



EVAKUAČNÍ SCÉNÁŘE A OPTIMALIZACE ÚNIKOVÝCH CEST PŘI POŽÁRECH V TUNELECH V ZÁVISLOSTI NA ŠÍŘENÍ OHŇE A TOXICKÝCH LÁTEK

Zpracoval: doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D. a kol. (VUT v Brně)

Motivace řešení problému

Podle zahraničních statistik jsou požáry v tunelech méně časté než na otevřeném prostranství. Jejich následky však mohou být výrazně vyšší. Vlak přepravuje stovky osob či tun nákladu, teplo uvolněné při požáru v tunelu může dosáhnout až desetinásobku tepla uvolňovaného při požárech v otevřeném prostoru, finanční náročnost oprav je vysoká, výpadek dopravního spojení vede k ekonomickým ztrátám.

Dosud sice nedošlo v historii samostatné ČR k tragické události spojené s požárem vlakové soupravy v železničním tunelu, nicméně tato naštěstí velmi příznivá statistika je prakticky totožná se statistikou tunelů silničních. Přesto v současné době neexistují hlasy, které by zpochybňovaly investice do protipožárního zabezpečení silničních tunelů, které se velmi významně podílí na celkových nákladech na výstavbu silničních tunelů.

V případě silničních tunelů během posledních dvou desetiletí stoupá poměrná cena vybavení dopravními a bezpečnostními systémy a nyní často přesahuje i 15 % ceny celého tunelu, což lze chápat jako pozvolna se objevující druhý extrém. Je proto velmi žádoucí hledat rovnováhu mezi vybavením tunelu bezpečnostními prvky a jejich přínosem ke zvýšení bezpečnosti provozu v daném místě, což je ideální problém pro nasazení simulačních technologií.

Příklady konkrétních tragických či obecně nebezpečných událostí v železničních tunelech jsou následující:

- 1995 – Ázerbajdžán – 220 obětí
- 1996 – Channel Tunnel – zničena konstrukce v délce téměř 500 m
- 1997 – Itálie – zničeno 13 vagonů a 256 přepravovaných automobilů
- 2003 – Jižní Korea – 200 obětí



Obr. 1 Snímek následků požáru vlakové soupravy v Channel Tunnel [1, 2, 3].

Tragické následky požáru v železničních tunelech jsou spolu s dalšími činiteli způsobeny především nedostatečnou technologickou vybaveností.

Obecně platí o vybavenosti železničních tunelů v ČR následující poznatky:

- nucené větrání v tunelech nad 1000 m délky není žádné,
- požární vodovod v tunelech nad 500 m délky je aplikován pouze u nových tunelů,
- záchranné výklenky s rozestupy po 25 m v tunelech pro provoz nad 160 km/h nedostačují.

Obecně lze konstatovat, že 82 % tunelů v ČR vystavených před rokem 1945 je prakticky bez technologického vybavení. Bezpečnost je zde zcela nepochybně zanedbána.

Software buildingEXODUS

EXODUS představuje sadu softwarových nástrojů určených k simulaci evakuace a pohybu velkého počtu jednotlivců zejména ve složitých strukturách.

buildingEXODUS je určen pro použití v zástavbě a je vhodnou aplikací pro supermarkety, nemocnice, tunely, kina, železniční stanice, letištní terminály, výškové budovy, školy apod. EXODUS může být použit k ověření stavebních předpisů, hodnocení evakuačních schopností všech typů konstrukcí a lze

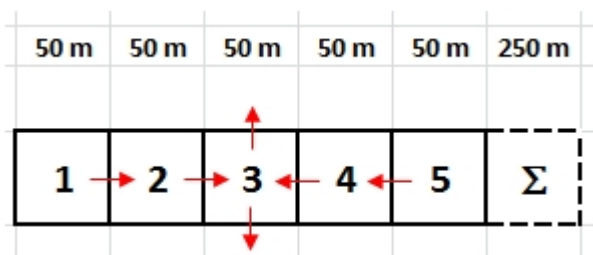
jej použít ke zkoumání efektivity pohybu osob v rámci těchto struktur.

Oblast prostoru, kterým se osoby pohybují, se označuje jako geometrie. Geometrie je znázorněna jako dvojrozměrná síť. Síť může být konstruována ručně pomocí poskytovaných interaktivních nástrojů nebo automaticky generovaná z balíčku CAD pomocí výstupu souboru DXF. Jednou konstruovaný prostor lze uložit do knihovny geometrie pro pozdější použití.

Simulační experiment evakuace z železničního tunelu

Byl proveden základní simulační experiment evakuace osob z tunelu.

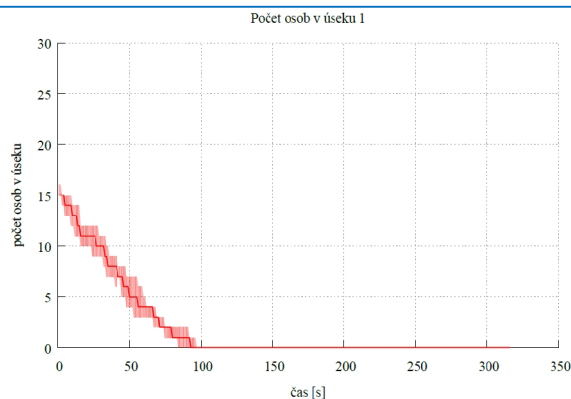
Tunel byl rozdělen jako „stavebnice“ na 50 m úseky, přičemž odstup únikových východů je 250 m. Prostřední úsek 3 obsahuje dva únikové východy šířky 2 m, úseky 1, 2, 4 a 5 umožňují proudění osob pouze jedním směrem k prostřednímu úseku. Tento přístup umožňuje zjednodušení simulace pro tunely větší délky, kdy není nutné a ani smysluplné modelovat celý tunel v délce mnoha stovek metrů, ale vždy jen úsek s únikovým východem jako atraktorem, přičemž statisticky by měly být výsledky pro všechny úseky identické. Čas evakuace je odstupňován vždy cca po 20 s po jednotlivých úsecích, je tak zvolena varianta, kdy dochází postupně k vyklízení vagonů vlakové soupravy. V každém úseku se nachází shodný počet 16 osob, je tak simulována rovnoměrná obsazenost soupravy.



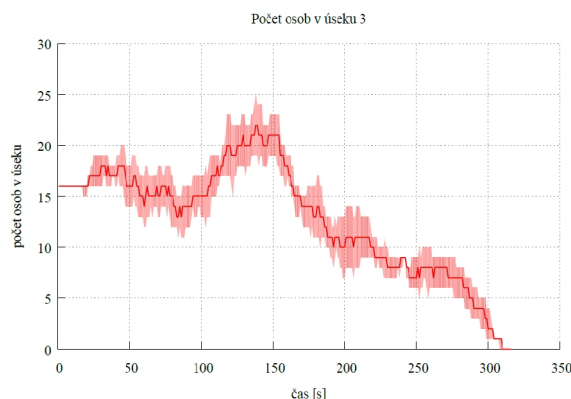
Obr. 2 Schematické znázornění tunelu rozděleného na 50 m úseky, modelován je tento celistvý segment o délce 250 m.

Obsazenost využitelné plochy v tunelu osobami může být poměrně nízká, je proto nutné získat základní statistickou představu o vlivu náhodného rozložení osob a jejich vlastností (věk atd.) na výsledky evakuace. Každý test je proto proveden 5krát, výsledkem je střední hodnota a obalová křivka ze směrodatné odchylky 1 sigma.

Výsledky experimentu pro vybrané úseky zachycují následující obrázky.



Obr. 3 Počet osob v úseku 1 v závislosti na čase.



Obr. 4 Počet osob v úseku 3 v závislosti na čase.

Výsledky a plán dalších činností

V uplynulém roce byla provedena podrobná analýza vybraného software pro evakuační modely a proveden základní simulační experiment, který ukazuje velmi výrazný vliv okamžiku zahájení evakuace na počet osob v jednotlivých úsecích tunelu. Je proto nutné zohlednit i způsob informování osob o nutnosti opustit vlakovou soupravu a samotný tunel.

V následujícím roce bude provedena vazba mezi výsledky simulačního požárního experimentu a evakuačního modelu, kdy dojde k výpočtu expozice unikajících osob zplodinami hoření, a budou analyzovány dopady.

Literatura

- [1] Comeau, E. and Wolf, A. (1997). "Fire in the Chunnel!" NFPA Journal March/April 1997, pp58-64.
- [2] Kirkland, C.J. (2002). "The fire in the Channel Tunnel." Tunnelling and Underground Space Technology, 17, pp 129-132.
- [3] Department of Transport - Channel Tunnel Safety Authority (1997). Inquiry into the Fire on Heavy Goods Vehicle Shuttle 7539 on 18 November 1996, The Stationery Office, London.