstrukce, viz [11], kde je i podrobně popsána historie vzniku a možnosti požití. Nelze ji vypracovat pro dřevěné konstrukce, viz [12]. Ekvivalentní doba vystavení účinkům požáru se v zemích, ve kterých je hlavní mimořádné zatížení zemětřesení a návrh na jeho účinky do jisté míry zajišťuje dostatečnou požární odolnost nosných stavebních konstrukcí, využívá pro stanovení požadované požární odolnosti, viz informativní příloha F v normě ČSN EN 1991-1-2. V České republice byla pro tuto problematiku vypracována pokročilejší metodika. Výsledná hodnota ekvivalentní doby podle přílohy F k ČSN EN 1991-1-2 se od ekvivalentní doby trvání požáru τ_e podle ČSN 73 0804 liší. Ekvivalentní doba vystavení účinkům požáru $t_{e,d}$ nemůže být proto přímo aplikována do českých projektových norem pro požární bezpečnost staveb.

Návrhové hodnoty materiálových vlastností

Zvýšené teploty konstrukce při požáru způsobí změnu mechanických vlastností konstrukčního materiálu. Změněné, redukované, mechanické vlastnosti ovlivní nosnou způsobilost a odolnost konstrukce. Pro navrhování za běžné teploty se návrhové hodnoty mechanických materiálových vlastností definují charakteristickými hodnotami pevností nebo deformačními vlastnostmi v příslušných návrhových a materiálových normách. Redukce pracovních diagramů jednotlivých materiálů za zvýšené teploty je popsána ve třetích kapitolách norem pro navrhování konstrukcí na účinky požáru ČSN EN 1992-1-2 až ČSN EN 1999-1-2. Pro redukci mechanických vlastností za zvýšených teplot je v normách zaveden redukční součinitel, který závisí na teplotě materiálu.

Metody prokazování

Přestup a rozvoj tepla v konstrukci, teplotní analýza, vychází podle typu konstrukčního prvku z tabulek, přírůstkových a diskretních metod.

Ověření požární odolnosti konstrukce za vysokých teplot, mechanická analýza, může vycházet z výpočtu konstrukce za běžné teploty nebo využít pokročilé přesnější metody a vycházet z globální analýzy za zvýšených teplot. Model konstrukčního systému pro globální analýzu se vytváří tak, aby co nejlépe vystihoval očekávané chování.

Ověření odolnosti lze provést z hlediska času, únosnosti a teploty, viz kap. 2.5 ČSN EN 1991-1-2. Ověření z hlediska času, tj. požadovaná požární odolnost je menší než čas do porušení,

nejlépe dokládá rezervy ve spolehlivosti konstrukce. Vyžaduje ale přímé řešení, které je vhodné pouze pro jednoduché výpočty. Pro složitější výpočty je nejvhodnější ověření únosnosti při požadované požární odolnosti. Při výpočtu se ověřuje, že po příslušnou dobu trvání požáru je splněna únosnost a stabilita konstrukce.

Požární zkouškou podle řady zkušebních norem ČSN EN 1363, podrobněji viz [13], a odpovídající klasifikací se pro výrobky a výjimečně pro konstrukční části dosahuje ekonomičtějšího ověření požární odolnosti. Výsledky zkoušek se vhodně kombinují s výpočty, což umožňuje rozšíření aplikace zkoušek, viz [10].

Obsah statického výpočtu požární odolnosti

Statický výpočet pro prokázání požární odolnosti staveb má obsahovat, viz [14] a [15], části, které lze zahrnout pod vstupní informace, vlastní výpočet a požadavky na provádění stavby. Jednotlivé části lze dělit do tří částí: vstupní informace, vlastní výpočet a požadavky na provádění stavby.

Vstupní informace

A) Identifikační údaje o stavebním objektu, investorovi, zhotoviteli stavby a zhotoviteli dokumentace

Uvádí se název a adresa stavebního objektu řešeného statickým výpočtem, název a adresa zhotovitele dokumentace statického výpočtu s uvedením jmen zpracovatelů, kontrolora a schvalovatele. Schvalovatel musí mít oprávnění pro schválení statického výpočtu a musí přesvědčit o přijatelnosti vstupních dat a výsledků pomocí kontroly. Součástí je název a adresa investora.

B) Přehled podkladů, vstupních údajů a požadavků

Základní podklady, které poskytli zhotoviteli informace o podmínkách a způsobu provedení objektu. Podklady obsahují požadovanou požární odolnost konstrukce a případně dále požadavky investora, působení zatížení, max. povolené nebo požadované deformace u požárně dělících prvků, atd.

C) Koncepční řešení základního statického působení konstrukce

Stručný popis a charakteristika zajištění únosnosti a stability konstrukce. Popis zvoleného výpočtového modelu s uvedením hlavních specifikací, tj. důležité části konstrukce nebo detaily, které významně ovlivňují statický model. Jako je např. kotvení sloupů, ztužení, hlavní spoje.

V této části se uvede požadovaná požární odolnost konstrukce, dílčí části konstrukce nebo prvku.

D) Dispoziční, stavebně technické, řešení objektu ve smyslu uvedení základních půdorysných a výškových rozměrů

Uvedení základních půdorysných a výškových rozměrů posuzovaného objektu společně s jeho funkcí. Výšková i půdorysná schémata se pro lepší přehlednost znázorňují graficky.

E) Seznam užitých norem a literatury

Uvedení literatury, která sloužila jako podklad pro návrh. Přesná specifikace norem s případnými odkazy na použitou kapitolu. Odborná literatura s uvedením názvu a odvolávky na kapitolu nebo číslo stránky.

F) Údaje o použitém softwaru

Popis programu, který sestává z jeho názvu a čísla verze, stručné charakteristiky a možnosti použití.

Vlastní výpočet

Výpočet může být proveden: ručně, pomocí výpočetního programu nebo kombinací obou metod. Při využití výpočtového programu, je zpracovatel povinen prověřit jeho vhodnost pro daný případ. Zvláště je třeba prověřit vhodnost volené globální analýzy, tj. statického modelu. Ve výstupech z programu musí být samostatně oddělen výpočet teploty v požárním úseku, přestup a rozvoj tepla do konstrukce a mechanická analýza konstrukce za požáru. Ve statickém výpočtu se doloží:

G) Vstupní data pro výpočet

Vstupní data sestávají z modelu pro globální analýzu, zvoleného materiálu na prvky, jejich průřezové charakteristiky a případně další doplňující údaje. Seznam materiálu se uvádí s předpokládanými mechanickými vlastnostmi. Dále se popíše průřezové charakteristiky jednotlivých prvků v konstrukci s uvedením materiálu.

H) Grafická schémata

Uvede se přehledný popis a grafické znázornění výpočetního modelu. Geometrie, okrajové podmínky, kotvení a statické působení má být patrné z popisu nebo grafického výstupu. Uvádí se, pokud je konstrukce něčím specifická. Doplňující údaje se týkají zjednodušení v uvažovaném modelu, redistribuci vnitřních sil apod.

Konstrukci je vhodné rozdělit na dílčí části, u kterých jsou uvedeny výstupní údaje, které jsou nutné pro kontrolu únosnosti a použitelnosti. Výstupní údaje obsažené ve výpočtech jsou z rozhodujících zatěžovacích stavů a kombinací zatížení, které vytváří nejnepříznivější účinky. Tyto údaje mají být prezentovány v obou posudcích za běžné teploty a za požární situace.

I) Tepelná zatížení

Pro tepelné zatížení konstrukce/její části/prvku se popíše zvolená teplotní křivka rozvoje teploty plynu v požárním úseku.

J) Mechanická zatížení

V dokumentu je nezbytné uvést veškerá zatížení, která mohou v průběhu životnosti na konstrukci působit. Popíše se zatěžovací stavy včetně součinitelů zatížení a volené kombinace zatížení.

Zvláštní pozornost se věnuje mimořádným kombinacím zatížení konstrukce vystavené požáru. Zde se popíše zvolené součinitele kombinace a dílčí součinitele za požáru.

K) Ověření při běžné teplotě v případě, že z něj požární návrh vychází

V případě, že požární návrh vychází z ověření za běžné teploty, popíše se dimenze průřezů a porovná se namáhání a únosnost prvků, tzv. jednotkové posudky. Tuto část lze řešit i odkazy na statický výpočet. Odkazy musí být podrobné a adresné a statický výpočet za běžné teploty musí být k požární zprávě přiložen.

L) Ověření při vystavení účinkům požáru

L1) Teplotní analýza

Podle materiálu prvků konstrukce a požadavky na přesnost zvolené metody výpočtu se doloží přestup tepla do konstrukce, u ocelových a hliníkových prvků, rozvoj teploty v konstrukci, u betonových, ocelobetonových a zděných prvků, a odhořívání průřezu, u dřevěných prvků.

L2) Mechanická analýza

Doloží se ověření a dimenze průřezů vystavených účinkům požáru s uvedením rozhodujících namáhání s návrhových sil. Pro přehlednost řešení lze použít jednotkové posudky hlavních prvků konstrukce, případně jejich spojů. U částí konstrukce, které mají požárně dělící funkci, se uvádí ověření deformací. Do této části též patří další výsledky jako hodnoty podporových reakcí, přehled vnitřních sil na prvku atd.

M) Shrnutí rozhodujících výsledků

Pro přehlednost a srozumitelnost se upřednostňuje tabelární podoba, která poskytuje jasnou představu o využití jednotlivých průřezů a jejich požární odolnosti. Ve formě tabulky se uvádí výsledky, které informují o hlavních vstupních datech a závěrech prověření na účinky požáru.

Požadavky na provádění stavby

N) Požadavky na postup výstavby konstrukce a kontrolu jakosti použitého materiálu

Zde mohou být uvedeny požadavky na výrobu, přepravu, postup výstavby, způsoby montáže, podmínky instalace a speciální nároky pro zajištění navržené požární odolnosti.

O) Předpoklady použití a jiné speciální nároky spojené s výstavbou konstrukce pro zajištění navržené požární odolnosti.

V této části se uvádí nároky při výstavbě, které mohou ovlivnit požární odolnost budovy. Nejedná se o požární posouzení během výstavby, které jsou požadavky shrnuty v § 29 Provádění stavby Vyhláška č. 23/2008 Sb. O technických podmínkách požární ochrany staveb, ve které jsou shrnuty předpisy a dokladů jimi požadovanými.

4. Metodika

Pro ověření požární odolnosti nosné konstrukce stavby výpočtem je třeba jasná a přehledná struktura dokladů, které dokládají vstupy, postup řešení a výstupy. Požadovanou požární odolnost připravuje autorizovaný inženýr pro požární bezpečnost staveb v kontextu koncepce požární spolehlivosti budovy. Požadavky na formu dokladů jsou přesně dány zvyky i legislativou. Ověření požární odolnosti výpočtem provádí autorizovaný statik. Forma statického výpočtu pro ověření konstrukce za běžné teploty se učí na školách a je přesně formulována profesními organizacemi. Vypracování metodiky pro podporu spolupráce zúčastněných partnerů a usnadnění kontroly pro

pokročilé metody (inženýrský přístup) je v současnosti aktuální nejen v České republice, ale na celém světě, viz např. [15].

5. Řešené příklady

V příloze A jsou připraveny řešené příklady pro návrh sloupů, které jsou vystaveny požáru v průmyslovém objektu A1, kancelářské budově A2 a parkovacím domě A3.

6. Literatura

- [1] Zoufal R. a kol.: Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů, PAVUS, Praha 2009, ISBN 978-80-904481-0-0.
- [2] Statický výpočet, doporučený technický standard, skupina statika a dynamika, soubor 5, č. 17, ČKAIT 2002, 7 s.
- [3] Cadorin J.F. et al., Ozone 3.0.3, software, University of Liege, 2017.
- [4] Sokol, Z. Temperature of Steel Column Exposed to Localised Fire In: Applications of Structural Fire Engineering. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. pp. 269-274. ISBN 978-80-01-04798-9.
- [5] Sokol, Z. Buckling Resistance of Columns Exposed to Localised Fire In: Technical Sheets 2008 - Part 3. Praha: CIDEAS-Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí, 2009. pp. 57-58. ISBN 978-80-01-04461-2.
- [6] Sokol, Z.; Wald, F. Column Temperature in a Localized Fire In: Technical Sheets 2007 - Part 3: Integrated Design for Extreme Situations. Praha: CIDEAS-Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí, 2008. pp. 55-56. ISBN 978-80-01-04174-1.
- [7] Sokol, Z.; Wald, F.; Kallerová, P.; Bonnet, N. Column Behaviour during Localised Fire Test In: Proceedings of the Fifth International Conference Structures in Fire. Singapore: Nanyang Technological University, 2008. pp. 256-263. ISBN 978-981-08-0767-2.
- [8] Kallerová, P.; Bonnet, N.; Sokol, Z.; Wald, F. Column Temperature During Localised Fire Test In: Eurosteel 2008 - 5th European Conference on Steel and Composite Structures. Brussel: ECCS/CECM/EKS General Secretariat, 2008. pp. 971-976. ISBN 92-0147-000-90.
- [9] LOCAFI, Temperature assessment of a vertical member subjected to LOCALised Fire, Brussels, 2015.
- [10] Wald F. a kol.: Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, České vysoké učení technické v Praze, Praha 2005, 336 s., ISBN 80-0103157-8.
- [11] Lie T.T.: Fire temperature-time relations. Chapter 4-8, SFPE Handbook of fire protection engineering, second edition, Society of fire protection engineers;USA;1995.
- [12] Feasey R., Buchanan A.H.: Post-flashover fires for structural design. Fire Safety Journal 2002;37(1);83-105.
- [13] Zoufal R.: Požadavky na stavební výrobky a konstrukce 1 – Přímá a rozšířená aplikace výsledků zkoušek, Konstrukce 1/2008, s. 35-39.

- [14] Procházka J. a kol.: Statické výpočty, Technická pravidla CBS 01, Česká betonářská společnost ČSSI, Praha 2006, 12 s.
- [15] Performance-based structural fire safety design, Rautaruukki Oyj. Kaikki oikeudet pidätetään, pub. 020 59 11, 2008, 7 s.

Směrnice a vyhlášky

Směrnice Evropské rady ze dne 21. prosince 1988 o sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků, Úřední věstník Evropské unie, 89/106/EHS, 13/sv. 9, s. 296-310.

Vyhláška Ministerstva vnitra č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany ze dne 29.1.2008.

Vyhláška Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci) ze dne 29.6.2001.

Normy

ČSN 65 0201: Hořlavé kapaliny - Prostory pro výrobu, skladování a manipulaci, ČNI, Praha 2003.

ČSN 73 0802: Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty, UNMZ, Praha 2009.

ČSN 73 0804: Požární bezpečnost staveb - Výrobní objekty, ČNI, Praha 2010.

ČSN 73 0810: Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení, UNMZ, Praha 2016.

ČSN 73 0818: Požární bezpečnost staveb - Obsazení objektu osobami, ČNI, Praha 1997.

ČSN 73 0833: Požární bezpečnost staveb - Budovy pro bydlení a ubytování, ČNI, Praha 2010.

ČSN 73 0831: Požární bezpečnost staveb - Shromažďovací prostory, ČNI, Praha 2011.

ČSN 73 0835: Požární bezpečnost staveb - Budovy zdravotnických zařízení a sociální péče, ČNI, Praha 2006.

ČSN 73 0842: Požární bezpečnost staveb - Objekty pro zemědělskou výrobu, ČNI, Praha 2014.

ČSN 73 0843: Požární bezpečnost staveb - Objekty spojů a poštovních provozů, ČNI, Praha 2001.

ČSN 73 0845: Požární bezpečnost staveb - Sklady, ČNI, Praha 2012.

ČSN 73 0873: Požární bezpečnost staveb - Zásobování požární vodou, ČNI, Praha 2003.

EN 1363-x: Zkušební podmínky, 1 Základní požadavky, 2 Alternativní a doplňkové postupy, 3 Ověřování charakteristik zkušebních pecí, ČNI, Praha.

EN 1365-x: Požární odolnost nosných konstrukcí, 1 Stěny, 2 Stropy a střechy, 3 Nosníky, 4 Sloupy, 5 Balkóny a rampy, 6 Schodiště, ČNI, Praha.

EN 13381-x: Zvyšování požární odolnosti stavebních konstrukcí, 1 Vodorovné ochranné membrány, 2 Svislé ochranné membrány, 3 Betonové konstrukce, 4 Ocelové konstrukce, 5 Plošné ocelobetonové konstrukce, 6 Ocelové sloupy s výplní betonem, 7 Dřevěné konstrukce, ČNI, Praha.

- ČSN EN 13 501-1 +A1: Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb-Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň, ČNI, Praha 2010.
- ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, ČNI, Praha 2004.
- ČSN EN 1991-1-2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí- Část 1-2: Obecná zatížení- Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru, ČNI, Praha 2004.
- ČSN EN 1992-1-2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí- Část 1-2: Obecná pravidla- Navrhování na účinky požáru, ČNI, Praha 2006.
- ČSN EN 1993-1-2: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí- Část 1-2: Obecná pravidla- Navrhování konstrukcí na účinky požáru, ČNI, Praha 2006.
- ČSN EN 1994-1-2: Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí- Část 1-2: Obecná pravidla- Navrhování konstrukcí na účinky požáru, ČNI, Praha 2006.
- ČSN EN 1995-1-2: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí- Část 1-2: Obecná pravidla- Navrhování konstrukcí na účinky požáru, ČSNI, Praha 2006.
- ČSN EN 1996-1-2: Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí- Část 1-2: Obecná pravidla- Navrhování konstrukcí na účinky požáru, ČSNI, Praha 2006.
- ČSN EN 1999-1-2: Eurokód 9: Navrhování hliníkových konstrukcí- Část 1-2: Obecná pravidla- Navrhování konstrukcí na účinky požáru, ČNI, Praha 2009.