

Návrh požárního větrání podzemní garáže pomocí CFD simulace

CFD simulace je vhodný nástroj na ověření správnosti návrhu a zároveň i efektivní projekční nástroj.

Ing. Miroslava Kmecová, Mgr. Jozef Vojtaššák, doc. Ing. Michal Krajčík, Ph.D.

Miroslava Kmecová a Michal Krajčík působí na Katedře TZB SvF STU v Bratislavě. Jozef Vojtaššák působí ve společnosti Colt International, s. r. o.

Recenzoval: Ing. Peter Buday, Ph.D.

V současnosti se k požárnímu větrání garáží využívá systém s posuvnými ventilátory, které posouvají znečištěný vzduch k hlavním odvodním šachtám. Výhodou tohoto technického řešení je, že nejsou nutná rozměrná vzduchotechnická potrubí. Navíc systém lze využívat k provoznímu i požárnímu větrání. Nevýhodou je, že tento systém není zakotven ve slovenských právních předpisech a normách. Proto se při jeho projektování přistupuje k využívání norem okolních států. Při projektování je přitom potřeba ověřit projekční návrh CFD (Computational Fluid Dynamics) simulací.

► V současnosti se při výstavbě větších objektů jakéhokoliv druhu počítá i s návrhem a realizací podzemní garáže. Podzemní garáže musejí splňovat hygienické a bezpečnostní předpisy, jejichž neodmyslitelnou součástí je i požární větrání. Zatím co provozní větrání má z garáže odvádět znečištěný vzduch, který vzniká při provozu motorových vozidel, s cílem zabránit poškozování zdraví lidí, systém požárního větrání odvádí z prostoru přebytečné teplo i zplodiny hoření a zároveň přivádí čerstvý vzduch do prostoru garáže, čímž zvyšuje bezpečnost unikajících osob a hasičských jednotek při zásahu.

Škodliviny vznikající při požáru

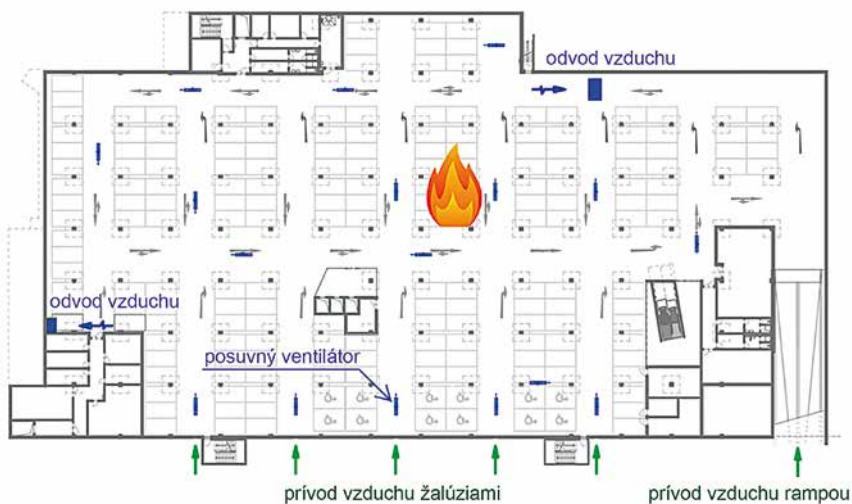
Mezi závažné škodliviny v podzemních garážích patří zplodiny vznikající při požáru. Poznatky z požárů vedou k závěru, že z hlediska bezpečnosti osob jsou zplodiny hoření pro lidský organismus nebezpečnější než ostatní jevy, které provázejí požár. Zplodiny působí ve dvou formách, a to jako kouř a jako toxické plyny. Hlavní příčinou úmrtí při požárech bývá otrava oxidem uhelnatým. Jde o nejnebezpečnější produkt hoření, jehož dolní hranice toxického působení je 0,01 až 0,02 % obj. Při koncentraci vyšší než 1 % obj. ztrácí člověk vědomí a smrt přichází v průběhu jedné až tří minut. Z toxikologického hlediska je nejzávažnější přítomnost kouře, toxických plynů a nedostatek kyslíku. Vznikající zplodiny hoření snižují obsah kyslíku ve vzduchu, potlačují schopnost člověka reálně uvažovat a vytvářejí předpoklady pro paniku. Kromě přímých toxických účinků zároveň zhoršují viditelnost a zmenšují schopnost orientace při evakuaci osob [1].

Požární větrání není určeno pro zachování čistého prostoru garáže, ale limituje hustotu kouře nebo teplotu během specifikovaného času a pomáhá při úniku osob z prostoru. Z hlediska ochrany zdraví lidí musí být zabezpečen funkční systém požárního odvětrávání.

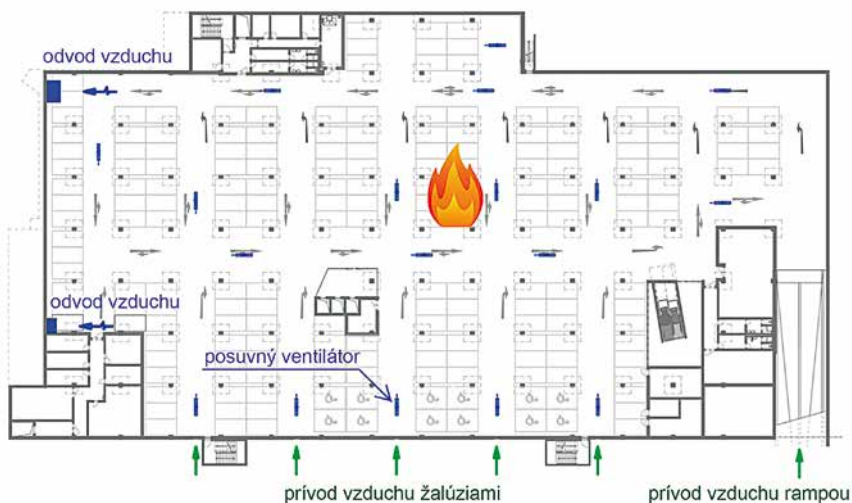
Doporučuje se přitom propojit systém požárního, provozního a případně i havarijního větrání, přičemž tento společný systém musí splňovat požadavky kladené na jednotlivé druhy větrání [2]. To lze zabezpečit návrhem větrání pomocí posuvných ventilátorů, které



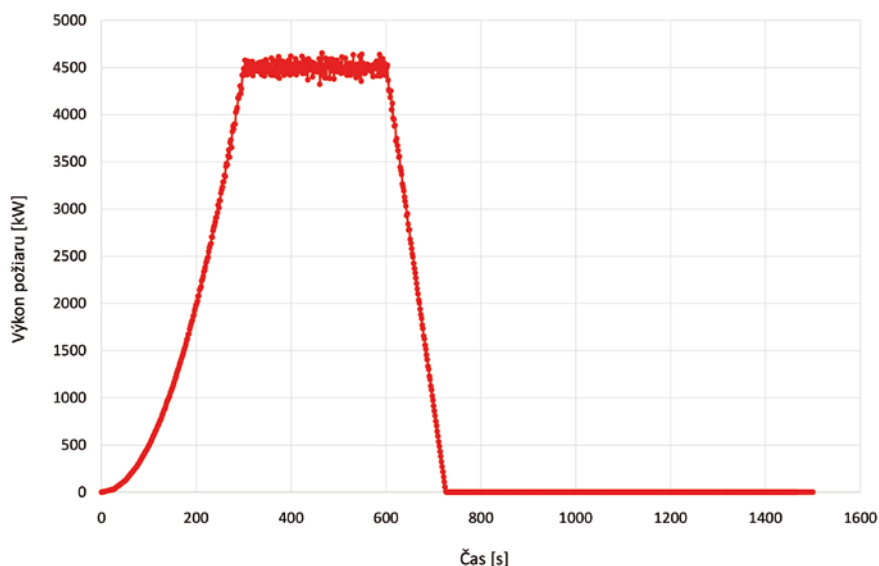
Podzemní garáže musejí splňovat hygienické a bezpečnostní předpisy, jejichž neodmyslitelnou součástí je i požární větrání.



Obr. 1 Schéma požárního větrání v prostoru garáže, alternativa A1



Obr. 2 Schéma požárního větrání v prostoru garáže, alternativa A2



Obr. 3 Výkon požáru během počítačové simulace

mohou být vyhotoveny jako jednosměrné nebo reverzibilní. V případě vzniku požáru se spustí větrací systém na vyšší stupeň odvětrání. Všechny ventilátory použité v systému odvodu horkých plynů při větrání garáží musí být testované a certifikované v souladu s STN EN 12101-3 [3]. Vzhledem k tomu, že

na Slovensku neexistuje norma či metodika návrhu požárního větrání pomocí proudových ventilátorů, přistupuje se k návrhu podle britské normy BS 7346-7:2013 [4]. Cílem práce prezentované v tomto článku byl návrh a testování funkčnosti a účinnosti požárního větracího systému, který zároveň

splňuje platné evropské normy. Na základě vyhodnocení výsledků dvou alternativ byla posouzena efektivnost a použitelnost navržených řešení. Vzhledem k tomu, že výpočet složitějšího proudění tekutin se zohledněním geometrie prostoru není možné vykonat pomocí jednoduchých ručních výpočtů, návrh větrání pomocí posuvných ventilátorů se musí testovat pomocí počítačové simulace s využitím CFD (Computational Fluid Dynamics). Jde o analýzu systémů zahrnujících proudění tekutin, systémů přenosu tepla a souvisejících jevů pomocí počítačových modelů [5]. Protože průtok vzduchu v garáži je ovlivněn stěnami, sloupy, nosníky a ventilátory, podzemní garáž je dobrým příkladem využití CFD. CFD-simulace při požáru tak poskytuje pohled na proudová pole, která se velmi těžko předpovídají předem.

Návrh požárního větrání pomocí CFD-simulace

Odvod tepla a zplodin hoření v podzemní garáži obchodně-zábavního centra byl řešen systémem odvětrání – tzv. Smoke clearance efektem. V garáži se počítalo s podtlakovým větráním. Rozdíl mezi odváděným a přiváděným vzduchem byl 20 %. Prívod vzduchu byl řešen přístupovou rampou a pěti přivodními žaluziemi. Rozdíl mezi alternativami spočíval v různém umístění posuvných ventilátorů a odvodních šachet, ale i v násobnosti výměny vzduchu. V první alternativě se počítalo s desetinasobnou výměnou vzduchu za hodinu (obr. 1), v druhé alternativě s patnáctinasobnou výměnou vzduchu za hodinu (obr. 2). Po namodelování a nastavení všech potřebných parametrů byla spuštěna počítačová simulace.

Výpočtový model

Výpočtový CFD-model byl vytvořen v softwaru PyroSim FDS 6.4.0 [6], jehož součástí je i dynamický simulátor požáru Fire Dynamics Simulator (FDS). V tomto případě jde o model řízeného toku tekutiny během požáru. Výpočet je řešen podle Navier-Stokesovy rovnice, která je vhodná při nízkorychlostním tepelně poháněném toku, který slouží k odvedení kouře a tepla z místa požáru. K zobrazení toků tekutin v prostoru během požáru sloužil vizualizační program Smokeview 6.3.6 [7]. Rozdělení výpočtové sítě bylo ve směru osy $x = 0,5$ m, osy $y = 0,5$ m a ve směru osy $z = 0,25$ m. Délka simulace byla 1 500 s.

Definování parametrů požáru

Materiál pro tvorbu zplodin hoření v garáži byl definován jako polyuretanová reakce, při níž vznikají zplodiny hoření (polyuretan GM27). Požár se vyvíjel podle křivky v čase od 0 do 300 s (obr. 3). Po uplynutí 300 s byl požár plně rozvinut až po čas 600 s, pak nastala fáze dohořívání. V čase 725 s byl simulovaný požár ukončen. Požár byl definován podle normové křivky požáru v uzavřeném prostoru.

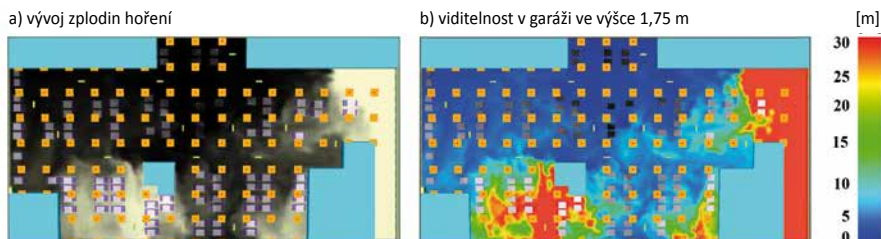
Zhodnocení výsledků simulace

V první alternativě (A1) byl prostor rozdělen na dvě pomyslné části, přičemž v obou částech byly umístěny odvodní šachty. Posuvné ventilátory byly nasměrovány k příslušným odvodním šachtám. Počítalo se s desetinásobnou výměnou vzduchu za hodinu. Během simulovaného požáru se zplodiny hoření šířily celým prostorem garáže. Po uplynutí 300 s byl prostor podzemní garáže úplně znečištěn zplodinami hoření (obr. 4a), přičemž viditelnost v oblasti chráněných únikových cest dosahovala v tomto čase kolem 10 až 15 m (obr. 4b). Po ukončení požáru probíhal proces odvětrání garáže, který však nedosahoval požadovaných parametrů. V čase 1 300 s, tj. 575 s po ukončení požáru, byl celý prostor garáže zakouřen (obr. 5a) a průměrná viditelnost v něm dosahovala maximální hodnoty 6 m (obr. 5b). Až do ukončení simulace byl prostor garáže znečištěn zplodinami hoření. Z výsledků při alternativě A1 vyplývá nevhodnost praktického použití takto navrženého systému odvětrání, jehož nefunkčnost způsobuje nevhodné umístění odsávacích šachet v prostoru garáže. Odsávací šachta je umístěna v blízkosti přístupové rampy, odkud proudí velké množství přiváděného (čerstvého) vzduchu, který se nestihá distribuovat do prostoru garáže, ale je odsáván do hlavní odvodní šachty.

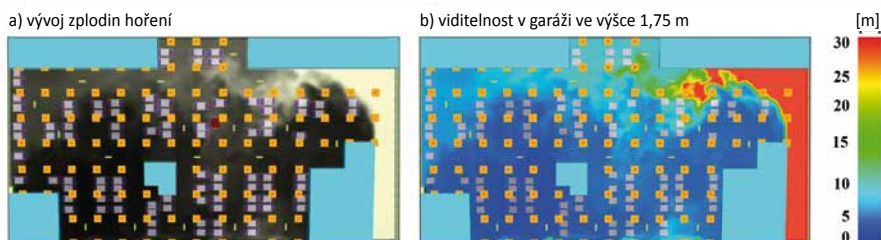
V druhé alternativě byly hlavní odvodní šachty umístěny na opačném konci garáže jako hlavní přívod vzduchu rampou. Toto umístění způsobuje masivní příliv přiváděného vzduchu do celého prostoru garáže. V této variantě se počítalo s patnáctinásobnou výměnou vzduchu za hodinu. Během simulovaného požáru byl prostor garáže zaplaven zplodinami hoření (obr. 6a), prostory únikových cest však zůstaly dostatečně viditelné – viditelnost v jejich prostoru byla v čase 300 s asi 25 m (obr. 6b). Se stoupajícím časem se viditelnost v prostoru únikových cest snižovala jen velmi málo. Po ukončení požáru se prostor začal masivně odvětrávat a v čase 1 000 s od spuštění simulace byl prostor garáže znečištěn kouřem už jen nepatrně. Prostor podzemní garáže byl úplně odvětrán v čase 1 300 s (obr. 7). Celkové odvětrání zakouřeného prostoru garáže trvalo 575 s od ukončení požáru.

Závěr

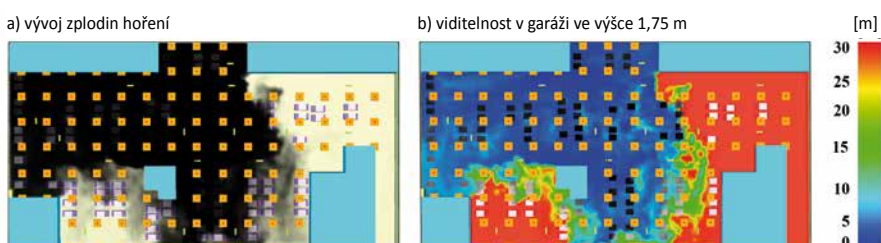
Z výsledků simulace vyplývá, že navrhované řešení odvětrání garáže podle první alternativy (A1) je nevhodné, protože prostor garáže zůstal po uplynutí 1 500 s neodvětrán. V druhé alternativě (A2) byl prostor garáže úplně odvětrán už po 575 s od ukončení požáru a během požáru zůstaly prostory v oblasti chráněných únikových cest dostatečně viditelné, což by přispělo k bezpečnější evakuaci osob. Na základě výsledků simulace v rámci dvou alternativ větrání podzemní garáže lze doporučit pro realizaci jen druhou alternativu (A2), která splňuje všechny platné předpisy týkající se projekčního návrhu



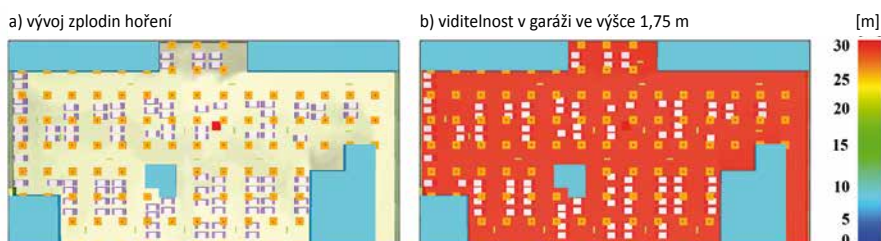
Obr. 4 Alternativa A1 v čase 300 s



Obr. 5 Alternativa A1 v čase 1 300 s



Obr. 6 Alternativa A2 v čase 300 s



Obr. 7 Alternativa A2 v čase 1 300 s

větrání pomocí posuvných ventilátorů a je vhodným řešením odvodu tepla a zplodin hoření z prostoru podzemní garáže. Z výsledků počítačových simulací vyplývá, že vhodné umístění jednotlivých prvků větracího systému významně ovlivňuje celkovou funkčnost a efektivnost větracího systému. Můžeme konstatovat, že CFD-simulace se v této studii osvědčila nejen jako vhodný nástroj pro prokázání správnosti návrhu požárního větrání, ale i jako efektivní projekční nástroj ke stanovení vhodného umístění jednotlivých komponentů větracího systému.

Obrázky: autoři

Příspěvek vznikl s podporou projektu VEGA 1/0807/17 Řízení systémů techniky prostředí inteligentních budov s podporou prediktivních modelů a počítačových simulací a projektu Dunajská strategie DS-2016-0030 Energetická efektivnost a vnitřní prostředí budov s téměř nulovou potřebou energie.

Literatura

- Oravec, M.: Manažerstvo priemyselných havárií. [online]. Košice: ICV TU, 2011. 11 – 18 s. [cit. 2016.01.14]. Dostupné na internetu: <https://www.sjf.tuke.sk/kbkap/images/Subory/Manazerstvo_priemyselných_havarii.pdf>.
- ČSN 73 6058 Jednotlivé, řadové a hromadné garáže. 2011.
- STN EN 12101-3 Zariadenia na odvod tepla a splodín horenia. Časť 3: Požiadavky na odsávacie ventilátory tepla a splodín horenia. 2015.
- BS 7346-7 Components for smoke and heat control systems. Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks. 2013.
- Dostupné na internetu: http://www.hcgroep.com/ukhcgroep/index.php?option=com_content&view=article&id=1930:cfd-simulations&catid=450:hc-ps-uk-versie-technology&Itemid=45.
- Dostupné na internete: <http://www.thunderheadeng.com/pyrosim/>.
- McGrattan, K. et al.: Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 4: Configuration Management. [online]. USA: National Institute of Standards and Technology, 2016. 1 – 8 s. [cit. 2016.04.06]. Dostupné na internetu: <<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1018-4>>.