

# Dokumentace k projektu do předmětu IMS

## Model hasičských stanic



Autoři: Jan Pavlica, Adam Piecek

Login: xpavli78, xpiece00

Datum: 6. 12. 2016

# 1 ÚVOD

Tato práce vznikla jako projekt do předmětu Modelování a simulace. Práce se zabývá simulací (viz [4], slajd 8) modelu (viz [4], slajd 7) Sítě hasičských stanic. Cílem je simulovat výskyt, šíření a hašení požárů s vyčíslením způsobených škod. Smyslem projektu je na základě těchto simulací zjistit optimální rozložení a počet stanic na specifikovaném území.

## 1.1 Řešitelé a zdroje informací

Autory projektu jsou Adam Piecek a Jan Pavlica. Velké poděkování patří panu Ing. Františku Pavlíkovi, veliteli družstva hasičského záchranného sboru v Novém Jičíně, který poskytl informace umožňující vytvoření modelu. Dalším zdrojem informací se staly výroční zprávy Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje za posledních 5 let, a to hlavně pro rok 2015[1]. Pro tvorbu projektu byly využito znalostí nabytých v předmětu Modelování a simulace.

## 1.2 Ověřování validity modelu

Validita (viz [4], slajd 37) modelu byla ověřována průběžně během tvorby projektu. Výstupy simulace byly srovnávány s daty získanými z výročních zpráv a informacemi získanými od pana Pavlíka. Výsledný model a jeho výstupy byly demonstrovány panu Pavlíkovi, který model označil za „odpovídající s ohledem na zjednodušení“.

# 2 ROZBOR TÉMATU A POUŽITÝCH METOD/TECHNOLOGIÍ

Pro modelování systému byla vybrán Moravskoslezský kraj. Se svou rozlohou 5 427 km<sup>2</sup> [2] zjistíme, že mapovaný prostor tvaru čtverce bude mít velikost strany 73 668 m. Na tomto prostoru je rozmístěno 20 hasičských stanic [3]. Jelikož některé stanice disponují větším počtem hasičských aut byl tento počet stanic navýšen o 25 % na 25 stanic.

V Moravskoslezském kraji bylo za poslední 3 roky v průměru 18976 (viz [1], str. 9). událostí ročně, z nichž 2109 bylo požárů (viz [1], str. 9). Z uvedených informací můžeme usoudit, že události budou generovány každých 28 minut a přibližně pouhých 11 % připadá na požáry. V systému je nutno počítat s ostatními zásahy, jelikož v té době není možné, aby jednotka zasahovala u požáru. Doba těchto výjezdů se dle pana Pavlíka pohybuje od 30 do 120 minut. Tyto výjezdy nejsou dále rozebírány.

Položka	Hodnota	Způsob zjištění
Počet událostí	18 976	Ročenka 2015
Počet požárů	2 109	Ročenka 2015
Počet stanic	25	Ročenka 2015 + dopočet

Tabulka 1: Číselné shrnutí základních faktů

Samotné požáry byly rozděleny do 3. skupin. Rozdělení do jednotlivých skupin je možné vidět na tabulce. Jejich rozdělení bylo prokonzultováno s panem Pavlíkem.

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Způsob zjištění
Průměrné škody [Kč]	9 000,-	90 000,-	6 500 000,-	Dopočítáno z ročenek
Doba hašení [hh:mm]	0:05 – 0:40	0:40 – 2:00	1:00 – 8:00	Ing. František Pavlík
Procento výskytu	70 %	29 %	1 %	Ing. František Pavlík
Podíl na celkových škodách	30 %		70 %	Dopočítáno z ročenek

Tabulka 2: Zjednodušené rozdělení požárů

Z údajů je možné si všimnout, že největší podíl na škodách mají na svědomí požáry Typu 3 a to i přesto, že představují pouhé 1 % ze všech požárů. Tímto dochází k jistému statistickému zkreslení pro jednotlivé roky, kdy může dojít k velkým požárům [6]. Proto je vhodnější sledovat chování systému v delším časovém období než 1 rok.

Každý požár se mění v čase a s jeho intenzitou a dobou trvání rostou škody. Jelikož je každý požár jedinečný a jeho šíření, hašení a množství napáchaných škod závisí na velkém množství proměnných [8] bylo třeba tento proces navrhnout pro námi zjednodušené případy.

Požár se vyskytuje s výchozí intenzitou, která se mění v závislosti na počtu přítomných hasičských jednotek. V případě, že oheň stihne vše zničit, předtím, než se jej podaří uhasit, dojde k samovolnému hašení požáru z důvodu, že požár se už nemá kam šířit. S příjezdem každé jednotky se rychlost zvětšování intenzity snižuje a pokud počet jednotek odpovídá požadovanému typu požárů, znamená to, že se požár podařilo dostat pod kontrolu a bylo zabráněno jeho šíření. S příjezdem každé jednotky se také zvyšuje síla hašení. Ve většině případu požárů je buďto v bezprostředním okolí zdroj vody nebo je oheň uhašen pouze pomocí vody v cisterně.

Pro zjištění je používána rychlost jízdy 50 km/h, která dle pana Pavlíka odpovídá hodnotě používané pro výpočet dojezdu vozidel pro plošné pokrytí.

## 2.1 Použité postupy pro vytváření modelu

Autoři použili jazyk C++, který umožňuje objektový návrh, který je vhodný pro řešení. V tomto jazyku je taktéž napsána knihovna SIMLIB [5], která byla také v projektu použita. Knihovna obsahuje vhodné třídy pro simulaci zadání a značně zjednodušuje implementaci.

## 2.2 Původ použitých metod a technologií

S ohledem na komplexnost a rozmanitost požárů bylo třeba vytvořit vhodnou funkci demonstrující šíření/hašení požáru a vyčíslení škod.

# 3 KONCEPCE

Cílem projektu je simulovat požáry a jejich hašení v ohraničeném prostoru. Tento prostor je dán 2D mapou tvaru čtverce. Vzdálenost mezi jednotlivými body je počítána euklidovskými. V rámci zjednodušení došlo k rozdělení požárů do 3. skupin. U každé skupiny byly poté experimentálně zjištěny výchozí hodnoty.

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Způsob zjištění
<b>Výchozí intenzita</b>	150 - 350	700 - 1400	8000 - 18000	Experimentálně
<b>Síla hašení při plném počtu</b>	20 - 60	50 - 100	400 - 700	Experimentálně
<b>Výchozí procento šíření</b>	2,5 %	5 %	7,5 %	Experimentálně

Tabulka 3: Zjištěné hodnoty pro šíření/hašení požáru

Rozdílné intenzity a síly hašení mají za úkol vytvořit různorodé požáry. Dochází tak k rozdílným dobám hašení a s nimi odpovídajícím škodám. Výpočet škod způsobených požárem probíhá tak, že každou minutu je přičtena ke škodám aktuální intenzita požáru.

## 3.1 Návrh konceptuálního modelu

Do systému vstupují události (viz [7], slajd 8) s exponenciálním rozložením (viz [4], slajd 91) každých 28 minut. O události je pak rozhodnuto, zda se jedná o „jinou událost“ nebo o požár. V případě „jiné události“

je zabrána nejbližší hasičská stanice, která je po 30 až 120 minutách zase uvolněna. V případě požáru jsou vygenerovány jeho souřadnice, jeho typ a s ním související výchozí intenzita.

Rozmístění stanic probíhá tak, že mapa rozdělena do oblastí podle nejvyšší možné celé odmocniny celkového počtu stanic. Do těchto oblastí je pak náhodně umístěna právě jedna stanice. Stanice, které jsou navíc, jsou pak rozmístěny náhodně po celé mapě.

Na základě vzdálenosti jsou vybrány a přiřazeny nejbližší stanice a spočítány doby příjezdů zohledňující čas strávený přípravou jednotky. Požár pak mění svou intenzitu každou minutu v závislosti na aktuálním počtu přítomných aut, síle hašení a faktoru šíření. Po příjezdu auta je po době 5 minut, což je „doba bojového rozvinutí“, snížena síla šíření a je zvýšena síla hašení. Tento proces je dán funkcí (Funkce 1), kde faktor odpovídá typu požáru a je postupně snižován s každým příchodem autem. S příjezdem odpovídajícího počtu aut klesne faktor na 0. Důsledkem je zastavení šíření požáru – požár je pod kontrolou.

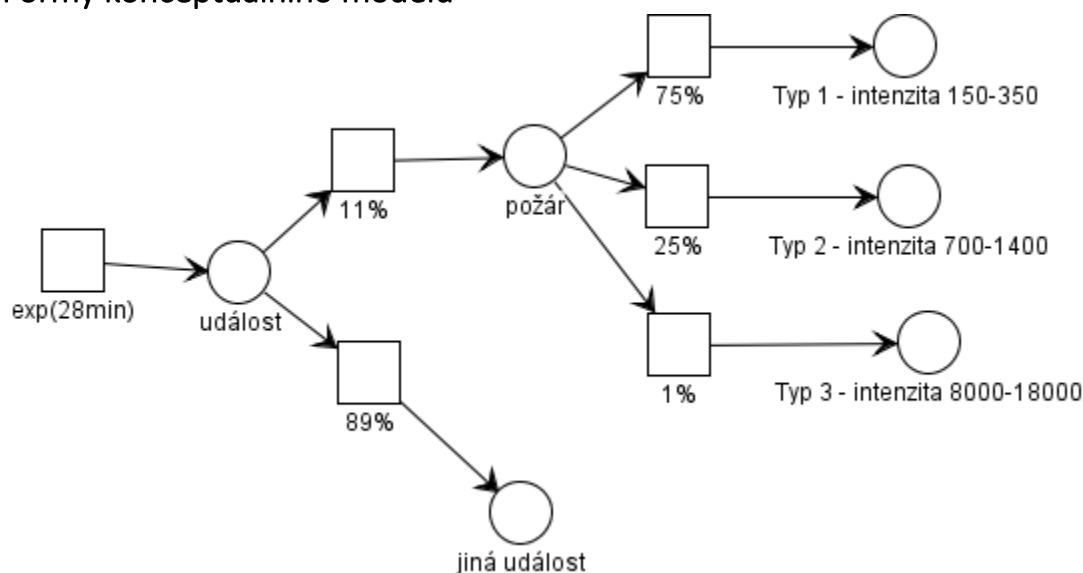
```
intenzita = (intenzita + (intenzita * ((double)faktor/40))) - sila_haseni;
```

Funkce 1: Výpočet aktuální intenzity

V případě, že intenzita klesne pod hodnotu 0, je požár uhašen. Jednotlivým autům je spočítána doba jízdy a k tomu přidáno 20 minut, ve kterých je zahrnuto sbalení techniky a příprava na další výjezd. Po uplynutí této doby jsou auta opět uvolněna a je možno je přivolat k další události.

Další případ, který může nastat je, že škody dosáhly svého maxima a v této situaci je nastaven záporný faktor a přestanou se sčítat škody, jelikož se oheň již nemá kam šířit, co ničit a dosáhl maximální intenzity, mimo hašení samovolně slábnout.

## 3.2 Formy konceptuálního modelu



Obrázek 1: Petriho síť pro generování událostí

## 4 ARCHITEKTURA SIMULAČNÍHO MODELU

V implementaci je použit generátor (viz [7], slajd 15) typu `Event`. Tímto generátorem jsou vytvářeny události, které jsou děleny na požáry a „jiné události“. Je aktivován v čase spuštění a poté dále za časový úsek daný exponenciálním rozložením se středem v rozmezí 27-29.

Seznam hasičských stanic je uložen ve vektoru. Jednotlivé stanice jsou modelovány jako typ `Facility` (viz [7], slajd 11). Tyto stanice jsou inicializovány a jsou jim vygenerovány souřadnice.

Jádrum programu je pak třída `pozar`, která je odvozena od třídy `Process` (viz [7], slajd 15). V této třídě je simulován průběh celého požáru.

## 5 EXPERIMENTY

V první fázi jsme se pokoušeli zjistit vhodné hodnoty pro nedostupné údaje a přiblížit proces hoření/hašení co nejvíce realitě. Následně probíhalo experimentování pro zjištění ideálního počtu stanic z čistě ekonomického hlediska bez ohledu na dobu dojezdu jednotek danou zákonem. V posledním experimentu pak šlo o zjišťování počtu stanic pro minimalizaci doby dojezdu při zachování optimálního ekonomického zatížení.

### 5.1 Postup experimentování

Při experimentování se mění pouze počet stanic, jelikož jejich rozmístění je generováno, tak aby stanice co nejvíce odpovídaly reálnému rozložení stanic v kraji. Tudíž aby rozestupy mezi jednotlivými stanicemi byly co nejmenší. Výsledky jsou pak vzájemně porovnávány a vyhodnocovány.

### 5.2 Jednotlivé experimenty

#### 5.2.1 Experiment 1

Tento experiment probíhá při výchozím nastavení systému a počtu stanic. Mapa je rozdělena do 25 sektorů a do každé z nich je umístěna 1 stanice. Zkoumané období je 5 let, aby došlo k zprůměrování výsledků. Cílem experimentu je ověření jeho funkčnosti a získání kontrolních hodnot pro další experimenty.

Položka	Počet
Počet požárů za období	11 468
Škody celkem za období	856 230 980,- Kč
Výdaje celkem za období	1 403 782 255,- Kč
Škody + výdaje za období	2 260 013 235,- Kč
Počet požárů roční průměr	2 293
Škody roční průměr	171 246 196,- Kč
Výdaje roční průměr	280 756 541,- Kč
Škody + výdaje roční průměr	452 002 647,- Kč
Procento prvních vozidel s dojezdem přes 20 minut	0,70 %

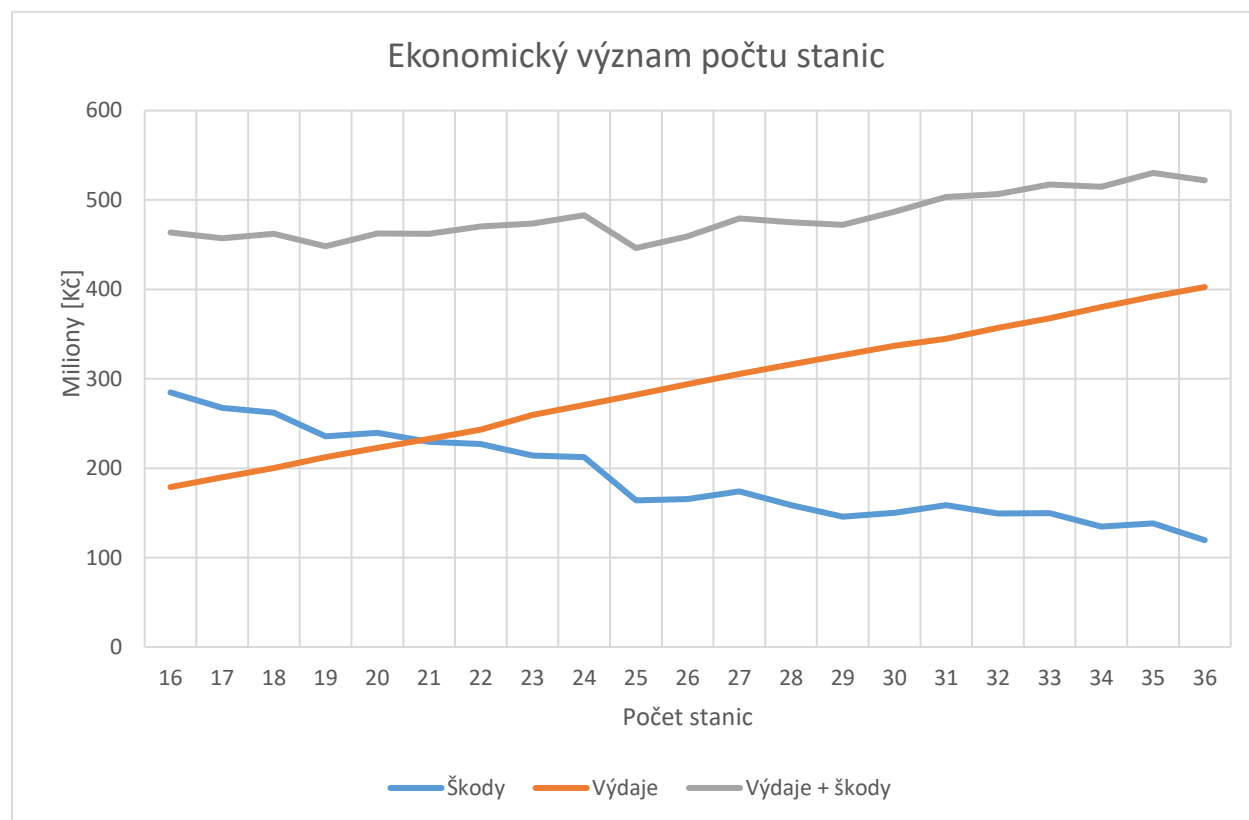
Tabulka 4: Zjištěné hodnoty

#### 5.2.2 Optimální počet stanic z ekonomického hlediska

V druhém experimentu bylo postupně simulováno 5leté období pro zvyšující se počet stanic. Celkově bylo provedeno 20 simulací, kde první obsahovala 16 stanic a poslední 36 stanic. Výsledek experimentu můžeme vidět v následujícím grafu.

Jak můžeme vidět výdaje a škody vychází v součtu přibližně stejně. Při zvyšování počtu stanic přes 30 vidíme, že náklady na provoz začínají přesahovat 500 milionů. Tento trend poté pokračuje. Lze usoudit, že je vhodnější nižší počet stanic.

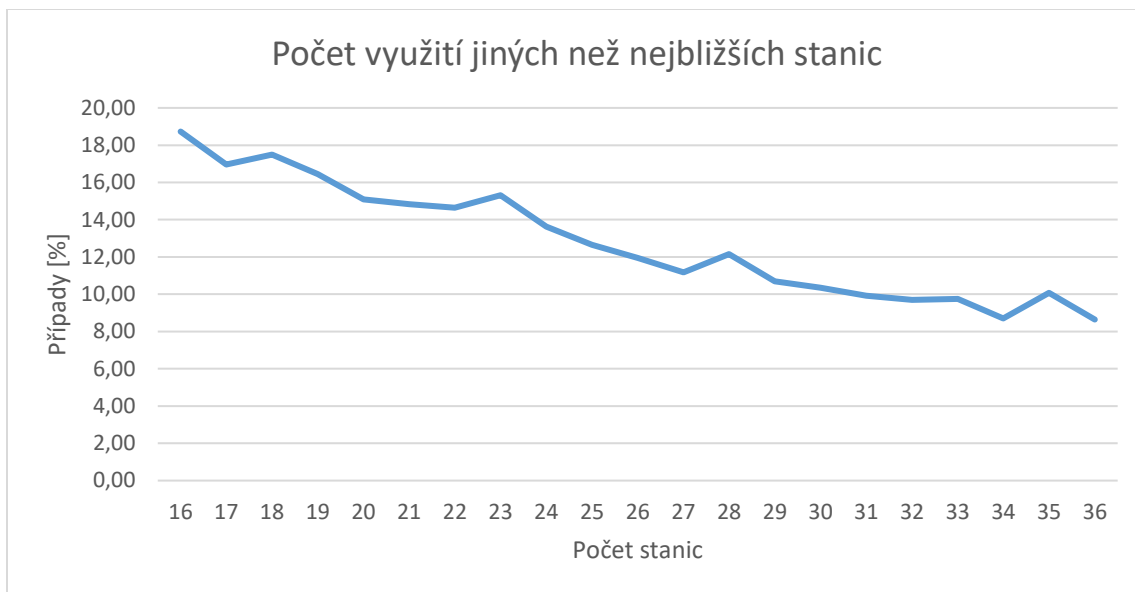
Nižším počtem stanic ovšem vznikají vyšší škody a klesá tím uchráněná hodnota. S tohoto důvodu má snižování static větší ekonomické dopady.



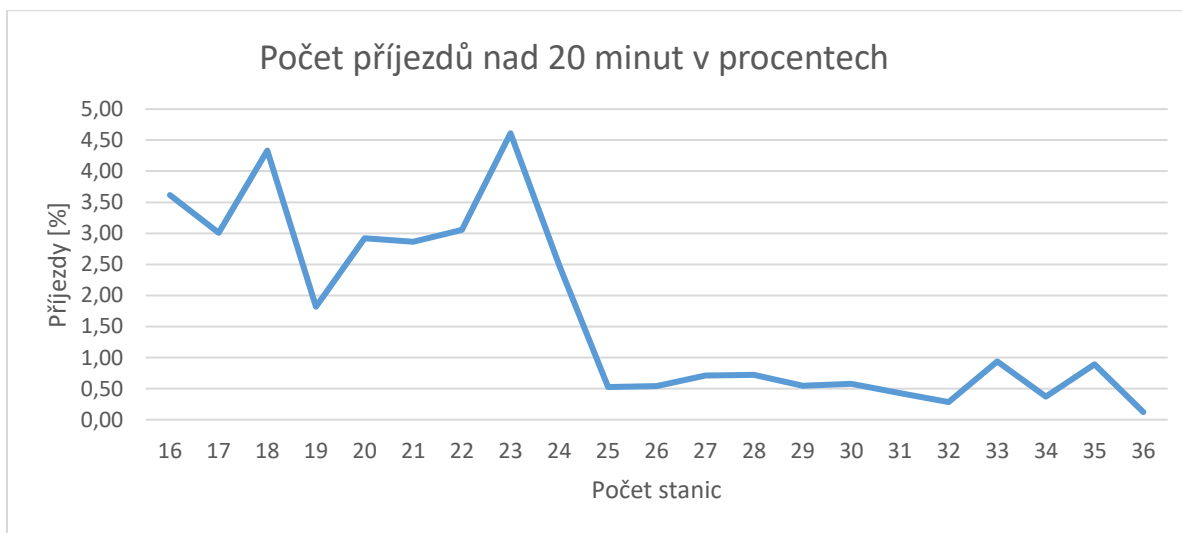
Graf 1: Srovnání škod a výdajů pro různé počty stanic

### 5.2.3 Využití jiných než nejbližších stanic a příjezdy přesahující 20 minut

Poslední experiment proběhl podobně jako předchozí, akorát jsou sledovány jiné hodnoty. V tomto experimentu se snažíme najít počet stanic, kdy se neobjevuje více než 1 % příjezdů s delší dobou příjezdu k požáru než 20 minut. V grafu 3 je možné vidět skokový pokles u počtu 25 stanic. Tento pokles je způsoben patrně optimálnějším rozložením stanic, kdy je vytvořeno 25 oblastí pro stanice namísto 16.



Graf 2: Procento využití jiné než nejbližší stanice



Graf 3: Počet příjezdů prvních aut nad 20 minut v procentech

### 5.3 Závěr experimentů

Z provedených experimentů vyplývá, že počet stanic v kraji je zcela optimální. Při snížení počtu stanic by docházelo ke snižování uchráněného majetku a docházelo by k častějšímu překročení 20minutového limitu na příjezd prvního vozidla. Toto snižování je nepřijatelné. Naopak zvyšování stanic by vedlo sice ke zlepšení dojezdových časů, zvýšení uchráněné hodnoty a nižšímu vytěžování jednotlivých stanic. Avšak pro citelné rozdíly by bylo třeba přidat větší množství stanic, což by vedlo k znatelnému ekonomickému znevýhodnění, a to v řádu desítek procent oproti aktuálnímu stavu.

## 6 SHRNUTÍ SIMULAČNÍCH EXPERIMENTŮ A ZÁVĚR

Autoři dospěli k závěru, že počet stanic v Moravskoslezském kraji odpovídá potřebám pro tento kraj. Při snižování počtu stanic by rozložení nepodléhalo plošnému pokrytí a při zvyšování počtu stanic by se stal provoz nevýhodný oproti aktuálnímu stavu.



## 7 REFERENCE

- [1] Výroční zpráva 2015 [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/soubor/rocenka-hzsmsk-2015-pdf.aspx>
- [2] Moravskoslezský kraj. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Moravskoslezsk%C3%BD\\_kraj](https://cs.wikipedia.org/wiki/Moravskoslezsk%C3%BD_kraj)
- [3] ORGANIZAČNÍ ČLENĚNÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.hzsmsk.cz/org/os.php>
- [4] PERINGER, Petr. *Modelování a simulace* [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [5] PERINGER, Petr. *SIMulation LIBrary* [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
- [6] KOZÁK, Jakub. *Sedmnáct jednotek hasičů likvidovalo požár haly v areálu ŽDB v Bohumíně* [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/141893-sedmnact-jednotek-hasicu-likvidovalo-pozar-haly-v-arealu-zdb-v-bohumine/>
- [7] HRUBÝ, Martin. *IMS Democvičení #2* [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/uploads/1/diskr2-2011.pdf>
- [8] PTÁČEK, Bohdan. Parametry požáru [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: [hmpb.wz.cz/dokumenty/Parametry%20poz.doc](http://hmpb.wz.cz/dokumenty/Parametry%20poz.doc)