

Návrh požiarneho vetrania podzemnej garáže pomocou CFD simulácie

CFD simulácia je vhodný nástroj na overenie správnosti návrhu a zároveň aj efektívny projekčný nástroj.

Ing. Miroslava Kmecová, Mgr. Jozef Vojtaššák, doc. Ing. Michal Krajčík, PhD.

Miroslava Kmecová a Michal Krajčík pôsobia na Katedre TZB SvF STU v Bratislave. Jozef Vojtaššák pôsobí v spoločnosti Colt International, s. r. o.

Recenzoval: Ing. Peter Buday, PhD.

V súčasnosti sa na požiarne vetranie garáží využíva systém s posuvnými ventilátormi, ktoré posúvajú znečistený vzduch k hlavným odvodným šachtám. Výhodou tohto technického riešenia je, že nie sú potrebné rozmerné vzduchotechnické potrubia. Navyše, systém možno využívať na prevádzkové aj požiarne vetranie. Nevýhodou je, že tento systém nie je zakotvený v slovenských právnych predpisoch a normách. Preto sa pri jeho projektovaní pristupuje k využívaniu noriem okolitých štátov. Pri projektovaní je pritom potrebné overiť projekčný návrh CFD (Computational Fluid Dynamics) simuláciou.

► V súčasnosti sa pri výstavbe väčších objektov akéhokoľvek druhu počíta aj s návrhom a realizáciou podzemnej garáže. Podzemné garáže musia spĺňať hygienické a bezpečnostné predpisy, ktorých neodmysliteľnou súčasťou je aj požiarne vetranie. Zatiaľ čo prevádzkové vetranie má z garáže odvádzať znečistený vzduch, ktorý vzniká pri prevádzke motorových vozidiel, s cieľom zabrániť poškodzovaniu zdravia ľudí, systém požiarneho vetrania odvádza z priestoru prebytočné teplo i splodiny horenia a zároveň privádza čerstvý vzduch do priestoru garáže, čím zvyšuje bezpečnosť unikajúcich osôb a hašičských jednotiek pri zásahu.

Škodliviny vznikajúce pri požiari

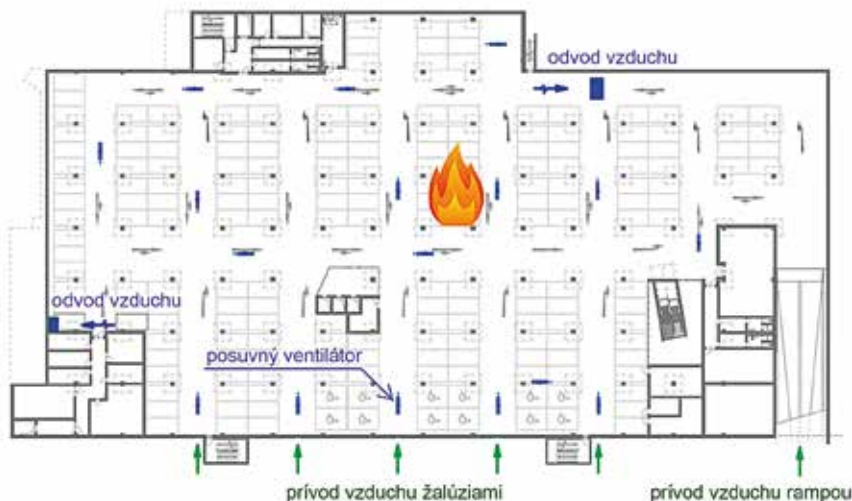
Medzi závažné škodliviny v podzemných garážach patria splodiny vznikajúce pri požiari. Poznatky z požiarov vedú k záverom, že z hľadiska bezpečnosti osôb sú splodiny horenia pre ľudský organizmus nebezpečnejšie ako ostatné javy, ktoré sprevádzajú požiari. Splodiny pôsobia v dvoch formách, a to ako dym a ako toxické plyny. Hlavnou príčinou úmrtia pri požiariach býva otrava oxidom uhoľnatým. Ide o najnebezpečnejší produkt horenia, ktorého dolná hranica toxického pôsobenia je 0,01 až 0,02 % obj. Pri koncentrácii vyššej ako 1 % obj. stráca človek vedomie a smrť prichádza v priebehu 1 až 3 minút. Z toxikologického hľadiska je najzá-

važnejšia prítomnosť dymu, toxických plynov a nedostatok kyslíka. Vznikajúce splodiny horenia znižujú obsah kyslíka vo vzduchu, potláčajú schopnosť človeka reálne uvažovať a vytvárajú predpoklady na paniku. Okrem priamych toxických účinkov zároveň zhoršujú viditeľnosť a znižujú schopnosť orientácie pri evakuácii osôb [1].

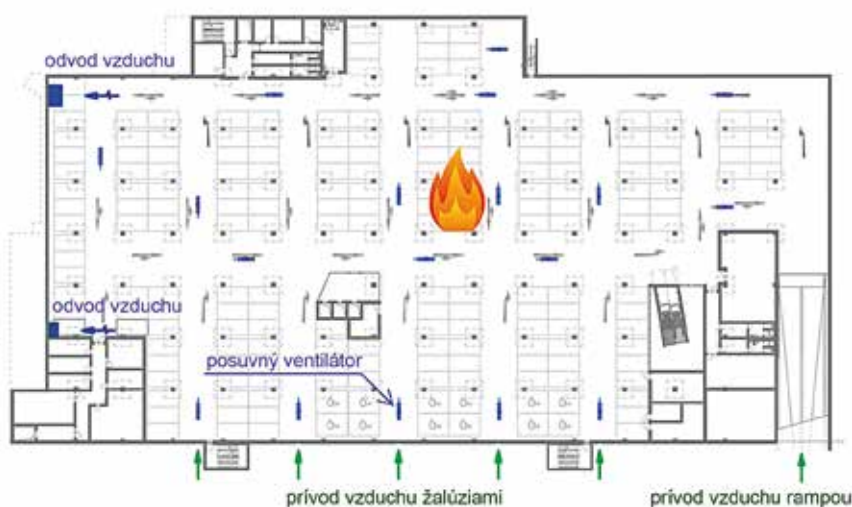
Požiarne vetranie nie je určené na zachovanie čistého priestoru garáže, ale limituje hustotu dymu alebo teplotu počas špecifikovaného času a pomáha pri úniku osôb z priestoru. Z hľadiska ochrany zdravia ľudí musí byť zabezpečený funkčný systém požiarneho odvetrávania. Odporúča sa pritom prepojiť systém požiarneho, prevádzkového



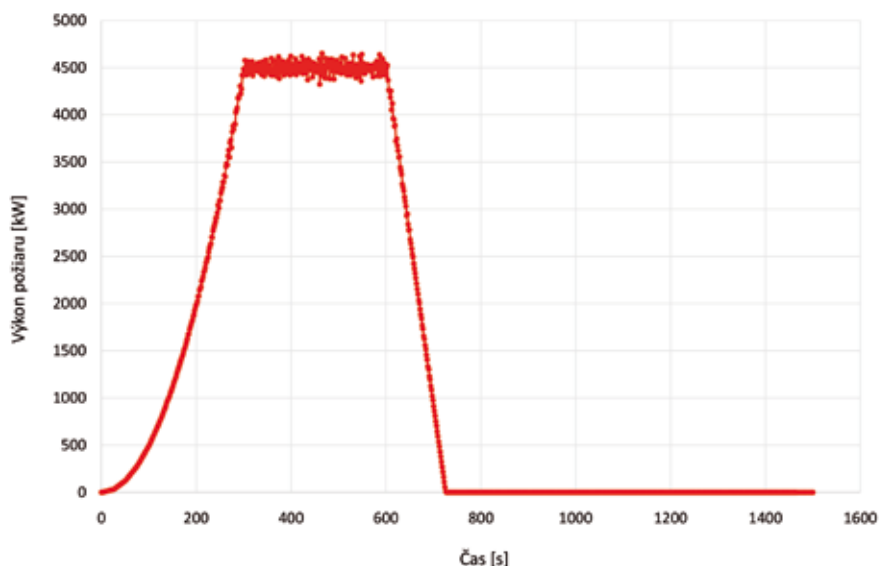
Podzemné garáže musia spĺňať hygienické a bezpečnostné predpisy, ktorých neodmysliteľnou súčasťou je aj požiarne vetranie.



Obr. 1 Schéma požiarneho vetrania v priestore garáže, alternatíva A1



Obr. 2 Schéma požiarneho vetrania v priestore garáže, alternatíva A2



Obr. 3 Výkon požiaru počas počítačovej simulácie

a prípadne aj havarijného vetrania, pričom takýto spoločný systém musí spĺňať požiadavky kladené na jednotlivé druhy vetrania [2]. To možno zabezpečiť návrhom vetrania pomocou posuvných ventilátorov, ktoré môžu byť vyhotovené ako jednosmerné alebo reverzibilné. V prípade vzniku požiaru sa

spustí vetrací systém na vyšší stupeň odvetrania. Všetky ventilátory použité v systéme odvodu horúcich plynov pri vetraní garáží musia byť testované a certifikované v súlade s STN EN 12101-3 [3]. Vzhľadom na to, že na Slovensku neexistuje norma či metodika návrhu požiarneho vetrania pomocou prú-

dových ventilátorov, pristupuje sa k návrhu podľa britskej normy BS 7346-7:2013 [4]. Cieľom práce prezentovanej v tomto článku bol návrh a testovanie funkčnosti a účinnosti požiarneho vetracieho systému, ktorý zároveň spĺňa platné európske normy. Na základe vyhodnotenia výsledkov dvoch alternatív sa posúdila efektívnosť a použiteľnosť navrhnutých riešení. Vzhľadom na to, že výpočet zložitého prúdenia tekutín so zohľadnením geometrie priestoru nie je možné vykonať pomocou jednoduchých ručných výpočtov, návrh vetrania pomocou posuvných ventilátorov sa musí testovať pomocou počítačovej simulácie s využitím CFD (Computational Fluid Dynamics). Ide o analýzu systémov zahŕňajúcich prúdenie tekutín, systémov prenosu tepla a súvisiacich javov pomocou počítačových modelov [5]. Keďže prietok vzduchu v garáži je ovplyvnený stenami, stĺpmi, nosníkmi a ventilátormi, podzemná garáž je dobrým príkladom využitia CFD. CFD simulácia pri požiari tak poskytuje pohľad na prúdové polia, ktoré sa veľmi ťažko predpovedajú vopred.

Návrh požiarneho vetrania pomocou CFD simulácie

Odvod tepla a splođín horenia v podzemnej garáži obchodno-zábavného centra sa riešil systémom odvetrania – tzv. Smoke clearance efektom. V garáži sa počítalo s podtlakovým vetraním. Rozdiel medzi odvádzaným a privádzaným vzduchom bol 20 %. Prívod vzduchu sa riešil prístupovou rampou a piatimi prívodnými žalúziami. Rozdiel medzi alternatívami spočíval v rôznom umiestnení posuvných ventilátorov a odvodných šacht, ale aj v násobnosti výmeny vzduchu. V prvej alternatíve sa počítalo s 10-násobnou výmenou vzduchu za hodinu (obr. 1), v druhej alternatíve s 15-násobnou výmenou vzduchu za hodinu (obr. 2). Po namodelovaní a nastavení všetkých potrebných parametrov sa spustila počítačová simulácia.

Výpočtový model

Výpočtový CFD model bol vytvorený v softvéri PyroSim FDS 6.4.0 [6], ktorého súčasťou je aj dynamický simulátor požiaru Fire Dynamics Simulator (FDS). V tomto prípade ide o model riadeného toku tekutiny počas požiaru. Výpočet je riešený podľa Navier-Stokesovej rovnice, ktorá je vhodná pri nízkorychlostnom tepelne poháňanom toku, ktorý slúži na odvedenie dymu a tepla z miesta požiaru. Na zobrazenie tokov tekutín v priestore počas požiaru slúžil vizualizačný program Smokeview 6.3.6 [7]. Rozdelenie výpočtovej siete bolo v smere osi $x = 0,5$ m, osi $y = 0,5$ m a v smere osi $z = 0,25$ m. Dĺžka simulácie bola 1 500 s.

Definovanie parametrov požiaru

Materiál na tvorbu splođín horenia v garáži bol definovaný ako polyuretánová reakcia, pri ktorej vznikajú splođiny horenia (polyuretán GM27). Požiar sa vyvíjal podľa krivky v čase od 0 do 300 s (obr. 3). Po uplynutí 300 s bol požiar plne rozvinutý až po čas 600 s, vtedy nastala fáza dohorievania. V čase 725 s bol simulovaný

požiar ukončený. Požiar bol definovaný podľa normovej krivky požiaru v uzavretom priestore.

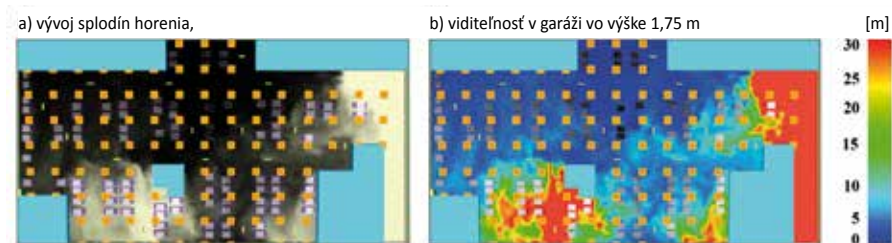
Zhodnotenie výsledkov simulácie

V prvej alternatíve (A1) bol priestor rozdelený na dve pomyselné časti, pričom v oboch častiach boli umiestnené odvodné šachty. Posuvné ventilátory boli nasmerované k príslušným odvodným šachtám. Počítalo sa s 10-násobnou výmenou vzduchu za hodinu. Počas simulovaného požiaru sa sploďiny horenia šíрили celým priestorom garáže. Po uplynutí 300 s sa priestor podzemnej garáže úplne znečistil sploďinami horenia (obr. 4a), pričom viditeľnosť v oblasti chránených únikových ciest dosahovala v tomto čase okolo 10 až 15 m (obr. 4b). Po ukončení požiaru prebiehal proces odvetrania garáže, ktorý však nedosahoval požadované parametre. V čase 1300 s, t. j. 575 s po ukončení požiaru, bol celý priestor garáže zadymený (obr. 5a) a priemerná viditeľnosť v ňom dosahovala maximálnu hodnotu 6 m (obr. 5b). Až do ukončenia simulácie bol priestor garáže znečistený sploďinami horenia. Z výsledkov pri alternatíve A1 vyplýva nevhodnosť praktického použitia takto navrhnutého systému odvetrania, ktorého nefunkčnosť spôsobuje nevhodné umiestnenie odsávacích šacht v priestore garáže. Odsávací šachta je umiestnená v blízkosti prístupovej rampy, odkiaľ prúdi veľké množstvo privádzaného (čerstvého) vzduchu, ktorý sa nestíha rozdištrubovať do priestoru garáže, ale je odsávaný do hlavnej odvodnej šachty.

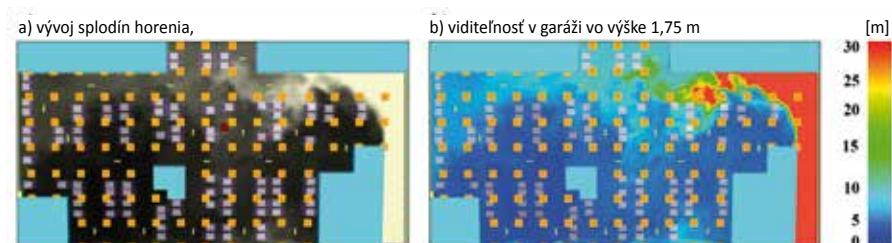
V druhej alternatíve boli hlavné odvodné šachty umiestnené na opačnom konci garáže ako hlavný prívod vzduchu rampou. Toto umiestnenie spôsobuje masívny prílev privádzaného vzduchu do celého priestoru garáže. V tomto variante sa počítalo s 15-násobnou výmenou vzduchu za hodinu. Počas simulovaného požiaru sa priestor garáže zaplavil sploďinami horenia (obr. 6a), priestory únikových ciest však zostali dostatočne viditeľné – viditeľnosť v ich priestore bola v čase 300 s asi 25 m (obr. 6b). So stúpajúcim časom sa viditeľnosť v priestore únikových ciest znižovala len veľmi málo. Po ukončení požiaru sa priestor začal masívne odvetrávať a v čase 1000 s od spustenia simulácie bol priestor garáže znečistený dymom už len nepatrne. Priestor podzemnej garáže bol úplne odvetraný v čase 1300 s (obr. 7). Celkové odvetranie zadymeného priestoru garáže trvalo 575 s od ukončenia požiaru.

Záver

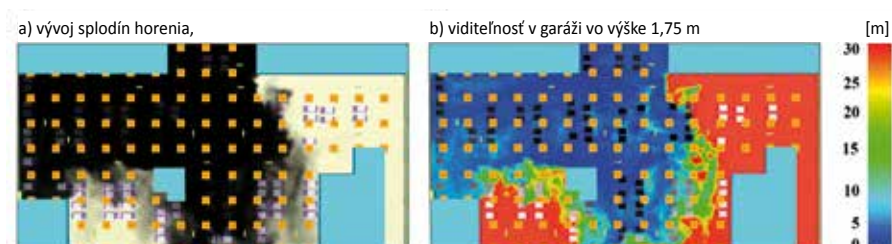
Z výsledkov simulácie vyplýva, že navrhované riešenie odvetrania garáže podľa prvej alternatívy (A1) je nevhodné, keďže priestor garáže zostal po uplynutí 1500 s neodvetraný. V druhej alternatíve (A2) sa priestor garáže úplne odvetral už po 575 s od ukončenia požiaru a počas požiaru zostali priestory v oblasti chránených únikových ciest dostatočne viditeľné, čo by prispelo k bezpečnejšej evakuácii osôb. Na základe výsledkov simulácie v rámci dvoch alternatív vetrania



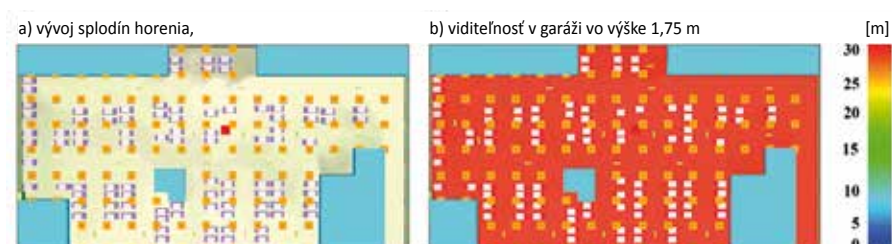
Obr. 4 Alternatíva A1 v čase 300 s



Obr. 5 Alternatíva A1 v čase 1300 s



Obr. 6 Alternatíva A2 v čase 300 s



Obr. 7 Alternatíva A2 v čase 1300 s

podzemnej garáže možno odporučiť na realizáciu iba druhú alternatívu (A2), ktorá spĺňa všetky platné predpisy týkajúce sa projektového návrhu vetrania pomocou posuvných ventilátorov a je vhodným riešením odvodu tepla a sploďín horenia z priestoru podzemnej garáže. Z výsledkov počítačových simulácií vyplýva, že vhodné umiestnenie jednotlivých prvkov vetracieho systému významne ovplyvňuje celkovú funkčnosť a efektívnosť vetracieho systému. Možno konštatovať, že CFD simulácia sa v tejto štúdii osvedčila nielen ako vhodný nástroj na preukázanie správnosti návrhu požiarneho vetrania, ale aj ako efektívny projektčný nástroj na stanovenie vhodného umiestnenia jednotlivých komponentov vetracieho systému.

Obrázky: autori, isifa/Shutterstock
Príspevok vznikol s podporou projektu VEGA 1/0807/17 Riadenie systémov techniky prostredia inteligentných budov s podporou prediktívnych modelov a počítačových simulácií a projektu Dunajská stratégia DS-2016-0030 Energetická efektívnosť a vnútorné prostredie budov s takmer nulovou potrebou energie.

Literatúra

- Oravec, M.: Manažérstvo priemyselných havárií. [online]. Košice: ICV TU, 2011. 11-18 s. [cit. 2016.01.14]. Dostupné na internete: <https://www.sjf.tuke.sk/kbakp/images/Subory/Manazerstvo_priemyselných_havarii.pdf>.
- ČSN 73 6058 Jednotlivé, radové a hromadné garáže. 2011.
- STN EN 12101-3 Zariadenia na odvod tepla a sploďín horenia. Časť 3: Požiadavky na odsávací ventilátory tepla a sploďín 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 internete: http://www.hcgroep.com/ukhcgroep/index.php?option=com_content&view=article&id=1930:cfdsimulations&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 internete: <<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1018-4>>.