

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Studijní program: Integrovaná bezpečnost staveb

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**DETEKCE POŽÁRU V DŘEVĚNÝCH HISTORICKÝCH
OBJEKTECH**

FIRE DETECTION IN WOODEN HISTORICAL BUILDINGS

Bc. Martin Kovář

vedoucí práce: Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kovář Jméno: Martin Osobní číslo: 468473
Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov
Studijní program: Integrální bezpečnost staveb
Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Detekce požáru v dřevěných historických objektech
Název diplomové práce anglicky: Fire Detection in Wooden Historic Buildings

Pokyny pro vypracování:

V teoretické části zpracujte rešerši zabývající se elektrickou požární signalizací v historických objektech.

Na příkladech požárů v České republice a ve světě analyzujte nejčastější příčiny požárů.

V praktické části vytvořte model v programu FDS a porovnejte rychlosti detekce požáru ve zvonici v Železném Brodě pro dva odlišné systémy elektrické požární signalizace. Na základě výsledků zhodnoťte vhodnost použití jednotlivých systémů.

Seznam doporučené literatury:

Požární ochrana památkových objektů, NPÚ, 2015.

Vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, MV ČR, 2008.

Vyhláška 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonů státního dozoru (vyhláška o požární prevenci), MV ČR, 2001.

MCGRATTAN, K., S. HOSTIKKA, J. FLOYD, R. MCDERMOTT, M. VANELLA, Fire Dynamics Simulator User's Guide. 6th ed., National Institute of Standards and Technology, 2020.

Dudáček, A. Automatická detekce požáru, SPBI, 2008.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 20.9.2021 Termín odevzdání diplomové práce: 2.1.2022
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Martin Kovář

Název diplomové práce: Detekce požáru v dřevěných historických objektech

Základní část: Technická zařízení budov podíl: 100 %

Formulace úkolů: V rešerši se zaměřte především na příčiny vzniku požáru v dřevěných historických budovách a možnosti střežení těchto objektů pomocí elektrické požární signalizace. V praktické části vytvořte model dřevěné zvonice v Železném Brodě, která byla v minulosti zasažena požárem. Zvolte vhodný požární scénář a porovnejte rychlost detekce pro 2 typy hlásičů požáru.

Podpis vedoucího DP: Datum:

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

Prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 2. ledna 2022

.....

Bc. Martin Kovář

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Pavle Pechové, Ph.D., za cenné rady, ochotu při konzultacích a vstřícný přístup. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a mé přítelkyni za podporu během mého studia na vysoké škole.

V Praze dne 2. ledna 2022

.....

Bc. Martin Kovář

Obsah

Abstrakt	VII
Abstract	VII
Seznam použitých symbolů a zkratk	VIII
1 Úvod	9
1.1 Motivace	9
1.2 Stanovení výzkumné otázky	9
1.3 Cíle práce	9
2 Současný stav poznání	10
2.1 Požární bezpečnost v historických stavbách	10
2.1.1 Požární ochrana památkových objektů dle NPÚ	11
2.1.2 Požární ochrana památkových objektů dle legislativy	12
3 Detekce požáru v historických stavbách	13
3.1 Hlásiče užívané v historických stavbách	14
3.1.1 Tlačítkové hlásiče požáru	14
3.1.2 Bodové hlásiče teplot	15
3.1.3 Liniové hlásiče teplot	15
3.1.4 Bodové optické hlásiče kouře	17
3.1.5 Duální a multisenzorové detektory	17
3.1.6 Nasávací (aspirační) detektory kouře	18
3.1.7 Lineární optické detektory kouře	19
3.1.8 Požární videodetekce	20
3.1.9 Bezdrátové detektory	21
4 Příčiny požárů v dřevěných historických stavbách	21
4.1 Technické závady	22
4.2 Nedbalost	22
4.3 Úmyslný požár	23
4.4 Komíny	24
5 Příklady požárů v dřevěných historických stavbách	25
5.1 Požáry v České Republice	25
5.1.1 Požár kostela v Ostravě	25
5.1.2 Požár kostela Božího těla	25
5.1.3 Požár chaty Libušín	26
5.2 Požáry v zahraničí	28
5.2.1 Požáry norských kostelů	28
5.2.2 Požár kostela v Kondopoze	28
6 Praktický příklad současného stavu	30
6.1 Výpočetní software	30
6.2 Popis řešené zvonice	31
6.3 Požár řešené zvonice	32
6.4 Výpočetní model	33

6.4.1	Geometrie modelu	34
6.4.2	Požární scénář.....	35
6.4.3	Vstupní parametry výpočtu.....	35
6.4.4	Modelování hlásičů požáru.....	36
6.5	Výsledky analýzy.....	38
7	Závěr diplomové práce	40
	Seznam obrázků	41
	Seznam tabulek.....	43
	Literatura	44

Příloha A Zdrojový kód pro program FDS

Abstrakt

Diplomová práce řeší problematiku detekce požárů v dřevěných historických budovách a její modelaci v softwaru FDS (Fire Dynamics Simulator). V úvodu je stručně shrnuto, proč je detekce v dřevěných historických budovách velmi důležitá.

V teoretické části práce je popsána současná legislativa řešící tuto problematiku. Dále jsou v práci popsány hlásiče elektrické požární signalizace vhodné pro využití v památkách. V neposlední řadě jsou v práci shrnuty nejčastější příčiny požárů historických staveb a ukázky reálných staveb, kde k požáru z některého z jmenovaných důvodů došlo.

Praktická část je zaměřena na modelaci požáru a jeho detekci v programu FDS, konkrétně v objektu historické zvonice v Železném Brodě, která v roce 2007 podlela požáru. Porovnání časů detekce dvou různých systémů elektrické požární signalizace má prokázat, který systém je vhodnější pro objekt.

Klíčová slova

historické budovy; detekce požáru; příčiny požáru; dřevěná konstrukce; elektrická požární signalizace (EPS); hlásiče požáru; model požáru; Fire Dynamics Simulator (FDS); zvonice; žhářství

Abstract

This masters thesis deals with fire detection in wooden historical structures and its modelling in software. The introduction briefly summarizes why is fire detection in these types of buildings crucial.

The theoretical part describes status quo of the legislative requirements of this issue. This part also describes different detectors of electrical fire alarm system and its usage in historical buildings. Lastly, this part summarizes most frequent sources of fire in historical buildings and examples of real fires in them.

The practical part is focused on the fire modelling and its detection in FDS software, concretely in the historical belfry in Železný Brod, which burned down in 2007. The comparison of times of detection of two systems is supposed to determine, which of these systems is more suitable for this building.

Keywords

historical buildings; fire detection; sources of fire; wooden structure; electrical fire alarm system; smoke detectors; fire model; Fire Dynamics Simulator (FDS); belfry; arson

Seznam použitých symbolů a zkratek

Zkratky

EPS	Elektrická požární signalizace
HZS	Hasičský záchranný sbor
NPÚ	Národní památkový ústav
SHZ	Stabilní hasicí zařízení
JPO	Jednotky požární ochrany
PBZ	Požárně bezpečnostní zařízení
FDS	Fire Dynamics Simulator (software)
OPIS	Operační a informační středisko

1 Úvod

1.1 Motivace

Problematika požárů v historických budovách je stále aktuální téma. Od roku 2006 do roku 2018 bylo zaznamenáno 180 požárů historických objektů [1]. Tyto objekty, ať již byly ve stavech dobrých či špatných, mají pro nás nevyčísitelnou kulturní hodnotu, kterou v případě ztráty ani sebelepší replika nedokáže plnohodnotně nahradit. V tabulce 1 je vidět přehled škod a ztrát na životech při jednotlivých požárech.

Tab. 1: Tabulka počtu požárů památek a škod v ČR [1]

Požáry památek	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Počet požárů	18	10	18	15	10	18	20	8	13	16	12	16	6
Přímá škoda (v tis. Kč)	2724	6339,5	939	9690	1152,7	8258	15917	343,4	83400	23961,9	8264,4	52881	10130
Uchráněno (v tis. Kč)	40052	6620	15030	61760	6150	103630	62700	85100	37000	43400	52720	8405	26950
Usmrceno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Zraněno	0	0	0	0	3	1	5	0	1	1	1	1	1

Největší škody, co se požárů týče, vznikají právě u celodřevěných konstrukcí objektů, a proto jsou rizikovější skupinou v oblasti historických staveb. Právě proto je téma této práce důležité a je potřeba se mu věnovat podrobněji.

1.2 Stanovení výzkumné otázky

Jak již bylo zmíněno, největší škody při požárech historických budov vznikají u těch staveb, které jsou celodřevěné konstrukce. Ne všechny historické stavby jsou však památkově chráněné, a tak na některé nevzniká povinnost vybavenosti elektrickou požární signalizací (dále jen jako EPS) dle vyhlášky č. 23/2008 Sb. § 26 [2]. V případě požáru se pak nabízí u těchto budov otázka, jak by EPS urychlila detekci požárů a zabránila tak větším ztrátám.

1.3 Cíle práce

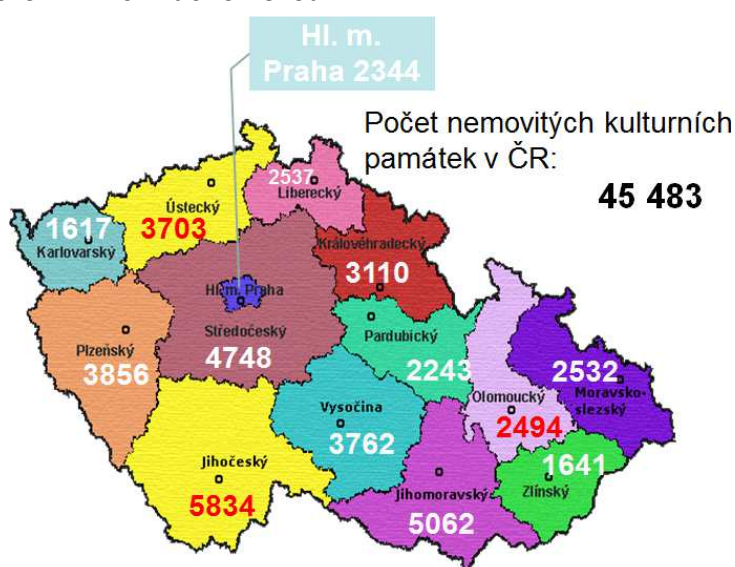
Hlavními cíli práce jsou:

- 1) Seznámení čtenáře s postupy Národního památkového ústavu a legislativou týkající se požární ochrany historických objektů.
- 2) Seznámení čtenáře s druhy detekce požáru využívaných v historických objektech.
- 3) Představení hlavních příčin požárů na reálných příkladech v ČR a ve světě.
- 4) Model detekce požáru v historické zvonici v programu FDS a následné porovnání rychlosti detekce dvou různých systémů.

2 Současný stav poznání

Požáry historických objektů jsou pro zásah hasičského záchranného sboru (dále jen jako HZS) jedny z nejobtížnějších případů. Mezi problémy by se dalo jmenovat například obtížná dostupnost pro hasební techniku (turistické chaty v horách), evakuace exponátů (muzea), složité dispozice, četné komíny (zámky), hořlavost konstrukcí (dřevěné stropy, celodřevěné budovy) nebo fakt, že historické budovy neodpovídají současným požárním standardům.

Jak ukazuje obrázek 1, v České republice je evidováno přes 45 000 kulturních památek a 531 národních kulturních památek (k datu 16. 3. 2017) [3]. Toto číslo představuje jen ty nejvýznamnější historické objekty. Historických objektů je tedy samozřejmě více a tím větší je riziko, že v některém z nich začne hořet.



Obr. 1: Přehled nemovitých kulturních památek v ČR [3]

2.1 Požární bezpečnost v historických stavbách

V současné době chybí v legislativě norma, která by se přímo zabývala problematikou požárů v historických budovách. Této problematice se věnovala ČSN 73 0849-PBS-Nemovité kulturní památky, která byla ovšem v roce 1988 zrušena. Současně se ale objevují názory, že norma řešící tuto problematiku je potřebná [1].

Přístupem k věci je tedy úzká spolupráce s Národním památkovým ústavem (dále jen jako NPÚ) a HZS s cílem na maximální zabezpečení a na zachování estetiky, tj. aby prostředky požární ochrany co nejméně narušovaly historický vzhled. Tyto instituce se řídí svými odbornými a metodickými publikacemi a také zákony a vyhláškami, které se týkají požární problematiky.

2.1.1 Požární ochrana památkových objektů dle NPÚ

Metodika, kterou se řídí NPÚ spočívá v managementu ochrany, strategii a analýze rizika poškození památky požárem. Hlavním cílem je co nejvíce snížit pravděpodobnost, že by riziko mohlo nastat. Nejlevnější a nejrychlejší metodou pro řešení tohoto problému je dotazník, který je znázorněn na obrázku 2. Ten v praxi vypracuje osoba kvalifikovaná ve správě památky nebo externista, který je do provozu památky zasvěcen [4]. Na základě tohoto dotazníku a z něho vyhodnocených rizik pak může vedení objektu zajistit opatření pro snížení rizika.

Řízení rizika sestává z těchto úkolů:

- Preventivně připravovat nástroje k eliminaci či řešení krizových situací.
- Připravovat zaměstnance a veřejnou správu pro vykonávání činností za krizových stavů.
- Provádět průběžný monitoring s důrazem na vyhledávání rizik.

Druh události	pravděpo- dobnost rizika	závažnost rizika	pořadí dle priorit k řešení
živelné pohromy			
záplavy			
vichřice a bouře			
rozsáhlé požáry			
zemětřesení			
atmosférické přepětí			
nezákonné akty			
krádež			
vloupaní			
vandalismus			
žhářství			
okradení návštěvníků			
fyzické násilí			
nehody nebo selhání			
zranění zaměstnanců nebo návštěvníků			
výpadek dodávky energií			
výpadek zabezpečovacích technologií			
výpadek v práci personálu			
jiné mimořádné události			
požár			
zatopení z vodovodního řádu			
zatopení vodou z topných těles			
překročení mezních hodnot mikroklimatu			

Obr. 2: Příklad jednoduchého dotazníku na odhad rizika [4]

Riziko však nikdy nelze zcela odstranit. Lze ho však potlačit na akceptovatelné riziko, tedy riziko, které vyhovuje limitním hodnotám danými legislativou.

2.1.2 Požární ochrana památkových objektů dle legislativy

V rámci české legislativy jsou vyhlášky, které se zabývají problematikou požární bezpečnosti v historických objektech.

Jako první stojí za zmínění je zde vyhláška č. 23/2008 Sb. O technických podmínkách požární ochrany staveb. Tato vyhláška je určena k stanovení technických podmínek požární ochrany pro navrhování, provádění a užívání stavby. Tématu historických staveb se týkají §26 – Stavba památkově chráněná a §27 – Ochrana movitých kulturních památek. V §26 je jasně stanoveno, že stavba památkově chráněná musí být vybavena EPS nebo hlásičem požáru použitým v elektrické zabezpečovací signalizaci. Dále paragraf říká, že stavba musí být vybavena i stabilním hasicím zařízením (dále jen jako SHZ) v jedinečných prostorech, ve kterých jsou historické sbírky nebo v jedinečných dřevěných stavbách. V §27 je zase přikázáno, že část stavby, v níž jsou umístěny movité kulturní památky, musí být vybavena EPS a SHZ v případě, jde-li o jedinečnou sbírku historických předmětů [2].

Další vyhláška, která stojí za zmínění je vyhláška č. 246/2001 Sb. O stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru. Zde §18 říká, jak členit provozy v objektu podle míry požárního nebezpečí v závislosti na podmínkách pro zásah [5]. Historické turistické chaty jsou mnohdy v horách v lokalitách, kam je velmi špatný přístup jednotek HZS v zimě. Příkladem je toho chata Návrší na obrázku 3. Dále bývá časté, že historické stavby mívají složité dispozice.



Obr. 3: Historická horská chata Návrší [6]

Jak již ale bylo zmíněno v předchozích kapitolách, současná legislativa postrádá normu, která by se přímo tomuto tématu věnovala. Zrušená ČSN 73 0849 by mohla stanovit přesné a jednoznačné podmínky, které by bylo třeba dodržet a tím snížit riziko ztrát na minimum.

3 Detekce požáru v historických stavbách

Interval od vzniku požáru do jeho zpozorování, má zásadní vliv na rozsah následků a ztrát. Čím dříve je požár detekován, tím dříve začne jeho likvidace. Z tohoto důvodu je nezbytně nutné, aby systém detekce byl nanejvýš citlivý.

Z těchto důvodů se do objektů instaluje EPS, jejíž úkol je právě včasné detekovat rozvíjející se požár. Ta může dále akusticky i opticky dát signál, že v její blízkosti právě vzniká požár. Dále může informovat osoby zajišťující represivní zásah, jako jsou jednotky požární ochrany (dále jen jako JPO) nebo HZS. V neposlední řadě může EPS uvést do činnosti signálem i jiné požárně bezpečnostní zařízení (dále jen jako PBZ).

Při instalacích EPS je třeba maximální pečlivost. V první řadě u návrhu EPS v historické budově by mělo být rozhodnutí, zda bude objekt připojen na pult centralizované ochrany HZS kraje či bude výstup přiveden na jiné místo s trvalou obsluhou. Pokud se v objektu nenachází velín s 24 hodinovým provozem, existuje i možnost posílat informační zprávu o vzniku požáru přes GSM bránu do mobilního telefonu pověřené osobě.



Obr. 4: Samočinný hlásič na dřevěném stropě [7]

Při návrhu EPS v historické budově však narazíme na některé problémy, které nesmíme opomenout. Hlavní problém je narušení interiéru budovy a jeho výzdoby. Tlačítkové hlásiče a detektory mnohdy esteticky narušují zbytek interiéru. U církevních staveb, jako jsou například kostely, lze jako problém uvést výšku stropu. Při stoupání kouře dochází k jeho ochlazení, a tak nemusí kouř dosáhnout potřebné výšky, aby jej detektor zachytil. Tyto problémy musí projektant řešit již v počátku návrhu a je tedy zapotřebí vybrat vhodné hlásiče pro konkrétní historické budovy. Stále větší uplatnění nacházejí detektory multisenzorové, jejichž princip je vysvětlen níže.

3.1 Hlásiče užívané v historických stavbách

Obecně vzato hlásiče požáru se dělí podle fyzikálního principu detekce nebo podle jejich konstrukce. Nejčastějším předmětem detekce bývá kouř, dále časté pak bývají mezní teplota nebo teplotní gradient. Používané zřídka pak bývají hlásiče, co detekují radiaci plamene [4].

Podle konstrukce lze dělit hlásiče (lze nazývat také čidla, detektory nebo senzory) na bodové, lineární, liniové, nasávací nebo multisenzorové. V posledních 15 letech narůstá velký zájem a vývoj detekce za pomoci záznamu z videa na základě počítačové analýzy obrazu snímaného kamerou [4].

3.1.1 Tlačítkové hlásiče požáru

Tlačítkové hlásiče jsou velice spolehlivé a nejjednodušší systémy k detekci požáru. Slouží k manuálnímu vyhlášení poplachu osobami, které zpozorují požár jako první [4]. Tyto hlásiče jsou vybaveny bezpečnostním sklem k zamezení nechtěné aktivace a tím způsobení planého poplachu. Zpravidla bývají červené barvy a jsou umístěny ve výšce 1,2 až 1,5 m nad podlahou. Tlačítkový hlídač můžeme vidět na obrázku 5.

Dle ČSN 73 0875 se tlačítkové hlásiče umísťují na únikové cesty, u východů z nechráněných do chráněných únikových cest, u východů na volná prostranství a v místech obsluhy technologických zařízení [8].

Mezi nevýhody těchto hlásičů patří špatná integrace do prostorů (nelze měnit barevnost provedení) a mnohdy tak narušují estetiku místnosti. Je však možností tyto hlásiče částečně zapustit do stěny [9]. Dále pokud se v místnosti s požárem nebudou nacházet osoby, které by hlásič spustily, poplach není aktivován.



Obr. 5: Tlačítkový hlásič [10]

3.1.2 Bodové hlásiče teplot

Detektory tepla jsou nejstarším typem samočinných detektorů. Bodové detektory (obrázek 6.) pak hlídají fyzikální parametry požáru na jednom místě. Princip fungování hlásičů teplot je jednoduchý termočlánek, který reaguje na teplotu okolí. Rozlišujeme na dva základní druhy, a to na hlásiče diferenciální a hlásiče s maximální prahovou teplotou [11].

Hlásiče s maximální prahovou teplotou hlídají nastavenou teplotu a v momentě její překročení se předá signál ústředně EPS a je vyhlášen poplach. Nastavené prahové hodnoty mohou být různé, nejčastěji se však pohybují v intervalu od 57 °C, až po 74 °C. Příliš nízká prahová teplota může vést k častým planým poplachům a příliš vysoká naopak může mít za důsledek pozdní ohlášení poplachu [4][11].

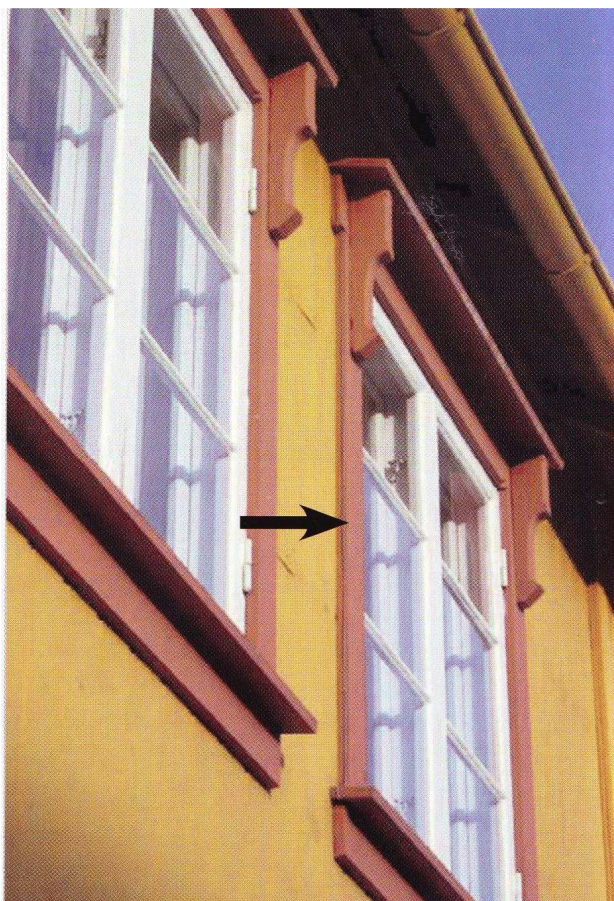
Z tohoto důvodu jsou o něco vhodnější diferenciální hlásiče, které hlídají zvýšení teploty v hlídaném prostoru za určitý časový interval. Jsou tedy vhodné do prostorů, kde teplota kolísá pomalu [11].



Obr. 6: Sběrníkový hlásič teplot [4]

3.1.3 Liniové hlásiče teplot

Alternativa bodových hlásičů teplot jsou hlásiče liniové. Na rozdíl od bodových, které hlídají z jednoho místa v místnosti, liniové hlásiče hlídají fyzikální parametry požáru po celé délce úseku. Tyto hlásiče se užívají převážně ve venkovních prostředí pro ochranu dřevěných konstrukcí [4]. Vyhodnocují venkovní teplotu a díky tomu pak dokáží informovat o požáru, který by přišel z vnější strany, například zaviněný úmyslným založením požáru.

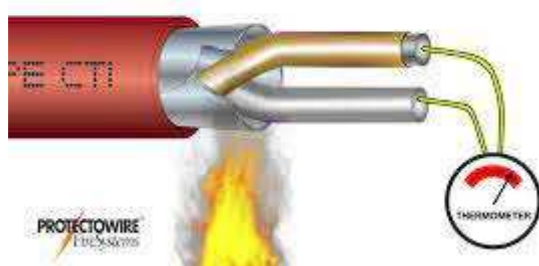


Obr. 7: Liniový hlásič na fasádě podél rámu okna [11]

Principem funkce jsou 2 ocelové vodiče s teplotně závislou izolací viz obrázek 8 [12]. Při výskytu požáru dochází na kabelu ke spojení dvou vodičů. Vyhodnocovací jednotka poté vyhlásí poplach a s přesností na 1 m dokáže požár lokalizovat. Po likvidaci požáru se poškozené místo kabelu jednoduše odstraní a nahradí novou částí, bez jakýchkoliv potřebných speciálních pomůcek [13].

V památkových objektech se jejich montáž doporučuje pro venkovní užití se zakrytím pod přesahem střešní krytiny [4]. Vzhledem k jejich velikosti jsou pro člověka těžce pozorovatelné.

Naopak se nedoporučuje upevnění přímo na fasádu, jako tomu je na obrázku 7, a neměly by být vystaveny přímému dopadu slunečního záření [4].



Obr. 8: Schématický řez liniovým hlásičem teplot [13]

3.1.4 Bodové optické hlásiče kouře

Optické hlásiče kouře jsou v současné době nejvíce používané detektory v kulturních památkách [4]. Jejich princip spočívá v rozptylu světla částicemi kouře v komůrce detektoru. V této komůrce se nachází čidlo a zdroj světla. V momentě, kdy je v komůrce přítomen kouř, je světlo rozptýleno a při určitém množství rozptýleného světla dopadajícího na čidlo je spuštěn poplach.

Tento druh detektoru reaguje v ranných fázích požáru. Důležitá je orientace jejich instalace. Instalují se tak, aby vystupovaly směrem do střeženého prostoru, z důvodu rychlého průniku kouře do optické komory detektoru. Z těchto důvodů nemohou být zapuštěny hlásiče do stropů. Dále je také hlásič citlivý na prašné provozy.

Pro rozvod kabelů od hlásičů je vhodné využít prostor mezi stropem a podlahou nebo vést v půdních prostorech. Výhodou je možnost zvolit barvy detektoru podle potřeby interiéru a nechat ho tak splynout s místností viz obrázek 10.



Obr. 9: Bílý bodový hlásič na stropě [14]



Obr. 10: Bodový hlásič na stropě v barevném provedení [14]

3.1.5 Duální a multisenzorové detektory

Duální a multisenzorové hlásiče kombinují různé druhy detekce (např. kouře a teploty) a tímto velice dobře eliminují plané poplachu. Tyto detekované jevy jsou pak v zařízení kombinovány a na jejich základě se vyhodnotí jeden signál poplachu. Díky této kombinaci jsou vhodnější do různých prostředí, jak do prašných prostředí, tak i do místností s výraznými změnami vlhkosti a podobné.

Vzhledem k jejich vyšší ceně je třeba vzít v potaz, jak moc velké bude jejich využití. Obecně je zbytečné navrhovat takto kvalitní hlásiče do prostorů s malým rizikem planého poplachu, jako jsou například uzavřené speciální depozitáře se zákazem vstupu nebo s malým pohybem osob [4].



Obr. 11: Samočinný hlásič na dřevěném stropě [14]

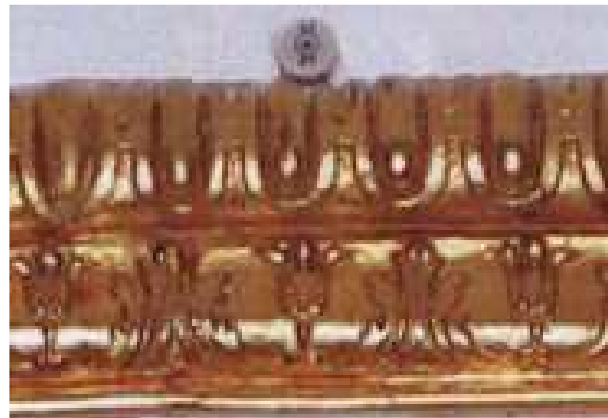
3.1.6 Nasávací (aspirační) detektory kouře

System s nasávacími detektory se používá v místech s požadavkem na vysokou citlivost. Principem je soustava sacích bodů, která odebírá vzorky vzduchu nasátím z hlídaného prostoru a průběžně jej analyzuje na přítomnost částic kouře. Tyto body jsou napojeny pomocí kapilár na společnou páteřní síť vzorkovacího potrubí. Pomocí tohoto potrubí, které bývá umístěno v podhledu, na půdě (obrázek 12) nebo v dvojitěm stropě [9], je vzduch odveden do hlásiče. Tato jednotka, která může být umístěna v jiném než hlídaném prostoru, analyzuje přítomnost částic kouře. V případě pozitivního nálezu je následně vyhlášen poplach [11].



Obr. 12: Vzorkovací potrubí vedené na půdě objektu [11]

Tento typ hlásičů je vhodný pro prostory, kam je z estetického hlediska nevhodné osazovat hlásiče bodové. Vzhledem k velikosti jednotlivých sacích bodů a velikosti místnosti se pak stávají tyto sací body takřka neviditelnými (Obr. 13 a Obr. 14). Nasávací otvory je také možné barevně přizpůsobit interiéru [4].



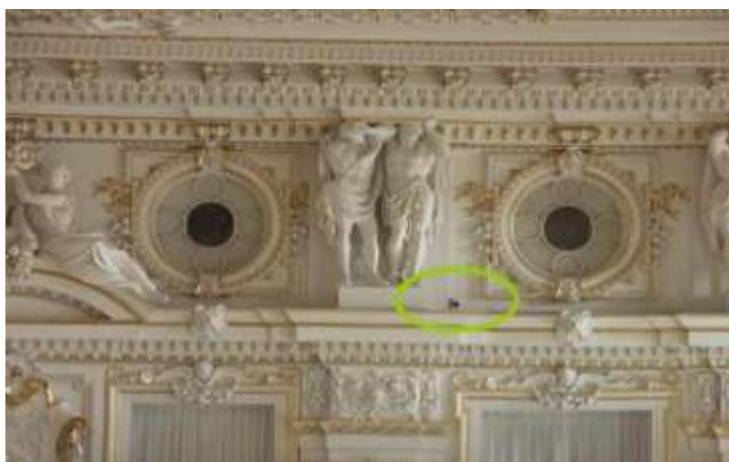
Obr. 13: Pohled na stěnu v objektu [11]

Obr. 14: Detail na sací bod ve stěně [11]

Je důležité dbát na okolní klimatické podmínky. Ve vzorkovacím potrubí by mohlo docházet ve špatných podmínkách ke kondenzaci vodních par a následné vykapávání vody do chráněné místnosti.

3.1.7 Lineární optické detektory kouře

Tento druh hlásiče pracuje na principu detekce zeslabení světelného toku nebo laserového paprsku způsobeným kouřovými částicemi. Hlásič vysílá infračervený paprsek do přijímací jednotky na protilehlé stěně. Paprsek je vyhodnocen přijímačem a při hodnotě paprsku mimo povolenou toleranci je stav vyhodnocen jako požár. V moderních systémech již tvoří zdroj paprsku a přijímač jeden celek a na protilehlou stěnu se osadí odrazový hranol pro poslání paprsku zpět k vyhodnocení.



Obr. 15: Lineární hlásič požáru ve Španělském sále Pražského hradu [15]

Díky principu, že vysílač i přijímač jsou součástí hlásiče, není zapotřebí kabelového spojení mezi hlásičem a reflektorem. Díky tomuto principu je také minimalizován počet bodových hlásičů v konstrukcích stropu. Na obrázku 15 můžeme vidět aplikaci lineárního hlásiče. Lineární kouřové hlásiče jsou nejlepší volba pro prostory, které jsou velké a mají omezený přístup.

Tyto hlásiče zajišťují včasnou detekci kouře pod vysokými stropy, které se v historických objektech mnohdy nacházejí. Hlásiče jsou buďto laserové, nebo infračervené. Jejich princip je však stále stejný. Nevhodné jsou stejně jako optické bodové hlásiče v prašných prostorech. Dále jsou nevhodné v místech, kde by mohlo docházet k přenášení vysokých předmětů.

3.1.8 Požární videodetekce

Požární videodetekce je poměrně nový způsob, uplatňující se v posledních 15 letech. Principem je analýza změny v obraze, jako je jas a kontrast. Pokud kamera systému zachytí změnu v některém z kritérií, vyhodnotí systém tento stav jako požár. Využívají se metody detekce pohybujících se objektů v záběru kamery nebo metody rozlišení barev pixelů. Přitom všem si ale kamera zachovává svoji klasickou „sledovací“ funkci a může monitorovat střežený prostor.



Obr. 16: Umístění dvou kamer v okně v kapli sv. Kříže [15].

Tento systém je velice citlivý. Z tohoto důvodu může často docházet k falešným poplachům, například kvůli osvětlení a stínům [16]. Na obrázku 16 výše lze pozorovat umístění kamer v okně v kapli sv. Kříže. Obrovskou výhodou požární videodetekce je schopnost střežit obrovskou plochu prostoru se schopností detekce kouře i plamene v reálném čase.

Proto jsou nejen vhodné například pro historické budovy, ale třeba i celé historické vesnice, jako je vidět na obrázku 17 v centru města Røros [16].



Obr. 17: Videodetekce hlídající historické centrum města Røros, Norsko [17].

3.1.9 Bezdrátové detektory

Bezdrátové hlásiče komunikují se systémem EPS bezdrátovou cestou. Jejich princip je velice podobný jako princip autonomního požárního hlásiče, s rozdílem, že jsou vybaveny navíc ještě bezdrátovým komunikačním modulem. Ten zajišťuje přenos dat do systému. Díky absenci kabelových rozvodů je instalace těchto hlásičů daleko rychlejší než klasická. Naproti tomu je třeba měnit pravidelně baterie v každém hlásiči, a to cca 1 krát za rok [18].

Bezdrátové hlásiče nachází své uplatnění v místech, kde je požadavek na minimalizaci kabelových rozvodů. Těmito prostory jsou například právě historické a památkově chráněné budovy či muzea. Je třeba brát v úvahu vzdálenost přijímačů signálu z hlásičů a prostupnost signálu stěnami objektů.

4 Příčiny požárů v dřevěných historických stavbách

Důvodů, proč požár v objektu vznikne, může být mnoho. HZS ve svých statistických ročenkách [19] rozděluje příčiny do několika okruhů, a to:

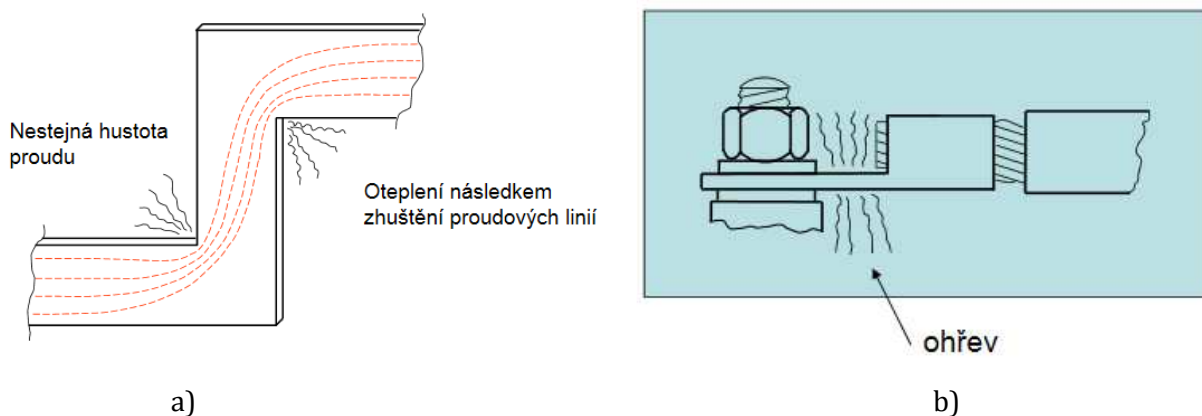
- Úmyslné zapálení
- Sebevražedný úmysl
- Děti do 15 let
- Neprokázané zavinění
- Nedbalost
- Komíny
- Topidla
- Technické závady
- Samovznícení
- Výbuchy
- Manipulace s hořlavými látkami
- Mimořádné příčiny

V širším slova smyslu můžeme říci, že za nejvíce požárů můžou technické závady, nedbalost a úmyslné zapálení [4]. U historických objektů pak můžeme mluvit dále o komínech nebo například topidlech.

4.1 Technické závady

Do kategorie technický závad spadá takový typ vzniku požáru, který je způsoben vadou materiálu, opotřebením, nesprávnou instalací, nesprávnou údržbou či ostatní změny provozních parametrů.

Mezi technické závady, které bývají nejčastější příčinou požárů, lze považovat vady v rozvodech elektroinstalace a požár zaviněný elektrickými spotřebiči [4]. V historických budovách může být elektrická kabeláž obalena izolací, která v průběhu času popraskala. Nebezpečí ale představuje i například možnost napojení vícero spotřebičů, než počet, na který byly elektroinstalace dimenzovány.



Obr. 18: Oteplení kvůli: a) zhuštění proudových linií, b) místního zmenšení průřezu vodiče [20]

Následkem poruchy elektroinstalace se elektrická energie mění na energii jiného druhu, a to na teplo. To je pak iniciátorem pro vznícení hořlavých materiálů v okolí. Velká proudová hustota je zdrojem tepla pak v případech snížení průřezu, v plochých spojích s rozdílnou délkou proudové cesty nebo oteplení následkem zhuštění proudových linií [20]. Oba tyto způsoby jsou graficky znázorněny na obrázku 18.

4.2 Nedbalost

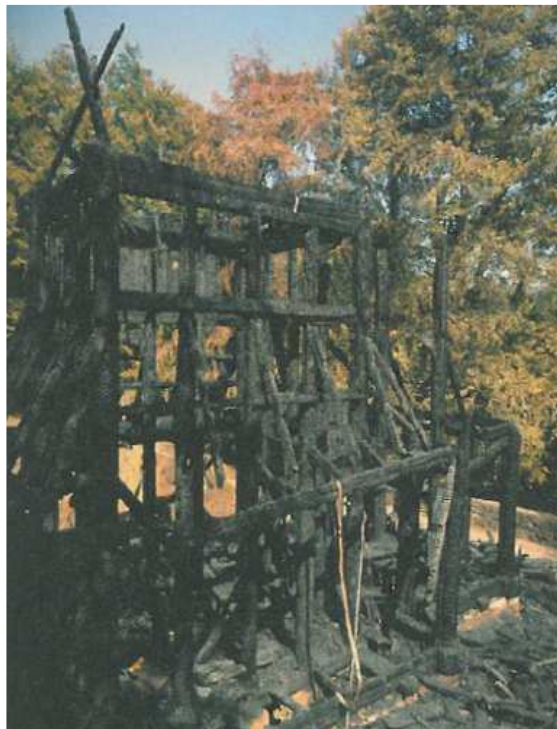
Obecně lze tvrdit, že příčina požáru způsobena nedbalostí je způsobena člověkem bez úmyslu založit požár. Statisticky je nedbalost druhý nejčastější případ vzniku požáru. Vzhledem k charakteru příčiny, nedbalosti nelze v objektu předejít jako například technickým závadám. Je tedy pouze na každém jedinci pohybujícím se v prostoru budovy, aby se snažil zabránit všem možným příčinám. [4]

Do kategorie spadají:

- Kouření
- Zakládání ohně, vypalování
- Nesprávná obsluha topidla
- Hořlaviny u topidla
- Používání zápalných kapalin, plynů
- Používání otevřeného ohně
- Manipulace se žhavým popelem
- Svařování, řezání
- Vznícení potravin při vaření
- Zanedbání předpisů
- Nedbalost, nesprávná obsluha

4.3 Úmyslný požár

Úmyslný požár bývá častým problémem pro historické dřevěné stavby. Za rok 2013 to právě bylo necelých 19 % všech důvodů vzniku požáru [4]. Důvod pro žhářství nebývá většinou snaha zničit historickou budovu jako takovou, nýbrž vyřizování účtů s majitelem objektu nebo zahlazování stop pro jiné trestné činy [21].



Obr. 19: Vyhořelý norský kostel Stavkirke [17].

Častým terčem bývají církevní budovy [21]. Právě kostely a jiné církevní budovy jsou nejčastější druh historické budovy, který je postižen požárem [4]. V Čechách lze najít několik případů, kde byl založen úmyslný požár kostela. Extrémní případy bychom pak mohli hledat v zahraničí. Například v Norsku v 90. letech, hudebníci některých black metalových skupin a jejich posluchači zapalovali tradiční norské kostely Stavkirke [17].

V některých případech bylo úmyslné zapálení budovy dopátráno k majiteli budovy, jakožto snaha o pojistný podvod.

Za žhářstvím ale nemusí vždy stát úmysl. V krajních případech lze například pyromanii, tedy chorobnou zálibu v ohni, považovat jako duševní poruchu.

4.4 Komíny

Požáry vzniklé od komínů jsou čtvrtým nejčastějším důvodem požáru [4]. Z pohledu HZS jsou rozděleny na 4 kategorie:

- Nevhodná konstrukce komínu
- Spáry v komíně
- Zazděný trám v komíně
- Jiskry v komíně, vznícení sazí



Obr. 20: Požár komína [22].

Nejvíce požárů vzniká přímo v komíně, tedy požáry způsobené vyhořením sazí. Častým důvodem bývá zanedbání pravidelných kontrol, přičemž zákon jasně stanovuje počet kontrol spalinové cesty ročně na základě výkonu napojeného kotle na spalinovou cestu [23].

5 Příklady požárů v dřevěných historických stavbách

Ať už v České republice nebo kdekoli ve světě, požáry dřevěných historických objektů nejsou ojedinělostí. Například již zmiňované Norsko a zapalování kostelů je toho příkladem. Nyní bychom si prošli několik případů, kde došlo k požáru právě kvůli výše uvedeným příčinám.

5.1 Požáry v České Republice

5.1.1 Požár kostela v Ostravě

Kostel svaté Kateřiny Alexandrijské byl dřevěný kostel v polovině 16. století v Ostravě, městském obvodu Hrabová. Kostel nesl rysy typické dřevěné architektury Moravy a Horního Slezska. Tato historicky cenná budova nebyla vybavena EPS ani SHZ. Kdyby kostel byl opatřen fungujícími systémy PBZ možná by nedošlo ke katastrofě, ke které došlo. Exteriér kostela je zobrazen na obrázku 21.



a)



b)

Obr. 21: a) Kostel svaté Kateřiny Alexandrijské v Ostravě: exteriér [24], b) Kostel po požáru [25]

Dne 2. 4. 2002 kostel celý shořel. Odhadovaná škoda byla 23 067 800 korun [25]. Jako příčinu požáru uvádí HZS technickou závadu elektrické instalace, tedy nejčastější příčinu požáru.

5.1.2 Požár kostela Božího těla

Kostel Božího Těla byla dřevěná stavba postavena v polovině 16. století na okraji vesnice Guty, části města Třince. Jednalo se o jeden z nejstarších dochovaných dřevěných kostelů na území České republiky. Od roku 1964 byl kostel zapsán na seznam kulturních památek. Kostel byl vybaven uvnitř systémem EPS. Exteriér kostela je vidět na obrázku níže (Obr. 21)



Obr. 22: Kostel Božího Těla v Gutech: exteriér [26]

Dne 1. 8. 2017 kostel vyhořel do základů. Odhad škod se pohyboval v rámci desítek milionů korun. Ovšem historická hodnota reprezentativního kostela se štenýřovou věží, je navždy nevyčíslitelná. Na požár kostela upozornil alarm, který byl uvnitř objektu. Požár vznikl ovšem pravděpodobně vně objektu, a to zpomalilo rychlost detekce [26]. Požár kostela a stav po požáru jsou vidět na obrázcích 23 a 24.



Obr. 23: Požár kostela v Gutech [27]



Obr. 24: Trosky po požáru kostela [28]

Hned následující den v souvislosti s požárem byli zadrženi policií České republiky dva pachatelé, kteří byli obviněni z úmyslného založení požáru.

5.1.3 Požár chaty Libušín

Chata Libušín byla národní kulturní památka, která se nacházela v obci Prostřední Bečva. Dřevěná historická stavba z roku 1899, na jejíž výzdobě se podílel například i Mikoláš Aleš, sloužila původně jako jídelna k vedlejší útulně „Maměnce“. Impulzem pro výstavbu se stal zvýšený turistický ruch v druhé polovině 19. století.



Obr. 25: Chata Libušín před požárem [29]

Dne 3.3. 2014 byl objekt zasažen požárem v brzkých ranních hodinách. V době příjezdu požárních jednotek byla již zasažena požárem střecha nad jídelnou a kuchyní. Situaci ani nepomáhal velký vítr, který pomáhal rychlému šíření požáru. Nepřenesení informace ze systému EPS na pult centrální ochrany byl fatální problém pro chatu [30].



Obr. 26: Chata Libušín po požáru [31]

Na základě vyšetřování bylo stanoveno, že příčinou požáru bylo nevyhovující provedení komínu a instalace kouřovodu od topidla. Škoda způsobena požárem byla vyčíslena na 80,5 milionů korun.

5.2 Požáry v zahraničí

5.2.1 Požáry norských kostelů

Pro Skandinávii jsou velice typické Stavkirke, neboli dřevěné sloupové kostely. Patří k nejstarším dochovaným kostelům na světě, pocházejí už z 12. století. Tyto kostely jsou výrazné svým vzhledem, svou konstrukcí nebo svojí netradiční, vikingskou výzdobou.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.2, v 90. letech tyto kostely utrpěly velké škody kvůli žhářství. Do současné doby se zhruba z tisíce těchto kostelů dochovalo 29. Jako příklad si můžeme zmínit hned dva kostely, a to Fantoft stavkirke v městské části Norského města Bergen a dále Holmenkollen kapell, v jedné z městských částí Osla.



Obr. 27: Požár kostela Holmenkollen kapell [32]

V obou dvou kostelech došlo v roce 1992 k požáru. Nejdříve policie uvažovala se scénáři, které zahrnovaly vadné elektroinstalace nebo požár způsobený bleskem. V průběhu vyšetřování však tyto verze byly staženy a výsledkem pátrání bylo odsouzení norské zpěváka Varga Vikernes. V pozdějších výsleších Vikernes uvedl, že žhářské útoky na kostely nebyly ze satanistického motivu, ale jako pomsta za znesvěcení vikingských hrobů [33].

5.2.2 Požár kostela v Kondopoze

V ruském městě Kondopoga nedaleko Finských hranic stával dřevěný ortodoxní kostel Nanebevzetí panny Marie. Kostel pocházel z konce 18. století a byl postaven v tradičním ruské architektuře. Tento kostel byl považován za klenot tohoto stylu architektury.



Obr. 28: Požár kostela v Kondopoze [34]

V srpnu 2018 během dne propukl v kostele požár, krátce po té co ho navštívili turisté. Přestože hasičský záchranný sbor byl na místě v řádu minut, již nebylo možné kostel zachránit. Policie podezřívala některé z turistů, že porušili bezpečnostní opatření, žhářství bylo ovšem vyloučeno [35].

6 Praktický příklad současného stavu

V praktické části se diplomová práce zaměřuje na porovnání rychlosti reakce detekce požáru různých systémů EPS a to bezdrátových kouřových bodových hlásičů a hlásičů teplotních. Porovnání bude provedeno na konkrétní historické dřevěné zvonici v Železném Brodě, která v roce 2007 vyhořela.

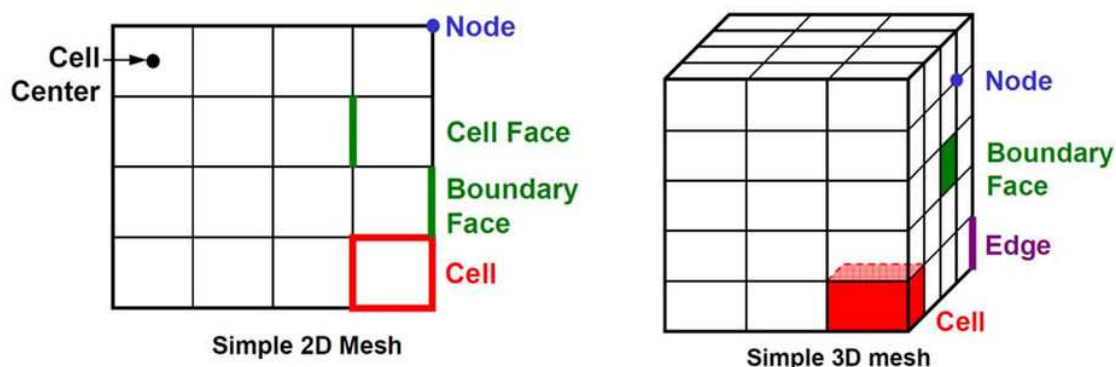
6.1 Výpočetní software

Protože porovnání rychlosti detekce kouře dvou různých systémů EPS by bylo ručním výpočtem velice obtížné a nepřesné, byl pro výpočet zvolen software na principu CFD (Computational Fluid Dynamics).

Modely v těchto programech fungují na principu dynamického proudění tekutin. V problematice požárů jsou řešeny tekutiny směsí kouře, vzduchu a plynných zplodin hoření. Pohyb těchto tekutin je způsoben tepelným účinkem požáru. Podobně jako zónové modely požáru, CFD počítá s několika výpočetními oblastmi. Z těchto oblastí, většinou malých buněk ve tvaru kvádrů, je vytvořena jedna velká výpočetní síť o libovolných rozměrech. V každé samostatné buňce jsou pak softwarem provedeny výpočty stavové rovnice, rovnice zachování energie a hmoty a rovnice zachování hybnosti [36].

Postup při zpracovávání CFD modelů se řeší ve třech krocích:

- Preprocesor (např. Pyrosim). Zde je definována velikost výpočetní sítě, geometrie modelu a okrajové podmínky.
- Řešič (např. FDS). Zde dochází k výpočtu rovnic v jednotlivých buňkách.
- Postprocesor (např. Smokeview). Zde lze vidět grafické vyhodnocení dat.



Obr. 29: Princip výpočetní sítě CFD modelu [37]

Okrajové podmínky, geometrie modelu a velikost výpočetních buněk byla vytvořena za pomoci zdrojového kódu, který byl ručně napsaný v softwaru Notepad++. Výhodou tohoto programu oproti klasickému programu od Windows je to, že pro Notepad++ existuje nadstavba se syntaxí pro FDS, což dělá celou práci se zdrojovým kódem jednodušší a přehlednější. Tento zdrojový kód pro výpočet je přiložen v příloze A.

Softwarem využitým pro výpočet této diplomové práce je právě FDS, a to konkrétně verze FDS 6.7.5. Tento program, využívaný v oblasti požární bezpečnosti staveb pro aplikaci požárně inženýrského přístupu v případě nedostatečných normových postupů, je CFD model tekutin požáru. FDS řeší za pomoci Navier-Stokesovy rovnice výpočty pro pohyb kouře a přestupu tepla způsobené tepelným účinkem požáru. Tento program byl vyvinut americkou společností NIST (National Institute of Standards and Technology) a VTT (Teknologiska Forskningscentralen) ve Finsku.

Jako postprocessor pro grafické vyhodnocení byl zvolen program Smokeview verze 6.7.15, od stejného vydavatele jako je FDS. Zde můžeme ve 3D zobrazení sledovat vizualizaci modelu a průběh vypočtených veličin v čase.

6.2 Popis řešené zvonice

Železnobrodská zvonice, která byla postavena v roce 1761 se nachází v areálu kostela sv. Jakuba Většího. Tato zvonice byla na osmiboké kamenné podezdívce o průměru opsané kružnice 7,7 m, vysoké mezi 1-2 m. Její zužující se šindelový plášť, rovněž osmiboký, se sbíhal přibližně v polovině její výšky do hranolovitého bednění věže. V této hranolové části bylo v každé straně umístěno okno. Zvonice byla zastřešena pomocí stanové střechy, rovněž ze šindele. Výška zvonice po špičku střechy činila cca 12 m.



Obr. 30: Železnobrodská zvonice před požárem [38]

Konstrukce tohoto typu zvonice byla štenýřová, kde nosné prvky tvořily 4 rohové sloupy zpevněné křížovým zavětrováním. Unikátnost konstrukce této zvonice navržené Johannem Georgem Volkertem byla v tom, že obsahovala štenýřové konstrukce dvě. První,

vnější konstrukce sloužila jako nosná konstrukce budovy a pláště. Tato konstrukce byla založena na nosném trémovém roštu. Druhá, vnitřní konstrukce sloužila k umístění zvonové stolice. Tato konstrukce byla taktéž založena na stejném trémovém roštu s tou výjimkou, že byla na něm položena volně. Kvůli značným otřesům od zvonů nebyla zvononosná konstrukce spojena s vnějším pláštěm. Díky tomu konstrukce fungovaly staticky nezávisle na sobě a kmitání zvonů nenarušovalo konstrukci zvonice.

Uvnitř zvonice bylo schodiště s mezipodestou, které vedlo do patra v polovině zvonice. Odtud byl přístup přímo ke samotnému srdci věže, zvonu.

6.3 Požár řešené zvonice

Jak bylo již zmíněno, původní zvonice byla zasažena požárem ze dne 12. na 13. května 2007 a téměř celá požáru podlehla. Požár začal dne 13. 5. 2007 asi ve 2:40 ráno a byl zpozorován o 14 minut později. Nahlášen byl pak ve 2:56 ráno na OPIS HZS Libereckého kraje. [39]

Jako první zasahovala na místě jednotka sboru dobrovolných hasičů Železného Brodu ve 3:11 ráno, kdy požár dřevěné zvonice byl již v plném rozsahu. Po příjezdu dalších jednotek z okolních obcí se stala prioritou ochrana kostela, který byl cca 10 m od ohniska požáru. Po zajištění bezpečnosti kostela se přesunulo hašení na torzo zvonice. Přibližně po hodinovém zásahu bylo místo předáno dobrovolným hasičům ze Železného Brodu na dohlídku požářiště a dohašení zbylých ohnisek. [39] [40]



Obr. 31: Zásah HZS [41]



Obr. 32: Požár zvonice v Železném Brodě [42]

Ve vyšetřování vzniku požáru nebylo zjištěno ohnisko, odkud se požár šířil. Během šetření byly stanoveny tyto verze vzniku požáru:

- Závada elektroinstalace
- Samovznícení
- Používání otevřeného ohně neznámým pachatelem

První verze byla vyloučena z důvodu, jelikož do zvonice nebyl zaveden elektrický proud. Dle majitele nemovitosti v objektu nebyly skladovány žádné látky se sklony ke samovznícení. Žádné takové látky nebyly ani nalezeny při ohledání požářiště.

Nejpravděpodobnější verzí je tedy, že k požáru došlo pomocí otevřeného ohně. Z několika zdrojů bylo během šetření zjištěno, že se kolem zvonice často pohybovala mládež, která zde kouřila. [39] Požár mohl tedy vzniknout i kvůli nedopalku cigarety zastrčenému mezi dřevěné prvky. Nelze ovšem vyloučit ani úmysl žhářství. V období, kdy došlo k požáru zvonice se v obci potuloval žhář, který měl na svědomí několik požárů odpadních kontejnerů. Požářiště bylo ohledáno pomocí psa na vyhledávání akcelerantů (hořlavých kapalin) s negativním výsledkem. V případě žhářství by tedy muselo dojít ke vznícení jiné hořlavé látky (například papíru). [39]

Po požáru byla zvonice zrekonstruována do původní podoby. Rekonstrukce zvonice se ujala odborná firma, která rozebrala ohořelé zbytky zvonice, odvezli a očistili je, aby bylo možné zjistit míru poškození jednotlivých prvků.



Obr. 33: Železnobrodská zvonice během rekonstrukce a po požáru [43]

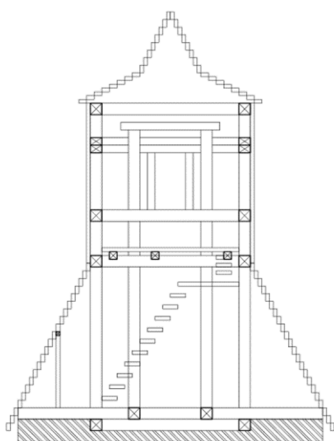
Po následném vyhodnocení poškození prvků byly ty, které nebyly výrazně poničené, využity při rekonstrukci. Zrekonstruovaná věž byla pak převezena opět do Železného Brodu a během týdne složena na původním místě.

6.4 Výpočetní model

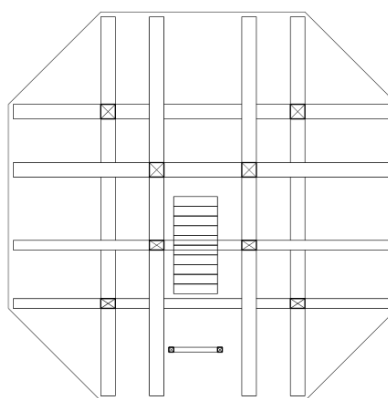
Jak již bylo řečeno, model požáru této zvonice byl modelován v programu FDS. Model zvonice byl zhotoven a zjednodušen na základě poskytnuté dokumentace, která byla vypracována pro rekonstrukci objektu a byla mi poskytnuta. Zjednodušení spočívá zejména v zanedbání některých prvků, jako jsou vzpěry, bačkory (krátký dřevěný prvek sloužící jako náhrada vazného trámu) nebo nosná konstrukce schodiště.

6.4.1 Geometrie modelu

Výpočetní síť je rozdělena do 4 kvadrantů podél os zvonice. Hranici horních a dolních kvadrantů tvoří ochoz uprostřed výšky zvonice. Dolní dva kvadranty mají hustější výpočetní síť, jelikož zde je umístěn zdroj požáru a hlásiče a je tudíž důležitější přesnost simulace. Tato síť je tvořena buňkami o rozměrech 200×200×200 mm a celkovém počtu 250 000 buněk. Tento rozměr byl zvolen na základě provedené citlivostní analýzy. Horní kvadranty, méně důležité pro výpočet, jsou tvořeny buňkami o rozměrech 400×400×400mm a celkovém počtu 31 250 buněk. V těchto kvadrantech byla vymodelována zvonice.

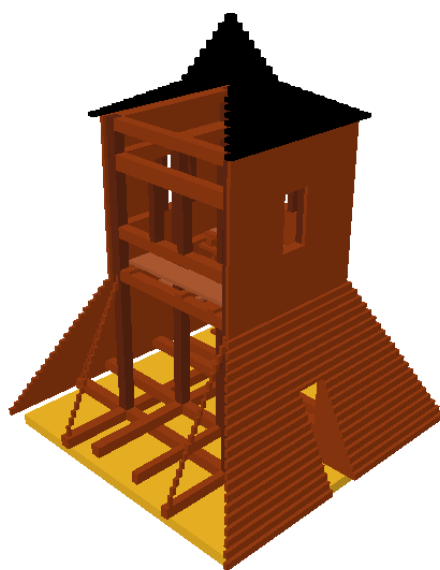


Obr. 34: Schematický řez zvonice



Obr. 35: Schematický půdorys zvonice

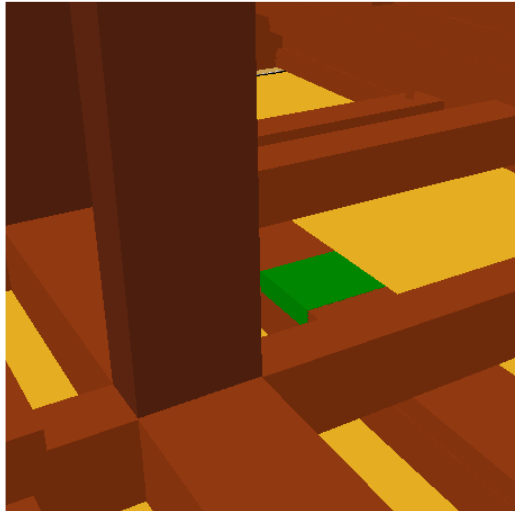
Čtvercový půdorys zvonice je o rozměrech 8 × 8 m v patě zvonice a v trupu 4,4 × 4,4 m. Výška zvonice je 11 m od spodního vazného trámu po špičku věže. Uprostřed výšky zvonice byla vymodelována schodišťová podesta a nad ní ochoz. V horní části zvonice byly vymodelovány v plášti 4 okna o rozměrech 800 × 1500 mm. Rozměry některých prvků, jako například vazných trámů, byly zaokrouhleny na celá čísla z důvodu modelace.



Obr. 36: Vizualizace zvonice

6.4.2 Požární scénář

Jako požární scénář byla zvolena varianta, kde by například cigareta zastrčená v prasklině dřevěného prvku mohla způsobit požár. Do modelu byla tato varianta promítnuta zjednodušeně, a to jako zadáním části vazného trámu jako zdroj požáru. Tento zdroj požáru byl umístěn do spodního vazného trámu na pravé straně od vstupu do zvonice o rozměru 300×400×100 mm. Přesné poloha může být vidět na obrázcích 39 a 40.



Obr. 37: Zdroj požáru v modelu

6.4.3 Vstupní parametry výpočtu

Veškeré prvky zvonice, jako štenýře, vazné trámy, střecha, jsou dřevěné. V modelu těmto prvkům byly přiřazeny tyto vlastnosti:

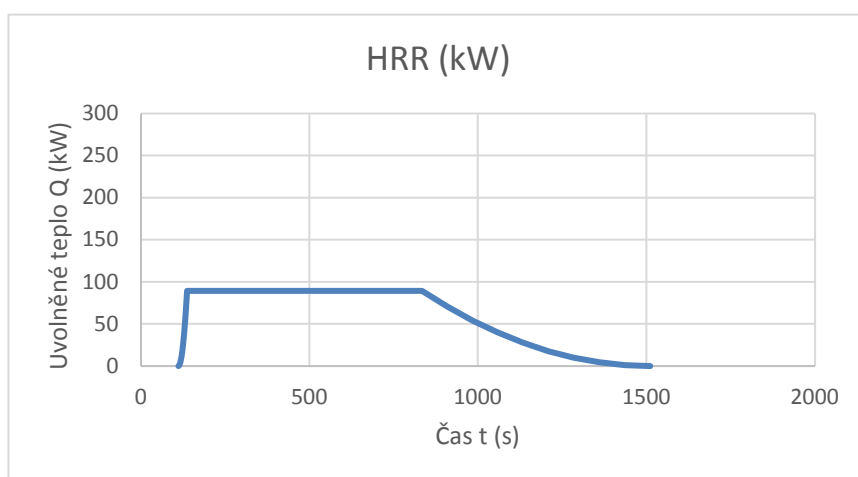
- Hustota $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$
- Měrná tepelná kapacita $c = 2510 \text{ J}/(\text{kg}\times\text{K})$
- Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,22 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$

Vazné trámy zvonice jsou uloženy na zemině. V modelu byly zemině přiřazeny tyto vlastnosti:

- Hustota $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$
- Měrná tepelná kapacita $c = 1 \text{ J}/(\text{kg}\times\text{K})$
- Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,7 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$

Za pomocí těchto dvou materiálů byly definovány jak povrchy vnitřní (štenýře, vazné trámy,) tak povrchy obvodové (plášť zvonice, zemina). Okna zvonice byla během požáru uvažována otevřená.

Jak již bylo řečeno v kapitole 3.4.2, zdroj požáru v modelu je uvažován ve vazném trámu o ploše 0,12 m². Jeho přesná poloha je znázorněna na obrázku 39 a obrázku 40. Pro definování požáru byla využita křivka rychlosti uvolňování tepla během požáru (HRR). Data této křivky byla převzata z požárního experimentu v USA z roku 2000 a křivku lze vidět na obrázku 38. Jednalo se o experiment, kde byla zapálena deska z borovice a za pomoci kónického kalorimetru bylo sledováno uvolňování tepla a následně přepočteno na t-kvadratický požár. Maximální naměřená hodnota během experimentu byla 89,3 kW. Během experimentu došlo k zapálení desky v čase 111 s. Z důvodu ušetření výpočetního času modelu byl tento začátek posunut do času $t = 0$ s.



Obr. 38: HRR křivka experimentu [44]

Způsob, jakým bude zdroj požáru vytvářet zplodiny byl zadán za pomoci sumárního vzorce, tedy za pomoci specifikování hodnot uhlíku, vodíku a kyslíku pro dřevo a také díky poměru čistého popelu na gram paliva (Soot yield). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže.

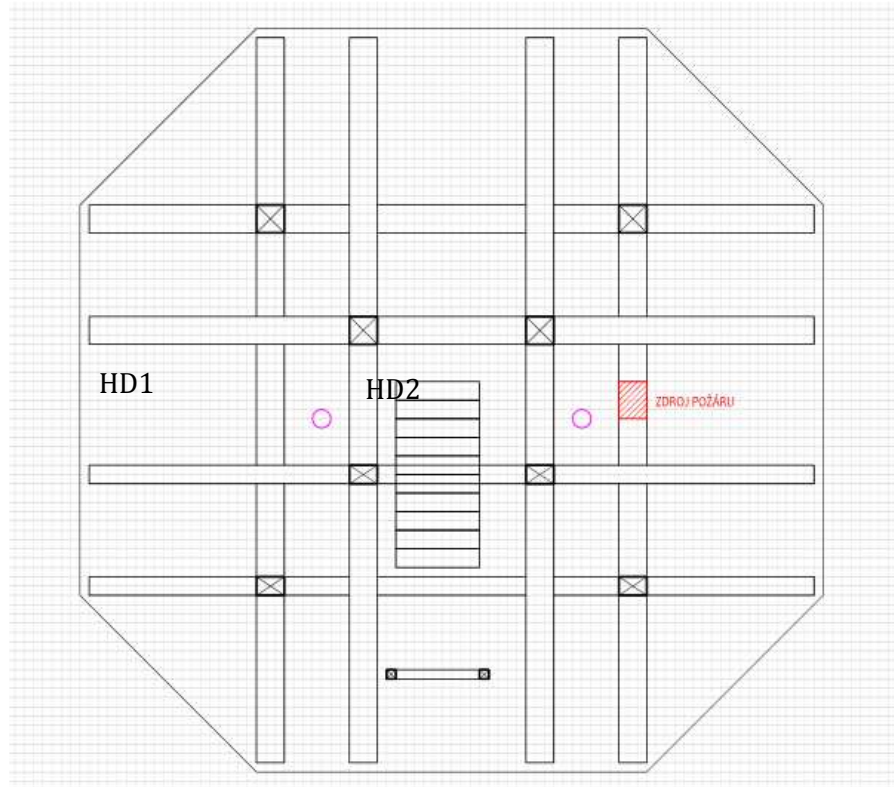
Tab. 2: Tabulka obsahu prvků zdroje požáru [45]

C	H	O	SOOT YIELD
6,3	7,1	2,1	0,008

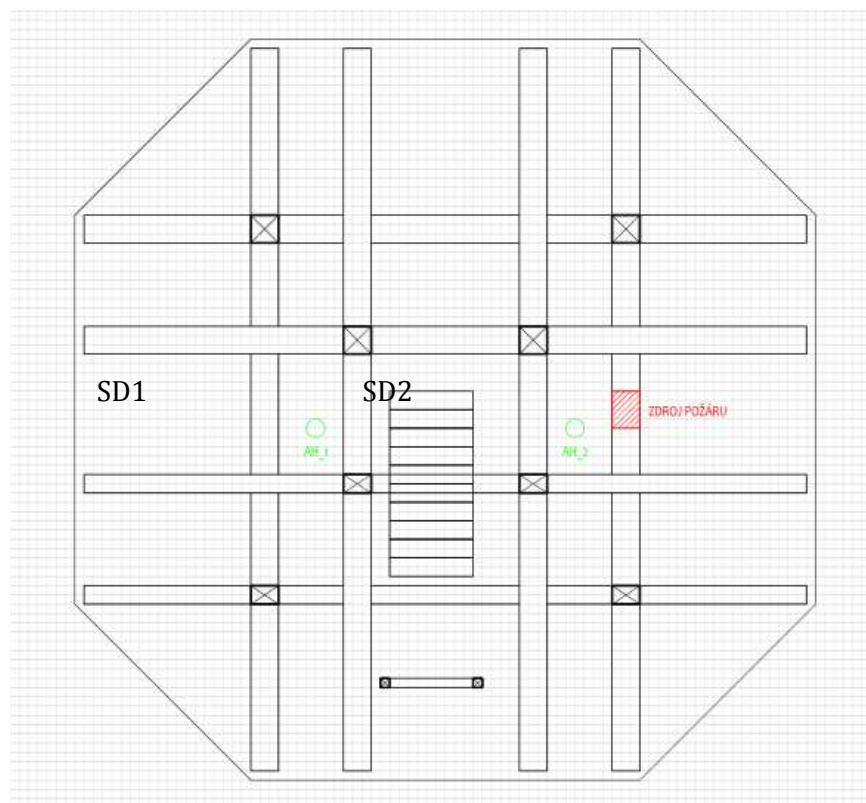
6.4.4 Modelování hlásičů požáru

Software FDS umí vymodelovat 4 základní druhy požárních hlásičů. Jedná se o bodové optické hlásiče kouře, bodové hlásiče teplot, lineární optické hlásiče a hlásiče aspirační. V rámci diplomové práce byly provedeny dvě simulace požáru na dvou různých systémech. Zvoleny byly hlásiče bodové teplotní a bodové optické hlásiče kouře. Jejich uplatnění v historických budovách bylo zmíněno již v kapitole 3.1.

V obou případech jsou v modelu umístěny 2 hlásiče, které budou monitorovat prostor a sledovat vývoj požáru. Tyto hlásiče jsou umístěny na spodní straně dřevěného ochozu zvonice ve výšce 4,2 m nad podlahou a to v polohách vyznačených na obrázcích 39 a 40.



Obr.39: Vyznačení polohy bodových hlásičů teplotních



Obr. 40: Vyznačení polohy bodových hlásičů kouřových

Důvodů pro volbu kombinace bodových hlásičů bylo hned několik. Z reálného hlediska není konstrukce zvonice pro zbylé druhy hlásičů příliš vhodná. Naopak kombinace bodových hlásičů má tu výhodu, že mohou být bezdrátově připojeny na systém EPS. Praktický důvod v rámci diplomové práce je jednoduchost v modelaci těchto hlásičů v programu FDS. Ve zdrojovém kódu se určí jen poloha hlásiče v modelu a jeho hraniční hodnota (teplota nebo kouř).

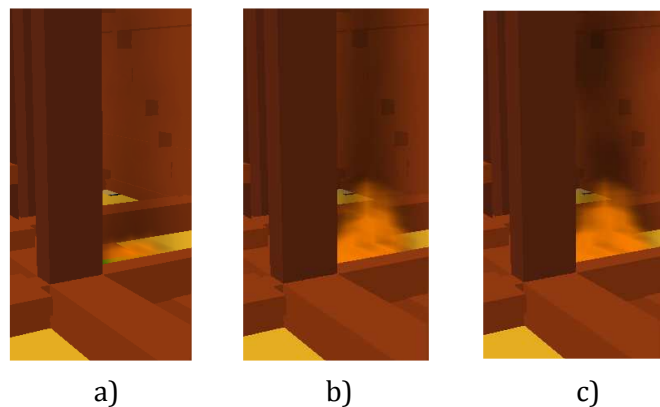
Lineární optické kouřové hlásiče jsou sice vhodné na rychlou detekci kouře, ovšem půdorys zvonice je příliš malý na to, aby bylo potřeba hlásičů lineárních. Dalším důvodem je hrozba, že by se ze zvonice mohlo postupem času uvnitř stát skladiště různých věcí, například krabic nebo starého nábytku, který by mohl překážet paprsku na cestě k odrážecímu hranolu nebo přijímači. V neposlední řadě by jako problém mohl být samotný účel zvonice. V momentě odbíjení by mohlo docházet k dynamickým pohybům konstrukcí a to by mohlo vést k vychylování paprsku a falešným poplachům.

U aspiračních hlásičů by nebyl problém malý půdorys, ani dynamické pohyby konstrukce. Bohužel, vzhledem ke konstrukci zvonice by byl potřeba velký zásah do estetiky, a to rozvody vzorkovacího potrubí po věži k hlásiči. V konstrukci ochozu není kam přímo potrubí schovat. Při špatných podmínkách by mohla hrozit kondenzace vodních par v potrubí. Voda by pak z nasávacích bodů mohla kapat na vazné trámy na zemi a dřevo by mohla napadnout plíseň.

V diplomové práci nebyl vybrán žádný specifický výrobce hlásičů, proto byla limitní hodnota zakouření, tj. množství kouře ve vzduchu, při kterém hlásič začne detekovat kouř, nastavena jako defaultní, tedy 3,24 %/m. Tato hodnota byla převzata z příručky pro software FDS. Limitní hodnota teploty pro druhou variantu byla zvolena jako aritmetický průměr běžného rozpětí teplot pro tento druh hlásičů 65 °C.

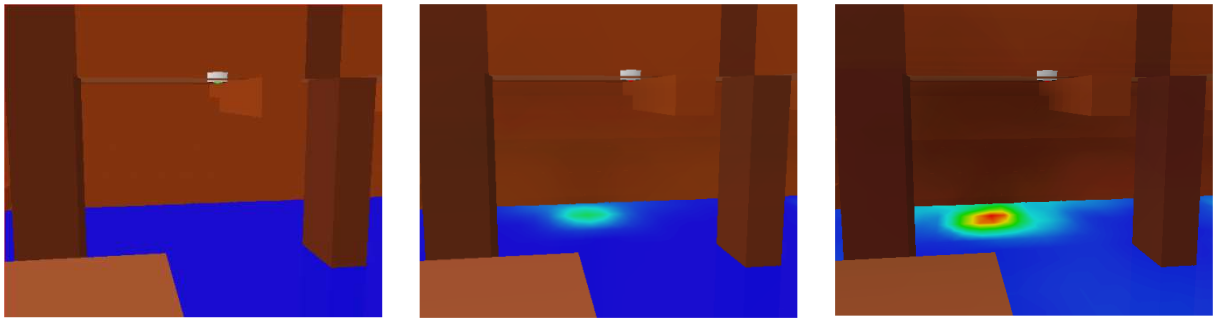
6.5 Výsledky analýzy

Výpočet byl proveden po dobu 3 minut, tedy 180 s. V této době je požár již plně rozvinut a bude nadále probíhat po dobu 540 s. Vzhledem k brzké detekci hlásičů však delší doba není



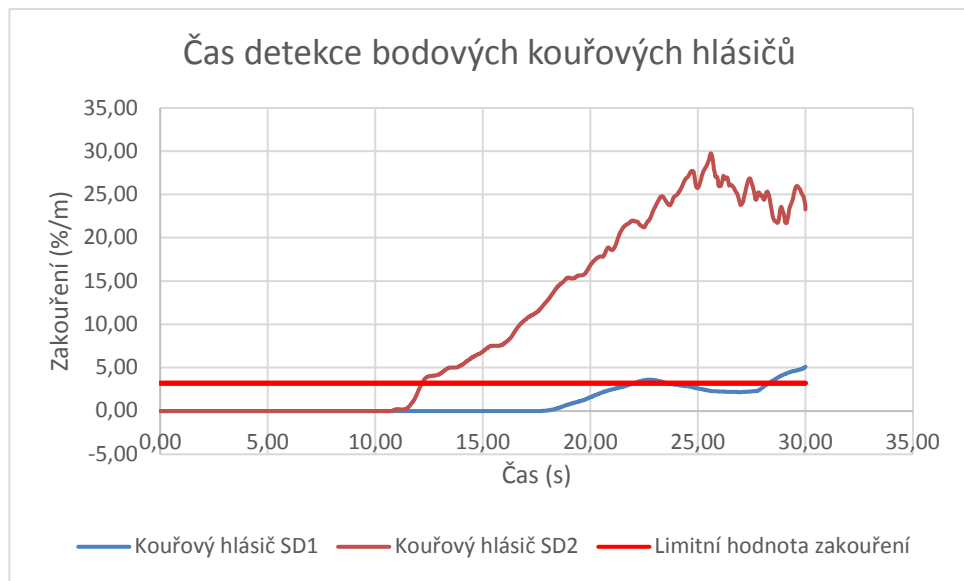
nutná modelovat. Výsledky analýzy jsou znázorněny v grafech a vizualizaci níže. Jedná se o hodnoty, které byly naměřené v bodech výše uvedených.

Obr. 41: Vizualizace požáru v a) 116 s, b) 126 s, c) 141 s

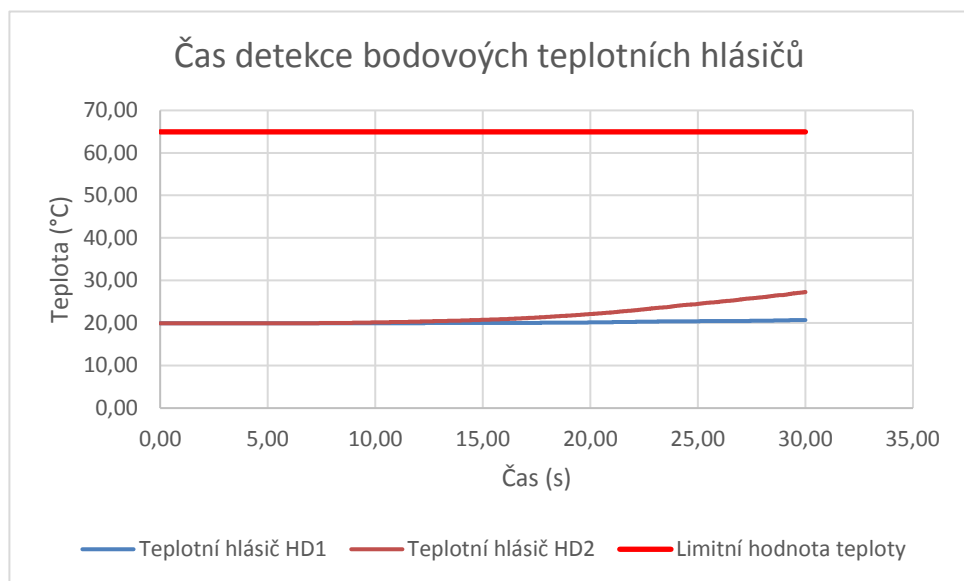


a) b) c)

Obr. 42: Vizualizace teplot ve výšce 4 m nad požárem v a) 116 s, b) 126 s, c) 141 s



Obr. 43: Doba reakce bodových kouřových hlásičů



Obr. 44: Doba reakce bodových teplotních hlásičů

Z grafů na obrázcích 43 a 44 je jasné, že zatímco teplotní hlásiče požár nezaznamenaly, kouřové hlásiče již hlásí poplach. Jako první zaznamenal požár kouřový hlásič SD2 v čase 12 sekund. Přibližně 15 sekund po zaznamenání prvního hlásiče SD2 hlásí požár již i druhý hlásič SD1, který je umístěn v druhé polovině zvonice. Teplotní hlásiče se k mezní hodnotě v tomto čase ani nepřiblížily, resp. v čase 30 sekund bylo dosaženo u hlásiče označeného HD2 pouze 28 °C a u hlásiče HD1 nedošlo téměř k žádnému nárůstu teploty oproti výchozímu stavu. Z modelového příkladu tedy vyplývá, že z porovnávaných hlásičů by bylo vhodnější umístit kvůli času detekce hlásiče kouřové.

Nutno ale podotknout, jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1.4, že kouřové hlásiče jsou citlivé na prašné prostředí, kterým prostor zvonice je. Bylo by vhodné tedy uvážit volbu multisenzorových hlásičů, které by měly méně často plané poplachu na úkor pořizovací ceny a dřívějšího času detekce.

Výsledky simulace lze porovnat i se skutečným časem ohlášení požáru, který je zmíněný v kapitole 6.3. V případě požáru zvonice došlo k nahlášení až po 16 minutách od vzniku požáru, kdežto v simulaci byl požár zpozorován a vyhlášen poplach již po několika sekundách. V době skutečného nahlášení byla již zvonice celá v plamenech. Je tedy k úvazu, zda by EPS v tomto objektu jej mohla zachránit. Kdyby dostali hasiči signál o požáru o tolik minut dříve, Železný Brod se mohl i nadále pyšnit svou historickou zvonící.

7 Závěr diplomové práce

Diplomová práce shrnula základní poznání problematiky požárů v historických dřevěných objektech v návaznosti na současnou absenci legislativní normy, která by tuto problematiku řešila.

Byla představena základní funkce systému EPS, problémy, které mohou nastat během návrhu v historických objektech a byly popsány vhodné druhy hlásičů pro tento typ budov.

Dále byly představeny nejčastější příčiny požárů, a to technické závady, nedbalost, zhářství a komíny. Některé z uvedených příčin byly i představeny na reálných požárech, jak u nás tak v zahraničí.

V praktickém příkladu se diplomová práce zabývala výpočetním modelem zvonice v Železném Brodě. V tomto modelu byl požár modelován jako hořící kus vazného trámu, který simuloval zastrčení cigarety do praskliny ve dřevě a detekce byla zajištěna za pomoci 2 bodových kouřových hlásičů a 2 bodových teplotních hlásičů. Výsledkem tohoto modelu bylo porovnání časů detekce jednotlivých variant a zvolení vhodnějšího typu pro objekt.

Na závěr byl porovnán čas detekce požáru ze simulace s časem nahlášení během skutečného požáru a úvaha o možné záchraně objektu, kdyby byl opatřen EPS.

Seznam obrázků

- Obr. 1 Přehled nemovitých kulturních památek v ČR
- Obr. 2 Příklad jednoduché dotazníku na odhad rizika
- Obr. 3 Historická horská chata Návrší
- Obr. 4 Samočinný hlásič na dřevěném stropě
- Obr. 5 Tlačítkový hlásič
- Obr. 6 Sběrníkový hlásič teplot
- Obr. 7 Liniový hlásič na fasádě podél rámu okna
- Obr. 8 Schématický řez liniovým hlásičem teplot
- Obr. 9 Bílý bodový hlásič na stropě
- Obr. 10 Bodový hlásič na stropě v barevném provedení
- Obr. 11 Samočinný hlásič na dřevěném stropě
- Obr. 12 Vzorkovací potrubí vedené na půdě objektu
- Obr. 13 Pohled na stěnu v objektu
- Obr. 14 Detail na sací bod ve stěně
- Obr. 15 Lineární hlásič požáru ve Španělském sále Pražského hradu
- Obr. 16 Umístění dvou kamer v okně v kapli sv. Kříže
- Obr. 17 Videodetekce hlídající historické centrum města Roros, Norsko
- Obr. 18 Oteplení kabelů
- Obr. 19 Vyhořelý norský kostel Stavkrike
- Obr. 20 Požár komína
- Obr. 21 Kostel svaté Kateřiny Alexandrijské v Ostravě
- Obr. 22 Kostel Božího Těla v Gutech: exteriér
- Obr. 23 Požár kostela v Gutech
- Obr. 24 Trosky po požáru kostela v Gutech
- Obr. 25 Chata Libušín před požárem
- Obr. 26 Chata Libušín po požáru
- Obr. 27 Požár kostela Holomenkollen kapell
- Obr. 28 Požár kostela v Kondopoze
- Obr. 29 Princip výpočetní sítě CFD modelu
- Obr. 30 Železnobrodská zvonice před požárem
- Obr. 31 Zásah HZS
- Obr. 32 Požár zvonice v Železném Brodě
- Obr. 33 Železnobrodská zvonice během rekonstrukce a po požáru

Obr. 34	Schématický řez zvonice
Obr. 35	Schématický půdorys zvonice
Obr. 36	Vizualizace zvonice
Obr. 37	Zdroj požáru v modelu
Obr. 38	HRR křivka experimentu
Obr. 39	Vyznačení polohy bodových hlásičů teplotních
Obr. 40	Vyznačení polohy bodových hlásičů kouřových
Obr. 41	Vizualizace požáru
Obr. 42	Vizualizace teplot ve výšce 4 m nad ohněm
Obr. 43	Doba reakce bodových kouřových hlásičů
Obr. 44	Doba reakce bodových teplotních hlásičů

Seznam tabulek

Tab. 1 Tabulka počtu požárů památek a škod v ČR

Tab. 2 Tabulka jemnosti výpočetních sítí

Literatura

- [1] POKORNÝ, Marek. Požární bezpečnost historických objektů [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, 2021
- [2] *Vyhláška 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb*, Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2008
- [3] HUTTER, Marek. Aplikace požárně bezpečnostních zařízení pro památkové objekty. In: TZB-info [online], Topinfo s.r.o., 2017 [vid. 6. 6. 2021] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/15695-aplikace-pozarne-bezpecnostnich-zarizeni-pro-pamatkove-objekty>
- [4] NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV [online]. Požární ochrana památkových objektů. ©2015 [vid. 21. 5. 2021] Dostupné z: <https://www.npu.cz/publikace/pozarni-ochrana-pamatkovych-objektu.pdf>
- [5] *Vyhláška 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonů státního dozoru (vyhláška o požární prevenci)*, Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2001
- [6] *Horská chata návrší* In: Chata.cz Dostupné z: <https://ubytovani.chata.cz/cesko/stare-mesto-pod-sneznikem/horska-chata-navrsi-CZ2691/>
- [7] *Kouřový hlásič* In: iReceptář.cz. Dostupné z: https://g.denik.cz/122/28/detektor-koure_52382989-jpg_irecept-full.jpg
- [8] ČSN 73 0875
- [9] JAROŠ, Marek. Techniky neviditelné požární detekce. In: TZB-info [online], Topinfo s.r.o., 2006 [vid. 6. 6. 2021] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/3106-techniky-neviditelne-pozarni-detekce>
- [10] *Standardní tlačítkový hlásič* In: HLS-Czech.com. Dostupné z: https://www.hls-czech.com/-/media/epresence/hls-product-images/fire-alarm-systems/esser/manual-call-points/small-design-abs/compact-mcp-versions-conventional/804970/full/804970_xxxxx_gzpe_sf3c.jpg
- [11] PAVLÍK, Zbyněk. Šíření kouře v kostelech [přednáška] 2019 Dostupné z: <https://docplayer.cz/105559382-Sireni-koure-v-kostelech-u-velkych-kostelu-s-velkym-objemem-mistnosti-domy-baziliky-a-mestske-kostely-je-pocitano-s-velkym-zredenim-koure-a-tepla.html>
- [12] HAVLOVÁ, Alexandra. Požární bezpečnost, základy EPS - Elektrická požární signalizace [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, 2016
- [13] Avalon.cz [online] Avalon s.r.o., 2020 Dostupné z: http://www.avalon.cz/pool/vzor/download/linearni-teplotni-detektor-protectowire_21112017102443.pdf
- [14] *Samočinné hlásiče instalované v historickém objektu* In: TZB-info Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/14779-zarizeni-elektricke-pozarni-signalizace>
- [15] PECHOVÁ, Pavla. Elektrická požární signalizace [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, 2021
- [16] ENTLER, Slavomír. Videodetekce požáru. In: TZB-info [online], Topinfo s.r.o., 2012 [vid. 6. 6. 2021] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/9219-videodetekce-pozaru>

- [17] JIRÁSEK, Pavel. Návrh ochrany dřevěných památkových staveb pro Finanční mechanismy EHP/Norska. In: Seminář Kabinet bezpečnosti TMB a ochrana historických dřevěných staveb. Brno 2017 [vid 12. 12. 2021] Dostupné z: <https://mck.technicalmuseum.cz/wp-content/uploads/2018/01/Program-derevo-Brno-17.pdf>
- [18] ZABEZPEČOVACÍ ZARÍZENÍ [online]. ČIP Trading s.r.o., 2020. Dostupné z: <https://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/pozarni-detektory/bezdratove-pozarni-hlasice/>
- [19] Hasičský záchranný sbor [online]. *Statistická ročenka 2021*. 2021 [vid. 12.12. 2021] Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>
- [20] KŮLA, Vladimír. Technické zařízení za požáru 3. přednáška [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, 2021
- [21] PODJUKL, Martin. Příčiny a okolnosti vzniku požárů památek [přednáška]. In: For Arch 2019 [online]. Praha. Záznam dostupný z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/20510-priciny-a-okolnosti-vzniku-pozaru-pamatek>
- [22] *Požár sazí v komíně rodinného domu v Machově* In: HZSRCR.cz Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/SCRIPT/ViewImage.aspx?physid=1075440&docname=P%20kom%C3%ADn,%20Machov.jpg>
- [23] HODBOŇ, Josef. Závada na komínu může mít devastující následky. Přibývá požárů způsobených zanedbáním jejich údržby. In: TZB-info [online], Topinfo s.r.o., 2019 [vid. 12.12. 2021] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kominy-a-kourovody/19633-zavada-na-kominu-muze-mit-devastujici-nasledky-pribyva-pozaru-zpusobenych-zanedbanim-jejich-udrzby>
- [24] *Hrabovná (Ostrava)* In: Wikipedia. [fotografie] 2021. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Hrabov%C3%A1_\(Ostrava\)#/media/Soubor:Hrabova.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Hrabov%C3%A1_(Ostrava)#/media/Soubor:Hrabova.jpg)
- [25] HZSČR [online]. Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2021. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/kdyz-vyhori-zamek-nebo-hrad-aneb-pozary-historickyh-objektu.aspx>
- [26] *Chata Libušín, Pernštejn, kostel v Gutech. Podívejte se, které památky poničil požár* In: Aktuálně.cz [fotografie] 2002. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/kostel-ostrava-hrabova-pozar/r~ea01ac169c1911ea95caac1f6b220ee8/r~85ddbe6c9c1611eab408ac1f6b220ee8/>
- [27] *Replika kostela v Gutech, který zničili žháři, se začne stavět už v květnu* In: Aktuálně.cz [fotografie] 2020. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/urad-v-trinci-povolil-stavbu-repliky-kosteliku-ktery-pred-tr/r~357cf93c893e11ea95caac1f6b220ee8/>
- [28] *Požár dřevěného kostela Božího těla v Gutech na Těšínsku* In: NPU.cz [fotografie] 2017. Dostupné z: <https://www.npu.cz/cs/pro-media/25908-pozar-dreveneho-kostela-bozihotela-v-gutech-na-tesinsku>
- [29] *Obnova Libušína slovy architekta Jakuba Masáka* In: TZB-info [fotografie]. 2020. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/20165-obnova-libusina-slovy-architekta-jakuba-masaka>
- [30] OTRUSINA, Zdeněk. *Požár historické chaty Libušín na Pustevnách 3. 3. 2014* [přednáška]. Dostupné z: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiF8tbmyZDxAhVXP-wKHTqeBLgQFjAAegQIAhAD&url=http%3A%2F%2Fwww.hzscr.cz%2Fsoubor%2F10->

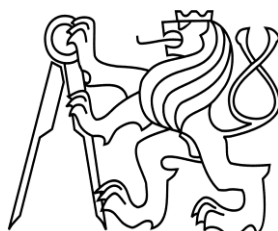
otrusina-z-pozar-narodni-kulturni-pamatky-libusin-rezim-kompatibility-pdf.aspx&usg=AOvVaw1v2Ultayw2TCir6H7vaoCg

- [31] *Libušín spravíme do jara 2017, slíbil ministr Kultury. Zaplatí to EU* In: Idnes.cz [fotografie] 2014. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zlin/zpravy/foto/JOG51dc18_P201403120661501.jpg
- [32] *Hollmenkollen chapel fire* In: Congregationlubavitch.org Dostupné z: <http://congregationlubavitch.org/wp-content/uploads/2021/03/church-fire-768x513.jpeg>
- [33] MOYNIHAM, Michael. Lords of chaos: The bloody rise of the satanic metal underground, Benátky, Kalifornie, Feral House 1998, ISBN 0-922915-48-2
- [34] The uspenskyan church of XVIII century burned down in Kondopoga, Russia In: RT.com Dostupné z: <https://cdn.rtl.com/files/2018.08/article/5b71facbda4c8e9188b45ec.jpg>
- [35] Historic wooden church in northwest Russia destroyed by fire. In: Courthouse news service [online]. Courthouse news service, 10. 8. 2018 [vid. 12.12. 2021] Dostupné z: <https://www.courthousenews.com/historic-wooden-church-in-northwest-russia-destroyed-by-fire/>
- [36] MCGRATTAN, K., S. HOSTIKKA, J. FLOYD, R. MCDERMOTT, M. VANELLA, Fire Dynamics Simulator User's Guide. 6th ed. NIST Special Publication 1019, National institute of Standards and Technology, August 21, 2020 [vid. 21. 5. 2021]
- [37] *2D and 3D mesh in CFD* In: Manchester CFD.co.uk Dostupné z: https://static.wixstatic.com/media/a27d24_44c1783e9f2b46bf8732e6d549365a6f~mv2.jpg/v1/fill/w_740,h_247,al_c,q_90/a27d24_44c1783e9f2b46bf8732e6d549365a6f~mv2.webp
- [38] *Zvonice v Železném brodě* In: cesky-raj.cz Dostupné z: <https://www.cesky-raj.cz/wp-content/uploads/2018/12/Zvonice-v-Zeleznem-Brode-2002-1.jpg>
- [39] HZS LIBERECKÉHO KRAJE, Odborné vyjádření, 5107003873, Jablonec nad Nisou, Červenec 2007
- [40] HZS LIBERECKÉHO KRAJE, Zpráva o zásahu, 5107003873, HZS Libereckého kraje, Květen 2007
- [41] JAKUBÍK, Miloš. *Zásah HZS při požáru zvonice v Železném Brodě* [fotografie]. Železný brod, 2007.
- [42] JAKUBÍK, Miloš. *Požár zvonice v Železném Brodě* [fotografie]. Železný brod, 2007.
- [43] *Železnobrodská zvonice. Pohled v listopadu 2008 a červnu 2007* In: jabloneckydenik.cz Dostupné z: https://jablonecky.denik.cz/zpravy_region/zvonici-uz-kompletne-postavili20081112.html
- [44] WALD, František a kol. Modelování dynamiky požáru v budovách. 2017. ČVUT v Praze
- [45] HEJTMÁNEK, Petr. Fire Dynamics Simulator (FDS) [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, 2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Studijní program: Integrovaná bezpečnost staveb

DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHA A

ZDROJOVÝ KÓD PRO PROGRAM FDS

Bc. Martin Kovář

vedoucí práce: Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

2022

&HEAD CHID='DIP'/
&HEAD TITLE='Zvonice_upravený mesh'/
&DUMP DT_RESTART=50.0/
&TIME T_END= 180/ 3 minut

VÝPOČETNÍ OBLAST

----- VÝPOČETNÍ OBLAST -----

&MESH IJK=50,50,50 XB=0.0,10.0,0.0,5.0,0.0,5.0/ 125000 buněk 1
&MESH IJK=50,50,50 XB=0.0,10.0,5.0,10.0,0.0,5.0/ 125000 buněk 2
&MESH IJK=25,25,17 XB=0.0,10.0,0.0,5.0,5.0,11.8/ 15625 buněk 3
&MESH IJK=25,25,17 XB=0.0,10.0,5.0,10.0,5.0,11.8/ 15625 buněk 4

----- OKRAJ VÝPOČETNÍ OBLASTI -----

&VENT XB=0.0,10.0,0.0,10.0,0.0,0.0 SURF_ID='ZEMINA' / Vent 1 ZEMINA
&VENT XB=0.0,10.0,0.0,5.0,5.0,5.0 SURF_ID='OPEN' / Vent 2 přechod mezi mesh
&VENT XB=0.0,10.0,5.0,10.0,5.0,5.0 SURF_ID='OPEN' / Vent 3 přechod mezi mesh
&VENT XB=0.0,10.0,0.0,10.0,11.8,11.8 SURF_ID='OPEN' / Vent 4 ZMAX

POŽÁR

&REAC ID='DREVO_HORI'
FUEL='REAC_FUEL'
C=6.3
H=7.1
O=2.1
SOOT_YIELD=0.008/ viz přednáška MDPV 10 FDS

&OBST XB=6.8,7.1,4.8,5.2,0.5,0.6,
SURF_ID='FIRE'/ hořící kus vazného trámu

&SURF ID='FIRE',

RGB=0,128,0,

RAMP_Q='fireramp'

HRRPUA=992.2/ Katalog rychlosti uvolňování tepla 1.1.2.11 HRR=89,3 kW; plocha požáru je 0,09 m²

&RAMP ID='fireramp', T=0.0, F=0.0 / ČAS 0-111

&RAMP ID='fireramp', T=11.6, F=0.2 / ČAS 111-122,6

&RAMP ID='fireramp', T=17.3, F=0.44 / ČAS 122,6-128,3

&RAMP ID='fireramp', T=20.2, F=0.61 / ČAS 128,3-131,2

&RAMP ID='fireramp', T=23.1, F=0.79 / ČAS 131,2-134,1

&RAMP ID='fireramp', T=26.0, F=1.0 / ČAS 134,1-137,0

&RAMP ID='fireramp', T=723.0, F=1.0 / ČAS 137,0-834,0

&RAMP ID='fireramp', T=798.2, F=0.79 / ČAS 834,0-909,2

&RAMP ID='fireramp', T=873.4, F=0.61 / ČAS 909,2-984,4

&RAMP ID='fireramp', T=948.7, F=0.44 / ČAS 984,4-1059,7

&RAMP ID='fireramp', T=1099.1, F=0.2 / ČAS 1059,7-1210,1

&RAMP ID='fireramp', T=1400.0, F=0.0 / ČAS 1210,1-1511,0

MATERIÁLY A POVRCHY

----MATERIÁLY----

&MATL ID='DREVO'

CONDUCTIVITY=0.220

SPECIFIC_HEAT=2.510

EMISSIVITY=0.9

DENSITY=600 / zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu#t09> 116

&MATL ID='ZEM'

CONDUCTIVITY=0.700

SPECIFIC_HEAT=0.001

DENSITY=1600 / zdroj: https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu#t19_201

----- POVRCHY -----

&SURF ID='ZEMINA'

MATL_ID(1,1)='ZEM'

THICKNESS=0.35,

COLOR = GOLDENROD / TERÉN, NA KTERÉM JSOU VAZNÉ TRÁMY

&SURF ID='STROP'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS=0.05,

RGB =160,82,45, /

&SURF ID='PLAST'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS=0.16,

RGB =138,54,15, / OBVODOVÝ PLÁŠŤ ZVONICE

&SURF ID='VAZNÝ TRÁM12D'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS(1:1)=0.29,

RGB =138,54,15, / VAZNÝ TRÁM DOLNÍ 12 290mm

&SURF ID='VAZNÝ TRÁM3D'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS(1:1)=0.20,

RGB =138,54,15, / VAZNÝ TRÁM DOLNÍ 3 200mm

&SURF ID='VAZNÝ TRÁM4D'
MATL_ID(1,1)='DREVO'
THICKNESS(1:1)=0.28,
RGB =138,54,15, / VAZNÝ TRÁM DOLNÍ 4 280mm

&SURF ID='VAZNÝ TRÁM1H'
MATL_ID(1,1)='DREVO'
THICKNESS(1:1)=0.29,
RGB =138,54,15, / VAZNÝ TRÁM HORNÍ 1 290mm

&SURF ID='VAZNÝ TRÁM2H'
MATL_ID(1,1)='DREVO'
THICKNESS(1:1)=0.28,
RGB =138,54,15, / VAZNÝ TRÁM HORNÍ 2 280mm

&SURF ID='VAZNÝ TRÁM3H'
MATL_ID(1,1)='DREVO'
THICKNESS(1:1)=0.22,
RGB =138,54,15, / VAZNÝ TRÁM HORNÍ 3 220mm

&SURF ID='VAZNÝ TRÁM4H'
MATL_ID(1,1)='DREVO'
THICKNESS(1:1)=0.27,
RGB =138,54,15, / VAZNÝ TRÁM HORNÍ 4 270mm

&SURF ID='VAZNICE'
MATL_ID(1,1)='DREVO'
THICKNESS=0.24,
RGB =138,54,15, / VAZNICE VE ZVONICI 240mm

&SURF ID='PREKLAD_OKNO'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS=0.22,

RGB =138,54,15, / PŘEKLADY OKEN 220mm (výřez zanedbán)

&SURF ID='STROPNICE'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS=0.18,

RGB =138,54,15, / STROPNICE PODLAHY 180mm

&SURF ID='KROKEV'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS=0.16,

RGB =138,54,15, / KROKVE OBVODOVÉH OPLÁŠTĚ 160mm

&SURF ID='PREKLAD_DVERE'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS=0.1,

RGB =138,54,15, / PŘEKLAD DVEŘÍ DO ZVONICE 100mm

&SURF ID='SCHOD'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS=0.1,

RGB =138,54,15, / SCHODIŠTĚ DO 1NP

&SURF ID='SLOUP_VNEJSI'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS=0.26,

RGB =94,38,18 / VNĚJŠÍ ŘADA ŠTENÝŘŮ - NOSNÁ KCE ZVONICE - SLOUP
260mm

&SURF ID='SLOUP_VNITRNI'

MATL_ID(1,1)='DREVO'

THICKNESS=0.22,
RGB =94,38,18 / VNITŘNÍ ŘADA ŠTENÝŘŮ - NOSNÁ KONSTRUKCE ZVONU -
SLOUP 220mm

&SURF ID='SLOUP_OKEN'
MATL_ID(1,1)='DREVO'
THICKNESS=0.18,
RGB =94,38,18 / OKENNÍ SLOUPKY - SLOUPEK 180mm

&SURF ID='SLOUP_DVERI'
MATL_ID(1,1)='DREVO'
THICKNESS=0.1,
RGB =94,38,18 / DVEŘNÍ SLOUPKY - SLOUPEK 100mm

MODEL ZVONICE

----- OBST - ZEM -----

&OBST XB=1.0,9.0,1.0,9.0,0.0,0.3 SURF_ID='ZEMINA'/ Zem_spodní

----- OBST - PLÁŠŤ-----

&MULT ID='SEVER',

DXB=0.1,-.1,-.1,-.1,0.2,0.2,

N_LOWER=0, N_UPPER=21 /

&OBST XB=0.7,9.3,9.3,9.2,0.3,0.5,
=138,54,15, / ŠIKMÝ PLÁŠŤ NA SEVERU

MULT_ID='SEVER', RGB

&MULT ID='JIH',

DXB=0.1,-.1,0.1,0.1,0.2,0.2,

N_LOWER=0, N_UPPER=21 /

&OBST XB=0.7,9.3,0.7,0.8,0.3,0.5,
ŠIKMÝ PLÁŠŤ NA JIHU

MULT_ID='JIH', RGB =138,54,15, /

&HOLE XB=4.4,5.3,0.0,2.0,0.3,2.8

&MULT ID='JIH_DVERE1',
 DXB=0.0,0.0,0.1,0.1,0.0,0.2,
 &OBST XB=4.3,4.4,0.8,0.9,0.3,0.5,
 =138,54,15, / STĚNA U DVEŘÍ BLÍŽE K X

N_LOWER=0, N_UPPER=12 /
 MULT_ID='JIH_DVERE1', RGB

&MULT ID='JIH_DVERE2',
 DXB=0.0,0.0,0.1,0.1,0.0,0.2,
 &OBST XB=5.3,5.4,0.8,0.9,0.3,0.5,
 =138,54,15, / STĚNA U DVEŘÍ DÁLE OD X

N_LOWER=0, N_UPPER=12 /
 MULT_ID='JIH_DVERE2', RGB

&MULT ID='VÝCHOD',
 DXB=-.1,-.1,0.1,-.1,0.2,0.2,
 &OBST XB=9.2,9.3,0.7,9.3,0.3,0.5,
 =138,54,15, / ŠIKMÝ PLÁŠŤ NA VÝCHODĚ

N_LOWER=0, N_UPPER=21 /
 MULT_ID='VÝCHOD', RGB

&MULT ID='ZÁPAD',
 DXB=0.1,0.1,0.1,-.1,0.2,0.2,
 &OBST XB=0.7,0.8,0.7,9.3,0.3,0.5,
 =138,54,15, / ŠIKMÝ PLÁŠŤ NA ZÁPADĚ

N_LOWER=0, N_UPPER=21 /
 MULT_ID='ZÁPAD', RGB

&OBST XB=2.8,7.2,7.1,7.2,4.6,8.9
 SEVERU

SURF_ID='PLAST'/ ROVNÝ PLÁŠŤ NA

&HOLE XB=4.6,5.4,7.1,7.2,6.1,7.6/

&OBST XB=2.8,7.2,2.8,2.9,4.6,8.9
 JIHU

SURF_ID='PLAST'/ ROVNÝ PLÁŠŤ NA

&HOLE XB=4.6,5.4,2.8,2.9,6.1,7.6/

&OBST XB=7.1,7.2,2.9,7.1,4.6,8.9
 VÝCHODĚ

SURF_ID='PLAST'/ ROVNÝ PLÁŠŤ NA

&HOLE XB=7.1,7.2,4.6,5.4,6.1,7.6/

&OBST XB=2.8,2.9,2.9,7.1,4.6,8.9
 ZÁPADĚ

SURF_ID='PLAST'/ ROVNÝ PLÁŠŤ NA

&HOLE XB=2.8,2.9,4.6,5.4,6.1,7.6/

----- OBST - STŘECHA-----

&MULT ID='STŘECHA_SEVER_DOLE',

DXB=0.2,-.2,-.2,-.2,0.1,0.1,

N_LOWER=0, N_UPPER=7 /

&OBST XB=2.6,7.4,7.2,7.4,8.9,9.0,

MULT_ID='STŘECHA_SEVER_DOLE', COLOR = BLACK /

&MULT ID='STŘECHA_SEVER_NAHOŘE',

DXB=0.1,-.1,-.1,-.1,0.2,0.2,

N_LOWER=0, N_UPPER=7 /

&OBST XB=4.2,5.8,5.7,5.8,9.7,9.9,

MULT_ID='STŘECHA_SEVER_NAHOŘE', COLOR = BLACK /

&MULT ID='STŘECHA_JIH_DOLE',

DXB=0.2,-.2,0.2,0.2,0.1,0.1,

N_LOWER=0, N_UPPER=7 /

&OBST XB=2.6,7.4,2.6,2.8,8.9,9.0,

COLOR = BLACK /

MULT_ID='STŘECHA_JIH_DOLE',

&MULT ID='STŘECHA_JIH_NAHOŘE',

DXB=0.1,-.1,0.1,0.1,0.2,0.2,

N_LOWER=0, N_UPPER=7 /

&OBST XB=4.2,5.8,4.2,4.3,9.7,9.9,

MULT_ID='STŘECHA_JIH_NAHOŘE', COLOR = BLACK /

&MULT ID='STŘECHA_VÝCHOD_DOLE',

DXB=-.2,-.2,0.2,-.2,0.1,0.1,

N_LOWER=0, N_UPPER=7 /

&OBST XB=7.2,7.4,2.6,7.4,8.9,9.0,

MULT_ID='STŘECHA_VÝCHOD_DOLE', COLOR = BLACK /

&MULT ID='STŘECHA_VÝCHOD_NAHOŘE',

DXB=-.1,-.1,0.1,-.1,0.2,0.2,

N_LOWER=0, N_UPPER=7 /

&OBST XB=5.7,5.8,4.2,5.8,9.7,9.9,

MULT_ID='STŘECHA_VÝCHOD_NAHOŘE', COLOR = BLACK /

&MULT ID='STŘECHA_ZÁPAD_DOLE',

DXB=0.2,0.2,0.2,-.2,0.1,0.1,

N_LOWER=0, N_UPPER=7 /

&OBST XB=2.6,2.8,2.6,7.4,8.9,9.0,

MULT_ID='STŘECHA_ZÁPAD_DOLE', COLOR = BLACK /

```

&MULT ID='STŘECHA_ZÁPAD_NAHOŘE',
      DXB=0.1,0.1,0.1,-1,0.2,0.2,          N_LOWER=0, N_UPPER=7 /
&OBST XB=4.2,4.3,4.2,5.8,9.7,9.9,
      MULT_ID='STŘECHA_ZÁPAD_NAHOŘE', COLOR = BLACK /

----- OBST - KROKVE-----
&MULT ID='KROKEV1',
      DXB=0.0,0.0,0.1,0.1,0.2,0.2,          N_LOWER=0, N_UPPER=18 /
&OBST XB=3.0,3.1,1.1,1.2,0.9,1.1,          MULT_ID='KROKEV1',      RGB
=138,54,15, /
&OBST XB=3.0,3.1,1.0,1.1,0.6,0.9,          SURF_ID='KROKEV',      RGB
=138,54,15, / KROKEV 1

&MULT ID='KROKEV2',
      DXB=0.0,0.0,0.1,0.1,0.2,0.2,          N_LOWER=0, N_UPPER=18 /
&OBST XB=6.9,7.0,1.1,1.2,0.9,1.1,          MULT_ID='KROKEV2',      RGB
=138,54,15, /
&OBST XB=6.9,7.0,1.0,1.1,0.6,0.9,          SURF_ID='KROKEV',      RGB
=138,54,15, / KROKEV 2

&MULT ID='KROKEV3',
      DXB=-.1,-.1,0.0,0.0,0.2,0.2,          N_LOWER=0, N_UPPER=18 /
&OBST XB=8.8,8.9,2.9,3.0,0.9,1.1,          MULT_ID='KROKEV3',      RGB
=138,54,15, /
&OBST XB=8.9,9.0,2.9,3.0,0.6,0.9,          SURF_ID='KROKEV',      RGB
=138,54,15, / KROKEV 3

&MULT ID='KROKEV4',
      DXB=-.1,-.1,0.0,0.0,0.2,0.2,          N_LOWER=0, N_UPPER=18 /
&OBST XB=8.8,8.9,6.9,7.0,0.9,1.1,          MULT_ID='KROKEV4',      RGB
=138,54,15, /
&OBST XB=8.9,9.0,6.9,7.0,0.6,0.9,          SURF_ID='KROKEV', RGB =138,54,15, /
KROKEV 4

```

&MULT ID='KROKEV5',
DXB=0.0,0.0,-.1,-.1,0.2,0.2, N_LOWER=0, N_UPPER=18 /
&OBST XB=3.0,3.1,8.8,8.9,0.9,1.1, MULT_ID='KROKEV5', RGB
=138,54,15, /
&OBST XB=3.0,3.1,8.9,9.0,0.6,0.9, SURF_ID='KROKEV', RGB
=138,54,15, / KROKEV 5

&MULT ID='KROKEV6',
DXB=0.0,0.0,-.1,-.1,0.2,0.2, N_LOWER=0, N_UPPER=18 /
&OBST XB=6.9,7.0,8.8,8.9,0.9,1.1, MULT_ID='KROKEV6', RGB
=138,54,15, /
&OBST XB=6.9,7.0,8.9,9.0,0.6,0.9, SURF_ID='KROKEV', RGB
=138,54,15, / KROKEV 6

&MULT ID='KROKEV7',
DXB=0.1,0.1,0.0,0.0,0.2,0.2, N_LOWER=0, N_UPPER=18 /
&OBST XB=1.1,1.2,2.9,3.0,0.9,1.1, MULT_ID='KROKEV7', RGB
=138,54,15, /
&OBST XB=1.0,1.1,2.9,3.0,0.6,0.9, SURF_ID='KROKEV', RGB
=138,54,15, / KROKEV 7

&MULT ID='KROKEV8',
DXB=0.1,0.1,0.0,0.0,0.2,0.2, N_LOWER=0, N_UPPER=18 /
&OBST XB=1.1,1.2,6.9,7.0,0.9,1.1, MULT_ID='KROKEV8', RGB
=138,54,15, /
&OBST XB=1.0,1.1,6.9,7.0,0.6,0.9, SURF_ID='KROKEV', RGB
=138,54,15, / KROKEV 8

----- OBST - SCHODIŠTĚ-----

&MULT ID='SCHODISTE1',
DXB=0.0,0.0,0.2,0.2,0.3,0.3, N_LOWER=0, N_UPPER=9 /
&OBST XB=4.4,5.3,3.2,3.6,1.1,1.2, MULT_ID='SCHODISTE1', RGB
=138,54,15, /

&MULT ID='SCHODISTE2',

DXB=0.2,0.2,0.0,0.0,0.3,0.3, N_LOWER=0, N_UPPER=2 /
&OBST XB=5.5,5.7,5.9,6.8,4.4,4.5, MULT_ID='SCHODISTE2', RGB
=138,54,15, /

----- OBST - VAZNÉ TRÁMY DOLNÍ-----

&OBST XB=2.9,3.2,0.9,9.1,0.3,0.6 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM12D'/ VAZNÝ
TRÁM 1D

&OBST XB=6.8,7.1,0.9,9.1,0.3,0.5 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM12D'/ VAZNÝ
TRÁM 2D

&OBST XB=6.8,7.1,0.9,4.8,0.3,0.6 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM12D'/ VAZNÝ
TRÁM 2D

&OBST XB=6.8,7.1,5.2,8.9,0.3,0.6 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM12D'/ VAZNÝ
TRÁM 2D

&OBST XB=0.9,9.1,2.9,3.1,0.3,0.6 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM3D'/ VAZNÝ
TRÁM 3D

&OBST XB=0.9,9.1,6.8,7.1,0.3,0.6 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM4D'/ VAZNÝ
TRÁM 4D

----- OBST - VAZNÉ TRÁMY HORNÍ-----

&OBST XB=3.9,4.2,1.0,9.0,0.6,0.9 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM1H'/ VAZNÝ
TRÁM 1H

&OBST XB=5.8,6.1,1.0,9.0,0.6,0.9 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM2H'/ VAZNÝ
TRÁM 2H

&OBST XB=1.0,9.0,4.1,4.3,0.6,0.9 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM3H'/ VAZNÝ
TRÁM 3H

&OBST XB=1.0,9.0,5.6,5.9,0.6,0.9 SURF_ID='VAZNÝ TRÁM4H'/ VAZNÝ
TRÁM 4H

----- OBST - VAZNICE -----

&OBST XB=3.2,6.8,6.8,7.1,4.6,4.9 SURF_ID='VAZNICE'/ VAZNICE SPODNÍ
OKRUH SEVER

&OBST XB=3.2,6.8,6.8,7.1,5.8,6.1 SURF_ID='VAZNICE'/ VAZNICE
STŘEDNÍ OKRUH SEVER

&OBST XB=3.2,6.8,6.8,7.1,8.6,8.9 NEJVYŠŠÍ OKRUH SEVER	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE
&OBST XB=3.2,6.8,2.9,3.1,4.6,4.9 OKRUH JIH	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE SPODNÍ
&OBST XB=3.2,6.8,2.9,3.1,5.8,6.1 STŘEDNÍ OKRUH JIH	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE
&OBST XB=3.2,6.8,2.9,3.1,8.6,8.9 NEJVYŠŠÍ OKRUH JIH	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE
&OBST XB=6.8,7.1,3.1,6.8,4.6,4.9 OKRUH VÝCHOD	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE SPODNÍ
&OBST XB=6.8,7.1,3.1,6.8,5.8,6.1 STŘEDNÍ OKRUH VÝCHOD	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE
&OBST XB=6.8,7.1,3.1,6.8,8.6,8.9 NEJVYŠŠÍ OKRUH VÝCHOD	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE
&OBST XB=2.9,3.2,3.1,6.8,4.6,4.9 OKRUH ZÁPAD	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE SPODNÍ
&OBST XB=2.9,3.2,3.1,6.8,5.8,6.1 STŘEDNÍ OKRUH ZÁPAD	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE
&OBST XB=2.9,3.2,3.1,6.8,8.6,8.9 NEJVYŠŠÍ OKRUH ZÁPAD	SURF_ID='VAZNICE'/	VAZNICE
&OBST XB=3.7,6.3,4.1,4.3,8.2,8.4 ZVONU BLÍŽ K Y	SURF_ID='VAZNICE'/	NOSNÁ KCE
&OBST XB=3.7,6.3,5.6,5.9,8.2,8.4 ZVONU DÁL OD Y	SURF_ID='VAZNICE'/	NOSNÁ KCE
----- OBST - STROPNICE -----		
&OBST XB=2.9,7.1,3.4,3.6,4.8,5.0	SURF_ID='STROPNICE'/	STROPNICE ST1
&OBST XB=5.8,7.1,4.5,4.7,4.8,5.0	SURF_ID='STROPNICE'/	STROPNICE ST2
&OBST XB=5.8,7.1,6.4,6.6,4.8,5.0	SURF_ID='STROPNICE'/	STROPNICE ST3
&OBST XB=2.9,4.2,4.5,4.7,4.8,5.0	SURF_ID='STROPNICE'/	STROPNICE ST4
&OBST XB=2.9,4.2,6.4,6.6,4.8,5.0	SURF_ID='STROPNICE'/	STROPNICE ST5

----- OBST - PODLAHY-----

&OBST XB=4.2,5.5,5.2,6.8,4.1,4.2 SURF_ID='STROP'/ MEZIPODESTA VE
ZVONICI

&OBST XB=3.9,6.1,3.2,4.1,5.0,5.1 SURF_ID='STROP'/ PODLAHA 1

&OBST XB=6.1,6.8,3.2,6.8,5.0,5.1 SURF_ID='STROP'/ PODLAHA 2

&OBST XB=3.2,3.9,3.2,6.8,5.0,5.1 SURF_ID='STROP'/ PODLAHA 3

----- OBST - PŘEKLAD OKEN -----

&OBST XB=3.2,6.8,6.8,7.1,7.6,7.8 SURF_ID='PREKLAD_OKNO'/ SPODNÍ
OKRUH SEVER

&OBST XB=3.2,6.8,6.8,7.1,7.8,8.0 SURF_ID='PREKLAD_OKNO'/ SPODNÍ
OKRUH SEVER

&OBST XB=3.2,6.8,2.9,3.1,7.6,7.8 SURF_ID='PREKLAD_OKNO'/ SPODNÍ
OKRUH JIH

&OBST XB=3.2,6.8,2.9,3.1,7.8,8.0 SURF_ID='PREKLAD_OKNO'/ HORNÍ
OKRUH JIH

&OBST XB=6.8,7.1,3.1,6.8,7.6,7.8 SURF_ID='PREKLAD_OKNO'/ SPODNÍ
OKRUH VÝCHOD

&OBST XB=6.8,7.1,3.1,6.8,7.8,8.0 SURF_ID='PREKLAD_OKNO'/ HORNÍ
OKRUH VÝCHOD

&OBST XB=2.9,3.2,3.1,6.8,7.6,7.8 SURF_ID='PREKLAD_OKNO'/ SPODNÍ
OKRUH ZÁPAD

&OBST XB=2.9,3.2,3.1,6.8,7.8,8.0 SURF_ID='PREKLAD_OKNO'/ HORNÍ
OKRUH ZÁPAD

----- OBST - PŘEKLAD DVEŘÍ -----

&OBST XB=4.3,5.4,2.0,2.1,2.8,2.9 SURF_ID='SLOUP_DVERI'/ PŘEKLAD
NAD DVEŘMI (stejný rozměr jako sloup)

----- OBST - SLOUPY VNĚJŠÍ -----

&OBST XB=2.9,3.2,2.9,3.1,0.6,8.9	SURF_ID='SLOUP_VNEJSI'/ SLOUP SO1
&OBST XB=6.8,7.1,2.9,3.1,0.6,8.9	SURF_ID='SLOUP_VNEJSI'/ SLOUP SO2
&OBST XB=2.9,3.2,6.8,7.1,0.6,8.9	SURF_ID='SLOUP_VNEJSI'/ SLOUP SO3
&OBST XB=6.8,7.1,6.8,7.1,0.6,8.9	SURF_ID='SLOUP_VNEJSI'/ SLOUP SO4

----- OBST - SLOUPY VNITŘNÍ -----

&OBST XB=3.9,4.2,4.1,4.3,0.9,8.2 SV1	SURF_ID='SLOUP_VNITRNI'/ SLOUP
&OBST XB=5.8,6.1,4.1,4.3,0.9,8.2 SV2	SURF_ID='SLOUP_VNITRNI'/ SLOUP
&OBST XB=3.9,4.2,5.6,5.9,0.9,8.2 SV3	SURF_ID='SLOUP_VNITRNI'/ SLOUP
&OBST XB=5.8,6.1,5.6,5.9,0.9,8.2 SV4	SURF_ID='SLOUP_VNITRNI'/ SLOUP

----- OBST - SLOUPY OKEN -----

&OBST XB=4.4,4.6,2.9,3.1,6.1,7.6	SURF_ID='SLOUP_OKEN'/
&OBST XB=5.4,5.6,2.9,3.1,6.1,7.6	SURF_ID='SLOUP_OKEN'/
&OBST XB=4.4,4.6,6.8,7.1,6.1,7.6	SURF_ID='SLOUP_OKEN'/
&OBST XB=5.4,5.6,6.8,7.1,6.1,7.6	SURF_ID='SLOUP_OKEN'/
&OBST XB=2.9,3.2,4.4,4.6,6.1,7.6	SURF_ID='SLOUP_OKEN'/
&OBST XB=2.9,3.2,5.4,5.6,6.1,7.6	SURF_ID='SLOUP_OKEN'/
&OBST XB=6.8,7.1,4.4,4.6,6.1,7.6	SURF_ID='SLOUP_OKEN'/
&OBST XB=6.8,7.1,5.4,5.6,6.1,7.6	SURF_ID='SLOUP_OKEN'/

----- OBST - SLOUPY DVEŘÍ -----

&OBST XB=4.3,4.4,2.0,2.1,0.3,2.9	SURF_ID='SLOUP_DVERI'/ SLOUP SD1
&OBST XB=5.3,5.4,2.0,2.1,0.3,2.9	SURF_ID='SLOUP_DVERI'/ SLOUP SD2

----- BODOVÉ HLÁSIČE KOUŘE-----

&DEVC ID='SD1',
PROP_ID='Acme Smoke Detector',
XYZ=3.6,4.8,5.0,/

&DEVC ID='SD2',
PROP_ID='Acme Smoke Detector',
XYZ=6.4,4.8,5.0,/

&PROP ID='Acme Smoke Detector',
QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
ALPHA_E=1.8,
BETA_E=-1.0
ALPHA_C=0.8
BETA_C=-0.8
ACTIVATION_OBSCURATION=3.24/

----- BODOVÉ HLÁSIČE TEPLA-----

&DEVC ID='HD1',
PROP_ID='Acme Heat',
XYZ=3.6,4.8,5.0,/

&DEVC ID='HD2',
PROP_ID='Acme Heat',
XYZ=6.4,4.8,5.0,/

&PROP ID='Acme Heat',
QUANTITY='LINK TEMPERATURE',
RTI=132,
ACTIVATION_TEMPERATURE=65/

----- ŘEZOVÉ ROVINY-----

&SLCF PBZ = 4.00,

QUANTITY = 'TEMPERATURE',
VECTOR = .TRUE./

&SLCF PBZ = 3.00,
QUANTITY = 'TEMPERATURE',
VECTOR = .TRUE./

&SLCF PBZ = 2.00,
QUANTITY = 'TEMPERATURE',
VECTOR = .TRUE./