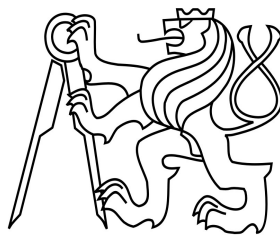


České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební



Diplomová práce

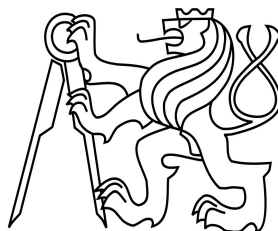
2021

Bc. Simona Lorencová

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb

K125 DISE – Diplomová práce

**MODEL POŽÁRU A JEHO DETEKCE
V PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÉM PROSTORU**
FIRE MODEL AND ITS DETECTION IN HISTORICAL BUILDING

Bc. Simona Lorencová

vedoucí práce: Ing. Pavla Pechová, Ph.D

2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Lorencová Jméno: Simona Osobní číslo: 458612
Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov
Studijní program: Stavební inženýrství - N3607
Studijní obor: Integrovaná bezpečnost staveb (3607T047)

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Model požáru a jeho detekce v památkově chráněném prostoru

Název diplomové práce anglicky: Fire Model and its Detection in Historical Building

Pokyny pro vypracování:

V teoretické části zpracujte rešerši zaměřenou na požární ochranu v historicky cenných a památkově chráněných objektech. Zaměřte se na požární ochranu těchto objektů z hlediska legislativních požadavků a požadavků Národního památkového ústavu. V další části této rešerše se zaměřte na aktivní požární ochranu, především na elektrickou požární signalizaci.

V praktické části vytvořte počítačový model požáru a jeho detekce. Pro tvorbu počítačového modelu použijte program Fire Dynamics Simulator (FDS). Proveďte porovnání dvou různých hlásičů požáru z hlediska vhodnosti a rychlosti detekce pro historicky cenný prostor.

Seznam doporučené literatury:

Kučera, P. a Z. Pezdová. Základy matematického modelování požáru. 1 vydání, 2010. Wald, F. a kolektiv. Modelování dynamiky požáru v budovách, 2017. Dudáček, A. Automatická detekce požáru. 2. vydání, 2008. Drysdale, D. An Introduction to Fire Dynamics, 3rd Edition, 2011. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th Edition, 2015. McGrattan, K.B. a G.P. Forney. Fire Dynamics Simulator - User's guide, NIST, 2018.

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

Datum zadání diplomové práce: 24.9.2020 Termín odevzdání diplomové práce: 3.1.2021
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. Simona Lorencová.....

Název diplomové práce: ...Model požáru a jeho detekce v památkově chráněném prostoru.....

Základní část: ...Detekce v památkově chráněném prostoru.....podíl:100.... %

Formulace úkolů:

V rešerši pracujte především se zákonem o požární ochraně č. 133/1985 Sb., vyhláškou č. 23/2008 Sb. a vyhláškou č. 246/2001 Sb., v platných zněních. V rešerši zdůrazněte pohled na památkově chráněné objekty s přihlédnutím k metodice vydané Národním památkovým ústavem. Dále se v rešerši zaměřte na možnosti aplikace elektrické požární signalizace a její části a vhodnost pro použití v historických objektech.

V praktické části vytvořte model požáru v knihovně Broumovského kláštera. Místo původně uvažovaného porovnání dvou různých hlásičů porovnejte a zhodnoťte rychlost detekce bodových opticko-kouřových hlásičů pro 2 požární scénáře. Tyto požární scénáře se budou lišit v umístění ohniska požáru. Bodové opticko-kouřové hlásiče umístěte do prostoru dle normativních požadavků, při současném zohlednění historické hodnoty fresky na stropní klenbě.

Podpis vedoucího DP: Datum: ..29.10.2020...

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 odevzdávat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru).

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a vypracovala jsem ji samostatně, s přispěním citované literatury a odborných konzultací.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/200 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 01. 01. 2021

.....
Bc. Simona Lorencová

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi pomohli se získáním podkladových materiálů, užitečných informací a poskytli mi rady při psaní diplomové práce.

Dále bych ráda poděkovala mé vedoucí diplomové práce Ing. Pavle Pechové, Ph.D. za cenné rady, čas a odborné vedení při zpracování diplomové práce a slečně Evě Vodochodské za možnost osobní prohlídky broumovské klášterní knihovny, za poskytnutí literatury a informací o knihovně.

Zvláštní poděkování patří mé rodině za podporu a rady během celého studia.

Obsah

Abstrakt	.....	III
Abstract	.....	III
Seznam použitých symbolů a zkratk	.....	IV
1 Úvod	.....	1
1.1 Motivace	.....	1
1.2 Stanovení výzkumné otázky	.....	1
1.3 Cíle práce	.....	1
2 Současný stav poznání	.....	2
2.1 Požární ochrana a riziko vzniku požáru v historických objektech	.....	2
2.2 Legislativní požadavky	.....	3
2.2.1 Zákon č. 133/1985 Sb.	.....	3
2.2.2 Vyhláška č. 23/2008 Sb.	.....	3
2.2.3 Vyhláška č. 246/2001 Sb.	.....	4
2.2.4 Požadavky NPÚ	.....	4
2.3 Elektrická požární signalizace – EPS	.....	5
2.3.1 Ústředna	.....	6
2.3.2 Zařízení dálkového přenosu - ZDP a pult centrální ochrany - PCO	.....	8
2.3.3 Klíčový trezor požární ochrany - KTPO	.....	8
2.3.4 Samočinné hlásiče požáru	.....	9
2.4 Hlásiče požáru	.....	10
2.4.1 Tlačítkové hlásiče	.....	10
2.4.2 Hlásiče teplot	.....	11
2.4.3 Optické detektory kouře	.....	11
2.4.4 Ionizační detektory kouře	.....	12
2.4.5 Nasávací (aspirační) detektory kouře	.....	12
2.4.6 Lineární optické detektory kouře	.....	12
2.4.7 Detektory vyzařovaného plamene	.....	13
2.4.8 Požární videodetekci	.....	14
2.4.9 Duální a multisenzorové detektory	.....	14
2.4.10 Bezdrátové detektory	.....	14
2.5 Shrnutí	.....	15
3 Řešený příklad	.....	17
3.1 Popis knihovny	.....	17
3.2 Prohlídka klášterní knihovny	.....	19
3.3 Matematické modelování požáru	.....	20
3.3.1 Zónové modely	.....	20
3.3.2 Modely pole	.....	21
3.4 Vstupní parametry pro model	.....	23
3.4.1 Geometrie	.....	24
3.4.2 Materiálové charakteristiky	.....	24
3.4.3 Zadání modelu do programu FDS	.....	25

3.4.4	Výběr a umístění požárních hlásičů	26
3.4.5	Požární scénář a modelování požáru v programu FDS.....	27
3.4.6	Požární hlásiče v programu FDS	29
3.5	Citlivostní analýza.....	31
3.6	Detekce požáru TV u sloupu ochozu	35
3.6.1	Výstupy z modelu	36
3.7	Detekce požáru TV u okna.....	39
3.7.1	Výstupy z modelu	40
3.8	Porovnání výstupů z obou požárních scénářů.....	42
4	Závěr	43
	Příloha 1 – zdrojový kód	44
	Příloha 2 – výkresy knihovny	57
	Seznam obrázků	63
	Seznam tabulek	65
	Literatura	66

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na modelaci a detekci požáru v historických a památkově chráněných objektech. V úvodu jsou shrnuty důvody, proč je tolik důležité chránit historické památky.

V teoretické části jsou popsány legislativní požadavky a požadavky Národního památkového ústavu. Jsou zde popsány části elektrické požární signalizace. Dále jsou v práci shrnuty nejpoužívanější hlásiče požáru.

Praktická část je zaměřena na modelaci požáru v prostoru klášterní knihovny v Broumově, v programu FDS a porovnání dvou požárních scénářů. Porovnání scénářů má určit vhodnost použití a rychlost detekce požáru pro modelovaný prostor. Dále byla provedena osobní prohlídka a zaměření prostoru knihovny.

Klíčová slova

Detekce požáru; historické objekty; elektrická požární signalizace (EPS); hlásiče požáru; manuální hlásiče požáru; automatické hlásiče požáru; kouřové hlásiče; knihovna; Fire Dynamics Simulator (FDS)

Abstract

The diploma thesis is focused on fire modelling and fire detection in the historic and listed buildings. The introduction explains the importance of the historic monuments protection.

The theoretical part describes the legislative requirements and the requirements of the National Heritage Institute. The parts of the electrical fire alarm system are briefly described there. The work also summarizes the most used fire detectors.

The practical part is focused on the fire modelling in the library in the Broumov Monastery. It is made in the FDS program, and two fire scenarios are compared. The comparison of the scenarios is supposed to determine the suitability of the used systems and the speed of fire detection for the modelled space. Furthermore, a personal inspection and survey of the library space were performed.

Keywords

Fire detection; historical buildings; fire alarm systems; fire detectors; manual fire detector; automatic fire detection; smoke detectors; library; Fire Dynamics Simulator (FDS)

Seznam použitých symbolů a zkratek

Latinské symboly

A	Plocha	m^2
h	Výška místnosti	m
c	Měrná tepelná kapacita	J/(kg·K)
KV	Konstrukční výška	m

Řecké symboly

ρ	Objemová hmotnost	kg/m^3
λ	Součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)

Zkratky

CFD	Computational Fluid Dynamics
EPS	Elektrická požární signalizace
FDS	Fire Dynamics Simulator
HZS	Hasičský záchranný sbor
KTPO	Klíčový trezor požární ochrany
NIST	National Institute of Standards and Technology
NP	Nadzemní podlaží
NPÚ	Národní památkový ústav
PBŘ	Požárně bezpečnostní řešení
PBZ	Požárně bezpečnostní zařízení
PCO	Pult centrální ochrany
PO	Požární odolnost
SMV	Smokeview
ZDP	Zařízení dálkového přenosu

1 Úvod

1.1 Motivace

Největší katastrofou pro historické památky jsou právě požáry. Ty bývají velmi ničivé a pro mnoho památek se stávají osudnými. Požárem zničené památky nelze obnovit a i replika stěží nahradí zničený originál. Požáry mohou zasáhnout jak stavební konstrukce, tak i sbírky uložené uvnitř staveb. Ochrana by se proto neměla týkat jen nemovitých kulturních památek, ale i movitých památek, sbírek či instalací. Hodnota těchto památek je nejen finanční, ale může být nevyčíslitelná penězi, neboť se jedná o hodnotu historickou či duševní. Včasná detekce požáru, proto zamezí ztrátám na historickém majetku a včasný zásah omezí další rozšíření požáru a sníží tak rozsah škod na historických objektech a dílech. Dále bychom do požární ochrany měli zahrnout ochranu zdraví a života návštěvníků a zaměstnanců, neboť i ti mohou být požárem zasaženi.

1.2 Stanovení výzkumné otázky

Nabízí se tedy otázka, jakými způsoby je vhodné detekovat požár v historických objektech, aby nedocházelo ke ztrátám na historicky cenném majetku, šíření požáru do dalších prostor nebo na další movitý majetek, a aby osoby nacházející se v objektu byly chráněny před účinky a šíření požáru a jaké možnosti nabízí trh.

1.3 Cíle práce

Hlavními cíli práce jsou:

- 1) Seznámení s legislativními požadavky a požadavky NPÚ na požární ochranu historických památek
- 2) Seznámení s druhy, principem detekce a vlastnostmi hlásičů požáru dostupných na trhu
- 3) Osobní prohlídka klášterní knihovny v Broumově, její zaměření a tvorba modelu knihovny v programu FDS
- 4) Modelovat požár v prostoru klášterní knihovny v programu FDS a provést porovnání detekce požáru pro dva různé požární scénáře

2 Současný stav poznání

Jak bylo zmíněno v úvodu, požáry jsou nejničivější silou pro historické památky. V dnešní době neexistuje metoda, která by dokázala vzkřísit památky z popela. Historické předměty a objekty, které zasáhne požár, je nemožné zrestaurovat a jsou ztraceny navždy.

Z hlediska jejich požární ochrany je nutné věnovat se jejich preventivní ochraně, aby k požárům pokud možno nedošlo. Pokud už k požáru dojde, prioritou se stává jeho rychlá detekce a co nejrychlejší a nejúčinnější uhašení se snahou o minimalizaci následných škod.

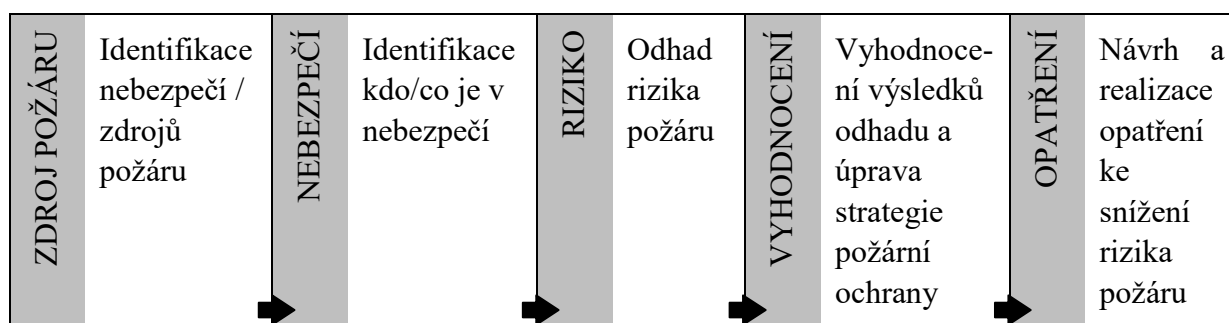
Předmětem této části práce je shrnutí některých zákonů, které se vztahují na ochranu staveb při požárech. Dále na popsání, dnes dostupných, hlásičů požáru, shrnutí jejich vlastností a popis vhodnosti použití pro různé historické objekty.

2.1 Požární ochrana a riziko vzniku požáru v historických objektech

Za provoz a ochranu kulturních památek je zodpovědný vlastník. Tím je z pohledu zákona právnická či fyzická osoba, jiné rozdělení zákon nezná. Vzhledem k možnosti vzniku požáru je nutné mít nastaven systém kontrol, ať už se jedná o kontrolu prostor nebo dokumentace. Bezpečnost těchto objektů ovlivňuje nejen majitel, ale i zaměstnanci a návštěvníci či další osoby. [1]

Metodika vydaná NPÚ se zabývá managementem požární ochrany památek, strategií v ochraně památek před požárem, analýzou možného poškození památky požárem a způsoby využití získaných dat. Tento management se zabývá stanovením pravděpodobnosti vzniku požáru v historických objektech a chápání míry rizika. Postup při hodnocení rizika je naznačen v Tabulka 1.

Riziko nejsme schopni zcela odstranit, ale můžeme jej snížit na únosnou mez, tzv. akceptovatelné riziko. Akceptovatelné riziko je dáno ekonomicko-společenskou záležitostí a v řadě případů legislativou. [1, 2]



Tabulka 1: body pro řízení rizika požáru

Značné riziko tvoří umístování truhlářských, restaurátorských, údržbářských a dalších obdobných pracovišť v hlavních budovách historických objektů. Kdy zdrojem hoření může být zkrat nebo odskočení jiskry od elektrických zařízení, potřebných k práci. Odsunutím těchto činností mimo hlavní historický objekt se výrazně sníží riziko vzniku požáru.

Vzhledem k umístění historických staveb na špatně dostupných místech, zvláště pak hradů, na kopcích či na skalním ostrohu, může být problémem nedostatek požární vody. Pro takto umístěné stavby je vhodné provádět taktická nebo prověřovací cvičení HZS. Tato cvičení prověří nejen připravenost personálu, ale i funkčnost PBZ jako jsou venkovní hydranty, nezavodněné požární vodovody či dokumentace zdolávání požáru. [2]

2.2 Legislativní požadavky

V této kapitole jsou shrnuty některé často používané zákony a vyhlášky, které je nutné zohlednit při návrhu požární ochrany staveb. Snaha těchto předpisů je vytvořit podmínky pro účelnou ochranu a eliminovat škody na lidských životech i na majetku při vzniku požáru či jiných živelných nebo mimořádných událostech.

2.2.1 Zákon č. 133/1985 Sb.

Zákon č. 133/1985 Sb. o požární ochraně stanovuje podmínky pro účinnou ochranu života a zdraví občanů a majetku. Dále zákon upravuje poskytování pomoci při živelných pohromách a jiných mimořádných událostech.

V zákoně najdeme členění provozovaných činností dle požárního nebezpečí a jsou zde uvedeny činnosti, které se považují za činnosti se zvýšeným požárním rizikem a činnosti s vysokým požárním rizikem. Do skupiny provozů se zvýšeným požárním nebezpečím patří převážná většina zpřístupněných památek. Důvodem toho zařazení je nemožnost zajistit běžné podmínky pro zásah, tyto podmínky jsou uvedeny v §4.

Ze zákona dále vyplývají povinnosti právnických a fyzických osob při práci na pracovišti vzhledem k nebezpečnosti provozu a údržba požární techniky včetně věcných prostředků požární techniky. Zákon dále určuje body dokumentace zdolávání požáru.

Některé historické objekty disponují preventivními požárními hlídkami, tento zákon určuje úkoly těchto hlídek, dále i školení zaměstnanců s ohledem na požární ochranu.

V historických objektech se také často setkáváme s původními spalinovými cestami, ty, pokud se používají v původním historickém provedení, se mohou stát zdrojem požáru. Ve třetí části tohoto zákona, konkrétně v §43 až §47, jsou uvedeny požadavky na spalinové cesty včetně jejich kontrol a čištění.

Na základě znění zákona 133/1985 Sb. je možné právnickým či fyzickým osobám udělit pokutu, pokud porušují protipožární opatření. Výše pokud se odvíjí od závažnosti porušení legislativních předpisů, ovšem v žádném případě se nejedná o malé finanční sumy. [3]

2.2.2 Vyhláška č. 23/2008 Sb.

Tato vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb ze závazňuje jinak nezávazné technické normy. Ve svých paragrafech se zaměřuje, jakým PBZ musí být stavby vybaveny. K historickým objektům a ochraně movitého kulturního majetku se vztahuje především §26 – stavba památkově chráněná a §27 – ochrana movitých kulturních památek, kde jsou shrnuta PBZ, jakými musí být historická stavba vybavena.

V §26 je uvedeno, že každá historická stavba musí být vybavena elektrickou požární signalizací nebo hlásičem požáru použitým v EPS. Dále pak stabilním hasicím zařízením v případě, že se jedná o unikátní prostory staveb nebo prostor s jedinečnými sbírkami nebo v jedinečných dřevěných stavbách, včetně jejich vnější ochrany.

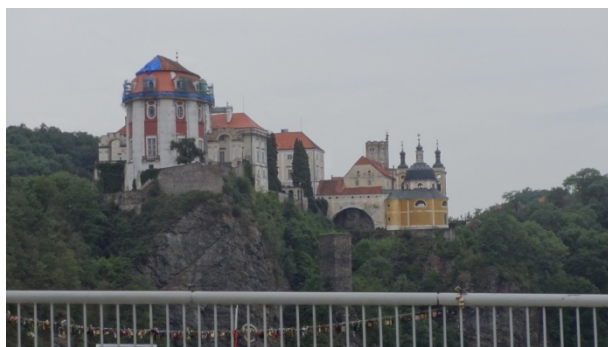
Dle §27 o ochraně movitých kulturních památek je uvedeno, že každá část stavby, v níž jsou uloženy movité kulturní památky, musí být vybavena EPS nebo hlásičem požáru použitým v EPS a stabilním hasicím zařízením, pokud se jedná o unikátní historickou sbírku. [4]

2.2.3 Vyhláška č. 246/2001 Sb.

Ve vyhlášce 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci) jsou v §18 uvedeny požadavky pro stavby se složitými podmínkami pro zásah. Mnoho historických památek, zejména pak hradů bylo postaveno na kopci nebo na jinak obtížně dostupném místě (skalní ostroh, jezero, ...), viz Obrázek 1, Obrázek 2. Je proto důležité tyto aspekty nepodcenit.

Dále zaměstnanci obsluhující EPS musí být řádně proškoleni, tato pravidla stanovují §23 až §26. V této části vyhlášky je stanoven rozsah, obsah a pravidelnost školení zaměstnanců v požární ochraně.

Vyhláška také stanoví nutnost vypracování dokumentací požární ochrany, jako jsou požární řád, požární poplachové směrnice, požární evakuační plány, řád ohlašovny požárů, požární kniha a další. [5]



Obrázek 1: zámek Vranov nad Dyjí



Obrázek 2: zámek Červená Lhota

2.2.4 Požadavky NPÚ

Některé normové či jiné legislativní požadavky se zabývají především návrhem a podmínkami pro novostavby. Těmto požadavkům historické objekty často nedokážou plně vyhovět. Na základě předchozích zkušeností, NPÚ vytvořilo ve spolupráci s HZS a dalšími odborníky metodiku, které by měla návrh požární bezpečnosti historických objektů nejen usnadnit, ale i zefektivnit. Projektanti PBR a EPS by měli k projektování požární ochrany přistupovat maximálně zodpovědně a citlivě vzhledem k historické hodnotě objektů. Dále by

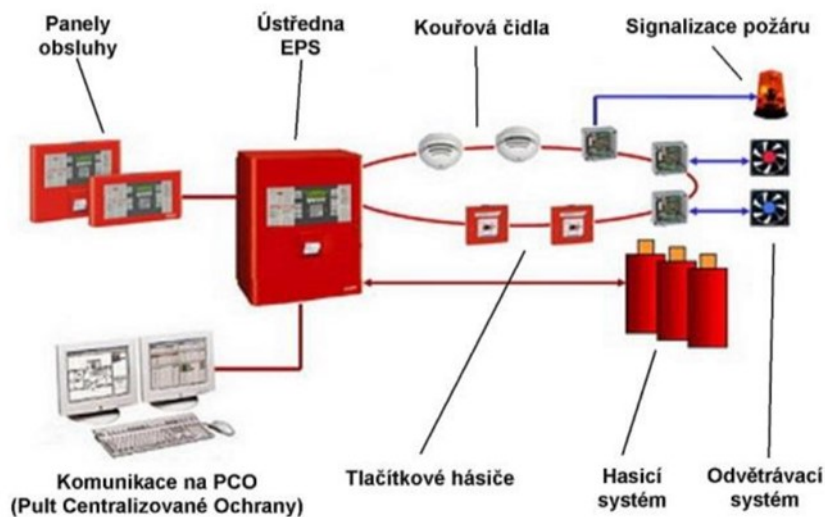
měla být samozřejmostí spolupráce tvůrců PBR, projektantů EPS a montážních firem, aby docházelo k hospodárnému a účinnému návrhu protipožárních opatření. [1, 2]

2.3 Elektrická požární signalizace – EPS

Elektrická požární signalizace se, dle vyhlášky č. 246/2001 Sb., řadí mezi vyhrazené druhy požárně bezpečnostních zařízení. Elektrická požární signalizace je soubor technických zařízení, jsou jimi ústředny EPS, hlásiče požáru, přenosová a doplňková zařízení a kabelová vedení. Dále jsou pak velmi podrobně definovány technické požadavky na provedení EPS dle ČSN EN 54. Úkolem tohoto technologického zařízení je co nejdříve detekovat požár a opticky a/nebo akusticky hlásit ohnisko požáru či vzniklý požár.

Do sledovaného prostoru se umístí hlásiče požáru (automatické, tlačítkové nebo kombinace). Hlásiče jsou propojeny s ústřednou hlásičí linkou, resp. požární smyčkou u tlačítkových a neadresovaných hlásičů. Jednotlivé hlásiče jsou tímto vedením napájeny z ústředny a zároveň signály z hlásičů požáru putují do ústředny EPS, kde jsou data vyhodnocována, buď obsluhou, nebo jsou data, v případě požáru, posílána pomocí zařízení dálkového přenosu přímo na HZS nebo na bezpečnostní službu. Jednotlivé smyčky musí být ústřednou trvale kontrolovány, aby byla zajištěna spolehlivost a provozuschopnost systému.

EPS se zabývá ochranou objektů a předmětů v nich uložených. Těmito předměty mohou být knihy v knihovnách historických nebo památkově chráněných objektech, předměty z mobiliárních fondů a další. [1, 6, 7]



Obrázek 3: struktura elektrické požární signalizace [6]

Pro efektivní a spolehlivý provoz systému EPS je třeba provést výběr vhodného zařízení a návrh funkčního systému, dále je třeba provádět pravidelné údržby a servis na jednotlivých částech systému elektrické požární signalizace. [6]

Mezi technická zařízení připojená na systém EPS mohou být např. klimatizace, ozvučovací systémy, evakuační výtahy, požární odvětrání nebo stabilní hasicí zařízení a další. Veškerá tato zařízení je možno ovládat z ústředny EPS.

Povinnost instalace systému EPS je dána legislativou. Pro památkově chráněné objekty mohou být v České republice použity pouze certifikované systémy EPS. Před uvedením systému EPS do provozu musí být provedena funkční zkouška, kde se ověřuje správná instalace a chování systému.

Povinností je provádět pravidelné prohlídky a kontroly provozuschopnosti systému. Tyto prohlídky mají různou četnost pro různé části EPS. Jedenkrát měsíčně se provádí kontrola ústředen EPS, jednou za půl roku probíhá kontrola samočinných hlásičů a zařízení, která jsou ovládána pomocí EPS. Povinná je také každoroční kontrola provozuschopnosti celého systému. [6, 7]

2.3.1 Ústředna

Ústředna zajišťuje nepřetržité napájení a ovládání systému EPS, komunikaci s jednotlivými hlásiči, vyhodnocuje přijímané signály a je řídicí jednotkou systému EPS. Ústředna signalizuje základní stavy systému EPS, a to PROVOZ, PORUCHA nebo POŽÁR. Dále se pomocí ústředen EPS kontroluje provozuschopnost systému. Některé druhy ústředen EPS mohou být propojeny s řídicími jednotkami stabilních hasicích zařízení, mohou ovládat provoz požárních uzávěrů. Po vyhlášení poplachu řídí ústředna vyhlášení poplachu, uzavření požárních uzávěrů a spuštění PBZ. Ústředny EPS jsou děleny na dvě skupiny, konvenční a adresovatelné.

U jednoduchých (konvenčních) systémů EPS mají ústředny omezený počet připojitelných linek, do jedné linky lze připojit cca 20 hlásičů. Tato linka poté tvoří zónu. V případě vypuknutí požáru a vyhlášení poplachu, lze polohu požáru určit pouze v zóně, tzn. na dané lince, bohužel není možné určit, který hlásič požár zaznamenal, tzv. neadresovatelné systémy.

Adresovatelné ústředny jsou založeny na hierarchii pomocí koncentrátorů. Díky tomuto uspořádání je možná přímá detekce požáru, je přímo možné určit, který hlásič požár zachytil. Díky tomu je možná přímá lokalizace požáru. [1, 8, 9]

Sítě systému EPS jsou liniové nebo okružní. Výhodou okružní sítě je, že zůstává funkční i při přerušení kabelového vedení, např. při zkratu či poruše. Orientační schéma liniové a okružní sítě systému EPS je na Obrázek 4: schéma liniové sítě EPS a Obrázek 5: schéma okružní sítě EPS.

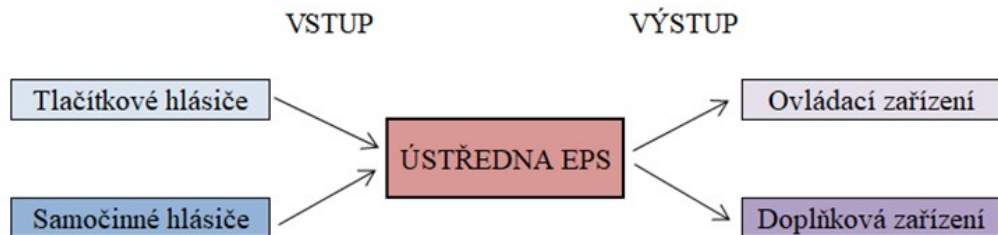


Obrázek 4: schéma liniové sítě EPS [8]



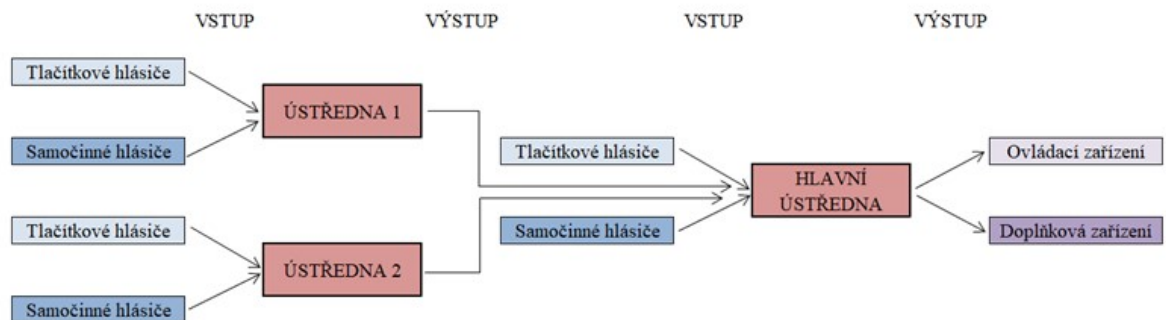
Obrázek 5: schéma okružní sítě EPS [8]

Jednostupňová EPS, z hlediska počtu ústředn, má pouze hlavní ústřednu EPS. Ústředna přijímá signály z hlásičů a v případě poplachu aktivuje ovládací a doplňková zařízení, viz Obrázek 6.



Obrázek 6: schéma jednostupňové EPS

Vícestupňové EPS, z hlediska počtu ústředn, mají stejné schéma jako EPS jednostupňové, ale navíc jsou doplněny o vedlejší ústředny, viz Obrázek 7. Tento systém EPS se využívá do rozlehlých prostor, kde není vhodné nebo je nedostačující instalovat pouze jednu ústřednu.



Obrázek 7: schéma vícestupňové EPS

Jednostupňové vyhlášení požárního poplachu – ústředna EPS signalizuje všeobecný poplach. Všeobecný poplach je signalizován akusticky do ohroženého požárního úseku, příp. do okolních požárních úseků.



Obrázek 8: schéma jednostupňového vyhlášení poplachu [10]

Dvoustupňové vyhlášení požárního poplachu – ústředna EPS signalizuje úsekový nebo všeobecný poplach. Tato signalizace rozlišuje dva provozní režimy „DEN“ a „NOC“. Při nastaveném režimu „DEN“ ústředna signalizuje úsekový poplach při přijetí poplašného signálu ze samočinných hlásičů a po uplynutí času t_1 nebo t_2 automaticky dochází k všeobecnému poplachu, případně provede dálkový přenos informací na pult centrální ochrany.

Při nastavení režimu „NOC“ a přijetí signalizace požáru ze samočinného hlásiče ústředna vyhlásí současně úsekový i všeobecný poplach, případně provede dálkový přenos informací na pult centrální ochrany.

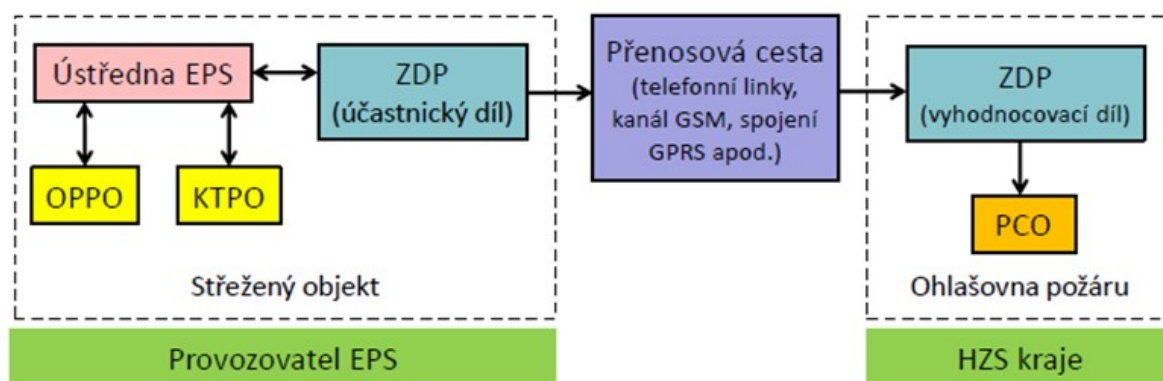
Obsluha ústředny EPS pracuje se dvěma časovými intervaly, t_1 a t_2 .

Interval t_1 slouží obsluze pro potvrzení přijetí signálu poplachu v požárním úseku. Obsluha přijetí poplachu provede zrušením akustické signalizace ústředny, poté dochází ke spuštění druhého časového intervalu t_2 . Při nepřijetí poplachu obsluhou dochází k vyhlášení všeobecného nebo externího poplachu. Časový interval t_1 se nastavuje v rozmezí do 1 minut.

Interval t_2 poskytuje obsluze čas pro ověření poplachu v daném úseku. Při potvrzení požáru v daném úseku, obsluha vyhlásí všeobecný nebo externí poplach použitím jakéhokoliv tlačítkového hlásiče. Pokud obsluha zjistí, že se jedná o planý poplach, je obsluha povinna zrušit signalizaci na ústředně do uplynutí časového intervalu t_2 (obvykle tzv. zpětné nastavení). Tento časový interval t_2 se nastavuje v rozmezí do 12 minut. [9, 10]

2.3.2 Zařízení dálkového přenosu - ZDP a pult centrální ochrany - PCO

Zařízení dálkového přenosu je napojeno na ústřednu EPS a její signalizaci přenáší na ohlašovnu požáru. Systém EPS a ZDP musí zajistit přenos základních informací, tj. zda jsou daná zařízení v provozu, dále signály POŽÁR a PORUCHA. ZDP se doporučuje instalovat v prostorách s dvoustupňovou signalizací požáru nebo v případě, kdy jsou samočinné hlásiče požáru zapojeny do skupin hlásičů nebo do závislosti více linek. Další instalace ZDP blíže upravuje norma ČSN 73 0875. Při připojení EPS na ZDP tato norma určuje povinnost instalovat obslužné pole požární ochrany a klíčový trezor požární ochrany. [9, 10]



Obrázek 9: schéma zařízení dálkového přenosu [8]

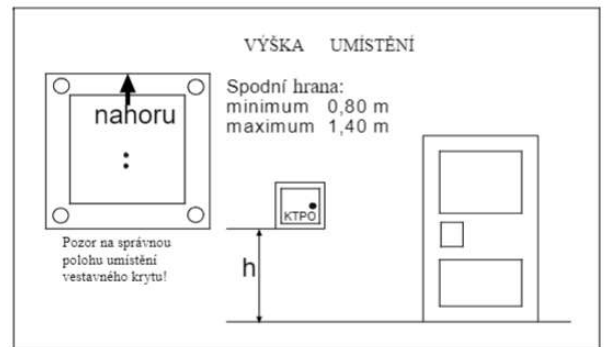
2.3.3 Klíčový trezor požární ochrany - KTPO

Objekty zabezpečené systémem EPS musí být v případě požárního poplachu přístupné pro zasahující hasiče. V případě, že není objekt trvale přístupný, musí být klíč od objektu uložen v klíčovém trezoru požární ochrany, viz Obrázek 10. Ten slouží při požáru zasahujícím hasičům k získání klíčů od objektu, a tím i snadnému a „nenásilnému“ vstupu do budovy. KTPO se musí nacházet na vnější straně objektu, u vstupu, který je určen pro vstup hasičů při kontrole signalizace z EPS. Poloha KTPO je označena signalizačním majákem. Pro správné fungování

KTPO je nutné mít připojovací adaptér. Tento adaptér hlídá dveřní závoru venkovních dvířek KTPO a rozlišuje, zda se jedná o povolené otevření v případě požáru či vloupání. [11, 12]



Obrázek 10: klíčový trezor požární ochrany [10]



Obrázek 11: umístění KTPO [11]

2.3.4 Samočinné hlásiče požáru

Jedná se o detektory, které reagují na vznik produktů hoření. Mohou detekovat kouř, nárůst teplot nebo spektrum, které plameny vyzařují. Dle zaměření tyto hlásiče pracují na různých principech – optické, ionizační nebo teplotní.

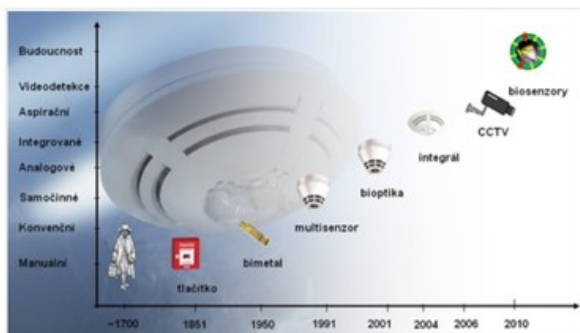
Většina používaných systémů EPS pracuje s tzv. dvoustavovými hlásiči požáru. Daný hlásič má dva provozní stavy: provoz a požár. Signály o stavu hlásiče jsou požárními smyčkami přeneseny do ústředny. Dle nastavení, ústředna tento signál porovná se signály dalších požárních hlásičů ve střeženém prostoru nebo může počkat na opakování signálu z hlásiče (v řádu několika sekund) a poté vyhlásí požár.

V poslední době se na trh začínají dostávat i další druhy hlásičů požáru, tyto hlásiče přenášejí do ústředny naměřené hodnoty daného parametru (teplota, plamen, ...). V případě použití těchto hlásičů je nutná adresace hlásiče, ústředna musí být schopna vyhodnotit, z jakého hlásiče byla přijata naměřená hodnota.

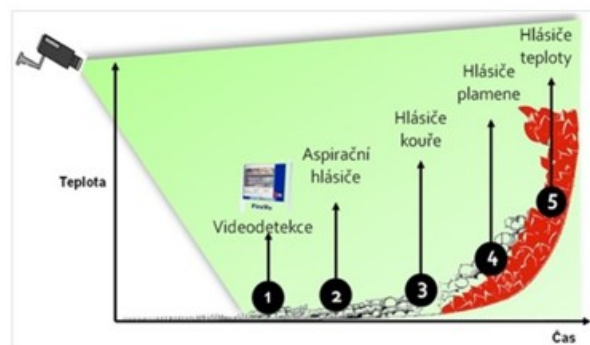
Podrobný popis hlásičů je v následující kapitole 2.4. [1, 8]

2.4 Hlásiče požáru

Hlásičů požáru existuje celá řada. Můžeme je dělit dle fyzikálního principu detekce, kde se jedná o detekci kouře, teploty či radiaci plamene, dle konstrukčního uspořádání na bodové, lineární, liniové, nasávací nebo videodetekci nebo na tlačítková a samočinná. Při ochraně památek se uplatní bodové hlásiče i lineární hlásiče kouře, těch se převážně využívá v rozlehlých prostorech nebo exteriéru staveb. Přehled o vhodnosti použití hlásičů v závislosti na rozvoji požáru naznačuje Obrázek 13. [1, 13]



Obrázek 12: vývoj hlásičů požáru [12]



Obrázek 13: citlivost detektorů požáru [12]

2.4.1 Tlačítkové hlásiče

Tyto hlásiče slouží pro ruční vyhlášení poplachu osobou, která zpozoruje požár. Tlačítkové hlásiče jsou dvojího typu A a B. Typ A – hlásič s přímou obsluhou, poplach nastane při rozbití sklíčka. Typ B – hlásič s nepřímou obsluhou, k poplachu dochází po rozbití sklíčka a stisku tlačítka. Tato tlačítka se umísťují v dosahu člověka, tj. 1,2 -1,5 m nad podlahou, jsou opatřena sklíčkem z důvodu omezení nechtěné aktivace. Hlásiče mají vždy červenou barvu, viz Obrázek 15. Tlačítkové hlásiče se umísťují na únikové cesty, u východů z nechráněných do chráněných únikových cest, u východů z chráněných únikových cest na volná prostranství a v dosahu ostrahy objektu. [1, 15]



Obrázek 14: označení tlačítkového hlásiče [14]



Obrázek 15: tlačítkový hlásič požáru

2.4.2 Hlásiče teplot

Bodové detektory teplot – fungují na principu termočlánků, které reagují na změnu teploty v daném prostoru. Jsou dvojího druhu maximální nebo diferenciální.

Maximální bodové detektory začnou s poplachem ve chvíli, kdy dojde k překročení maximální nastavené teploty, prahové teploty se pohybují v rozmezí 57 – 74°C, tyto hlásiče jsou vhodné do míst, kde je kolísání teplot velké s malými intervaly.

Diferenciální bodové detektory sledují vzestup teploty v závislosti na čase. Poplach je spuštěn v případě, že nárůst teplot překročí stanovenou rychlost nárůstu teploty. Tyto hlásiče je vhodné umísťovat do prostor s nízkými teplotami a pomalou změnou teplot. [1, 15]

Liniové tepelné hlásiče – primární použití těchto hlásičů je pro požární ochranu venkovních dřevěných konstrukcí. Ochrana spočívá v měření teplot vnějšího prostředí a vyhodnocení, zda nepřichází požár z exteriéru. Principem těchto detektorů je měření změny tlaku v detekčním potrubí či na principu deformace kabelu a následnou změnou přepětí nebo přerušením elektrického obvodu apod.

Instalace těchto hlásičů je vhodná pod přesahy střešních krytin, kde jsou chráněny před přímým slunečním světlem nebo na prašných půdách, kde by ostatní hlásiče nebylo možné, kvůli jejich vlastnostem, osadit. [1, 15]



Obrázek 16: bodový detektor teplot [16]



Obrázek 17: kabel pro liniovou teplotní detekci [17]

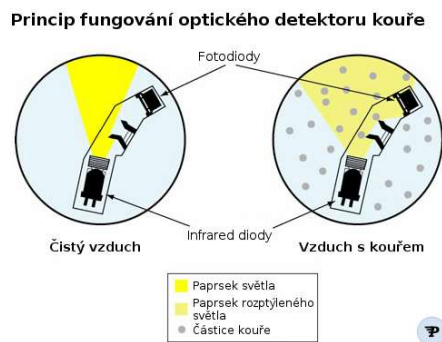
2.4.3 Optické detektory kouře

Jedná se o dnes nejvyužívanější hlásiče v interiérech historických staveb. Tyto detektory reagují velmi rychle již v počátečních fázích požáru a jsou vysoce spolehlivé a cenově dostupné. Optické detektory využívají zplodin hoření (saze a jiné částičky) k rozptylu nebo pohlcení světla (často infračerveného záření) v optické komoře detektoru. Pokud dojde k rozptýlení světelného toku v důsledku nasátí kouřových částic a následného dopadu záření na fotodiodu nastává poplach, viz Obrázek 18.

Vhodná instalace je v prostorech, kde se nachází hořlavé látky, které při hoření vyvíjejí velké množství kouře. Jejich umístění by mělo zajistit pronikání okolního vzduchu do optické komory, proto by měly vystupovat z konstrukcí a ne být zapuštěny či jinak zakryty. Nejvýhodnější pozice

pro umístění je prostor stropu, kdy kabelové rozvody je možno schovat na půdě, a tím minimalizovat zásah do konstrukce.

Vzhledem k velké oblibě těchto hlásičů vyrábí dodavatelé různá barevná provedení, která lze volit dle umístění hlásiče. Případně lze na viditelnou část hlásiče nanést barvu. Barvení však musí být schváleno, aby nedošlo k omezení funkce hlásiče. [1, 15]



Obrázek 18: princip detekce kouře v detektoru [18]



Obrázek 19: optický detektor kouře [18]

2.4.4 Ionizační detektory kouře

V dnešní době se jedná o skoro nepoužívaný druh detektorů, důvodem jsou hygienické normy, jelikož zdrojem záření je radioaktivní prvek (např. americium ^{241}Am), které dodává vzduchu ionizační energii. Principem těchto detektorů je zachycení poklesu elektrického proudu mezi dvěma elektrodami v ionizační komoře. Hlásiče umožňují detekci rychlého, plamenného požáru s malým vývojem viditelného kouře.

Tyto hlásiče jsou nevhodné pro prašné prostředí, kde vzniká riziko vzniku planých poplachů, mají obdobnou oblast využití jako optické detektory kouře. [1, 7]

2.4.5 Nasávací (aspirační) detektory kouře

Tyto detektory pracují na principu nasávání vzduchu z hlídaného prostoru a průběžně jej analyzují na kouřové částice. Zařízení pro detekci může být dvojího druhu, konvenčním bodovým detektorem kouře nebo speciální laserovým detektorem. [7]

Tento typ detektorů je dnes málo používán. Používá se v prostorách, kde je nutná včasná detekce rozvíjejícího se požáru, ještě před dosažením plamenné fáze. Často se využívají pro zdobené prostory ve vyšších patrech stavby. Nasávací potrubí je pak skryto v podkroví, a tudíž není nutný velký zásah do konstrukce.

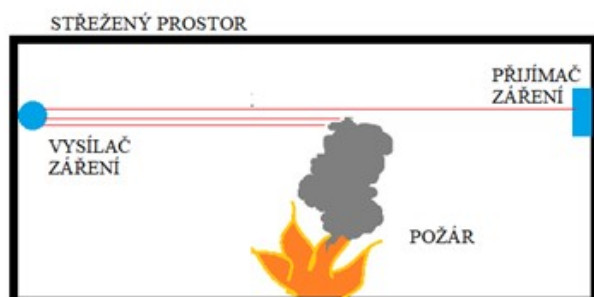
Není vhodné umísťovat tyto hlásiče do prostor, ve kterých je možné použití svíček. Umístění do prostor s velkými rozdíly teplot, také není vhodné. V potrubí může docházet ke kondenzaci vodních par a kondenzát může poškodit cenné konstrukce a povrchové úpravy. [1]

2.4.6 Lineární optické detektory kouře

Detektory tohoto typu jsou založeny na principu zeslabení světelného toku paprsku, který zapříčiní přítomné kouřové částice ve vzduchu, viz Obrázek 20. Detektory se skládají ze dvou

částí, ze zdroje světelného toku a z detekční jednotky, která přijímá vysílaný světelný signál. Mezi těmito částmi detektoru může být vzdálenost 5 – 100 m. Druhou možností je, že vysílač i přijímač je integrován do jednoho zařízení a na protější stěnu se umístí pouze odrazné zrcadlo, viz Obrázek 20.

Vhodné použití těchto detektorů je do rozsáhlých a dlouhých prostor (např. chodby, taneční sály, půdní prostory, ...). Velkou nevýhodou těchto detektorů je vyvolání planého poplachu v důsledku vnikání slunečního záření a jeho dopad na detekční jednotku nebo zvíření prachu. Dalším problémem může být překážka v trase světelného paprsku, ta může intenzitu paprsku zeslabit a tím vyvolat falešný poplach. Systém je náročný na přesnost směřování paprsku, proto je velkým problémem sedání budov. [1, 7, 15]



Obrázek 20: princip lineárního optického detektoru



Obrázek 21: prvky lineárního optického detektoru [19]

2.4.7 Detektory vyzářovaného plamene

Detektory snímají vznik ultrafialového, infračerveného případně kombinaci těchto záření při požáru. Tato detekce snímá vlnovou délku, kterou vysílají plameny požáru. Vlnová délka je závislá na teplotě požáru a ta je specifikována množstvím kyslíku a druhem hořícího paliva. Nedostatkem těchto hlásičů je nedostatečná reakce na vývoj kouře, proto jsou vhodné pro prostory, kde předpokládáme rychlý vývoj plamenného hoření a jeho rychlé šíření. Z tohoto důvodu nejsou hlásiče vhodné pro doutnající požáry.

Ultrafialové detektory – vhodné umístění těchto detektorů je v místech, kde se předpokládá rychlé vzplanutí. Jedná se především o prostory s velkým množstvím hořlavých kapalin a plynů, proto tyto detektory nenachází v historických objektech mnoho využití. Dalším omezením pro využití ultrafialových detektorů je omezení barevného provedení čidel, ta jsou vyráběna pouze v omezeném barevném spektru a není možná další barevná úprava. Pro zamezení vyhlášení falešných poplachů, od pronikání slunečního záření do interiéru, jsou hlásiče vybaveny sluneční clonou. Falešný poplach může nastat při blesku (přírodní i z fotoaparátu), při osvětlení z bodových světel či při použití rentgenového záření. [1, 7]

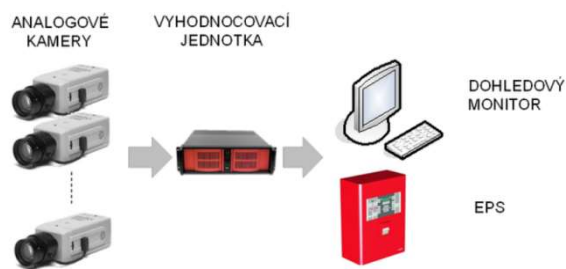
Infračervené detektory – jsou vhodné do míst, kde se předpokládá hoření plynů. Ovšem zdrojem infračerveného záření nejsou jen plameny požáru, ale vydává jej každý teplý povrch (halogenová svítidla, pece, ...) i sluneční záření. Pro omezení planých poplachů je tedy nutné odlišit charakteristiky plamene a charakteristiky jiných těles, vydávající infračervené záření.

V moderních detektorech se proto nacházejí dva pyroelektrické senzory a křemíková fotodioda. Signály získané z těchto třech sensorů jsou vyhodnoceny algoritmy na ústředně EPS a porovnány s daty skutečného plamene. Pokud dojde ke shodě, nastává vyhlášení poplachu. [1, 18]

2.4.8 Požární videodetekci

Tento způsob detekce požáru je celkem nový trend, čím dál častěji používaný v posledním desetiletí, zřejmě i díky zlepšení počítačových technologií. Jedná se o detekci požáru pomocí uzavřeného televizního okruhu (CCTV). Obraz z kamer je analyzován speciálním výpočetním softwarem, který je schopen, na základě databáze různých typů požáru, rozpoznat plamen, kouř anebo oba tyto projevy požáru, viz Obrázek 22. Další výhodou tohoto typu detekce je možné sledování ostatních bezpečnostních požadavků a pohybu.

Této detekce se využívá v interiéru, kde není možné využít jiný druh detekce a ve velmi ceněných prostorech, kde není možný zásah do konstrukce. Příkladem využití videodetekce v historických objektech může být Kaple sv. Kříže na hradě Karlštejn. Jedná se o velmi spolehlivou detekci požáru i v nepříznivých podmínkách. Omezení v použití přináší vysoké pořizovací náklady na software. [1, 7, 15]



Obrázek 22: princip fungování videodetekce [20]



Obrázek 23: příklad kamery pro detekci kouře [21]

2.4.9 Duální a multisenzorové detektory

Používají se v místech, kde hrozí vyvolání planých poplachů. Tyto detektory kombinují různé detekční metody (např. kouř a teploty), díky tomu jsou odolné vůči vlivům okolí. Vhodné jsou do prostor s množstvím možných rušivých aspektů, např. prostory s velkou prašností či kuchyně v restauracích (kouř vznikající při vaření). V posledních letech se objevují detektory, které dokážou detekovat kouř, zvýšení teploty a zároveň zvýšenou koncentraci oxidu uhelnatého. Takovéto detektory se stávají velmi odolné vůči rušivým vlivům, a tedy snižují počet falešných poplachů. Vzhledem k vyšší ceně těchto hlásičů je nutné zvážit vhodnou kombinaci detekce a jejich instalace je vhodná pro menší prostory s malým počtem osob. [1, 7]

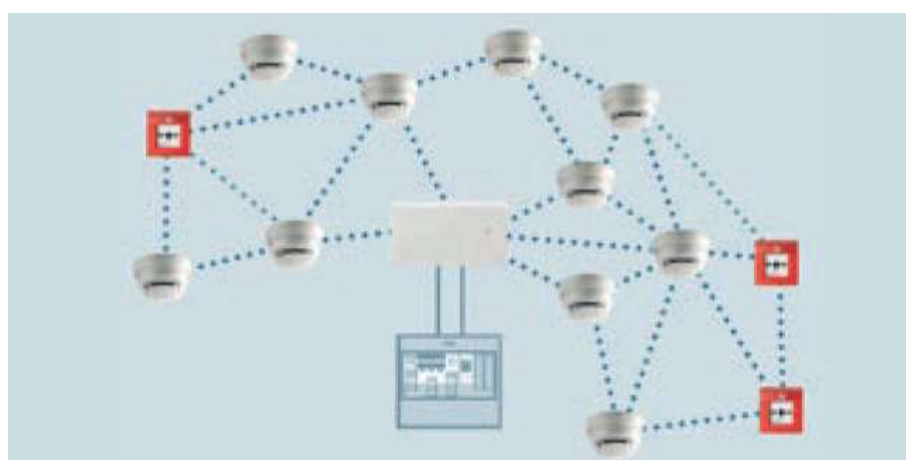
2.4.10 Bezdrátové detektory

V poslední době stále častěji pronikají na trh bezdrátové detektory. Jejich nespornou výhodou je absence kabelové instalace a tím se snižuje nutný zásah do konstrukce, uplatňují se i pro místnosti, ve kterých není možné použít bodové hlásiče s kabelovým vedením z důvodů

estetických nebo architektonických, proto jsou využívány pro historicky ceněné stavby, jako jsou kostely, sály, knihovny a další. Schéma bezdrátových detektorů je vidět na Obrázek 24.

Hlásiče jsou napájeny z baterií, které mají životnost 3 roky, některé hlásiče monitorují stav baterie a včas nahlásí nutnost výměny. V dnešní době umožňují tyto systémy neustálou komunikaci s ústřednou a adresaci jednotlivých hlásičů. Pro větší spolehlivost mohou být doplněny o detekci teploty.

Během instalace tohoto systému není nutné vysekávání drážek do konstrukce a tím je ochráněno větší množství historicky hodnotných interiérů (štukové omítky, fresky, knihovny, muzea). Pořizovací náklady na systém bezdrátové detekce je velmi nákladný, je ovšem na zvažování jeho minimální zásah do interiéru, kdy dochází pouze k malým zásahům do hodnotných konstrukcí a nízké náklady spojené s instalací systému. [1]



Obrázek 24: schéma bezdrátové detekce [1]

2.5 Shrnutí

Kulturní dědictví je třeba dobře chránit před účiny požáru, aby nedocházelo k jeho znehodnocení a zůstalo zachováno pro další generace.

Z popsaných zákonů a vyhlášek je zřejmé, že česká legislativa nařizuje ochranu objektů, v některých případech jsou ovšem normová opatření velmi přísná a je tedy velmi nelehké a v některých případech i nemožné v historických objektech těmto požadavkům vyhovět.

Vzhledem k nenahraditelnosti těchto historických skvostů a k velmi vysokým nárokům na PO objektů, které mnoho historických staveb není schopno splnit, vydal NPÚ metodiku, která se zabývá PO památkově chráněných objektů. Tato metodika byla zpracována ve spolupráci s odborníky na PO objektů, památkářů a HZS. Publikace má za úkol pomoci projektantům PBŘ při návrhu požární ochrany historických staveb. Snahou je co nejefektivnější a nejcitlivější návrh požární ochrany pro historické a památkově chráněné objekty.

K detekci požáru je možno využít několika druhů hlásičů. Hlásiče mohou být děleny z několika pohledů (např. prostorového uspořádání, fyzikálního principu detekce, ...). Na trhu je

mnoho dostupných druhů hlásičů. Hlásiče mohou detekovat vývin kouře, vzrůst teploty, přímo plameny nebo mohou tyto funkce vzájemně kombinovat. Stále častěji používaným druhem detekce požáru je videodetekce. Obraz kamer, instalovaných v chráněné místnosti, je vyhodnocován počítačovým softwarem, který je na základě databáze schopen rozeznat požár.

Důležitým faktorem je charakter chráněného prostoru, každý detektor má vzhledem ke své konstrukci a druhu detekce jistá omezení. Tato omezení je nutné znát a počítat s nimi. V případě použití nevhodného detektoru do chráněného prostoru se zvyšuje riziko planých poplachů nebo dlouhá detekční doba, kdy hrozí pozdní detekce požáru a jeho možné rozšíření.

Dalším omezením pro instalaci detektorů je jejich vzhled (velikost), citlivost a nutnost kabelového vedení. V prostorách, kde je nemožný zásah do konstrukcí nebo do povrchových úprav konstrukcí (např. omítky zdobené freskami, štukové omítky, ...), je možné využít bezdrátového systému. Nespornou výhodou tohoto, čím dál častěji využívaného systému, je absence kabelového vedení.

Při návrhu detekce požáru v historických objektech je nutné brát zřetel na citlivý návrh a vysoké zabezpečení prostoru, protože jak bylo zmíněno v úvodu: Památky zasažené požárem jsou nenávratně zničené a v současné době neexistuje metoda, která by dokázala shořelé památky obnovit.

3 Řešený příklad

V této části je podrobněji řešen prostor klášterní knihovny v Broumově. Knihovna byla navštívena a podrobný popis požárního zabezpečení je uveden v kapitole 3.2. Dále prostor knihovny bude modelován v programu FDS.

Již ve 14. století zde byl vybudován klášter s gotickým chrámem zasvěceným sv. Vojtěchovi, který byl vybudován na místě tvrze ze 13. století, ten byl v první polovině 18. století přestavěn v barokním slohu. Tuto barokní podobu započal budovat italský stavební mistr Martin Allia Löwenthal na konci 17. století. Jeho práci dokončili Kryštof a Kilián Ignác Dientzenhoferové. V tomto období vznikla ne jen barokní podoba kláštera, ale i další barokní kostely na Broumovsku.

Klášterní knihovna se začala formovat již v počátcích kláštera. Nyní klášterní knihovna čítá na 17 000 svazků. Nachází se zde knihy v různých jazycích mimo jiné i v latině, hebrejštině, španělštině, češtině a dalších jazycích. Jedná se o velmi cenné historické památky. Bohužel se jedná jen o zlomek knih, které zde byly uloženy, velká část z nich byla odvezena nebo zničena během vlády komunistické strany. V roce 1936 bylo v klášteře uloženo kolem 45 000 svazků, z toho 203 kusů činilo prvotisky a přes 300 rukopisů bylo z barokní doby. [22, 23]

3.1 Popis knihovny

Knihovna je jednoduchého obdélníkového půdorysu o rozměrech 22,1 x 7,3 m. Sál knihovny se nachází v severní části kláštera a prochází dvěma podlažími. První patro knihovny se nachází ve 2. NP kláštera, viz Obrázek 25. Prostor knihovny se nachází na prohlídkové trase pro veřejnost. Pomocí sloupů, které nesou ochoz, je pomyslně rozdělena na 3 trakty. Světlá výška postraních traktů pod ochoz je 4,5 m, výška středního traktu je 8 m. Po celém jejím obvodu jsou rozmístěny regály s knihami.

Sloupy rozdělující trakty mají kruhový tvar s průměrem 0,3 m, sloupy jsou tvořeny dřevem. Tloušťka obvodových konstrukcí je 1,4 m. Povrchy stěn jsou opatřeny vápennou omítkou. Nosné stěny jsou z plných pálených cihel.

Strop místnosti je tvořen valenou klenbou s malým vzepětím a lunetami v místě oválných oken na ochozu. Stropní konstrukce klenby je omítnuta vápennou omítkou a zdobena bohatou štukovou výzdobou a rozsáhlou freskou, která zaujímá dominantní postavení na stropní klenbě.

Podlaha knihovny i ochozu je dřevěná prkenná, její tloušťka je odhadnuta na 0,1 m. Celková tloušťka konstrukce ochozu byla odhadnuta na 0,3 m.

Okna jsou dřevěná špaletová s rozměry 1,4 x 2,8 m a výškou parapetu 1,1 m. Dveře jsou dvoukřídlé dřevěné o rozměrech 1,2 x 2,6 m.

Ochoz je ve výšce stropní konstrukce prvního podlaží knihovny. Tloušťka konstrukce ochozu je 0,3 m. Šířka ochozu je 1,5 m, v čelech jsou umístěny regály s knihami. Přístup na ochoz je z chodby 3.NP kláštera. Vstupní jednokřídlé dveře mají rozměr 1,2 x 2,1 m a jsou ze dřeva. Okna na ochozu jsou oválná s jednoduchým zasklením v dřevěném rámu. Rozměry oken jsou 1,4 x 1,2 m. Parapet oken je tvořen dvěma stupni s celkovou výškou 1,2 m. [24]



Obrázek 25: půdorys 2.NP kláštera – s vyznačeným sálem knihovny [25]

3.2 Prohlídka klášterní knihovny

Prohlídka knihovny proběhla v úterý 19. 5. 2020. K prohlídce byla zpřístupněna obě patra, tedy sál knihovny i ochoz, viz Obrázek 26 a Obrázek 27. Pro účely práce byla zaměřena velikost knihovny, ochozu a poloha oken a dveří. Dále byly změřeny velikosti a poloha regálů s knihami.



Obrázek 26: klášterní knihovna Broumov



Obrázek 27: pohled na knihovnu z ochozu

Při vstupu na ochoz knihovny se nachází tlačítkový hlásič, viz Obrázek 29. U hlavního vstupu do knihovny se tlačítkový hlásič nenachází. I přes několikanásobné vyhoření knihovny se v prostoru knihovny nenachází žádné požární hlásiče ani jiná požárně bezpečnostní zařízení.



Obrázek 28: pohled na regál s knihami



Obrázek 29: tlačítkový hlásič u vstupu do knihovny

3.3 Matematické modelování požáru

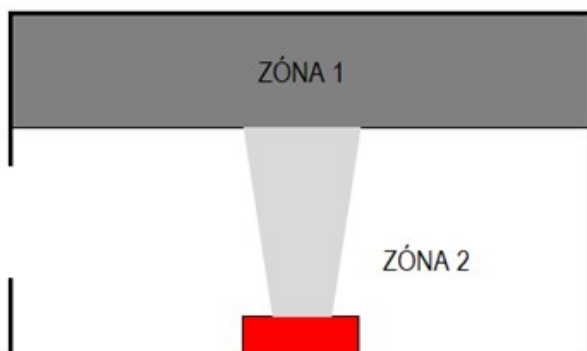
V dnešní době se setkáváme s konstrukčně, dispozičně a provozně náročnými stavbami, jako jsou letištní haly, výškové stavby, tunely a další. Normové přístupy, k těmto specifickým stavbám a provozům v nich, mohou být neefektivní a mohou stavbu finančně značně zatížit nebo se stanou dokonce neproveditelnými. Díky stále velmi častěji využívané výpočetní technice je možné, takto složité provozy popsat matematickými modely požáru. Pro modelaci se využívají zónové modely nebo modely pole. [26]

3.3.1 Zónové modely

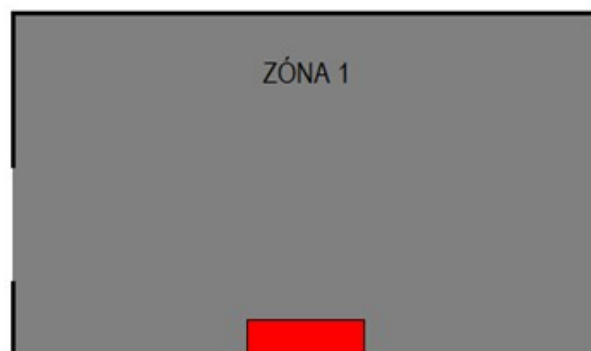
Zónové modely se používají pro zjednodušené modely požáru a stanovení šíření zplodin hoření. Zónové modely využívají empirie, jsou totiž založeny na fyzikálních jevech, které byly pozorovány u skutečných požárů. Velkou výhodou zónových modelů je jednoduchost řešení. Zónové modely pracují s parciálními diferenciálními rovnicemi pro zachování hmoty a energie mezi zónami. Dále je výpočet prováděn jen mezi dvěma kontrolními objemy, to zmenšuje nároky na hardware.

Zónové modely byly sestaveny pro model požáru v jedné nebo více, vzájemně propojených místnostech, kde velikost každé odpovídala rozměrům obvyklých pro obytné nebo administrativní prostory. Modely nejsou vhodné do rozlehlých místností či do prostor, kde převažuje jeden z rozměrů, např. šachty či tunely. Další omezení přináší výkon požáru ve vztahu k velikosti modelovaného prostoru. U nízkého výkonu požáru a rozlehlé místnosti hrozí, že vzestupný kužel zplodin hoření nedosáhne ke stropní konstrukci a vytvoří kouřovou vrstvu ve střední výšce místnosti. Naopak u místností s nízkým stropem a velkým výkonem požáru hrozí, že plameny dosáhnou až pod strop a vzniklé turbulence nedovolí oddělení do zón. [27]

Modely je tedy možné rozdělit do dvou skupin na jednozónové a dvouzónové, viz Obrázek 30 a Obrázek 31.



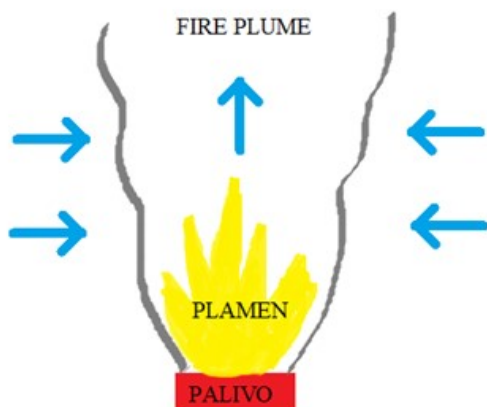
Obrázek 30: dvouzónový model



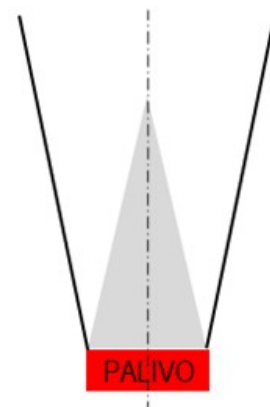
Obrázek 31: jednozónový model

Dvouzónový model popisuje počátek požáru do vzniku flashover efektu, kde se předpokládá rozdělení prostoru na dvě homogenní vrstvy (zóny), viz Obrázek 30. Každá z vrstev má stejnoměrnou hustotu, teplotu a koncentraci plynů. Horní vrstva (zóna 1) je ohřívána vzestupným proudem zplodin hoření a naopak dolní vrstva (zóna 2) je ochlazována přívodem vzduchu okny nebo dveřmi z vnějšího prostředí.

Rozvoj požáru je dán rychlostí uvolňované energie (HRR) a vývinem produktů hoření. Pro zjednodušení se požár idealizuje na sloupec zplodin hoření, viz Obrázek 33, který se umístí na podlahu modelovaného prostoru, má tvar kužele a bývá označován jako Fire plume. Pokud dosáhnou teplé zplodiny hoření ke stropu, začnou se zde kumulovat a začne se vytvářet rozhraní mezi horkou podstropní vrstvou a ochlazenou spodní vrstvou. Při poklesu teplé kouřové vrstvy na úroveň oken dojde k přísávání vzduchu z venkovního prostředí a k částečnému odvodu spalin.



Obrázek 32: reálný požár



Obrázek 33: zjednodušený model

Jednozónový model popisuje požár po flashover efektu. V té době dosahuje požár plně rozvinuté fáze se stálou intenzitou požáru. V posuzovaném prostoru dosahují teploty maximálních hodnot. Celý objem místnosti je brán jako homogenní, viz Obrázek 31. [27]

3.3.2 Modely pole

Modely pole jsou převážně založeny na výpočtu dynamického proudění tekutin, známé pod anglickou zkratkou CFD – Computational Fluid Dynamics. Z hlediska požárního inženýrství, které využívá dvě skupiny modelů požáru – fyzikální a matematické, jsou modely CFD tvořeny matematickými deterministickými modely.

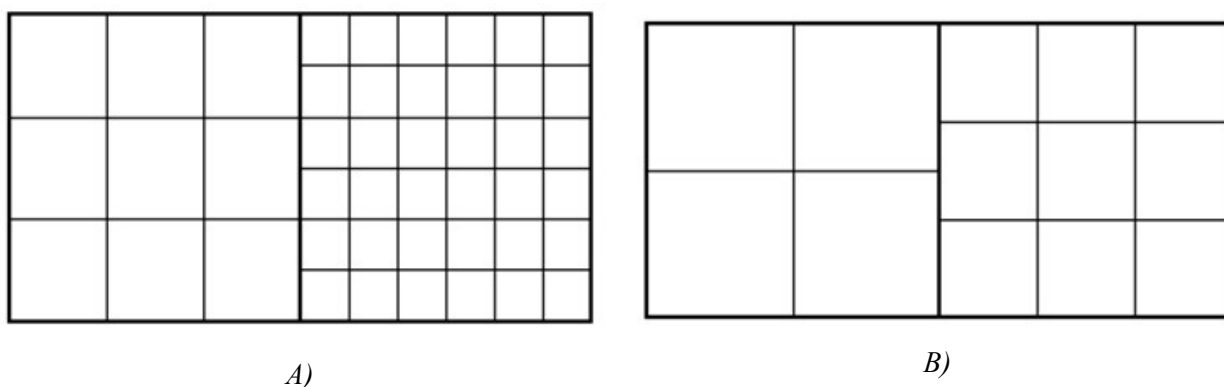
Matematické modely jsou abstraktní a účinky požáru jsou vyjádřeny pomocí matematického jazyka. Modely jsou nejčastěji pravděpodobnostní nebo deterministické. Deterministické modely jsou používány častěji, kde je rozvoj požáru modelován definovanými matematickými rovnicemi. Tyto rovnice popisují fyzikální a chemické děje požáru. Deterministický přístup řeší konkrétní průběh požáru, tzv. požární scénář. Pravděpodobnostní metoda řeší, s jakou pravděpodobností může nastat daný požární scénář.

Algoritmy CFD mají svůj základ v numerických metodách Isaaca Newtona z období kolem roku 1700. CFD modely mají se zónovými modely obdobný princip zpracování, dělí výpočetní oblasti do tzv. kontrolních objemů, ty mezi sebou výpočetně interagují. Na rozdíl od zónových modelů je modelování pomocí CFD založeno na rozdělení zájmové oblasti do velkého množství trojrozměrných kontrolních objemů (buněk), které tvoří prostorovou síť. V každé z těchto buněk jsou řešeny rovnice zachování energie, hmoty a chemických látek a rovnice zachování hybnosti, dále také rovnice stavová.

S využitím CFD metody můžeme modelovat prostory a sledovat jevy, které nelze řešit zónovými modely, např. pohyb kouře, šíření plamene, požární větrání, skrápěcí systémy a další.

Nevýhodou těchto modelů je velká uživatelská náročnost a často i nedostatek či nedostupnost dat materiálových a požárních charakteristik. Dále metody založené na technologii CFD jsou velmi náročné na hardware, složité modelace mohou obsahovat miliony kontrolních buněk a výpočty se mohou stát neproveditelné. Některé výpočty mohou trvat i několik dní nebo dokonce týdnů až měsíců. [26, 27]

Velmi tedy záleží na rozdělení modelovaného prostoru na konečný počet kontrolních objemů. Tyto objemy pak tvoří výpočetní síť, která se v programech často označuje názvem „MESH“. Tvar sítě se může měnit dle modelovaného prostoru, ale pro dosažení kvalitních výsledků, by se měl tvar buňky blížit pravidelnému tvaru (krychli, pravidelnému čtyřstěnu). V případě modelace více navazujících místností s různě velikou sítí je nutné dodržet návaznost buněk, viz Obrázek 34A. Naopak nevhodné je překrývání sousedních buněk nebo nedodržení návaznosti sítí, viz Obrázek 34B.



Obrázek 34: návaznost sousedních sítí A) vhodné napojení, B) nevhodné napojení

Přesnost výsledků je velmi ovlivněna kvalitou a relevantností vstupních údajů. Důležité je tedy správné zadání požárnětechnických charakteristik a kinetiky hoření, ale i správně stanovit hrubost výpočetní sítě. [26, 27]

PROGRAM FDS

Pro tento příklad byl zvolen program FDS, který pracuje s výpočetním CFD modelem. Program FDS vyvíjí americká organizace NIST (National Institute of Standards and Technology) od roku 2000. V případě FDS se nejedná o klasickou aplikaci, ale sérii několika výpočetních nástrojů, které řeší rovnice popisující rozvoj požáru ze vstupních dat, která se zadávají pomocí textového souboru (tj. zdrojového kódu). Tento program řeší numericky šíření tepla a kouře, pomocí Navier-Stokesových rovnic, které jsou třídimenzionální časově závislé nelineární parciální diferenciální rovnice popisující pohyb tekutin a je možné s nimi popsat laminární i turbulentní proudění. Základem pro výpočet je explicitní matematická metoda „predictor-corrector“ s přesností v čase a prostoru. Turbulence tekutin je řešena pomocí simulace velkých vírů (LES – Large Eddy Simulation). Při jemnějším dělení sítě je možné pohyb simulovat náročnější metodou přímé numerické simulace (DNS – Direct Numerical Simulation).

Výsledky výpočtů jsou zaznamenány do textových souborů. K sestavení zdrojových kódů je možné použít komerční software, tzv. pre-processor. Pro lepší přehlednost získaných výsledků lze využít navazující výpočetní programy, které pomohou interpretovat výsledná data. Jedním z takových programů je Smokeview, který graficky zobrazí model a požadované výstupy.

Nejdůležitějšími submodely, které řeší problematiku požárního inženýrství, jsou submodel hoření a submodel sdílení tepla.

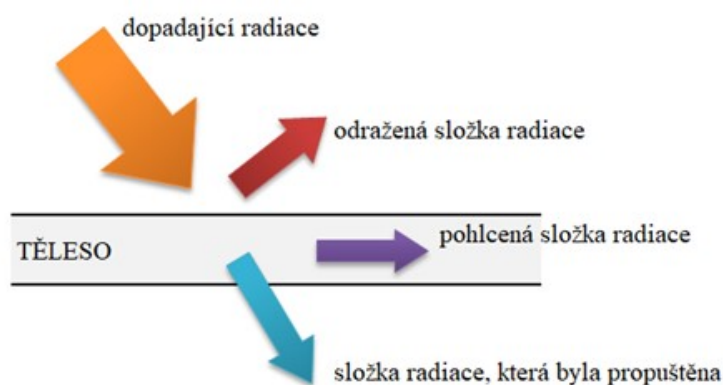
Submodel hoření

Pro výpočet v tomto programu je využito dvou základních principů, a to model směsných zlomků a tzv. finite-rate approach, u tohoto principu je uvažováno s individuálními vlastnostmi a reakcemi pro každou látkou, která se v buňce vyskytne.

Model směsných zlomků, ten udává hmotnostní zlomek hořlavých plynů uvolňujících se při pyrolýze paliva. Pro tento model můžeme dále uvažovat dva výpočetní postupy, jednokrokovou reakci a dvoukrokovou reakci. V FDS je přednastavena jako primární dvoukroková reakce. Dvoukroková reakce je založena na oxidaci uhlíku, ten je v prvním kroku oxidován na oxid uhelnatý a ve druhém kroku na oxid uhličitý.

Submodel sdílení tepla

Tepelná energie je sdílena třemi základními principy kondukcí, konvekcí a radiací. Každá látka či materiál má definovanou svou hustotu, měrnou tepelnou kapacitu a vodivost. Díky těmto známým hodnotám je numerický výpočet sdílení tepla kondukcí a konvekcí celkem jednoduchý. Při výpočtu sdílení tepla radiací je nutné uvažovat, že teoreticky teplo vyzařuje každý povrch, který má vyšší teplotu než nulovou ($T > 0$ K). Nezáleží však jen na množství vyzářeného tepla, ale i na intenzitě elektromagnetického záření s různou vlnovou délkou. Obě tyto hodnoty jsou závislé na teplotě tělesa. Okolní ovlivněná tělesa mohou toto záření odrazit, pohltit nebo mohou záření propustit. Reálně dochází ke kombinaci těchto jevů, viz Obrázek 35. Tepelná radiace je závislá na teplotě povrchu, obvykle se tato hodnota, v řádu sekund, razantně nemění. Řešič FDS přepočítává hodnoty radiace v každém třetím až pátém výpočetním kroku pro úsporu času potřebného k výpočtu. [26]



Obrázek 35: sdílení tepla radiací

3.4 Vstupní parametry pro model

Dispozice prostoru je celkem jednoduchá, knihovna má pravidelný obdélníkový půdorys. Vzhledem k použití pravoúhlé sítě došlo ke zjednodušení lunet nad dveřmi, kdy místo klenutého nadpraží je modelováno nadpraží rovné a ke zjednodušení oválných oken na ochozu knihovny, ta budou modelována jako obdélníková. Dále kruhové sloupky s průměrem 0,3 m budou zjednodušeny na čtvercové o délce strany 0,5 m, aby byla zachována průřezová plocha sloupů.

Hlavní valená klenba bude modelována pomocí obdélníků, které budou kopírovat její hranu, viz Obrázek 36.

Po obvodě knihovny jsou umístěny dřevěné regály s knihami. Jednotlivé knihy, které jsou v regálech uloženy, jsou zjednodušeny na bloky papíru o rozměrech výška 0,4 m, šířka 2,3 m, hloubka 0,5 m.

Na přiložených výkresech knihovny jsou vidět jednotlivá zjednodušení pro modelaci v programu FDS. Výkresy byly zpracovány na základě osobní prohlídky a zaměření jednotlivých stavebních prvků.

3.4.1 Geometrie

- Půdorysné rozměry	22,1 x 7,3 m
- Tloušťka obvodového zdiva	1,4 m
- Celková výška knihovny	KV = 8 m
- Výška pod ochoz	h = 4,5 m
- Tloušťka konstrukce ochozu	d = 0,3 m
- Rozměr sloupů	a = 0,5 m

3.4.2 Materiálové charakteristiky¹

- Cihla plná pálená
 - Objemová hmotnost $\rho = 1\,700 \text{ kg/m}^3$
 - Měrná tepelná kapacita $c = 0,9 \text{ kJ/kg.K}$
 - Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,8 \text{ W/m.K}$
- Dřevo
 - Objemová hmotnost $\rho = 400 \text{ kg/m}^3$
 - Měrná tepelná kapacita $c = 2,51 \text{ kJ/kg.K}$
 - Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,18 \text{ W/m.K}$
- Sklo
 - Objemová hmotnost $\rho = 2\,900 \text{ kg/m}^3$
 - Měrná tepelná kapacita $c = 0,84 \text{ kJ/kg.K}$
 - Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,76 \text{ W/m.K}$
- Papír (knihy)
 - Objemová hmotnost $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$

¹ Katalog stavebních materiálů [online]. [vid. 2020-05-20]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086_katalog.html

- Měrná tepelná kapacita $c = 1,34 \text{ kJ/kg.K}$
- Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,05 \text{ W/m.K}$

3.4.3 Zadání modelu do programu FDS

Pomocí příkazu `&TIME T_END` bude nastavena délka výpočetního času. Délka simulace je nastavena na 60 sekund.

Příkazem `&MESH ID` rozdělíme výpočetní oblast do pravoúhlé sítě. Ideální kontrolní buňkou je krychle. Výsledná velikost buňky bude zvolena dle výsledků citlivostní analýzy.

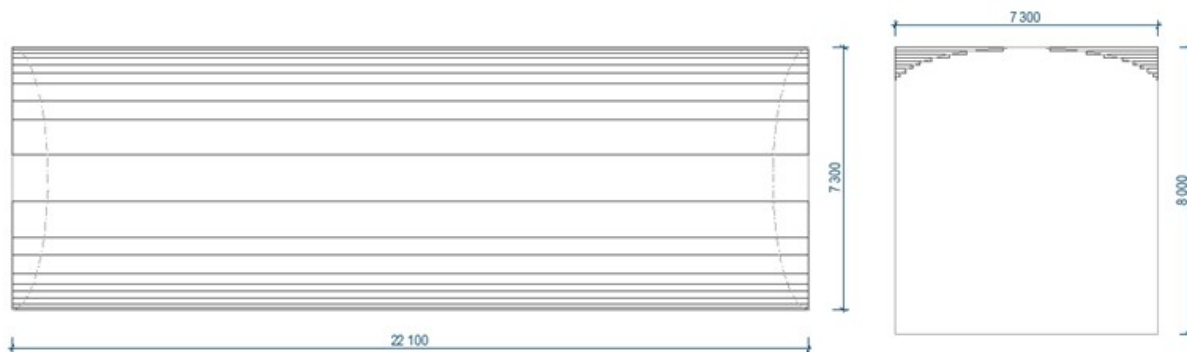
V dalším kroku budou nastaveny materiálové charakteristiky pomocí příkazu `&MATL ID`. Tímto příkazem budou nastaveny požárně technické charakteristiky (objemová hmotnost – density, měrná tepelná kapacita – conductivity, součinitel tepelné vodivosti – specific heat) použitých materiálů. Příkaz `&MATL ID='CIHLA'` definuje svislé nosné konstrukce a stropní klenbu. Podlaha, sloupy, dveře a konstrukce ochozu je definována `&MATL ID='DREVO'` a knihy `&MATL ID='PAPIR'`. Okenním otvorům je přiřazena vlastnost `&MATL ID='OKNO'`.

Geometrie sloupů a klenby je vytvořena příkazem `&OBST`. Příkazem `&SURF ID` jsou danému `&OBST` přiřazeny definované materiálové charakteristiky, barva pro vykreslení modelu a další charakteristiky.

Příklad zápisu: `&OBST XB=2.2,2.5,5.8,6.1,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 1`

Podobným způsobem jsou zadány i ostatní prvky geometrie knihovny.

Hlavní valenou klenbu, vzhledem k použití pravoúhlé sítě, není možné modelovat jako oblouk, proto bude nahrazena obdélníky, viz Obrázek 36.



Obrázek 36: půdorys a řez náhrady valené klenby

Obvodové stěny jsou zadány pomocí příkazu `&OBST`. Vstupní dveře a okna v obvodových konstrukcích jsou zadány pomocí příkazu `&VENT`. Všem konstrukcím budou pomocí příkazu `SURF ID` přiřazeny materiálové charakteristiky. Vstupní dveře budou specifikovány jako otevřené, příkazem `&VENT SURF_ID='OPEN'`. Všechny otvory mají oproti skutečnosti rovná nadpraží. Dveřní otvory budou mít přiřazenou charakteristiku dřeva. Okna budou modelována jako sklo.

Regály s knihami jsou modelovány pomocí příkazu:

`&OBST XB=0.0,0.1,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 1`

&OBST XB=2.4,2.5,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 1

&OBST XB=0.0,2.5,0.0,0.6,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 1

*&OBST XB=0.1,2.4,0.0,0.5,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','DREVO',
MULT_ID='M1'/ knihy v regálu 1*

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0, K_UPPER=5/ kdy příkazem MULT ID určujeme násobek bloku knih a počet násobků v ose z. [26, 27]

3.4.4 Výběr a umístění požárních hlásičů

Pro správnou funkci požárního hlásiče je důležitá jejich poloha. Použité druhy hlásičů musí vyhovět požadavkům harmonizovaných norem z řady ČSN EN 54-xx. Výběr hlásiče musí odpovídat daným dispozičním, prostorovým, provozním a hlavně fyzikálně-chemickým charakteristikám, které mají hlásit.

Výběr druhu hlásičů ovlivňují i další faktory:

- požadavky právních a normativních předpisů
- množství, způsob hoření a uložení hořlavých látek v daném prostoru
- dispozice střeženého prostoru (plocha, výška, stropní konstrukce, ...)
- ventilace a vytápění střeženého prostoru
- možnost vzniku planých poplachů
- charakteristika prostředí chráněného prostoru (nebezpečí výbuchu, ...) [28]

Samočinné hlásiče se umístí do střeženého prostoru tak, aby produkty hoření z požáru dosáhly k detektoru bez zředení, zeslabení nebo zpoždění. Tlačítkové hlásiče musí být umístěny v dosahu osob, aby mohly být snadno a rychle aktivovány osobou, která zpozorovala požár.

Pro počítačový model byl vybrán prostor broumovské klášterní knihovny. V tomto střeženém prostoru se nachází knihy, dřevěné knihovny, koberec a další předměty tvořeny převážně dřevem, proto pro porovnání rychlosti detekce byly vybrány bodové opticko-kouřové hlásiče a nasávací hlásiče.

Umístění bodových kouřových hlásičů je omezeno především typem prostoru, vzdáleností mezi bodem místnosti a nejbližším hlásičem, vzdáleností stěn, výškou a tvarem stropu, pohybem vzduchu v místnosti (ventilace, vytápění) a možnými překážkami v prostoru (Obrázek 37), které by mohli bránit šíření produktů požáru. [28]

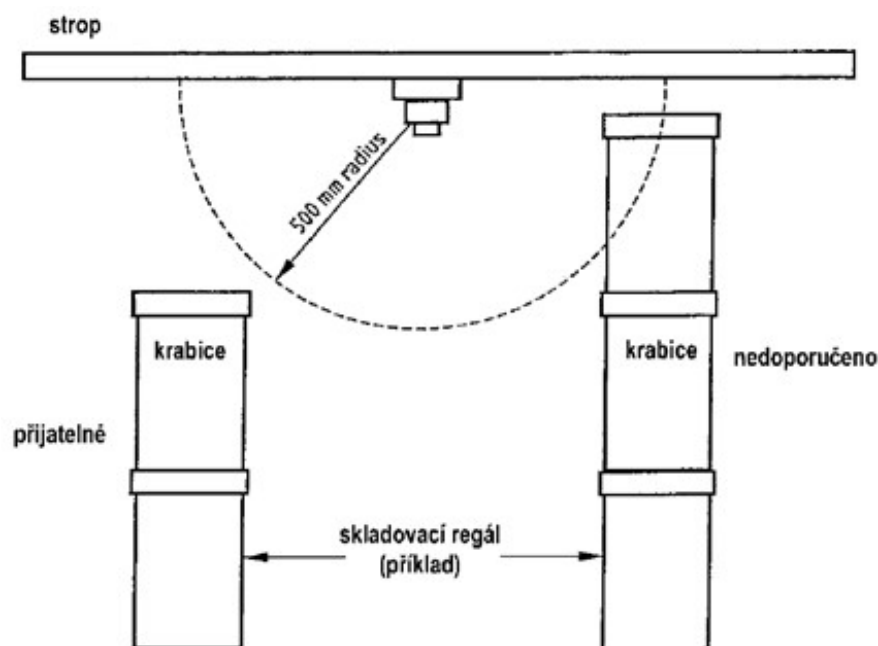
Plocha střežené místnosti	Druh samočinného hlásiče požáru	Výška místnosti	α (sklon stropu/střechy)					
			< 15°		$\geq 15^\circ \leq 30^\circ$		> 30°	
			A_{\max}	DH	A_{\max}	DH	A_{\max}	DH
$\leq 80 \text{ m}^2$	Kouřový podle ČSN EN 54-7	$\leq 12,0 \text{ m}$	80 m ²	6,7 m	80 m ²	7,2 m	80 m ²	8,0 m
$> 80 \text{ m}^2$	Kouřový podle ČSN EN 54-7	$\leq 6,0 \text{ m}$	60 m ²	5,8 m	80 m ²	7,2 m	100 m ²	9,0 m
		$> 6,0 \text{ m}$ $\leq 12,0 \text{ m}$	80 m ²	6,7 m	100 m ²	8,0 m	120 m ²	9,9 m
$\leq 30 \text{ m}^2$	Tepelné třídy A1 podle ČSN EN 54-5	$\leq 7,5 \text{ m}$	30 m ²	4,4 m	30 m ²	4,9 m	30 m ²	5,5 m
	Tepelné třídy A2, B, C, D, E, F, G podle ČSN EN 54-5	$\leq 6,0 \text{ m}$						
$> 30 \text{ m}^2$	Tepelné třídy A1 podle ČSN EN 54-5	$\leq 7,5 \text{ m}$	20 m ²	3,6 m	30 m ²	4,9 m	40 m ²	6,3 m
	Tepelné třídy A2, B, C, D, E, F, G podle ČSN EN 54-5	$\leq 6,0 \text{ m}$						

A_{\max} maximální plocha střežená jedním hlásičem;

DH maximální vodorovná vzdálenost mezi libovolným místem na stropě a hlásičem;

α sklon stropu (střechy).

Tabulka 2: umístění a volba hlásičů pod rovnými stropy a střechami [28]



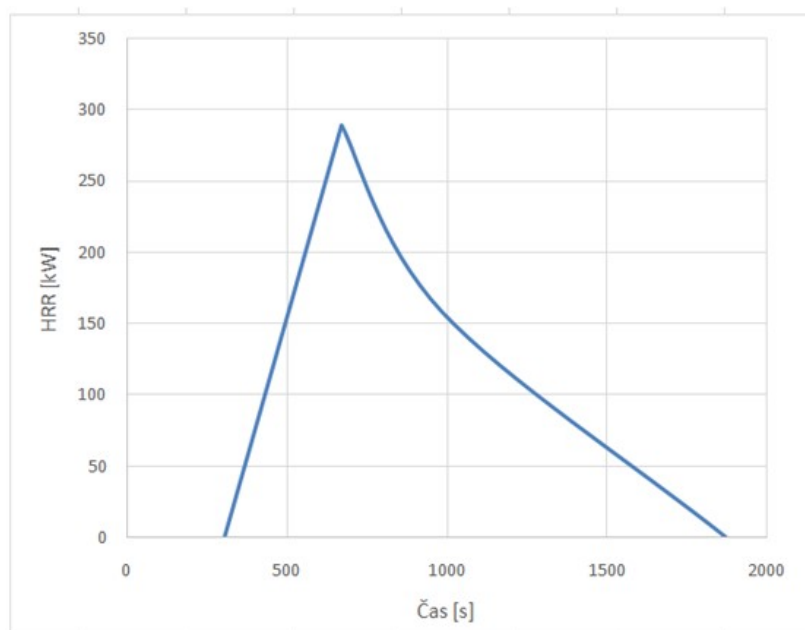
Obrázek 37: umístění hlásičů v blízkosti skladovaného zboží [28]

3.4.5 Požární scénář a modelování požáru v programu FDS

Při tvorbě požárních scénářů vycházíme z povahy střeženého prostoru, jeho využití a možnosti vzniku požáru. Dále bylo přihlédnuto ke skutečnosti, že knihovna se nachází na prohlídkové trase a tudíž je do knihovny umožněn vstup široké veřejnosti. Jako velmi pravděpodobné byly vybrány a popsány čtyři požární scénáře.

- i. Požár způsobený zkratem v zásuvce
 - Požár vznikne v zásuvce od uvolněného hliníkového spoje. Zásuvka se nachází v blízkosti regálu s knihami, na který se požár začne šířit.
- ii. Požár televize při probíhající interaktivní prohlídce
 - Při probíhající interaktivní výstavě dojde ke zkratu na promítajícím televizoru a požár se začne šířit na televizní stůl pod televizorem a dále na dřevěný sloup ochozu v jeho blízkosti a na dřevěnou podlahu knihovny.
- iii. Požár odpadkového koše
 - V době rekonstrukce hrozí nebezpečí nedbalosti pracovníků na zákaz kouření v prostoru knihovny. Neuhašený nedopalek může zapálit odpadky v koši u dveří do knihovny. Požár z koše se rozšíří na dřevěné dveře knihovny, které tvoří jediný možný východ z knihovny.
- iv. Úmyslné založení požáru žhářem
 - Bohužel se v dnešní době setkáme i s lidmi, kteří jsou schopni úmyslně založit požár v historickém objektu. Vzhledem k blízkosti vchodu do knihovny a regálu s knihami je pravděpodobné, že by žhář založil požár zapálením knih v nejbližším regálu. Požár se poté bude šířit mezi knihami a při větším výkonu i mezi regály.

Z těchto scénářů byl pro modelaci vybrán scénář ii. Požár televize, z důvodu vysoké pravděpodobnosti ohrožení návštěvníků na zdraví, při poruše na zařízení. Při požáru TV budou hořet platové části, které při svém hoření, mohou uvolňovat látky nebezpečné pro lidský organismus. Počátek modelace požáru v FDS byl posunut do času 304 s křivky HRR, protože v časovém úseku 0 – 304 s je generován nulový výkon požáru.



Obrázek 38: výkon požáru od TV [26]

Křivka HRR pro výkon požáru TV byla převzata z přílohy knihy Modelování dynamiky požáru v budovách, vydané fakultou stavební ČVUT v Praze.

Do programu je požár zadán pomocí příkazů:

&SURF ID='TV', COLOR='RED', HRRPUA=301.77, RAMP_Q='HORAK_RAMP_Q', PART_ID='SMOKE', tímto příkazem je do programu FDS zadán výkon požáru. Výkon požáru byl přepočítán na plochu modelované TV.

&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/

&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=196.0, F=0.52/

&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=366.0, F=1.0/

&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=680.0, F=0.54 /

&RAMP ID='HORAK_RAMP_Q', T=1196.0, F=0.21/

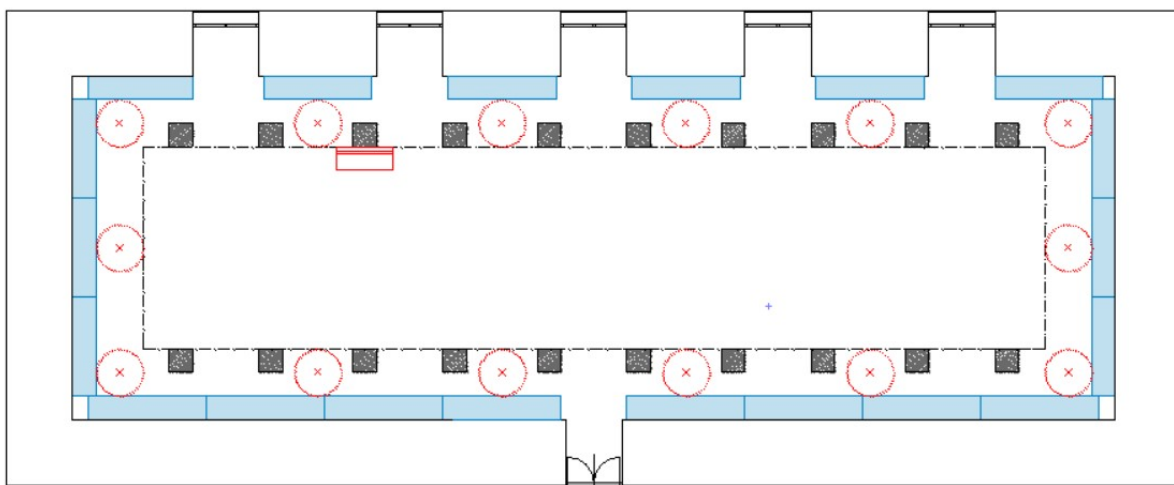
Výkon požáru není v čase konstantní, proto příkazem *&RAMP ID* stanovíme proměnlivost výkonu v čase $T = x$ [s] a poměrem $F = x$ [-]. Hodnota T udává body v čase, kde je stanovena hodnota tepelného výkonu a hodnota F je zapsána jako poměr, nezadáme tedy konkrétní hodnotu výkonu, ale poměr mezi maximální hodnotou výkonu a hodnotou výkonu v čase. [26]

&REAC ID='DREVO', FUEL='REAC_FUEL', C=6.3, H=7.1, O=2.1, SOOT_YIELD=0.008/

&OBST XB=5.6,6.8,5.6,5.7,0.8,1.2, SURF_ID='TV' / hořící TV, zde je vmodelován objekt hořící televize.

3.4.6 Požární hlásiče v programu FDS

Poloha hlásičů byla zvolena s ohledem na požadavky normy, které jsou popsány v předešlé kapitole 3.4.4, viz Obrázek 39. Na tomto obrázku je dále vyznačen rádius 0,5 m, do kterého nesmí zasahovat žádné regály s knihami nebo sloupy ochozu, které by tak tvořily překážky pro šíření kouře nebo by šíření kouře mohly zbrzdit.



Obrázek 39: umístění hlásičů s vyznačením rádiusu 0,5 m

Hlásiče jsou umístěny po obvodě knihovny pod ochozem a dále jsou umístěny ve druhém patře knihovny v klenbě. Vzhledem k rozsáhlé fresce ve střední části stropu knihovny není možné hlásiče umístit do nejvyššího bodu klenby, tedy do osy místnosti. Poloha požárních hlásičů v klenbě je tedy volena s ohledem na celistvost a historickou hodnotu fresky. Hlásiče budou umístěny na kraji fresky, kde dojde k jejich zakomponování do štukové výzdoby klenby, bude snaha o co nejmenší zásah do štukové výzdoby.



Obrázek 40: umístění hlásičů s ohledem na rozsáhlou fresku

Na Obrázek 40 je vidět detailněji freska na stropní klenbě knihovny. Červenými šipkami je naznačeno uvažované umístění opticko-kouřových hlásičů na kraj klenby do štukové výzdoby. Vzhledem k poměrně velké konstrukci hlásiče je vhodné využít možnosti výrobce a instalovat barevné požární hlásiče. Je tedy možné zvolit, takovou barevnou variantu hlásiče, která bude korespondovat s barvou štukové výzdoby nebo je možné požární hlásiče opatřit nátěrem, který musí být nanesen tak, aby nesnížil účinnost hlásiče. Hlásiče poté nebudou rušit ráz místnosti a zároveň zůstane zachována celistvost stropní fresky.

Do výpočetního programu byly hlásiče zadány příkazem:

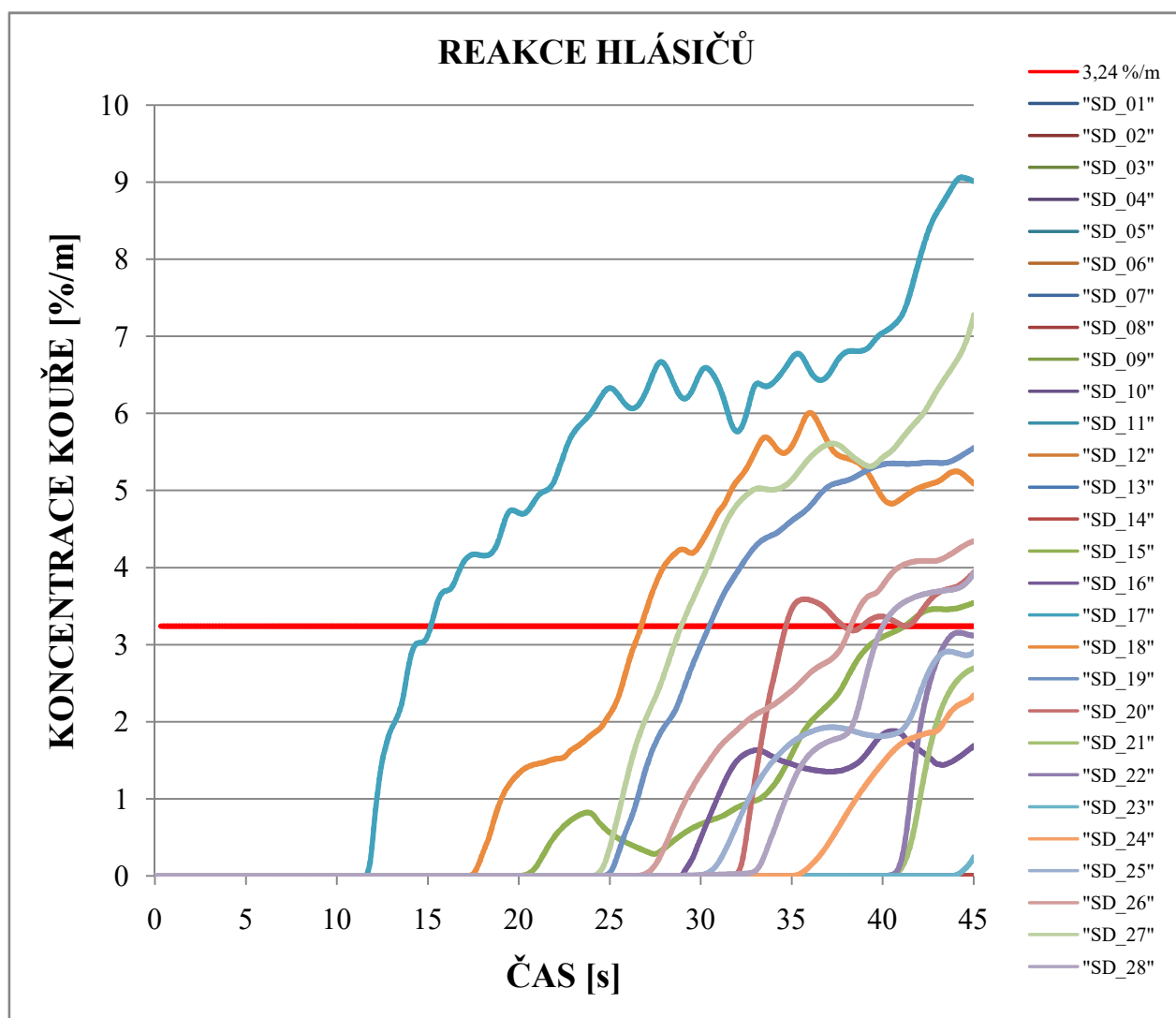
```
&DEVC ID='SD_01', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=0,0,0/
&PROP_ID='Actme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
ALPHA_E=1.8, BETA_E=-1.0, ALPHA_C=0.8, BETA_C=-0.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.24/ [29]
```


3.5 Citlivostní analýza

Pro vytvoření kvalitního modelu v CFD je důležité vhodně zvolit výpočetní síť, tzv. MESH. Tato síť musí být vhodně zvolena s ohledem na složitost geometrie a aplikace. V každém případě by měly být zvoleny takové rozměry sítě, aby veškeré hrany modelovaných objektů odpovídaly hranám jednotlivých výpočetních buněk. Pro modelaci v programu FDS je nutné dodržet pravidelnou síť, která je tvořena kvádry. [30]

Citlivostní analýza byla provedena porovnáním výsledků z programu FDS, kde byla modelována různá hrubost sítě, ostatní parametry jako materiálové charakteristiky, geometrie objektu a poloha hlásičů byly zachovány. Čas nastavený pro citlivostní analýzu je 45 sekund.

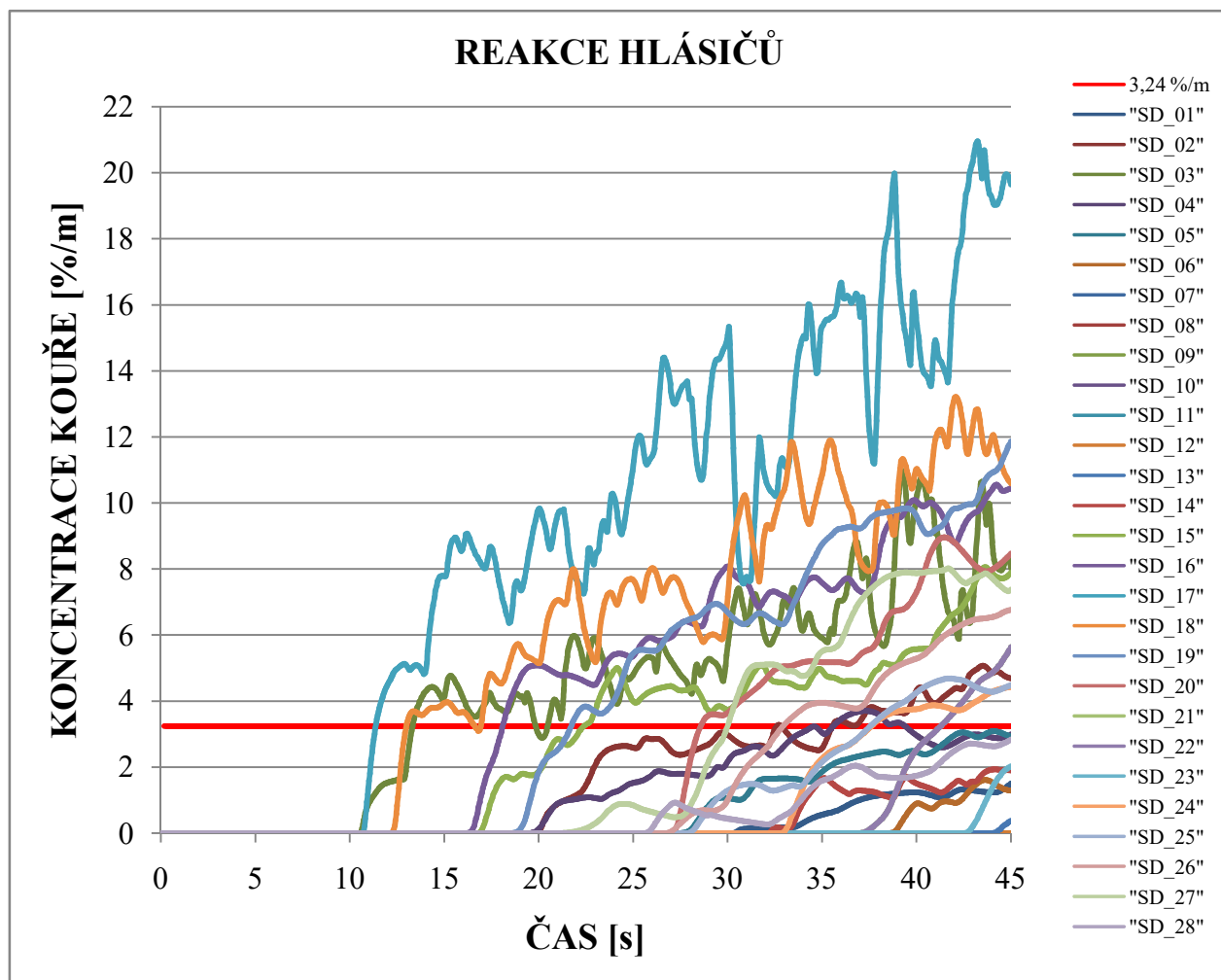
Pro první modelaci byla použita hrubost sítě s velikostí hrany buňky 0,3 m. Při této modelované hrubosti sítě jako první zareagoval hlásič SD17 po 15,2 sekundách, dále reagoval hlásič SD18 ve 26,7 sekundě a hlásič SD27 ve 28,9 sekundě, viz Obrázek 41.



Obrázek 41: graf reakce kouřových hlásičů pro velikost buňky 0,3 m

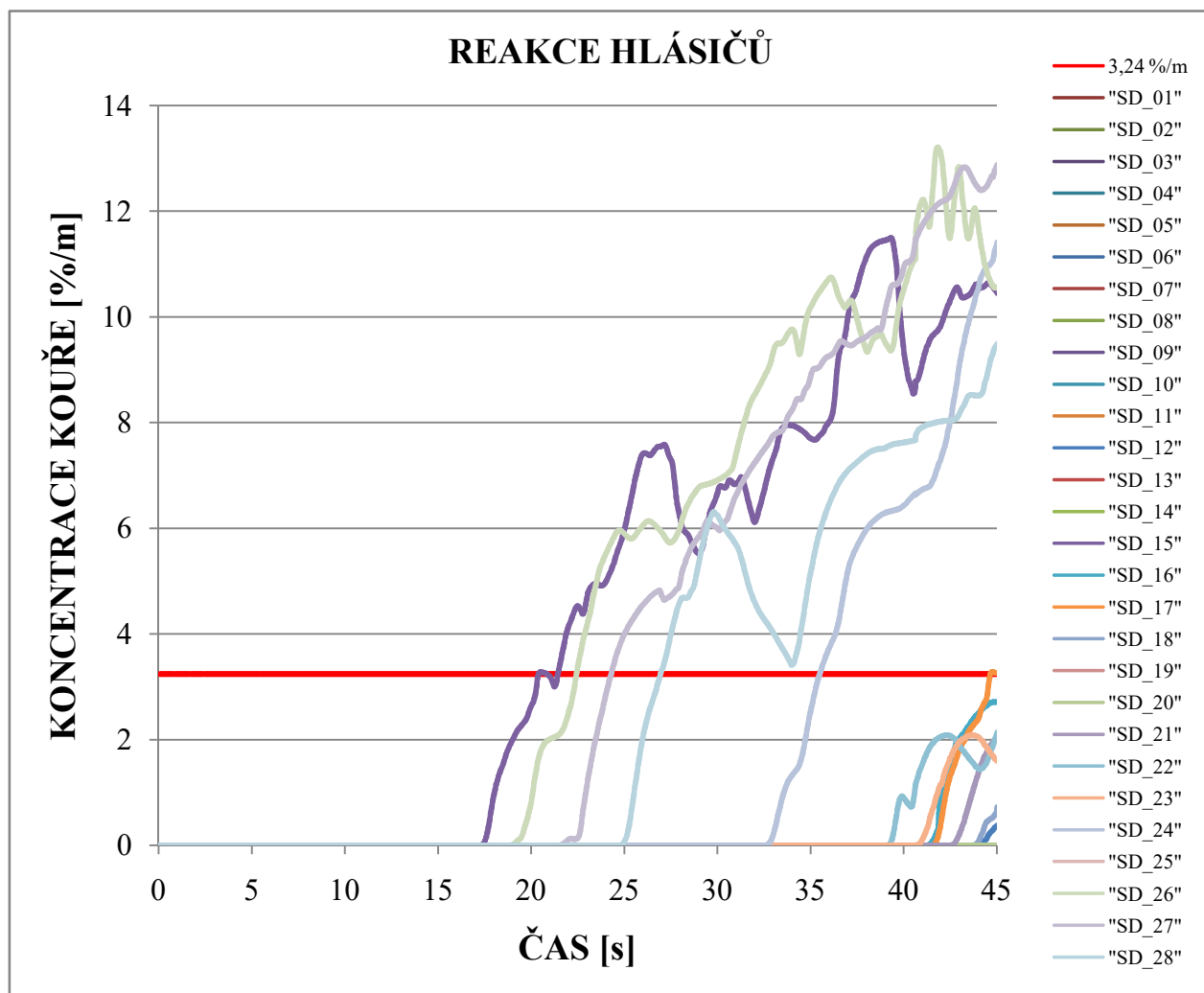
Pro druhou modelaci byla použita hrubost sítě 0,2 m. Jak je vidět z Obrázek 42 jako první bude reagovat hlásič SD17 po 11,3 sekundách od počátku simulace, dále bude aktivován hlásič SD18 ve 13 sekundě a v zápětí se spustí hlásič SD3 v čase 13,3 sekundy.

Dále je z grafu patrné, že při zmenšení velikosti sítě a ponechání všech ostatních parametrů, jednotlivé hlásiče zaznamenaly až dvojnásobně větší koncentrace kouře, oproti předešlé modelaci.



Obrázek 42: graf reakce kouřových hlásičů při velikosti buňky 0,2 m

Ve třetí modelaci byla použita velikost sítě 0,1 x 0,1 x 0,1 m. Prostor byl rozdělen na 221 dílů ve směru osy x, 73 dílů ve směru osy y a 80 dílů ve směru osy z. Celkem takto vzniklo 1 290 640 výpočetních buněk. Oproti předchozím případům se výrazně navýšil čas potřebný k výpočtu tohoto modelu. Při této modelaci dojde k aktivaci prvního hlásiče SD15 po 20,3 sekundách, k další aktivaci dojde ve 22,4 sekundě na hlásiči SD26 a poté se aktivuje hlásič SD27 ve 23,4 sekundě, viz Obrázek 43.



Obrázek 43: graf reakce kouřových hlásičů pro velikost sítě 0,1 m

Pro větší přehled výsledků citlivostní analýzy jsou data shrnuta níže v Tabulka 3.

Hrúbost sítě	Počet buněk	1. spuštěný hlásič		2. spuštěný hlásič		3. spuštěný hlásič	
		číslo hlásiče	čas [s]	číslo hlásiče	čas [s]	číslo hlásiče	čas [s]
0,3 m	47 952	SD17	15,2	SD18	26,7	SD27	28,9
0,2 m	164 280	SD17	11,3	SD18	13	SD3	13,3
0,1 m	1 290 640	SD15	20,3	SD26	22,4	SD27	23,4

Tabulka 3: shrnutí reakce hlásičů při citlivostní analýze

Dále byla pro zvolení hrubosti sítě použita pomůcka FDS Mesh Size Calculator². Na Obrázek 44 je vidět tabulka pro zadání vstupních údajů do kalkulátoru. Zde se zadávají souřadnice prostoru v metrech a dále výkon požáru v kW. Výsledky jsou uvedeny v Tabulka 4. Tato pomůcka automaticky generuje optimální síť, která může být použita ve vstupním souboru FDS. Na základě celkové rychlosti uvolňování tepla je zvolena velikost buněk. [31]

Enter the x, y, z dimensions (meters) and your expected HRR

X _{min}	<input type="text" value="0"/>	X _{max}	<input type="text" value="22.1"/>
Y _{min}	<input type="text" value="0"/>	Y _{max}	<input type="text" value="7.3"/>
Z _{min}	<input type="text" value="0"/>	Z _{max}	<input type="text" value="8.0"/>
Heat Release Rate (Q)		<input type="text" value="1158.8"/>	kW
Density (ρ _∞)		<input type="text" value="1.204"/>	kg / m ³
Specific Heat (c _p)		<input type="text" value="1.005"/>	kJ / kg-K
Ambient Temperature (T _∞)		<input type="text" value="293"/>	K
Gravity (g)		<input type="text" value="9.81"/>	m / s ²
<input type="button" value="Calculate suggested cell sizes »"/>			

Obrázek 44: tabulka pro zadání hodnot [31]

Velikost buňky (dx) souvisí s charakteristickým průměrem požáru D*, tj. čím menší je charakteristický průměr požáru menší, tím menší by měla být i velikost buněk, aby bylo možné adekvátně řešit proudění vzduchu a dynamiku požáru. Vzorec pro výpočet charakteristického průměru požáru je uveden v rovnici 1. Pro požár v knihovně byl stanoven charakteristický průměr požáru na D* = 1,017. Odkaz v uživatelském průvodci pro FDS používá poměr mezi D* a dx k přesnému vyřešení požáru v různých scénářích. Tento poměr by se měl pohybovat mezi 4 a 16. [31]

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Rovnice 1: charakteristický průměr požáru [31]

Hrubá síť	D*/dx = 4	dx = 25,43 cm	IJK = 90, 30, 32	86 400 buněk
Střední síť	D*/dx = 10	dx = 10,17 cm	IJK = 225, 72, 80	1 296 000 buněk
Jemná síť	D*/dx = 16	dx = 6,36 cm	IJK = 360, 120, 125	5 400 000 buněk

Tabulka 4: výsledné velikosti sítě vhodné pro modelaci v FDS

² FDS Mesh Size Calculator. utfrg [online]. [vid. 2020-12-15]. Dostupné z: <https://www.utfireresearch.com/fds-mesh>

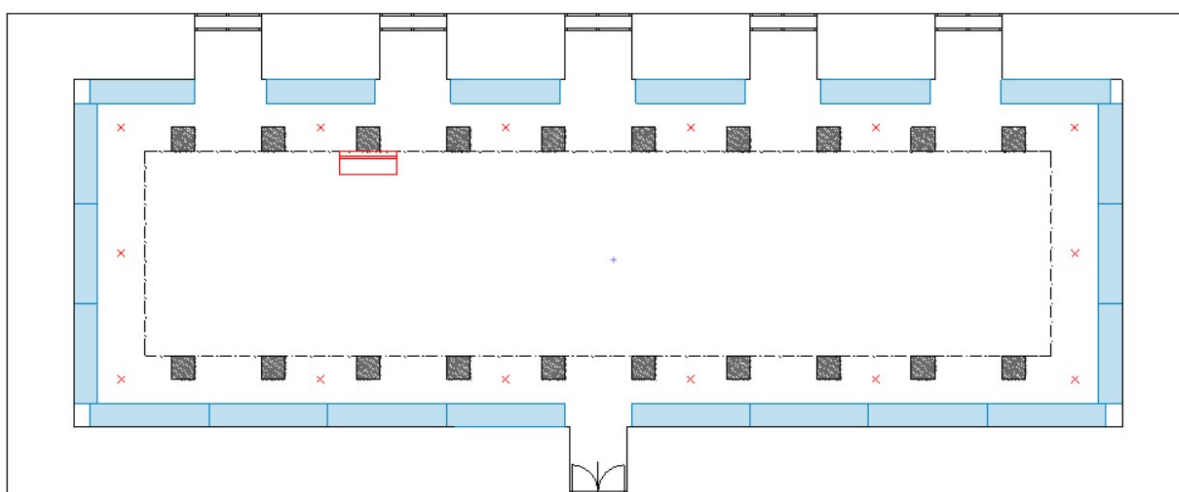
Po porovnání výsledků citlivostní analýzy provedené v FDS a výsledků z internetové pomůcky byla zvolena střední velikost sítě 0,1 x 0,1 x 0,1 m.

Prostor byl rozdělen příkazem:

```
&MESH ID='Mesh01', FYI='ROOM', IJK=221,73,80, XB=0.0,22.1,0.0,7.3,0.0,8.0/
```

3.6 Detekce požáru TV u sloupu ochozu

Velikost televize byla zvolena s ohledem na vzdálenost návštěvníků a televizoru, úhlopříčný rozměr TV je 50'', což odpovídá přibližným rozměrům š. 1,2 m, v. 0,8 m. Televizor bude umístěn na dřevěné skřínce vysoké 0,8 m a s půdorysnými rozměry 1,2 x 0,5 m. Televizor byl umístěn ke sloupu ochozu. Poloha TV je červeně vyznačena na Obrázek 45. Výpočetní čas pro modelaci byl stanoven na 60 sekund.



Obrázek 45: půdorys knihovny s vyznačenou polohou hořící TV

Objekt televizoru a televizního stolku byl do vstupního souboru zadán pomocí příkazu

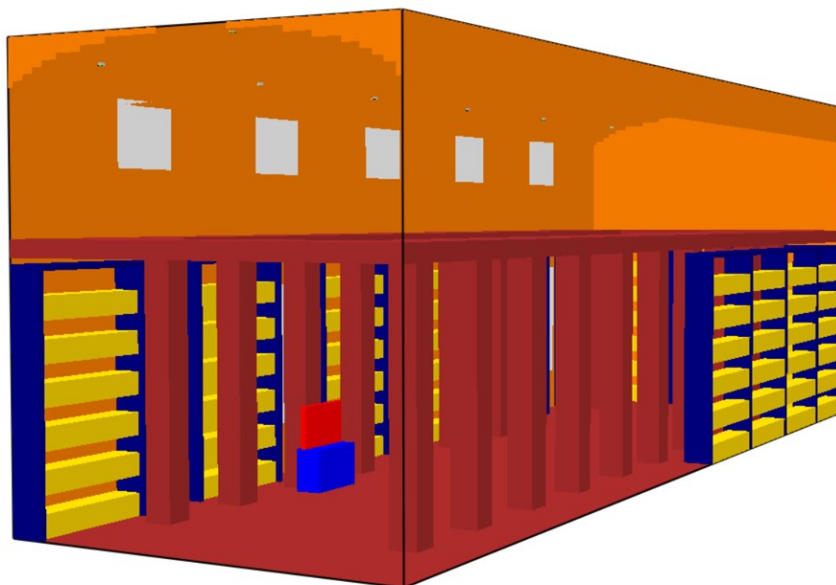
```
&OBST XB=5.6,6.8,5.6,5.7,0.8,1.6, SURF_ID='TV'/ hořící TV
```

```
&VENT SURF_ID='TV', XB=6.0,6.5,5.7,5.7,1.0,1.5/ hořící TV
```

```
&OBST SURF_ID='STOLEK', XB=5.6,6.8,5.3,5.8,0.0,0.8/ stolek pod TV
```

Geometrie knihovny, zjednodušená pro použití v programu FDS, je vidět na Obrázek 46. Pro větší přehlednost a orientaci v modelu nejsou modelovány regály nalevo od vstupních dveří a na čelní stěně vlevo od vstupních dveří. Regály se nacházejí dostatečně daleko od zdroje požáru, proto je možné je vynechat v modelu, aniž by se to dotklo výsledků z požárních hlásičů.

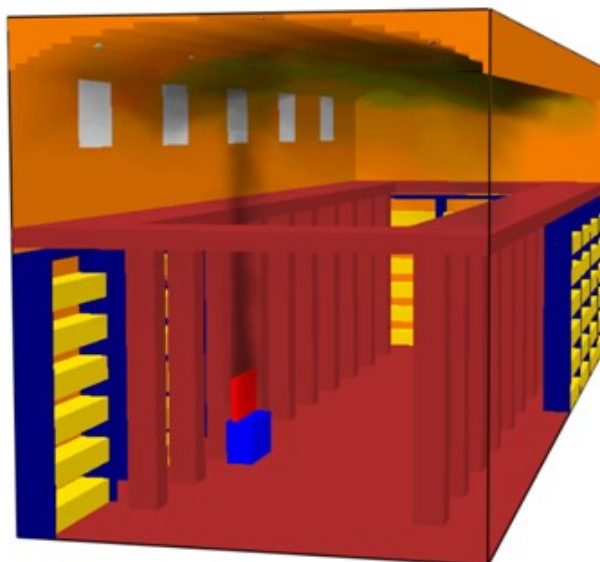
Poloha a číslování požárních hlásičů je vidět z výkresu 4 v příloze 2. Číselné označení požárních hlásičů ve výkresu koresponduje s číslováním hlásičů v programu FDS, tj. požární hlásič označený ve výkresu číslem 1 je modelován v programu FDS jako hlásič SD01.



Obrázek 46: geometrie knihovny s vyznačenou polohou hořící TV

3.6.1 Výstupy z modelu

Zplodiny hoření z požáru televizoru stoupají podél sloupu vzhůru ke konstrukci klenby. Po dosažení konstrukce klenby kouř zpomalí a začne se šířit a při dosažení nejvyššího bodu klenby se začne hromadit a postupně se rozšiřovat do všech směrů, viz Obrázek 47. Vzhledem ke zjednodušení modelu a k bohaté štukové výzdobě, která tvoří překážky pro šíření kouře, je možné, že se kouř bude reálně šířit odlišně od modelu.



Obrázek 47: rozložení kouře na konci simulace

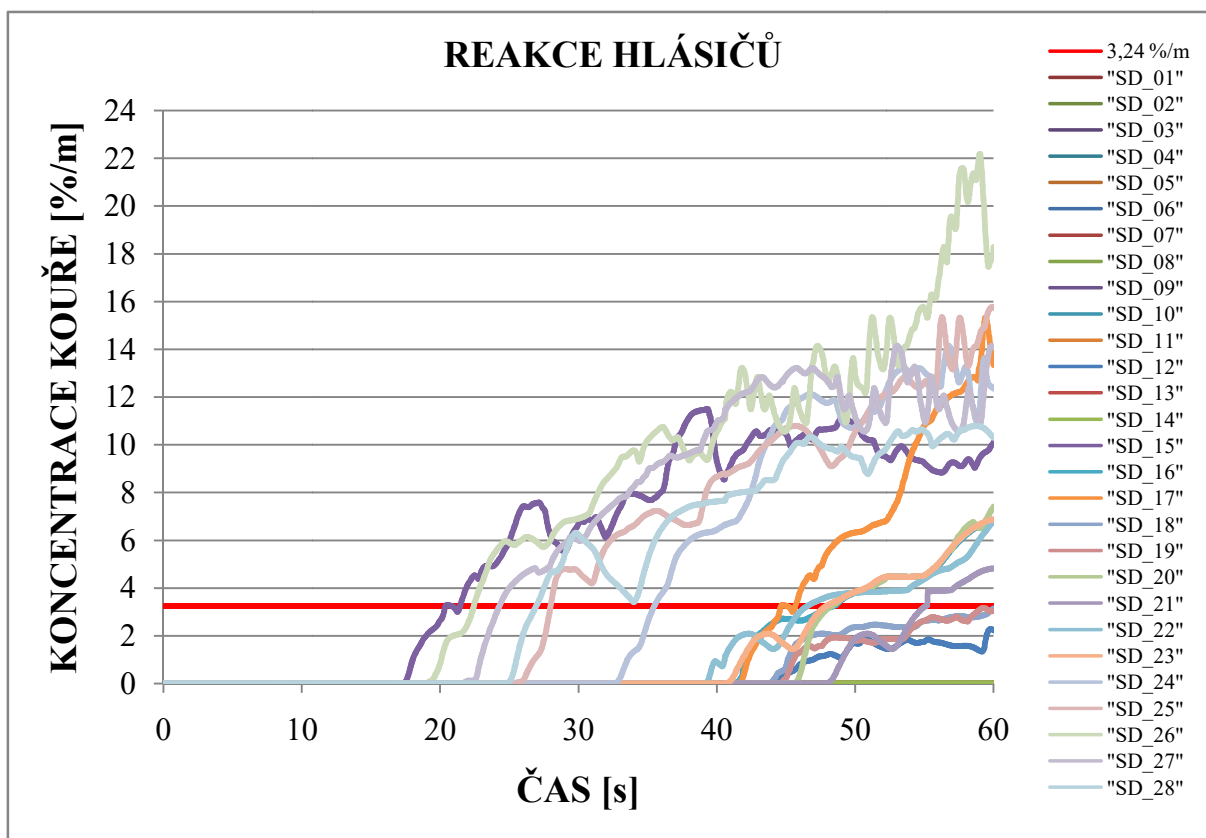
Štuková výzdoba na klenbě knihovny totiž může výrazně ovlivnit šíření kouře. Výzdoba tvoří různé uzavřené obrazce (Obrázek 48), ve kterých může dojít ke kumulaci zplodin hoření, a tím dojde ke zpomalení šíření kouře. Vzhledem k této skutečnosti je možné, že v reálném případě

budou hlásiče reagovat odlišně, než jak je tomu v modelovém případě. Další odlišnost v šíření zplodin hoření, oproti modelu, může být způsobena zjednodušením klenby pro potřeby modelování v FDS, kde není možné modelovat oblé tvary. Stropní klenba je tedy tvořena pomocí obdélníků, které kopírují hranu reálné klenby. Obdélníky nejsou schopny dosáhnout plynulé hrany, jako tomu je u reálné klenby a to může způsobit odlišnosti v modelaci šíření zplodin hoření oproti reálnému chování kouře.



Obrázek 48: detail štukové výzdoby

Opticko-kouřový hlásič se aktivuje při detekci 3,24 %/m pevných částic kouře.



Obrázek 49: graf reakce opticko-kouřových hlásičů

Sledovaným faktorem je čas, po kterém bude na hlásiči překročen limit pevných částic kouře a tím dojde k vyhlášení poplachu. Dále sledujeme polohu hlásiče, který zareagoval jako první.

Při modelaci hořící TV u sloupu ochozu dojde k aktivaci prvního hlásiče SD15 po 20,3 sekundách, k další aktivaci dojde ve 22,4 sekundě na hlásiči SD26 a poté se aktivuje hlásič SD27 ve 23,4 sekundě. Všechny tyto hlásiče se nacházejí na stropní klenbě knihovny. Reakce všech kouřových hlásičů je patrná z Obrázek 49.

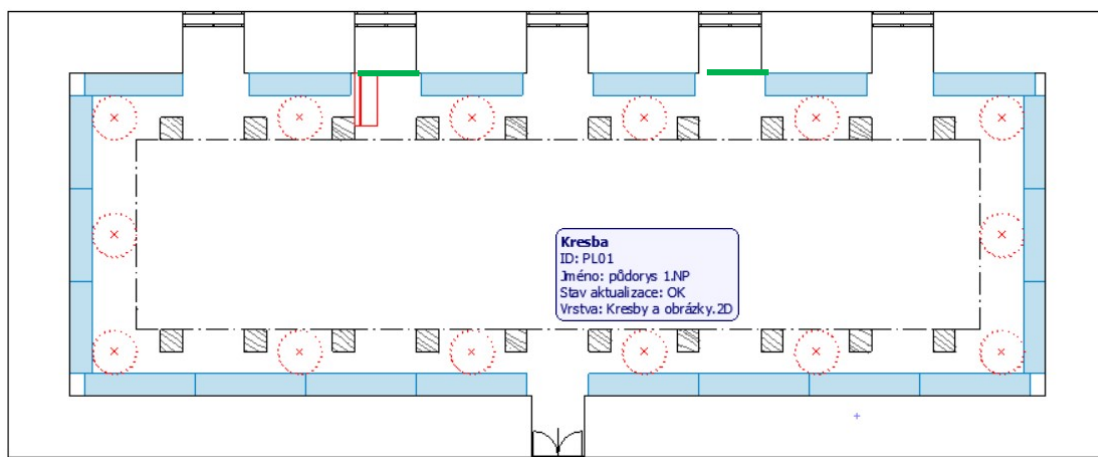
Výsledek této simulace je zajímavý zejména v tom, které hlásiče zareagovali jako první. Z předešlého grafu je patrné, že jako první reagoval hlásič SD15. Ten se nachází v čele klenby a na první pohled je více vzdálený od ohniska požáru. Po podrobnějším rozboru bylo zjištěno, že je to způsobeno umístěním ohniska požáru, které je umístěno na zadní straně objektu televize, způsobem modelace klenby a modelovanou polohou hlásičů kouře na stropní konstrukci.

Zdroj požáru je umístěn pod jedním z kvádrů, kterým je modelována stropní klenba. Při půdorysném průmětu jednotlivých hran klenebních kvádrů bylo zjištěno, že ohnisko požáru se nachází v těsné blízkosti jedné z těchto hran a kouřové hlásiče umístěné nad touto stranou ochozu se nachází na kvádríku pod touto úrovní, a proto hlásiče, které se nacházejí blíže ohnisku požáru, nezareagují.

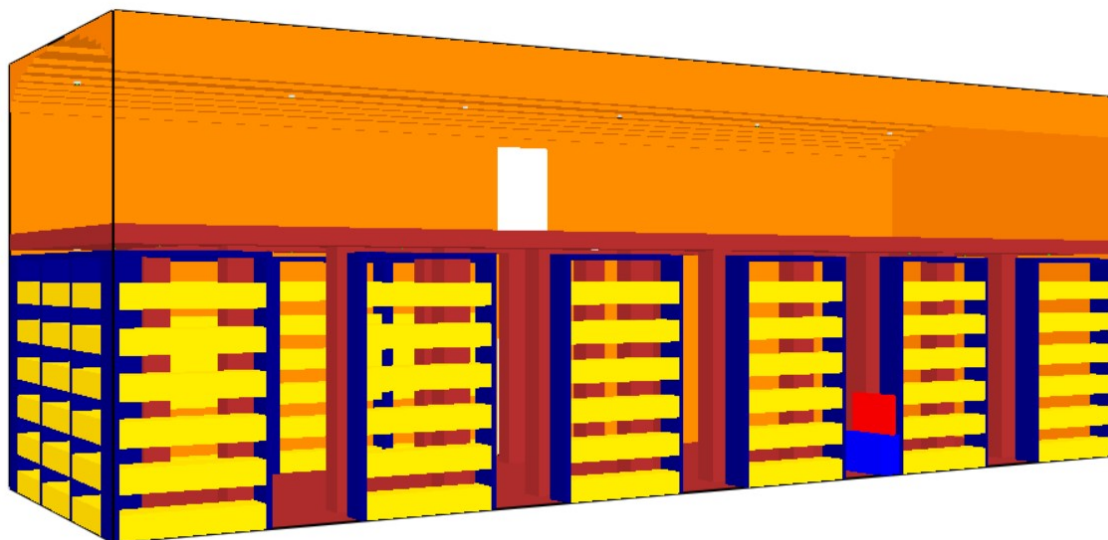
Od ohniska požáru stoupá teplý kouř vzhůru do vyšších úrovní klenby, až dosáhne jejího vrcholu. Zde se začíná v této nejvyšší úrovni šířit v podélném směru, což přivádí kouř v dostatečné intenzitě ke kouřovému hlásiči SD15, který poté reaguje jako první. Po zaplnění vrchní části klenby kouř klesá a dostává se k hlásičům nad protější stranou ochozu. Případ, že ohnisko požáru je umístěno tak, že stoupající kouř se začne kumulovat až pod nejvyšší úroveň klenby a kouřové hlásiče se nachází kvůli historicky cenné fresce pod touto úrovní je nejnepríznivější případ, a proto získané časy jsou na straně bezpečnosti.

3.7 Detekce požáru TV u okna

Pro druhý požární scénář byla upravena poloha zdroje hoření (televizoru), ten byl umístěn pod ochoz, viz Obrázek 50. Televizor byl umístěn k výklenku druhého okna zleva. Ve výklenku je umístěno okno, kterým je prosvětlen prostor knihovny. Výklenek u televize bude zabeďněn, aby venkovní světlo nesnížilo kvalitu a viditelnost obrazu promítaného v televizi, viz Obrázek 50. Ostatní parametry prostoru, požárních hlásičů i zdroje hoření zůstávají shodné s těmi v předešlém modelu. Stejně jako u předešlého požárního hlásiče je čas simulace nastaven na 60 sekund.



Obrázek 50: poloha televizoru pro 2. požární scénář

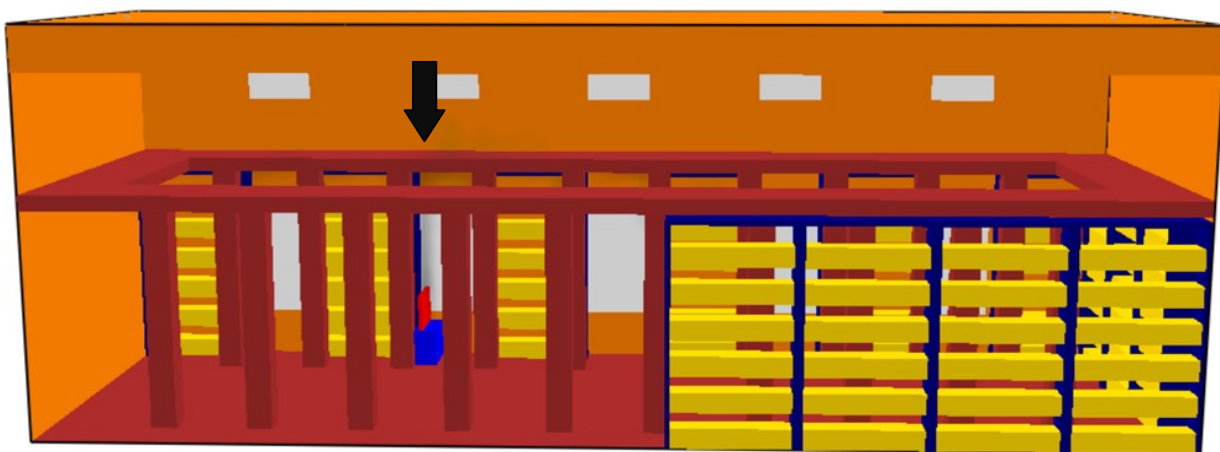


Obrázek 51: geometrie knihovny pro 2. požární scénář

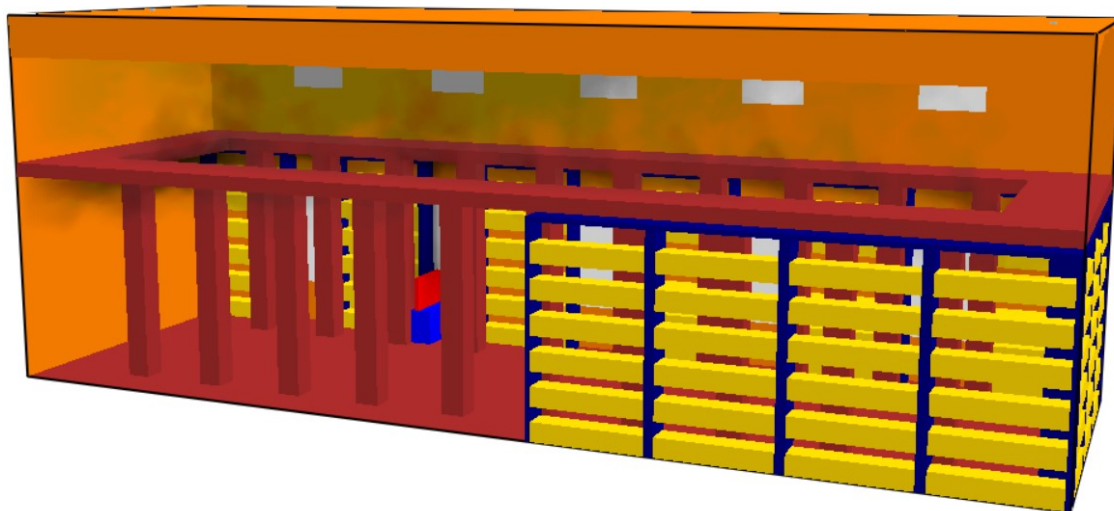
Zjednodušená geometrie prostoru knihovny pro program FDS je vidět na Obrázek 51. Tato poloha TV byla zvolena kvůli poloze ochozu, který tvoří překážku pro šíření kouře. Předpokladem je, že ochoz zpomalí šíření kouře svisle vzhůru a začne se hromadit pod ochozem, tudíž jako první by měly zareagovat požární hlásiče SD03 a SD04, které jsou umístěny pod ochozem.

3.7.1 Výstupy z modelu

Na počátku modelace kouř stoupá vzhůru ke konstrukci ochozu. Po dosažení spodní hrany ochozu se kouř začne hromadit a dále se šíří pod ochozem do všech stran. Ve 13 sekundě se začíná kouř šířit z prostoru pod ochozem vzhůru ke stropní konstrukci, v místě zdroje hoření, viz Obrázek 52. Dále se kouř šíří od zdroje hoření dále do stran pod ochozem a dále i do výšky pod konstrukcí stropní klenby, kde se kumuluje v nejvyšším bodě a šíří se dále pod konstrukcí klenby do stran. Na konci modelace je kouř rozšířen pod celou délkou ochozu u stěny s okny a dále pod stropní klenbou, kde se kouř rozšířil asi do tří čtvrtin půdorysu knihovny, viz Obrázek 53.



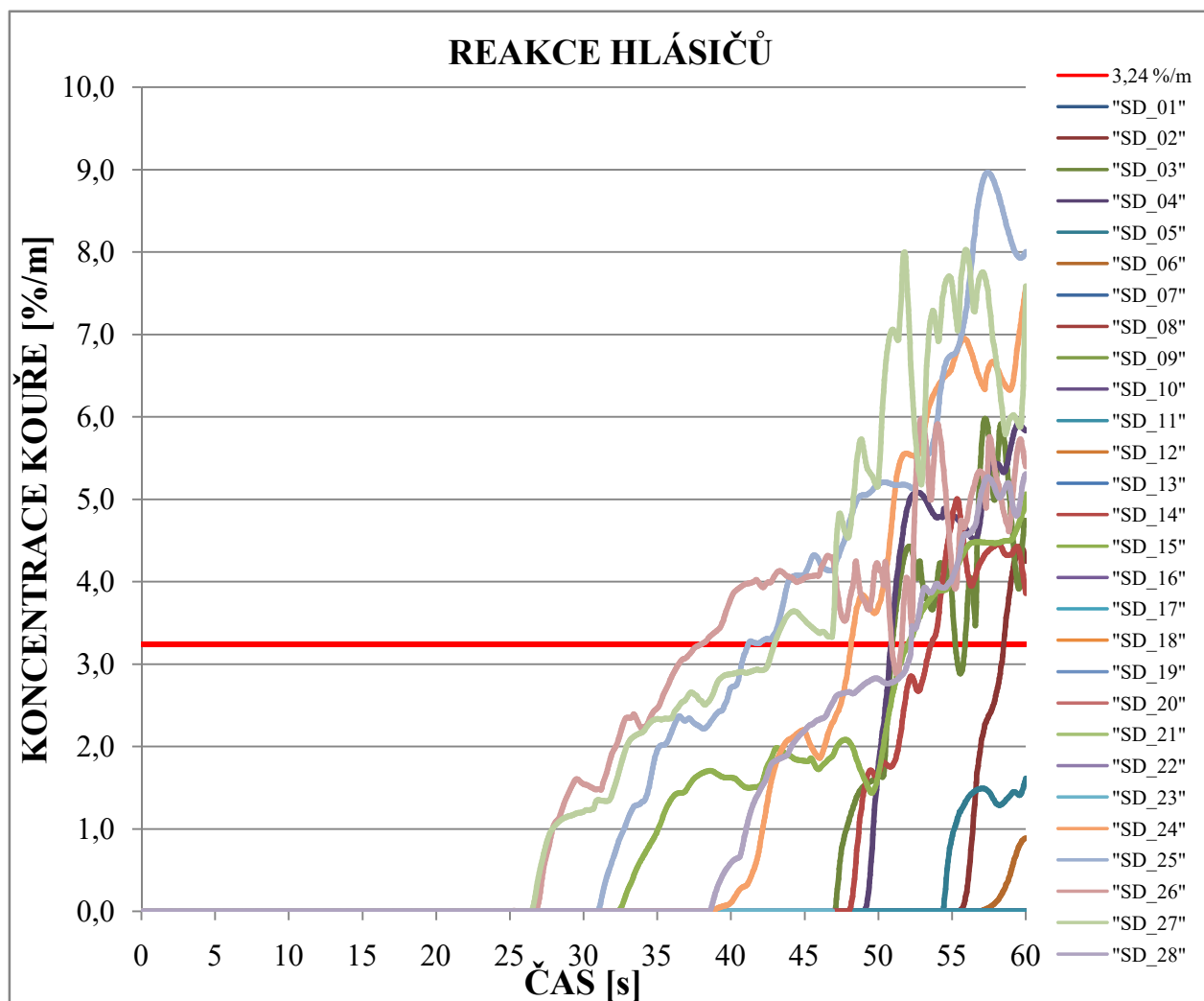
Obrázek 52: rozložení kouře v prostoru knihovny ve 13 sekundě



Obrázek 53: rozložení kouře na konci simulace

Dle grafu výsledků z programu FDS je viditelné, že jako první zareaguje hlásič SD26 ve 38 sekundě. Další požární hlásič, na kterém dojde k překročení limitní hodnoty koncentrace pevných částic kouře, která činí 3,24 %/m, je SD25, který se spustí ve 41 sekundě. Jako třetí hlásič se aktivuje SD27 ve 42,9 sekundě. Reakce všech požárních hlásičů je patrná z Obrázek 54. Předpokladem bylo, že jako první dojde k aktivaci požárních hlásičů SD3 a SD4. Tyto hlásiče se nacházejí pod ochozem nejbližší zdroji požáru. Modelace požáru v knihovně, ale tento

předpoklad nepotvrdila. Hlásiče SD3 a SD4 se nacházejí pod ochozem nejbližše ohnisku požáru. Nicméně tyto hlásiče kouře nejsou tak blízko, aby byla koncentrace kouře dostatečně vysoká na to, aby u nich vyvolala detekci kouře. Kouř, který se uvolňuje, je tedy dostatečně ředěn a hlásiče pod ochozem nezareagují. Kouř stoupá prostorem vzhůru a všechny 3 hlásiče, které zareagují jako první, se nachází v prostoru klenby na protější straně. To je pravděpodobně způsobeno odklonem kouře podél hrany ochozu a způsobem modelace klenby, přes kterou se kouř dostává na protější stranu ochozu



Obrázek 54: graf reakce opticko-kouřových hlásičů

3.8 Porovnání výstupů z obou požárních scénářů

Cílem tohoto modelování bylo určit, jak budou reagovat opticko-kouřové hlásiče na různé požární scénáře v prostoru klášterní knihovny v Broumově. Pro modelaci byl zvolen požár televizoru s různou polohou v prostoru knihovny. Byly modelovány dva různé požární scénáře, které se lišily polohou zdroje požáru.

Pro první požární scénář byl modelován požár televizoru, který byl umístěn u sloupu ochozu. Ze simulace je patrné, že šíření kouře nic nebrání a tedy stoupá svisle ke stropní konstrukci knihovny. Jako první zareaguje hlásič SD15 ve 20,3 sekundě.

Ve druhém požárním scénáři byl televizor posunut k oknu pod ochoz. Ochoz takto tvoří bariéru pro šíření kouře. Po zpracování výsledků z výpočetního programu FDS je vidět, že kouř se opravdu hromadí pod ochozem, ale jeho koncentrace není dostatečná pro spuštění nejbližších kouřových hlásičů SD3 a SD4. Po 13 sekundě se kouř začíná šířit mimo ochoz dále ke stropní konstrukci. Jako první zareagoval hlásič SD26 ve 38 sekundě.

Rychlost reakce hlásičů a tím i rychlost detekce požáru je závislá ne jen na geometrii prostoru a umístění požárních hlásičů, ale i na umístění zdroje požáru. Při porovnání výsledků z programu FDS je patrné, že v případě umístění zdroje požáru mimo ochoz je reakce opticko-kouřových hlásičů výrazně rychlejší než při umístění zdroje požáru pod ochoz knihovny. Podrobněji jsou reakce prvních tří spuštěných požárních hlásičů porovnány v Tabulka 5.

	1. spuštěný hlásič		2. spuštěný hlásič		3. spuštěný hlásič	
	číslo hlásiče	čas [s]	číslo hlásiče	čas [s]	číslo hlásiče	čas [s]
1. požární scénář	SD15	20,3	SD26	22,4	SD27	23,4
2. požární scénář	SD26	38	SD25	41	SD27	42,9

Tabulka 5: porovnání reakce požárních hlásičů pro dané požární scénáře

4 Závěr

Kulturní dědictví je třeba dobře chránit před účiny požáru, aby nedocházelo k jeho znehodnocení a zůstalo zachováno pro další generace. Z popsaných zákonů a vyhlášek je zřejmé, že česká legislativa nařizuje ochranu objektů, v některých případech jsou ovšem normová opatření velmi přísná a je tedy velmi nelehké a v některých případech i nemožné v historických objektech těmto požadavkům vyhovět. NPÚ, ve spolupráci s odborníky na požární odolnost objektů a hasičským záchranným sborem, vydal metodiku, jejíž snahou je pomoci projektantům s návrhem efektivního a citlivého řešení požární ochrany.

Na trhu je dostupných mnoho druhů hlásičů. Pro vhodný návrh je nutné znát přednosti a omezení daných hlásičů, aby došlo k včasné detekci požáru a přitom nedocházelo zbytečně k planým poplachům. Vhodnost použití hlásičů je v historických objektech také limitována vzhledem hlásičů a nutností kabelového vedení, kde je snaha o skrytí hlásičů nebo zaintegrování hlásičů do konstrukce tak, aby co nejméně narušovaly nebo vyčnívaly do střeženého prostoru.

Při prohlídce a zaměření klášterní knihovny v Broumově nebyly nalezeny žádné hlásiče požáru. Vzhledem k historické hodnotě a památkové ochraně kláštera a prostoru knihovny i uložených knih, by bylo vhodné v budoucnosti, do tohoto prostoru, instalovat požární hlásiče.

Proto bylo pro praktickou část zvoleno modelování knihovny v programu FDS. Zde byly namodelovány opticko-kouřové hlásiče a byla zkoumána rychlost jejich reakce. Rychlost detekce požáru je závislá nejen na geometrii prostoru, poloze požárních hlásičů a poloze zdroje požáru, ale i na vybavení prostoru, které by mohlo ovlivňovat a zpomalovat šíření zplodin hoření.

Poloha požárních hlásičů byla v případě prostoru knihovny limitována rozsáhlou freskou na stropní klenbě. Tato klenba zaujímá velkou část stropní klenby. Pro zachování její celistvosti byly požární hlásiče umístěny na její okraj. Snahou bylo zakomponovat požární hlásiče do bohaté štukové výzdoby tak, aby došlo k co nejmenšímu zásahu do prostoru a štukové výzdoby.

Štuková výzdoba je jedním z faktorů, které by zde mohly ovlivnit chování kouře. V prostoru knihovny je stropní klenba pokryta bohatou štukovou výzdobou. Ta tvoří v některých částech uzavřené plochy, ve kterých by se mohly hromadit zplodiny hoření. Je tedy možné, že oproti zjednodušenému modelu by se kouř mohl šířit odlišně a mohl by se hromadit mezi obrazci štukové výzdoby. To by způsobilo zpomalení šíření kouře a aktivace požárních hlásičů by mohla být ještě pomalejší, než jak je tomu v modelu.

Dle výsledků z obou požárních scénářů je patrné, že při umístění zdroje hoření mimo konstrukci ochozu je čas detekce opticko-kouřových hlásičů mnohem rychlejší než při umístění zdroje požáru pod ochoz. Ochoz tvoří bariéru pro šíření zplodin hoření, a tudíž při modelaci druhého požárního scénáře byla reakce prvního aktivovaného hlásiče o 18 sekund pomalejší, než v případě prvního požárního scénáře.

Po analýze výstupů z obou požárních scénářů je patrné, že není třeba modelovat všechny regály s knihami, neboť většina z nich neovlivňuje šíření zplodin hoření z požáru televize. Po odstranění nepotřebných regálů se stane model jednodušší a přehlednější pro zobrazení ve Smokeview. Dalším důvodem pro redukci počtu regálů je čas výpočtu, který se zkrátí po odstranění regálů, které nezasahují do šíření kouře.

Příloha 1 – zdrojový kód

HLAVIČKA

&HEAD CHID='KLAŠTER', TITLE='Diplomova_prace/'

&TIME T_END=60.0/

&DUMP DT_RESTART=5.0/

DEFINICE VÝPOČETÍ SÍŤE

&MESH ID='Mesh01', FYI='ROOM', IJK=221,73,80, XB=0.0,22.1,0.0,7.3,0.0,8.0/

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

&MATL ID='CIHLA', SPECIFIC_HEAT=0.9, CONDUCTIVITY=1.8, DENSITY=1700/

&MATL ID='DREVO', SPECIFIC_HEAT=2.51, CONDUCTIVITY=0.18, DENSITY=400/

&MATL ID='SKLO', SPECIFIC_HEAT=0.84, CONDUCTIVITY=0.76, DENSITY=2600/

&MATL ID='PAPIR', SPECIFIC_HEAT=1.34, CONDUCTIVITY=0.05, DENSITY=800/

DEFINICE POVRCHŮ

&SURF ID='STENA', COLOR='ORANGE', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='CIHLA', THICKNESS=1.4/

&SURF ID='STROP', COLOR='ORANGE', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='CIHLA', THICKNESS=0.2/

&SURF ID='PODLAHA', COLOR='BROWN', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='DREVO', THICKNESS=0.1/

&SURF ID='DVERE', COLOR='WHITE', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='DREVO', THICKNESS=0.1/

&SURF ID='OKNO', COLOR='WHITE', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='SKLO', THICKNESS=0.1/

&SURF ID='REGAL', COLOR='NAVY', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='DREVO', THICKNESS=0.05/

&SURF ID='OCHOZ', COLOR='BROWN', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='DREVO', THICKNESS=0.3/

&SURF ID='SLOUP', COLOR='BROWN', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='DREVO', THICKNESS=0.5/

&SURF ID='STOLEK', COLOR='BLUE', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='DREVO', THICKNESS=0.3/

&SURF ID='KNIHY', COLOR='GOLD', DEFAULT=.TRUE., MATL_ID='PAPIR', THICKNESS=0.4/

DEFINICE ZDROJE HOŘENÍ

&SURF ID='TV', COLOR='RED', HRRPUA=1158.8, RAMP_Q='TV_RAMP_Q',PART_ID='SMOKE'/

&RAMP ID='TV_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/

&RAMP ID='TV_RAMP_Q', T=196.0, F=0.52/

&RAMP ID='TV_RAMP_Q', T=366.0, F=1.0/

&RAMP ID='TV_RAMP_Q', T=680.0, F=0.54/

&RAMP ID='TV_RAMP_Q', T=1196.0, F=0.21/

&REAC ID='SLOUP', FUEL='REAC_FUEL', C=6.3, H=7.1, O=2.1, SOOT_YIELD=0.008/

&OBST XB=5.6,6.8,5.6,5.7,0.8,1.6, SURF_ID='TV'/ hořící TV

&VENT SURF_ID='TV', XB=6.0,6.5,5.7,5.7,1.0,1.5/ hořící TV

&OBST SURF_ID='STOLEK', XB=5.6,6.8,5.3,5.8,0.0,0.8/ stolek pod TV

GEOMETRIE OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ KNIHOVNY

&OBST SURF_ID='PODLAHA', XB=0.0,22.1,0.0,7.3,0.0,-0.1/ podlaha

&OBST SURF_ID='STROP', XB=0.0,22.1,0.0,7.3,8.0,8.2/ strop

&VENT SURF_ID='STENA', XB=0.0,10.4,0.0,0.0,0.0,8.0/ stěna 1

&VENT SURF_ID='STENA', XB=10.4,11.7,0.0,0.0,2.6,4.8/ stěna 1a

&VENT SURF_ID='STENA', XB=10.4,11.7,0.0,0.0,6.9,8.0/ stěna 1b

&VENT SURF_ID='STENA', XB=11.7,22.1,0.0,0.0,0.0,8.0/ stěna 1c

&VENT SURF_ID='STENA', XB=0.0,0.0,0.0,7.3,0.0,8.0/ stěna 2

&VENT SURF_ID='STENA', XB=0.0,2.5,7.3,7.3,0.0,8.0/ stěna 3

&VENT SURF_ID='STENA', XB=2.5,3.9,7.3,7.3,0.0,1.0/ stěna 3a

&VENT SURF_ID='STENA', XB=2.5,3.9,7.3,7.3,3.8,6.0/ stěna 3b

&VENT SURF_ID='STENA', XB=2.5,3.9,7.3,7.3,7.2,8.0/ stěna 3c

&VENT SURF_ID='STENA', XB=3.9,6.4,7.3,7.3,3.8,8.0/ stěna 3d

&VENT SURF_ID='STENA', XB=6.4,7.8,7.3,7.3,0.0,1.0/ stěna 3e

&VENT SURF_ID='STENA', XB=6.4,7.8,7.3,7.3,3.8,6.0/ stěna 3f

&VENT SURF_ID='STENA', XB=6.4,7.8,7.3,7.3,7.2,8.0/ stěna 3g
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=7.8,10.3,7.3,7.3,0.0,8.0/ stěna 3h
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=10.3,11.7,7.3,7.3,0.0,1.0/ stěna 3i
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=10.3,11.7,7.3,7.3,3.8,6.0/ stěna 3j
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=10.3,11.7,7.3,7.3,7.2,8.0/ stěna 3k
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=11.7,14.2,7.3,7.3,0.0,8.0/ stěna 3l
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=14.2,15.6,7.3,7.3,0.0,1.0/ stěna 3l
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=14.2,15.6,7.3,7.3,3.8,6.0/ stěna 3m
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=14.2,15.6,7.3,7.3,7.2,8.0/ stěna 3n
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=15.6,18.1,7.3,7.3,0.0,8.0/ stěna 3o
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=18.1,19.5,7.3,7.3,0.0,1.0/ stěna 3p
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=18.1,19.5,7.3,7.3,3.8,6.0/ stěna 3q
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=18.1,19.5,7.3,7.3,7.2,8.0/ stěna 3r
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=19.5,22.1,7.3,7.3,0.0,8.0/ stěna 3s
 &VENT SURF_ID='STENA', XB=22.1,22.1,0.0,7.3,0.0,8.0/ stěna 4

GEOMETRIE OTVORŮ

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=10.4,11.7,0.0,0.0,0.0,2.6/ dveře suterén
 &VENT SURF_ID='DVERE', XB=10.4,11.7,0.0,0.0,4.8,6.9/ dveře ochoz

&VENT SURF_ID='OKNO', XB=2.5,3.9,7.3,7.3,1.0,3.8/ okno 1
 &VENT SURF_ID='OKNO', XB=2.5,3.9,7.3,7.3,6.0,7.2/ okno 2
 &VENT SURF_ID='OKNO', XB=6.4,7.8,7.3,7.3,1.0,3.8/ okno 3
 &VENT SURF_ID='OKNO', XB=6.4,7.8,7.3,7.3,6.0,7.2/ okno 4
 &VENT SURF_ID='OKNO', XB=10.3,11.7,7.3,7.3,1.0,3.8/ okno 5
 &VENT SURF_ID='OKNO', XB=10.3,11.7,7.3,7.3,6.0,7.2/ okno 6
 &VENT SURF_ID='OKNO', XB=14.2,15.6,7.3,7.3,1.0,3.8/ okno 7
 &VENT SURF_ID='OKNO', XB=14.2,15.6,7.3,7.3,6.0,7.2/ okno 8
 &VENT SURF_ID='OKNO', XB=18.1,19.5,7.3,7.3,1.0,3.8/ okno 9
 &VENT SURF_ID='OKNO', XB=18.1,19.5,7.3,7.3,6.0,7.2/ okno 10

GEOMETRIE SLOUPŮ A OCHOZU KNIHOVNY

&OBST XB=2.0,2.5,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 1
 &OBST XB=3.9,4.4,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 2
 &OBST XB=5.9,6.4,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 3
 &OBST XB=7.8,8.3,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 4
 &OBST XB=9.8,10.3,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 5
 &OBST XB=11.7,12.2,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 6
 &OBST XB=13.7,14.2,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 7
 &OBST XB=15.6,16.1,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 8
 &OBST XB=17.6,18.1,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 9
 &OBST XB=19.5,20.0,1.0,1.5,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 10
 &OBST XB=2.0,2.5,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 1a
 &OBST XB=3.9,4.4,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 2a
 &OBST XB=5.9,6.4,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 3a
 &OBST XB=7.8,8.3,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 4a
 &OBST XB=9.8,10.3,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 5a
 &OBST XB=11.7,12.2,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 6a
 &OBST XB=13.7,14.2,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 7a
 &OBST XB=15.6,16.1,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 8a
 &OBST XB=17.6,18.1,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 9a
 &OBST XB=19.5,20.0,5.8,6.3,0.0,4.5, SURF_ID='SLOUP'/ sloup 10a

&OBST XB=0.0,22.1,0.0,1.5,4.5,4.8, SURF_ID='OCHOZ'/ ochoz 1
 &OBST XB=0.0,1.5,1.5,5.8,4.5,4.8, SURF_ID='OCHOZ'/ ochoz 2
 &OBST XB=0.0,22.1,5.8,7.3,4.5,4.8, SURF_ID='OCHOZ'/ ochoz 3
 &OBST XB=20.6,22.1,1.5,5.8,4.5,4.8, SURF_ID='OCHOZ'/ ochoz 4

GEOMETRIE KLENBY

&OBST XB=0.0,22.1,0.0,3.0,7.9,8.0, SURF_ID='STENA'/ klenba 1
 &OBST XB=0.0,22.1,0.0,2.0,7.8,7.9, SURF_ID='STENA'/ klenba 2
 &OBST XB=0.0,22.1,0.0,1.5,7.7,7.8, SURF_ID='STENA'/ klenba 3
 &OBST XB=0.0,22.1,0.0,1.0,7.6,7.7, SURF_ID='STENA'/ klenba 4
 &OBST XB=0.0,22.1,0.0,0.7,7.5,7.6, SURF_ID='STENA'/ klenba 5
 &OBST XB=0.0,22.1,0.0,0.5,7.4,7.5, SURF_ID='STENA'/ klenba 6

&OBST XB=0.0,22.1,0.0,0.3,7.3,7.4, SURF_ID='STENA'/ klenba 7
 &OBST XB=0.0,22.1,0.0,0.1,7.2,7.3, SURF_ID='STENA'/ klenba 8
 &OBST XB=0.0,22.1,0.0,0.05,7.1,7.2, SURF_ID='STENA'/ klenba 9
 &OBST XB=0.0,22.1,4.3,7.3,7.9,8.0, SURF_ID='STENA'/ klenba 1
 &OBST XB=0.0,22.1,5.3,7.3,7.8,7.9, SURF_ID='STENA'/ klenba 2
 &OBST XB=0.0,22.1,5.8,7.3,7.7,7.8, SURF_ID='STENA'/ klenba 3
 &OBST XB=0.0,22.1,6.3,7.3,7.6,7.7, SURF_ID='STENA'/ klenba 4
 &OBST XB=0.0,22.1,6.6,7.3,7.5,7.6, SURF_ID='STENA'/ klenba 5
 &OBST XB=0.0,22.1,6.8,7.3,7.4,7.5, SURF_ID='STENA'/ klenba 6
 &OBST XB=0.0,22.1,7.0,7.3,7.3,7.4, SURF_ID='STENA'/ klenba 7
 &OBST XB=0.0,22.1,7.2,7.3,7.2,7.3, SURF_ID='STENA'/ klenba 8
 &OBST XB=0.0,22.1,7.25,7.3,7.1,7.2, SURF_ID='STENA'/ klenba 9

DEFINICE REGÁLŮ S KNIHAMÍ

&OBST XB=12.1,12.2,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 5
 &OBST XB=14.5,14.6,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 5
 &OBST XB=12.1,14.6,0.0,0.6,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 5
 &OBST XB=12.2,14.5,0.0,0.5,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
 MULT_ID='M1'
 &MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0, K_UPPER=5/ knihy v regálu 5

&OBST XB=14.6,14.7,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 6
 &OBST XB=17.0,17.1,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 6
 &OBST XB=14.6,17.1,0.0,0.6,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 6
 &OBST XB=14.7,17.0,0.0,0.5,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
 MULT_ID='M1'
 &MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0, K_UPPER=5/ knihy v regálu 6

&OBST XB=17.1,17.2,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 7
 &OBST XB=19.5,19.6,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 7
 &OBST XB=17.1,19.6,0.0,0.6,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 7
 &OBST XB=17.2,19.5,0.0,0.5,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
 MULT_ID='M1'

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 7

&OBST XB=19.6,19.7,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 8

&OBST XB=22.0,22.1,0.0,0.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 8

&OBST XB=19.6,22.1,0.0,0.6,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 8

&OBST XB=19.7,22.0,0.0,0.5,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
MULT_ID='M1'

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 8

&OBST XB=0.0,0.1,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 9

&OBST XB=2.4,2.5,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 9

&OBST XB=0.0,2.5,6.7,7.3,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 9

&OBST XB=0.1,2.4,6.8,7.3,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL', MULT_ID='M1'/

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 9

&OBST XB=3.9,4.0,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 10

&OBST XB=6.3,6.4,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 10

&OBST XB=3.9,6.4,6.7,7.3,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 10

&OBST XB=4.0,6.3,6.8,7.3,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL', MULT_ID='M1'/

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 10

&OBST XB=7.8,7.9,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 11

&OBST XB=10.2,10.3,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 11

&OBST XB=7.8,10.3,6.7,7.3,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 11

&OBST XB=7.9,10.2,6.8,7.3,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
MULT_ID='M1'/

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 11

&OBST XB=11.7,11.8,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 12

&OBST XB=14.1,14.2,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 12

&OBST XB=11.7,14.2,6.7,7.3,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 12

&OBST XB=11.8,14.1,6.8,7.3,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
MULT_ID='M1'/

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 12

&OBST XB=15.6,15.7,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 13

&OBST XB=18.0,18.1,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 13

&OBST XB=15.6,18.1,6.7,7.3,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 13

&OBST XB=15.7,18.0,6.8,7.3,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
MULT_ID='M1'/

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 13

&OBST XB=19.6,19.7,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 14

&OBST XB=22.0,22.1,6.7,7.3,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 14

&OBST XB=19.6,22.1,6.7,7.3,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 14

&OBST XB=19.7,22.0,6.7,7.3,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
MULT_ID='M1'/

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 14

&OBST XB=21.5,22.1,0.6,0.7,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 18

&OBST XB=21.5,22.1,2.5,2.6,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 18

&OBST XB=21.5,22.1,0.6,2.6,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 18

&OBST XB=21.6,22.1,0.7,2.5,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
MULT_ID='M1'/

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 18

&OBST XB=21.5,22.1,2.6,2.7,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 19

&OBST XB=21.5,22.1,4.6,4.7,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 19

&OBST XB=21.5,22.1,2.6,4.7,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 19

&OBST XB=21.6,22.1,2.7,4.6,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
MULT_ID='M1'/

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0,K_UPPER=5/ knihy v regálu 19

&OBST XB=21.5,22.1,4.7,4.8,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ levý bok regálu 20

&OBST XB=21.5,22.1,6.6,6.7,0.0,4.3, SURF_ID='REGAL'/ pravý bok regálu 20

&OBST XB=21.5,22.1,4.7,6.7,4.3,4.4, SURF_ID='REGAL'/ horní hrana regálu 20

&OBST XB=21.6,22.1,4.8,6.6,0.0,0.4, SURF_IDS='KNIHY','KNIHY','REGAL',
MULT_ID='M1'

&MULT ID='M1', DZ=0.7, K_LOWER=0, K_UPPER=5/ knihy v regálu 20

DEFINICE KOUŘOVÝCH DETEKTORŮ

&DEVC ID='SD_01', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=1.0,3.65,4.5/ kouřový detektor
1 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_02', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=1.0,6.3,4.5/ kouřový detektor 2
pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_03', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=5.2,6.3,4.5/ kouřový detektor 3
pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_04', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=9.1,6.3,4.5/ kouřový detektor 4
pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_05', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=13.0,6.3,4.5/ kouřový detektor
5 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_06', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=16.9,6.3,4.5/ kouřový detektor
6 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_07', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=21.1,6.3,4.5/ kouřový detektor
7 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_08', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=21.1,3.65,4.5/ kouřový
detektor 8 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_09', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=21.1,1.0,4.5/ kouřový detektor
9 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_10', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=16.9,1.0,4.5/ kouřový detektor
10 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_11', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=13.0,1.0,4.5/ kouřový detektor
11 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_12', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=9.1,1.0,4.5/ kouřový detektor
12 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_13', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=5.2,1.0,4.5/ kouřový detektor
13 pod ochozem

&&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_14', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=1.0,1.0,4.5/ kouřový detektor
14 pod ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_15', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=1.0,3.65,8.0/ kouřový detektor
15 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_16', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=1.0,6.3,7.6/ kouřový detektor
16 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_17', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=5.2,6.3,7.6/ kouřový detektor
17 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_18', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=9.1,6.3,7.6/ kouřový detektor
18 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_19', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=13.0,6.3,7.6/ kouřový detektor
19 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_20', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=16.9,6.3,7.6/ kouřový detektor
20 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_21', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=21.1,6.3,7.6/ kouřový detektor
21 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_22', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=21.1,3.65,8.0/ kouřový
detektor 22 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_23', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=21.1,1.0,7.6/ kouřový detektor
23 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_24', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=16.9,1.0,7.6/ kouřový detektor
24 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_25', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=13.0,1.0,7.6/ kouřový detektor
25 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_26', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=9.1,1.0,7.6/ kouřový detektor
26 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_27', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=5.2,1.0,7.6/ kouřový detektor
27 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

&DEVC ID='SD_28', PROP_ID='Actme Smoke Detector', XYZ=1.0,1.0,7.6/ kouřový detektor
28 nad ochozem

&PROP ID='Actme 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/

DEFINICE ŘEZOVÝCH ROVIN

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., XB=0.0,22.1,5.7,5.7,0.0,8.0/
teplota na hořáku

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., XB=6.3,6.3,0.0,7.3,0.0,8.0/
teplota kolmo na hořák

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., XB=0.0,22.1,5.8,5.8,0.0,8.0/
teplota na sloupu

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., XB=1.0,1.0,0.0,7.3,0.0,8.0/ v ose
x=1.0

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., XB=5.2,5.2,0.0,7.3,0.0,8.0/ v ose
x=5.2

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., XB=9.1,9.1,0.0,7.3,0.0,8.0/ v ose
x=9.1

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., XB=0.0,22.1,1.0,1.0,0.0,8.0/ v
ose y=1.0

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., XB=0.0,22.1,3.65,3.65,0.0,8.0/ v
ose y=3.65

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., XB=0.0,22.1,6.3,6.3,0.0,8.0/ v
ose y=6.3

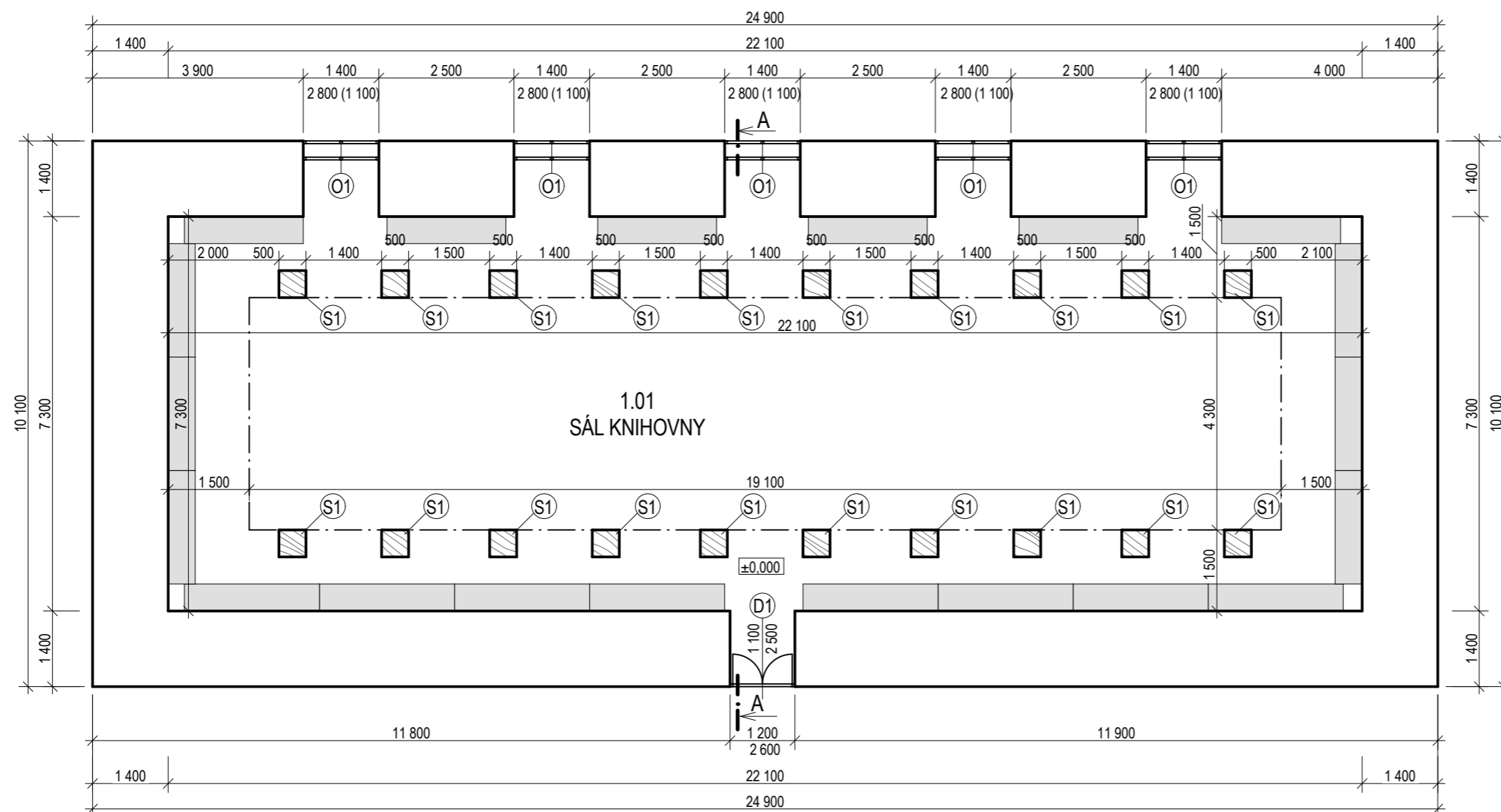
&PART ID='SMOKE',MASSLESS=.TRUE./

&END

Příloha 2 – výkresy knihovny

SEZNAM VÝKRESŮ:



- 01 - PŮDORYS 1.NP KNIHOVNY
- 02 - PŮDORYS 2.NP KNIHOVNY
- 03 - ŘEZ A - A
- 04 - POLOHA OPTICKO-KOUŘOVÝCH POŽÁRNÍCH HLÁSIČŮ
- 05 - POLOHA TV PRO DVA POŽÁRNÍ SCÉNÁŘE



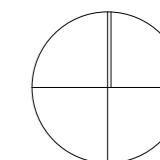
LEGENDA MÍSTNOSTÍ


Č. MÍSTNOSTI	MÍSTNOST	PLOCHA [m ²]	PODLAHA	STĚNY
1.01	SÁL KNIHOVNY	170,3	DŘEVĚNÉ PARKETY	VÁPENNÁ OMÍTKA

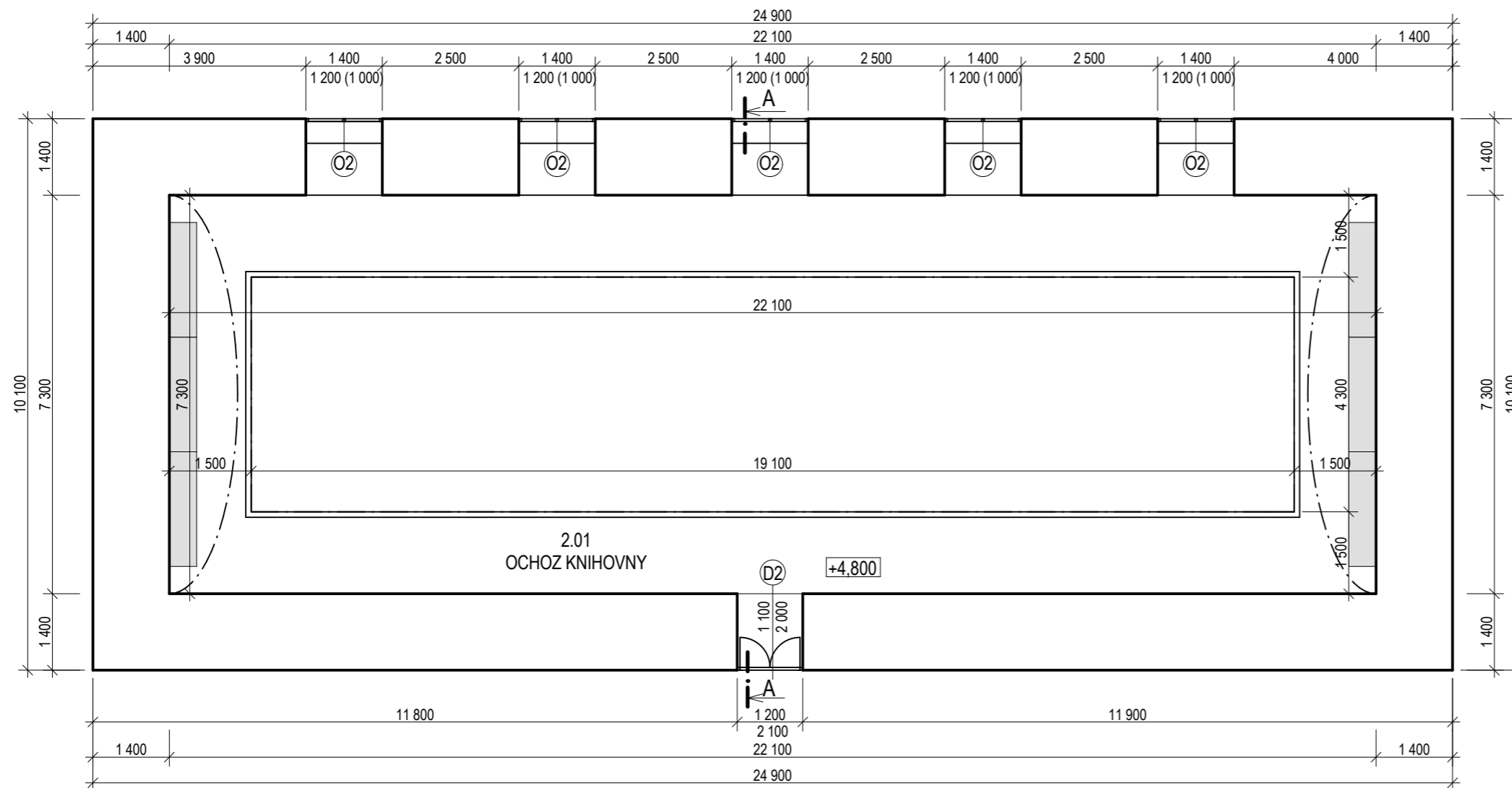
LEGENDA MATERIÁLŮ:

-  ZDIVO - CIHLA PLNÁ PÁLENÁ - tl. 1,4 m
-  DŘEVO

S



VYPRACOVALA	VEDOUČÍ PRÁCE	 FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
Bc. Simona Lorencová	Ing. Pavla Pechová, Ph.D	
OBOR: NQ - INTEGRÁLNÍ BEZPEČNOST STAVEB	ŠKOLNÍ ROK: 2020/2021	
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Č. VÝKRESU	MĚŘÍTKO
VÝKRES: PŮDORYS 1.NP KNIHOVNY	01	1:100



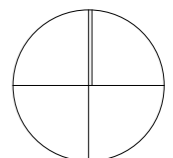
LEGENDA MÍSTNOSTÍ


Č. MÍSTNOSTI	MÍSTNOST	PLOCHA [m ²]	PODLAHA	STĚNY
2.01	OCHOZ KNIHOVNY	79,2	DŘEVĚNÁ	VÁPENNÁ OMÍTKA

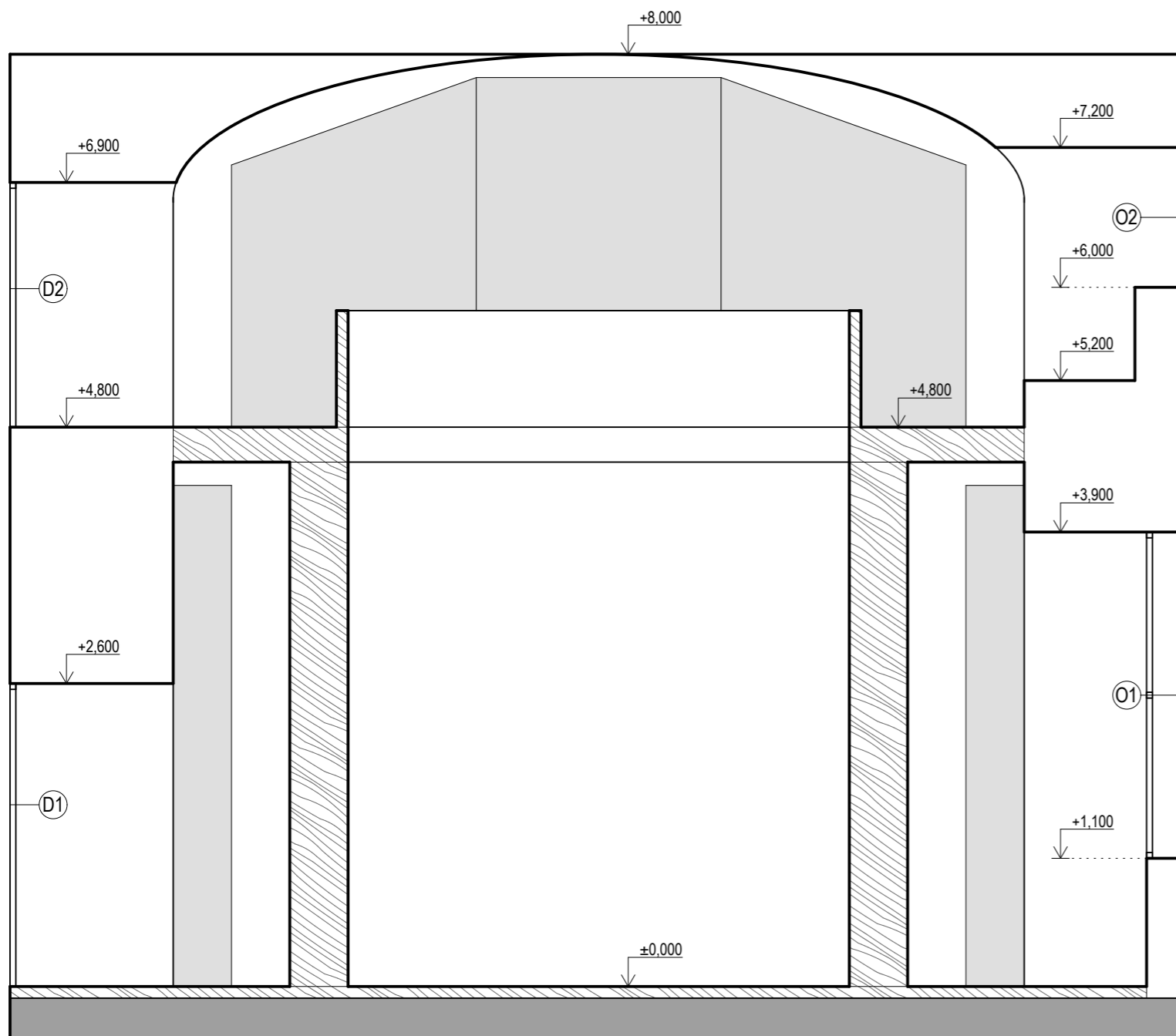
LEGENDA MATERIÁLŮ:

 ZDIVO - CIHLA PLNÁ PÁLENÁ - tl. 1,4 m


S




VYPRACOVALA	VEDOUĆÍ PRÁCE	 FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
Bc. Simona Lorencová	Ing. Pavla Pechová, Ph.D	
OBOR: NQ - INTEGRÁLNÍ BEZPEČNOST STAVEB	ŠKOLNÍ ROK: 2020/2021	
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Č. VÝKRESU	MĚŘÍTKO
VÝKRES: PŮDORYS 2.NP KNIHOVNY - OCHOZ	02	1:100

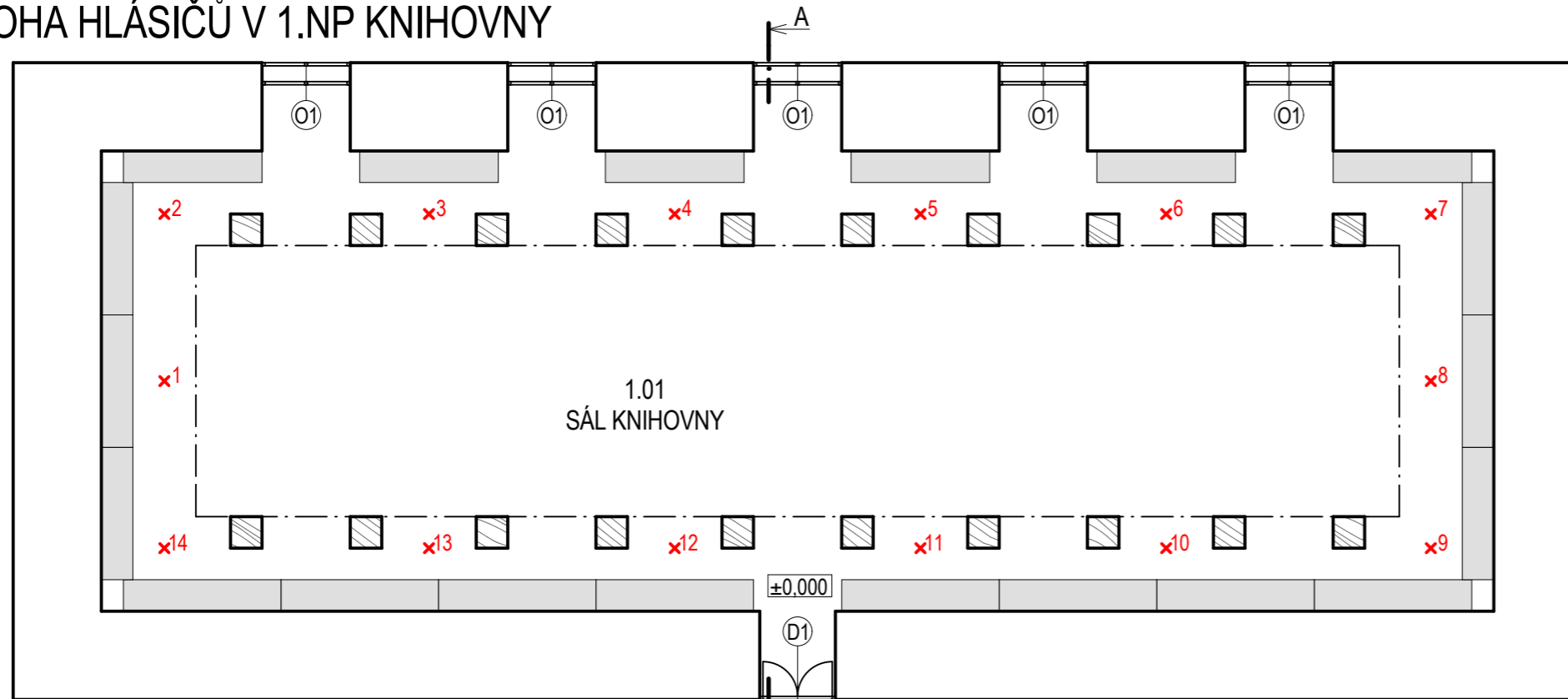


LEGENDA MATERIÁLŮ:

-  ZDIVO - CIHLA PLNÁ PÁLENÁ - tl. 1,4 m
-  DŘEVO

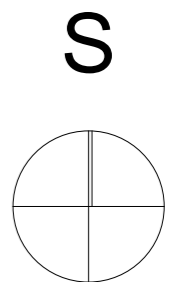
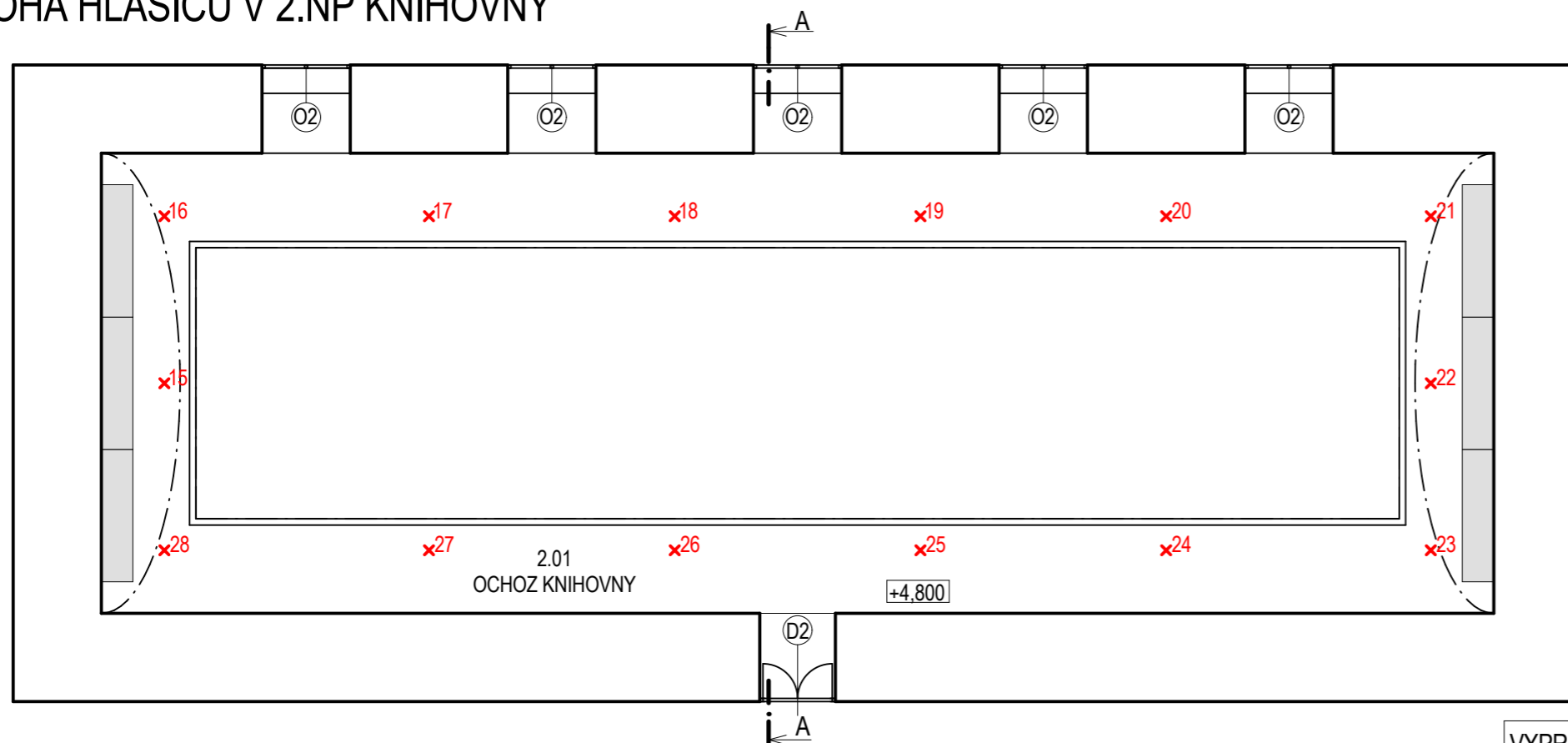
VYPRACOVALA	VEDOUcí PRÁCE	 FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
Bc. Simona Lorencová	Ing. Pavla Pechová, Ph.D	
OBOR: NQ - INTEGRÁLNÍ BEZPEČNOST STAVEB	ŠKOLNÍ ROK: 2020/2021	
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Č. VÝKRESU MĚŘÍTKO	
VÝKRES: ŘEZ A - A	03	1:50


POLOHA HLÁSIČŮ V 1.NP KNIHOVNY



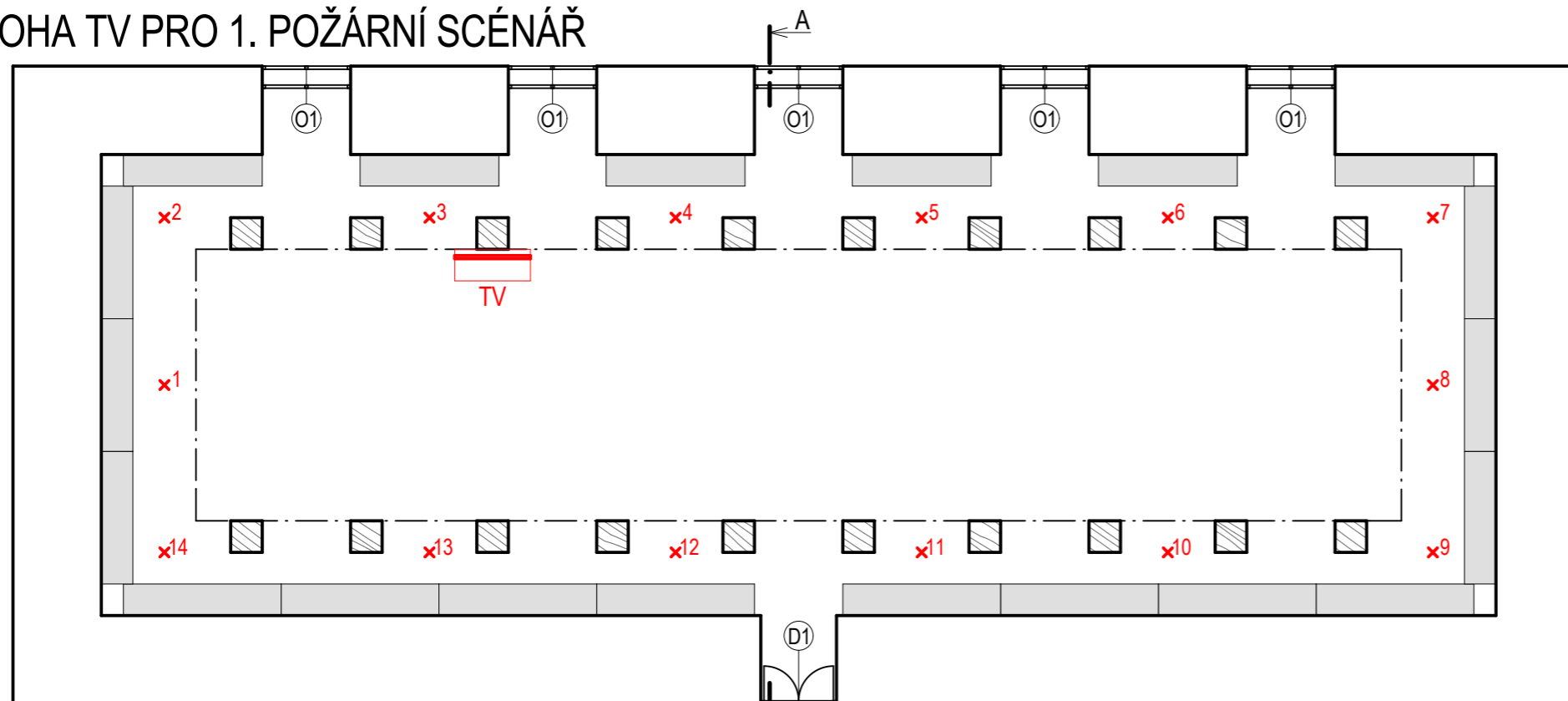
x1 OZNAČENÍ POLOHY OPTICKO-KOUŘOVÉHO HLÁSIČE

POLOHA HLÁSIČŮ V 2.NP KNIHOVNY

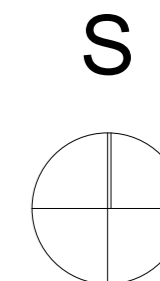
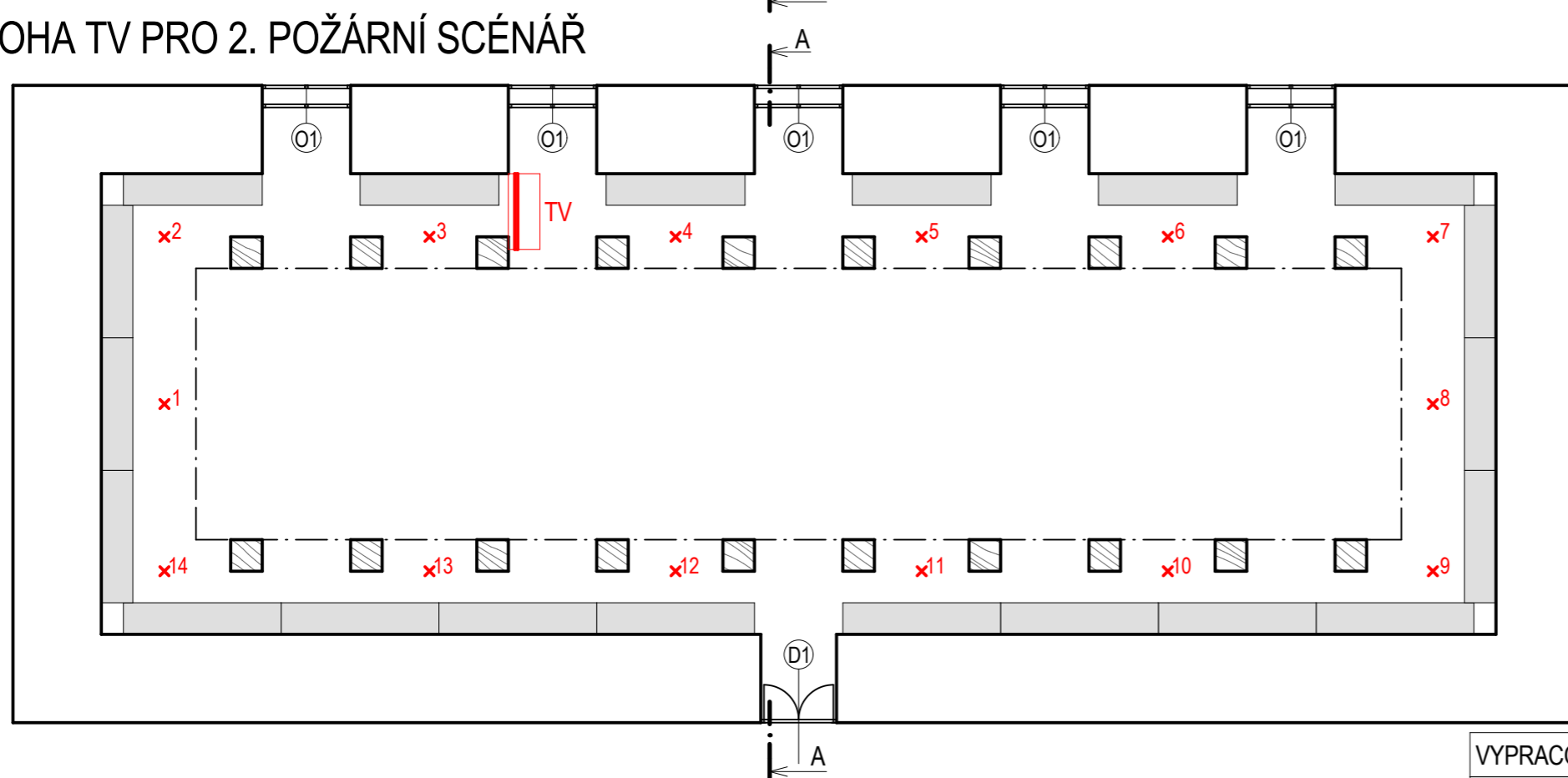



VYPRACOVALA	VEDOUČÍ PRÁCE	 FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
Bc. Simona Lorencová	Ing. Pavla Pechová, Ph.D	
OBOR: NQ - INTEGRÁLNÍ BEZPEČNOST STAVEB	ŠKOLNÍ ROK: 2020/2021	
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Č. VÝKRESU	MĚŘÍTKO
VÝKRES: POLOHA POŽÁRNÍCH HLÁSIČŮ V KNIHOVNĚ	04	1:100

POLOHA TV PRO 1. POŽÁRNÍ SCÉNÁŘ



POLOHA TV PRO 2. POŽÁRNÍ SCÉNÁŘ



VYPRACOVALA	VEDOUCÍ PRÁCE	 FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
Bc. Simona Lorencová	Ing. Pavla Pechová, Ph.D.	
OBOR: NQ - INTEGRÁLNÍ BEZPEČNOST STAVEB		ŠKOLNÍ ROK: 2020/2021
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE		Č. VÝKRESU | MĚŘÍTKO
VÝKRES: POLOHA TV PRO POŽÁRNÍ SCÉNÁŘE		05 | 1:100

Seznam obrázků

Obrázek 1: zámek Vranov nad Dyjí	4
Obrázek 2: zámek Červená Lhota.....	4
Obrázek 3: struktura elektrické požární signalizace	5
Obrázek 4: schéma liniové sítě EPS	6
Obrázek 5: schéma okružní sítě EPS	6
Obrázek 6: schéma jednostupňové EPS.....	7
Obrázek 7: schéma vícešupňové EPS.....	7
Obrázek 8: schéma jednostupňového vyhlášení poplachu	7
Obrázek 9: schéma zařízení dálkového přenosu	8
Obrázek 10: klíčový trezor požární ochrany	9
Obrázek 11: umístění KTPO	9
Obrázek 12: vývoj hlásičů požáru	10
Obrázek 13: citlivost detektorů požáru	10
Obrázek 14: označení tlačítkového hlásiče	10
Obrázek 15: tlačítkový hlásič požáru.....	10
Obrázek 16: bodový detektor teplot	11
Obrázek 17: kabel pro liniovou teplotní detekci	11
Obrázek 18: princip detekce kouře v detektoru	12
Obrázek 19: optický detektor kouře	12
Obrázek 20: princip lineárního optického detektoru	13
Obrázek 21: prvky lineárního optického detektoru	13
Obrázek 22: princip fungování videodetekce	15
Obrázek 23: příklad kamery pro detekci kouře	15
Obrázek 24: schéma bezdrátové detekce	15
Obrázek 25: půdorys 2.NP kláštera – s vyznačeným sálem knihovny	18
Obrázek 26: klášterní knihovna Broumov	19
Obrázek 27: pohled na knihovnu z ochozu.....	19
Obrázek 28: pohled na regál s knihami	19
Obrázek 29: tlačítkový hlásič u vstupu do knihovny.....	19
Obrázek 30: dvouzónový model.....	20
Obrázek 31: jednozónový model	20

Obrázek 32: reálný požár	21
Obrázek 33: zjednodušený model.....	21
Obrázek 34: návaznost sousedních sítí A) vhodné napojení, B) nevhodné napojení	22
Obrázek 35: sdílení tepla radiací	23
Obrázek 36: půdorys a řez náhrady valené klenby	25
Obrázek 37: umístění hlásičů v blízkosti skladovaného zboží	27
Obrázek 38: výkon požáru od TV	28
Obrázek 39: umístění hlásičů s vyznačením rádiusu 0,5 m.....	29
Obrázek 40: umístění hlásičů s ohledem na rozsáhlou fresku	30
Obrázek 41: graf reakce kouřových hlásičů pro velikost buňky 0,3 m	31
Obrázek 42: graf reakce kouřových hlásičů při velikosti buňky 0,2 m	32
Obrázek 43: graf reakce kouřových hlásičů pro velikost sítě 0,1 m.....	33
Obrázek 44: tabulka pro zadání hodnot	34
Obrázek 45: půdorys knihovny s vyznačenou polohou hořící TV	35
Obrázek 46: geometrie knihovny s vyznačenou polohou hořící TV	36
Obrázek 47: rozložení kouře na konci simulace	36
Obrázek 48: detail štukové výzdoby.....	37
Obrázek 49: graf reakce opticko-kouřových hlásičů	37
Obrázek 50: poloha televizoru pro 2. požární scénář	39
Obrázek 51: geometrie knihovny pro 2. požární scénář	39
Obrázek 52: rozložení kouře v prostoru knihovny ve 13 sekundě	40
Obrázek 53: rozložení kouře na konci simulace	40
Obrázek 54: graf reakce opticko-kouřových hlásičů	41

Seznam tabulek

Tabulka 1: body pro řízení rizika požáru.....	2
Tabulka 2: umístění a volba hlásičů pod rovnými stropy a střechami	27
Tabulka 3: shrnutí reakce hlásičů při citlivostní analýze.....	33
Tabulka 4: výsledné velikosti sítě vhodné pro modelaci v FDS.....	34
Tabulka 5: porovnání reakce požárních hlásičů pro dané požární scénáře.....	42

Literatura

- [1] JIRÁSEK, Pavel a Martin MRÁZEK. *Požární ochrana památkových objektů*. 2015. vyd. Praha: Národní památkový ústav, nedatováno. ISBN 978-80-7480-021-4.
- [2] Požární ochrana památkových objektů z hlediska požární bezpečnosti staveb. *TZB-info* [online]. [vid. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/14863-pozarni-ochrana-pamatkovych-objektu-z-hlediska-pozarni-bezpecnosti-staveb>
- [3] *Zákon 133/1985 Sb., o požární ochraně, Sbírka zákonů 1985, částka 34*
- [4] *Vyhláška 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2008, částka 10*
- [5] *Vyhláška 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)*
- [6] *POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ ALEŠ DUDÁČEK, FBI VŠB-TU OSTRAVA - PDF Stažení zdarma* [online]. [vid. 2020-10-05]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/106048207-Pozarne-bezpecnostni-zarizeni-ales-dudacek-fbi-vsbtu-ostrava.html>
- [7] JIŘÍ ZELINGER. *Technologie ochrany kulturního dědictví před požáry*. leden 2010. Brno: Technické muzeum v Brně, 2010.
- [8] DUDÁČEK, Aleš. *Automatická detekce požáru*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. ISBN 978-80-7385-060-9.
- [9] POKORNÝ, Marek. Přednáška 8: Aktivní požární ochrana - požárně bezpečnostní řešení. In: *Požární prevence*. ČVUT. 2018.
- [10] ČSN 73 0875 - *Požární bezpečnost staveb - Stanovení podmínek pro navrhování elektrické požární signalizace v rámci požárně bezpečnostního řešení*. B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2011
- [11] POKORNÝ, Marek. Přednáška 7: Zařízení pro protipožární zátah. In: *Požární prevence*. ČVUT. 2018.
- [12] *KLÍČOVÝ TREZOR POŽÁRNÍ OCHRANY SD-04.1-V2A/AL - PDF Stažení zdarma* [online]. [vid. 2020-10-15]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/15862451-Klicovy-trezor-pozarni-ochrany-sd-04-1-v2a-al.html>
- [13] *Zařízení elektrické požární signalizace - TZB-info* [online]. [vid. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/14779-zarizeni-elektricke-pozarni-signalizace>
- [14] *Hlásič požáru* [online]. [vid. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.stromprop.cz/hlasic-pozaru-d-1024.html>
- [15] *EPS - Rozdělení hlásičů požáru, popis ústředny EPS* [online]. [vid. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.hasici->

vzdelavani.cz/repository/IVS_prednasky/5_funkce_pbz/4_eps_rozdeleni_hlasicu_pozaru_p
opis_ustredny_eps/html5.html

- [16] JA-151TH. *SecureVision* [online]. [vid. 2020-03-30]. Dostupné z: <http://securevision.com.mt/sv/product/ja-151th/>
- [17] *Červený senzor - kabel lineární teplotní detekce | VARNET* [online]. [vid. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.varnet.cz/zbozi/1112-039-cervený-senzor>
- [18] *Seriál: Protipožární a hasicí systémy v dopravních letadlech (1. díl) | Pilotní.cz* [online]. [vid. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.pilotni.cz/serial-protipozarni-a-hasici-systemy-v-dopravnich-letadlech-1-dil/>
- [19] *Fire Fighting Enterprises Fireray 5000/50m - KELCOM International* [online]. [vid. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.kelcom.cz/fire-fighting-enterprises-fireray-5000-50m-411.html>
- [20] *Videodetekce požáru - TZB-info* [online]. [vid. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/9219-videodetekce-pozaru>
- [21] *Bosch AVIOTEC fire & smoke detection camera is device number 5,000 supported by Milestone Systems - asmag.com* [online]. [vid. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.asmag.com/showpost/19980.aspx>
- [22] *Klášter Broumov - Klášter Broumov* [online]. [vid. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.klasterbroumov.cz/cs/klaster-broumov>
- [23] *Klášter Broumov - Klášterní knihovna* [online]. [vid. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.klasterbroumov.cz/cs/klasterni-knihovna>
- [24] MÁDL, Martin, Radka HEISSELOVÁ, Michaela ŠEFERISOVÁ LOUDOVÁ a Štěpán VÁCHA, ed. *Benediktini: Barokní nástěnná malba v českých zemích = The Benedictines: Baroque ceiling paintings in the Czech lands*. Vydání první. Praha: Academia, 2016. ISBN 978-80-200-2621-7.
- [25] MÁDL, Martin, Radka HEISSELOVÁ, Michaela ŠEFERISOVÁ LOUDOVÁ a Štěpán VÁCHA, ed. *Benediktini: Barokní nástěnná malba v českých zemích = The Benedictines: Baroque ceiling paintings in the Czech lands*. Vydání první. Praha: Academia, 2016. ISBN 978-80-200-2621-7.
- [26] WALD, František, Marek POKORNÝ, Kamila CÁBOVÁ, Hana NAJMANOVÁ, Petr HEJTMÁNEK, Martin BENÝŠEK, Marta KUREJKOVÁ a Ivo SCHWARZ. *Modelování dynamiky požáru*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-05633-2.
- [27] KUČERA, Petr a Zdeňka PEZDOVÁ. *Základy matematického modelování požáru*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. ISBN 978-80-7385-095-1.
- [28] ČSN 34 2710 - *Elektrická požární signalizace - Projektování, montáž, užívání, provoz, kontrola, servis a údržba*. B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2011

-
- [29] MCGRATTAN, Kevin, Simo HOSTIKKA, Randall MCDERMOTT, Jason FLOYD a Marcos VANELLA. *Fire Dynamic Simulator User's Guide* [online]. B.m.: National Institute of Standards and Technology. 21. srpen 2020. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1019>
- [30] *Časopis 112 ROČNÍK XVI ČÍSLO 12/2017 - Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. [vid. 2020-12-15]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xvi-cislo-12-2017.aspx?q=Y2hudW09NA%3D%3D>
- [31] FDS Mesh Size Calculator. *utfrg* [online]. [vid. 2020-12-15]. Dostupné z: <https://www.utfireresearch.com/fds-mesh>