



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Softwarové nástroje využitelné pro evakuaci objektů

Software Tools Useful for the Evacuation of Buildings

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.

Michal Kroužek

Kladno, květen 2017

Zadání – sem bude vložen originál

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Softwarové nástroje využitelné pro evakuaci objektů“ vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Zdeňka Hona Ph.D. V práci jsem použil informační zdroje uvedené v seznamu použité literatury a internetových stránek.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V dne

Podpis

Poděkování

Mé poděkování patří panu Mgr. Zdeňku Honovi Ph.D. za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci vytvořit. Dále bych chtěl poděkovat celému vedení skladu, a také Základní škole U Boroviček, kde mi umožnili provést evakuace potřebné pro vypracování této práce

Abstrakt

Obsahem diplomové práce je problematika využití softwarových nástrojů v oblasti krizového řízení. Práce je zaměřena především na softwarové nástroje, využitelné při evakuaci osob z budov.

V rámci teoretické části práce je popsán informační systém, jeho historie a vývoj. Dále jsou popsány požadavky na informační systém využívaný v krizovém řízení a současně rozebrány jednotlivé softwarové nástroje, které jsou využívány při krizovém řízení v České republice. V neposlední řadě práce obsahuje obecný popis krizového řízení a evakuace.

Praktická část je založena na provedení praktického nácviku evakuace ve dvou budovách a následné modelaci konkrétních evakuací v softwarovém nástroji Pathfinder. Na základě získaných hodnot ze softwarového nástroje jsou jednotlivé evakuace porovnány s praktickými nácviky, vyvozena pozitiva a negativa konkrétního počítačového programu, určeného pro simulaci evakuace.

Výsledkem práce jsou časové křivky, zobrazující průběh evakuačních scénářů, které jsou dále porovnávány s výsledky reálných evakuací. Dále jsou popsány zahraniční zkušenosti s využitím softwarového nástroje Pathfinder. Velkou roli ve všech případech evakuace hraje lidský faktor, který znatelně ovlivňuje její průběh.

V závěru je softwarový nástroj Pathfinder doporučen pro využití v krizovém řízení při modelaci evakuací budov a společenských akcí na otevřených prostranstvích. Ovšem je zapotřebí, aby při vytváření simulace asistovala osoba znalá problematiky při evakuacích nebo aby simulaci sama vytvářela.

Klíčová slova: informační systém, softwarový nástroj, evakuace, krizové řízení

Abstract

This thesis deals with the issue of using software tools in emergency management. The work focuses primarily on the software tools applicable during evacuation of persons from the buildings.

The theoretical part describes the information system, its history and development. Further, the requirements on the information system used for emergency management are described. The individual software tools, which are used for emergency management in the Czech Republic are then analysed. Finally yet importantly, it contains the general description of emergency management and evacuation.

The practical part is based on the training of evacuation of person from two buildings and the subsequent modelling of the specific evacuation in Pathfinder software. Based on the acquired data from this software, the individual evacuations are compared with the practical training and the advantages and disadvantages of the particular computer program for simulation of the evacuation are specified.

The result of the work is time lines showing the course of evacuation scenarios which are further compared with the results of real evacuation. The work also describes foreign experience with Pathfinder software tool. A major factor in all cases of evacuation is human factor significantly affecting its course.

The conclusion of the work recommends using the Pathfinder software tool in crisis management to model evacuation of buildings and social events in open spaces. However it is necessary that an experienced person in the field of evacuation assists within creation of simulation or creates the simulation.

Key words: information system, software tool, evacuation, emergency management

Obsah

1. Úvod	10
2. Současný stav	12
2.1. Informační systém.....	12
2.1.1. Informace a data.....	13
2.1.2. Struktura informačního systému.....	14
2.1.3. Historie informačních systémů	15
2.1.3. Funkce a požadavky na informační systém.....	17
2.2. Informační systémy krizového řízení.....	19
2.2.1. Charakteristika informačních systémů krizového řízení.....	19
2.2.2. Práce s informacemi v krizovém řízení	21
2.2.3. Funkce informačních systémů v jednotlivých etapách krize ..	23
2.2.4. Softwarové nástroje pro podporu krizového řízení	25
2.3. Evakuace.....	30
2.4. Krizové řízení.....	37
2.4.1. Přehled základní legislativy	38
2.4.2. Období krizového řízení	38
3. Cíl práce a hypotéza.....	42
4. Metodika	43
4.1. Modelování	43
4.2. Popis využitého softwarového nástroje	44
4.3. Postup modelování skladu	47
4.3.1. Vymodelování základů.....	47

4.3.2.	Přidání průchodů mezi místnostmi	48
4.3.3.	Přidání galerií a regálů.....	49
4.3.4.	Přidání kanceláří v prvním patře	52
4.3.5.	Přidání osob	52
4.4.	Popis skladu	53
4.4.1.	Analýza rizik	54
4.5.	Postup modelování základní školy	55
4.6.	Popis školy	56
4.6.1.	Analýza rizik.....	57
5.	Výsledky	58
5.1.	Výsledky první cvičné evakuace skladu.....	58
5.2.	Výsledky druhé cvičné evakuace skladu.....	61
5.3.	Výsledky třetí cvičné evakuace skladu	62
5.4.	Výsledky první simulované evakuace skladu	63
5.5.	Výsledky druhé simulované evakuace skladu	64
5.6.	Výsledky cvičné evakuace základní školy	65
5.7.	Výsledky simulované evakuace školy	66
5.8.	Porovnání všech výsledků	67
5.8.1.	Časy evakuací skladu se vzniklými omezeními	67
5.8.2.	Časy evakuací skladu – vše v pořádku	68
5.8.3.	Časy evakuací školy	69
6.	Diskuze.....	70
7.	Závěr.....	76
8.	Seznam použitých zdrojů.....	78

8.1. Seznam literatury	78
8.2. Seznam vyhlášek a zákonů	80
8.3. Seznam internetových zdrojů	80
9. Seznam použitých obrázků	83
10. Seznam použitých tabulek	84
11. Seznam příloh	85

1. Úvod

Krizové řízení a ochrana obyvatelstva jsou dynamické procesy, ve kterých lze využívat nejmodernějších nástrojů pro zlepšení pracovních činností pracovníků. S postupným vývojem moderních technologií se nabízí množství softwarových nástrojů, které lze v rámci krizového managementu využít. Je otázkou, zda všechny nabízené softwarové nástroje jsou vhodné pro specifika České republiky a hodí se pro využití v konkrétních případech.

Svoji diplomovou práci jsem si vybral na základě zkušeností ze střední školy, kde jsme v rámci výuky modelovali konkrétní objekty a dále s nimi pracovali. Na základě těchto zkušeností ze střední školy a nově nabytých zkušeností z vysoké školy, týkajících se krizového řízení, mě napadlo využít konkrétního softwarového nástroje k modelaci evakuace budovy a zjištění možností plošného využití.

System krizového řízení by se měl stále vyvíjet a implementovat vhodné nástroje k účinnějšímu plánování a realizaci krizových opatření. Softwarové nástroje tuto možnost skýtají, přesto, ne všechny jsou pro implementaci vhodné. U počítačového programu je nutné posoudit množství okolností, které mohou využívání softwaru značně ovlivnit. Mezi faktory, které je nutné zhodnotit, patří – personální přívětivost pracovního prostředí, dostupnost jazykové mutace, či schopnost modelace dle konkrétních požadavků.

O reálnosti využívání softwarových nástrojů v krizovém řízení vypovídají jednotlivé počítačové programy, které jsou hojně využívány například při stanovování zóny havarijního plánování, nebo při modelování šíření nebezpečných chemických látek. Tyto programy značně usnadňují plánovací i realizační činnost v krizovém řízení.

Cílem diplomové práce je výběr konkrétního softwarového nástroje využitelného při evakuaci konkrétní budovy a simulace samotné evakuace při různých vnějších podmínkách. Pro porovnání reálnosti dat získaných ze simulace v počítačovém programu je provedena skutečná evakuace konkrétní budovy a na základě komparace jsou zhodnoceny společné a rozdílné prvky jednotlivých evakuací. Na základě zjištěných dat jsou identifikována pozitiva a negativa softwarového nástroje, které poskytují podklad pro odpověď na otázku, zda tento počítačový program je vhodný k simulaci evakuace, či nikoliv.

Diplomová práce je využitelná jako podklad pro pracovníky krizového řízení při rozhodování, zda konkrétní softwarový nástroj je využitelný v této oblasti, tedy zda poskytuje validní výsledky.

V textu je používán výraz „informační systém“ v kontextu diplomové práce je výraz míněn jako softwarový nástroj.

2. Současný stav

V dnešní době jsou informační systémy součástí téměř každé organizace. Slouží především ke zjednodušení práce a uspokojování informačních potřeb uživatelů systému. Základním prvkem informačního systému jsou použité technologie, dnes nejčastěji počítač a jeho přídatné komponenty.

V současnosti se využívá celá řada informačních systémů, které můžeme rozdělit do kategorií podle různých hledisek, jako velikost, účel, obsah, počet a typy uživatelů, struktura, rozsah území, na kterém je používán, a podobně. Máme informační systémy na řízení, systémy na podporu rozhodování, pro vrcholové řízení, pro podporu výcviku a jiné.

2.1. Informační systém

Obecně lze systém charakterizovat jako množinu prvků a vazeb. Informační systém definujeme jako uspořádání vztahů mezi lidmi, informačními a datovými zdroji, procedurami jejich zpracování za účelem dosažení stanovených cílů [18].

Informační systém je složen z veškerého hardware (přístroje, kabely apod.), software (programy), uživatelů a vývojářů. Tyto prvky jsou organizovány tak, aby firmám, organizacím, subjektům krizového řízení apod., usnadnila plánování, řízení, koordinaci a rozhodování.

Jedná se všeobecně o každý systém, který je schopný zpracovávat nějaké informace a poskytovat je dále. Konkrétněji jde o souhrn procedur, činností lidí a technologií, mající za cíl sběr žádoucích údajů, jejich uchování, zpracování, a oznámení uživatelům, pro které budou potřebné [13].

2.1.1. Informace a data

Informace

Pojem informace má mnoho různých definic, záleží na vědním oboru, ve kterém se zrovna pohybujeme. S informacemi se pracuje například v oborech: komunikační média, management, počítačová věda, elektroinženýrství apod.

Stručně lze ale uvést, že informace jsou nějaké poznatky, které uspokojí informační potřebu svého příjemce. Informace může mít různé nositele: zvuk, obraz, text, čísla [12].

Data

„Data jsou obecně výroky popisující realitu. Kromě toho, že charakterizují určitý jev/objekt, má smysl zjišťovat, zda platí, či nikoliv. Za výroky lze považovat například: Počet osob v místnosti, jméno a příjmení pracovníka, datum narození, adresu bydliště, zákon, směrnici“ [5].

Pojem data má základy v latinském slově *datum*, což se dá přeložit jako něco daného. V počítačové vědě se ovšem berou jako text, zvuk, čísla, obraz, popř. jiné smyslové vjemy, ale v takové podobě, kterou může počítač rozpoznat a zpracovat.

Data mají významnou hodnotu, pokud jejich příjemce ví, jak s nimi naložit a jak je využít. V případě nesprávného použití, jsou data takřka bezcenná a příjemci nepřinesou požadovanou informaci, a tím pro něj nemají žádnou hodnotu [13].

2.1.2. Struktura informačního systému

Každý informační systém lze rozdělit na jednotlivé komponenty (součásti) [13].

Těmito součástmi jsou:

Hardware

Hardwarem je označováno všechno technické vybavení, které je v organizaci využíváno pro zpracování dat a informací.

Pro správné fungování informačního systému po technické stránce je technické vybavení klíčové, jelikož bez něj, by nemohl takřka žádný informační systém, fungovat. Ovšem, jaký hardware bude v organizaci použit, je velmi specifické. Záleží na oboru zaměření organizace. Rozdílné požadavky má malý kamenný obchod společně s internetovým obchodem, jiné zas výcvikové trenažery pro složky integrovaného záchranného systému a diametrálně odlišné požadavky mají vysoké školy (např. pro výpočty složitých rovnic) [4].

Software

Software neboli programové prostředky, je veškeré nehmotné vybavení informačních systémů – procedury, metody, algoritmy, programy, které je zapotřebí pro zpracování dat a informací.

Do softwaru se řadí veškeré programové vybavení, které organizace využívá. Mezi základní se řadí operační systémy (Apple OS, Windows, Linux apod.), dále programy, které zaměstnanci využívají ke každodenní činnosti, (grafické programy, kancelářské balíky, např. Microsoft Office, strojírenské programy atd.). Programy používané v organizacích mají specifické požadavky na technické vybavení, od tohoto se odvíjí také použitý hardware [4].

Organizační prostředky

Mezi organizační prostředky se řadí všechna nařízení a pravidla, které je zapotřebí dodržovat pro správné fungování, provozování a využívání informačních systémů, také postupy, nařízení a povinnosti zaměstnanců [4].

Lidská složka

Poukazuje na to, že lidský faktor (lidé) je nedílnou součástí informačních systémů. Počítačový systém je sice tvořen technickým a programovým vybavením, ale je určen pro využívání lidmi. Lidská složka je někdy považována za třetí složku výpočetní techniky, která může obsahovat programátory, podílející se na vývoji programového vybavení (software), inženýry, starající se o funkčnost technického vybavení (hardware) a samozřejmě jednotlivé uživatele

Do lidské složky informačního systému lze zařadit každého, kdo vyvíjí, konstruuje nebo využívá počítačové systémy [30].

Reálný stav

Obsahuje informační zdroje, legislativu a normy.

Pokud chce organizace co nejvíce funkční a efektivní informační systém, aby se nemusela bát nedostatečného výkonu, nebo častých chyb v systému, musí při vývoji informačního systému myslet na všechny výše uvedené součásti [4].

2.1.3. Historie informačních systémů

Počátky počítačové revoluce lze umístit do 40. let minulého století. V těchto letech byl úspěšně vyroben první funkční tranzistor. Následně

počátkem 50. let byl vyroben první komerčně dostupný počítač UNIVAC I. Služby, které tento počítač nabízel, byly velmi primitivní a využívali jej pouze nadšenci. O použití tohoto stroje k podpoře podnikání, nemůže být vůbec řeč [16].

Historie vývoje informačních systémů se dá rozdělit do tří etap:

Éra dávkového zpracování dat

Pro tuto etapu je typické využití tzv. mainframů, což byly velké, sálové počítače, které zpracovávaly zadané úlohy. Uživatel nemohl jakkoli významněji komunikovat přes informační systém, nebo jej nějak interaktivně využívat. Tento mainframe se nachází mimo podnik. Tato etapa spadá do konce 60. let, kdy počítače sloužily spíše k uchování a zpracování základních dat podniku [16].

Éra poskytování informací pro řídicí složky

Informační systémy v této době pracovaly ve formě nepřímého řízení, což znamenalo, že lidé v rozhodovací funkci dostávali, na základě informací, které jim poskytoval informační systém, lepší podmínky pro rozhodování a řízení [25].

Éra strategických informačních systémů

V této éře mají informační systémy již jinou podobu. Dokáží měnit styl podnikání a řízení podniku. Toto má za následek změnu a optimalizaci podnikových procesů. Informační systémy mají možnost vytvořit ve firmě podmínky pro lepší a efektivnější fungování podnikových procesů a lepší tok informací. Firmy dostávají možnost stát se lepšími před konkurencí [25].

2.1.3. Funkce a požadavky na informační systém

Subjekty využívající informační systémy jsou různé, pocházejí z odlišných oborů a prostředí, a proto i požadavky na funkce informačních systémů jsou odlišné. Požadavky na informační systém od malého obchodu budou diametrálně odlišné od informačního systému na podporu krizového řízení. Mimo funkce, které subjekt vyžaduje, by informační systém měl splňovat také některé základní požadavky.

Základní požadavky na informační systém

Spolehlivost

Informační systém musí být pokaždé, kdy jej uživatelé potřebují ke své práci, přístupný. Neměly by se u informačního systému často vyskytovat chyby, které by ztěžovaly nebo omezovaly výkon pracovních činností [1].

Pružně koncipovaný

Informační systém by měl být navržen tak, aby byl v průběhu užívání schopný přijímat změny, inovace, upgrade [1].

Efektivně provozovatelný

Informační systém by měl být uživatelsky co nejpřívětivější a přenos informací by měl uživatelům co nejvíce usnadnit a zrychlit. Zjednodušit vyřizování pracovních úkolů a podporovat rozhodovací a řídicí procesy na všech úrovních řízení [3].

Bezpečný a kvalitní

V informačních systémech se často vyskytují citlivá a důvěrná data, která uživatelé (firmy, subjekty krizového řízení apod.) potřebují ke každodennímu fungování. Proto je důležité, aby byl informační systém chráněn před útoky

z vnějšího prostředí (hackerské útoky). Nesmí se ovšem zapomínat také na možné útoky z vnitřního prostředí (zaměstnanci). Toto by mělo být ošetřeno rozdělením oprávnění, kdo může kam nahlížet, podle úrovní řízení [5].

Funkce informačního systému

Pro každý informační systém jsou nezbytné jeho funkce, které jsou založeny na práci s informacemi. Mezi základní úlohy systémů patří pořizování, sběr, přenos, zpracování, distribuce a ochrana dat [9].

Pořizování dat – je získávání dat pomocí snímání údajů dané skutečnosti, které probíhá například u sledování polohy pomocí lokátoru.

Sběr dat – data jsou sbírána s účelem pozdějšího využití. Systém data sbírá a rozhoduje, zda budou odeslána dál do dalších aplikací, nebo zda budou uložena do databází.

Přenos dat – zahrnuje šíření informací mezi vzdálenými místy. Může probíhat ve dvou režimech. V on-line režimu probíhá přenos dat za využití sítě, zatímco v off-line režimu jsou k přenosu dat využívána různá přenosová média – CD, DVD, USB Disky (nejčastější).

Zpracování – tato funkce je zpravidla prováděna programy v systému, které data třídí, filtrují nebo slučují se záměrem vytvořit konečný obraz.

Distribuce – funkcí distribuce je poskytování dat jednotlivým uživatelům informačního systému.

Prezentace – představuje vizualizaci dat uživatelům v pochopitelné formě. Forma může být grafická v podobě obrázku, psaná jako text, nebo zvuková v podobě nahrávky.

Ochrana – jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole (*Základní požadavky na informační systém*), je zapotřebí data v systému chránit, jelikož mohou obsahovat citlivé údaje. Toto lze zařídit pomocí nastavení oprávnění [9].

2.2. Informační systémy krizového řízení

Informačním systémem krizového řízení může být kterýkoli systém, schopný podpory poskytování a zpracování informací. Problematiku týkající se informačních systémů v krizovém řízení řeší zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů, který uvádí, že orgány krizového řízení využívají, při plánování krizových opatření a řízení při krizových situacích, informační systémy krizového řízení. Dále je v tomto zákoně uvedeno, že systém musí splňovat pravidla přenosu informací mezi nadřízeným a podřízeným stupněm a orgány krizového řízení, musí splňovat technické a programové požadavky pro práci ve ztížených podmínkách, a také musí bezpečně uchovávat informace s nejvyšším stupněm utajení ve zpracované dokumentaci [20].

Základním úkolem informačního systému krizového řízení je snadná orientace v jednotlivých procesech krizového řízení a poskytnutí rychlého a kvalitního rozhodnutí při řešení krizových situací [22].

2.2.1. Charakteristika informačních systémů krizového řízení

Informační a komunikační systémy krizového řízení můžeme, s přihlédnutím ke zvláštěm procesů vztahujících se k řešení krizových situací, popsat jako:

- *proces monitorování*, což znamená neustálé získávání informací z okolního prostředí, výrobních procesů, energetiky, veřejného života, sociálních procesů;
- *schopnost varovat a informovat obyvatelstvo* o možné hrozbě, vzniku krizové situace a jejím řešení (rozhlas, televize, teletext, internet, hlásná služba);
- *schopnost vyrozumět odpovědné pracovníky*, aby se dostavili na určené místo;
- *schopnost ukládat a udržovat informace* například o územích a o rizicích s ním spjatých;
- *system podpory rozhodovací činnosti potřebnými informacemi* (podpora postupů, zabezpečení záchranných a likvidačních prací, poskytování informací o krizi a její charakteristice atd.);
- *podporu vzdělávání a tréninkových programů* pro výuku, modelování, plánování a výzkum;
- *zdroj pro zdokonalení činností zasahujících prvků*, které jsou zainteresovány do krizového řízení [20].

Složitost informačního systému krizového řízení se zvětšuje s rozsahem jeho organizace, která zasahuje do několika resortů a zabezpečuje tok informací od ústředních orgánů státní správy, až po jednotlivé objekty. Informační systém krizového řízení lze posuzovat ze dvou pohledů.

V širším slova smyslu zahrnuje informační systém shromažďování informací, vytváření informačních databází, nebo zpracování informačních dokumentů, až po jejich využívání v procesu krizového řízení.

V užším slova smyslu informační systém začíná sběrem a aktivizací informací a informačních dokumentů, končí vykonáváním informačních potřeb,

např. odevzdáváním, nebo odesíláním informací, či informačních dokumentů. Je to tedy zprostředkovací funkce komunikačního systému [22].

2.2.2. Práce s informacemi v krizovém řízení

Význam informací v krizovém řízení vyplývá především z jejich nepostradatelnosti. Jsou nezbytné pro vykonávání všech manažerských funkcí. Práce s informacemi představuje z hlediska času i obsahu podstatnou část manažerských činností. Informace je možné vnímat jako vstupní předpoklad i součást výsledku činnosti krizového řízení.

Z hlediska obsahového i procedurálního je krizové řízení ve své podstatě, cílevědomě organizovaný pohyb informací, a to jak ve vertikálním směru (pohyb informací mezi řídicími a řízenými prvky a naopak), tak také ve směru horizontálním (mezi prvky ve stejné úrovni, např. mezi ministerstvy). Tyto pohyby jsou nedílnou součástí správného fungování celého krizového managementu jako systému [22].

Práce s daty v informačních systémech spočívá v získávání, shromažďování a následně vytváření databází a dokumentací pro řešení krizových situací. Pro práci s informacemi jsou charakteristické tři funkce.

Funkce vytváření dat

Zadávají se takové informace, které jsou nutné pro řešení krizových situací. Tímto dochází k zaplnění databází pouze potřebnými informacemi. Jako příklad je možné uvést informace o místě vzniku krizové situace, o množství skladovaných nebezpečných látek v objektech a následků při vzniku havárie, mapování dostupných sil a prostředků k provádění záchranných a likvidačních prací, nebo informace potřebné k provedení evakuace.

Funkce zprostředkování informací

Probíhá zasíláním informací prostřednictvím počítačových sítí. Vytváří se řád pro podávání hlášení, dochází k provozu systému varování a vyrozumění a poskytování informací médiím. Do této funkce jsou také začleněny fyzické a právnické osoby, které zasílají zprávy o své činnosti

Funkce použití informací

Tato funkce znamená podporu pro celkové řešení krizové situace. Napomáhá k provádění záchranných a likvidačních prací, vyhodnocování vzniku krizových situací pomocí hodnocení rizikových faktorů ve vybraných lokalitách [22].

Účinná a efektivní práce s informacemi v krizovém řízení musí respektovat tyto zásady:

- zpracování informací musí vycházet z analýzy informačních potřeb;
- krizový management musí mít k dispozici zásadně takové informace, které jsou zapotřebí k řešení plnění úkolů;
- informace je nutné zabezpečovat diferencovaně a agregovaně, podle stupňů řízení;
- informační základna na vrcholové úrovni by se měla více orientovat na komplexnější informace o průběhu a vývoji krizové situace, která je sledována průběžně;
- podíl informací poskytovaných v reálném čase je nezbytné zvyšovat;
- informace musí sloužit především pro podporu rozhodovacího procesu.

2.2.3. Funkce informačních systémů v jednotlivých etapách krize

Informační systém by měl disponovat různými funkcemi v závislosti na dobu, ve které je využíván. Jiné požadavky bude uživatel vyžadovat před započítím krize, kdy má být kladen důraz hlavně na vzdělání a výcvik, na získávání a uchovávání dat apod. Jiné požadavky jsou vyžadovány během probíhající krize, především se jedná o zjednodušování rozhodování a hledání nejlepšího řešení. V poslední řadě je funkce po krizové situaci zahrnující shrnutí krize.

Funkce před krizí

V době před krizovou situací by měl být systém využitelný pro vzdělání a výcvik, za využití již existujících záznamů předchozích mimořádných událostí, kde by se kladl důraz na odstraňování nedostatků během řešení události, aby se příště neopakovaly. Druhá možnost je nasimulování neexistující mimořádné události a zapojení jedné z taktické, operativní nebo strategické úrovně řízení, nebo všech zmíněných, aby se vyzkoušely schopnosti a dovednosti všech zúčastněných stran v uměle vytvořené situaci a mohly se odstranit případné nedostatky.

Manažeři se také snaží o to, aby byl informační systém plně funkční v co nejkratším časovém období, jelikož není nikdy jisté, jak dlouhé bude období před vypuknutím nějaké krizové situace. V první řadě by mělo být určeno, pro jaký druh krizové situace bude informační systém určen. Určit si, jaká data a ukazatele by měla být v systému uchovávána. Dále by měla být vyjasněna pravidla, jak se informace budou systémem šířit, jaké budou formáty dokumentů, a jak budou zpracovávány. K návrhu systému mohou být využity pomocné programy, jako například *Microsoft Visio* pro návrh fyzické

a topografické architektury. Pro návrh datové základny je možné využít produkt *Sybase Powerdesigner* nebo něco obdobného [22].

Manažeři si také musí určit, jaké budou využity komunikační prostředky. Zda budou usilovat o vytvoření své vlastní sítě, nebo budou využívat komerční sítě formou pronájmu. Satelitní komunikace se ve velké části případů pronajímá, zatímco mikrovlnné sítě je možné vybudovat z vlastních zdrojů [5].

Jakmile je systém plně funkční, měl by pomocí dostupných dat poskytnout krizovým manažerům testování scénáře průběhu krize. Na základě výstupů z testů se manažeři dozvídají informace o velikosti ohrožené oblasti a na jaká rizika se mají připravovat.

Důležitým prvkem informačních systémů krizového řízení jsou tříditelné seznamy. Seznamy obsahující např. osoby, které je možné využít u krizových situací, osoby vyžadující speciální asistenci (lidé tělesně nebo duševně postižení). Další seznam by mohl být seznam budov, které jsou strategicky významné (nemocnice, požární stanice, telefonní ústředny, letiště apod.), budovy krizového řízení, budovy s větším počtem osob (supermarkety, stadiony), budovy využitelné pro evakuaci osob, významné budovy pro zachování základních lidských potřeb (vodárny apod.) [3].

Funkce během krize

Pokud již nastane taková krizová situace, která má něco společného s konkrétním informačním systémem, měl by systém na základě zpřesňujících informací, snižovat počty možných scénářů vývoje krize, dokud nezůstane pouze jeden nejpravděpodobnější.

Během krize je zapotřebí včasné varování a průběžné informování občanů. Za tímto účelem je již využíváno mnoho způsobů informování (sirény, média, automobily s megafony a jiné.). Ovšem s postupným vývojem informačních

technologií se otevírají nové možnosti varování a informování. V budoucnu by mohly být využity sociální sítě za využití chytrých telefonů, nebo např. drony [22].

Funkce po krizi

Hlavní funkcí informačního systému po skončení krize by měla být funkce poskytnutí zprávy o průběhu krize, statistiky o úspěšnosti či neúspěšnosti řešení dílčích úkolů, a zda bylo vše včas vyřešeno. Dále by měl systém poskytnout přehled o způsobených škodách, ztrátách a oblasti zasažení.

Krizoví manažeři by po skončení krize měli upravit modely pro simulace události, aktualizovat scénáře řešení a poupravit veškeré nedostatky systému [22].

2.2.4. Softwarové nástroje pro podporu krizového řízení

Každá mimořádná událost a krizová situace je specifická a k přípravě na ní a na její zvládnutí jsou potřeba různé postupy řešení. Proto na našem trhu existuje poměrně široká škála softwarových produktů, které se potřebnou problematikou zabývají. Tyto softwarové nástroje lze rozdělit následovně:

- modelovací a výpočetní;
- monitorovací;
- analytické;
- evidenční, plánovací, řídicí a kombinované a
- speciální softwarové nástroje.

Simulace a modelování patří mezi nejdůležitější součásti krizového řízení, především v oblastech prevence a předpovědi nežádoucích účinků živelných katastrof, technologických havárií a předvídání šíření mimořádné události

(například výbuch, šíření povodňové vlny, havárie za přítomnosti biologické, radiační nebo chemické látky).

Vybrané softwarové nástroje používané v České republice

ALOHA – nástroj pro modelování úniku nebezpečných látek. Obsahuje databázi nejčastěji používaných nebezpečných látek a jejich parametry. Je volně šiřitelný, což se odráží na jeho vlastnostech. ALOHA neumí pracovat s nerovnostmi terénu, překážkami ve směru šíření, nebo s rozdílnou rychlostí větru v různých výškách [21].

ROZEX alarm – nástroj, který umožňuje efektivně modelovat úniky nebezpečných chemických látek, vytvářet prognózy havarijních projevů, generovat potřebné informace pro zasahující složky IZS. Využívá se k přípravě modelových řešení možných úniků nebezpečných látek i přímo jako podpora zasahujících jednotek. Obsahuje databázi cca 8.000 látek, obsahujících fyzikálně-chemické vlastnosti, požárně a bezpečnostně-technické charakteristiky, údaje o toxicitě, postupy při hašení a zdravotním ošetření. ROZEX, stejně jako výše zmíněná ALOHA, nedokáže pracovat s reliéfem terénu nebo s povětrnostními podmínkami.

TEREX – TerEx slouží pro rychlou prognózu dopadů následků způsobených nebezpečnými látkami, nebo výbušnými systémy. Jedná se o počítačový program, který s návazností na grafický informační systém dokáže zobrazit výsledky v mapách. Je využitelný velitelem zásahu na místě, nebo operačním důstojníkem na operačním středisku [32].

VLNA – program slouží k výpočtu průlomových vln vzniklých v důsledku zvláštní povodně. Po provedení vizualizace lze orientačně odhadnout velikost zasaženého území a provést základní analýzy jako:

- stanovení rozsahu zaplaveného území;

- určení pravděpodobně zasažených obcí;
- odhad výšky vlny v postižených obcích;
- odhad počtu obyvatel, které bude potřeba evakuovat;
- odhad plochy zemědělské půdy, která bude zasažena;
- odhad průjezdnosti komunikací v zasažené zóně.

ARGIS – systém je vytvářen, rozvíjen a provozován pro zabezpečení informační podpory plánovacích a rozhodovacích procesů orgánů krizového řízení v oblasti zajišťování věcných zdrojů pro řešení krizových situací.

KISKAN – hlavní nástroj v oblasti tvorby státních hmotných rezerv a jejich použití. Používá se k evidenci státních hmotných rezerv u jednotlivých ochraňovatelů rezerv, data jsou využívána pro podporu řešení krizových situací.

KRIZDATA – nástroj pro případ ztráty internetového spojení. Uživatel má veškeré potřebné informace o nezbytných dodávkách a jejich dodavatelích ve svém počítači. Jediné, co je potřeba je, hlídat pravidelné aktualizování dat v počítači.

ARGIS, KISKAN a KRIZDATA jsou informační systémy provozované Správou státních hmotných rezerv České republiky [24].

XVR produkt – XVR je počítačový program, který slouží ke vzdělání a výcviku příslušníků a zaměstnanců bezpečnostních a záchranných sborů. V tomto programu, lze ve virtuální realitě, provádět simulace řízení zásahu složek IZS při různých druzích mimořádných událostí, např. dopravní nehoda, požár, nehoda s únikem nebezpečných látek, živelná pohroma aj. V XVR programu lze provádět řízení zásahu, jak na taktické, tak na operační i strategické úrovni [37].

Vybrané softwarové nástroje používané v zahraničí

HPAC – modelovací nástroj pro podporu řešení v oblasti jaderné a chemické, biologického ohrožení a silných explozí. Silnou stránkou tohoto programu je rychlý přístup k aktuálním meteorologickým podmínkám přes MDS (Meteorological Data Servers), nebo může využít historická data o počasí, která má uložena v paměti, pokud je MDS nedostupné [28].

PYROSIM – PyroSIM je grafické uživatelské rozhraní pro Fire Dynamic Simulator (FDS). Slouží k modelování krizových situací týkající se požáru. Do softwarového programu se, například v programu AutoCAD, vymodeluje požadovaná budova (stadion, obchodní centrum, divadlo, kino atd.), naimportuje se do programu PyroSIM, zadají se vstupní data a spustí se simulace, ve které je následně vidět průběh požáru.

Novým prvkem v FDS je integrace tzv. HVAC systémů (Heating, Ventilation and Air Conditioning). Systém HVAC dokáže znázornit kontaminaci a teplotu skrze budovu. HVAC systémy jsou definovány pomocí potrubí, ventilátorů, výměníků tepla apod. To vše lze v systému PyroSIM upravovat a vizualizovat [31].

Zahraníční softwarové nástroje pro simulaci evakuace

PATHFINDER – Pathfinder slouží k virtuálnímu zobrazení evakuace z uzavřených prostor, nejčastěji s výskytem velkého počtu osob (divadla, kina, stadiony, obchodní centra apod.). Kombinuje výkonný simulační nástroj s flexibilní kontrolou nad obyvatelstvem a jeho chováním k dosažení lepších výsledků. Opět jako u softwarového nástroje PyroSIM, je zapotřebí vytvoření modelu budovy.

Pathfinder nabízí dva módy simulací. V tzv. Steering módu směřují evakuovaní lidé přímo k cíli, vyhýbají se veškerým překážkám a lidem,

průchodnost dveřmi není nějak specifikována, ale neignorují se hranice mezi lidmi (nelze projít skrze jiného člověka). V druhém módu, SFPE módu, se lidské chování řídí pravidly a pokyny SFPE, do průběhu evakuace se také promítá rychlost lidí v různých částech budovy a zahrnuje také limity průchodnosti dveří. Nevýhodou je ignorování hranic lidí, tudíž mohou procházet skrz sebe [29].

FDS+Evac – Fire Dynamics Simulator with Evacuation je software vyvinutý ve Finsku. Umožňuje přidat do modelu požár, čímž je možné evakuovaným ztížit nalezení nejvhodnější únikové cesty. Modelování je možné pouze v osách X a Y, tedy jen jednotlivá podlaží [26].

GRID-FLOW – graficky jednoduchý program, který umožňuje uživateli jednoduše specifikovat konstrukci budovy a scénáře evakuovaných budov. Výsledky jsou exportovány do Excelu [23].

STEPS – je simulační nástroj pro simulaci pohybu osob za normálních podmínek i za krizových situací. Byl vyvinut britskou společností Mott MacDonald. Patří k nejrozšířenějším po světě. Využit byl pro simulaci evakuace terminálu č. 5 letiště Heathrow, stadionu New Yankee ve Spojených státech Amerických, Indického letiště Delhi a mnoho dalších [35].

Existují další evakuační nástroje, např. BuildingEXODUS, Simulex apod. Všechny založené na stejném principu evakuace a hledání nejvhodnější únikové cesty. Liší se pouze v některých funkcích. Porovnání všech výše zmíněných softwarových nástrojů určených pro evakuaci naleznete v následující tabulce (Tabulka 1) [33].

Tabulka 1 - Porovnání softwarových programů pro simulaci evakuace [33].

Název SW	Blokování východů	Oheň	Toxicita	Tvoření skupin	Čekání	Výtahy
FDS+Evac	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano
GridFlow	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne
STEPS	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
BuildingEXODUS	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Pathfinder	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano
Simulex	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne

2.3. Evakuace

Ochrana obyvatelstva

Ochrana obyvatelstva je jedním z prvků bezpečnostního systému státu. Dle Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030 se jedná o plnění úkolů v oblasti plánování, organizování a výkonu činností za účelem předcházení vzniku, zajištění připravenosti na mimořádné události a krizové situace a jejich řešení; ochranou obyvatelstva je dále plnění úkolů civilní obrany (dle Ženevské úmluvy z 12. srpna 1949).

Základními konstrukčními prvky ochrany obyvatelstva je varování a informování, evakuace, ukrytí, improvizovaná ochrana, dekontaminace a nouzové přežití, humanitární a dobrovolnická pomoc [11].

Diplomová práce pojednává o softwarových nástrojích využitelných k modelaci evakuace, tudíž na následujících stránkách je více rozvedena.

Evakuace

Evakuace se, dle vyhlášky č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva, zabezpečuje přemístění osob, zvířat, předmětů kulturní hodnoty, technického zařízení, případně strojů a materiálu k zachování nutné výroby a nebezpečných látek z míst ohrožených mimořádnou událostí.

Legislativní zakotvení:

- zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů;
- zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů;
- zákon č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky, ve znění pozdějších předpisů;
- zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů;
- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů;
- zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií);
- zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon;
- vyhláška č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva;
- vyhláška č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému, ve znění pozdějších předpisů;

- vyhláška č. 246/2001 Sb., stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru, ve znění pozdějších předpisů;
- vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje;
- vyhláška č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury.

Evakuace je jedním z nejúčinnějších nástrojů ochrany obyvatelstva k zamezení ztrátám na životech a k zamezení újme na lidském zdraví. K evakuaci obyvatelstva se přistupuje v případech, kdy požadovaného výsledku není možné docílit jinými činnostmi.

Evakuace je zajišťována obecním úřadem nebo krajským úřadem, pokud se jedná o plošnou evakuaci. V případě objektové evakuace je zodpovědnou osobou majitel, nebo provozovatel budovy. Při záchranných a likvidačních pracích evakuaci koordinuje a organizuje Hasičský záchranný sbor České republiky. Pokud je vyhlášen krizový stav, tak evakuaci vyhláší za stavu nebezpečí hejtman, za nouzového stavu je oprávněna k této činnosti vláda.

Evakuaci můžeme dělit dle různých kritérií a pohledů. Základním dělením je evakuace **objektová**, kdy dochází k opuštění jednoho nebo malého počtu objektů, případně ohrožené osoby zůstávají v neohrožené části budovy. Ke zmíněnému typu evakuace dochází nejčastěji v případě požárů nebo úniků nebezpečných látek. Druhým typem evakuace je **plošná**, která je vyhlášena na základě ohrožení částí, nebo celého urbanistického celku, případně velkého prostoru.

Z hlediska trvání evakuace ji dělíme na dva typy. Prvním typem je evakuace **krátkodobá**, kdy ohrožení není dlouhodobé a nevyžaduje opuštění prostoru na delší dobu. Při tomto druhu evakuace se nezabezpečují následné činnosti, které je při nutné při dlouhodobé evakuaci zajistit.

Druhým typem je **dlouhodobá** evakuace, kdy ohrožení vyžaduje opuštění prostoru na delší dobu. Jak bylo zmíněno výše, zde je nutné zabezpečovat pro obyvatele náhradní stravování, ubytování a další potřebné služby. Nejčastějším typem dlouhodobé evakuace v podmínkách České republiky jsou povodně.

Dle způsobu provedení evakuace ji dělíme na **řízenou** a **samovolnou**. Samovolná evakuace nastává vždy po jejím vyhlášení. Množství osob se evakuuje za pomoci svých dopravních prostředků do náhradního ubytování, které si zajistí sami, nejčastěji u rodinných příslušníků, nebo přátel. Přestože samovolná evakuace probíhá spontánně, je nutné ji v co nejvyšší míře řídit.

Řízená evakuace podléhá orgánům zodpovědným za provedení evakuace. Je realizována zajištěnými dopravními prostředky do náhradního nebo nouzového ubytování.

Další dělení evakuace odpovídá skupinám, které jsou evakuovány. **Všeobecné** evakuaci podléhají všichni občané, kteří se nacházejí v ohroženém území, kromě těch, kteří se na evakuaci podílí. Druhým typem je evakuace **částečná**, kdy dochází k evakuaci jen určitých skupin obyvatelstva (dětí, zdravotně postižených apod.).

Přednostně se evakuace plánuje pro tyto skupiny obyvatelstva – děti do patnácti let, pacienty ve zdravotnických zařízeních, pacienty v sociálních zařízeních, osoby zdravotně postižené a pro doprovod zmíněných skupin [19].

Posledním dělením evakuace je buď **přímá**, nebo s **ukrytím**. K přímé evakuaci dochází v případě, kdy nehrozí nebezpečí pro evakuované. Evakuace s ukrytím se realizuje zejména v případech ohrožení nebezpečnou látkou, kdy ukrytí poskytne prvotní snížení nebezpečí, až následně je provedena evakuace.

Základním dokumentem pro plánování evakuace je **plán evakuace obyvatelstva**, který je součástí havarijního plánu kraje, jako jeden z plánů konkrétních činností. Plán evakuace obyvatelstva v rámci havarijního plánování je určen především pro plošnou evakuaci většího urbanistického celku. Plán evakuace obsahuje zásady pro provádění evakuace, rozsah evakuačních opatření, zabezpečení evakuace, vyjmenovává orgány pro řízení evakuace, jakým způsobem jsou vyrozumívány, posledním prvkem je rozdělení odpovědnosti za provedení evakuace.

Mimo plánu evakuace v rámci havarijního plánu kraje existují ještě evakuační plány ve vnějších havarijních plánech, které se zpracovávají po případ závažné havárie.

Evakuace se plánuje pro mimořádné události, které vyžadují vyhlášení třetího, nebo zvláštního stupně poplachu (havarijní plánování). Dále pro zóny havarijního plánování pracovišť s velmi významnými zdroji ionizujícího záření a jaderná zařízení. Ze zón havarijního plánování objektů s nebezpečnými chemickými látkami a pro hrozbu ozbrojeného konfliktu.

Pro stav ohrožení státu a válečný stav se evakuace plánuje z území, které je vyčleněné pro potřeby operační přípravy, předpokládané bojové činnosti a z dalších prostor v zájmu ozbrojených sil. Tato evakuace se vyhláší na základě rozhodnutí vojenských, případně civilních orgánů. Evakuace se vztahuje na všechny osoby, kromě příslušníků ozbrojených sil a osob plnících úkoly civilní obrany. Dále se nevztahuje na osoby střežící evakuované prostory nebo provádějící jinou neodkladnou činnost.

V rámci evakuačního plánování musí být stanoveny prostory evakuace a jejich pořadí, evakuační trasy, potřeba dopravních prostředků, propustnost tras, zabezpečení činnosti evakuačních středisek a přijímacích středisek, stanovení a označení míst shromáždění, příprava dokumentace – evidenční listy, grafikonky apod. Dále je nutné zajistit pořádkové zabezpečení evakuace, dopravní zabezpečení, zdravotnické zabezpečení, včetně psychosociální pomoci. Důležitým prvkem v rámci evakuace je mediální zabezpečení a zajištění nouzového přežití obyvatelstva.

Evakuace je zajištěna za pomoci orgánů pro řízení evakuace, kterými jsou pracovní skupina krizového štábu, evakuační a přijímací středisko. Každá z těchto orgánů má na starosti zajištění činností vedoucích ke zvládnutí evakuace.

Pracovní skupina krizového štábu především řídí průběh evakuace, koordinuje převoz osob, zajišťuje dopravní prostředky, spolupracuje s dalšími orgány, zajišťuje nouzové přežití pro obyvatelstvo apod.

Činnost evakuačního a přijímacího střediska je podobná, obě střediska musí vést evidenci osob, které střediskem prošly, musí vytvořit a označit místa pro podávání informací, poskytovat zdravotnickou pomoc, podávat informace o průběhu evakuace atd.

Postup v případě plošné evakuace. Před vyhlášením evakuace je nutné stanovit prostor, ze kterého se budou obyvatelé evakuovat, následně evakuační trasy, uzávěry, konkrétní shromaždiště, evakuační a přijímací středisko a nouzové ubytování. Evakuace je vyhlášena příslušným orgánem, osoby v evakuační zóně se dostaví na shromaždiště, odkud je zajištěna přeprava do evakuačního střediska, kde jsou zaevidovány, dále jsou převezeny do příjmového území, konkrétně do přijímacího střediska, kde jsou také evidováni a dále rozděleni do míst nouzového ubytování. Evakuační středisko,

přijímací středisko a nouzové ubytování jsou často jedním objektem, ve kterém lze obyvatelům zajistit stravování, nocleh a je zde hygienické zařízení. Celý průběh evakuace je řízen a koordinován pracovní skupinou krizového štábu [10, 11, 19].

Vzhledem k tomu, že je diplomová práce zaměřena na evakuaci osob z objektů, tak na následujících řádcích jsou popsány informace k objektové evakuaci.

Objektovou evakuací je myšleno co nejrychlejší opuštění objektu, který je ohrožen (požárem, únikem nebezpečné látky, bombou nebo jiným nebezpečím). Způsob a pravidla evakuace objektu jsou stanoveny v požárním evakuačním plánu budovy, kde je zobrazen náčrt budovy s vyznačenými únikovými cestami. Požární evakuační plán je zpracováván pro objekty, kde se nachází větší množství osob, jsou zde složitější podmínky pro zásah jednotek požární ochrany, nebo je zde stanoveno vysoké požární nebezpečí.

Objektovou evakuaci může zahájit majitel nebo provozovatel objektu, pokud tak neučinil, vyhláší ji velitel zásahu. V případě objektové evakuace dochází i k samovolné evakuaci bez oficiálního vyhlášení pokynu. Osoby, jak samovolně se evakuující, tak řízené pokyny, je nutné co nejrychleji přemístit na volné prostranství, kde nehrozí nebezpečí, nebo najít chráněný prostor, který je mimo dosah účinků ohrožení.

V případě objektové evakuace může docházet k určitým komplikacím, které při vytváření požárního evakuačního plánu, nebo při modelaci, je nutné zohlednit. Některé osoby mají snahu se vracet do ohroženého objektu, kvůli členovi rodiny, domácím mazlíčkům, nebo pro nostalgické věci. Dále se v objektu mohou nacházet osoby s omezenou schopností pohybu, kterým je nutno zajistit asistenci. Mezi další komplikaci je nutné zmínit zvláštní chování specifických skupin, jako jsou děti, mentálně postižení apod. Další

komplikací může být nedostatečný počet únikových východů, nebo jejich neprůchodnost. K uměle vytvořené neprůchodnosti únikových východů dochází poměrně často, především v objektech provozovaných, jako sklady, nebo prodejní plochy. Při průchodu únikovými cestami může dojít k jeho ucpání množstvím osob [2].

Požární evakuační plán je jednou z dokumentací požární ochrany a upravuje postup při evakuaci osob, zvířat a materiálu z objektů zasažených nebo ohrožených požárem. Jeho obsahem je určení odpovědné osoby za organizaci evakuace a místo odkud bude evakuace řízena. Dále jsou zde určeny únikové cesty, místa, kde se budou osoby nebo zvířata shromažďovat, místa, kam se umístí evakuovaný materiál. Je zde jmenována osoba, která provede kontrolu počtu evakuovaných osob. Mimo jiné jsou zde stanoveny prostředky a osoby, díky nimž je evakuace prováděna. Důležitou součástí požárního evakuačního plánu je grafické znázornění směru únikových cest po jednotlivých podlažích, které je umístěno na viditelných a trvale přístupných místech objektu.

Správnost požárního evakuačního plánu se ověřuje vyhlášením cvičného poplachu, což by mohlo být provedeno i za pomoci softwarového nástroje [18].

2.4. Krizové řízení

Vzhledem k tomu, že v této práci je řešena problematika informačních systému využívaných v krizovém řízení, je také důležité si pojem *krizové řízení* vymezit a s tím také jeho podstatu. Vysvětlit fáze krizového řízení, co obsahují, aby byl informační systém vyvíjen v souladu s potřebami jednotlivých fází a byl uživatelsky přívětivý a správně využitelný pracovníky krizového řízení.

Krizové řízení je ucelený soubor řídicích postupů a činností, přístupů, názorů, zkušeností, opatření a metod, zaměřených na analýzu a vyhodnocování

bezpečnostních rizik, jejich plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností, které jsou orgány krizového řízení využívány ke zvládnutí specifických stavů. Krizové řízení je neoddelitelnou součástí řízení státu, organizací či jiných institucí. Cílem krizového řízení je:

- předcházet vznikům krizových situací;
- zajistit přípravu na zvládnutí krizových situací;
- zvládnout krizové situace v rámci vlastní působnosti;
- zajistit obnovu a další rozvoj po krizové situaci [14].

2.4.1. Přehled základní legislativy

Postavení a činnosti subjektů státní správy a územní samosprávy v otázkách bezpečnosti a řešení krizových situací upravují Ústava České republiky, ústavní zákony, zákony a prováděcí (podzákoné) předpisy. Na jejich základě jsou tyto orgány zmocněny k užití mimořádných opatření pro řešení krizové situace.

Ústavní pořádek tvoří Ústava České republiky, Listina základních práv a svobod a další ústavní zákony (Ústavní zákon o bezpečnosti) vytvářejí základní právní rámec pro vytváření bezpečnostního systému státu a tvoří základ, na který navazují právní předpisy týkající se bezpečnosti a krizového řízení. Takovým zákonem je např. zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve kterém se mj. řeší otázky omezení určitých práv a svobod za vyhlášení některých krizových stavů [14].

2.4.2. Období krizového řízení

Krizové řízení, stejně jako jsou informační systémy rozděleny do etap (kapitola 2.2.3.), je rozděleno do období. Jedná se o přípravné období, prováděcí

období a období po ukončení nějakého krizového jevu. Krizový management má v jednotlivých obdobích rozdílný charakter, rozsah a význam.

Přípravné období

Zahrnuje veškeré činnosti prováděné před započítáním mimořádné události nebo krizové situace. Jedná se například o:

- zpracování a přijetí komplexní strategie krizového managementu;
- vytvoření systému krizového managementu a jeho průběžná úprava;
- přijetí právní úpravy krizového managementu a její průběžné doplňování;
- vytipování možných krizí a jejich předpokládaných negativních účinků;
- zpracování krizových plánů;
- příprava na řešení krize, zpracování metodických postupů a plánů činností;
- zpracování podrobného plánu spojení;
- zdokonalování a modernizace technického vybavení krizového managementu;
- provádění součinnostních cvičení a nácviků;
- školení a odborná příprava všech, kteří mohou být dotčeni krizí;
- ekonomické hospodaření s materiálem a technikou krizového managementu;
- snižování rizik v návaznosti na vyhodnocení možnosti vzniku krizových jevů;
- kontrolní činnost, monitorování rizikových jevů, přijímání opatření [15].

Prováděcí období

Prováděcí období obecně zahrnuje úkony na ochranu obyvatelstva, majetku a životního prostředí realizovaných již v průběhu krize. Konkrétněji se v tomto období:

- spouští systém krizového řízení, jeho sil a prostředků;
- provádí evakuační a odsunová opatření podle potřeby;
- získávají doplňující informace;
- určuje oficiální mluvčí po dobu krize pro podávání relevantních informací;
- přerušují veškeré činnosti, které nesouvisí s řešením situace;
- snaha zabránit šíření paniky;
- přijímají preventivní opatření pro zabránění stupňování krize;
- vyhláší krizový stav dle potřeby;
- vyhláší zvláštní hospodářská opatření dle potřeby;
- obnovuje normální režim po provedení záchranných prací [15].

Období po skončení

Období po skončení je závěrečnou fází krizového řízení, které je zaměřené především na:

- analyzování průběhu záchranných prací, vyhodnocení dosažené úrovně;
- další postup odstraňování následků;
- posouzení reálnosti připravené dokumentace;
- posouzení vhodnosti použité technologie;
- zabezpečení ošetření, doplnění a uskladnění použité techniky;
- administrativní a finanční dořešení;

- doporučení nových technických, technologických a stavebních opatření;
- zabezpečení návratu evakuovaných osob, orgánů a organizací [15].

3. Cíl práce a hypotéza

Cílem práce je uspořádání dvou reálných evakuací, a to v objektu skladu, který je specifický z hlediska množství pohybujících se osob, množství zboží a existence chladícího zařízení. Druhým objektem je škola, kde se vzdělávají osoby se zvláštními požadavky. Specifikum tohoto objektu je, že se jedná o školu a žáky s mírným postižením.

V návaznosti na reálné evakuace jsou rovněž provedeny simulace pomocí softwarového nástroje Pathfinder, za jehož pomoci budou zjištěny informace potřebné ke komparaci s výsledky reálných evakuací. Zaměřenost celé práce je na zhodnocení, zda se výsledky ze zvoleného softwarového nástroje přibližně shodují s výsledky z cvičných evakuací, nebo nikoli.

Na základě komparací jednotlivých reálných situací se simulacemi vytvořeným v modelačním programu jsou vyhodnoceny přínosy a slabiny konkrétního softwarového nástroje, jeho možnosti a přínosy v případě přípravy plánů evakuace.

Aby bylo možné odpovědně zhodnotit, zda je softwarový nástroj vhodný pro použití či nikoliv, tak jsou v rámci diskuze představeny zahraniční zkušenosti se zmíněným počítačovým programem v různých objektech, ve kterých může dojít k nutnosti evakuace osob.

HYPOTÉZA – Softwarový nástroj Pathfinder je využitelný pro simulace objektové evakuace.

4. Metodika

V první části této kapitoly je uveden podrobný popis vytváření simulace krok po kroku. Pro simulování evakuace byl vybrán softwarový nástroj Pathfinder od firmy Thunderhead Engineering. V tomto programu byly vymodelovány objekty na základě poskytnutých technických nákresů. Po umístění veškerého vybavení a všech zúčastněných osob do modelů, byla vytvořena videa se simulovanými evakuacemi.

Druhá část je věnována základní charakteristice objektu a možných rizik, která v něm hrozí, a která mohou ohrozit průběh reálné evakuace. V této práci byly vymodelovány a evakuovány dva rozdílné objekty, kterými jsou sklad a základní škola. Sklad byl cvičně evakuován celkem třikrát. Poprvé 30. března 2017 v 11:00 hodin, podruhé 17. dubna 2017 v 10:00 hodin a potřetí 19. dubna 2017 v 15:30 hodin. Škola stačila evakuovat jen jednou, stalo se tak 5. dubna 2017 v 10:25 hodin.

Sklad je rozdělen do několika úseků, v nichž můžeme nalézt velké množství druhů předmětů, od potravin, přes drogerii a hraček pro děti, až po elektroniku. Základní škola je speciální škola určená pro děti se specifickými poruchami učení.

4.1. Modelování

Jak již bylo několikrát zmíněno, simulace evakuace byla realizována v programu Pathfinder. Jedná se o nástroj pro vytváření 3D modelů budov a jejich vnitřního uspořádání. Disponuje širokou škálou různých funkcí a nastavení, které umožňují vytvářet rozmanité podmínky pro jednotlivé účastníky evakuace. Je možné upravovat chování jednotlivců i celých skupin, nastavovat osoby, které potřebují asistenci při evakuaci (lidé na vozíku,

na lehátku, hluchoněmí apod.). Více bude o těchto funkcích řečeno dále v samostatných kapitolách.

4.2. Popis využitého softwarového nástroje

Pro práci s programem je potřeba znát základy některého ze světových jazyků, jelikož není možné jej mít v českém jazyce. Pro naši potřebu byl zvolen anglický jazyk. Po spuštění programu se zobrazí základní zobrazení. Celé uživatelské prostředí je rozděleno do několika částí (viz. Obrázek 1, zvětšené v Příloze 1).

První část, na obrázku označena číslem /1/, je hlavní menu, přes které je možné provádět veškeré činnosti, které program nabízí, ale práce v něm je méně přehledná. Je možné zde projekty ukládat, otevírat již vytvořené, zobrazovat, nebo skrývat objekty v modelu, spouštět simulace apod. V neposlední řadě, zde také nalezneme nápovědu pro práci s programem a veškeré informace organizaci, která program vyvíjí.

Číslo dvě /2/ označuje, jak výrobce uvádí, tzv. „*main toolbar*“ což je volně přeloženo hlavní panel, ve kterém je možnost projekt ukládat, otevírat nový nebo již vytvořený, přepínat mezi jednotkami soustavy SI nebo anglickými mírami a lze zde spouštět simulaci.

Třetí část /3/ slouží pouze k vytváření nových pater, k přepínání mezi nimi a ke schovávání vybraných pater, aby se v programu pracovalo pohodlněji.

Čtvrtý panel /4/ je tzv. „*navigation panel*“, opět volně přeloženo jako navigační podokno. Tato část obsahuje mnoho rozdílných funkcí, některé méně využitelné, jiné jsou potřeba po celou dobu vytváření projektu. Mezi ty méně využitelné je možné zařadit vytváření tvarů vozidel (*vehicle shapes*). Tato funkce slouží k vytváření tvarů pro osoby, které potřebují během evakuace

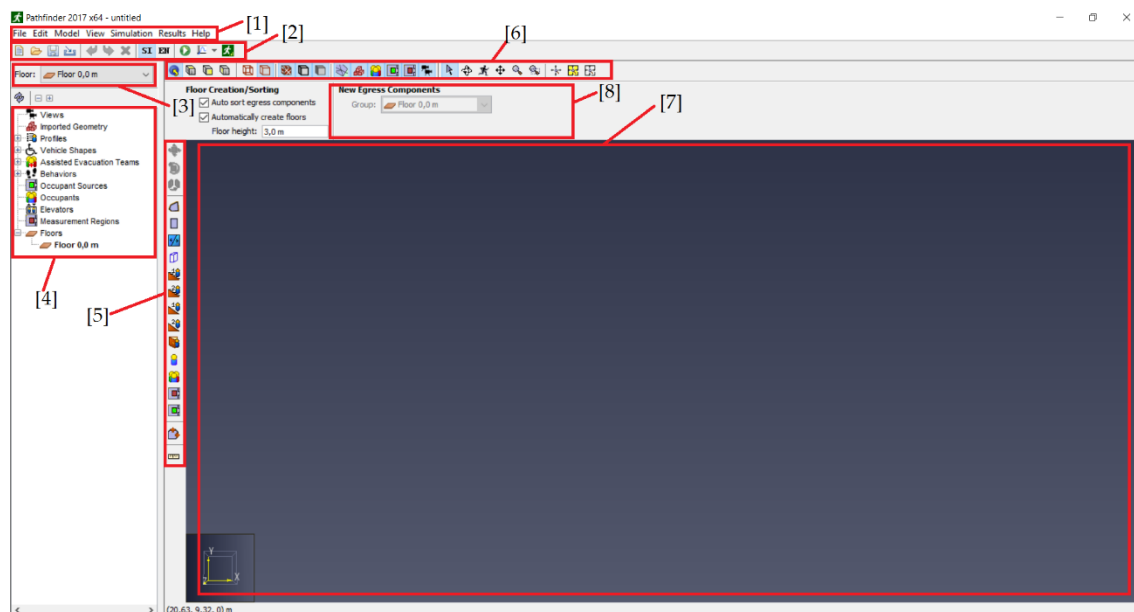
asistenci. Jedná se hlavně o osoby na vozíčku, nebo na lůžku, (nejčastěji v nemocnicích a domovech pro seniory). Tyto dvě varianty jsou v základu programu předem uloženy. Více využívanou funkcí je funkce chování (behaviors). Každé osobě v programu lze přiřadit, jak se má chovat. Zda má běžet k východu, jakou rychlostí se má pohybovat, může jít zkontrolovat nějaké místnosti, může zůstat stát na místě a čekat na konkrétní osobu, nebo situaci, také může jít poskytnout pomoc osobě, která vyžaduje asistenci apod. Další velmi využívanou, je funkce obyvatel (occupants), ve které vidíme všechny postavy umístěné v prostoru. Poslední nejvíce potřebnou funkcí je funkce patra (floors). Zde vidíme veškeré místnosti, dveře, schody, plošiny a výtahy, které se v různých patrech nacházejí. Je zapotřebí vše vytvořené si náležitě pojmenovávat. Pokud se tak neučiní, je velice těžké se pak v názvech orientovat. Každé nové patro, nová místnost, obyvatel, dveře, schody apod. se jmenují stejně, ale mění se jedině číslo na konci, např. Room1, Room2, Room3, ...

Nejvíce používaná oblast v programu je oblast /5/ „draw toolbar“, neboli nástrojová lišta pro kreslení. V této části jsou veškeré funkce potřebné k modelování. Za pomoci této lišty je možné vymodelovat jednotlivá podlaží dvěma rozdílnými způsoby – jedním je vytvoření čtvercového/obdélníkového podlaží, ale ne všechny budovy mají pravidelný tvar, a proto je tu druhý způsob, kdy rozměry jednotlivých stran místnosti (podlaží) zadáváme ručně. Dále je možné přidávání překážek za pomoci funkce přidání zdi (tenké/tlusté), můžeme také umístit schodiště. Pokud by byl objekt přístupný pro vozíčkáře, je zde možnost přidání nakloněné plošiny, po které budou invalidé evakuováni. V neposlední řadě se za pomoci této lišty přidávají obyvatelé. Je zde možnost přidat jednoho, skupinu, nebo místo, odkud se budou neustále objevovat noví obyvatelé. Poslední jmenovaná funkce se využívá především v případech, kdy je potřeba zjistit průchodnost dveří, schodišť, chodeb apod.

Šestá oblast /6/ je „*view toolbar*“, do českého jazyka jako zobrazovací lišta. V této jsou veškeré funkce zahrnující zobrazování objektu. Je zde možnost volného pohybu kamerou kolem objektu, nebo jeho zobrazení shora, zepředu nebo z boku. K modelování je nejlepší používat pohled shora. Dále je zde možnost přiblížení a oddálení modelu, jeho otáčení nebo posouvání. Může se zde také využít funkce skrytí nepotřebných objektů, např. obyvatel nebo kamer, jelikož také trajektorie pohybu kamery se zobrazuje v modelu a mohou při práci překážet.

Největší část /7/ zabírá „*3D/2D view*“, ve kterém se pracuje na vytvoření požadovaného modelu. Do této plochy se umisťují místnosti, obyvatelé, schody, dveře apod.

Poslední oblast je „*property panel*“. Tento panel je proměnlivý, to znamená, že se mění v závislosti na funkci, nebo objektu, který je zrovna vybrán. Například při výběru nějakého obyvatele můžeme v tomto panelu upravovat jeho vzhled, rychlost pohybu, jeho chování apod., při umisťování schodů nebo dveří je rovněž možné měnit jejich rozměry.



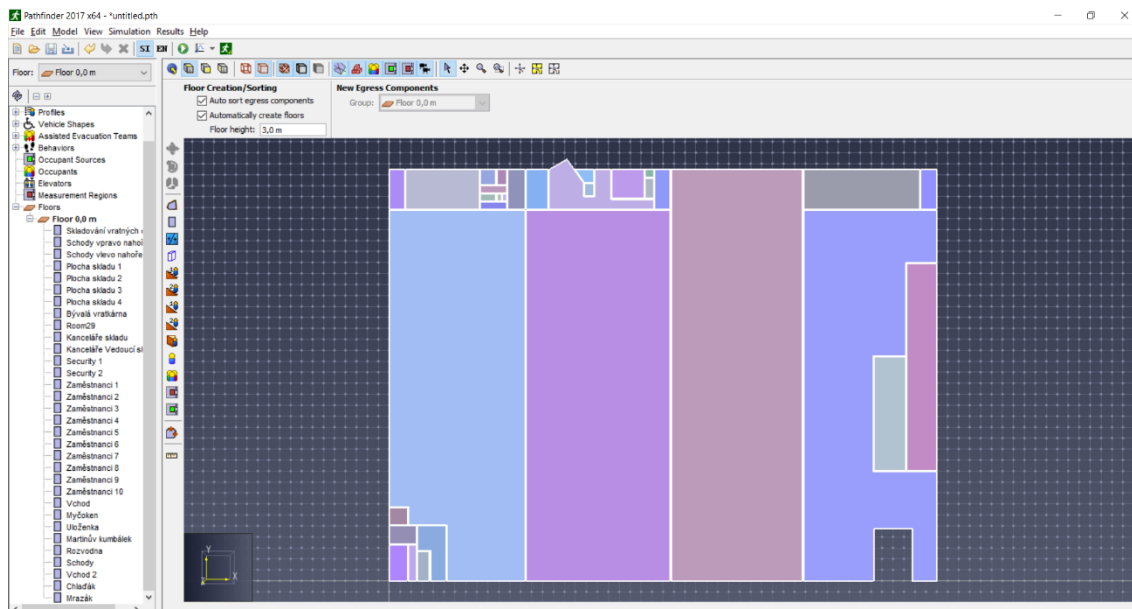
Obrázek 1 - Základní zobrazení programu (zdroj: SW nástroj Pathfinder)

4.3. Postup modelování skladu

Mezi první kroky, které je potřeba udělat, patří získání veškeré technické dokumentace o objektu. Čím více podrobnější dokumentace bude, tím přesnější může výsledný model být. Pokud ovšem je problém dokumenty získat (jako to bylo v tomto případě), nezbyvá než si v některých situacích poradit jinak. V našem případě byly k dispozici plány z roku 2014, ale v letech 2015 až 2017 probíhaly v objektu úpravy, které v plánech nebyly, a proto bylo nutné veškeré změny na místě zaznamenat a přeměřit a vytvořit si plány vlastní.

4.3.1. Vymodelování základů

Nejdříve bylo vytvořeno přízemí skladu (viz. Obrázek 2 a Příloha 2). Je velmi důležité zvolit si správný postup. V tomto případě bylo postupováno od největšího, přes menší, až k naprostým detailům. Nejdříve byla zadána celková plocha, na které se sklad nachází, což je 100 x 75 metrů. Následně byl rozdělen na čtyři úseky, ve kterých je skladováno veškeré zboží. Poté byly vytvořeny kanceláře v horní části skladu a prostory v levém dolním rohu. Do již zmíněných detailů je možné zařadit vytvoření např. toalet v prostorách pro zaměstnance.

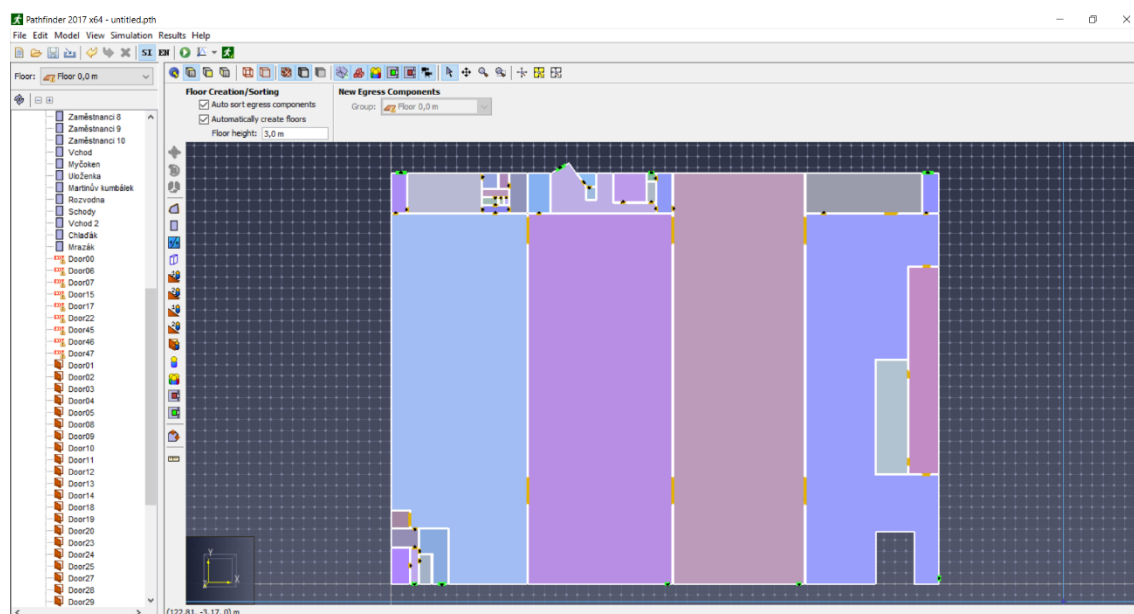


Obrázek 2 - Přizemí skladu (zdroj: SW nástroj Pathfinder)

4.3.2. Přidání průchodů mezi místnostmi

Po vytvoření základního rozložení skladu je potřeba do modelu přidat veškeré průchody a dveře. Na Obrázku 3 (ve větším provedení v Příloze 3) jsou již všechny přidány. Během umisťování je důležité uvědomit si, které východy z budovy jsou evakuační a které ne. Tuto skutečnost tento program rozeznává. Při zvolení si nástroje vytváření dveří v *nástrojové liště* (viz Obrázek 1) je nutné na ikonku dveří kliknout dvakrát. Tím je programu zadáno, že následující dveře budou sloužit jako evakuační a veškeré osoby k němu budou směřovat. Další důležitou vlastností dveří je nastavování směru průchodnosti dveří, která se může jevit jako směr, kterým se dveře ve skutečnosti otevírají. Není tomu tak. Pokud je nastavena průchodnost **do** místnosti, lidé uvnitř se ven nedostanou, proto je nutné nechat vše v základním nastavení, kdy jsou dveře průchodné oběma směry.

Dále je zde ukázáno, na Obrázku 3, jak vypadá *navigační podokno* (viz Obrázek 1), nejsou-li umístěné předměty pojmenovány. Pro porovnání na předchozím Obrázku 2 pojmenovány jsou.

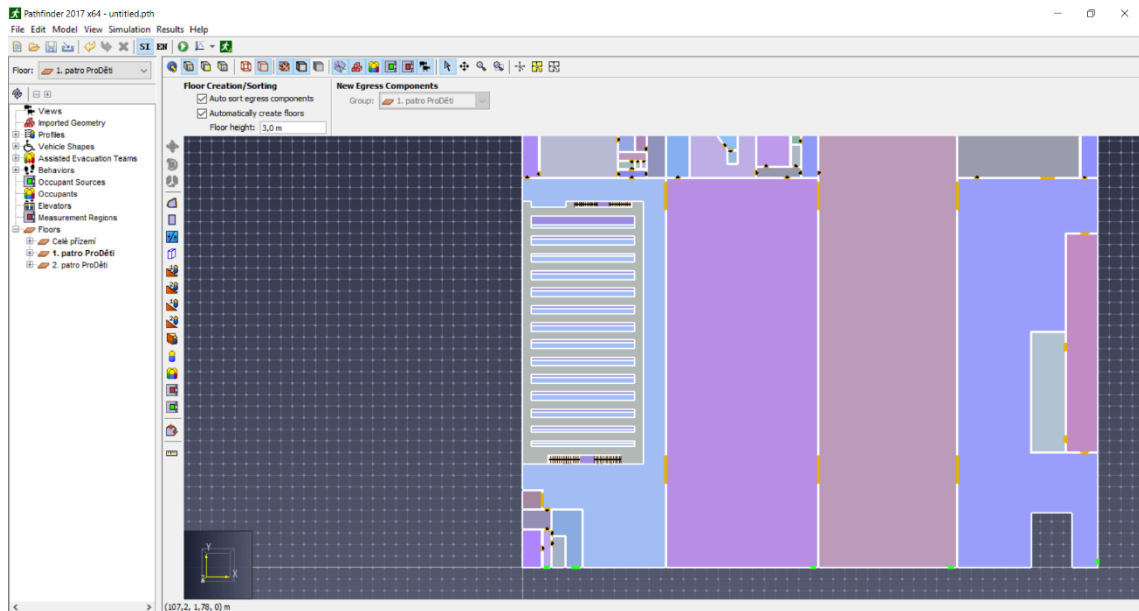


Obrázek 3 - Přizemí skladu s dveřmi a průchody (zdroj: SW nástroj Pathfinder)

4.3.3. Přidání galerií a regálů

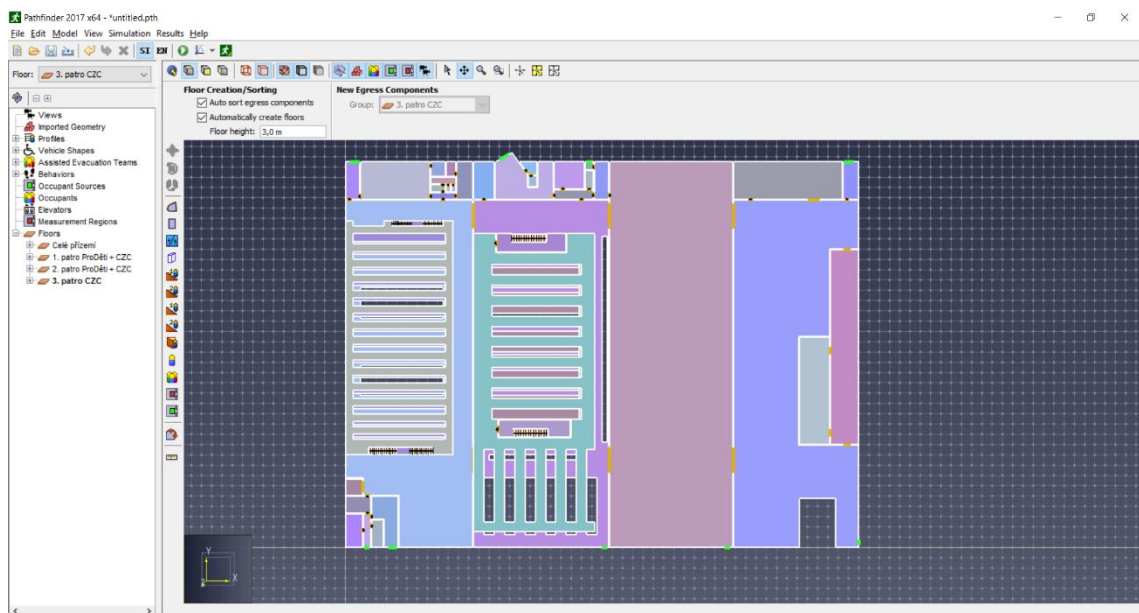
V následujících krocích bylo na řadě vytváření nových pater v prostorách skladu. Ve třech ze čtyř úseků se nacházejí vícepatrové galerie. Pro vytvoření každého nového patra je nutné nové podlaží, jelikož se nacházejí v rozdílných výškách.

Jako první byla vymodelována galerie určená pro dětské zboží a šperky, nacházející se v levé části skladu (viz Obrázek 4 a Příloha 4). Jedná se o dvoupatrovou vnitřní konstrukci, ve které se nachází mnoho úzkých uliček mezi regály. Po obou stranách jsou umístěna schodiště.



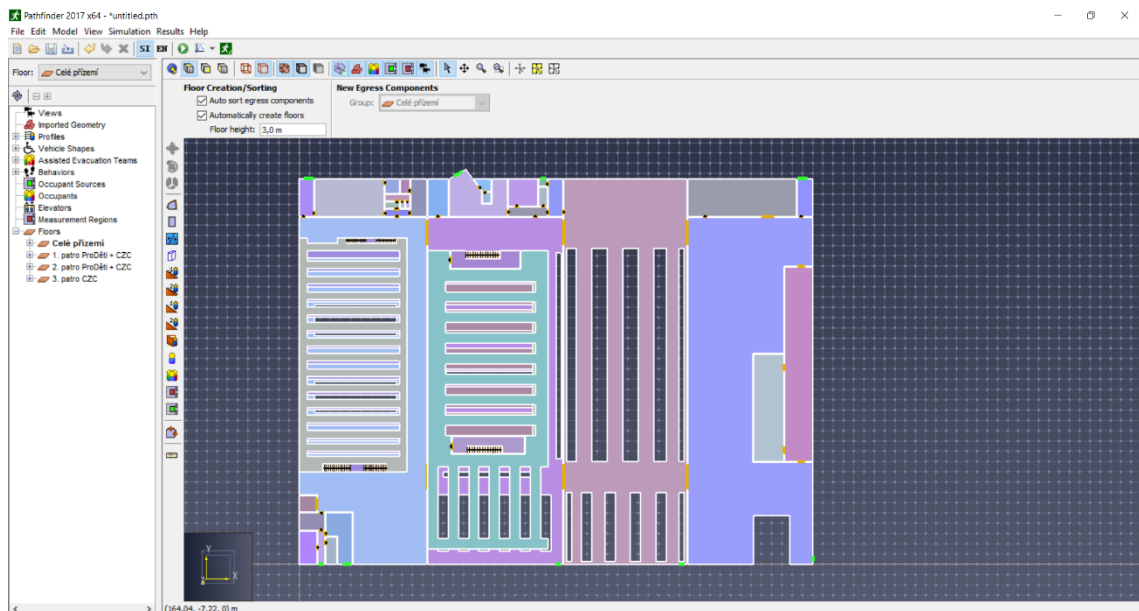
Obrázek 5 - Galerie s dětským zbožím a šperky (zdroj: SW nástroj Pathfinder)

Následovala druhá galerie, která se nachází v části sousedící s první (viz Obrázek 5 a Příloha 5). tato konstrukce je třípatrová, na které jsou dvě schodiště do každého patra. V této galerii se nachází elektronika

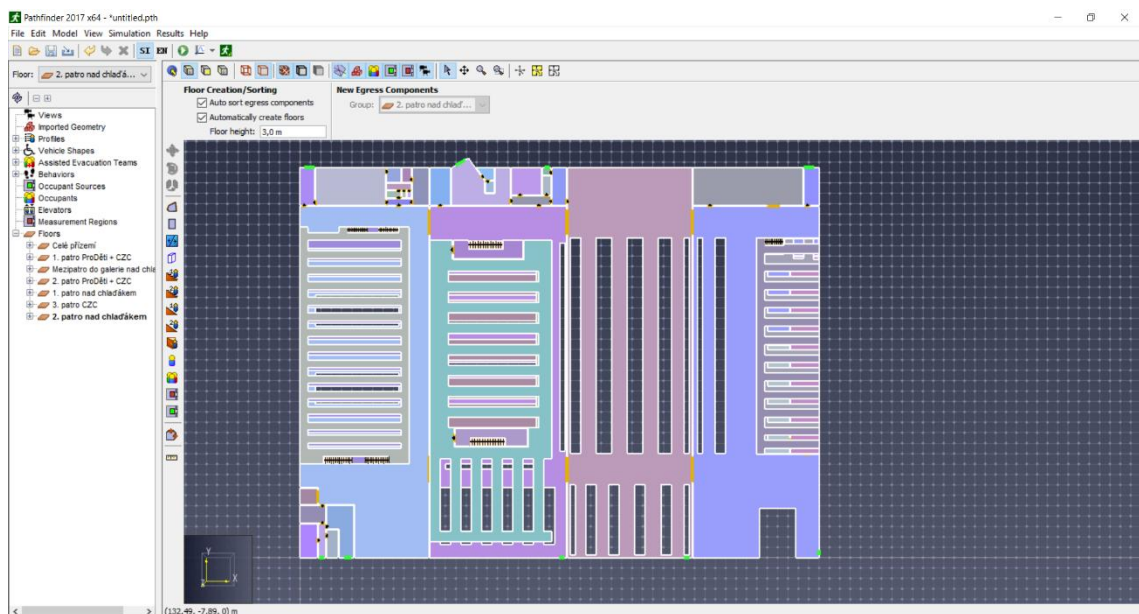


Obrázek 4 - Galerie s elektronikou (zdroj: SW nástroj Pathfinder)

Zbývající dva úseky skladu obsahují převážně potraviny a drogerii. Jeden je vybaven pouze regály a v druhém se nachází prostor pro chlazené a mražené zboží (viz Obrázek 6 a Příloha 6). Nad tímto prostorem je opět galerie, ve které nalezneme již zmíněnou drogerii. Tato konstrukce je dvoupatrová a má jen jedno schodiště (viz Obrázek 7 a Příloha 7).



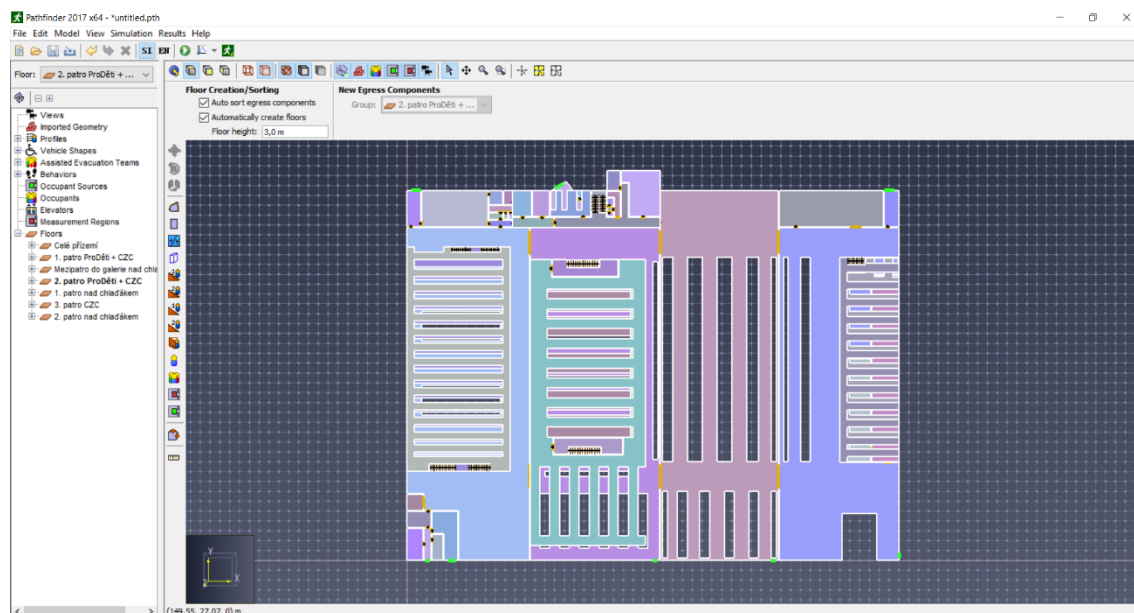
Obrázek 6 - Regály a prostor pro mražené a chlazené (zdroj: SW nástroj Pathfinder)



Obrázek 7 - Galerie s drogerií (zdroj: SW nástroj Pathfinder)

4.3.4. Přidání kanceláří v prvním patře

Poslední krok, týkající se modelování místností, obnášel vytvoření kanceláří nacházejících se v prvním patře skladu (viz Obrázek 8 a Příloha 8).

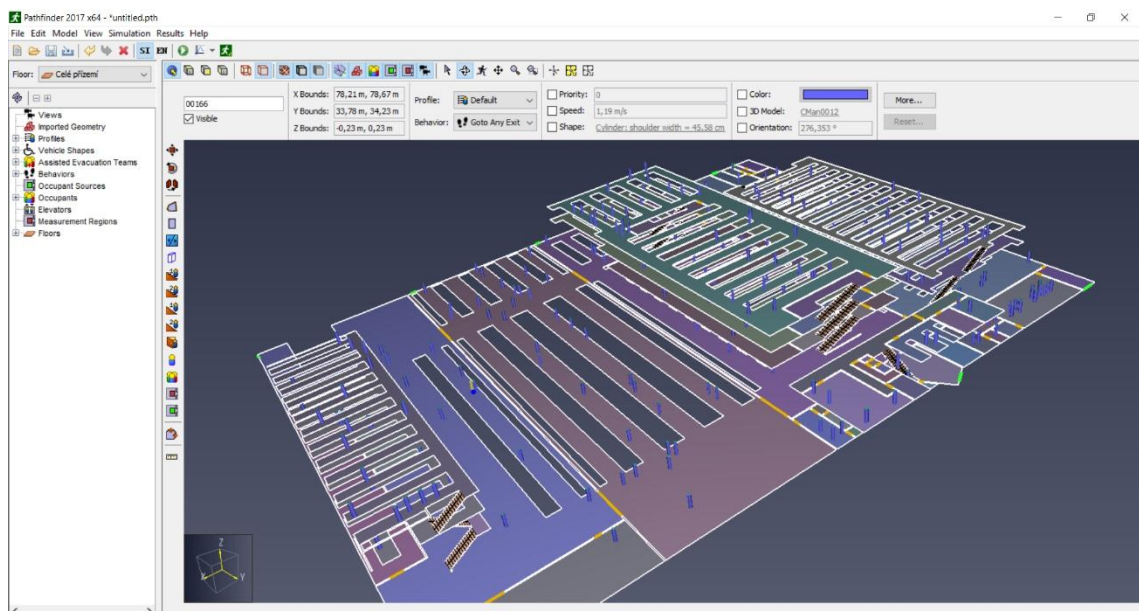


Obrázek 8 - Kanceláře v prvním patře (zdroj: SW nástroj Pathfinder)

4.3.5. Přidání osob

Závěrečnou etapou ve vytváření simulace je přidání osob do modelu. Zde bylo vloženo 288 osob (viz Obrázek 9 a Příloha 9). Toto číslo bylo získáno po uskutečnění reálné evakuace v objektu, kdy byli všichni zúčastnění spočítáni. V simulaci bylo využito několik nastavení chování vybraných osob. V objektu se nalézá hlucho-němý zaměstnanec, tudíž je nutné, aby k němu na pracoviště přišel určený pracovník a odvedl ho do bezpečí. Tento úkon vyžaduje vytvoření a nastavení dvou chování. Jedno pro postiženého, který má čekat na místě a druhé pro pověřeného pracovníka, který před tím, než opustí objekt, musí pro postiženého dojít. Jiné chování bylo nastaveno pro ostrahu objektu, která se nachází u rentgenového rámu u vchodu. Jedná se vždy o dva

zaměstnance. V simulaci jeden běžel do objektu zkontrolovat jednu galerii a místnosti pro zaměstnance, zda jsou všichni v bezpečí. Druhý čeká u rentgenu na posledního člověka, který projde a následně jde zkontrolovat chladicí a mrazicí zařízení a další dvě galerie. Poté jako poslední opouští budovu, a tím udává finální čas evakuace.



Obrázek 9 - Kompletní pohled na sklad (zdroj: SW nástroj Pathfinder)

4.4. Popis skladu

Jak již bylo zmíněno, objekt, o který se při cvičné evakuaci jedná, je sklad spíše menší velikosti o rozloze 7 500 m². Z větší části je rozdělen na čtyři sektory. Ve dvou se nacházejí potraviny a drogerie, ve třetím je elektronika a ve čtvrtém nalezneme zboží pro děti, bižuterii a šperky. Menší část rozlohy zabírají kanceláře a prostory pro zaměstnance (toalety, kuchyňka, společenská místnost apod.).

Ve třech ze čtyř sektorů jsou vestavěny vícepatrové konstrukce, z nichž každá je řešena jiným způsobem. V prvním sektoru se nachází dvoupatrová konstrukce se schodišti po obou stranách, v druhém se nalézají třípatrová konstrukce, u které má první patro menší plochu než druhé a třetí. U této jsou také dvojice schody. Třetí konstrukce je dvoupatrová, nalézají se nad mrazícím a chladícím zařízením a má pouze jedno schodiště. Ve čtvrtém sektoru jsou instalovány pouze regály.

4.4.1. Analýza rizik

Jak v dnešní době bývá, potencionální rizika se vyskytují snad všude. Ne jinak je tomu také u tohoto skladu, ve kterém je skladováno mnoho druhů zboží, z nichž mohou být některé zdrojem nebezpečí. V galerii s drogerií se vyskytuje mnoho chemických přípravků obsahujících nebezpečné látky.

Hrozí zde také nebezpečí požáru z důvodu velkého počtu hořlavých materiálů. Je možné ve skladu nalézt mnoho dřevěných palet, často naskládaných na sobě. Dále se zde vyskytují místa, kde se uskládá veškerý obalový materiál, tzn. papírové krabice, balící papíry, bublinkové fólie apod. V neposlední řadě je nutné, také počítat s obaly uskladněného materiálu. Veškerý sortiment elektroniky je zabalen v papírových krabicích. Všechny tyto faktory mohou šíření případného požáru velice urychlit. Regály a galerie jsou sice vyrobeny z ocele, ale palety, na kterých je zboží po skladě přesouváno a je na nich také uskladněno, jsou ze dřeva.

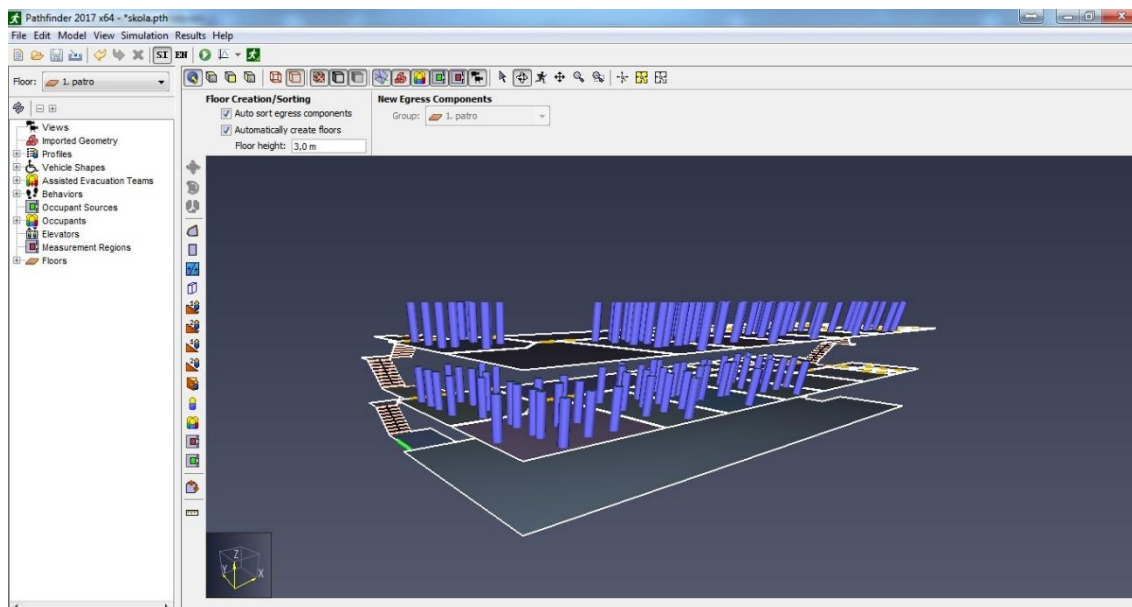
Ve skladu se také nachází mrazící a chladící zařízení, ve kterém je jako chladící médium využíván amoniak, jelikož má vysokou účinnost a nízkou cenu. Amoniak je toxická látka lehčí než vzduch, při případném úniku uvnitř objektu by ohrozila všechny zaměstnance nacházející se v horních patrech galerie, která je umístěna nad prostory mrazícího a chladícího zařízení.

Další hrozbou, která nemusí končit evakuací celého skladu, ale může ohrozit zaměstnance, je pohyb vysokozdvížných vozíků po skladě. Seběmenší nepozornost může způsobit nehodu. Hrozí kolize vozíku s člověkem, nebo náraz do ocelové konstrukce regálů nebo galerie, která by mohla mít za následek její zřícení.

4.5. Postup modelování základní školy

Modelování základní školy probíhalo obdobně, jako modelování skladu. Nejdříve bylo vytvořeno přízemí, ve kterém se nachází místnosti během vyučování nevyužívané, proto nebylo potřeba zde nic modelovat. Následovalo vytvoření prvního patra, ve kterém se nachází menší místnosti, což jsou kabinety části učitelského sboru, větší místnosti a toalety. Další patro je naprosto stejně rozvrženo jako patro první.

V dalších krocích byla přidána schodiště, z nichž jedno se nachází uvnitř budovy a druhé, které je určeno pro evakuaci, zvenčí. Jako poslední byly rozmístěny do učeben žáci a jejich učitelé. Na rozdíl od modelu skladu, kam se osoby rozmístily náhodně, bylo potřeba žáky umístit přibližně tak, jak mají během vyučování být, to znamená, usazení v lavicích. Na následujícím obrázku (viz. Obrázek 10 a Příloha 10) je zachycen výsledný model objektu školy.



Obrázek 10 - Kompletní model školy (zdroj: SW nástroj Pathfinder)

4.6. Popis školy

Objekt školy se skládá ze tří podlaží. V prvním se nachází přízemí budovy, ve kterém je šatna pro žáky, byt školníka a sklad cvičebního náčiní. V druhém podlaží se nachází šest tříd pro žáky osmého a devátého ročníku, kabinety pro některé vyučující, a také toalety a umývárna. Ve třetím podlaží je šest tříd pro šestý a sedmý ročník, kabinety pro zbytek vyučujících, ředitelna, opět také toalety a umývárna pro žáky a vyučující. Ve všech podlažích se také nacházejí učebny využívané jen v některé hodiny (dílny, kuchyně apod.). V objektu jsou dvě schodiště, jedno se nachází uvnitř a druhé zvenčí.

Škola je odlišná od většiny jiných základních škol převážně tím, že je určena pro žáky se specifickými poruchami učení (dyslexie, dysgrafie, dysortografie, dyskalkulie atd.). V době evakuace se ve škole nacházelo 109 žáků rozmístěných do jedenácti tříd od šesté do deváté třídy a jedenáct členů učitelského sboru.

Evakuace byla uskutečněna v době, kdy byly všichni žáci ve svých učebnách se svými vyučujícími. Jelikož škola nedisponuje rozhlasem, bylo potřeba za pomoci pověřené osoby vyhlásit poplach. Ten byl proveden voláním „HORÍ“ pověřenou osobou a kontrolováním, zda se tato informace dostala do všech tříd. Jako místo požáru bylo vybráno vnitřní schodiště, a proto bylo nutné všechny žáky směřovat k druhému, venkovnímu schodišti, které je také předurčeno pouze k evakuaci.

4.6.1. Analýza rizik

Základní škola U Boroviček se nachází na Bílé Hoře (Praha 17) mimo ohrožení přirozenou povodní, jelikož se v blízkosti nenachází žádný vodní zdroj. Dále objekt není vybaven chemickou ani biologickou laboratoří pro žáky, tudíž v objektu není riziko úniku chemické látky.

Jisté ohrožení pro objekt představuje požár, který by se v případě vzniku rychle šířil z důvodu dřevěného vybavení školy.

Dalším ohrožením pro školu je možnost bombové výhružky, kvůli níž by bylo nutné školu také evakuovat.

Jelikož se škola nachází v blízkosti Karlovarské ulice, po které jezdí množství automobilů a jiných vozidel, je zde riziko větší dopravní nehody, která může ovlivnit i školské zařízení. Případně může dojít k havárii vozidla převážejícího nebezpečné látky a k jejich úniku.

5. Výsledky

Kapitola výsledků práce obsahuje zhodnocení provedených evakuací a jejich simulací vytvořených v softwarovém nástroji Pathfinder.

Na skladě byly provedeny celkem tři cvičné evakuace. První poukázala na velké nedostatky, jak ze strany zaměstnavatele (nezabezpečeny volné únikové východy), tak ze strany zaměstnanců, u kterých byla objevena neznalost, která se týkala především chování při evakuaci.

U druhé byly nedostatky ponechány z první evakuace, ale zaměstnanci o nich již věděli, a proto již od ohlášení evakuace směřovali k jiným únikovým východům.

U poslední, třetí, cvičné evakuace bylo vše dáno do pořádku, všechny únikové východy byly zpřístupněny a všichni zaměstnanci o tom byli informováni, tudíž k těmto východům zamířili.

V softwarovém nástroji byly vymodelovány jen dvě simulace. Jedna neobsahovala žádné závady ani překážky, osoby v simulaci zamířili k východům a úspěšně je opustili. U druhé byly nastaveny takové podmínky, které se vyskytly u první cvičné evakuace.

Cvičná evakuace školy proběhla v pořádku a nebylo nutné pokus opakovat, z toho vyplývá, že simulace evakuace školy byla také pouze jedna.

5.1. Výsledky první cvičné evakuace skladu

Cvičná evakuace proběhla v momentě, kdy se na skladě pohybovalo 288 osob. Byl spuštěn poplach s informací, že se jedná o cvičnou evakuaci. Již v tento moment nastala první komplikace. Většina řadových pracovníků na skladě jsou zprostředkováni přes agentury. Jedná se především o ukrajinské

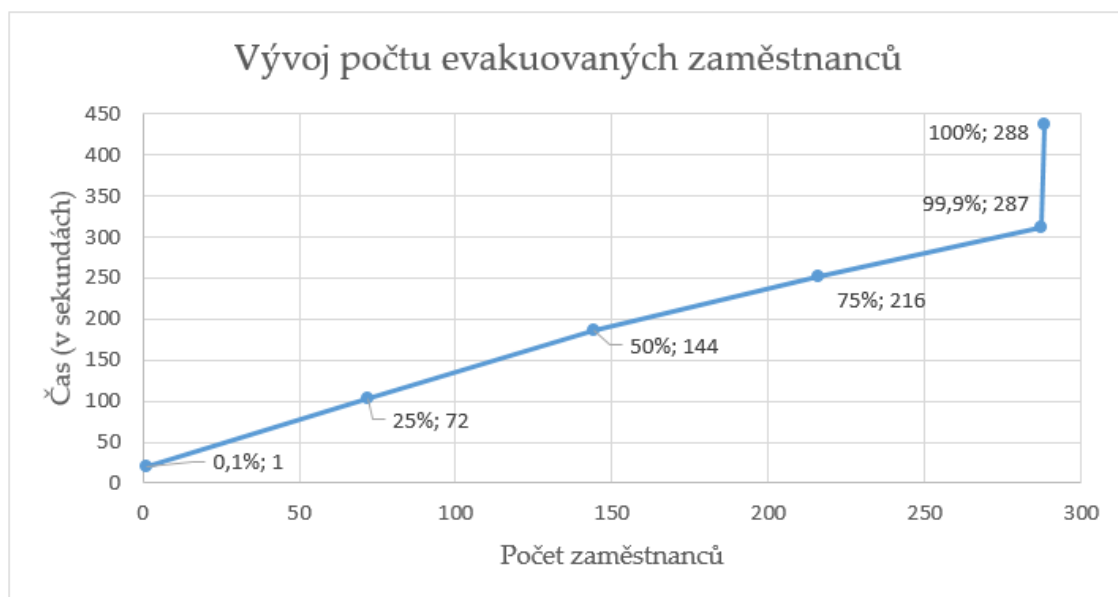
pracovníky, kteří neumí mluvit v českém jazyce a rovněž mu nerozumí. Proto bylo potřeba, aby teamleadeři, kteří jsou kmenovými zaměstnanci, zkontrolovali jim přidělené oddělení ve skladu a všechny zaměstnance, kteří nevěděli, co se děje, informovali je o nastalé situaci, aby se odebrali k nejbližšímu únikovému východu.

Nedostatků během evakuace bylo zaznamenáno více. Zaměstnanci museli k některým únikovým východům projít skrze další dveře. Ukázalo se, že některé tyto dveře byly uzamčeny, a proto musela tato část evakuovaných hledat alternativní cesty k východům. Průchod dalším únikovým východem nebyl možný z důvodu naskládaných palet z druhé strany dveří.

Těmito problémy byl počet použitelných východů snížen z osmi na čtyři, což mělo za následek velmi pomalý čas evakuace a hromadění osob u východů.

Celý sklad byl evakuován za 438 sekund. Tento čas zahrnuje začátek, tedy vyhlášení cvičné evakuace, samostatnou evakuaci a následnou kontrolu vnitřních prostor, kterou má na starosti ostraha objektu. Kontrolou byli pověřeni dva pracovníci ostrahy. Jeden šel ihned po ohlášení zkontrolovat denní místnosti zaměstnanců, kde našel sedící, nic netušící zaměstnance, instruoval je, aby opustili objekt a šel zkontrolovat jednu z galerií, ve které také našel stále pracující zaměstnance. I tyto upozornil na situaci a po dokončené kontrole odešel k nejbližšímu východu. Druhý člen ostrahy čekal dle instrukcí, 100 sekund, u rentgenového rámu u vchodu do prostor skladu. Po uběhnutí času šel zkontrolovat mrazící a chladící prostory, zda jsou všichni pryč a následně dvě galerie. Všechny kontrolované části skladu byly již prázdné. Jakmile byl přesvědčen, že se v objektu nikdo nenachází, odešel nejbližším východem.

Následující graf (viz. Obrázek 11) ukazuje vývoj počtu evakuovaných osob. První osoba se dostala ven za 20 sekund. Další údaje v grafu ukazují, za jak dlouho se ven dostalo 25 %, 50 %, 75 %, 99,9 % a 100 % všech zaměstnanců. Jednu desetinu procenta tvoří již zmíněný pracovník ostrahy, který uvnitř skladu zůstal a kontroloval prostory.

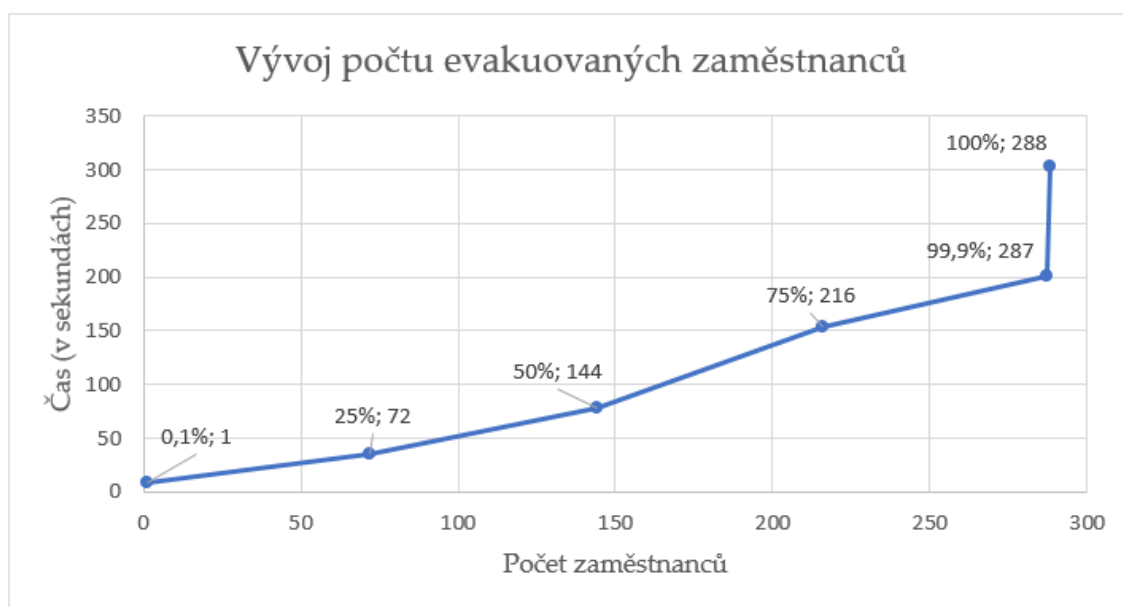


Obrázek 11 - Vývoj počtu evakuovaných zaměstnanců při první evakuaci (zdroj: Vlastní)

5.2. Výsledky druhé cvičné evakuace skladu

V druhé cvičné evakuaci zůstaly únikové východy, které byly během první evakuace nepoužitelné, uzavřené, ale zaměstnanci o tomto faktu byli informováni.

Výsledné časy byly v porovnání s prvním cvičením, o poznání lepší. První zaměstnanec opustil sklad již po 8 sekundách, celá evakuace trvala 201 sekund. Člen ostrahy, který kontroloval sklad jako poslední, vyšel ven po 303 sekundách od vyhlášení cvičení. Křivka vývoje evakuovaných zaměstnanců při druhé cvičné evakuaci je znázorněna níže (viz. Obrázek 12)



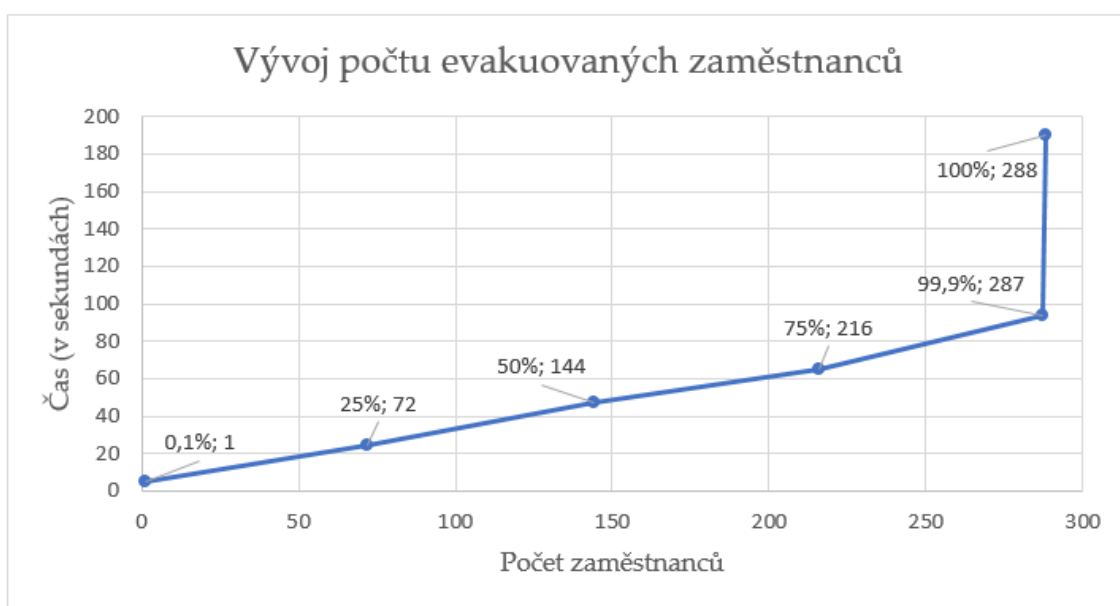
Obrázek 12 - Vývoj počtu evakuovaných zaměstnanců při druhé evakuaci (zdroj: Vlastní)

5.3. Výsledky třetí cvičné evakuace skladu

Během třetí evakuace byly veškeré nedostatky odstraněny, všechny únikové východy byly zpřístupněny a zaměstnanci o tomto byli informováni.

První zaměstnanec opustil halu za 5 sekund od vyhlášení evakuace a celý sklad byl evakuován za 94 sekund, člen ostraHY po kontrole objektu vyběhl ven po 190 sekundách od vyhlášení evakuace.

Na grafu níže (viz. Obrázek 13) je opět znázorněna křivka vývoje evakuovaných osob v čase.



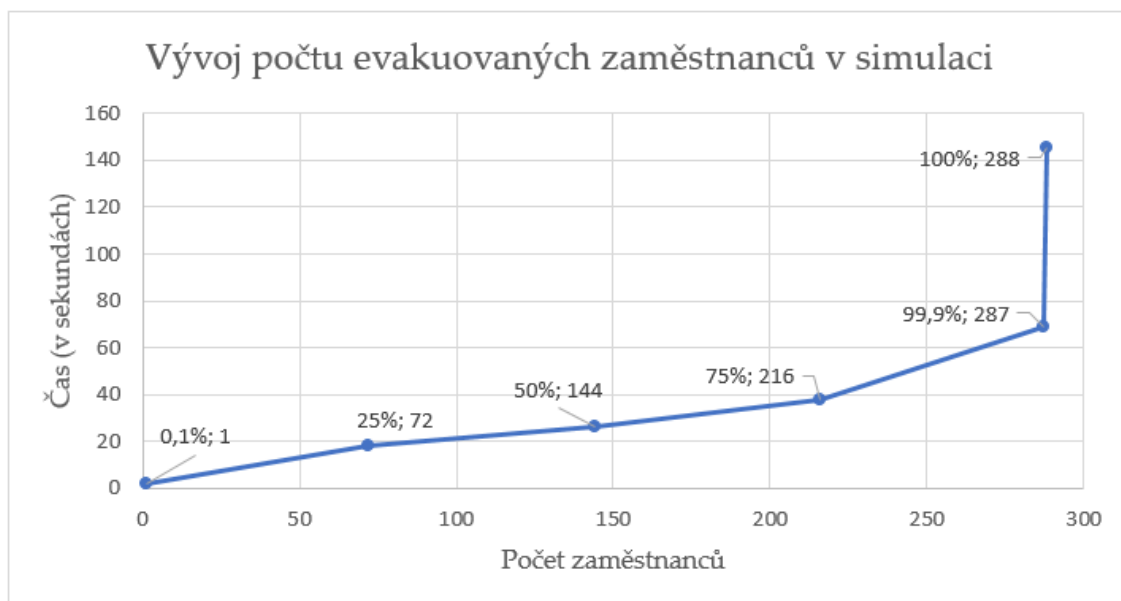
Obrázek 13 - Vývoj počtu evakuovaných zaměstnanců při třetí evakuaci (zdroj: Vlastní)

5.4. Výsledky první simulované evakuace skladu

První simulovaná evakuace znázorňuje její průběh v případě, že vše na skladě fungovalo správně, tedy že všechny únikové východy byly přístupné a bylo jimi možné objekt opustit.

Všechny zúčastněné osoby měly v chování nastaveny rychlost 2 m/s, což odpovídá rychlosti 7,2 km/h, jedná se tedy o rychlejší chůzi (obvyklá rychlost chůze na rovném terénu je okolo 5 km/h). Ostraze byla pro kontrolu skladu nastavena rychlost 4 m/s (14,4 km/h).

První osoba v simulaci opustila sklad 2 sekundy po jejím vyhlášení, poslední po 69 sekundách a osoba, která se měla chovat jako člen ostrahy, který kontroluje prostory jako poslední, opustil sklad za 146 sekund po spuštění simulace. Vývoj počtu evakuovaných v simulaci znázorňuje Obrázek 14.

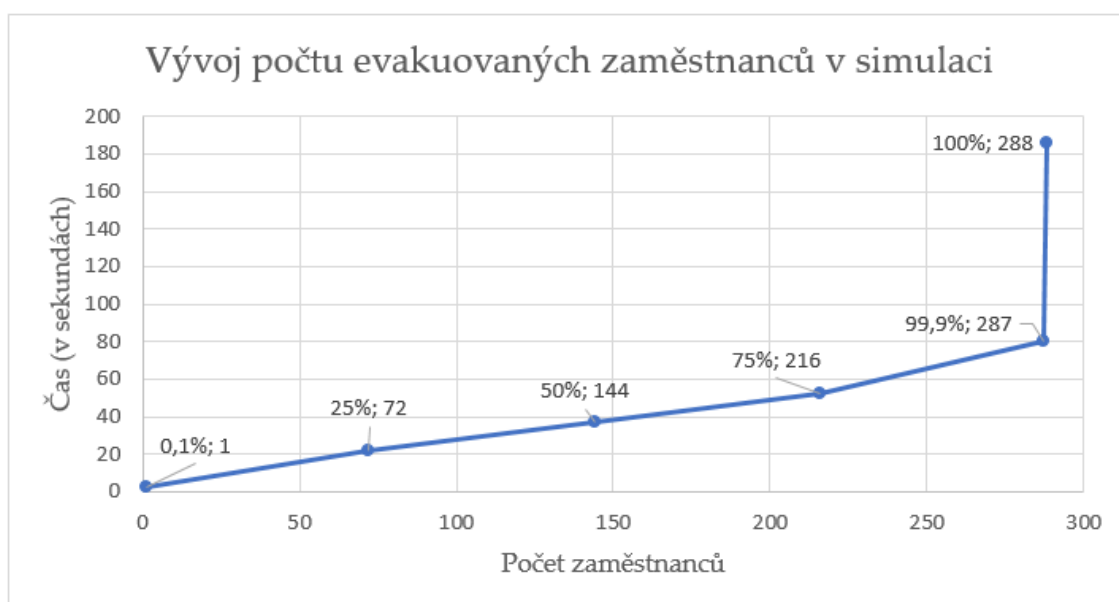


Obrázek 14 - Vývoj počtu evakuovaných v první simulaci (zdroj: Vlastní)

5.5. Výsledky druhé simulované evakuace skladu

Druhá nasimulovaná evakuace obsahovala omezení, která byla objevena během první cvičné evakuace. Byly uzavřeny čtyři únikové východy. Rychlost osob byla ponechána z první simulace, ale byl změněn čas čekání ostrahy objektu. V první simulaci čekala pouze 60 sekund, zatímco v této čekala stejně jako v cvičné evakuaci 100 sekund.

První osoba opustila v simulaci objekt také za 2 sekundy, ale vzhledem k uzavřeným východům se celá simulovaná evakuace prodloužila, ovšem ne razantně. Všechny osoby opustili objekt za 80 sekund. Pracovník ostrahy vše zkontroloval za 186 sekund od spuštění evakuace. Křivka evakuovaných je znázorněna na Obrázku 15.

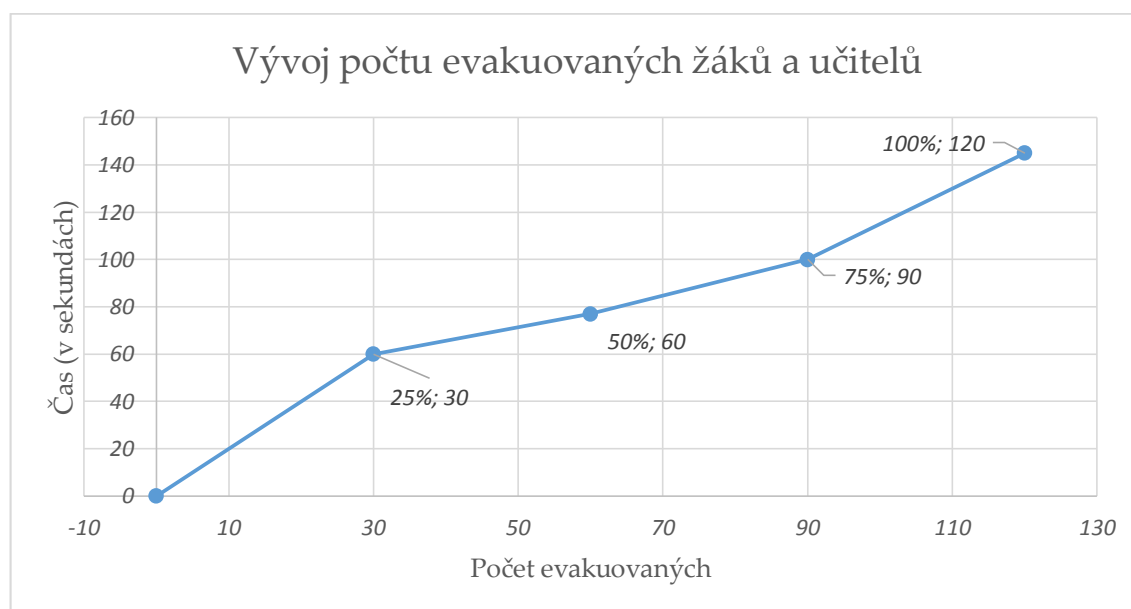


Obrázek 15 - Vývoj počtu evakuovaných v druhé simulaci (zdroj: Vlastní)

5.6. Výsledky cvičné evakuace základní školy

V době vyhlášení poplachu voláním „HOŘÍ“ (jelikož škola nedisponuje rozhlasovým zařízením) se ve škole nacházelo 109 žáků a 11 členů učitelského sboru, kteří byli rozmístěni do jedenácti tříd od šesté do deváté třídy. Všichni žáci opustili se svými učiteli školu za 145 sekund od vyhlášení evakuace. Tento čas zahrnuje obdržení informace, její vyhodnocení, vydání povelu dětem, aby se seřadili u východu z učebny a následný přesun k evakuačnímu východu vedoucímu k vnějšímu evakuačnímu schodišti. Na Obrázku 16 lze vidět vývoj počtu evakuovaných, na kterém jsou opět znázorněny hodnoty, za jak dlouho opustilo školu 25 %, 50 %, 75 % a 100 % zúčastněných.

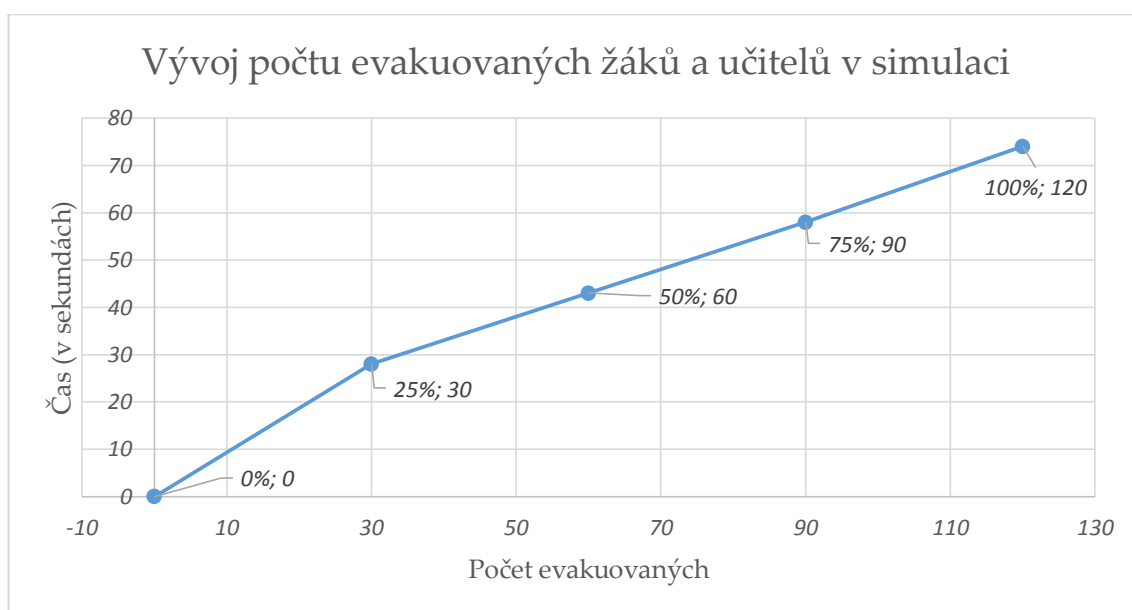
Vzhledem k absenci rozhlasového zařízení bylo zapotřebí jedné výpomocné osoby, která za neustálého volání „HOŘÍ“ musela zkontrolovat obě patra, zda se tato informace dostala do všech učeben.



Obrázek 16 - Vývoj počtu evakuovaných žáků a učitelů při cvičné evakuaci (zdroj: Vlastní)

5.7. Výsledky simulované evakuace školy

V simulované evakuaci byla škola prázdná za 74 sekund. Ovšem tohoto času bylo docíleno z více důvodů. Jedním z nich je okamžitá evakuace, kdy ihned po spuštění programu všichni opustili svá místa a směřovali nekoordinovaně k nejbližšímu východu. Byla zde tedy absence jakékoli organizovanosti ze strany vyučujících. Více dalších důvodů je rozepsáno v následující kapitole 6. *Diskuze*. Na následujícím Obrázku 17 je opět graficky znázorněn vývoj evakuace.

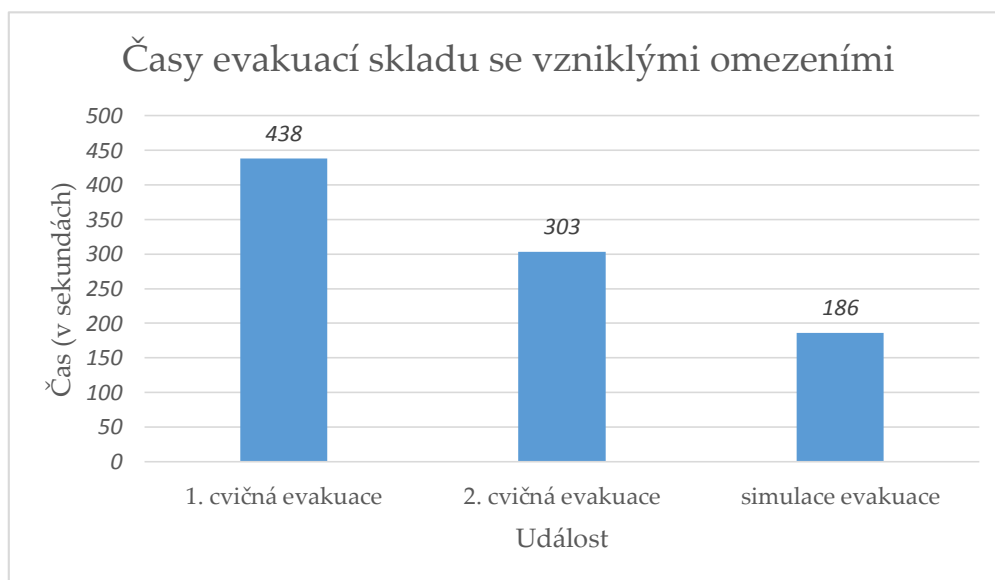


Obrázek 17 - Vývoj počtu evakuovaných žáků a učitelů v simulaci (zdroj: Vlastní)

5.8. Porovnání všech výsledků

5.8.1. Časy evakuací skladu se vzniklými omezeními

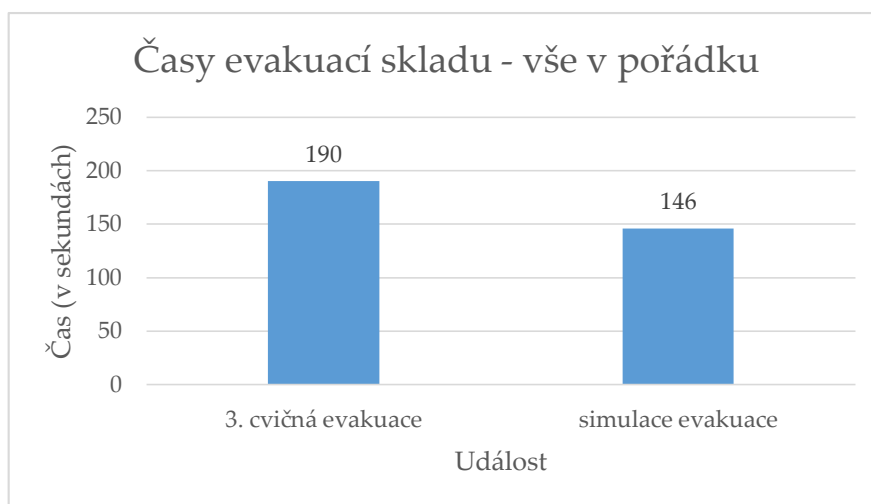
Na Obrázku 18 jsou vidět výsledné časy evakuací ze skladu v případě, kdy byly evakuační východy z různých důvodů nepoužitelné. První sloupec představuje úplně první provedenou cvičnou evakuaci, při níž byly nedostatky zjištěny. Druhý sloupec znázorňuje opět cvičnou evakuaci, ale v tomto případě již zaměstnanci věděli, že některé východy nemohou použít. Poslední sloupec ukazuje výsledný čas nasimulované evakuace s uzavřenými únikovými východy.



Obrázek 18 - Časy evakuací skladu se vzniklými omezeními (zdroj: Vlastní)

5.8.2. Časy evakuací skladu – vše v pořádku

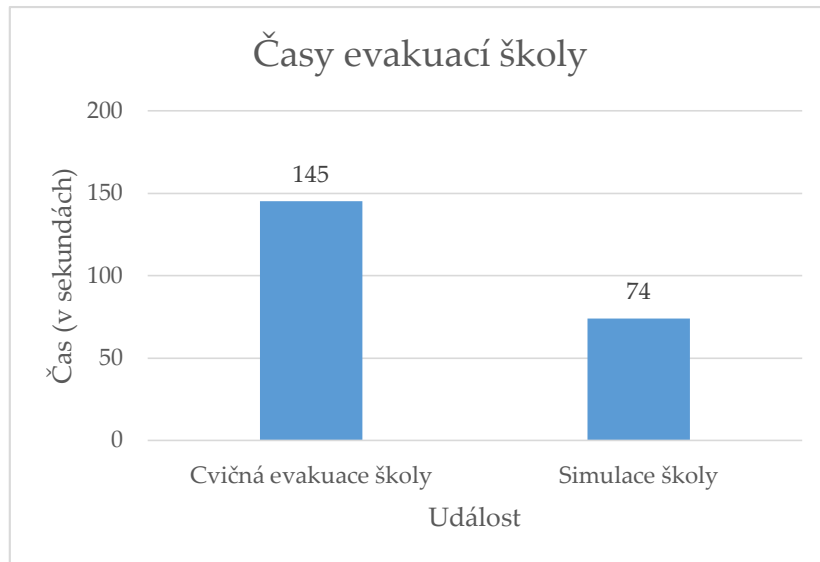
Obrázek 19 obsahuje dva sloupce, které znázorňují výsledný čas cvičné evakuace a simulované evakuace v případě, že vše probíhalo tak, jak mělo. To znamená, že veškeré únikové cesty byly přístupné a odemčené a všichni zaměstnanci se evakovali ihned po vyhlášení evakuace.



Obrázek 19 - Časy evakuací skladu – vše v pořádku (zdroj: Vlastní)

5.8.3. Časy evakuací školy

Na posledním obrázku (Obrázek 20) lze opět ve dvou sloupcích vidět výsledné časy evakuace základní školy. Sloupec vlevo znázorňuje cvičnou evakuaci, pravým sloupcem je vyobrazen čas simulované evakuace.



Obrázek 20 - Časy evakuací školy (zdroj: Vlastní)

6. Diskuze

Ke komparaci reálných evakuací a modelovaných evakuací byly využity dva objekty. Ve všech případech proběhla modelovaná evakuace rychleji než reálná, přestože byly zohledněny některé nedostatky, které bylo možné zadat v počítačovém programu. Přestože většina nedostatků byla v modelaci zohledněna, tak některé nebylo možné namodelovat, jelikož Pathfinder k jejich modelaci neposkytuje odpovídající nástroj.

V prvním objektu – skladu, došlo ke třem reálným evakuacím a ke třem simulacím v rámci softwarového nástroje, které zohledňovaly získaná data.

První reálná evakuace ve skladu probíhala se značnými potížemi, jelikož se zde nacházeli cizojazyčně mluvící pracovníci, kteří nechápali, co se děje a někteří příkazu k evakuaci neuposlechli. Současně se vyskytl problém se zablokovanými evakuačními východy, které tím nebylo možné pro odchod osob z budovy využít. Tato reálná evakuace byla nejpomalejší a provázelo ji největší množství nedostatků.

Na základě první evakuace byla v softwarovém nástroji vymodelována situace, která simulovala probíhající reálnou evakuaci. Jako výchozí data pro modelaci situace byla použita ta, která byla získána v rámci reálné situace, včetně nedostatků, které byly možné zohlednit v rámci simulace. Tudiž některým evakuujícím se osobám byla nastavena určitá zpožděná reakční doba, která v reálné evakuaci odpovídala vysvětlení situace vedoucím směny skladu cizojazyčně mluvícím pracovníkům. Zároveň byly zablokovány některé evakuační východy, které nebylo možné k evakuaci využít.

V návaznosti na první reálnou evakuaci, která neproběhla dle požadavků, došlo k druhé reálné evakuaci, kde pracovníci skladu byli obeznámeni s okolnostmi a instruováni k tomu, co mají za obdobné situace

dělat. Jelikož se jednalo o objekt skladu, kde je velké množství palet, zboží a dalších objektů, tak bylo rozhodnuto, že nedojde k odstranění zábran u všech možných evakuačních východů, ale zůstanou pouze ty, které byly dostupné při první evakuaci, o tomto faktu byli pracovníci informováni. Tato druhá evakuace dosáhla lepších výsledků než první, ale stále výsledky neodpovídají modelaci.

Druhá modelace evakuace skladu opět zohledňuje data získaná z druhé reálné evakuace. Pracovníkům již nebyla nastavena žádná zpožděná reakční doba, ale po výzvě k evakuaci dochází k odchodu osob volnými průchody. Nevýhodou tohoto softwarového nástroje je nedokonalé nastavení zatarasených východů. V případě, že je v programu nastaven zatarasený východ, tak v modelaci k němu lidé nejdou a jdou přímo k volným průchodům. V reálné situaci zjištění zatarasených východů probíhá mnohem složitěji, kdy pracovník nejdříve dojde k východu, zjistí, že je nemožné východem projít a poté hledá jiný dostupný východ. Tento fakt v simulaci není možno zohlednit, ale vzhledem k tomu, že zaměstnanci skladu si jsou vědomi toho, které východy není možno použít, tak mezi reálnou situací a modelací nedošlo k závažným rozdílům v tomto ohledu.

Třetí modelace byla simulována jako ideální situace, kdy jsou všechny evakuační východy průchodné a všichni zaměstnanci jsou instruováni, jak se mají chovat. Tato simulace dosáhla nejlepších výsledků, což není překvapením.

Na základě třetí modelace v softwarovém nástroji proběhla poslední reálná evakuace, kdy před evakuací došlo k uvolnění veškerých možných východů ze skladu a k podrobné instruktáži zaměstnanců. Je samozřejmé, že tato poslední evakuace také dosáhla nejlepších výsledků, ale jen na základě připravenosti subjektu. Je tedy důležité dodržovat veškerá bezpečnostní opatření, která ulehčují evakuaci, ale v reálných situacích především zmíněné

sklady často neodpovídají bezpečnostním opatřením, která jim jsou ukládána. Řešením by byla častější kontrola dozorného orgánu a v případě zjištění opakovaných nedostatků, uložení sankce.

Druhým objektem, kde byla prováděna evakuace, byla základní škola s žáky, kteří mají speciální potřeby a trpí určitými poruchami. V praxi se zde vyskytují žáci s autismem, hyperaktivitou a různými druhy disfunkcí. Přestože se v objektu vyskytují zmínění žáci, nedošlo zde k žádnému většímu nedostatku. Určitý problém zde skýtala nemožnost využití školního rozhlasu k vyhlášení evakuace, jelikož škola rozhlasem není vybavena. K informování učitelů a žáků byla pověřena pracovnice školy, která varovala pomocí hlasu a slov „hoří“. Specifikum evakuace školy je odchod žáků ze školy až na pokyn učitele, který v danou vyučovací hodinu učí.

Modelace evakuace školy proběhla s určitými obtížemi, jelikož počítačový program nenabízí nástroj k simulaci odchodu žáků až na pokyn učitele. Tento problém v malých školách lze vyřešit pomocí nastavení zpožděné reakční doby, ale neodpovídá to reálné situaci a v případě rozsáhlejších školních komplexů je toto řešení neefektivní a těžko realizovatelné.

Naše evakuace byla zaměřena na objekty, ale jak bylo již výše zmíněno, tak program Pathfinder lze využít i k modelaci evakuace na otevřeném prostranství. Na takto orientovanou modelaci se zaměřil E. Ronchi a kolegové, kteří modelovali situace, které mohou nastat v rámci hudebního festivalu.

Jejich práce obsahovala tři modelace, kdy jako první se prováděla preventivní evakuace jenom určité části areálu, na základě zahoření lodi v blízkosti areálů festivalu.

Druhá modelace byla zaměřena na preventivní evakuaci celého areálu z důvodu hrozby výbuchu nastražené bomby.

Poslední, třetí, evakuace byla modelována jako reakce na rozšiřující se požár lodi, jehož důsledkem je nutnost evakuace celého areálu.

Autoři při simulaci využili také možnost nastavení reakčního času návštěvníků, jako tomu bylo v našem případě, aby bylo možné simulovat běžně se pohybující osoby, ale také zdravotně postižené, nebo návštěvníky pod vlivem alkoholu, kterých na festivalech bývá velké množství. V modelaci bylo použito 30 %, takto znevýhodněných návštěvníků. Dále byly vytvořeny různé simulace s volnými průchody a zatarasenými průchody.

Na základě modelací byly vytvořeny simulace, díky nimž bylo možné stanovit rizikové části areálu, nejlepší evakuační trasy nebo nutný počet evakuačních východů. Práce obsahuje také další doporučení využitelné pro organizátory obdobných akcí. Autoři doporučují kromě simulace vytvořit i časové křivky, které mohou lépe graficky znázornit jaké množství osob a v jakém čase se ještě evakuuje. Nejčastěji jsou při modelacích využívány jen výsledné časy evakuace, které mohou být lehce zavádějící.

Dle závěrů autorů, lze počítačové modelovací nástroje využít k identifikaci kritických míst v rámci evakuace, k popsání faktorů, které evakuaci mohou ovlivnit na základě různě zadaných podmínek. Dále je nutné dle výsledků práce upravit strategii řízení davů, která by měla odpovídat reálným faktům.

Autoři dále upozorňují, že použití evakuační strategie, která snižuje průměrný čas evakuace, se nemusí docílit vyšší úrovně bezpečnosti [34].

Další možností, kdy je vhodné k simulaci evakuace využít Pathfinder je modelace tunelu. Tuto simulaci provedli Nan Mu a kolegové. Jako objekt pro modelaci si vybrali dvoutubusový tunel ve Švédsku, kde uskutečnili reálnou evakuaci a v návaznosti na experiment provedli několik modelací závislých na určitých faktorech. Výsledné informace porovnávali s reálným experimentem.

I v jejich případě došlo k tomu, že simulace pomocí softwarového nástroje vyšly lépe než v reálném prostředí. Autoři předpokládají, že rozdíl, který je mezi reálnou situací a modelací je zapříčiněn panikou, strachem, ztrátou času při získávání informací o nastalé situaci, neochotou osob k evakuaci, vlivem sociálních faktorů, nebo neochotou opustění svého majetku (automobil, osobních věci apod.)

Reálná evakuace proběhla v tunelu s tím, že jeden autobus byl ohrožen hořícím automobilem a osoby měly využít únikové východy k tomu, aby byly schopni se dostat do druhého autobusu, který nebyl zasažen. Tunel je dlouhý 1,6 km a únikové východy jsou umístěny po 100 metrech. Experimentu se účastnilo 29 osob ve 29 automobilech. Osoby nebyly seznámeny se scénářem, tudíž experiment měl být co nejvíce reálný. Chování osob bylo natáčeno na kameru a každý řidič po dosažení bezpečné trouby musel vyplnit dotazník.

Následně bylo provedeno šest simulací v programu Pathfinder a každá ze simulací měla nastaveny jiné parametry. Například při některých modelacích bylo osobám nastaveno, že nevyhledají nejbližší únikový východ, ale ten, který je ve větší vzdálenosti od požáru, k čemuž v reálných situacích dochází. V další modelaci řidiči odmítali opustit své automobily, tudíž došlo k velké časové prodlevě. Jiná simulace odpovídala sociálnímu vlivu ostatních na osobu tím, že osoba nehledá únikovou cestu sama, ale následuje jiné osoby. V páté modelaci byla simulována existence požárního poplachu a evakuačních instrukcí, čímž se docílilo rychlejšího odchodu osob z nebezpečné trouby.

Autoři v práci mimo počítačového programu Pathfinder využili k modelaci i softwarový nástroj FDS + EVAC. V závěru oba softwarové nástroje porovnávají a doporučují v jakém případě je který nástroj vhodnější [27].

Softwarové nástroje pro simulaci evakuace, jak v budovách, tak na otevřených prostranstvích jsou vhodným pomocníkem při vytváření

evakuačních plánů. Jejich nespornou výhodou je možnost provedení simulace větších evakuací, a tím získání potřebných dat, aniž by bylo nutné provádět reálnou evakuaci, která je zvláště při větším počtu osob těžce proveditelná a náročná na realizaci. Vždy je v rámci modelace vhodné provádět několik modelací, které zohledňují různé scénáře. Díky zmíněným softwarovým nástrojům je možné zhodnotit stávající evakuační plány, upravit projektovou dokumentaci staveb dle požadavků na únikové východy, průchodnost evakuačních tras atd. Dále je softwarový nástroj možné využít k modelaci specifických situací, kdy se v objektu nachází osoba se zdravotním postižením a potřebuje asistenci a možnost využití vyčleněných evakuačních tras a úniků těmito osobami. Pathfinder skýtá množství funkcí, které lze využít při plánování stavby objektu, realizace stavby i při jeho užívání.

Pro další průzkum by bylo vhodné provést několik počítačových simulací v rozdílných softwarových nástrojích pro modelaci evakuace a porovnat jejich rozdílné funkcionality, vhodnost pro jednotlivé typy evakuace s ohledem na typ objektu nebo detailnost a využitelnost získaných informací.

7. Závěr

Evakuace je jedním z hlavních nástrojů ochrany obyvatelstva, díky němuž lze zachránit životy osob, které se v místě ohrožení nacházejí. Objektová evakuace se svými specifiky liší od plošné evakuace, na kterou je nutné využít jiné počítačové programy.

Evakuační opatření lze modelovat pomocí množství jiných softwarových nástrojů, které nám mohou ulehčit práci. Ale každý z těchto nástrojů skýtá jistá pozitiva a negativa. Je nutné si uvědomit, že v počítačových programech nelze vždy zohlednit veškeré potřebné skutečnosti, které ovlivňují reálnou evakuaci, a tak výsledek počítačové simulace může být částečně zavádějící. Proto je nutné, aby modelaci prováděla znalá osoba, která má zkušenosti s reálnými evakuacemi.

Cílem diplomové práce bylo přinést ucelený pohled na softwarový nástroj Pathfinder, který je využíván především k modelaci evakuací v budovách. Jeho využití je nejvhodnější pro vlastníky budov, kde se nachází větší množství osob, ale lze jej využít v rámci celého krizového řízení, jelikož lze využít i pro modelaci plošných evakuací v rámci pořádaných festivalů a dalších obdobných akcí, které se konají na velké ploše a otevřeném prostranství.

Pomocí Pathfinderu lze vymodelovat jakýkoliv objekt, který chceme evakuovat, lze pomocí něj určit nejvhodnější evakuační trasy, riziková místa, nebo možné chování občanů.

Pathfinder je jedním z mnoha softwarových nástrojů, které lze k simulaci evakuace využít, ale jeho hlavními přednostmi je intuitivní pracovní prostředí, obsáhlé množství funkcí, které nabízí možnost vyzkoušení testovací verze na 30 dní. Určitým negativem je fakt, že tento počítačový program je jen v anglické mutaci, což může skýtat problém zvláště pro starší generace.

Vyhodnocení hypotézy

Hypotéza byla na základě provedených simulací potvrzena, tudíž je vhodné využít Pathfinder k simulaci objektových evakuací.

Díky získaným informacím z provedených simulací pomocí softwarového nástroje Pathfinder lze doporučit využití tohoto počítačového programu při modelaci evakuací v různých objektech, čehož bylo využito při modelaci objektu skladu a objektu školy. Oba objekty se od sebe liší různým vnitřním uspořádáním, polohou, rizikovými faktory a osobami, které jsou v budově přítomné. Valná většina zmíněných rozdílů je možná pomocí počítačového programu zohlednit, ale vždy je nutné brát v úvahu lidský faktor, který může extrémně ovlivnit průběh evakuace.

Přestože Pathfinder nabízí několik funkcí nastavení chování evakuujících se osob, tak pomocí něj nelze plně pokrýt všechny možné scénáře, které mohou během evakuace nastat. Z tohoto důvodu je doporučeno, aby u případných modelací byla přítomna osoba, která má praktické zkušenosti s reálnými evakuacemi, popř. aby tato osoba sama simulaci vytvářela a nastavovala jednotlivé parametry chování evakuovaných.

8. Seznam použitých zdrojů

8.1. Seznam literatury

1. BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK. *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti*. 2., výrazně přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2008. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-2279-5.
2. *Bojový řád jednotek požární ochrany*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-026-5.
3. BRUCKNER, Tomáš. *Tvorba informačních systémů: principy, metodiky, architektury*. Praha: Grada, 2012. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4153-6.
4. BUREŠ, Vladimír. *Znalostní management a proces jeho zavádění: průvodce pro praxi*. Praha: Grada, 2007. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-1978-8.
5. KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Miloš DRDLA. *Strategické řízení firemních informací: teorie pro praxi*. Praha: C.H. Beck, 2003. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-717-9730-8.
6. KOCH, Miloš. *Management informačních systémů*. Vyd. 2., přeprac. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-214-3735-7.
7. KOCH, Miloš a Viktor ONDRÁK. *Informační systémy a technologie*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-214-3732-6.
8. KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše a FOLWARCZNY, Libor. *Ochrana obyvatelstva*. 2., aktualiz. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-134-7.

9. LUKÁŠ, Luděk, Petr HRŮZA a Milan KNÝ. *Informační management v bezpečnostních složkách*. Praha: Ministerstvo obrany České republiky, 2008. ISBN 978-80-7278-460-8.
10. *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. Praha: Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
11. ŘEHÁK, David, Bohumír MARTÍNEK a Petra RŮŽIČKOVÁ. *Ochrana obyvatelstva v kontextu aktuálních bezpečnostních hrozeb*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-169-9.
12. SKLENÁK, Vilém. *Data, informace, znalosti a Internet*. Praha: C.H. Beck, 2001. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-717-9409-0.
13. TVRDÍKOVÁ, Milena. *Aplikace moderních informačních technologií v řízení firmy: nástroje ke zvyšování kvality informačních systémů*. Praha: Grada, 2008. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-2728-8.
14. VALÁŠEK, Jarmil a František KOVÁŘÍK. *Krizové řízení při nevojenských krizových situacích: účelová publikace pro krizové řízení*. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2008. ISBN 978-80-86640-93-8.
15. VILÁŠEK, Josef a Jan FUS. *Krizové řízení v ČR na počátku 21. století*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2170-8.
16. VOŘÍŠEK, Jiří, Jan PAVELKA a Miroslav VÍT. *Aplikační služby IS/ICT formou ASP: proč a jak pronajímat infromatické služby*. Praha: Grada, 2004. Management v informační společnosti. ISBN 80-247-0620-2.
17. VYMĚTAL, Dominik. *Informační systémy v podnicích: teorie a praxe projektování*. Praha: Grada, 2009. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-247-3046-2.

8.2. Seznam vyhlášek a zákonů

18. Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci). In: *Sbírka zákonů*. 29. 6. 2001
19. Vyhláška č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva. In: *Sbírka zákonů*. 9. 8. 2002
20. Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). In: *Sbírka zákonů*. 28. 6. 2000

8.3. Seznam internetových zdrojů

21. ALOHA software. *United States Environmental Protection Agency* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>
22. DROZDEK, Marek a Katarína JELIŠOVSKÁ. *Informační podpora krizového řízení: se zaměřením na práci s geoinformačním systémem ArcGIS* [online]. Opava, 2013 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://projects.math.slu.cz/AM/activ/soubory/opory/InfPodKrR.pdf>. Slezská univerzita v Opavě.
23. GridFlow. *The International Association for Fire Safety Science* [online]. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://www.iafss.org/publications/fss/7/941/view>
24. Informační podpora zajišťování věcných zdrojů. *Správa státních hmotných rezerv* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: http://www.sshr.cz/pro-verejnou-spravu/informacn_podpora_zajistovani_vecnych_zdroju/Stranky/default.aspx

25. InNET Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, HomeL – homel.vsb.cz [on-line], 2012, HISTORICKÉ ETAPY VE VÝVOJI INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ)
26. KARHONEN, Timo. *Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac* [online]. 2017 [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/documents/FDS+EVAC_Guide.pdf
27. MU, Nan a Wei-guo SONG. *Simulation of Evacuation in a Twin Bore Tunnel: Analysis of Evacuation Time and Egress Selection* [online]. 2014 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814004664>
28. Office for the Assistant Secretary of Defence for Nuclear, Chemical, and Biological Defence Programs. *Specialized Radiological Monitoring and Hazard Assessment Capabilities* [online]. [cit. 2017-02-15]. Dostupné z: http://www.acq.osd.mil/ncbdp/narp/Radiation_Data/Specialized_Radiological.htm
29. Pathfinder. *Thunderhead engineering* [online]. [cit. 2017-02-16]. Dostupné z: <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/pathfinder-features/>
30. Peopleware. *Computerhope* [online]. 2017 [cit. 2017-01-19]. Dostupné z: <http://www.computerhope.com/jargon/p/peopware.htm>
31. PyroSim. *Thunderhead engineering* [online]. [cit. 2017-02-16]. Dostupné z: <https://www.thunderheadeng.com/pyrosim/pyrosim-features/>
32. Rozex alarm. *Tlp-emergency* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.tlp-emergency.com/rozex.html>
33. RONCHI, Enrico. *EVACUATION MODELLING IN ROAD TUNNEL FIRES* [online]. Bari, 2012 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: http://enricoronchi.weebly.com/uploads/4/1/0/5/4105486/phd_thesis_-_ronchi_final_-_18_03_2012.pdf

34. RONCHI, E., F. NIETO URIZ, X. CRIEL a P. REILLY. *Modelling large-scale evacuation of music festivals* [online]. 2016 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214398X15300066>
35. STEPS. *Mott MacDonald* [online]. [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://www.steps.mottmac.com/>
36. ŠMÍD, Vladimír. *Management informačního systému Masarykovy univerzity* [online]. Brno, 1995.
37. XVR, aneb výuka řízení zásahu pomocí počítače. *Požáry.cz* [online] [cit. 2017-02-14]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/47738-xvr-aneb-vyuka-rizeni-zasahu-pomoci-pocitace/>

9. Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 - Základní zobrazení programu (zdroj: SW nástroj Pathfinder)	46
Obrázek 2 - Přízemí skladu (zdroj: SW nástroj Pathfinder)	48
Obrázek 3 - Přízemí skladu s dveřmi a průchody (zdroj: SW nástroj Pathfinder)	49
Obrázek 4 - Galerie s dětským zbožím a šperky (zdroj: SW nástroj Pathfinder).....	50
Obrázek 5 - Galerie s elektronikou (zdroj: SW nástroj Pathfinder).....	50
Obrázek 6 - Regály a prostor pro mražené a chlazené (zdroj: SW nástroj Pathfinder)	51
Obrázek 7 - Galerie s drogerií (zdroj: SW nástroj Pathfinder).....	51
Obrázek 8 - Kanceláře v prvním patře (zdroj: SW nástroj Pathfinder).....	52
Obrázek 9 - Kompletní pohled na sklad (zdroj: SW nástroj Pathfinder).....	53
Obrázek 10 - Kompletní model školy (zdroj: SW nástroj Pathfinder)	56
Obrázek 11 - Vývoj počtu evakuovaných zaměstnanců při první evakuaci (zdroj: Vlastní)	60
Obrázek 12 - Vývoj počtu evakuovaných zaměstnanců při druhé evakuaci (zdroj: Vlastní)	61
Obrázek 13 - Vývoj počtu evakuovaných zaměstnanců při třetí evakuaci (zdroj: Vlastní).....	62
Obrázek 14 - Vývoj počtu evakuovaných v první simulaci (zdroj: Vlastní)	63
Obrázek 15 - Vývoj počtu evakuovaných v druhé simulaci (zdroj: Vlastní)	64
Obrázek 16 - Vývoj počtu evakuovaných žáků a učitelů při cvičné evakuaci (zdroj: Vlastní)	65
Obrázek 17 - Vývoj počtu evakuovaných žáků a učitelů v simulaci (zdroj: Vlastní).....	66
Obrázek 18 - Časy evakuací skladu se vzniklými omezeními (zdroj: Vlastní)	67
Obrázek 19 - Časy evakuací skladu - vše v pořádku (zdroj: Vlastní)	68
Obrázek 20 - Časy evakuací školy (zdroj: Vlastní)	69

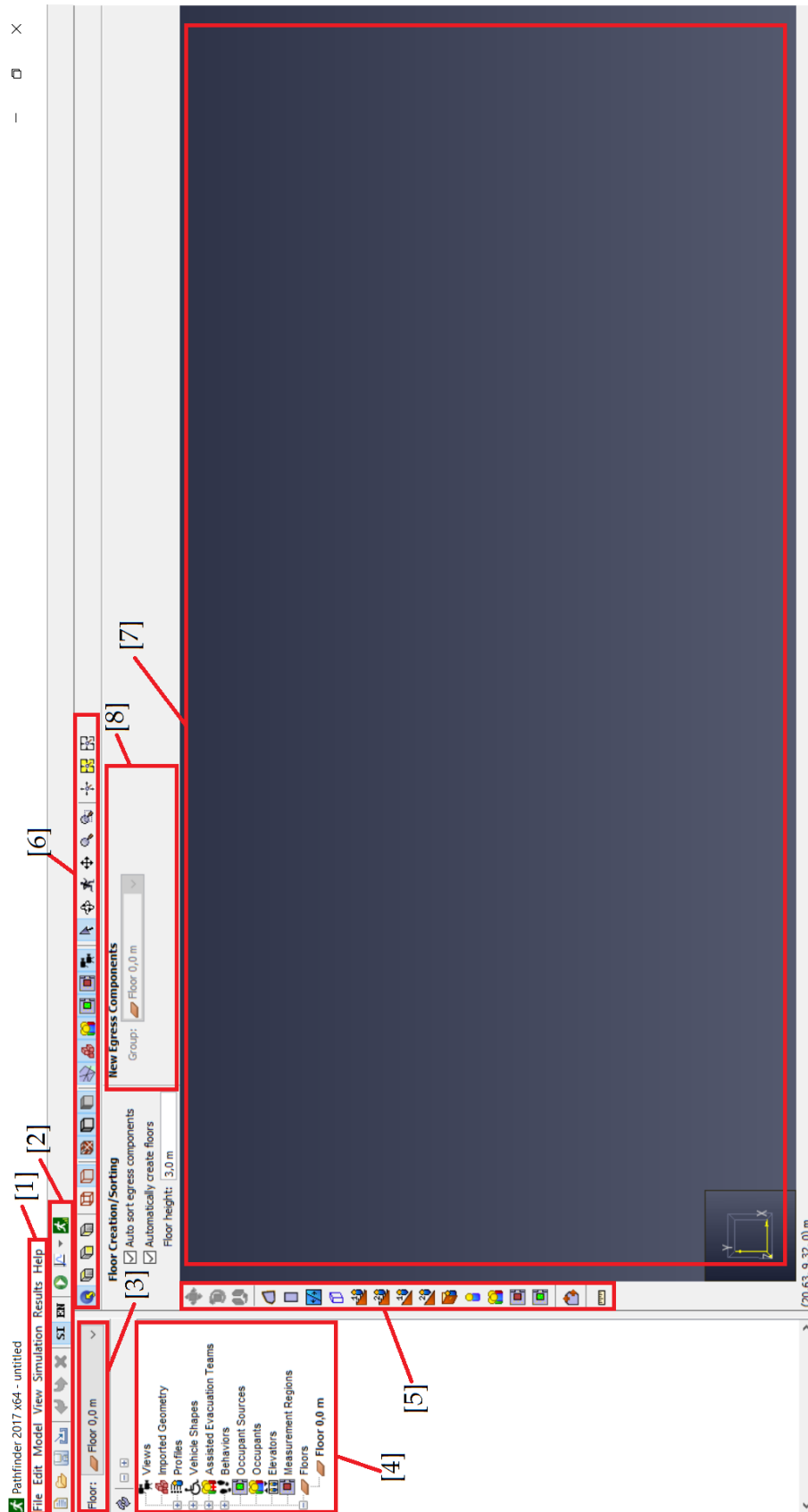
10. Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 - Porovnání softwarových programů pro simulaci evakuace	30
---	----

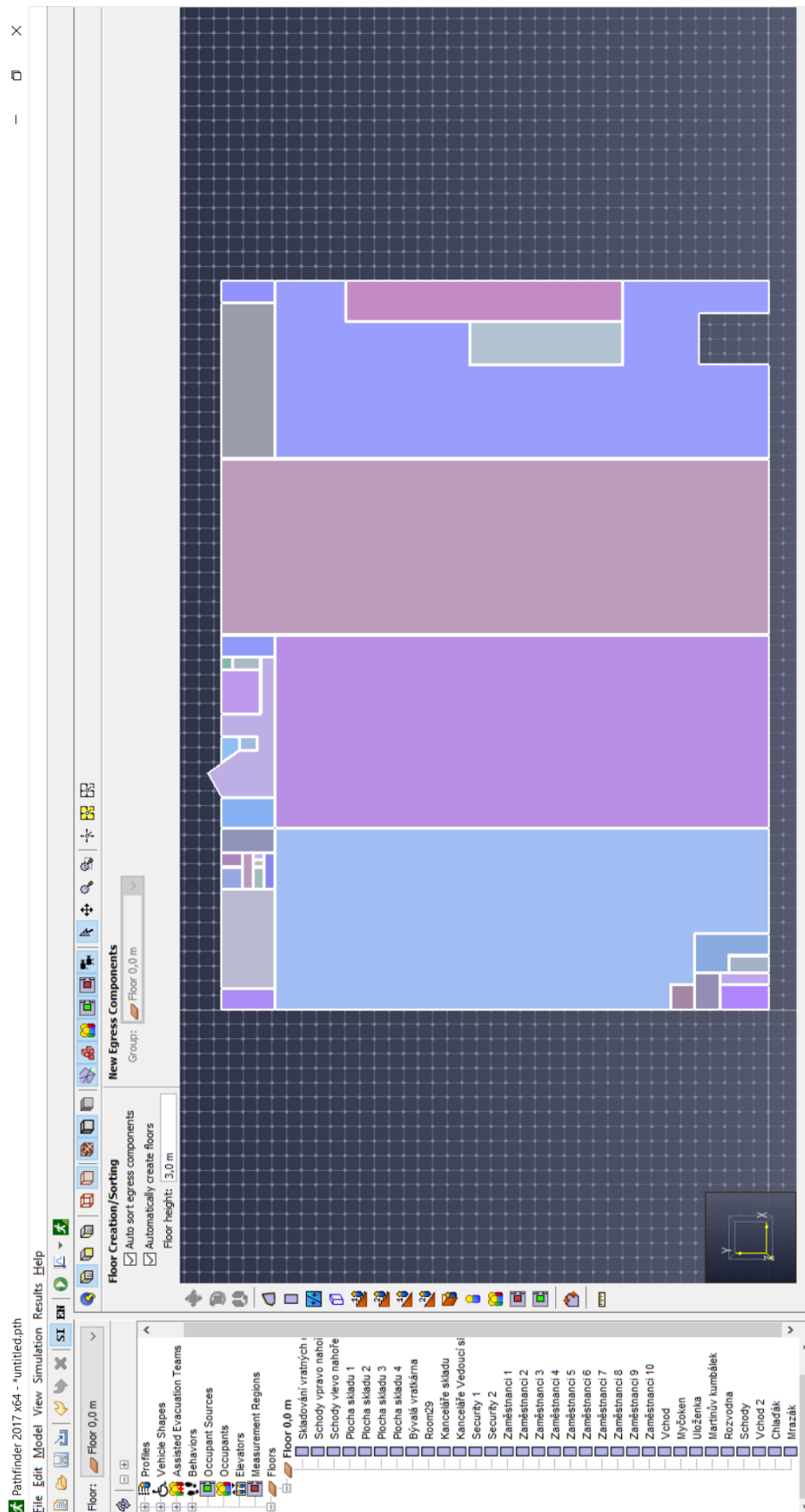
11. Seznam příloh

Příloha 1	83
Příloha 2	84
Příloha 3	85
Příloha 4	86
Příloha 5	87
Příloha 6	88
Příloha 7	89
Příloha 8	90
Příloha 9	91
Příloha 10	92

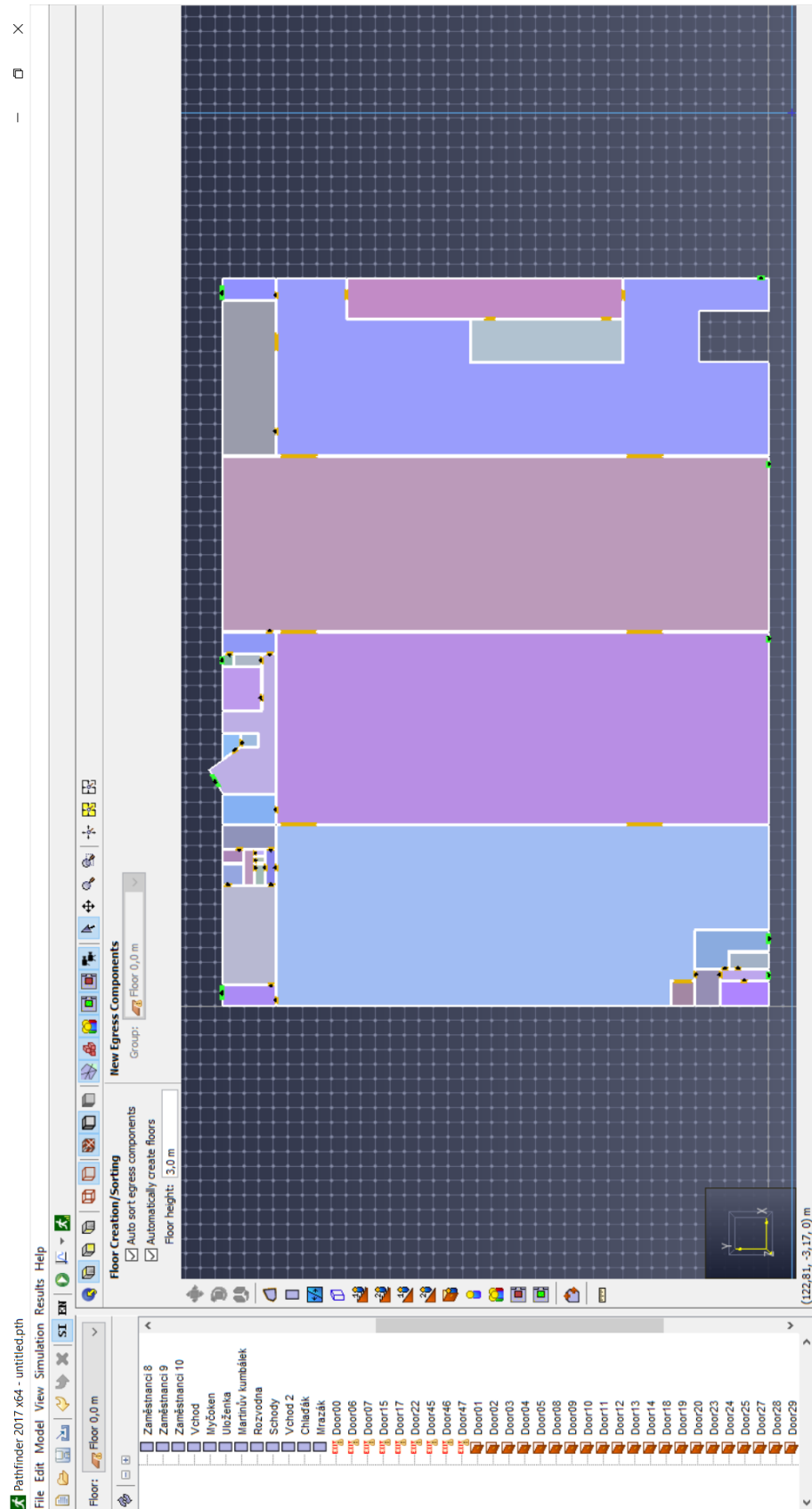
Příloha 1



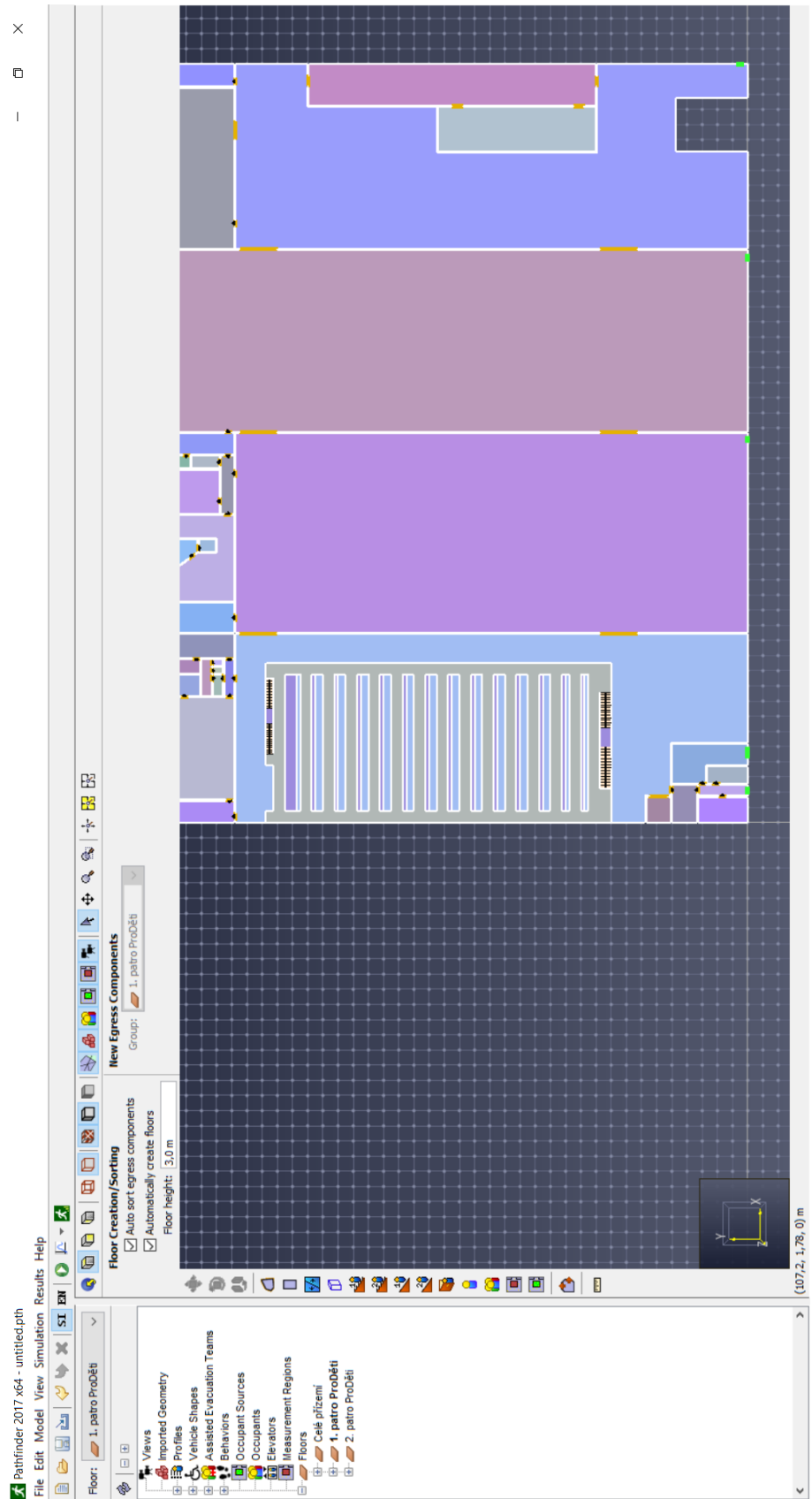
Příloha 2



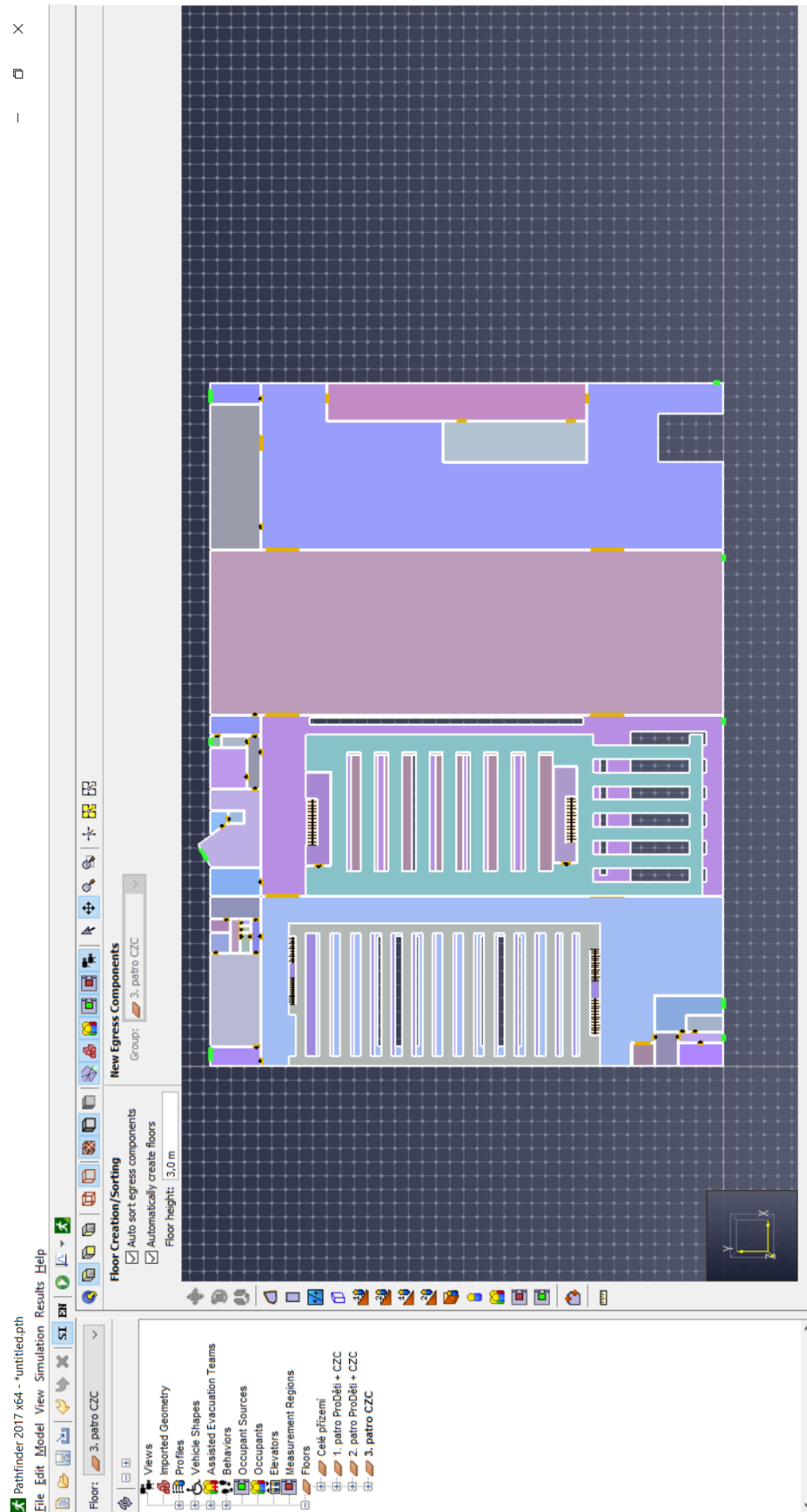
Příloha 3



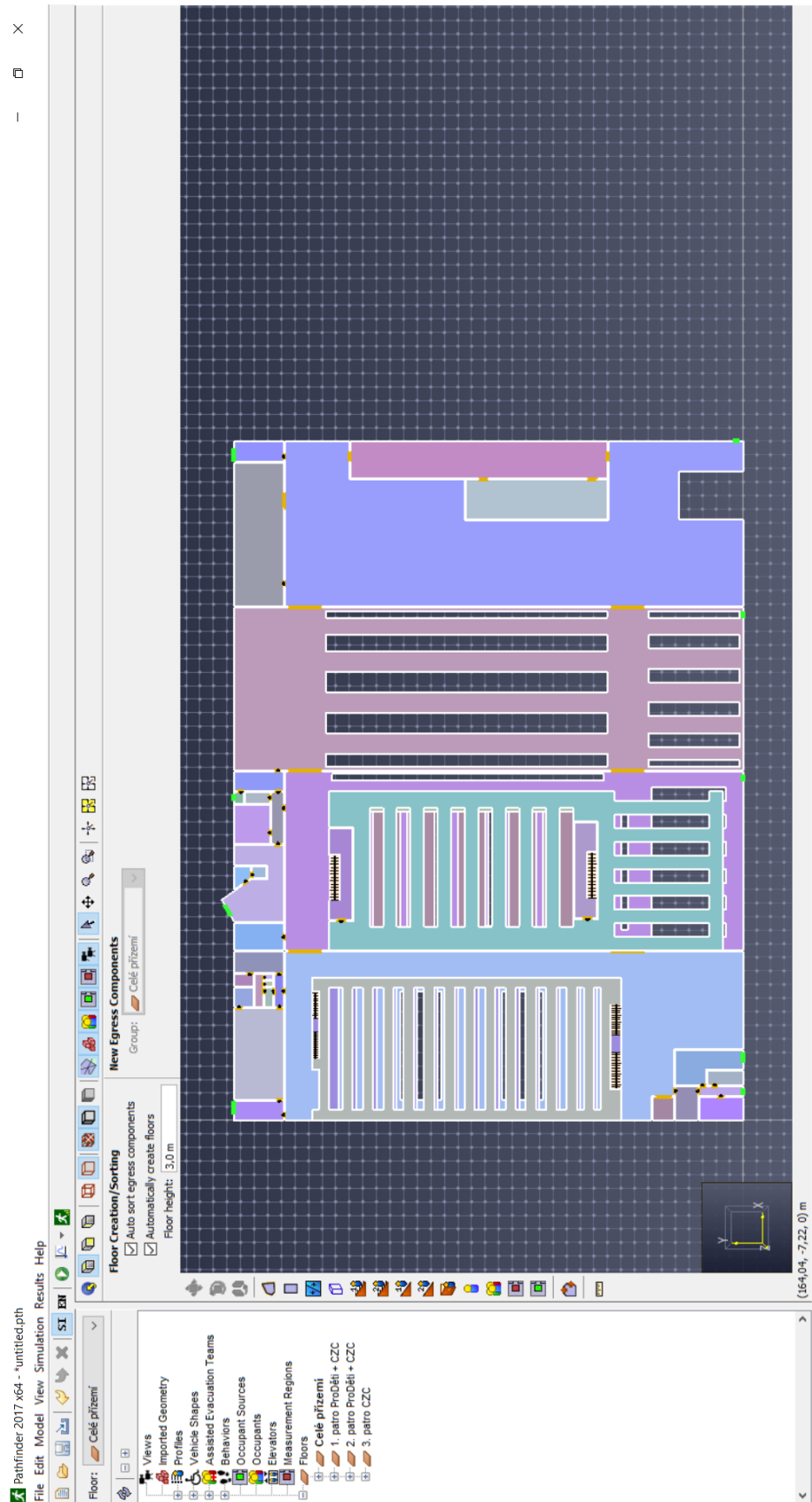
Příloha 4



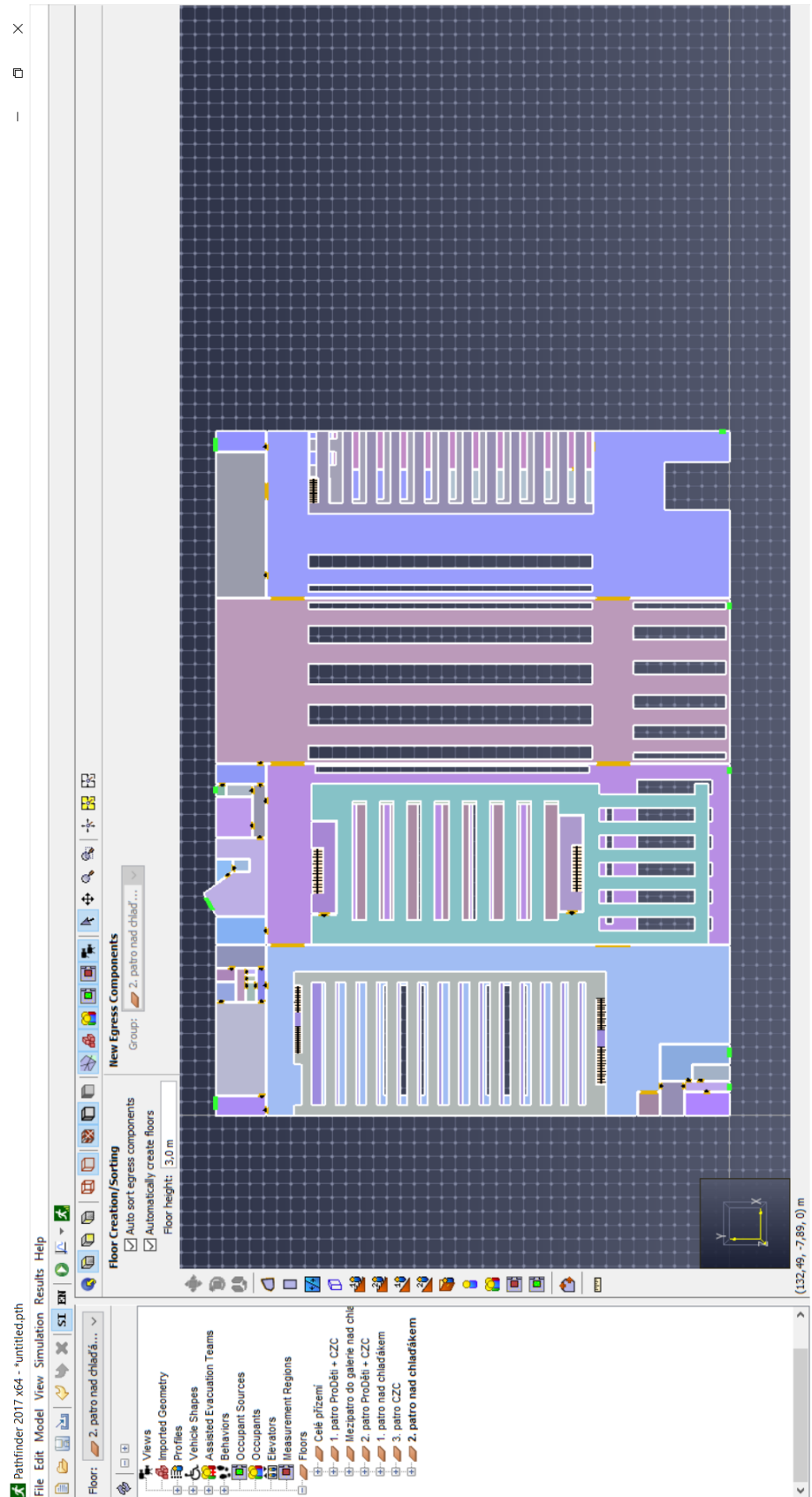
Příloha 5



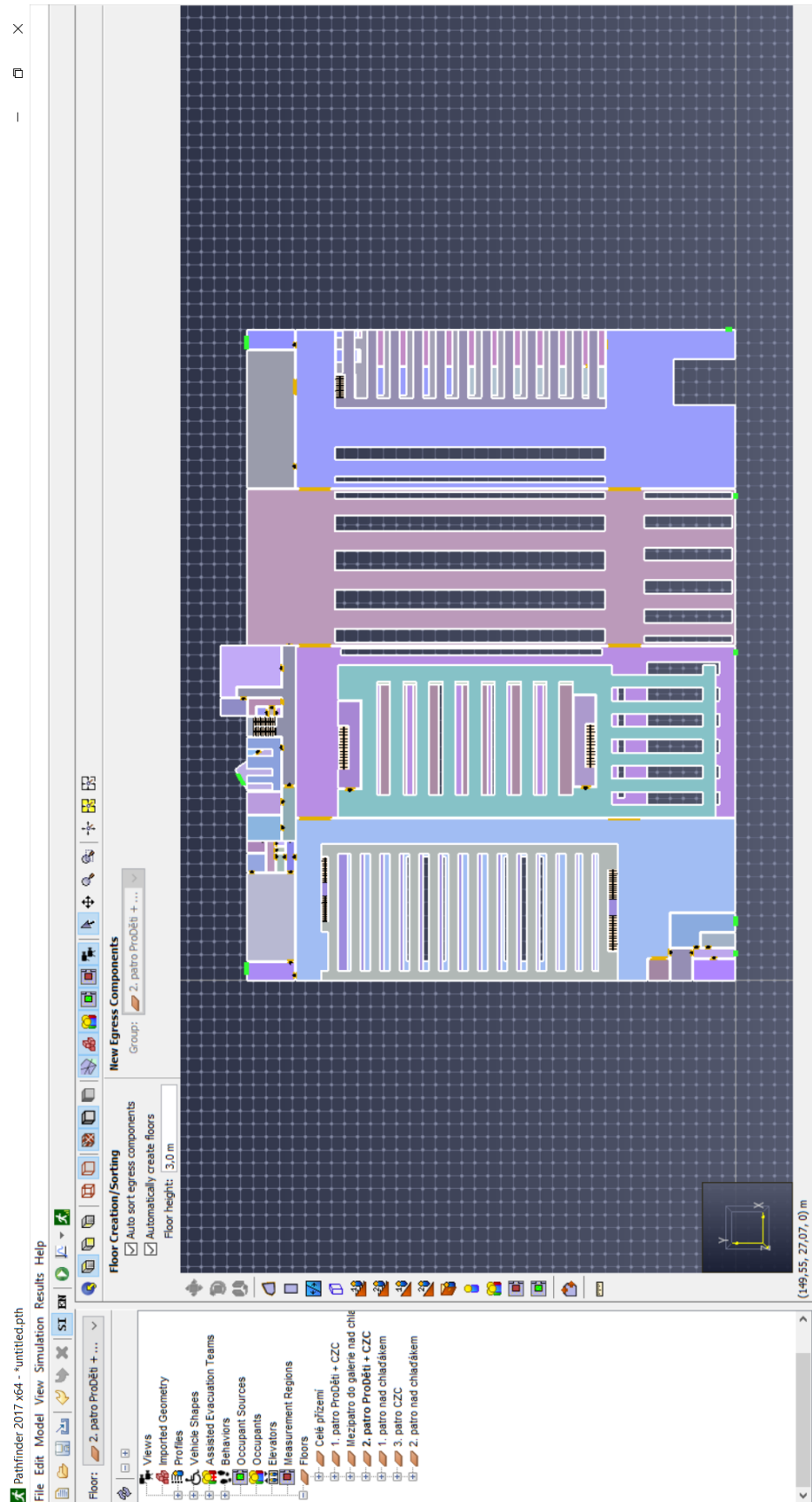
Příloha 6



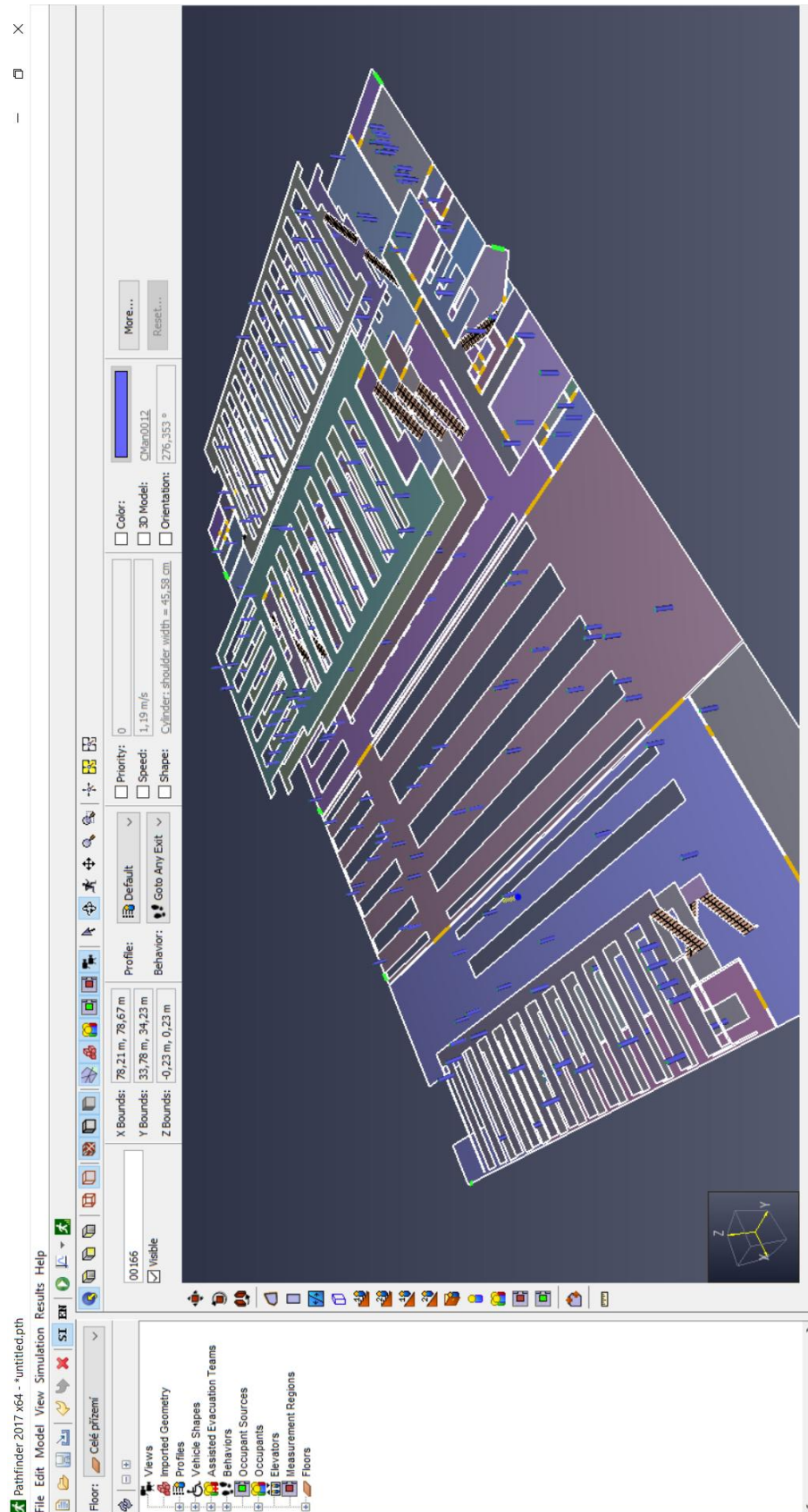
Příloha 7



Příloha 8



Příloha 9



Příloha 10

