

Rizika hašení požárů v uzavřených prostorech

Jan Bořecký

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Bořecký**

Osobní číslo: **L14127**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Ovládání rizik**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Rizika hašení požárů v uzavřených prostorech**

Zásady pro vypracování:

1. Pojednejte o požárech v uzavřených prostorech.
2. Pojednejte o rizicích, kterým jsou vystaveni hasiči zasahující při požárech.
3. Navrhněte a formulujte doporučení pro minimalizaci vybraných rizik, kterým jsou hasiči vystaveni při požárech v uzavřených prostorech.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] BENGTTSSON, Lars-Göran. Enclosure fires. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Services Agency, 2001. ISBN 9172532637.

[2] Krizové zákony: krizový zákon, integrovaný záchranný systém, hospodářská opatření pro krizové stavy, obnova území; Hasičský záchranný sbor; Požární ochrana : zákony, nařízení vlády, vyhlášky: redakční uzávěrka. Ostrava: Sagit, 2007. ÚZ.

[3] ŠEFČÍK, Vladimír. Analýza rizik. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-696-8.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Miroslav Tomek, PhD.**

Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: **3. února 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2017**

V Uherském Hradišti dne 20. února 2017

doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan



Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

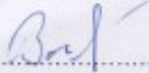
Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se bakalářská práce skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhajení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti 5.5.2017


.....
podpis studenta

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací

(1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhne obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoké školy disertační práce nezveřejňují, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném místním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat ne své náklady výtisky, opisy nebo rozmnoženky.
(3) Platí, že odevzdaním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odstoupit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich částí, a to po dobu trvání plakátního pro zveřejnění, nejdříve však na dobu 3 let. Informace o odstoupení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odstřed zveřejnění podle věty první, jeden výtisk práce k uchování ministerstva.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 26 odst. 3.

(3) Do práva autorského také nezahrnuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli ze účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k vyuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo.

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Opatření autor školního díla udělit svolení bez vázného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat náhrady chybného projevu jeho vůle a soust. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jin autor školního díla z výsledku jin dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše, přitom se přiměřeně k výši výsledku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce je věnována problematice rizik vznikajících při hašení požárů v uzavřených prostorech. Je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. První, teoretická část, je zaměřena na rešerši problematiky. Obsahuje základní pojmy a poskytuje úvod do problematiky hašení požárů v uzavřených prostorech. V praktické části jsou pomocí metody *What if?* identifikována rizika, která jsou následně pomocí metody *Matrice rizik* analyzována. V praktické části jsou také uvedeny návrhy opatření, která by měla vést ke snížení identifikovaných rizik při hašení požárů v uzavřených prostorech.

Klíčová slova: hašení, požár, prostor, riziko, uzavřený

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with risks which can come of during fire-extinguishing in enclosed spaces. The thesis is divided into two parts, theoretical and practical one. The first part gives an overview about the topic in general. It contains the basic terms and provides the introduction into the issue of fire-extinguishing in enclosed spaces. In the practical part is used the method „*What if?*“ to identify the risks and these risks are then analysed by the method „*Risk matrix*“. This second part also suggests precautions which should reduce all the identified risks during the fire-extinguishing in enclosed spaces.

Key words: enclosed space, extinguishing, fire, risks

Poděkování:

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Miroslavu Tomkovi, Ph.D. za vedení práce, poskytnutí odborných konzultací, cenných rad a vhodných připomínek při zpracování této práce.

Děkuji své rodině a kolegům z požární stanice Pozořice za trpělivost, podporu a poskytování cenných rad během celého mého studia.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VYBRANÉ POJMY A PRÁVNÍ PŘEDPISY TÝKAJÍCÍ SE ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	11
1.1 VYBRANÉ ZÁKLADNÍ POJMY A JEJICH CHARAKTERISTIKA	11
1.2 LEGISLATIVNÍ RÁMEC.....	13
2 POŽÁRY V UZAVŘENÝCH PROSTORECH	14
2.1 TEORIE HOŘENÍ	14
2.2 PŘENOS TEPLA.....	15
2.3 FÁZE POŽÁRU	16
2.4 PÁSMA POŽÁRU	18
2.5 LÁTKY POUŽÍVANÉ PRO HAŠENÍ POŽÁRŮ V UZAVŘENÝCH PROSTORECH.....	19
2.6 JEVY VYSKYTUJÍCÍ SE PŘI POŽÁRECH V UZAVŘENÝCH PROSTORECH	20
3 VYBRANÁ RIZIKA SPOJENÁ S HAŠENÍM POŽÁRŮ V UZAVŘENÝCH PROSTORECH	24
3.1 OPAŘENÍ HASIČŮ LIKVIDUJÍCÍCH POŽÁR V UZAVŘENÉM PROSTORU.....	24
3.2 POPÁLENÍ OSOB NACHÁZEJÍCÍCH SE V MÍSTĚ POŽÁRU.....	24
3.3 PŘEHŘÁTÍ ZASAHUJÍCÍCH HASIČŮ	25
3.4 PSYCHICKÉ VYČERPÁNÍ ZASAHUJÍCÍCH HASIČŮ	25
3.5 UDUŠENÍ	26
3.6 VÝBUCH V MÍSTĚ POŽÁRU	26
4 CÍL PRÁCE	27
4.1 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍHO CÍLE PRÁCE	27
4.2 DÍLČÍ CÍLE PRÁCE	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	28
5 POŽÁRY V UZAVŘENÝCH PROSTORECH, STATISTIKY A POPIS VYBRANÝCH HISTORICKÝCH UDÁLOSTÍ	29
5.1 POŽÁR BRNĚNSKÉHO KASINA	31
5.2 POŽÁR DROGERIE NA ULICI TKALCOVSKÁ.....	32
6 WHAT IF?	33
6.1 CO SE STANE, KDYŽ HASIČ POUŽÍJE V UZAVŘENÉM PROSTORU NA LIKVIDACI POŽÁRU PŘÍLIŠ MNOHO VODY?	33
6.2 CO SE STANE, KDYŽ HASIČ ZASAHUJE V UZAVŘENÉM PROSTORU BEZ ZAVODNĚNÉHO PROUDU?	34
6.3 CO SE STANE KDYŽ, JE HASIČI HORKO?.....	35
6.4 CO SE STANE, KDYŽ MÁ HASIČ ŠPATNOU PSYCHICKOU KONDICI?	35
6.5 CO SE STANE, KDYŽ NENÍ CO DÝCHAT?.....	36
6.6 CO SE STANE, KDYŽ VZNIKNE TLAKOVÁ VLNA?.....	37
7 ANALÝZA RIZIKA HAŠENÍ POŽÁRŮ V UZAVŘENÝCH PROSTORECH POMOCÍ METODY MATICE RIZIK	38

8	NÁVRHY OPATŘENÍ PRO ZMÍRNĚNÍ RIZIK PŘI HAŠENÍ POŽÁRŮ V UZAVŘENÝCH PROSTORECH	41
	ZÁVĚR	44
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	45
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	47
	SEZNAM OBRÁZKŮ	48
	SEZNAM GRAFŮ	49
	SEZNAM TABULEK.....	50

ÚVOD

V České republice tvoří požáry asi jen pětinu všech zásahů jednotek požární ochrany (dále jen JPO). Požáry v uzavřených prostorech představují jen malou část z událostí tohoto typu. Zásahy u požárů v uzavřených prostorech však patří k těm nejnebezpečnějším a nejsložitějším. Velký podíl na stále se zvyšující rizikovosti těchto požárů má současný trend výstavby. Snaha moderního stavitelství spočívá v docílení co nejmenších tepelných ztrát budov při jejich běžném užívání. Tyto opatření se však mohou negativně projevit při vzniku požáru a představovat tak značné riziko pro zasahující JPO. Hasiči jsou při takových požárech vystaveni mnoha nebezpečím, která vyplývají z pohybu v neznámém a zakouřeném prostředí a výskytu mnoha hořlavých látek. Použitím vody jako nejběžnějšího hasiva se navíc vystavují riziku vzniku velkého množství páry, která díky trendu utěšňování nemá možnost z uzavřeného prostoru unikat. Z důvodu stále dokonalejšího utěšňování stavebních konstrukcí nedochází k potřebné výměně plynů na požářišti a tím dochází ke stále častějšímu výskytu specifických nelineárních projevů požárů, kterými jsou Backdraft, Flashover a Rollover.

Proto, aby bylo možné lépe pochopit vznik těchto jevů, uvádím v teoretické části této práce obecné poznatky z dynamiky požáru. Pochopení šíření, rozvoje požáru a nutnosti výměny plynů na požářišti jsou důležité nejen pro úspěšné hašení požáru, ale i pro zvýšení bezpečnosti pro zasahující hasiče. Hlavním přínosem práce má být identifikování a zhodnocení rizik vznikajících při požárech v uzavřených prostorech. V práci jsou také uvedeny návrhy na snížení rizik, kterým jsou hasiči vystaveni při hašení těchto požárů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VYBRANÉ POJMY A PRÁVNÍ PŘEDPISY TÝKAJÍCÍ SE ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V této části práce jsou vysvětleny vybrané základní pojmy, které se budou v práci vyskytovat. Jedná se zejména o pojmy z oblasti krizového řízení a ochrany obyvatelstva. Dále jsou zde uvedeny vybrané zákony a vyhlášky, řešící danou problematiku. Především pak zákony a vyhlášky týkající se Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen HZS ČR) a další krizové zákony.

1.1 Vybrané základní pojmy a jejich charakteristika

V této kapitole jsou popsány vybrané pojmy týkající se problematiky hašení požárů v uzavřených prostorech. Jedná se zejména o pojmy z oblasti krizového řízení a ochrany obyvatelstva. Dále jsou uvedeny vybrané zákony a vyhlášky řešící danou problematiku. Především pak zákony a vyhlášky týkající se HZS ČR.

Bezpečnost je stav, kdy je systém schopen odolávat známým a předvídatelným vnějším a vnitřním hrozbám, které mohou negativně působit proti jednotlivým prvkům (případně celému systému) tak, aby byla zachována struktura systému, jeho stabilita, spolehlivost a chování v souladu s cílovostí. Je to tedy míra stability systému a jeho primární a sekundární adaptace. [13] Pro vymezení systému na podmínky státu je obsah bezpečnosti uveden v ústavním zákoně č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti ČR.

Pojem **dokonalé hoření** je podmíněn dokonalostí probíhající chemické reakce a lze jej dosáhnout pouze v laboratorních podmínkách. Při dokonalém spalování nevznikají žádné zplodiny schopné dalšího samovolného hoření, zpravidla vzniká pouze oxid uhličitý a vodní páry. Příkladem může být požár unikajícího plynu na volné prostranství, kde se chemická reakce přibližuje téměř dokonalému hoření. [10]

Hrozba je přírodní nebo člověkem podmíněný proces představující potenciál, to je schopnost zdroje hrozby být aktivován a způsobit škodu. Tento potenciál může být spuštěn záměrně nebo náhodně využit pro atakování specifických zranitelností aktiva. Hrozba bývá zdrojem rizika. [13]

Při **nedokonalém hoření** vznikají zplodiny, které jsou schopné dalšího samostatného hoření, ale pokaždé s jinou kvalitou podle toho, jaké mají složení. Příkladem může být sklepní požár, kdy zplodiny často vytváří výbušné koncentrace. Z hlediska škodlivosti zplodin vznikajících při nedokonalém hoření, můžeme říci, že představují vážné nebezpečí

pro zasahující hasiče. Častým produktem nedokonalého hoření je u organických hmot oxid uhelnatý, ten je jedovatý a ve směsi se vzduchem také výbušný. U nedokonalého hoření většiny druhů plastů vznikají produkty jako například kyanovodík, různé jedy, karcinogenní a mutagenní látky. [10]

Pro účely požární ochrany se za **požár** považuje každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení či zranění osob nebo zvířat, anebo ke škodám na materiálních hodnotách. Za požár se považuje i nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata, materiální hodnoty nebo životní prostředí bezprostředně ohroženy. [4] Hlavním úkolem JPO při zásahu u mimořádné události typu požár je jeho lokalizace, která znamená, že bylo zamezeno dalšímu šíření požáru a že množství sil a prostředků v místě zásahu je dostačující pro jeho likvidaci. Dalším úkolem, který bezprostředně navazuje na první je samotná likvidace požáru. Tedy dostat požár až do fáze, kdy je přerušeno nežádoucí hoření. Jednotky při zásahu používají dokumentaci zdolávání požárů (dále jen DZP), které se zpracovávají na základě zvláštních právních předpisů. Zdolávání požáru zahrnuje hašení požáru za použití hasiv nebo odstraněním hořlavých látek, rozebírání konstrukcí, odvětrání místa požáru od zplodin hoření (teplo, kouř). Součástí zdolávání požáru jsou další činnosti spojené zejména se zajištěním bezpečnosti a ochrany zdraví hasičů a činnosti zajišťující nepřetržitou dodávku hasebních látek. [4] Při této, stejně jako při jiných událostech, ke kterým JPO vyjíždí, je prvořadým úkolem chránit životy a zdraví lidí, zvířat, životní prostředí a v neposlední řadě i majetek.

Prevence je výraz z latinského slova *praevenire*. Je to soubor opatření, která by měla zajistit předcházení vzniku mimořádné události, krizovým situacím a veškerým nežádoucím stavům. Prevenci dělíme na aktivní a pasivní. Máme tři základní typy prevence. Primární, která zkoumá předpoklady, podmínky a příčiny jevů, jimž se má bránit, a hledá způsoby, jak jim předcházet. Sekundární, která se snaží příslušné jevy včas zachytit a bránit jejich prohlubování. Terciární, která se snaží zabránit opakování již uplynulých událostí.

Výraz **riziko** pocházející údajně ze 17. století, kdy se objevil v souvislosti s lodní plavbou. Výraz „*risico*“ pochází z italštiny a označoval úskalí, kterému se museli plavci vyhnout. V současné době toto slovo označuje jakousi pravděpodobnost, že vznikne událost, kterou považujeme za nežádoucí. Míru rizika, tedy pravděpodobnost a míru škodlivých následků lze posuzovat pomocí analýzy rizik.

Uzavřený prostor je objekt, prostor nebo zařízení, které postrádá běžnou výměnu vzduchu. Může v nich být např. nedostatek kyslíku nebo se mohou vyskytnout zdraví škodlivé a výbušné látky.

1.2 Legislativní rámec

Základní právní předpisy, které se týkají především činnosti HZS ČR. Dále jsou zmíněny právní předpisy týkající se integrovaného záchranného systému a vyhlášky řešící požární prevenci:

- Zákon č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů.
- Zákon č. 237/2000 Sb., kterým se mění zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb.
- Vyhláška č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany.

2 POŽÁRY V UZAVŘENÝCH PROSTORECH

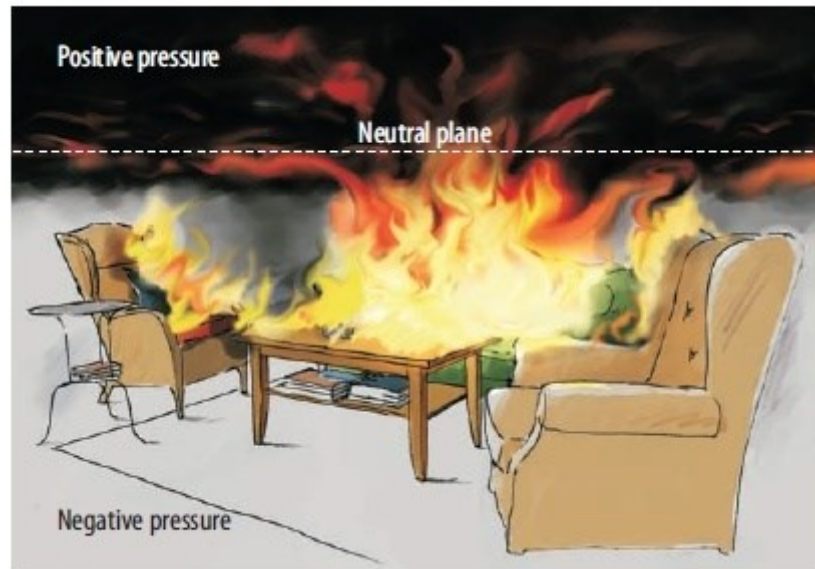
Požáry v uzavřených prostorech patří mezi velice komplikované požáry z hlediska metodického zvládnutí zásahu. Bývají charakteristické intenzivním hořením materiálu, například plastu, textilie, nábytku. Vyznačují se silně zakouřeným a nesnadno odvětratelným prostorem s vysokou okolní teplotou. V objektech trvalého užívání je mnoho předmětů, které při dosažení určité teploty produkují velké množství pyrolýzních plynů. Tyto plyny jsou schopné se hromadit v různých částech místnosti, většinou v rozích a poté nekontrolovatelně a velkou rychlostí odhořet. K tomuto odhoření dochází zpravidla, pokud dojde k náhlému přísunu vzduchu do již připravené směsi pyrolýzních plynů. Největším rizikem při těchto požárech je tzv. suché teplo, mokré teplo (pára) a tlaková vlna způsobená výbuchem nahromaděných plynů. Pro úspěšné zvládnutí zásahu musí být hasič dokonale připraven.

2.1 Teorie hoření

Hoření je chemická, oxidačně redukční reakce, které se účastní palivo a oxidační prostředky a z které vzniká teplo, světlo a produkty jako jsou vodní pára, oxidy, saze atd. Pevné hořlavé látky se působením tepla rozkládají a uvolňují tzv. pyrolýzní plyny. Ty se nad povrchem materiálu mísí s oxidačním činidlem a hoří. [3]

V průběhu požáru dochází k vyhořívání materiálů a částí hořlavých konstrukcí, což má za následek tvorbu kouře, který vlivem rozdílných teplot stoupá ke stropu místnosti. Tam se rozprostírá do šířky na plochu celého prostoru. Pak již nemá prostor ve vodorovném směru, proto začíná vzrůstat tloušťka horkých zplodin hoření pod stropem, tomuto jevu říkáme **Neutrální rovina** (Obr. 1). Výsledný efekt je takový, že za určitou dobu klesne spodní hranice horkých plynů až k podlaze a celý prostor je vyplněn kouřem. Jestliže existují otvory ve střeše nebo v obvodových stěnách místnosti, dochází k výměně plynů. Do spodní části přitéká chladnější vzduch z okolí, přináší kyslík potřebný k hoření, ohřívá se a stoupá ke stropu ve formě zplodin hoření. Pokud je otvor odváděn dostatečně velké množství kouře, nedojde k celkovému vyplnění místnosti kouřem, ale v určité výšce se zastaví pokles spodní hranice horkých plynů a zplodin hoření. V obou částech prostoru je jiný tlak. Pod stropem se hromadí horké zplodiny hoření mající vyšší teplotu a tlak zde stoupá. Naopak ve spodní části místnosti je nedostatek plynů, které se ohřívají a stoupají, a proto je zde nižší tlak, jehož vlivem dochází k přísávání okolního vzduchu do místnosti. Hranici mezi těmito prostory s rozdílnými tlaky tvoří neutrální rovina, ve které je tlak

atmosférický. Neutrální rovina tvoří zároveň hranici mezi horkými zplodinami hoření a čistým ovzduším důležitým pro evakuaci osob.



Obr. 1 Neutrální rovina [3]

Teplota vznícení je nejnižší možná teplota, při které hořlavá látka začne hořet i bez iniciace otevřeným plamenem a je schopna dalšího samovolného hoření. Tento poznatek je důležitý pro posuzování hořlavých kapalin v případech jejich skladování a manipulace, kde zjišťujeme, zda topná tělesa či části technologií zařízení nedosahují teploty vznícení. [10]

Teplota vzplanutí je nejnižší možná teplota, při které hořlavá látka začne hořet po iniciaci otevřeným plamenem a po jeho odstranění není schopna dalšího samovolného hoření. [10]

2.2 Přenos tepla

Hoření je fyzikálněchemická reakce, při které se uvolňuje množství tepla. Tím je charakterizován teplotní režim v prostoru hoření. Teplo se v prostoru hoření nehromadí, ale odvádí se do okolí prouděním, vedením a sáláním (Obr. 2). Přenos tepla prouděním probíhá hlavně prostřednictvím ohřívání kouře, který se šíří do prostoru. Zahřátý kouř může zakládat nová ohniska požáru, což ovlivňuje šíření požáru a může mít vliv na bezpečnost zasahujících hasičů. [5]

Sálavé teplo vyzařuje z oblasti hoření z větší části do okolí a z menší části zpět na povrch hořící látky. Sálavé teplo, které se vyzařuje do okolí, stěžuje práci hasičů, protože se bez

dostatečné ochrany nemohou přiblížit k ohnisku požáru a provést hasební zásah. V případě, kdy dopadá toto teplo na okolní hořlavé předměty, se tyto zahřívají až na takovou teplotu, kdy jsou schopny sami hořet. [5]

Z hlediska udržování a rozvoje hoření je nejdůležitější ta část sálavého tepla, která z oblasti hoření dopadá zpět na povrch hořící látky. V důsledku toho se neustále udržuje vysoká teplota povrchu a podporuje se rychlé odpařování pyrolýzních plynů, čímž se hoření samovolně udržuje. Čím větší bude mít hořlavá látka výhřevnost, tím více tepla se bude při hoření uvolňovat, tím větší bude také část sálavého tepla dopadajícího zpět na povrch látky a tím bude i hoření intenzivnější. [5]

Z hlediska možnosti rozvoje požáru je potřeba ještě upozornit na možnost přenosu tepla vedením. Tento druh přenosu tepla je vázán zejména na pevné látky a souvisí s jejich tepelnou vodivostí. Tepelně nevodivé látky se používají jako izolační materiály. Z látek, které teplo vedou, jsou nejrizikovější kovy. Při jejich ohřátí vlivem požáru zvyšují svou teplotu a mohou způsobit šíření požáru. Např. ocelové potrubí, procházející stěnou, ohřáté na vysokou teplotu, může být zdrojem zapálení na druhé straně stěny. Rovněž ohřátá stěna nádrže může znovu zapálit již uhašený požár v nádrži apod. [5]



Obr. 2 Způsoby šíření tepla [5]

2.3 Fáze požáru

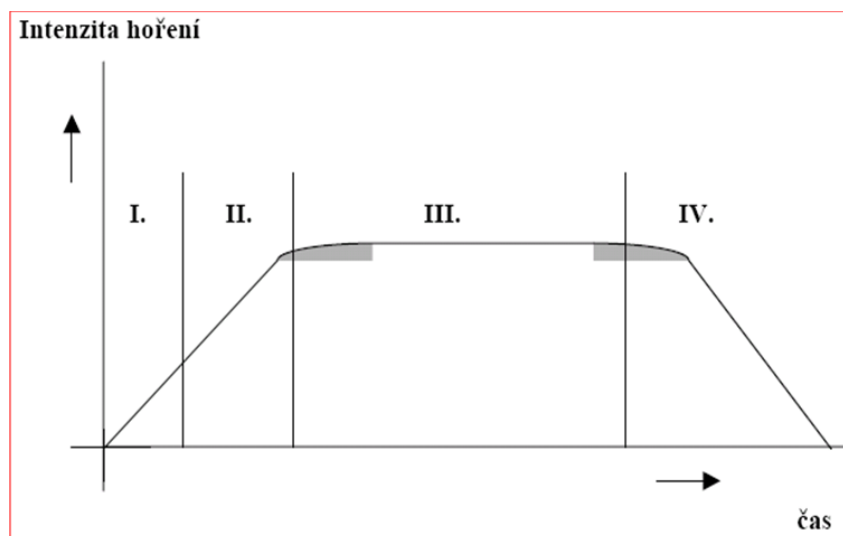
První fáze požáru je definována jako časový úsek od vzniku požáru až do počátku intenzivního hoření. Dle statistických údajů trvá tato fáze obvykle 3 až 10 minut a je závislá na druhu, množství hořlavých látek i dalších podmínkách pro rozvoj požáru. Vzhledem k tomu, že intenzita hoření je v této fázi ještě malá, je tato fáze nejvýhodnější

pro zahájení hasebních prací. Likvidace bývá velmi jednoduchou záležitostí a škody způsobené požárem jsou naprosto minimální. [10]

Druhá fáze požáru je definována jako časový úsek od počátku intenzivního hoření až do doby, kdy jsou požárem zasaženy všechny hořlavé materiály a konstrukce v daném požárním úseku. Situace na místě požáru bývá v této fázi již velmi složitá a vyžaduje vysoké nároky na organizaci hasebních prací, zvláště blíží-li se požár k závěru této fáze. Kovové konstrukce ztrácejí svou pevnost a hrozí akutní nebezpečí jejich zřícení. [10]

Třetí fáze požáru je časový úsek od konce druhé fáze. Hoří všechny hořlavé látky a intenzita hoření dosahuje maxima. Trvá až do začátku poklesu intenzity hoření. V této fázi bývá narušena většina nosných prvků, dochází ke zřícení stropů, krovů apod. Zásah jednotek se zaměřuje na ochlazování a ochranu okolních objektů a je na rozhodnutí velitele zásahu, zda bude na hořící objekt prováděn hasební zásah, nebo bude-li vhodnější zasažený objekt nechat zcela vyhořet. To závisí na míře ohrožení okolí, životního prostředí apod. Vlastní zásah na takto zasažený objekt je velmi náročný na množství sil a prostředků, hasebních látek a tím i finančně náročný. [10]

Čtvrtá fáze požáru je časový úsek od počátku snižování intenzity hoření až do úplného vyhoření všech hořlavých látek v daném požárním úseku. V této fázi lze již velmi pravděpodobně očekávat zřícení vnitřního i obvodového zdiva, komínů, schodišť apod. Činnost JPO se zaměřuje na odkrývání a dohašování skrytých ohnisek požáru (Obr. 3). [10]



Obr. 3 Fáze požáru [10]

2.4 Pásma požáru

Pásma požáru se mění společně s časem a jsou přímo závislá na rozvoji požáru. V některých případech se mohou pásma překrývat, například pásmo zakouření zpravidla zcela překrývá pásmo přípravy i požáru.

Pásmo hoření je prostor, ve kterém probíhá vlastní hoření. Zahrnuje v sobě objem par a plynů, ohraničených povrchem plamene a povrchem hořící látky, ze kterého unikají páry a plyny. Pásmo hoření může být ohraničeno stavebními konstrukcemi, stěnami nádrže apod. takto ohraničenému pásmu hoření říkáme požární úsek. Pásmo hoření je charakterizováno plochou požáru, což je průmět povrchu hořících tuhých nebo kapalných látek do půdorysu. V tomto pásmu je činnost JPO zaměřena na hašení požáru. [10]

Pásmo přípravy navazuje vždy bezprostředně na pásmo hoření a nejsou-li zde prováděna opatření jako ochlazování, nebo odstraňování hořlavých materiálů, tak postupně přechází v pásmo hoření, což vlastně neznamená nic jiného, než že se požár šíří. Vnější hranice pásma přípravy je obvykle vymezena působností sálavého (radiačního) tepla. Při přímém dotyku pevných látek s dobrou tepelnou vodivostí může být pásmo přípravy rozšířeno ve směru této látky, například po ocelových konstrukcích. Hovoříme pak o sdílení tepla vedením (kondukcí). Pokud se tepelná energie předává mechanickým pohybem částic kapalin nebo plynů při jejich styku s hořlavou látkou, má to opět vliv na hranice pásma přípravy a jedná se o sdílení tepla prouděním (konvekci). Jako vzor může sloužit předávání tepelné energie zplodinami hoření (kouřem). Hlavní činností JPO v pásmu přípravy je činnost zamezující šíření požáru. [10]

Pásmo zakouření je část prostoru v blízkosti pásma hoření. Plocha tohoto pásma je přímo závislá na směru proudění vzduchu. Dochází v něm k pohybu kouřových plynů v koncentracích životu nebo zdraví nebezpečných, nebo bránících činnosti hasičů sníženou viditelností či zvýšenou teplotou. Pásmo zakouření je závislé na mnoha faktorech, především na podmínkách výměny plynů na požářišti. Může být velmi rozsáhlé, zasahovat i za hranice pásma přípravy a toxicitou zplodin hoření bezprostředně ohrožovat životy a zdraví osob ve větší vzdálenosti od pásma hoření. Svou vysokou teplotou může urychlovat šíření požáru a v neposlední řadě vážně poškozuje stavební konstrukce. V tomto pásmu je činnost JPO zaměřena kromě záchrany osob, zvířat a cenností především na boj s kouřem, jeho odstraňování nebo usměrnění žádoucím směrem. [10]

2.5 Látky používané pro hašení požárů v uzavřených prostorech

Pro hašení požárů nejen v uzavřených prostorech se využívá mnoho hasebních látek. Vybrané hasební látky jsou popsány v následující podkapitole.

Halony jsou známé svými hasícími účinky a chemickými vlastnostmi hašení. Bohužel však v závislosti na jejich chemickém složení různou mírou porušují ozónovou vrstvu Země a přispívají tak ke globálnímu oteplování. Proto se již dnes jako hasební látka nepoužívají. Halonové plyny mají chemický princip hašení. Výborně potlačují plamenné hoření. Dříve se hojně využívaly jako hasivo pro stabilní hasicí zařízení.

Jednoduché hasební prostředky jako jsou např. kbelík s vodou, lopata, tlumice, džberová stříkačka, písek nebo hlína. Lze použít, pokud je požár včas zpozorován. Většina z těchto jednoduchých hasebních prostředků je součástí požárních přístřešků, nebo se nachází na požárních automobilech či kontejnerech.

Oxid uhličitý vzniká jako konečný produkt spalování uhlí a uhlíkatých sloučenin. Je produktem biologických procesů. Získává se například při pálení vápence. Oxid uhličitý je chemická sloučenina s konstantními vlastnostmi. Ve velké míře se využívá jako chladicí prostředek v průmyslové výrobě. Jedná se o bezbarvý nehořlavý plyn kyselého zápachu a chuti, který je těžší než vzduch. Hasební účinek oxidu uhličitého je založený na principu ředění koncentrace kyslíku přítomného v hořícím prostředí. Z toho důvodu se nedoporučuje jeho používání v uzavřených prostorech. Dalším jeho účinkem je ochlazování hořícího materiálu, které má však jen minimální účinek. V uzavřených prostorech je možné využít takzvaného objemového hašení, kdy dojde k vytlačení kyslíku a naplnění uzavřeného prostoru oxidem uhličitým a tím k uhašení požáru.

Pěna je hasící látka skládající se z mnoha bublin vytvořených z kapaliny mechanickým nebo chemickým způsobem. Vyrábí se smícháním pěnidla a vody, čímž dojde k vytvoření pěnnotvorného roztoku, který se následně smísí se vzduchem. Pěna je nestabilní systém, který podléhá rychlým změnám a po určitém čase dochází k jejímu rozpadu. Podle poměru vstupních surovin rozdělujeme pěnu na lehkou, střední a těžkou. Hasící účinek pěn je izolační, to znamená, že po její aplikaci dojde k zamezení přístupu vzduchu k požáru a tím k jeho uhašení. Hasící pěna je používána především na hašení požárů kapalin. Nevhodné je její použití pro hašení zařízení pod napětím.

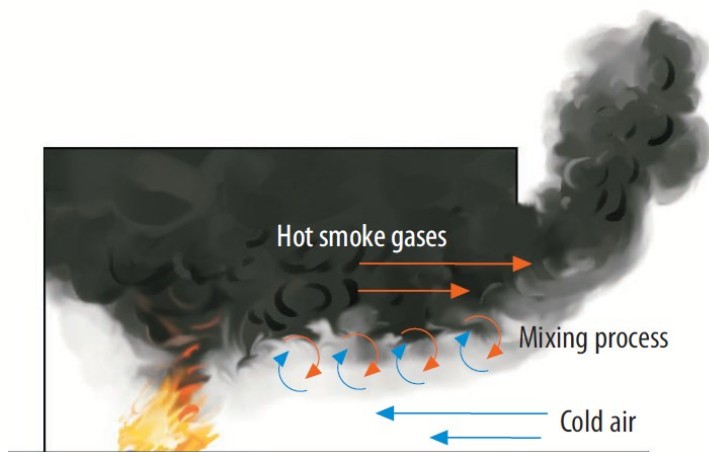
Prášek je hasicí látka složená z jemně dělených pevných chemických produktů, které obsahují jednu nebo více základních složek smíchaných s přísadami pro zlepšení jejich charakteristik. Prášky se označují na základě vhodnosti jejich použití pro hašení různých tříd požárů podle normy EN 2 třídy požárů. Hasební účinek prášku je izolační. Nejčastěji používaným druhem je prášek určený pro hašení požárů třídy A, B a C. To znamená, že je s nimi možné hasit požáry pevných, kapalných i plyných látek. Některé prášky je možné využít na hašení kovů. Hašení elektrických zařízení je možné, není však vhodné z důvodu poškození jemné elektroniky.

Voda je nejpoužívanější hasební látkou. Na Zemi pokrývá 71% povrchu. V závislosti na teplotě mění své skupenství. Čistá voda je čirá kapalina bez barvy a zápachu. Je složená ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku H_2O . Mechanismus hašení je založený na jejím chladícím účinku. Její hasební účinek lze zvýšit jejím roztříštěním na malé části, čímž vznikne takzvaná vodní mlha. Z jednoho litru vody se při teplotě $100^{\circ}C$ vytvoří 1700litrů vodní páry. S čímž je potřeba počítat zejména při hašení požárů v uzavřených prostorech, kde nemá vzniklá pára kam uniknout. Vodu nelze použít na hašení elektrických zařízení pod napětím. Její použití může být omezeno také okolní teplotou, protože voda tuhne při teplotách pod bodem mrazu.

2.6 Jevy vyskytující se při požárech v uzavřených prostorech

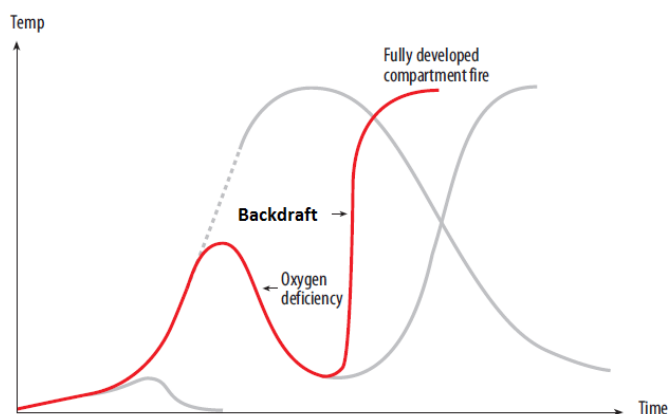
Požáry v uzavřených prostorech, nebo také požáry řízené ventilací. Jsou charakterizovány omezeným přísunem oxidačního činidla (zpravidla kyslíku). Ten do prostoru požáru vniká z okolního prostředí například stavebními otvory, pomocí vzduchotechniky, nebo také netěsnostmi v konstrukcích (Obr. 4). Pokud není zabezpečen dostatečný přísun vzduchu k místu požáru, může mít požár takzvaný nelineární průběh hoření, který je zpravidla doprovázen jevy jako je Flashover, Backdraft nebo Rollover. Tyto jevy mají přímý vliv na rozvoj požáru a tím na bezpečnost hasičů. V případě, že má požár dostatečný přísun oxidačního činidla, mluvíme o takzvaném dokonalém hoření. Toto hoření však většinou vidíme pouze v laboratorních podmínkách. Dokonalé spalování je doprovázeno přeměnou uhlíku na oxid uhličitý, vznikem vysokých plamenů a velkou intenzitou výměny plynů na požářišti. Pokud má požár v uzavřeném prostoru dostatečný přísun vzduchu a teplota prostředí překročí $600^{\circ}C$, dochází k okamžitému prostorovému vzplanutí směsi, která je tvořena zplodinami hoření. Při tomto jevu, který nazýváme Flashover dochází k prudkému nárůstu teploty a rozšíření požáru, které může vést k narušení celistvosti

budovy. Pokud nemá požár v uzavřeném prostoru dostatečný přísun oxidačního činidla, pak dochází k jeho pozvolnému uhasinání, hoření začne být nedokonalým a požár se dostane až do fáze tzv. bezplamenného hoření. V uzavřeném prostoru začne stoupat koncentrace oxidu uhelnatého. V případě, že teplota ještě neklesla pod hranici teploty vznícení a dojde k náhlému přísunu oxidačního činidla, zpravidla otevřením dveří, nebo porušením okenních výplní. Může dojít k takzvanému Backdraftu, který překládáme jako explozivní hoření.



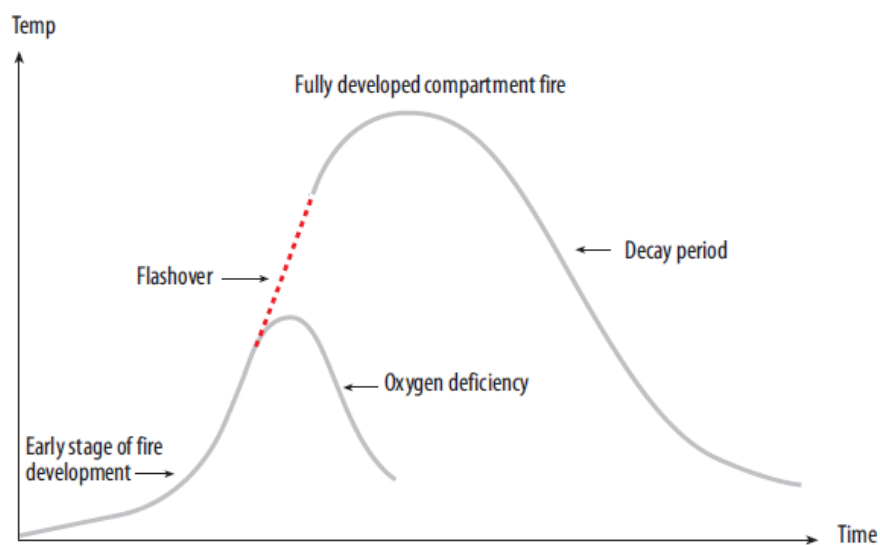
Obr. 4 Dokonalá výměna plynů [3]

Backdraft neboli explozivní hoření nastává při porušení těsnosti uzavřeného prostoru. Dojde k nasátí vzduchu a zvýšení koncentrace oxidačního činidla v prostoru hoření. Po jeho smísení se zplodinami hoření dojde k vytvoření hořlavé směsi, která začíná okamžitě hořet. Tím dochází k prudkému rozvoji požáru doprovázenému vývinem obrovského množství tepla a produktů hoření (Obr. 5). Při tomto jevu se teplota v prostoru pohybuje kolem 800⁰C.



Obr. 5 Průběh jevu backdraft [3]

Další z projevů nelineárních procesů hoření, který do češtiny překládáme jako prostorové nebo celkové vzplanutí je **Flashover**. Požár vzniká zpravidla v jednom místě, tomuto místu říkáme ohnisko požáru. Z tohoto místa se potom požár šíří dále do okolí. Požár se šíří několika způsoby, které byly popsány výše v této práci. Při hoření se do okolí uvolňuje velké množství tepla a zplodin hoření. Tyto zplodiny se díky své teplotě začínají shromažďovat pod stropem a postupně naplňují celý prostor. S postupem rozvoje požáru dochází ke stále většímu nárůstu teploty a množství zplodin hoření. Zplodiny hoření začínají zahřívát i látky, které jsou ve značné vzdálenosti od ohniska požáru. V těchto látkách dochází k intenzivnímu tepelnému rozkladu, a jakmile se z nich uvolní dostatečné množství hořlavých produktů, dojde k jejich vzplanutí a přenesení plamene. Za určitých podmínek se vytvoří ideální směs produktů hoření a vzduchu a dojde k rozšíření vzduchu na většinu hořlavých látek v místnosti (Obr. 6). Tento jev pak označujeme jako celkové vzplanutí neboli Flashover. Jeví vzniká při teplotách okolo 600°C .



Obr. 6 Křivka flashover [3]

Rollover se běžně do češtiny překládá jako žíhavé plameny. Jedná se o jev vyskytující se převážně v počáteční fázi požáru, kdy má oheň dostatečný přísun oxidačního činidla a při hoření dochází k vývinu velkého množství zplodin hoření. V uzavřeném prostoru zasaženém požárem mírně vzrůstá teplota. Teplota v místnosti je kolem 40°C a teplota plamene asi 500°C . Rollover vzniká tak, že se shromáždí větší množství hořlavých

plynů zpravidla u stropu a v rozích místnosti. Tyto plyny o velmi vysoké teplotě jsou vytlačovány zplodinami hoření z místnosti do okolí, kde se mísí s oxidačním činidlem. Jestliže koncentrace hořlavých plynů dosáhne meze hořlavosti, dojde k jejich vznícení a rychlému rozšíření požáru (Obr. 7). Plameny se šíří velkou rychlostí v úrovni stropu na velké vzdálenosti do té doby, dokud nevyhoří všechny vzniklé hořlavé plyny.



Obr. 7 Rollover [3]

3 VYBRANÁ RIZIKA SPOJENÁ S HAŠENÍM POŽÁRŮ V UZAVŘENÝCH PROSTRECH

Hlavním úkolem JPO při zásahu u mimořádné události typu požár je lokalizace požáru, která znamená, že bylo zamezeno dalšímu šíření požáru a také, že množství sil a prostředků v místě zásahu je dostačující pro jeho úplnou likvidaci. Dalším úkolem, který bezprostředně navazuje na první je samotná likvidace požáru. Tedy dostat požár až do fáze, kdy je přerušeno nežádoucí hoření. Zdolávání požáru zahrnuje hašení požáru za použití různých hasiv nebo odstraněním hořlavých látek z prostoru hoření, rozebíráním konstrukcí, odvětráním místa požáru od všech zplodin hoření. Při této, stejně jako při jiných událostech, ke kterým JPO vyjíždí, však zůstává prvořadým úkolem chránit životy a zdraví obyvatel a majetek před požáry a poskytovat účinnou pomoc při mimořádných událostech, které ohrožují život a zdraví obyvatel, majetek nebo životní prostředí a které vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. [4] Při všech těchto činnostech však musí hasiči dbát na svůj život a svoje zdraví. Nejhorší věcí, která se může při zásahu stát je, že se ze zachránce stane zachraňovaný. I záchranáři jsou však pouze lidé a jak uvádí statistika, i oni se při zásahu občas zraní.

3.1 Opaření hasičů likvidujících požár v uzavřeném prostoru

Popáleniny, které jsou způsobené párou, nebo horkými tekutinami nazýváme opařeniny. Doprovázené pocity jsou silná bolest v oblasti popálení, zarudnutí, otok a zpuchýření kolem popálené oblasti. Při zasažení větších ploch se často objevují i příznaky šoku. Při hašení požáru sprchovými a mlhovými proudy vzniká velké množství vodní páry, která je velmi horká a navíc pod tlakem, který může hnát horké plyny přes všechny vrstvy ochranného oděvu včetně spodního prádla a kukly. Přeměna vody v páru mění tepelné podmínky v uzavřených prostorech tak, že může způsobit přemístění horkých plynů od stropu k podlaze, kde se nacházejí lidé a tím je popálit nebo opařit. [4]

3.2 Popálení osob nacházejících se v místě požáru

Nebezpečí popálení spočívá v možnosti zranění tepelnými účinky (sálavé teplo, horký vzduch, horké předměty) nechráněných částí těla, dýchacích cest nebo je spojeno s celkovým ožehnutím hasiče. K popálení hasiče dochází především žhavými plameny, ty ohrožují hasiče při postupu zakouřeným prostorem v blízkosti pásma hoření a zejména při otevírání prostorů, v nichž probíhá požár formou nedokonalého hoření. Tyto případy

vznikají při velmi špatné výměně plynů a jejich důsledkem je vznik zplodin hoření, které jsou hořlavé a mají teplotu nad bodem vznícení. Při náhlém otevření otvorů (dveří, oken, vikýřů) dochází vlivem přetlaku k vytlačení horkých hořlavých plynů mimo uzavřený prostor, jejich smísení se vzduchem ve vnějším prostoru a zapálením v podobě vyšlehnutých žíhavých plamenů směřujících ve směru proudění plynů. Druhým případem vzniku žíhavých plamenů je situace, kdy dochází vlivem intenzivního hoření uvnitř místnosti k porušení obvodových stěn (zejména výplní oken) a vyšlehnutí horkých hořlavých plynů, které nestačily shořet uvnitř místnosti, ven, kde ihned shoří v podobě žíhavých plamenů. Další příčinou popálení může být sálavé teplo. Jsou to infračervené paprsky, které jsou vyzařované z pásma hoření. Jejich intenzita je přímo úměrná intenzitě hoření, druhu hořlavé látky, výhřevnosti a také vzdálenosti od pásma hoření. [4] Popálení může rovněž vzniknout vdechnutím horkým par a plynů. V tomto případě se jedná zpravidla o popálení dutiny ústní a horních cest dýchacích. V neposlední řadě dochází k popálení přímým kontaktem s horkým předmětem. Při přímém kontaktu dochází k okamžitému přenosu tepla vedením.

3.3 Přehřátí zasahujících hasičů

Přehřátí, neboli překročením maximální teploty těla, při které organismus není schopen efektivního odvodu tepla. Dochází k rozšíření cév a tím zadržetí velkého množství krve v oběhu, čímž vzniká riziko úplného kolapsu organismu člověka. Přehřátí se projevuje výrazným snížením schopnosti jakékoliv činnosti, nárůstem tepové frekvence, případně stavem absolutní vyčerpanosti a halucinacemi. K přehřátí organismu hasiče dochází zejména při použití speciálních ochranných oděvů, jako jsou obleky proti sálavému teplu a protichemické obleky. [4] Při současných klimatických podmínkách dochází stále častěji v letních měsících k přehřívání hasičů i při zásazích bez výskytu hoření a sálavého tepla, ale s vysokým působením slunečního tepla spojeným s vysokou fyzickou zátěží.

3.4 Psychické vyčerpání zasahujících hasičů

Výkonnost hasiče je úzce spojena s problematikou psychické zátěže. Pro správné fungování psychické kondice musí být vždy dodržen řetězec: aktivita, zátěž, stres a nezbytně nutná je adaptace. Aktivitou rozumíme jakoukoli činnost člověka, která vyvolá zátěž organismu. Zátěží rozumíme zatížení člověka, které vyvolává stresovou odezvu. Stresem se rozumí odezva lidského organismu vyvolávající adaptační syndrom, který

způsobuje přizpůsobení nové zátěžové situaci. Adaptací rozumíme přizpůsobení se nové zátěžové situaci, které vyvolává odezvu vyrovnáním, tj. přijetí nové úrovně aktivity. Zde je možné čerpat i z určitých rezerv, které si je člověk schopen vybudovat dostatečnou fyzickou a zdravotní kondicí. Při přerušení řetězce aktivit způsobeného nepřizpůsobením se nové zátěžové situaci dochází k vytvoření únavového syndromu. Pokud se dokáže hasič včas adaptovat na novou požadovanou úroveň aktivity, nebezpečí psychického vyčerpání nehrozí. [4]

3.5 Udušení

Udušením se rozumí nedostatečný přísun kyslíku potřebného k chodu základních životních funkcí lidského organismu ústy, nosem nebo průdušnicí. [4] K dušení člověka může dojít několika způsoby. Mezi ně patří například, ucpání úst a nosu, jehož následkem dojde k zamezení přísunu vzduchu do plic a jejich následnému otoku. Dalším způsobem udušení je nedostatečné okysličení vzduchu. Lidské tělo potřebuje pro správné fungování obsah kyslíku ve vzduchu zhruba 21%. Za hraniční hodnotu se udává nasycení vzduchu kyslíkem okolo 15%. Příznakem dušení bývá obtížné dýchání, pěna u úst, modráni rtů a obličej, zvýraznění žil v oblasti krku a v poslední fázi i bezvědomí.

3.6 Výbuch v místě požáru

Podle způsobu vzniku rozeznáváme dva druhy výbuchů, fyzikální a chemický. Fyzikální výbuch je způsoben především změnou fyzikálních parametrů nad povolenou mez, která má za následek zvýšení tlaku uvnitř obalu na takovou míru, že dojde k jeho destrukci. (např. parní kotle, tlakové zásobníky a lahve s plyny). Chemický výbuch je charakterizován rychle probíhajícím hořením směsi hořlavé látky s oxidačním činidlem, je provázen rychlým vznikem zplodin hoření nebo tepelným rozkladem a prudkým nárůstem tlaku. Chemickým výbuchem může být explozivní rozklad látky. Podmínkou chemického výbuchu je přítomnost hořlavé látky, oxidačního činidla a iniciačního zdroje. [4] Při obou způsobech výbuchu dochází zejména k vzniku tlakové vlny, jejímž následkem bývá zpravidla poškození nosných konstrukcí budov.

4 CÍL PRÁCE

V kapitole je popsán hlavní cíl práce a vyjmenovány dílčí cíle práce, kterých chci dosáhnout. Dále jsou zde zmíněny metody identifikace a analýzy rizik, díky kterým bude dosaženo hlavního cíle této práce.

4.1 Vymezení základního cíle práce

Základní cíl práce částečně vychází už z jejího samotného názvu. Cílem bakalářské práce je analyzovat rizika, kterým jsou hasiči vystaveni při hašení požárů v uzavřených prostorech a navrhnout opatření pro jejich zmírnění nebo úplnou eliminaci. Opatření by měla vést ke snížení nebezpečí při hašení požárů v uzavřených prostorech.

K identifikaci těchto rizik využiji metodu **What if**, k následné analýze pak metodu **Matic** rizik.

4.2 Dílčí cíle práce

Dílčí cíle práce jsou zformulované do tří oblastí. Z těchto dílčích cílů vychází i členění práce na jednotlivé kapitoly a podkapitoly. Mezi dílčí cíle práce patří:

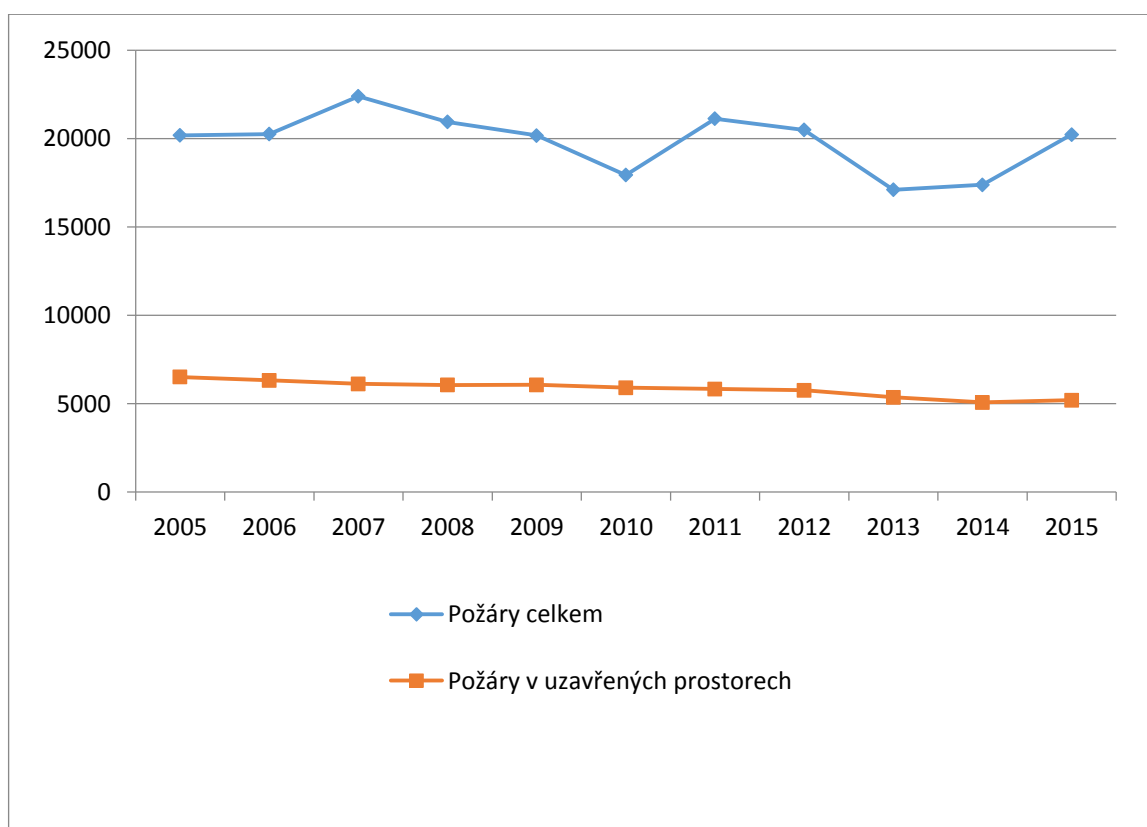
- vysvětlení základních pojmů týkajících se řešené problematiky,
- popis hoření a jevů vyskytujících se při požáru v uzavřeném prostoru,
- popis rizik, jímž jsou hasiči vystaveni při hašení požárů v uzavřených prostorech,
- návrh na minimalizaci rizik.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

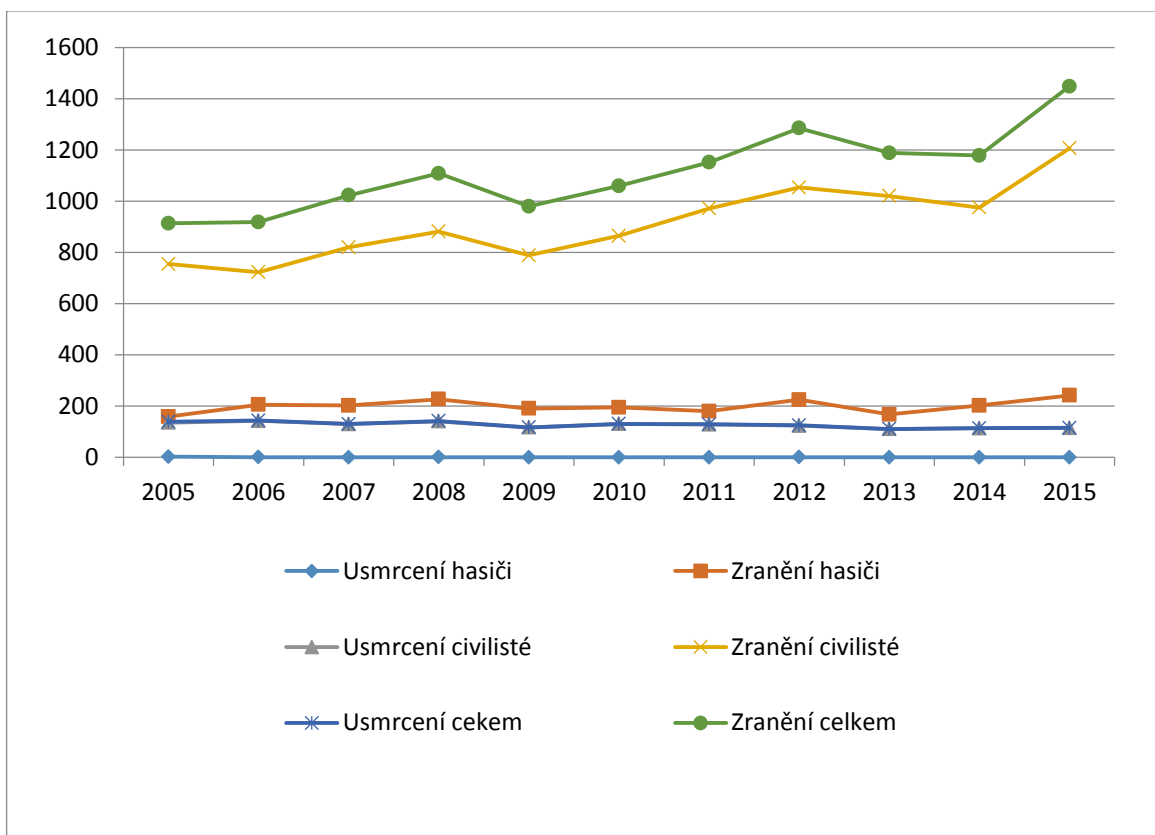
5 POŽÁRY V UZAVŘENÝCH PROSTORECH, STATISTIKY A POPIS VYBRANÝCH HISTORICKÝCH UDÁLOSTÍ

Statistika je věda, která se zabývá získáváním, zpracováním a analýzou dat pro potřeby rozhodování. Zkoumá stav a vývoj hromadných jevů a vztahů mezi nimi prostřednictvím hromadných pozorování. [11] Statistické údaje o mimořádných událostech a činnosti jednotek požární ochrany zpracovává každoročně Generální ředitelství HZS ČR. Tyto údaje shrnuje ve svých statistických ročenkách, které každoročně vydává. Z této statistiky můžeme vyčíst například podíl požárů v uzavřených prostorech v závislosti na celkovém počtu požárů (Graf 1), počty zraněných a usmrcených osob při požárech (Graf 2) a celkové škody vzniklé při požárech (Graf 3).

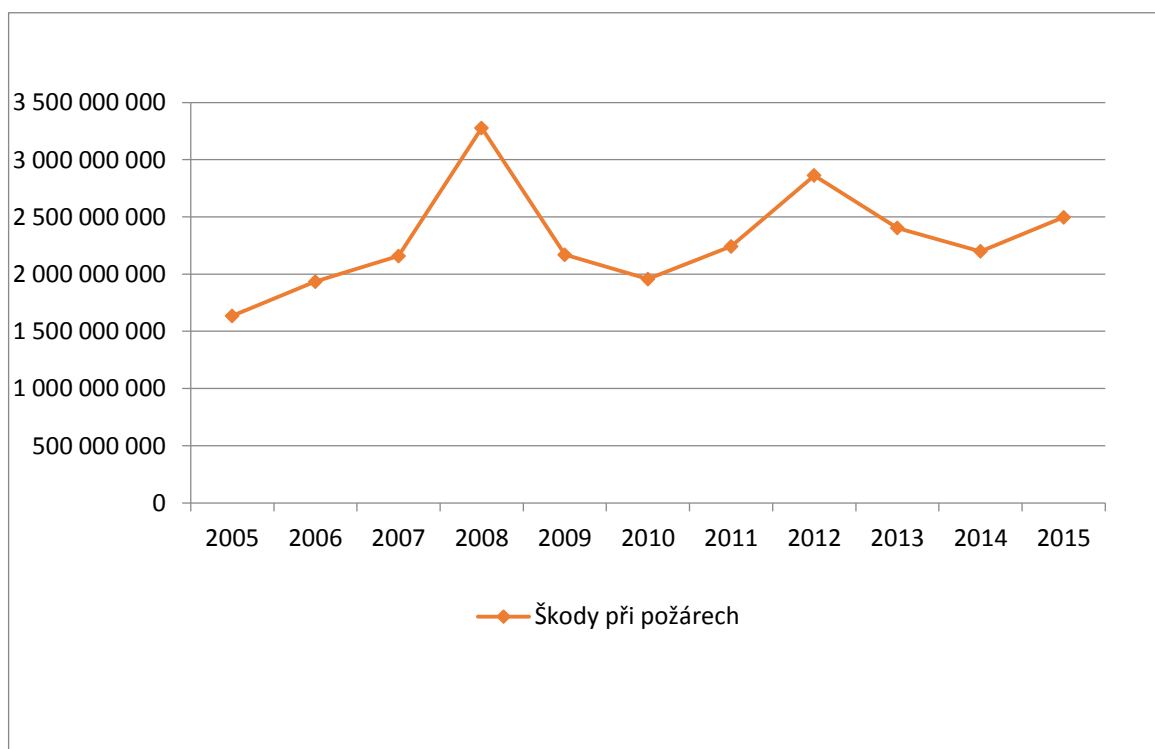
Graf 1 Podíl požárů v uzavřených prostorech [15]



Graf 2 Počty zraněných a usmrcených osob při požárech [15]



Graf 3 Škody při požárech [15]



5.1 Požár brněnského kasina

Dne 8. ledna roku 2002 byl ve 20:16 hodin ohlášen na operační středisko brněnských hasičů požár multifunkční budovy a kasina na ulici Nádražní v Brně (dnes OC Letmo). Už ve 20:20 přijela k požáru první jednotka z požární stanice (dále jen PS) Lidická s vozidlem CAS 25. O dvě minuty později dorazila na místo jednotka z PS BVV s vozidly CAS25 a CAS32. Za další minutu přijely na místo posily z PS Lidická s CAS32 a AZ52. V té chvíli bylo na místě 20 hasičů. Ihned po příjezdu byl vidět hustý kouř vycházející z objektu (Obr. 8) a na okenní římse ve druhém nadzemním podlaží se nacházela jedna osoba. Velitel zásahu si nechal na místo vyslat další síly a prostředky. Nařídil okamžitou záchranu osoby z římsy pomocí žebříku. Od zachráněné osoby byla získána informace, že uvnitř objektu kasina se nachází další osoba. Velitel zásahu rozhodl o vytvoření dvou průzkumných skupin. Do této doby nebylo uvnitř herny pozorováno plamenné hoření, pouze se rychle zvyšovala teplota. Jedna z průzkumných skupin se proto rozhodla ustoupit. Druhá skupina pokračovala v průzkumu v silně zakouřeném prostoru druhého podlaží s cílem najít a zachránit pohřešovanou osobu. V důsledku nulové viditelnosti došlo k rozdělení skupiny. Velitel skupiny našel pohřešovanou osobu a žádal pomocí radiostanice o výpomoc s její záchranou. Náhle ve 20:49, přibližně 11 minut po zahájení činnosti průzkumné skupiny došlo k prostorovému vzplanutí (Obr. 9) a k pádu stropních podhledů, které přerušily hadicové vedení. Zřejmě následkem prudkého nárůstu teploty, který je jedním z následků flashoveru došlo k usmrcení příslušníka HZS JmK a zachraňované osoby. Druhý příslušník, se v té době nacházel ve vedlejší chodbě, která byla silně zakouřena. Zřejmě ztratil orientaci a v důsledku celkového vzplanutí mu byla odříznuta úniková cesta. Přes veškerou snahu jistících skupin se ani jeho nepodařilo zachránit a tento den se tak navždy zapsal černým písmem do kroniky brněnských hasičů.



Obr. 8 Vývin kouře [21]



Obr. 9 Flashover kasino [21]

5.2 Požár drogerie na ulici Tkalcovská

Dne 22. března roku 2006 byl na operační středisko HZS JmK ohlášen požár skladovacího prostoru drogerie na ulici Tkalcovská. V 19:28 hodin dorazila na místo první jednotka, která ihned zahájila průzkum. Okamžitě byly nasazeny první útočné proudy a celé požářiště bylo rozděleno na dva úseky. První úsek byl uvnitř objektu, kde byly nasazeny tři útočné proudy. Druhý úsek byl přilehlý přístřešek, na který byly nasazeny dva útočné proudy. Zevnitř objektu bylo vyneseno 10 palet s drogistickým zbožím a byly odpojeny energie. Uvnitř objektu se nacházeli regály, které znesnadňovaly hasební práce a hrozily pádem na zasahující hasiče. Po příjezdu AZ na místo požáru byl zřízen další proud na druhém požárním úseku. Z důvodu neefektivit hašení se velitel zásahu rozhodl ve 20:05 hodin vyhlásit druhý stupeň požárního poplachu a na hašení nasadit pěnu. V té době se požár stále šířil směrem k sousední hale, proto bylo rozhodnuto o násilném vstupu a vytvoření třetího požárního úseku se dvěma útočnými proudy uvnitř sousední haly. Z důvodu nedostatečného množství požární vody byla na místo zásahu zřízena kyvadlová doprava vody pomocí CAS od ramene řeky Svitavy. Ve 21:40 hodin mohl velitel zásahu ohlásit lokalizaci požáru. Následně byla hasební pěna nahrazena vodou se smáčedlem a začalo rozhrabávání požářiště s cílem najít možná skrytá ohniska. Likvidace požáru byla ohlášena dne 23. 3. 2006 v 6:43 hodin. Na místě požáru bylo nasazeno 17 vozidel JPO a jeden kolový nakladač HZS. Plocha požáru byla 400m². Spotřebováno bylo 143 900litrů vody a 1340 litrů pěnidla. Vzniklá škoda byla předběžně vyčíslena na 5,5 milionu korun českých (dále jen Kč) a uchráněné hodnoty na 20 milionu Kč. Při zásahu byl zraněn jeden hasič, který utrpěl popáleniny dolních končetin.

6 WHAT IF?

Tato kapitola se zabývá využitím metody k identifikaci rizik ohrožujících hasiče při požárech v uzavřených prostorech. Rizika identifikují pomocí metody What if.? Jedná se o identifikační metodu skládající se ze tří částí. Příprava, realizace analýzy a dokumentace (vyhodnocení). Je založena na brainstormingu, při kterém kvalifikovaný pracovní tým (dobře seznámený se zkoumaným procesem) prověřuje formou dotazů a odpovědí neočekávané události, které se mohou v procesu vyskytnout. Formulované dotazy začínají charakteristickým co se stane, když? Identifikace možných selhání a jejich následků se uskutečňuje formou tvořivých pracovních porad. Těch se zúčastní vybraná skupina odborníků dobře seznámených se zkoumaným procesem. Kdokoliv v týmu může formulovat otázku, která ho zajímá. Pracovní tým pak hledá odpovědi na takto formulované dotazy. Odhadují se následky vzniklého stavu nebo situace, navrhují se opatření a doporučení. Prověřování při bezpečnostní studii se může týkat např. budov, energetického systému, surovin, produktů, skladů, provozních praktik, pracovních postupů, provozního prostředí, provozní bezpečnosti apod. V praxi je metoda What if relativně oblíbená, neboť neklade vysoké nároky na čas. Je však nutno počítat s tím, že nižší časová náročnost studie má kořeny v intuitivním, méně systematickém postupu. Pro podrobnější studie je potřeba použít systematickou metodu, jako je např. HAZOP. Cílem metody, je identifikovat nebezpečné stavy a provozní situace. Dále pracovní tým odhaduje možné následky a navrhuje opatření vedoucí ke snížení rizika. [18]

6.1 Co se stane, když hasič použije v uzavřeném prostoru na likvidaci požáru příliš mnoho vody?

Z jednoho litru vody se při teplotě 100⁰C vytvoří přibližně 1700 litrů vodní páry. Tato reakce způsobí okamžitou změnu tlakových podmínek uvnitř objektu. Obrovské množství páry musí někam uniknout a hledá cestu ven. Pokud pára není schopna uniknout z prostoru ven již vytvořeným větracím otvorem, může dojít i k fyzikálnímu výbuchu. Dále dochází k výraznému zhoršení světelných podmínek, což může mít za následek ztrátu orientace a zvýšení stresu u zasahujícího hasiče. Nejpodstatnějším problémem je však změna tzv. suchého tepla na teplo mokré. Mokré teplo ve formě páry je schopné proniknout i malými netěsnostmi hasičova oděvu, ke kterému dochází zpravidla v místech spojení dvou kusů osobních ochranných prostředků (dále jen OOP). Při průniku mokrého tepla

přímo k tělu hasiče dochází ke vzniku opaření. Jedná se zpravidla o velmi prudkou bolest podobnou bodnutí.

Pro snížení rizika opaření je nutné použití vhodného zásahového oděvu, hlavně spodních částí. Perfektní zvládnutí práce s proudnicí a umění rozpoznat, kolik vody je nutné aplikovat na likvidaci požáru. Vyhnout se hašení kompaktním proudem. Mít připravenou únikovou cestu pro případ náznaků opaření. Počítat s přeměnou vody na velké množství páry a s dostatečnými otvory pro její odvod mimo objekt. Být prakticky připraven na zhoršení světelných podmínek, aby nedošlo ke zmatečné reakci. Počítat s výraznou pocitovou změnou při změně působení suchého tepla na mokré. Dodržovat zásady ústrojové kázně zejména v oblasti spojení dvou osobních ochranných prostředků.

6.2 Co se stane, když hasič zasahuje v uzavřeném prostoru bez zavodněného proudu?

První myšlenka, které mně napadne při položení této otázky je, že jakýkoli vstup bez zavodněného proudu do hořícího objektu je proti veškerým zásadám a postupům, které se hasiči učí již od začátku své kariéry. V jiných částech světa narazíme na různé způsoby provádění průzkumu a hasebních prací, mnohdy úplně odporujícím našim předpisům. Pokud už se tedy stane a hasič provede vstup do objektu bez zavodněného proudu z jakéhokoliv důvodu (zpravidla nebezpečí z prodlení při záchraně osob), pak zpravidla nastává situace, kdy je vystaven extrémnímu tepelnému rázu, který vzniká plamenným hořením a je vystaven extrémnímu tepelnému toku. Teplota při přímém vystavení působení radiačního tepla se běžně pohybuje kolem 600 – 800⁰C. Ne zřídka se však hasič může setkat s teplotou přesahující 1 000⁰C. Proti působení radiačního tepla je hasič částečně chráněn speciálním oblekem a dalšími OOP. Ovšem ani toto vybavení nedokáže úplně zabránit popálení hasiče. Dochází tedy ke klasickým popáleninám prvního, druhého a třetího stupně. Protože hasič nemá vodní proud, kterým by se mohl, chránit je účinkům tepla vystaven v plné míře, což může mít za následek popáleniny na velké ploše povrchu těla, které mohou vést k doživotním následkům nebo smrti.

Nejdůležitější pro **snížení rizika popálení** je samozřejmě použití osobních ochranných prostředků hasiče. Základními prostředky pro ochranu hasiče před popálením radiačním teplem jsou: vhodný zásahový oblek, nehořlavé funkční prádlo, speciální hasičské boty a rukavice, nehořlavá kukla (zpravidla nomexová), hasičská přilba a vzduchový izolační dýchací přístroj. Nezbytnou součástí ochrany celé skupiny postupujících hasičů je útočný

proud, který je zakončen kombinovanou proudnicí s dostatečným průtokem vody a s možností plynulé změny kompaktního proudu na proud roztržštěný. Pokud hasič umí tuto proudnicí dostatečně dobře ovládat, je schopen ochránit sebe i celou zasahující skupinu před účinky radiačního tepla, nebo tyto účinky alespoň podstatně omezit. Pomocí izolačního dýchacího přístroje si hasič chrání především dýchací cesty, aby nedošlo ke vdechnutí horkých plynů a následnému popálení horních cest dýchacích.

6.3 Co se stane když, je hasiči horko?

U hasičů často dochází ke zdravotnímu jevu zvanému přehřátí organismu. K tomu dochází působením okolního tepla na hasiče. Zajímavé je, že k přehřátí hasiče dochází ve většině případů při zásazích bez výskytu hoření. Dochází k němu zpravidla při zásazích v letních měsících, kdy jsou hasiči vystaveni působení klimatických podmínek, které zejména v posledních letech dosahují extrémních teplot. Zasahující hasič musí být i v těchto vysokých teplotách vybaven třívrstevným zásahovým oděvem, speciálními rukavicemi a přilbou. Zároveň je často vystaven stresovým situacím, takže dochází k extrémnímu nárůstu tepla pod zásahovým oděvem. Za přehřátí organismu člověka se považuje teplota vyšší než 37⁰C. Při této teplotě dochází u zdravého jedince k extrémnímu pocení, únavovému syndromu, motání hlavy, zpomalení mozkové činnosti a tím snížení racionálního uvažování.

Snížit riziko přehřívání organismu je možné především dokonalou fyzickou a zdravotní kondicí. U zásahů, kde hrozí přehřátí hasičů, je nutné najít kompromis mezi ochranou hasiče a jeho komfortem. Je tedy nutné buď nepoužít některé OOP, což však u některých typů zásahů není možné. Nebo zkrátit dobu nasazení hasičů a počítat s dobou nutnou pro regeneraci. Je nutné zajistit dostatečný pitný režim pro zasahující hasiče a vhodné místo pro jejich odpočinek.

6.4 Co se stane, když má hasič špatnou psychickou kondici?

Při výkonu své služby se hasiči pravidelně setkávají s mnoha situacemi, které působí na jejich duševní zdraví. Již při příjmu zprávy o mimořádné události startuje proces, který může mít na nedostatečně odolného jedince katastrofální dopady. Setkávají se s následky tragédií a se situacemi, které prožívá většina lidí pouze ve zlých snech. Nebezpečí psychického vyčerpání je v profesi hasiče nejen časté, ale i velmi pestré, v podstatě závisí na druhu zásahu a délce působení zátěže. Krátkodobé přechodné reakce a stavy jsou

přítomné především u akutních zátěžových či stresových situacích a po jejich pominutí rychle odeznívají. Účinky trvalejšího charakteru neodeznívají, a pokud stresové situace hasiče trvají, dochází naopak k jejich stupňování (prohlubování).

Ochranou proti psychickému vyčerpání jsou preventivní postupy zaměřené podle oblasti jejich působení. V oblasti krátkodobějších projevů vyčerpání je ochranou pečlivá příprava výstroje a výzbroje pro zásah, výcvik v jejich používání, dodržování zdravé životosprávy, vyrovnané sociální zázemí, přijímání pouze psychicky odolných jedinců, střídání práce a odpočinku a jištění hasičů při zásahu, ochrana hasičů před stresujícími faktory při zásahu jako jsou přehřátí, prochladnutí, vyčerpání. V oblastech dlouhodobějších projevů vyčerpání je ochranou: péče velitelů o psychosociální a funkčně organizační klima jednotky, odborná terapie po náročných zásazích se silnými emocionálními prožitky. Pokud se symptomy psychického přetížení trvalejšího charakteru objeví, nutno je chápat od určité meze jako psychická onemocnění vyžadující odborné konzultace psychologů a psychiatrů. [4]

6.5 Co se stane, když není co dýchat?

U valné většiny požárů se setkáváme s tzv. nedokonalým hořením, při kterém vznikají produkty hoření, které jsou nedýchatelné. Při jejich vdechnutí může dojít k okamžité ztrátě vědomí a velmi rychle také ke smrti. Další situací, kdy hasič není schopen dýchat je prostředí, odkud byl vytlačen vzduch nějakým jiným plynem. V takovém případě dochází u člověka k velmi rychlé ztrátě okysličení, což má za následek zastavení práce životně důležitých orgánů. Stav, kdy má tělo nedostatek kyslíku říkáme hypoxie.

Pro **snížení rizika udušení** je důležité zvážit, kde bude hasič nasazen. Můžeme hasiče buď nasadit do míst, kde nehrozí nedostatek přísunu vzduchu, nebo do míst kde tento nedostatek s velkou pravděpodobností nastane. Nebo musíme hasiče vhodně chránit. Nejpoužívanější ochranou hasiče bývá v takovém případě vzduchový izolační dýchací přístroj, kterým je hasič schopen si po omezenou dobu chránit veškeré dýchací cesty. Hasiči jsou při zásazích standardně vybaveni měřicími přístroji, které umí detekovat nízkou hladinu kyslíku v okolním prostředí. Pokud dojde k sebemenšímu náznaku, že v průběhu zásahu došlo k dušení, je hasič okamžitě odeslán k odbornému vyšetření do nemocničního zařízení.

6.6 Co se stane, když vznikne tlaková vlna?

Tlaková vlna má mnoho konkrétních podob podle toho, která veličina se při jejích průběhu mění. Každá tlaková vlna nese určité množství energie. Tlakové vlny se vyznačují prudkou změnou vlastností prostředí, v němž se šíří. Na frontě vlny je vždy prudký nárůst tlaku, teploty a hustoty média. Při průchodu rázové vlny prostředím může být amplituda vlny tak vysoká, že zásadně mění vlastnosti prostředí, kterým prochází. Může docházet ke změně struktury, chemickým reakcím, změnám skupenství atp. Tlakové rázové vlny mohou vzniknout například výbuchem. Při explozivním ději se v krátké době uvolňuje do okolního prostředí velké množství energie. Dochází k prudkému ohřevu, nárůstu objemu a tlaku. Tlak přitom roste tak prudce, že se tento tlakový rozruch šíří do okolí jako rázová vlna. [4] Tato vlna je schopna velkou silou působit na veškeré objekty, které jí stojí v cestě. Takže i na lidské tělo, které je schopno odmrstit do velké vzdálenosti, nebo ho přímo poničit. Při nárazu tlakové vlny dochází zpravidla k poranění sluchovodů a k mnoha vnitřním zraněním.

Snížení rizika vzniku tlakové vlny spočívá zejména ve znalostech pevných konstrukcí. V dodržování postupů jakými jsou vstup do uzavřených prostor s očekáváním možnosti vzniku výbuchu způsobeného náhlým přístupem vzduchu k místu požáru. Volba směru, ve kterém budou nasazeny síly a prostředky. Nasazení pouze nezbytně nutného počtu hasičů do prostoru přímo ohroženého výbuchem. Vzájemné jištění zasahujících hasičů, informovanosti o situaci nebo průběhu události. Měření koncentrací plynů a par během provádění zásahu. Hašení nebo ochlazování z úkrytu a větší vzdálenosti. Vyloučení možných iniciačních zdrojů z místa možného výbuchu. Použití prostředků pro detekci přítomnosti výbušných koncentrací. Úkryt hasičů za pevné konstrukce, které jsou schopné odolat následkům výbuchu.

7 ANALÝZA RIZIKA HAŠENÍ POŽÁRŮ V UZAVŘENÝCH PROSTORECH POMOCÍ METODY MATICE RIZIK

Pomocí metody zhodnotím dopady jednotlivých rizik na zdraví a život hasičů. Krizovou matici navrhl Klaus Winterling. Matice je jednou z analytických technik užívaných při řízení rizik a v krizovém řízení. Matice umožňuje kategorizaci rizik podle dvou parametrů. První z nich zjišťuje, jaké budou dopady na společnost, pokud se riziko skutečně stane (Tab. 1). Druhá z nich určuje pravděpodobnost vzniku rizika. To znamená do jaké míry je pravděpodobné, že se riziko skutečně stane (Tab. 2). Matice definuje tři úrovně účinku. Vysoká rizika, střední rizika a nízká rizika. [18] Ve třetí tabulce (Tab. 3) se znázorňuje matice, ve které se porovnává stupeň důsledku a pravděpodobnosti. Ve čtvrté tabulce uvádíme míru daného rizika a návrh pro jeho ošetření (Tab. 4).

Tab. 1 Stupně ohrožení a důsledky

DŮSLEDKY	
I. katastrofický	smrt, vážná zranění, trvalé následky, zničení technických prostředků
II. kritický	středně těžká zranění, poškození technických prostředků
III. významný	lehká zranění, zanedbatelné poškození technických prostředků
IV. bezvýznamný	bez zranění, bez poškození technických prostředků

Tab. 2 Pravděpodobnost vzniku MU

PRAVDĚPODOBNOST	
A	1x ze 4 případů, vysoká pravděpodobnost, nepřetržité ohrožení
B	1x z 8 případů, střední pravděpodobnost, časté ohrožení
C	1x ze 12 případů, nízká pravděpodobnost, malé ohrožení
D	1x z 16 případů, nepravděpodobné, velmi malé ohrožení

Tab. 3 Výsledná matice pro posouzení rizik

Důsledky/Pravděpodobnost	A	B	C	D
I.	16	15	13	10
II.	14	12	9	6
III.	11	8	5	3
IV.	7	4	2	1

Opatření, která jsou dle mého názoru vhodná pro zmírnění rizik:

- **Vysoká rizika** lze efektivněji minimalizovat tím způsobem, že přímo do uzavřeného prostoru kde hoří, nebude nikdo nasazen. Proto je neúčinnější nasazení stabilního hasicího zařízení a CCS Cobra, kdy celý zásah probíhá z venku a do hořícího uzavřeného prostoru tak nemusí nikdo vstupovat.
- **Střední rizika** lze nejlépe minimalizovat pomocí využití speciálních druhů hašení jako je například 3D hašení. Tyto speciální způsoby hašení lze nacvičit během pravidelné odborné přípravy hasičů.
- **Nízká rizika** lze nejlépe ošetřit pravidelnou psychickou přípravou spojenou s výcvikem na zařízeních simulujících reálné podmínky požáru, kde mají hasiči možnost si vyzkoušet postupy, které uplatní v případě reálného zásahu. To vše však za relativně bezpečných podmínek a pod dohledem zkušených instruktorů.

Tab. 4 Míra rizika a návrh opatření

Ohrožení	Míra rizika	Opatření
Popálení	15	Stabilní hasicí zařízení, Cold cut system Cobra, 3D hašení, výcvik a školení, zařízení simulující reálné podmínky požáru
Opaření	14	Stabilní hasicí zařízení, Cold cut system Cobra, 3D hašení, výcvik a školení, zařízení simulující reálné podmínky požáru
Udušení	13	Výcvik a školení
Výbuch	9	3D hašení, metodika
Přehřátí	7	Výcvik a školení, 3D hašení
Psychické vyčerpání	1	Výcvik a školení, zařízení simulující reálné podmínky požáru

Z analýzy provedené pomocí matice rizik vyplývá, že ze zkoumaných rizik, kterým jsou hasiči vystaveni při hašení požárů v uzavřených prostorech, jsou vysoce riziková popálení a opaření. Středními riziky jsou udušení, výbuch a přehřátí. Mezi nízká rizika patří psychické vyčerpání.

8 NÁVRHY OPATŘENÍ PRO ZMÍRNĚNÍ RIZIK PŘI HAŠENÍ POŽÁRŮ V UZAVŘENÝCH PROSTORECH

Na základě provedené analýzy rizik hašení požárů v uzavřených prostorech navrhuji tyto opatření pro zmírnění rizik:

- **Stabilní hasicí zařízení**, je jako prvek velmi důležité pro snížení rizika pro zasahující hasiče. Pokud jsou tato zařízení vhodně umístěna, nemusí se zasahující hasiči vystavovat téměř žádným rizikům, protože o likvidaci požáru se tato zařízení postarají sama. Ve většině případů dokáží tato zařízení sama detekovat vznikající požár a ihned začít s jeho likvidací. Tím mohou výrazně snížit riziko nejen pro zasahující hasiče, ale i pro ostatní osoby pohybující se v blízkosti vznikajícího požáru. Svým rychlým zásahem dokáží také ve velké míře omezit škody, které by vznikly případným požárem. Ne ve všech prostorech je však možné tato hasicí zařízení umístit.
- **Vytvoření a doplňování metodiky** pro hašení požárů v uzavřených prostorech o nové poznatky a způsoby likvidace těchto požárů by velkou mírou přispělo ke snížení rizik pro zasahující hasiče. Nové stavební materiály a konstrukční prvky budov přináší stále nová rizika, kterým jsou a budou hasiči vystavováni. Na zdokonalování této metodiky je potřeba spolupracovat se všemi vyspělými státy světa. Výměna cenných zkušeností v oblasti likvidace požárů v uzavřených prostorech doslova zachraňuje lidské životy.
- Mimo jiné činnosti prochází hasiči každou směnu i několika hodinovým **školením a výcvikem**. Problematika hašení požárů v uzavřených prostorech však patří k tématům, která se školí převážně teoreticky. Praktický výcvik je v podmínkách běžné PS stěží realizovatelný a tak nezbyvá než cvičit tzv. nasucho (nebo spíše namokro). Vytvoření trenažérů pro výcvik hašení požárů v uzavřených prostorech by vedlo k oživení výcviku, který by vedl k získávání praktických zkušeností z problematiky hašení požárů v uzavřených prostorech.
- Jednou z novinek v oboru hašení požárů v uzavřených prostorech a především nástrojem pro prevenci vzniku jevů specifických pro požáry v uzavřených prostorech je hasicí zařízení **Cold Cut System Cobra**. Jedná se o velmi efektivní nástroj, který je schopen prorážet a řezat téměř všechny druhy materiálů. Technika řezání pomocí vodního paprsku tříští vodu a vytváří velmi jemnou vodní mlhu,

pomocí které ochlazuje prostor a hasí požár (Obr. 10). Díky tomuto systému hasiči nemusí vstupovat přímo do prostoru zasaženého požárem, ale doslova se k ohni proříznou skrz jakýkoli materiál. Zařízením je však vybaveno pouze několik JPO v republice a možnost jeho nasazení se teprve dostává do podvědomí hasičů. Vyšší informovanost a větší dostupnost tohoto zařízení v průběhu zásahu by přispěla ke zvýšení bezpečnosti pro hasiče zasahující u požáru v uzavřeném prostoru.



Obr. 10 Cold Cut System Cobra [21]

- **3D hašení** pomocí vodní mlhy, kdy je voda pomocí proudnice roztržena na malé kapky (Obr. 11). Každá z těchto kapek je schopna se po určitou dobu vznášet v prostoru a odebrat z něj určité množství tepla. Na rozdíl od hašení bez využití 3Dtechniky, kdy se voda odráží od přehřátých stěn a stropů, aniž by docházelo k efektivnímu odebírání tepla. Hašení pomocí 3D vodní mlhy slouží hlavně k odebrání tepla z prostoru, vytvoření komfortnějšího prostředí pro zasahující hasiče a k zabránění vzniku Flashoveru a Backdraftu. Vodní mlha je do prostoru aplikována pomocí krátkých vodních pulsů pomocí kombinované proudnice, které má nastavený úhle hašení kolem 60° a je namířena ke stropu pod úhlem asi 45° .



Obr. 11 Hašení 3D vodní mlhou [23]

- **Výcvik hasičů v trenažéru** simulující reálné podmínky požáru v tzv. flashover kontejneru, se stává běžnou součástí výcviku hasičů. Z místa svého vzniku ve Skandinávii se tento způsob odborné přípravy rozšířil do celého světa. Tyto trenažéry si rychle získaly velkou oblibu zejména pro svou schopnost vytvořit podmínky blízké skutečnému prostředí působení požáru, jednoduchou obsluhu, nízkou cenu a hlavně bezpečnost při vlastním výcviku. Jako palivo do těchto kontejnerů slouží buď dřevo, nebo propan, kterým je nasycen a poté zapálen daný prostor, což poměrně věrně simuluje prostorové vzplanutí. V současné době hasiči k výcviku využívají i soustavy kontejnerů (Obr. 12), pomocí kterých mohou simulovat například výstup do vyšších nebo naopak sestup do nižších podlaží objektů. Revoluční novinkou je takzvaný ohňový domek, v ČR se prozatím nachází pouze jediný exemplář. Tento ohňový dům je dispozičně srovnatelný s běžným rodinným domem. Vybaven je však speciálním zařízením, které umožňuje vytvářet podmínky podobné reálnému požáru. Ke snížení rizik vyplývajících z hašení požárů v uzavřených prostorech by přispěl intenzivnější výcvik hasičů v těchto zařízeních a zároveň vytváření nových trenažérů pro napodobování podmínek, které vznikají při likvidaci požárů v uzavřených prostorech.



Obr. 12 Soustava kontejnerů [23]

ZÁVĚR

Všechny postupy užívané JPO v ČR vycházejí ze znalostí dynamiky požárů v uzavřených prostorech a průběhu jevů Backdraft, Flashover a Rollover. Po celém světě bylo již provedeno mnoho pokusů a měření, které byly zaměřeny na problematiku hašení požárů v uzavřených prostorech. Výsledkem těchto pokusů a měření je vznik nových hasebních metod, které jsou postupně zařazovány do výcviku hasičů.

Jako efektivní opatření pro snížení rizik, kterým jsou hasiči vystaveni při požárech v uzavřených prostorech, se jeví zařízení, díky kterým není nutné nasazovat zasahující hasiče přímo do prostoru požářiště. Využíváním těchto zařízení dochází nejen ke snížení rizik pro zasahující hasiče, ale také k rychlejšímu zpozorování nebo uhašení požáru a tím ke snížení případných škod, které by tímto požárem vznikly.

Velmi efektivní pro snížení rizik, kterým jsou hasiči vystaveni při požárech v uzavřených prostorech je výcvik a školení. K těmto výcvikům jsou využívány zařízení, simulující reálné podmínky požáru v uzavřených prostorech. V těchto zařízeních je možné nasimulovat podmínky a jevy, které vznikají právě při požárech tohoto typu. Dále je možné nacvičovat hašení pomocí využití různých technik a prostředků požární ochrany, jako například 3D hašení.

Při výběru vhodné metodiky hašení požárů v uzavřených prostorech, která by mohla být využívána v celé ČR je hlavním aspektem využívání stavebních materiálů. V současné době je většina budov stavěna z nehořlavých materiálů, které svými vlastnostmi do velké míry ovlivňují vznik a šíření požáru.

Mým cílem bylo vytvořit práci, která by co nejvíce popsala problematiku hašení požárů v uzavřených prostorech a analyzovala možná rizika, kterým jsou zasahující hasiči při těchto požárech vystaveni. Cíl práce byl splněn, při psaní jsem využil nejnovějších informací a poznatků dostupných v literatuře, ale hlavně svých osobních zkušeností a zkušeností svých kolegů, kteří se této problematice aktivně věnují.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ADAMEC, V., FOLDINA, V., HANUŠKA, Z. *Taktika zdolávání požárů, nehod a havárií*. Praha: MV - Ředitelství HZS ČR, 1995.
- [2] BALOG, K. *Hasiace látky a jejich technologie*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2004. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-49-3.
- [3] BENGTSSON, Lars-Göran. *Enclosure fires*. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Services Agency, 2001. ISBN 9172532637.
- [4] *Bojový řád jednotek požární ochrany*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-026-5.
- [5] BLAHOŽ, V., KADLEC, Z. *Základy sdílení tepla*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996. Edice SPBI spektrum.
- [6] BRUMOVSKÁ, I. *Speciální chemie pro požární ochranu - učební texty*. Praha: MV - Ředitelství HZS ČR, 1992.
- [7] DĚMIDOV, P., G. *Hoření a vlastnosti hořlavých látek*. Praha: Svaz požární ochrany, 1966. Knihnice PO.
- [8] HORÁKOVÁ, H. *Strategický marketing*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2003. Expert (Grada). ISBN 80-247-0447-1.
- [9] JAKUBÍKOVÁ, D. *Strategický marketing*. Praha: Grada, 2008. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-2690-8.
- [10] *Konspiky odborné přípravy jednotek PO*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999. ISBN 8086111466.
- [11] KORECKÝ M. a TRKOVSKÝ V. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3221-3.
- [12] *Krizové zákony: krizový zákon, integrovaný záchranný systém, hospodářská opatření pro krizové stavy, obnova území; Hasičský záchranný sbor; Požární ochrana: zákony, nařízení vlády, vyhlášky: redakční uzávěrka*. Ostrava: Sagit, 2007-. ÚZ.

- [13] *MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY*[online]. 2016 [cit. 2016-11-06]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx>.
- [14] SMEJKAL, V. a RAIS K. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4644-9.
- [15] *Statistické ročenky ministerstva vnitra – generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky za roky 2005 – 2015*.
- [16] ŠEFČÍK, V. *Analýza rizik*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-696-8.
- [17] ŠENOVSKÝ, M. *Legislativa požární ochrany*. 3., aktualiz. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2002. ISBN 80-86634-98-1.
- [18] TICHÝ, MILÍK. *Ovládání rizika: analýza a management*. V Praze: C.H. Beck, 2006. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-7179-415-5.
- [19] *Velký sociologický slovník*. Praha: Karolinum, 1996. ISBN 80-7184-310-5.
- [20] *Vyhláška č. 246/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru*.
- [21] Požáry.cz [online]. Jihomoravský kraj, 2017 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z:<http://www.pozary.cz/clanek/15370-08-01-2002-pri-pozaru-v-brnenskem-kasinu-zemreli-dva-zasahujici-hasici-doslo-k-nahlemu-celkovemu-vzplanuti/>.
- [22] Požáry.cz [online]. Jihomoravský kraj, 2006 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z:<http://www.pozary.cz/clanek/4819-pozar-znicil-sklad-drogistickeho-zbozi/>.
- [23] Vlastní materiál pořízený během výcviku.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AZ	Automobilový žebřík.
CAS	Cisternová automobilová stříkačka
CCS COBRA	Cold cut system Cobra.
ČR	Česká republika.
DZP	Dokumentace zdolávání požáru.
HAZOP	Hazard and operability study.
HZS	Hasičský záchranný sbor.
JmK	Jihomoravský kraj.
JPO	Jednotka požární ochrany.
OC	Obchodní centrum.
OOP	Osobní ochranný prostředek.
PS	Požární stanice.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Neutrální rovina [3]	15
Obr. 2 Způsoby šíření tepla [5]	16
Obr. 3 Fáze požáru [10]	17
Obr. 4 Dokonalá výměna plynů [3]	21
Obr. 5 Průběh jevu backdraft [3]	21
Obr. 6 Křivka flashover [3]	22
Obr. 7 Rollover [3]	23
Obr. 8 Vývin kouře [21]	31
Obr. 9 Flashover kasino [21]	32
Obr. 10 Cold Cut System Cobra [21]	42
Obr. 11 Hašení 3D vodní mlhou [23]	42
Obr. 12 Soustava kontejnerů [23]	43

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Podíl požárů v uzavřených prostorech [15].....	29
Graf 2 Počty zraněných a usmrcených osob při požárech [15]	30
Graf 3 Škody při požárech [15]	30

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Stupně ohrožení a důsledky	38
Tab. 2 Pravděpodobnost vzniku MU	38
Tab. 3 Výsledná matice pro posouzení rizik.....	39
Tab. 4 Míra rizika a návrh opatření	40