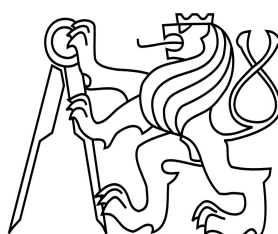


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra K124 – Konstrukce pozemních staveb



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Integrovaná bezpečnost staveb

124DPM – Diplomová práce

**EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ POŽÁRNÍ
OTEVŘENOSTI SLAMĚNÝCH STĚN**

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF STRAW-BALE WALL
SEPARATION DISTANCES

Bc. Ondřej Bobek

vedoucí práce: Ing. arch. Bc. Petr Hejtmánek

2018

Obsah

Poděkování	V
Čestné prohlášení	VI
Abstrakt	VII
Abstract	VII
Seznam použitých symbolů a zkratk	VIII
1 Úvod	1
1.1 Motivace	1
1.2 Cíl práce	2
2 Odstupové vzdálenosti	3
2.1 Odstupové vzdálenosti v České republice	3
2.2 Odstupové vzdálenosti v zahraničí	7
2.2.1 Anglie a Wales	7
2.2.2 Nový Zéland	14
2.2.3 Švédsko	18
2.3 Princip požárně inženýrského přístupu	20
3 Aplikace získaných poznatků	22
3.1 Základní informace o posuzovaném objektu	22
3.2 Česká republika	23
3.2.1 Obvodová stěna jako požárně uzavřená plocha	23
3.2.2 Obvodová stěna jako částečně požárně otevřená plocha	24
3.2.3 Obvodová stěna jako zcela požárně otevřená plocha	26
3.3 Anglie a Wales	26
3.4 Nový Zéland	27
3.5 Švédsko	27
4 Velkorozměrová požární zkouška	28
4.1 Výstavba slaměného objektu	28
4.2 Příprava velkorozměrové požární zkoušky	32
4.3 Průběh velkorozměrové požární zkoušky	35
5 Zpracování naměřených dat	37
5.1 Obvodová stěna s otvory	37
5.2 Obvodová stěna bez otvorů	38
5.3 Aplikace naměřených hodnot	40
6 Výpočetní modely	47
6.1 Model požárního zatížení – dřevěné hranice	47
6.2 Zjednodušený model požárního zatížení	50
6.3 Model experimentálního slaměného objektu	53
6.3.1 Popis modelování experimentálního slaměného objektu	53
6.3.2 Zpracování vypočtených výsledků	57
6.3.3 Porovnání výsledků velkorozměrové požární zkoušky a výpočetního modelu	59
6.3.4 Aplikace požárně inženýrského přístupu pro stanovení požárně nebezpečného prostoru	61

7	Závěr	62
	Příloha 1 – Stanovení odstupových vzdáleností od podélných obvodových stěn experimentálního slaměného objektu dle metodik jednotlivých zemí	65
	Příloha 2 – Protokol průběhu velkorozměrové požární zkoušky	73
	Příloha 3 – Znázornění průběhu teplot na obvodové stěně s otvory	80
	Příloha 4 – Znázornění průběhu teplot na obvodové stěně bez otvorů	82
	Příloha 5 – Klasifikace částí obvodové stěny (PUP, ČPOP nebo POP) dle naměřených teplot	83
	Příloha 6 – Znázornění průběhu teplot na obvodové stěně s otvory pomocí programu FDS	85
	Příloha 7 – Znázornění průběhu teplot na obvodové stěně bez otvorů pomocí programu FDS	87
	Příloha 8 – Fotodokumentace průběhu velkorozměrové požární zkoušky	88
	Příloha 9 – Zdrojový kód modelu požárního zatížení – dřevěné hranice	92
	Příloha 10 – Zdrojový kód modelu zjednodušeného požárního zatížení	95
	Příloha 11 – Zdrojový kód modelu experimentálního slaměného objektu	97
	Seznam obrázků	112
	Seznam tabulek	113
	Seznam grafů	114
	Seznam rovnic	115
	Literatura	116



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bobek	Jméno: Ondřej	Osobní číslo: 409761
Zadávací katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Integrovaná bezpečnost staveb		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Experimentální ověření požární otevřenosti slaměných stěn	
Název diplomové práce anglicky: Experimental verification of straw-bale wall separation distances	
Pokyny pro vypracování: Rešerše tuzemských a zahraničních požadavků umístování staveb z hlediska požární bezpečnosti staveb, konkrétně odstupových vzdáleností. Vytvoření matematického CFD modelu a jeho verifikace pomocí velkorozměrové požární zkoušky. Příprava a realizace velkorozměrové požární zkoušky, vyhodnocení dat.	
Seznam doporučené literatury: CARLSSON, Emil. EXTERNAL FIRE SPREAD TO ADJOINING BUILDINGS - A review of fire safety design guidance and related research. 5051. Lund, Sweden: Department of Fire Safety Engineering, Lund University. 1999. REICHEL, Vladimír. Navrhování požární bezpečnosti staveb: Odstupové vzdálenosti. Praha: Česká státní pojišťovna, 1984. Zabraňujeme škodám. normy řady ČSN 73 08xx	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. arch. Petr Hejtmánek	
Datum zadání diplomové práce: 2.10.2017	Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Ondřej Bobek

Název diplomové práce: Experimentální ověření požární otevřenosti slaměných stěn

Základní část: KPS - požární bezpečnost staveb podíl: 100 %

Formulace úkolů:

Rešerše tuzemských a zahraničních požadavků umístování staveb z hlediska požární bezpečnosti staveb, konkrétně odstupových vzdáleností.

Vytvoření matematického CFD modelu a jeho verifikace pomocí velkorozměrové požární zkoušky.

Příprava a realizace velkorozměrové požární zkoušky, vyhodnocení dat.

Podpis vedoucího DP: Datum:

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

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

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

Poděkování

Rád bych poděkoval celé své rodině, která mě po celou dobu mého studia na vysoké škole podporovala a poskytovala výborné podmínky pro studium.

Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu své diplomové práce, panu Ing. arch. Petru Hejtmánkovi, za vedení diplomové práce, cenné rady a odborný dohled. Poděkování patří také Studentské grantové soutěži za udělení grantu č. SGS17/009/OHK1/1T/11, bez kterého by tato práce nevznikla.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Experimentální ověření požární otevřenosti slaměných stěn“ vypracoval samostatně po konzultacích s vedoucím práce a s použitím odborné literatury a dalších zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

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

V Praze 7. ledna 2018

.....

Bc. Ondřej Bobek

Abstrakt

Tato práce je rozdělena do třech hlavních částí. První část se zabývá současným stavem poznání, konkrétně přístupem k v dnešní době aktuální problematice odstupových vzdáleností z hlediska požární bezpečnosti staveb v České republice a ve vybraných zemích. Mezi vybrané země, kterými se práce kromě České republiky zabývá, jsou Anglie a Wales, Nový Zéland a Švédsko. Získané teoretické poznatky jsou aplikovány na daný objekt slaměného domu. Druhá část se zabývá výstavbou experimentálního objektu slaměného domu a následným velkorozměrovým požárním experimentem. Dále jsou naměřená data z velkorozměrové požární zkoušky jsou vyhodnocena. Ve třetí části je na daný experimentální slaměný objekt aplikován požárně inženýrský přístup, konkrétně je slaměný dům modelován v programu FDS. Na závěr jsou naměřená data z velkorozměrové požární zkoušky a výsledky požárně inženýrského přístupu porovnány.

Klíčová slova

odstupová vzdálenost; požárně nebezpečný prostor; požárně otevřená plocha; požárně uzavřená plocha; konstrukce ze slámy; dům ze slámy; požární bezpečnost

Abstract

This thesis is divided into three main parts. The first part deals with the current state of knowledge, namely with access to today's current issues of distance distances from the point of view of the fire safety of buildings in the Czech Republic and in selected countries. Besides the Czech Republic, the thesis deals with regulation of England and Wales, New Zealand and Sweden. The obtained theoretical knowledge is applied to the object of the straw-bale house. The second part deals with the construction of an experimental object of a straw-bale house and a large-scale fire experiment. Furthermore, the measured data from the large-scale fire test is evaluated. In the third part, a performance-based design is applied to the experimental straw object, specifically, the straw house is modeled in the FDS program. Finally, the measured data from the large-scale fire test and the results of the fire engineering approach are compared.

Keywords

separation distance; fire danger zone; fire open area; fire closed area; straw bale construction; straw-bale house; fire safety

Seznam použitých symbolů a zkratek

Latinské symboly

I	Hustota tepleného toku	kW/m ²
Q	Množství uvolněného tepla z 1 m ² plochy	MJ/m ² (vždy)
d	Odstupová vzdálenost	m
p _v	Výpočtové požární zatížení	kg/m ²
p _o	Procento POP	%

Zkratky

CFD	Computational Fluid Dynamics
FDS	Fire Dynamics Simulator (software)
PIP	Požárně inženýrský přístup
POP	Požárně otevřená plocha
PUP	Požárně uzavřená plocha
ČPOP	Částečně požárně otevřená plocha
PNP	Požárně nebezpečný prostor
PO	Požární odolnost
UCEEB	Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze
HRR	Heat release rate (rychlost uvolňování tepla)

1 Úvod

1.1 Motivace

V dnešní době, obzvláště ve městech, je kvůli zdražování pozemků, ale i nedostatku stavebních parcel snaha majitelů o využití co největší plochy stavebního pozemku. Podle vyhlášky musí umístění stavby splňovat odstupové vzdálenosti z hlediska urbanistického a architektonického, jako jsou odstupy od sousedního objektu, odstupy od hranice pozemků nebo odstupy od komunikace. Kromě těchto hledisek je také důležité splňovat odstupové vzdálenosti z hlediska požární bezpečnosti, aby se zabránilo rozšíření případného požáru na okolní objekty.

Ve většině případů bývá problém s umístěním staveb právě kvůli požárnímu hledisku. Velké odstupové vzdálenosti (požárně nebezpečný prostor) vznikají mimo jiné kvůli dvěma hlavním důvodům. První hlavní důvod je následkem moderního trendu, kterým je návrh hodně prosvětlených objektů. Díky tomu vznikají ve stěnách objektů velké prosklené otvory (požárně otevřené plochy). Velikost oken, především jejich výška, má významný vliv na velikost požárně nebezpečného prostoru. Druhým důvodem, který je dán rovněž moderním přístupem ke stavebnictví, je stále častější využití hořlavých obnovitelných materiálů pro výstavbu, jako je například dřevo a v menší míře pak sláma. Použití těchto hořlavých materiálů ovlivňuje požární otevřenost a uzavřenost obvodových stěn, čímž rovněž dochází k nárůstu minimálních odstupových vzdáleností.

Při současném moderním trendu čím dál častějšího využívání hořlavých obnovitelných materiálů ve stavebnictví je problematika stanovení odstupových vzdáleností z hlediska požární bezpečnosti staveb od těchto typů stavebních objektů stále víc aktuální. Je to dáno především tím, že v případě použití hořlavých obnovitelných materiálů pro výstavbu je při určování odstupových vzdáleností sice dán požadavek, ale není už dána metodika, jak tento požadavek snadno hodnotit. Je problematické stanovit, zda bude stěna požárně otevřenou nebo uzavřenou plochou bez využití požárních zkoušek ve specializovaných zkušebnách, které bývají velice nákladné. Mým úkolem tedy je pokusit se zjistit, jak k této problematice přistoupit a pomocí jaké metodiky posuzovat a hodnotit, zda bude stěna z hořlavých obnovitelných materiálů požárně otevřenou nebo uzavřenou plochou.

1.2 Cíl práce

Tato práce se zabývá odstupovými vzdálenostmi, požární otevřeností a uzavřeností obvodových stěn druhu DP3. V rešerši se tato práce zabývá hodnocením a přístupem vybraných světových zemí k problematice odstupových vzdáleností. Dále pak jsou pro vybrané fasády experimentálního objektu slaměného domu, o půdorysných rozměrech 6 x 4 m, stanoveny odstupové vzdálenosti dle metodik jednotlivých zemí. V další části této práce je popsána výstavba experimentálního slaměného objektu a následná velkorozměrová požární zkouška. Během této požární zkoušky byly měřeny teploty na vnějším líci obvodové stěny, které jsou v této práci vyhodnoceny. Poslední částí této práce je aplikace požárně inženýrského přístupu na daný experimentální objekt, konkrétně je slaměný objekt vymodelován v programu FDS. Získaná data ze softwaru FDS a naměřená data z experimentu jsou následně porovnána a vyhodnocena.

2 Odstupové vzdálenosti

V současné době je ve stavebnictví stále častější využití hořlavých obnovitelných materiálů. To může mít z hlediska požární bezpečnosti mimo jiné dopad na odstupové vzdálenosti, které vymezují od objektu požárně nebezpečný prostor. Hlavním důvodem určování odstupových vzdáleností je ten, aby vzniklý požárně nebezpečný prostor nezasahoval na sousední objekty, a popřípadě ani na sousední pozemky. To může v mnoha případech představovat problém, protože odstupové vzdálenosti od hořlavých stavebních konstrukcí bývají ve většině případů až několikanásobně větší než u objektů z konstrukcí nehořlavých. Dalšími neméně důležitými důvody pro hodnocení požárně nebezpečného prostoru jsou například zásah do požárně otevřených ploch sousedních požárních úseků nebo také ohrožení osob sálavým tepelným tokem na únikových cestách.

Problematika odstupových vzdáleností z hlediska požární ochrany, a požární bezpečnost staveb celkově, jsou celosvětový problém a přístup ke stanovení bezpečné odstupové vzdálenosti je v různých zemích odlišný. V této části práce se zaměřím na určování odstupových vzdáleností a požárně nebezpečného prostoru u nás v České republice a také ve vybraných zemích světa.

V České republice se odstupové vzdálenosti, které vymezují požárně nebezpečný prostor (PNP), stanovují pro 2 základní hlediska a to:

- sálání tepla z požárně otevřených ploch (POP)
- odpadávání hořících částí stavebních konstrukcí – zejména druhu DP3.

Při určování odstupových vzdáleností se za rozhodující odstupovou vzdálenost pro vymezení požárně nebezpečného prostoru bere větší z daných hodnot. Vzhledem k tomu, že odstupové vzdálenosti od odpadávání hořících částí stavebních konstrukcí se ve mnou vybraných zemích světa neposuzují, práce se dále zabývá pouze stanovením odstupových vzdáleností od sálání tepla z požárně otevřených ploch. [1, 2]

2.1 Odstupové vzdálenosti v České republice

V České republice se problematika odstupových vzdáleností řeší podle českých technických norem řady ČSN 73 08xx, především podle kmenových norem ČSN 73 0802 a ČSN 73 0804. Dle těchto norem je požárně nebezpečný prostor, z hlediska sálání tepla, dán hraniční hodnotou hustoty tepelného toku $18,5 \text{ kW/m}^2$, která ohrožuje hořlavé prvky stavebních konstrukcí.

Při určování odstupových vzdáleností se rozlišují tři klasifikace obvodové stěny z hlediska její požární otevřenosti a to jako:

- požárně uzavřená plocha (PUP)
- částečně požárně otevřená plocha (ČPOP)
- požárně otevřená plocha (POP).

Obvodové stěny druhu DP1 nebo DP2, které vykazují požadovanou požární odolnost a množství uvolněného tepla z vnějšího povrchu je $Q \leq 150 \text{ MJ/m}^2$, se hodnotí jako požárně uzavřené plochy a odstupové vzdálenosti se od nich neurčují. Pokud je množství uvolněného tepla v rozmezí $150 < Q \leq 350 \text{ MJ/m}^2$, hodnotí se stěna jako částečně požárně otevřená plocha a v případě uvolněného tepla $Q > 350 \text{ MJ/m}^2$ jde o zcela požárně otevřenou plochu. Od ČPOP a od zcela POP obvodových stěn se stanovuje požárně nebezpečný prostor. Jako POP se také klasifikují obvodové stěny a otvory, které nesplňují požadovanou požární odolnost (PO) nebo obsahují-li jiný druh konstrukce, než je požadováno. [1, 2]

U konstrukcí obvodových stěn druhu DP3 (z hořlavých stavebních materiálů), popřípadě obvodových stěn z konstrukcí druhu DP1 či DP2 s hořlavou výplní těchto stěn, se pro určení typu obvodové stěny, tzn. zda se jedná o požárně otevřenou nebo požárně uzavřenou plochu, hodnotí hustota tepelného toku v lici obvodové stěny po dobu požadované PO. Jako požárně otevřené plochy se klasifikují obvodové stěny, které při požáru vykazují v rovině vnějšího líce obvodové stěny hustotu tepelného toku $I > 60 \text{ kW/m}^2$. Poslední klasifikací je tzv. částečně POP, u které mohou být odstupové vzdálenosti značně nižší oproti odstupům od POP. Aby mohla být obvodová stěna druhu DP3 klasifikována jako částečně požárně otevřená plocha, musí být při požáru hustota tepelného toku uvolněného v rovině vnějšího líce stěny v rozmezí $15 < I \leq 60 \text{ kW/m}^2$. [1, 2]

Velikost odstupových vzdáleností lze určit 2 způsoby. Jedním je stanovení odstupových vzdáleností pomocí normového přístupu – využití tabulkových hodnot. Druhým způsobem je využití podrobného výpočtu sálání tepla, díky kterému vychází požárně nebezpečný prostor menší.

Při užití normového přístupu závisí odstupová vzdálenost d na:

- výpočtovém požárním zatížení p_v , které vyjadřuje hustotu tepelného toku; dle použitého konstrukčního systému se musí výpočtové požární zatížení navýšit o patřičnou hodnotu, která je v případě smíšeného konstrukčního systému 5 kg/m^2 a v případě hořlavého konstrukčního systému o 10 kg/m^2 (konstrukce DP2) nebo 15 kg/m^2 (konstrukce DP3)
- rozměru obvodové stěny (l, h_u) a rozměru POP ($b_{\text{pop}}, h_{\text{pop}}$)

- procentu POP p_o , které představuje poměr mezi rozměry POP ($b_{pop} \times h_{pop}$) a uvažovanou plochou obvodové stěny ($l \times h_u$)

Stanovení procenta požárně otevřených ploch a „minimalizace“ plochy stěn:

Jak již bylo zmíněno, velikost odstupové vzdálenosti závisí mimo jiné na procentu požárně otevřených ploch, které se určí ze vztahu:

$$p_o = \frac{S_{po}}{S_p} \cdot 100, \text{ popřípadě } p_o = \frac{S_{po1} + k_2 \cdot S_{po2}}{S_p} \cdot 100 \quad (1)$$

kde: S_{po} [m^2] - celková POP v obvodové stěně

S_{po1} [m^2] - zcela POP obvodové stěny

S_{po2} [m^2] - částečně POP obvodové stěny

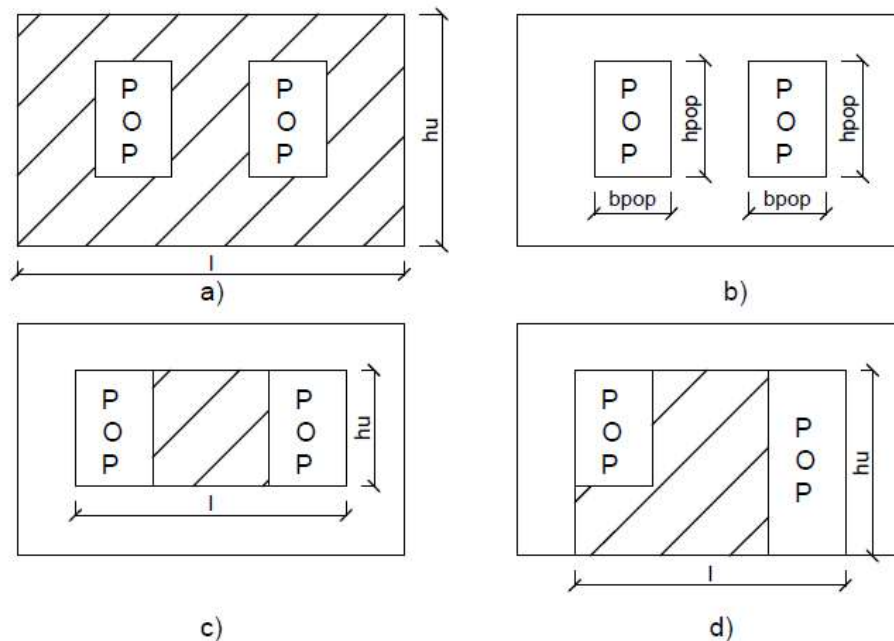
S_p [m^2] - uvažovaná plocha obvodové stěny

k_2 – součinitel redukující hustotu tepelného toku z částečně POP

Pokud vychází procento požárně otevřených ploch $p_o \geq 40$ %, stanovené pro skupinu POP, pak se odstupová vzdálenost může stanovit od celé této skupiny POP (Obr. 1). Celková plocha S_p by se měla dle čl. 10.4.8 ČSN 73 0802 stanovovat co nejmenší, tzn. obdélník ohraničující požárně otevřené plochy, nikoliv celý průmět obvodové stěny. Tento obdélník ohraničující POP by se měl volit podle ploch S_{po} a také co nejbližší rozměrům l a h_u uvedených v příslušných tabulkách norem řady ČSN 73 08xx. Důvody pro stanovení celkové plochy S_p pomocí takového obdélníku je, aby procento požárně otevřených ploch bylo co největší a díky rozměrům blízcím se co nejvíce hodnotám l a h_u v tabulkách příslušných norem dostaneme co nejpřesnější hodnotu odstupových vzdáleností. Příklad minimalizace plochy obvodové stěny je znázorněn na Obr. 1. Pokud hodnota procenta požárně otevřených ploch vychází menší jak 40 %, tak se odstupové vzdálenosti stanovují od jednotlivých požárně otevřených ploch (Obr. 1). [1–3]

Při stanovení odstupových vzdáleností od jednotlivých požárně otevřených ploch (např. oken) se musí ověřit vzdálenost mezi posuzovanými požárně otevřenými plochami. Okraje jednotlivých požárně otevřených ploch od sebe musí být vzdáleny alespoň o součet velikostí jejich odstupových vzdáleností vynásobený hodnotou 0,6. Pokud je výsledná hodnota menší než vzdálenost mezi posuzovanými POP, tak se odstupové vzdálenosti stanovené pro jednotlivé POP považují za výsledné. V případě, že jsou okraje posuzovaných POP od sebe vzdáleny o méně než součet jejich odstupových vzdáleností vynásobený hodnotou 0,6, tak se odstupové vzdálenosti,

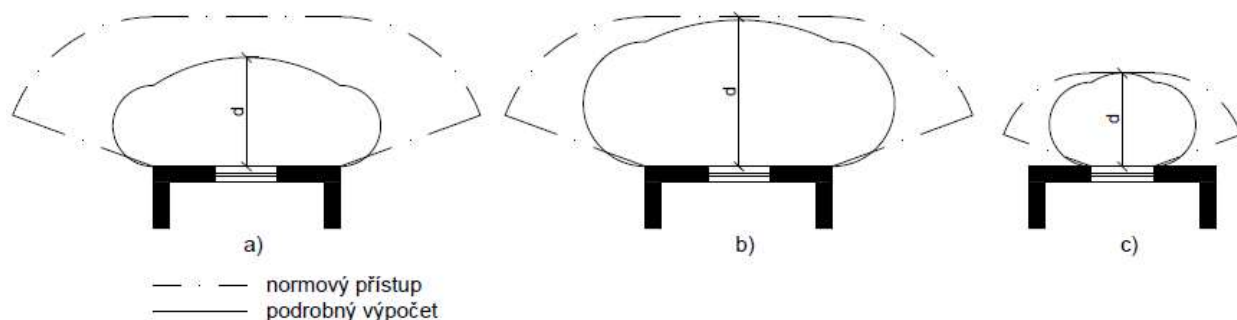
respektive požárně nebezpečný prostor, stanovují od obou požárně otevřených ploch jako od skupiny POP. [2]



Obr. 1 Velikost POP a velikost plochy: a) stanovení odstupové vzdálenosti od skupiny POP bez minimalizace plochy; b) stanovení odstupové vzdálenosti od jednotlivých POP; c) a d) příklad minimalizace obvodové stěny u skupiny POP

Odstupové vzdálenosti určené pomocí normového přístupu jsou oproti podrobnému výpočtu konzervativnější a vzniklý požárně nebezpečný prostor je tedy větší, jak je patrné z Obr. 2. Pro stanovení odstupových vzdáleností podrobným výpočtem existuje celá řada výpočetních programů, které mohou používat různé výpočetní postupy. Díky tomu může být dosaženo také různých tvarů výsledného požárně nebezpečného prostoru.

V případě určování odstupové vzdálenosti od zcela požárně otevřených ploch, tzn. procento požárně otevřených ploch $p_0 = 100\%$, pak je odstupová vzdálenost stanovena podrobným výpočtem oproti normovému přístupu menší pouze po stranách. Rozdíl velikosti odstupových vzdáleností v přímém směru je dán především tím, že norma využívá konzervativnější vztah pro stanovení hustoty tepelného toku, zanedbává počáteční teplotu vnějšího prostředí. Dalšími důvody, které způsobují menší odstupové vzdálenosti při použití podrobného výpočtu, jsou podrobný výpočet polohového faktoru a také zohlednění skutečných rozměrů posuzované obvodové stěny. Čím je POP menší, tím si jsou hodnoty odstupových vzdáleností podle normového přístupu a podrobného výpočtu podobnější. [1, 4]



Obr. 2 Odstupová vzdálenost d vymežující PNP z hlediska sálání tepla stanovená normovým přístupem a podrobným výpočtem pro: (a) obvodovou stěnu jako POP – odlišné rozměry obvodové stěny oproti tabulce pro stanovení odstupových vzdáleností (b) obvodovou stěnu jako POP – shodné rozměry obvodové stěny s tabulkou pro stanovení odstupových vzdáleností (c) okno (POP) v obvodové stěně klasifikované jako PUP

2.2 Odstupové vzdálenosti v zahraničí

V této části práce bude řešeno, jak k problematice odstupových vzdáleností mezi budovami přistupují stavební předpisy v řadě zemích světa. Mezi vybrané země, u kterých bude tato problematika zkoumána, patří: Anglie a Wales, Nový Zéland a Švédsko. Tyto země byly vybrány především z důvodu velkého zastoupení staveb z konstrukcí druhu DP3 a také z hlediska historického vývoje požární bezpečnosti.

2.2.1 Anglie a Wales

Oproti České republice se odstupové vzdálenosti v Anglii a Walesu posuzují jednodušeji. Nezávisí na velikosti požárního zatížení ani na procentu POP, ale závisí na tzv. účelové skupině budovy a na velikosti nechráněné plochy. Způsob stanovení odstupových vzdáleností je podrobněji popsán dále v textu, v kapitole 2.2.1.2.

Odstupové vzdálenosti jsou v Anglii a Walesu určeny ve stavebních předpisech, konkrétně podle stavebních předpisů požární ochrany: Schválený dokument B v části B4 (Approved document B) [5]. V této části jsou stanoveny 2 základní požadavky, které se týkají vnějšího šíření požáru:

- 1) Obvodové stěny budovy musí odolávat šíření požáru přes stěny a z jedné budovy do druhé s ohledem na výšku, využití a umístění budovy,
- 2) Střecha budovy musí odolávat šíření požáru přes střechy a z jedné budovy do druhé s ohledem na využití a umístění budovy. [5]

Tyto požadavky se dle Schváleného dokumentu B [5] považují za splněné v případě, že jsou splněna tato opatření:

- a) Riziko vznícení obvodových stěn způsobené vnějším zdrojem požáru a šíření požáru na povrchu stěny musí být omezené. Toho se dosáhne vytvořením vnějších stěn z materiálu s nízkou rychlostí uvolňování tepla.
- b) Množství sálavého tepelného toku, který je schopen projít stěnou s požární odolností, musí být omezeno. Toho se dosáhne omezením množství nechráněných oblastí ve zdi a zohledněním vzdálenosti k příslušné hranici.
- c) Riziko rozšíření plamene a proniknutí střechou způsobené vnějším zdrojem požáru musí být omezené. Toho se dosáhne použitím vhodné střešní konstrukce.

Míra, do které musí být tato opatření přijata, závisí na několika faktorech, jako je využití budovy, vzdálenost od příslušné hranice a v některých případech výška budovy. [5, 6]

2.2.1.1 Popis důležitých pojmů

Prostorové oddělení

Podle Schváleného dokumentu B je prostorové oddělení založeno na pěti hlavních předpokladech. Hlavními předpoklady jsou:

- 1) Velikost požáru závisí na rozdělení budovy na požární úseky.
- 2) Intenzita požáru závisí na využití budovy, tzv. účelových skupinách. Intenzita požáru se může snížit použitím automatickým sprinklerovým systémem.
- 3) Obytné, shromažďovací a rekreační účelové skupiny jsou spojeny s větším rizikem pro život než jiné účelové skupiny.
- 4) Budova s podobnou výškou posuzované budovy nacházející se na druhé straně příslušné hranice je umístěna ve stejné vzdálenosti od společné hranice.
- 5) Sálavý tepelný tok, který prochází stěnou s požární odolností, je zanedbatelný a může být ignorován.

Pokud se požaduje menší odstupová vzdálenost, je doporučeno rozdělení budovy do menších požárních úseků. [5, 6]

Odstupová vzdálenost mezi budovami, které se nachází na stejném pozemku, se může v mnoha případech snížit, pokud se nejedná o obytnou, shromažďovací nebo rekreační účelovou skupinu. V případě zařazení budovy do jedné z těchto účelových skupin se předpokládá umístění fiktivní hranice v prostoru mezi budovami. Tato fiktivní hranice by se měla umístit mezi budovy tak, aby splňovala požadavky na oddělení prostorů pro jednu ze sousedních budov. Zpravidla se fiktivní hranice stanovuje pro budovu s rizikovější účelovou skupinou. Od takto umístěné fiktivní hranice se následně ověří, že umístění fiktivní hranice vyhovuje také požadavkům pro druhou z posuzovaných budov. [5, 6]

Obvodové stěny

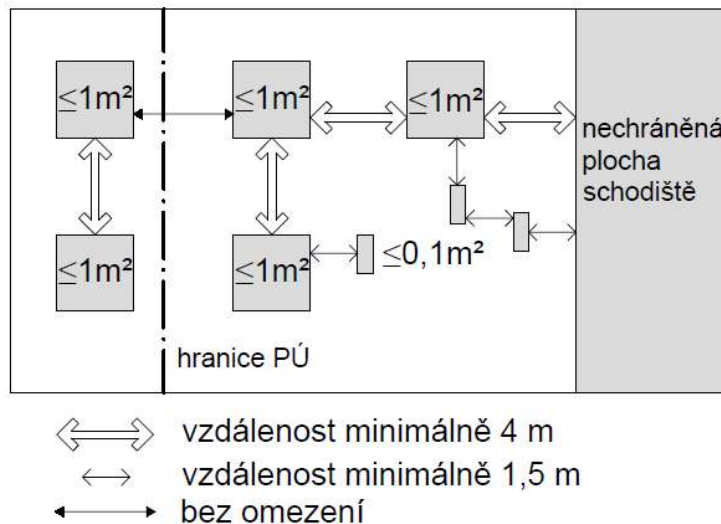
Konstrukce obvodových stěn a oddělení budov, aby se zabránilo rozšíření požáru, jsou úzce spojeny. Obvodové stěny, které jsou vzdálené více než 1,0 m od příslušné hranice, nemusí splňovat požadovanou požární odolnost. Naopak obvodové stěny, které jsou umístěné ve vzdálenosti menší než 1,0 m, musí splňovat požadovanou požární odolnost, která závisí na využití, výšce a velikosti budovy. Ve Schváleném dokumentu B jsou také uvedena opatření k omezení hořlavosti obvodové stěny, omezení schopnosti vznícení obvodových stěn od vnějšího zdroje požáru a následné šíření plamenů nahoru. Tato opatření platí rovněž pro obvodové stěny, které jsou umístěné ve vzdálenosti menší než 1,0 m k příslušné hranici a také pro budovy účelové skupiny pro shromažďování a rekreaci. [5, 6]

Nechráněné oblasti

Pojem nechráněná oblast je stejný jako pojem požárně otevřená plocha, který se používá v České republice. Jako nechráněná oblast se klasifikuje obvodová stěna, která nesplňuje požadovanou požární odolnost. Stěna, která splňuje požadovanou požární odolnost, ale je pokryta hořlavým materiálem o tloušťce větší než 1 mm, se také klasifikuje jako nechráněná plocha s celkovou plochou poloviny skutečné plochy hořlavého materiálu, což je podobné klasifikaci částečně požárně otevřené plochy používané v České republice. Malé nechráněné oblasti, do 1,0 m², se mohou při určování odstupových vzdáleností zanedbávat, protože riziko šíření požáru po těchto malých plochách je velmi malé. Tento předpoklad platí v případech odstupových vzdáleností nechráněných ploch v obvodové stěně, kdy:

- nechráněná plocha, která tvoří plochu nejvýše 1 m², je od ostatních nechráněných ploch stejné velikosti vzdálena minimálně 4,0 m,
- nechráněné plochy o velikosti nejvýše 0,1 m² jsou od ostatních nechráněných ploch vzdáleny minimálně 1,5 m,

- nechráněné plochy umístěné v různých požárních úsecích jsou bez omezení na umístění,
- nechráněné vnější plochy schodiště, které tvoří chráněnou únikovou cestu, jsou bez omezení na umístění.



Obr. 4 Nechráněné oblasti v obvodové stěně, od kterých se nemusí stanovovat odstupové vzdálenosti

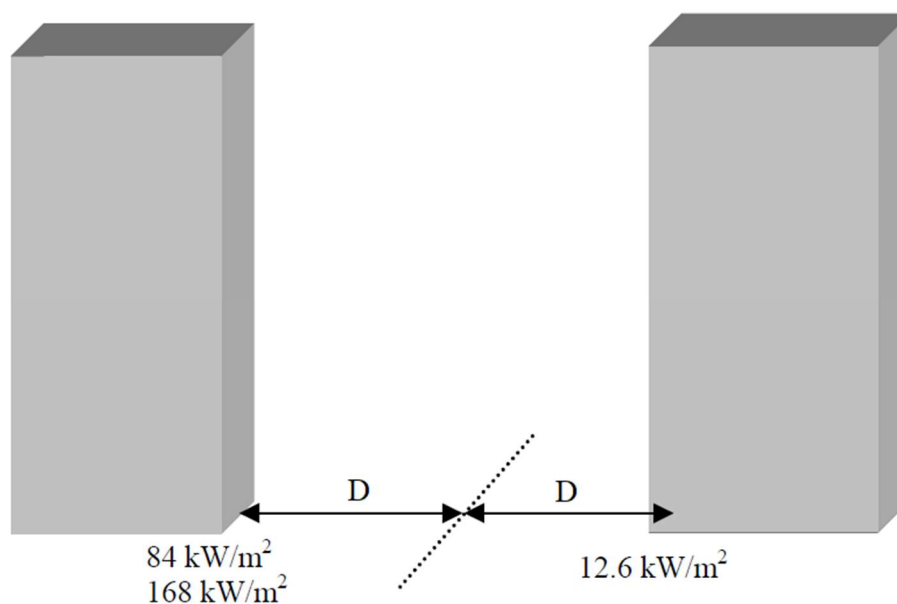
Nechráněné plochy budovy, která není součástí většího celku, mohou být zanedbávány, pokud se nachází více než 30 m nad úroveň terénu s ohledem na vzdálenost mezi nimi. Obvodové stěny, které jsou umístěné do 1,0 m od příslušné hranice, nesmí mít nechráněné plochy nad rámec toho, co je popsáno výše, a obvodové zdi musí splňovat požadovanou požární odolnost z obou stran. [5, 6]

2.2.1.2 Metody výpočtu

Ve Schváleném dokumentu B jsou uvedeny dvě metody pro stanovení odstupové vzdálenosti a pro výpočet přijatelné nechráněné plochy v obvodové stěně, které byly získány z technického průřezu požárního výzkumu č. 5. Tyto metody se dají použít pro budovy, které leží více než 1,0 m od příslušné hranice. Jejich cílem je oddělení budovy od příslušné hranice alespoň poloviční vzdáleností, při které je celkový tepelný tok získaný ze všech nechráněných ploch v obvodové stěně $12,6 \text{ kW/m}^2$. To je založeno na předpokladu, že emitované záření z nechráněných oblastí je:

- 1) 84 kW/m^2 pro budovy obytných, kancelářských, montážních a rekreačních účelových skupin
- 2) 168 kW/m^2 pro budovy obchodních, průmyslových, skladovacích nebo jiných nebytových účelových skupin

Tato metoda se také nazývá jako „zrcadlový obraz“ a její princip je znázorněn na Obr. 5. [6]



Obr. 5 Metoda „zrcadlového obrazu“, Převzato: [7]

Při návrhu stabilního hasicího zařízení v budově se může odstupová vzdálenost D od příslušné hranice snížit na polovinu, ale zároveň však odstupová vzdálenost k příslušné hranici nesmí být menší než 1,0 m. Tento přístup zohlednění instalace stabilního hasicího zařízení je oproti České republice odlišný, kdy dle norem řady ČSN 73 08xx se odstupová vzdálenost, při instalaci stabilního hasicího zařízení, vůbec nestanovuje. Pro stanovení odstupových vzdáleností v Anglii a Walesu se mohou kromě metody 1 a 2 použít i přesnější výpočetní metody. [5, 6]

Metoda 1

Metoda 1 se používá pro bytové domy a jiné obytné budovy. Aby bylo možné tuto metodu použít, nesmí být délka obvodové stěny posuzované budovy delší než 24 m, nezávisle na orientaci budovy k příslušné hranici, a budova nesmí mít více než 3 nadzemní podlaží. Při splnění těchto kritérií jsou v Tab. 1 uvedeny minimální odstupové vzdálenosti od příslušné hranice v závislosti na maximální velikosti nechráněné plochy obvodové stěny. V případě, že velikost nechráněné plochy v obvodové stěně překročí maximální hodnotu z Tab. 1, musí obvodová stěna nebo popřípadě jiné požárně otevřené plochy (např. okenní otvory) splňovat požadovanou požární odolnost. To může být problém především v případě velkých prosklených ploch v obvodových stěnách, kdy takovéto prosklené plochy musí splňovat požadovanou požární odolnost, a to v takové míře, aby byly části tohoto prosklení bez požární odolnosti menší, než hodnoty maximálních nechráněných ploch uvedených v Tab. 1. [5, 6]

Tab. 1 Odstupová vzdálenost a maximální velikost nechráněné plochy pro Metodu 1

Odstupová vzdálenost D od obvodové stěny k příslušné hranici [m]	Maximální velikost nechráněné plochy [m ²]
1	5,6
2	12
3	18
4	24
5	30
6	Bez omezení

Metoda 2

Metoda 2 se používá pro jakoukoli budovu bez ohledu na její účelovou skupinu. Pro tyto budovy se musí splnit kritérium, že budovy nebo vymezené požární úseky nesmí být vyšší než 10 m, s výjimkou otevřených parkovišť. Stejně jako u metody 1 jsou v Tab. 2 uvedeny odstupové vzdálenosti a množství přijatelných nechráněných ploch. Stejně jako u metody 1 musí, v případě překročení maximální velikosti nechráněné plochy v obvodové stěně uvedené v Tab. 2, obvodová stěna nebo popřípadě jiné požárně otevřené plochy (např. okenní otvory) splňovat požadovanou požární odolnost. Jak je popsáno výše u metody 1, může nastat problém v případě velkých prosklených ploch v obvodových stěnách, kdy, jak již bylo zmíněno, prosklené plochy musí splňovat požadovanou požární odolnost v takové míře, aby byly části prosklené plochy bez požární odolnosti menší, než hodnoty maximálních nechráněných ploch uvedených v Tab. 2. [5, 6]

Tab. 2 Odstupová vzdálenost a maximální nechráněná plocha pro Metodu 2

Odstupová vzdálenost D od obvodové stěny k příslušné hranici [m]		Maximální nechráněná plocha jako procento z celkové plochy [%]
Účelové skupiny		
Bydlení, kanceláře, shromáždění a rekreace	Obchody, průmyslové, skladovací a jiné nebytové	
-	1	4
1,0	2	8
2,5	5	20
5,0	10	40
7,5	15	60
10,0	20	80
12,5	25	100

U budov, které nesplní rozměrové požadavky metod 1 a 2, se musí použít jiné výpočetní metody, které jsou uvedeny ve zprávě BRE External fire spread: Building separation and boundary distances. [5, 6]

2.2.1.3 Shrnutí

V Anglii a Walesu se pro stanovení odstupových vzdáleností používá stavební nařízení pro požární bezpečnost, tzv. Schválený dokument B, který používá kritickou hodnotu intenzity záření, při které může dojít ke vznícení jako $12,6 \text{ kW/m}^2$. Oproti České republice nezávisí odstupové vzdálenosti na velikosti požárního zatížení. Předpokládá se vyzářované záření bud' 84 nebo 168 kW/m^2 , v závislosti na účelové skupině budovy a použité metodě výpočtu. V porovnání s Českou republikou se v Anglii a Walesu uvažuje menší kritická hodnota intenzity záření (kritická hodnota tepelného toku v ČR je $18,5 \text{ kW/m}^2$). V případě, kdy si postavíme dům například na pozemku, kde v okolí nejsou dosud žádné objekty a dodržíme odstupové vzdálenosti od skutečných hranic pozemku, tak nás nemusí zajímat případná okolní zástavba – neovlivňujeme umístění okolních objektů. V případě, kdy nedodržíme odstupové vzdálenosti od skutečných hranic a ty zasahují na sousední pozemek, tak při umístování sousedního objektu musí být odstupová vzdálenost tohoto objektu posouzena k fiktivní hranici, která je dána koncem odstupové vzdálenosti dříve postaveného objektu.

2.2.2 Nový Zéland

Další zemí, které se tato práce bude věnovat, je Nový Zéland. Přístup k posouzení a hodnocení odstupových vzdáleností je velmi podobný přístupu v Anglii a Walesu. Kritická intenzita záření, při které může dojít ke vznícení, se uvažuje jako $12,6 \text{ kW/m}^2$ a princip, který se využívá, se nazývá „zrcadlový obraz“, stejně jako je tomu v Anglii. [6]

Stavební zákon Nového Zélandu uvádí podmínky (cíle), kterých se musí dosáhnout. Tyto cíle, týkající se šíření požáru, můžeme rozdělit do čtyř hlavních oblastí:

- 1) ochrana osob před zraněním při evakuaci budovy při požáru,
- 2) zajištění bezpečného prostředí pro hasičské a záchranné práce v budově během požáru,
- 3) ochrana sousedních pozemků a sousedních budov před nebezpečím požáru,
- 4) ochrana škodlivých účinků na životní prostředí v důsledku požáru. [6]

Dále jsou ve stavebním zákonu, kromě těchto hlavních cílů, uvedeny funkční požadavky. Ty nám říkají, že budovy musí být provedeny s opatřeními požární bezpečnosti proti šíření požáru.

Tyto funkční požadavky jsou velmi podobné cílům uvedeným výše a říkají, že budova musí v případě požáru poskytovat:

- a) dostatek času pro evakuaci osob z budovy bez zranění,
- b) prostředí umožňující hasičům provádět záchranné operace a ochranu majetku,
- c) ochranu proti poškození přilehlých pozemků a sousedních budov,
- d) prostředky k omezení uvolňovaného množství nebezpečných látek do životního prostředí. [6]

Ve stavebních předpisech jsou také uvedena ustanovení o provedení, které říkají, jak mají být funkční požadavky a cíle splněny. Obvodové stěny a střechy musí být provedeny tak, aby nedocházelo k šíření požáru vlivem radiace. Toho dosáhneme zajištěním dostatečnými odstupovými vzdálenostmi mezi budovami, omezením nechráněných ploch a také použitím nehořlavých povrchů. Dalšími způsoby zabránění, popřípadě omezení, šíření požáru mohou být obvodové stěny s požadovanou požární odolností nebo také instalace stabilního hasicího zařízení. Požadavky na provedení obvodových stěn jsou stejné, jako je tomu v Anglii. [6]

2.2.2.1 Oddělení budov

Budovy se zařazují do účelových skupin se specifickou kategorií nebezpečnosti požáru podle využití budovy. Ve stavebním kódu Nového Zélandu jsou pro návrhové účely uvedeny 4 kategorie. Do první kategorie patří budovy, které představují nízké riziko pro lidský život a životní prostředí. Patří sem například malé obytné budovy, přístřešky, stodoly a podobně, ve kterých se nepředpokládá trvalé obsazení osobami. Druhou kategorií představují budovy, které představují běžné riziko pro lidský život a životní prostředí, jako jsou rezidenční, komerční a průmyslové stavby. Další, třetí kategorií, jsou budovy vyššího společenského významu nebo vyšší úrovně rizikových faktorů pro obyvatele stavby. Jedná se o budovy, ve kterých se předpokládá velké množství lidí, zraněné osoby nebo obyvatelé s jinými rizikovými faktory. Čtvrtou kategorií tvoří budovy potřebné pro zotavení po havárii nebo související s nebezpečnými zařízeními. Kategorie nebezpečnosti požáru stanovují rozsah hustoty energie požárního zatížení a také pevnou hodnotu, která se používá pro návrhové účely. Tyto kategorie a k nim patřičná hustota energie požárního zatížení jsou uvedeny v Tab. 3. [6–8]

Tab. 3 Kategorie nebezpečnosti požáru a hustota požárního zatížení

Kategorie nebezpečnosti požáru	Hustota požárního zatížení [MJ/m ²]	Návrhová hodnota hustoty požárního zatížení [MJ/m ²]
1	0-500	400
2	501-1000	800
3	1001-1500	1200
4	>1500	-

Odstupové vzdálenosti se na Novém Zélandu mohou stanovit pomocí pěti metod, které závisí na velikosti nechráněné plochy v obvodové stěně, účelové skupině budovy, na velikosti požárních úseků a na instalaci stabilního hasicího zařízení.

Stejně jako v Anglii a Walesu se při stanovení odstupových vzdáleností využívá tzv. princip „zrcadlového obrazu“, u kterého se předpokládá vzdálenost budov od příslušné hranice alespoň jako odstupová vzdálenost D. V této vzdálenosti je hodnota celkového tepelného toku 12,6 kW/m², což se uvažuje jako mezní hodnota. Emitovaný tepelný tok z budovy, ve které došlo k požáru, závisí na účelové skupině budovy a může být:

- a) 84 kW/m² pro shromažďovací a kancelářské účelové skupiny, nebo
- b) 168 kW/m² pro ubytovací, komerční a průmyslové účelové skupiny.

Velikost emitovaného záření se může snížit za předpokladu, že je budova vybavena stabilním hasicím zařízením. Díky tomu se může velikost nechráněné plochy zdvojnásobit nebo odstupové vzdálenosti zmenšit na polovinu, ale nesmí být menší než 1,0 m. [6]

Metody pro stanovení odstupových vzdáleností:

1) Obvodové stěny vzdálené do 1,0 m od příslušné hranice

V případě, že obvodová stěna leží méně než 1,0 m k příslušné hranici, musí splňovat požadovanou požární odolnost. Velikost nechráněných ploch se mohou pohybovat v rozmezí 0,1 – 1,0 m². Tyto nechráněné plochy v obvodové stěně jednoho požárního úseku od sebe musí být vzdáleny 1,5 nebo 4,0 m, viz popis nechráněných ploch v Anglii a Walesu. Kromě toho musí nechráněné oblasti splňovat celistvost minimálně po dobu 30 minut. [6]

2) Obvodové stěny obytných budov vzdálené více než 1,0 m od příslušné hranice

Tato metoda se využívá pro ubytovací účelové skupiny. Aby mohla být tato metoda použita, musí se splnit dva požadavky. Obvodová stěna nesmí být delší než 24 m a výška budovy nesmí být větší než 7,0 m. V případě splnění těchto požadavků Tab. 4 udává odstupové vzdálenosti k příslušné hranici a také maximální velikost nechráněné plochy. [6]

Tab. 4 Odstupová vzdálenost obvodové stěny od příslušné hranice a max. velikost nechráněné plochy

Odstupová vzdálenost D od obvodové stěny k příslušné hranici [m]	Maximální velikost nechráněné plochy [m ²]
1	5,6
2	12
3	18
4	24
5	30
6	Bez omezení

3) Obvodové stěny vzdálené více než 1,0 m od příslušné hranice

Tato metoda se využívá pro budovy, které nejsou vyšší než 7,0 m a jsou zařazené do 1. kategorie nebezpečnosti požáru. Odstupové vzdálenosti a maximální velikosti nechráněných ploch jsou uvedeny v Tab. 5. [6]

Tab. 5 Odstupová vzdálenost a maximální nechráněná plocha jako procento z celkové plochy

Odstupová vzdálenost D od obvodové stěny k příslušné hranici [m]		Maximální nechráněná plocha jako procento z celkové plochy [%]
Účelové skupiny		
Ostatní	Ubytovací	
-	1	4
1,0	2	8
2,5	5	20
5,0	10	40
7,5	15	60
10,0	20	80
12,5	25	100

4) Uzavřené obdélníky

Tato metoda je velice podobná metodě, která se používá v České republice. Pomocí této metody se vypočítá maximální velikost nechráněné plochy jako procento obvodové stěny požárního úseku. Na základě vypočítané hodnoty a účelové skupiny budovy se určí minimální odstupová vzdálenost z Dokumentu o shodě stavebního řádu Nového Zélandu [8]. [6]

5) Souhrnné teoretické oblasti (pro členité budovy)

Pomocí této metody se vypočítá vliv nechráněných oblastí v obvodové stěně na příslušnou hranici. Na hranici se uvažují referenční body, a pro každý z těchto bodů se určí velikost nechráněné plochy a vodorovná vzdálenost mezi referenčním bodem a nechráněnou plochou.

Nechráněná plocha se poté násobí multiplikačním faktorem, který je uveden v Tab. 6 a závisí na vodorovné vzdálenosti referenčního bodu a nechráněné oblasti. Pomyslné plochy všech nechráněných oblastí, které směřují k příslušnému okraji požárního úseku, se porovnají s danými kritérii. Aby byla kritéria splněna, nesmí celková pomyslná plocha pro každý požární úsek překročit 100 nebo 200 m² v závislosti na účelové skupině a velikosti požárního úseku. Tento postup se opakuje, dokud se nedosáhne odstupové vzdálenosti, pro kterou bude přijatelná velikost pomyslné plochy. [6]

Tab. 6 Multiplikační faktor pro různé vzdálenosti mezi nechráněnou plochou a referenčním bodem

Vodorovná vzdálenost mezi nechráněnou plochou a referenčním bodem [m]	Multiplikační faktor
1,0-1,2	80,0
1,2-1,8	40,0
1,8-2,7	20,0
2,7-4,3	10,0
4,3-6,0	4,0
6,0-8,5	2,0
8,5-12,0	1,0
12,0-18,5	0,5
18,5-27,5	0,25
27,5-50,0	0,1
>50,0	0,0

2.2.2.2 Shrnutí

Přístup k odstupovým vzdálenostem na Novém Zélandu je podobný přístupu v Anglii a Walesu a také v České republice. Využívá se princip nazýván jako „zrcadlový obraz“, který říká, že budovy na obou stranách příslušné hranice od ní musí být vzdálené minimálně polovinu odstupové vzdálenosti. Tím se zaručí celkový tepelný tok 12,6 kW/m², což je kritická hodnota intenzity záření. Pro určení odstupových vzdáleností je ve stavebním zákonu Nového Zélandu uvedeno pět metod.

2.2.3 Švédsko

Ve Švédsku se odstupové vzdálenosti řeší pomocí tzv. Švédského návrhářského průvodce (Swedish design guide) [9]. V tomto průvodci jsou uvedena nařízení pro dodržení stavebního procesu v souladu se stavebním kodexem a dalšími nezbytnými směry.

Nařízení jsou dále doplněna obecnými radami a pokyny pro splnění požadovaných nařízení. Kromě těchto rad je v návrhářském průvodci také uvedeno, jak by měl projektant postupovat, aby se ujistil, že jsou požadované předpisy dodržovány. [6]

2.2.3.1 Cíle z hlediska odstupových vzdáleností

Švédský návod pro projektování říká, že šíření požáru mezi budovami by mělo být zabráněno omezením sálavého tepelného toku vyzařovaného z hořící budovy. V návodu je uvedeno několik způsobů, jak toho docílit:

- zajištění dostatečné odstupové vzdálenosti mezi budovami
- omezení velikosti nechráněných ploch budov
- omezení obsahu tepla ve fasádních materiálech
- omezení rozsahu požáru a tím omezení sálavého tepelného toku pomocí zařízení pro odvod kouře a tepla nebo pomocí stabilního hasicího zařízení. [6]

2.2.3.2 Požadavky na oddělení budov

Podle Švédského návodu pro projektování odstupové vzdálenosti nezávisí na požárním zatížení, ani na jiných požárních údajích budovy. Hlavní požadavek na oddělení budov je ten, že budova by měla být umístěna od hranice pozemku minimálně 4,0 m. V případě, že bude budova umístěna méně než 4,0 m od hranice, musí být sousední budova umístěna tak, aby byl mezi budovami zajištěn odstup minimálně 8,0 m. Pokud celková vzdálenost mezi budovami nebude 8,0 m, musí být budova konstruována tak, aby bylo omezeno nebezpečí šíření požáru na přilehlé budovy.

Dále je v návodu uvedeno, že šíření požáru je obtížnější v případě, že se omezí sálavý tepelný tok a zabrání se zásahu plamenů na sousední budovy. Tato kritéria se splní při dodržení bezpečné odstupové vzdálenosti, viz výše, použitím stěny s požární odolností nebo jejich kombinací. Když je budova umístěna přímo na hranici pozemku, tak musí obvodová stěna splňovat požadovanou požární odolnost, která závisí na klasifikaci budovy. Sálavý tepelný tok, který dopadá na sousední budovy, by neměl během 30 minut přesáhnout 15 kW/m^2 . Budovy, které mají více než dvě nadzemní podlaží, mají mít obvodové stěny, které směřují k hranici, s požadovanou požární odolností. [6]

2.2.3.3 Návrh pomocí požárního inženýrství

Požární bezpečnost může být posouzena i jiným způsobem než pomocí švédského návodu pro projektování. Prokázání založené na inženýrských metodách, které jsou založené na výkonu,

musí ovšem dokázat, že návrh je stejně dobrý, jako by byly splněny všechny požadavky uvedené ve švédském návodu. [6]

2.2.3.4 Shrnutí

Ve Švédsku se odstupové vzdálenosti řeší pomocí švédského návodu pro projektování. Budovy musí být umístěny minimálně 4,0 m od hranice nebo popřípadě minimálně 8,0 m od ostatních budov na sousedních pozemcích. V případě, že nejsou odstupové vzdálenosti dodrženy, musí být prokázáno, že se mezi budovami případný požár nerozšíří. Kritický sálavý tepelný tok, který by budova měla vydržet, je 15 kW/m^2 po dobu 30 minut.

2.3 Princip požárně inženýrského přístupu

Ve většině vybraných zemí je kromě normových postupů umožněno také použití požárně inženýrského přístupu. Tento způsob posouzení požární bezpečnosti se používá především pro rozsáhlé nebo specifické stavby. Obecně lze říci, že využitím požárně inženýrského přístupu můžeme, oproti normovým přístupům, dostat méně nákladné řešení. Ovšem v případě objektu z hořlavých stavebních konstrukcí (konstrukce druhu DP3) nespočívá využití požárně inženýrského přístupu ve snaze dostat méně nákladné řešení, ale v prokázání možného použití hořlavých stavebních výrobků. Posouzení pomocí požárně inženýrských metod musí být ovšem přinejmenším stejně bezpečné jako při použití normových postupů.

Postup požárně inženýrského přístupu je v České republice uveden v příloze I normy ČSN 73 0802 [2]. Podle této přílohy by měl požárně inženýrský přístup obsahovat 4 kroky:

- a) kvalitativní analýzu,
- b) kvantitativní analýzu,
- c) posouzení výsledků analýzy podle kritérií přijatelnosti,
- d) zaznamenání a prezentace výsledků.

Kvalitativní analýza tvoří základ pro kvantitativní analýzu a je tvořena několika body. V první řadě je nutné určit obecné cíle požární bezpečnosti a pro ně příslušná kritéria přijatelnosti, se kterými se porovnávají výsledky získané v kvantitativní analýze a určí se podle nich úspěšnost návrhu. Dále musí být v kvalitativní analýze uvedeny předepsané návrhové parametry jako jsou například popis objektu a jeho technické vybavení, provoz objektu, vybavení požárně bezpečnostními zařízeními, charakteristika osob vyskytujících se v objektu a podobně. Dalšími kroky jsou vytvoření zkušebního návrhu požární bezpečnosti a volba návrhového požárního scénáře. Posledním bodem kvalitativní analýzy je výběr vhodné metody analýzy.

V kvantitativní analýze je pomocí vhodných metod a programů, pro zvolený požární scénář, posuzován zkušební návrh požární bezpečnosti. Hlavním přístupem je modelování dynamiky požáru pomocí fyzikálních nebo matematických modelů. Fyzikální modely představují malorozměrové, popřípadě velkorozměrové, požární zkoušky. Mezi matematické modely patří ruční výpočty, zónové modely a CFD modely. V případě posuzování odstupových vzdáleností se v kvantitativní analýze využívá především CFD modelů, jako je například software FDS.

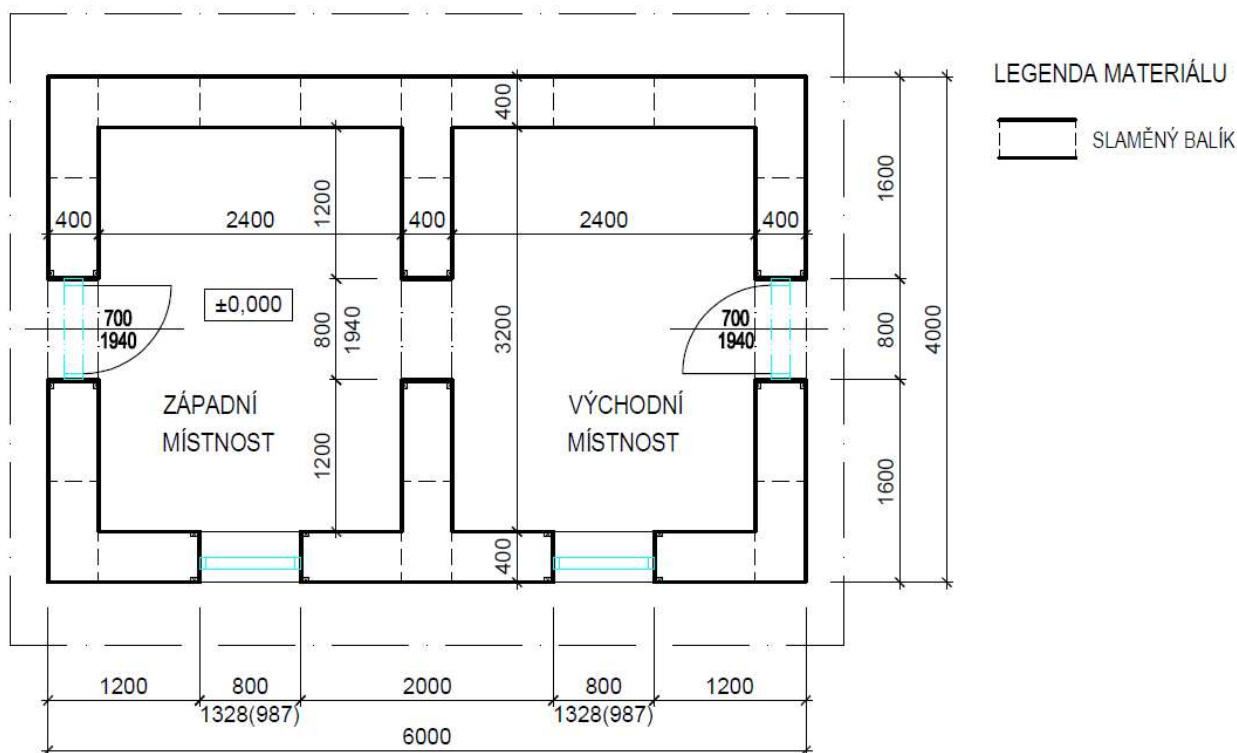
Dalším krokem požárně inženýrského přístupu je posouzení získaných výsledků, což znamená porovnání kritérií přijatelnosti stanovených v kvalitativní analýze s výsledky analýzy kvantitativní. Pokud nejsou kritéria přijatelnosti splněna, tak se musí návrh upravit a znovu posoudit. V případě splnění těchto kritérií se vytvoří konečný návrh a dokumentace požárně inženýrského přístupu. [2]

3 Aplikace získaných poznatků

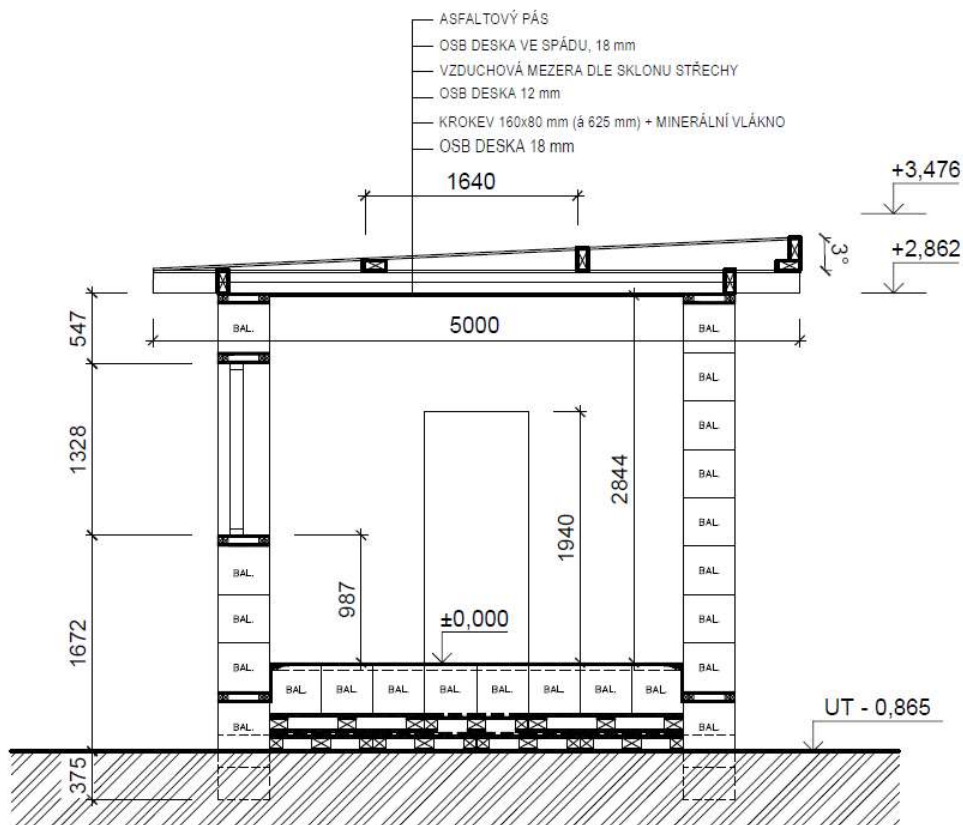
V rámci této kapitoly budou dosud získané poznatky stanovení odstupových vzdáleností z hlediska sálání tepla aplikovány na daný objekt. Odstupové vzdálenosti budou posouzeny dle metodik jednotlivých zemí, kterými se tato práce dosud zabývala, a následně mezi sebou porovnány. Odstupové vzdálenosti se budou stanovovat pro vzorový slaměný objekt, konkrétně pro podélnou stěnu s otvory a pro podélnou stěnu bez otvorů. Ve většině zemí je také umožněn požárně inženýrský přístup (PIP). Stanovení odstupových vzdáleností pomocí požárně inženýrského přístupu je popsán v samostatné kapitole.

3.1 Základní informace o posuzovaném objektu

Objekt, kterým se bude tato práce zabývat, má obdélníkový půdorys o rozměrech 6,0 x 4,0 m. Výška objektu je 3,5 m. Nosné konstrukce jsou tvořeny balíky slámy, které jsou omítnuty uvnitř hliněnou omítkou a z venku hliněnou a vápennou omítkou. Střecha je tvořena trémovou nosnou konstrukcí, která je obložena OSB deskami. Nahodilé požární zatížení se uvažuje 40 kg/m², což odpovídá normovému zatížení jako pro rodinný dům. Základní geometrie je znázorněna na Obr. 6 a Obr. 7.



Obr. 6 Půdorys posuzovaného slaměného objektu



Obr. 7 Řez posuzovaného objektu

3.2 Česká republika

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1, při určování odstupových vzdáleností se v České republice rozlišují požárně uzavřené, požárně otevřené a částečně požárně otevřené plochy. V rámci řešeného příkladu budou odstupové vzdálenosti stanoveny pro všechny tyto typy obvodové stěny pomocí normového přístupu. V diplomové práci budou tyto výsledky porovnány s hodnotami naměřenými experimentální zkouškou.

3.2.1 Obvodová stěna jako požárně uzavřená plocha

V případě, že uvažujeme obvodovou stěnu jako PUP, se budou odstupové vzdálenosti stanovovat pouze od okenních otvorů. Aby mohla být v současné době obvodová stěna klasifikována jako PUP, tak musí splňovat minimální požadovanou požární odolnost po stanovenou dobu. To je prokázáno pomocí atestů provedených v ČR, popřípadě pomocí Eurokódů. U konstrukci druhu DP3 lze toto splnit obložením konstrukce nehořlavým materiálem, ovšem takováto skladba musí být rovněž prokázána pomocí platných atestů. Od takovýchto stěn bude požárně nebezpečný

prostor stanoven pro jednotlivé POP (okenní otvory) samostatně, nikoliv od skupiny POP, za předpokladu splnění podmínky:

$$(d_1 + d_2) \cdot 0,6 < d_{\text{POP}} \quad (2)$$

kde d_1 a d_2 jsou hodnoty odstupových vzdáleností od sousedních POP a d_{POP} je vzdálenost mezi okraji posuzovaných požárně otevřených ploch.

Normový přístup stanovení odstupových vzdáleností:

- výpočtové požární zatížení se uvažuje $p_v = 45,75 \text{ kg/m}^2$, dle normy ČSN 73 0802 Přílohy B
- jelikož se jedná o konstrukce druhu DP3 musí se výpočtové požární zatížení navýšit o 15 kg/m^2 – $p_v' = 60,75 \text{ kg/m}^2$
- celkové rozměry obvodové stěny, v případě stanovení PNP od jednotlivých POP, nejsou požadovány
- procento POP p_o se uvažuje 100%

Po zjištění těchto 3 kritérií stanovíme hodnotu odstupové vzdálenosti z tabulky F.2 v příloze B normy ČSN 73 0802. Pro jednotlivé POP posuzovaného objektu vychází odstupová vzdálenost $d = 1,64 \text{ m}$.

Ověření vzdálenosti posuzovaných POP:

$$(1,64 + 1,64) \cdot 0,6 = 1,97 < 2,0 \text{ m} \quad (3)$$

Tyto odstupové vzdálenosti se mohou považovat za výsledné, protože jejich součet vynásobený hodnotou 0,6 je menší než vzdálenost mezi okraji posuzovaných POP. Znázornění zakreslení požárně nebezpečného prostoru pro stanovenou odstupovou vzdálenost je v příloze 1.

3.2.2 Obvodová stěna jako částečně požárně otevřená plocha

Nejdříve je třeba říci, že tento případ by ve skutečnosti mohl nastat, ale je to nepravděpodobné. Aby mohla být obvodová stěna uvažována jako částečně požárně otevřená plocha, musela by být konstrukce maximálně DP2 a zároveň množství uvolněného tepla musí být v rozmezí $150 - 350 \text{ MJ/m}^2$, což je u konstrukce ze slámy nereálné. Uvažování obvodové stěny jako částečně POP je v tomto případě pouze na teoretické úrovni, z důvodu znázornění stanovení odstupových vzdáleností pro tento typ obvodové stěny.

V případě uvažování obvodových stěn jako částečně POP se musí nejdříve stanovit celková velikost požárně otevřené plochy S_{po} podle rovnice

$$S_{po} = S_{po1} + k_2 \cdot S_{po2} \quad (4)$$

kde S_{po1} je velikost zcela požárně otevřené plochy obvodové stěny

S_{po2} velikost částečně požárně otevřené plochy obvodové stěny

k_2 součinitel poměru hustoty tepelného toku ze sálavých ploch.

Pro výpočtové požární zatížení $45,75 \text{ kg/m}^2$ je součinitel $k_2 = 0,56$, podle tabulky 24 normy ČSN 73 0802. Zcela požárně otevřené plochy tvoří okenní otvory a velikost částečně požárně otevřené plochy obvodové stěny je $14,54 \text{ m}^2$ pro stěnu s okenními otvory a $16,66 \text{ m}^2$ pro podélnou stěnu bez otvorů.

Odstupové vzdálenosti od podélné stěny s otvory:

- celková velikost požárně otevřené plochy

$$S_{po} = 1,06 \cdot 2 + 0,56 \cdot 14,54 = 10,26 \text{ m}^2 \quad (5)$$

- výpočtové požární zatížení navýšené o 15 kg/m^2 - $p_v' = 60,75 \text{ kg/m}^2$
- rozměry obvodové stěny: šířka $l = 6,0 \text{ m}$ a výška $h_u = 2,8 \text{ m}$
- procento POP se stanoví z rovnice

$$p_o = \frac{S_{po}}{S_p} \cdot 100 \% = \frac{10,26}{6,0 \cdot 2,8} \cdot 100 = 61 \% \quad (6)$$

Z tabulky F.1 v příloze F normy ČSN 73 0802 stanovíme velikost odstupové vzdálenosti, která je $d = 3,97 \text{ m}$.

Odstupové vzdálenosti od podélné stěny bez otvorů:

- celková velikost požárně otevřené plochy

$$S_{po} = 0 + 0,56 \cdot 16,66 = 9,33 \text{ m}^2 \quad (7)$$

- výpočtové požární zatížení navýšené o 15 kg/m^2 - $p_v' = 60,75 \text{ kg/m}^2$
- celkové rozměry obvodové stěny: šířka $l = 6,0 \text{ m}$ a výška $h_u = 2,8 \text{ m}$
- procento POP se stanoví z rovnice

$$p_o = \frac{S_{po}}{S_p} \cdot 100 \% = \frac{9,33}{6,0 \cdot 2,8} \cdot 100 = 56 \% \quad (8)$$

Z tabulky F.1 v příloze F normy ČSN 73 0802 stanovíme velikost odstupové vzdálenosti, která je $d = 3,7$ m. Zakreslení odstupových vzdáleností a PNP, pro případ obvodových stěn jako částečně požárně otevřených ploch, je v příloze 1.

3.2.3 Obvodová stěna jako zcela požárně otevřená plocha

Posledním přístupem ke stanovení odstupových vzdáleností je uvažování obvodové stěny jako zcela požárně otevřené plochy. Velikost odstupových vzdáleností bude pro obě posuzované obvodové stěny (podélná stěna s otvory a podélná stěna bez otvorů) stejná.

Stanovení odstupových vzdáleností:

- výpočtové požární zatížení navýšené o 15 kg/m^2 - $p_v' = 60,75 \text{ kg/m}^2$
- celkové rozměry obvodové stěny: šířka $l = 6,0$ m a výška $h_u = 2,8$ m
- procento POP p_o se uvažuje 100%

Z tabulky F.1 v příloze F normy ČSN 73 0802 stanovíme velikost odstupové vzdálenosti, která je $d = 5,57$ m. Zakreslení odstupových vzdáleností pro obvodové stěny uvažované jako zcela požárně otevřené plochy je znázorněno v příloze 1.

3.3 Anglie a Wales

Stanovení odstupových vzdáleností je v Anglii a Walesu jednodušší. Jediné, na čem závisí, je účelová skupina budovy. Za předpokladu využití daného objektu jako rodinného domu se dle Schváleného dokumentu B zařadí objekt do 1. účelové skupiny budovy, tj. pro budovy obytných, kancelářských, montážních a rekreačních skupin. Díky účelové skupině budovy zvolíme jednu z metod, které jsou uvedeny v již zmiňovaném Schváleném dokumentu B. Pro případ obytné budovy použijeme metodu 1. V Tab. 1 jsou pro metodu 1 uvedeny minimální odstupové vzdálenosti a pro ně maximální velikosti nechráněné plochy.

K řešení našeho příkladu můžeme tedy přistoupit dvěma způsoby:

- 1) Prvním způsobem je uvažování, že obvodová stěna tvořená ze slámy splňuje požadovanou požární odolnost. V tomto případě se do velikosti nechráněné plochy započítávají pouze rozměry okenních otvorů a odstupová vzdálenost se stanoví pouze pro podélnou stěnu s otvory. Velikost nechráněné plochy je tedy $2,12 \text{ m}^2$. Na základě velikosti nechráněné plochy stanovíme z Tab. 1 velikost odstupové vzdálenosti od příslušné hranice, která je v tomto případě $D = 1$ m. Sousední objekt musí být tedy umístěn ve vzdálenosti

nejméně 2 m od posuzované budovy. V příloze 1 je znázorněna minimální odstupová vzdálenost od příslušné hranice.

- 2) Druhým způsobem je předpoklad, že obvodová stěna nespĺňuje požadovanou požární odolnost. Za nechráněnou plochu se tedy uvažuje celá plocha podélné obvodové stěny. Velikost této nechráněné plochy je 16,66 m². Stejně jako v prvním případě se z Tab. 1 stanoví velikost minimální odstupové vzdálenosti od příslušné hranice, která je $D = 3,0$ m. Sousední objekt musí být tedy nejbližší 6 m od posuzované budovy. Minimální odstupová vzdálenost D od příslušné hranice je znázorněna v příloze 1.

3.4 Nový Zéland

Přístup ke stanovení odstupových vzdáleností na Novém Zélandu vychází v mnoha případech ze Schváleného dokumentu B používaného v Anglii a Walesu. Díky tomu pro tento daný objekt vychází odstupové vzdálenosti stejně jako v Anglii a Walesu (kapitola 3.3).

3.5 Švédsko

Podle Švédského návodu pro projektování jsou rovnou stanoveny odstupové vzdálenosti od hranice minimálně 4 m, respektive 8 m od sousedního objektu. Znázornění odstupové vzdálenosti od hranice je rovněž v příloze 1.

4 Velkorozměrová požární zkouška

Náplní této diplomové práce je také příprava a realizace velkorozměrové požární zkoušky slaměného objektu. Na tomto projektu se podíleli lidé z Katedry konstrukcí pozemních staveb, Katedry ocelových a dřevěných konstrukcí a Katedry technologie staveb z ČVUT Fakulty stavební v Praze. Experimentální objekt byl realizován na pozemku Univerzitního centra energeticky efektivních budov ČVUT v Praze (UCEEB), které se nachází v Buštěhradu nedaleko Kladna. Umístění objektu na pozemku UCEEB je patrné z Obr. 8.

Jedná se o jednoduchý jednopodlažní objekt obdélníkového půdorysu o rozměrech 6,0 x 4,0 m a výšky 3,5 m. Nosná konstrukce byla tvořena slaměnými balíky, které byly svázané mezi dva věnce tvořené z OSB desek a latí. Střecha byla navržena jako pultová s nosnou konstrukcí z dřevěných trámů. V interiéru byl slaměný dům rozdělen na dvě totožné místnosti.



Obr. 8 Umístění experimentálního objektu na pozemku UCEEB

4.1 Výstavba slaměného objektu

V první „fázi“ výstavby bylo zapotřebí vybudovat založení objektu. Objekt slaměného domu měl být založen na 9 základových patkách, ale z důvodu nadměrného sedání nosné konstrukce bylo nutné přidat další 4 základové patky. Objekt byl tedy založen na 13 základových patkách ze ztraceného bednění. Na tyto základové patky se pomocí závitových tyčí připevnil dřevěný montovaný věnec, který nesl samotnou konstrukci. Dřevěný věnec se skládal z dřevěných latí

a OSB desek, kdy se na nařezanou OSB desku patřičných rozměrů na její podélné strany umístily dvě dřevěné latě (na sobě položené) a na ně byla umístěna další OSB deska patřičných rozměrů. Ke spojení byly použity vruty. Následně byla vzniklá dutina mezi OSB deskami vyplněna slámou. Takto vzniklé jednotlivé části věnce byly sestaveny a umístěny na základové patky.

Před samotným stavěním nosných obvodových stěn z balíků slámy bylo zapotřebí na spodní věnec osadit kaslíky pro vymezení dveřních otvorů, které následně sloužily jako zárubně. Tyto kaslíky byly zhotoveny podobným způsobem jako výše popsané věnce – OSB desky nařezané na patřičné rozměry byly spojeny s dřevěnými latěmi pomocí vrutů. Osazení spodního věnce na základové patky včetně kaslíků pro vymezení dveřních otvorů je vidět na Obr. 9. Posledním úkolem před skládáním nosných stěn z balíků slámy bylo zajištění provázání mezi spodním věncem a jednotlivých balíků. Toho bylo dosaženo pomocí betonářské výztuže o délce cca 500 mm, které byly osazeny do dřevěného montovaného věnce. Na takto připravený věnec již bylo možné umístit slaměné balíky (Obr. 10). Jednotlivé řady slaměných balíků byly mezi sebou provázány stejným způsobem jako spodní věnec s první řadou balíků.

V jedné podélné obvodové stěně (jižní) byly umístěny okenní otvory – v každé místnosti jeden. Z tohoto důvodu bylo nutné během výstavby stěny osadit kaslíky, podobné těm dveřním, pro vymezení okenních otvorů (Obr. 11). Dále bylo do jižní slaměné stěny zabudováno během výstavby také osm prostupů (v každé místnosti čtyři, z toho dva v dolní části a dva v horní části stěny) z PVC trubky o průměru 110 mm, kterými se zabývá jiná diplomová práce. Celkem byly nosné slaměné stěny tvořeny osmi řadami slaměných balíků. Na poslední řadu slaměných balíků byl osazen horní dřevěný věnec, stejný jako věnec spodní. Následně mohla být celá konstrukce stažena ocelovými páskami, díky kterým došlo ke ztužení celé konstrukce (Obr. 12).

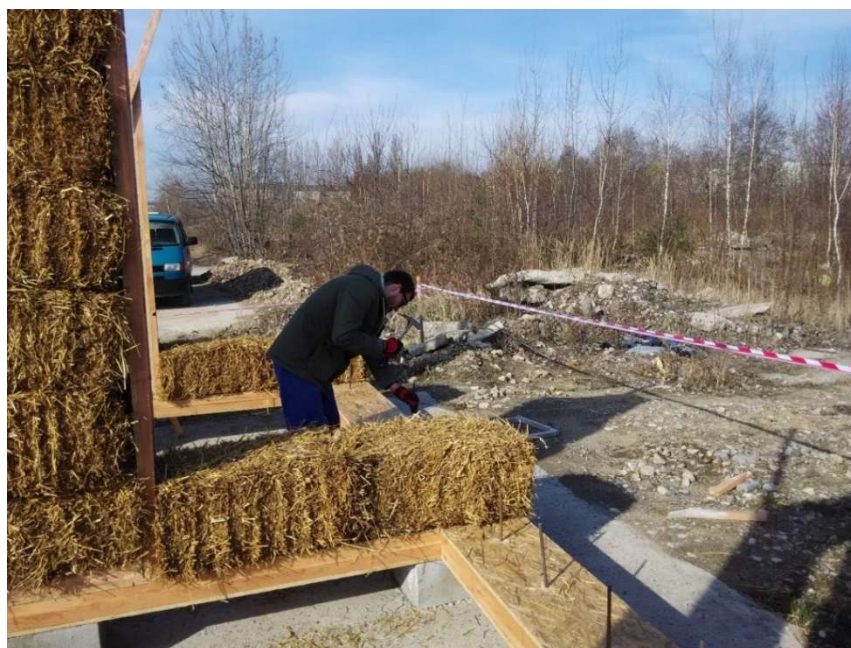
Další fází výstavby bylo zhotovení pultové střechy, která byla realizována přibližně měsíc po zhotovení slaměných stěn. Na horní dřevěný věnec byly osazeny trámy, které byly zespoda zaklopené OSB deskami. Prostor mezi trámy byl vyplněn tepelnou izolací – v jedné místnosti čedičovou vatou a v druhé vatou skelnou, dle požadavku další diplomové práce. Následně byly trámy a tepelná izolace zaklopeny OSB deskami a pomocí dalších trámů a latí byl zajištěn požadovaný sklon střešní konstrukce. Nakonec byla střecha pobyta asfaltovou lepenkou.

Po osazení dveří a oken přišlo na řadu zhotovení omítek. Uvnitř objektu byly v obou místnostech zhotoveny hliněné omítky, ovšem v jedné místnosti bylo pod hliněnou omítkou umístěno pletivo, zatímco ve druhé ne. Dále se také liší tloušťka hliněných omítek a pracovní postupy, kterými byly zhotoveny. Vnější fasáda objektu byla rozdělena na dvě části, kdy jedna

půlka byla opatřena hliněnou omítkou a druhá omítkou vápennou. Omítky byly na experimentálním objektu nanášeny v rámci třech workshopů. Během workshopů nanášeli omítky studenti a laici, kteří doposud neměli s nanášením hliněných omítek zkušenosti. Před samotným nanášením omítek byli nekvalifikovaní účastníci zaučeni od profesionála, který se hliněnými omítkami zabývá. V rámci prvního workshopu byla nanesena vyrovnávací vrstva omítky, díky které došlo k vyrovnání hrubých nerovností způsobených rozdíly ve velikosti jednotlivých slaměných balíků. Další funkcí vyrovnávací vrstvy je zajištění lepší přilnavosti pro druhou vrstvu. Při druhém workshopu byly realizovány hrubé omítky, a tím bylo dosaženo vyrovnání podkladní vrstvy. Ve třetím workshopu byla zhotovena poslední, pohledová vrstva, která dala slaměnému objektu konečný vzhled, který je vidět na Obr. 13.



Obr. 9 Základové patky se spodním dřevěným věncem a osazenými dveřními kaslíky



Obr. 10 Provázání slaměných balíků se spodním věncem



Obr. 11 Osazení okenních kaslíků do jižní obvodové stěny



Obr. 12 Slaměná stěna včetně osazení horního věnce a stažení ocelovými páskami



Obr. 13 Slaměný objekt s finální vrstvou omítek

4.2 Příprava velkorozměrové požární zkoušky

Po dokončení výstavby 3. 6. 2017 probíhala na experimentálním objektu měření do diplomových prací z ostatních kateder. Velkorozměrová požární zkouška byla naplánována na druhou polovinu září. Před samotnou zkouškou bylo nutné udělat několik důležitých věcí. Jednou z nich bylo vyčištění okolí slaměného objektu od travnatého porostu, stromků a pozůstatků ze stavby, aby se zabránilo případnému rozšíření případného požáru do okolí. Prostor kolem stavby byl vyčištěn v okruhu cca 10 m od objektu.

Kvůli požadavkům výše zmíněných měření, která na objektu slaměného domu probíhala po dokončení výstavby, byly dveře propojující jednotlivé místnosti zadělány slaměnými balíky a omítnuty hliněnými omítkami, stejně jako ostatní stěny jednotlivých místností. Pro požární zkoušku bylo potřeba tyto místnosti propojit dohromady, a tak byly slaměné balíky, umístěné v kaslíku vymezující dveřní otvor mezi jednotlivými místnostmi, vybourány a následně byl vybouraný otvor nově zapraven hliněnou omítkou.

Dalším úkolem bylo rozmístění měřicí techniky. V rámci této diplomové práce, která se zabývá odstupovými vzdálenostmi, jsou pro měření teploty na vnějším líci obvodové stěny použity termočlánky typu „K“ doplněné termokamerou. Obvodovými stěnami, kterými se tato práce zabývá, jsou podélná stěna s okenními otvory a podélná stěna bez otvorů. Na obvodové podélné stěně s otvory byly termočlánky rozmístěny v horní části stěny. Toto rozmístění termočlánků bylo navrženo z důvodu výskytu vyšších teplot v horní části místnosti. Celkem bylo na posuzované stěně umístěno 30 termočlánků, z toho 28 termočlánků bylo rozmístěno ve čtyřech výškových úrovních (A–D) a sedmi sloupcích (1–7) a 2 termočlánky byly umístěny v nadpraží okenních otvorů (s označením N1 a N2). Rozmístění jednotlivých termočlánků je znázorněno na schématu na Obr. 14. Na obvodové podélné stěně bez otvorů byly v rámci omezeného rozpočtu použity termočlánky, které sloužily především pro měření teploty v konstrukci v rámci diplomové práce, která se zabývala požární odolností. Rozmístění termočlánků je rovněž znázorněno na schématu na Obr. 15. Dále byla uvnitř objektu v každé místnosti měřena teplota pomocí pláštěvých termočlánků. Tyto termočlánky byly umístěny ve dvou třetinách výšky místnosti. Použité termočlánky byly typu „K“ o průměru 0,5 cm od firmy Mavis Nový Bor viz specifikace měřících zařízení v Tab. 7.

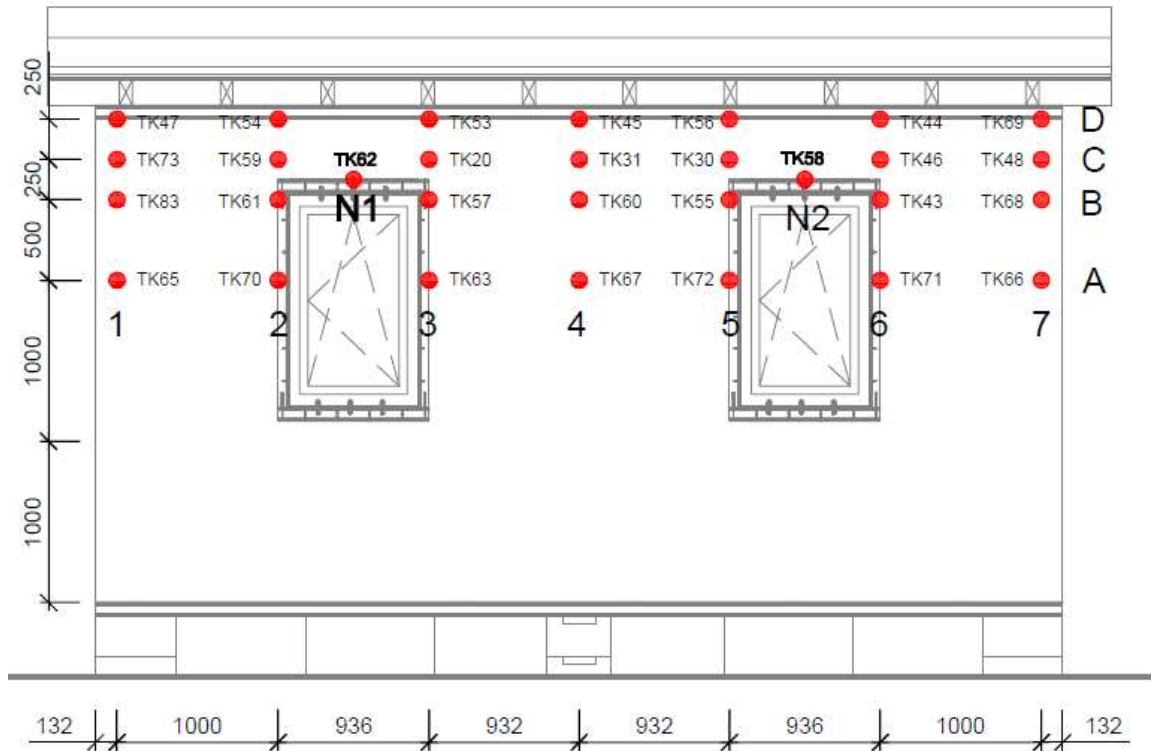
Posledním důležitým úkolem před požární zkouškou bylo rozmístění požárního zatížení. V každé místnosti bylo rozmístěno celkem šest hranic sestavených z dřevěných latí 40x50 mm prokládaných OSB deskami tl. 15 mm. Hranice umístěné v experimentálním objektu měly

základní rozměry 800 x 800 x 395 mm. V místnostech byly na podpěrách z cihelných bloků umístěny trámy pro řešení další diplomové práce. Z tohoto důvodu bylo nutné přizpůsobit umístěné hranice vůči zmiňovaným podpěrám, viz schéma rozmístění požárního zatížení na Obr. 16. Takto rozmístěné hranice představovaly požární zatížení 40 kg/m^2 , což pro představu odpovídá požárnímu zatížení pro rodinné domy. K zapálení dřevěných hranic byly použity kanálky vydlabané do desky z minerální vaty napuštěné benzinem. Tyto kanálky byly umístěny pod všemi hranicemi tak, že na sebe jednotlivé kanálky v každé místnosti navazovaly a díky tomu bylo možné zapálení na jednom místě v každé místnosti.

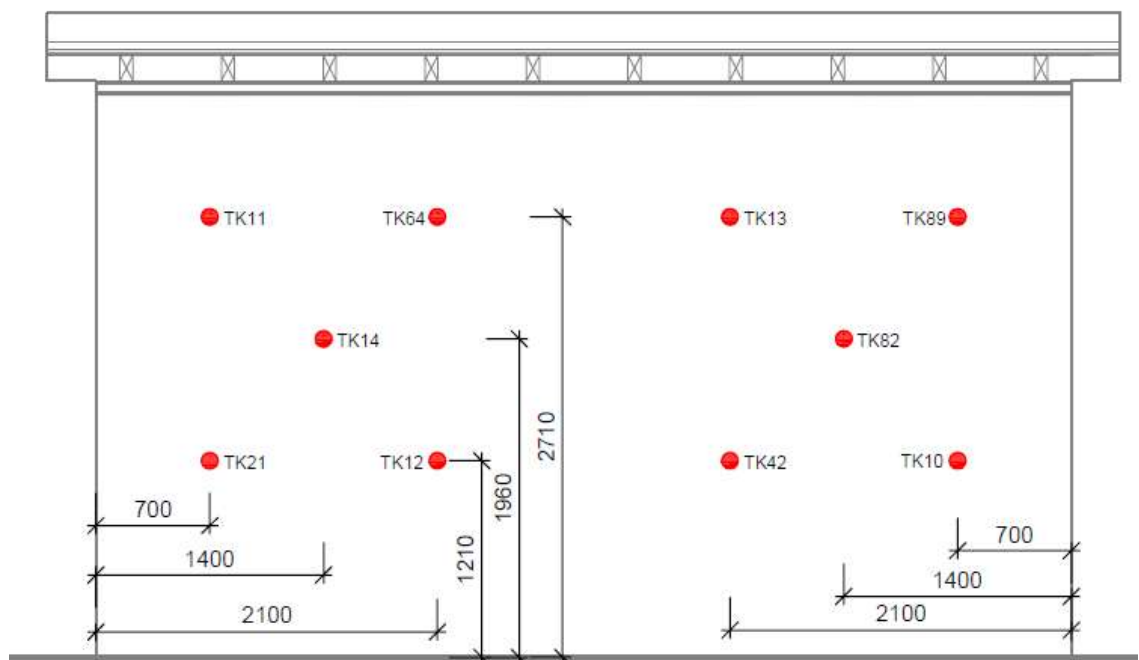
Požární experiment se konal 20. 9. 2017. Před samotným zapálením vrcholily poslední přípravy. Bylo potřeba rozmístit poslední termočlánky a pomocí kompenzačního vedení zapojit všechny rozmístěné termočlánky do měřících ústředí. Před posuzované podélné stěny byly také umístěny celkem 3 radiometry (2 radiometry před obvodovou stěnou s okenními otvory a 1 radiometr před podélnou obvodovou stěnou bez otvorů). Použité radiometry měřily v rozsahu 20, 50 a 100 kW/m^2 viz Tab. 7. Během velkorozměrové požární zkoušky bylo bohužel zjištěno, že se data z těchto radiometrů do měřící ústředny nezaznamenávají. Před zadní podélnou stěnu byla dále umístěna již zmiňovaná termokamera. Druhá termokamera byla namířena do pootevřených dveří v pravé místnosti pro měření teplot uvnitř objektu. Další důležitou součástí příprav bylo rozmístění čtyř videokamer pro nahrávání průběhu samotné zkoušky.

Tab. 7 Specifikace měřících zařízení v rámci DP zabývající se problematikou odstupových vzdáleností

Název měřidla	Počet [ks]	Rozsah
termočlánkové sondy typu K o průměru 0,5 mm s terčíkem o průměru 10 mm délky 2,0 – 8,5 m + kompenzační vedení typu SLSL - MCTKK	30	0 – 1200 °C
radiometr SBG 01 Heat Flux Meter	1	0 – 20 kW/m^2
radiometr SBG 01 Heat Flux Meter	1	0 – 50 kW/m^2
radiometr SBG 01 Heat Flux Meter	1	0 – 100 kW/m^2



Obr. 14 Schéma rozmístění termočlánků na obvodové stěně s otvory



Obr. 15 Schéma rozmístění termočlánků na obvodové stěně bez otvorů

doby postupně odpadávaly další části vápenné omítky, hliněná omítka zatím držela. Další významnou událostí, která se stala, bylo vypadnutí balíku slámy z nadpraží levého okna okolo 55. minuty požární zkoušky. Přibližně o šest minut později došlo k odpadnutí také pravého nadpraží okenního otvoru a v ten samý čas rovněž odpadlo nadpraží pravých dveří. V hliněné omítce na vnější straně objektu vznikaly během požáru drobné trhliny a k prvnímu odpadnutí kusu omítky zhotovené z hlíny došlo až po 63. minutě, což je přibližně o 25 minut později než v případě vápenné omítky. V čase 64 min a 16 s došlo ke kolapsu pravé obvodové stěny, o 3 sekundy později se zřítila levá obvodová stěna a v čase 64 min a 28 s došlo k celkovému kolapsu experimentálního slaměného objektu a jednotky hasičského záchranného sboru začaly s hašením požáru. Podrobný popis jednotlivých událostí, které během požární zkoušky nastaly, je v příloze 2 této diplomové práce. Fotodokumentace z velkorozměrové požární zkoušky je v příloze 8.



Obr. 17 Rozmístění a zapálení požárního zatížení (dřevěných hranic) uvnitř objektu

5 Zpracování naměřených dat

V této části práce budou naměřená data z velkorozměrové požární zkoušky zpracována a vyhodnocena. Daty, která budou dále zpracovávána, jsou naměřené teploty na vnějším líci obvodových stěn pomocí termočlánků a také záběry termokamery, která byla naměřena na podélnou stěnu bez otvorů.

5.1 Obvodová stěna s otvory

Pro lepší orientaci je na Obr. 14 znázorněno schéma rozmístění měřící techniky s konkrétním označením jednotlivých termočlánků. Termočlánky jsou umístěny ve čtyřech řadách s označením A-D a v sedmi sloupcích s označením 1-7. Dále je navíc umístěn uprostřed nadpraží u každého okna jeden termočlánek s označením N1 a N2. Kromě tohoto označení je každý termočlánek označen zkratkou TK + číslo, které odpovídalo zapojení do měřící ústředny.

Jak je vidět na grafech (Graf 10 až Graf 13) v příloze 3, tak v nejnižší řadě termočlánků je dle předpokladu nejmenší nárůst teploty a v nejvyšší řadě naopak největší. Z Grafu 10 je patrné, že nejvyšších teplot je v řadě A dosaženo u termočlánků v blízkosti okenních otvorů, u kterých se maximální teplota pohybuje okolo 500 °C u okna v západní místnosti (termočlánky na pozici A2 a A3) a okolo 300 °C u okna ve východní místnosti (termočlánky na pozici A5 a A6). Maximálních teplot bylo dosaženo přibližně po 30 minutách od zapálení. Rozdíl mezi maximálními teplotami u jednotlivých otvorů je pravděpodobně způsoben působením větru, kdy v západní místnosti byl nejspíše větší přísun kyslíku, a tím byl nárůst teplot větší. U termočlánků umístěných na okraji obvodové stěny, popř. uprostřed stěny, byl nárůst teplot podstatně nižší. Teplota se u těchto termočlánků pohybovala okolo 100 °C (termočlánky na pozici A1 a A7). V průběhu velkorozměrové zkoušky pravděpodobně došlo k poškození vedení u termočlánků A1 a A4, protože průběh teploty byl v záporných hodnotách.

V řadě B, která je o 0,5 m výše než řada A, bylo dle očekávání dosaženo vyšších teplot než v řadě A. Rozdíl mezi teplotami naměřenými v okolí jednotlivých okenních otvorů je oproti předchozí řadě minimální. Nejvyšší teplota byla v řadě B v okolí okna západní místnosti přibližně 670 °C (termočlánek B2) a v okolí okna východní místnosti přibližně 650 °C (termočlánek B5). Stejně jako u předchozí řady byl nárůst teplot dosažených na okrajích posuzované stěny, respektive uprostřed, nižší než v okolí okenních otvorů. Teploty na okrajích a uprostřed obvodové stěny se pohybovaly okolo 200 °C (termočlánky B1 a B4). U termočlátku na pozici B7,

který se nacházel na pravém okraji obvodové stěny, byla zřejmě závada na vedení termočlánků, stejně jako u výše zmíněných termočlánků.

U řady C, která je o 0,25 m nad řadou B, je nárůst teplot podobný jako u předchozích řad. Maximálních teploty se nad okenními otvory pohybovaly okolo 650 °C, podobně jako v řadě B. Rozmezí, ve kterém se teploty v prostoru nad okny pohybovaly je od 350 do již zmíněných 650 °C, v době největšího rozvoje požáru. Teploty na okrajích a uprostřed stěny se pohybovaly okolo 150 až 300 °C, uprostřed stěny teplota stoupla přibližně ve 35 minutě od zapálení krátkodobě až na 500 °C. Jak je patrné z Grafu 12 v příloze 3, okolo 55 minuty došlo pravděpodobně k poškození měřících termočlánků.

Poslední řada termočlánků, řada D, je umístěna 0,25 m nad řadou C, pod horním věncem. Teploty naměřené v této řadě jsou podle předpokladu největší. Teploty nad okenními otvory se pohybovaly přibližně v rozmezí od 500 do 750 °C. Maximální teplota je oproti předchozím řadám cca o 100 °C větší. Uprostřed posuzované stěny a na jejích okrajích byla pomocí termočlánků naměřena teplota v rozmezí cca od 300 do 500 °C. Důvod, proč byly největší teploty naměřeny právě v nejvyšší řadě, je únik horkých plynů z místností okenními otvory, především horní částí těchto otvorů. Dalším důvodem je pravděpodobně také působení teplot od hořícího střešního pláště nad posuzovanou obvodovou stěnou.

5.2 Obvodová stěna bez otvorů

Stejně jako u obvodové stěny s otvory je na Obr. 15 znázorněno schéma měřící techniky s konkrétním označením jednotlivých termočlánků. Oproti obvodové stěně s otvory nejsou termočlánky rozmístěny do pravidelných řad a sloupců, odpovídají rozmístění pro zkoušku požární odolnosti. Termočlánky jsou tedy označeny pouze zkratkou TK + číslo, které odpovídá zapojení do měřící ústředny, stejně jako u první zmiňované obvodové stěny. Kromě výše zmíněných termočlánků bylo na podélné obvodové stěně bez otvorů zaznamenáno rozložení teploty pomocí termokamery.

Obvodová stěna bez otvorů s vápennou omítkou

Podle průběhu teplot znázorněných na Grafu 14 a Grafu 15, v příloze 4, je patrné, že pokud nejsou v obvodové stěně žádné otvory, tak na vnějším líci obvodové stěny není dosaženo vysokých teplot i přes to, že se jedná o stěnu z konstrukcí druhu DP3. Zhruba do 30. minuty od zapálení nepřekročily naměřené teploty na obvodové stěně s vápennou omítkou hodnotu 40 °C. Až na ojedinělé krátkodobé výkyvy teplot, které byly pravděpodobně způsobeny porušením

kompenzačního vedení nebo působením odpadajících hořících částí střešní konstrukce, překročila teplota hodnotu 100 °C poprvé okolo 41. minuty, konkrétně u termočlánku TK11, který byl umístěn v levém horním rohu východní místnosti. V ten samý čas se teplota v ostatních termočláncích na obvodové stěně s vápennou omítkou pohybovala okolo 30 až 40 °C. Pouze u termočlánku TK64 nejspíš došlo k závažnějšímu poškození vedení termočlánku, protože přibližně od 29. minuty byly naměřené hodnoty tímto termočlánekem záporné, s výjimkou krátkodobého a prudkého nárůstu teplot, po kterém byly opět dále měřeny záporné teploty. Další termočlánekem, kterým byly naměřeny teploty přesahující hodnotu 100 °C je termočlánek TK12. Teplota v tomto termočlánu překročila zmiňovanou teplotu přibližně ve 45. minutě požární zkoušky. V tomto termočlánu byly o deset minut později dosaženy také teploty přesahující hranici 200 °C, dokonce se teploty blížily k hranici 300 °C. Takto vysoké teploty byly naměřeny po dobu necelé 1 minuty, což bylo pravděpodobně způsobeno vypálením konstrukce. Poté teplota klesla k hranici 100 °C a dál pozvolna klesala.

Obvodová stěna bez otvorů s hliněnou omítkou

Na obvodové stěně s hliněnou omítkou byl nárůst teplot podobný jako v případě vápenné omítky. První teploty přesahující hodnotu 100 °C byly dosaženy okolo 31. minuty. Tento nárůst byl ovšem krátkodobý, takovéto hodnoty byly měřeny po dobu přibližně 30 sekund. U termočlánku TK82 dosahoval tento krátkodobý nárůst až teploty 400 °C. Poté byly na všech termočláncích na obvodové stěně s hliněnou omítkou měřeny teploty okolo 50 až 70 °C.

Další krátkodobý nárůst vysokých teplot byl naměřen u termočlánku TK13, u kterého byly, oproti stěně s vápennou omítkou, naměřeny teploty přesahující 600 °C. Takto vysokých teplot bylo dosaženo po dobu necelé minuty a poté byly opět měřeny teploty okolo 40 °C.

Přibližně ve 33. minutě došlo k porušení termočlánku TK89 nebo jeho vedení a od této doby až do cca 50. minuty byly naměřené hodnoty neodpovídající průběhu teplot (skokové změny teplot mezi zápornými a extrémně vysokými hodnotami). Přibližně od 50. minuty byly u tohoto termočlánku měřeny teploty přesahující 100 °C, které se postupným nárůstem vyšplhaly až na hodnotu přesahující 800 °C. Následně postupným ochlazováním byla v 63. minutě teplota okolo 300 °C, poté došlo opět k výpadku měřených hodnot. Vzhledem k předešlým podivným hodnotám měřených od 33. do 50. minuty je otázkou, zda výše zmíněný nárůst teplot od 50. minuty je u toho termočlánku pravděpodobný nebo byl způsoben porušením termočlánku. V době vysokého nárůstu teplot u termočlánku TK89 se teploty měřené termočlánci TK10, TK13 a TK42

(termočlánky umístěné na stejné obvodové stěně bez otvorů západní místnosti) pohybovaly okolo 20 až 50 °C.

U termočlánku TK82, který byl umístěn uprostřed obvodové stěny s hliněnou omítkou a bez otvorů, bylo poprvé dosaženo teploty přesahující hodnotu 200 °C okolo 46. minuty. Tento nárůst teplot ovšem trval velmi krátkou dobu, pouze několik sekund, a byl pravděpodobně způsoben vyhořením konstrukce nebo odpadnutím hořící části střechy v blízkosti termočlánku. Následně měřené teploty se pohybovaly opět okolo hodnoty 50 °C. Mezi 55. až 56. minutou požární zkoušky byly u tohoto termočlánku naměřeny teploty dosahující až 200 °C, poté dosahovaly opět hodnot mezi 20 až 50 °C. Průběh teplot jednotlivých termočlánků umístěných na obvodové stěně bez otvorů a s hliněnou omítkou je znázorněn na Grafu 15 v příloze 4.

5.3 Aplikace naměřených hodnot

Tato kapitola se zabývá hlavní podstatou prováděného experimentu. Důvodem, proč byly měřeny teploty na již zmíněných obvodových stěnách, je ten, že dle českých technických norem řady ČSN 73 08xx, konkrétně pak ČSN 73 0802 a 04, se obvodové stěny z konstrukcí druhu DP3 klasifikují jako požárně otevřené plochy, pokud není prokázáno jinak. Výjimkou jsou obvodové stěny z konstrukcí druhu DP3, které jsou atestovány ve specializovaných zkušebnách a je u nich prokázáno, kromě určité požární odolnosti, že se také po určitou dobu hodnotí jako požárně uzavřené plochy. Pak se tyto stěny klasifikují jako požárně uzavřené plochy a odstupové vzdálenosti se od nich nestanovují. Tato práce se ovšem zabývá prvním případem, tedy když se obvodové stěny klasifikují jako požárně otevřené plochy.

Jak je zmíněno v teoretické části této práce, konkrétně v kapitole 2.1, obvodové stěny z konstrukcí druhu DP3 se klasifikují jako částečně požárně otevřené plochy v případě, že hustota tepelného toku je v rozmezí 15–60 kW/m². Pokud je hustota tepelného toku menší než 15 kW/m² pak se obvodová stěna klasifikuje jako požárně uzavřená plocha, a v případě, že je hustota tepelného toku větší než 60 kW/m², tak se jedná o požárně otevřenou plochu. V normě ČSN 73 0802 je v článku 10.4.4 uveden vzorec pro výpočet hustoty tepelného toku. Po vyjádření teploty a dosazení hodnot tepelného toku 15 a 60 kW/m² bylo stanoveno rozmezí pro klasifikování obvodových stěn pomocí teplot. Hodnotě 15 kW/m² odpovídá teplota přibližně 444,18 °C a hodnotě 60 kW/m² pak odpovídá teplota přibližně 741,24 °C. Obvodová stěna se tedy hodnotí jako částečně požárně otevřená plocha v případě, že teplota na vnějším líci obvodové stěny je v rozmezí 441,18-741,24 °C. Pokud je dosažena teplota na vnějším líci obvodové stěny vyšší

než 741,24 °C, pak se obvodová stěna hodnotí jako požárně otevřená plochy. Naopak do teploty 444,18 °C jde o požárně uzavřenou plochu.

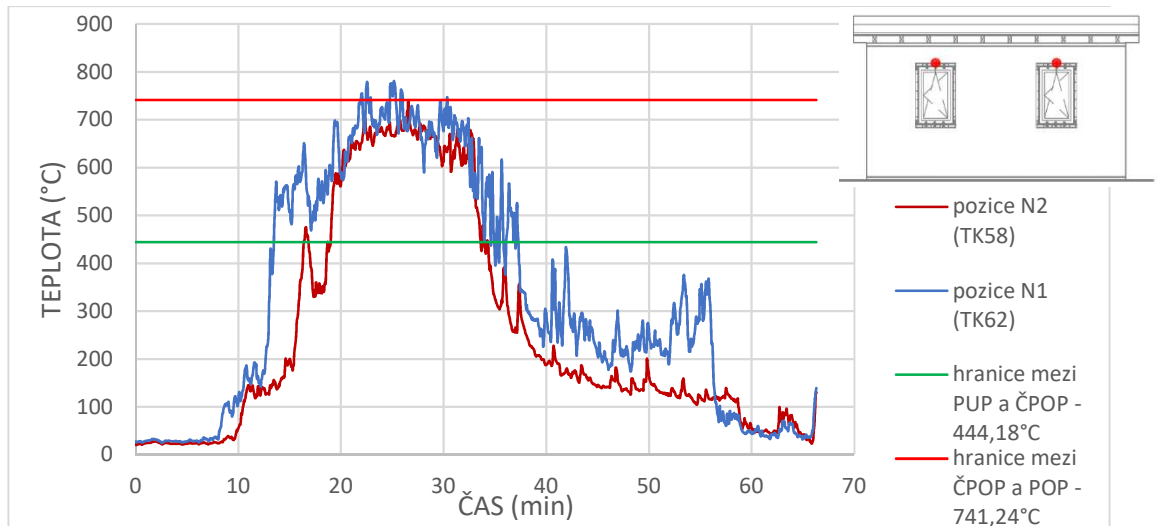
Podle znázornění průběhu teplot na obvodové stěně s okenními otvory na grafech uvedených v příloze 3 je patrné, že naměřené teploty nepřesáhnou hodnotu 741,24 °C, až na krátkodobé výkyvy. Otázkou je, zda tyto výkyvy mají z hlediska odstupových vzdáleností velký dopad na určení požární otevřenosti obvodové stěny. Jak je patrné z výše popsaného průběhu teplot, tak tyto teplotní výkyvy vysokých teplot trvaly pouze krátkou dobu – od několika sekund až po dobu přibližně dvou minut. Je otázkou, zda během této relativně krátké doby výskytu vysokých teplot, přesahujících teplotní hranici pro požárně otevřené plochy (741,24 °C), jsou objekty vyskytující se v blízkosti této stěny v ohrožení přenosu požáru. Záleží na skladbě obvodových stěn, na které by v případě požáru takto vysoké teploty působily. V případě obvodové stěny s dřevěným obkladem (popřípadě jinou hořlavou povrchovou úpravou) je přenos požáru na tuto stěnu během výše zmíněných krátkodobých nárůstů vysokých teplot trvajících po dobu přibližně dvou minut, pravděpodobný, respektive nelze vyloučit. Pokud ovšem není na sousedních obvodových stěnách (včetně obvodových stěn druhu DP3) použita hořlavá povrchová úprava, tak dle naměřených dat z velkorozměrové požární zkoušky lze říci, že přenos požáru na tyto stěny je během zmiňovaných krátkodobých teplotních nárůstů nepravděpodobný.

Teploty naměřené v nadpraží jednotlivých otvorů se pohybovaly okolo teplotní hranice mezi částečně požárně otevřenou plochou a zcela požárně otevřenou plochou, tzn. okolo teploty 741 °C. Podobně jako u termočlánků umístěných v horní části obvodové stěny a poblíž okenních otvorů jsou i zde výkyvy teplot přesahující hodnotu 741 °C pouze krátkodobé, trvající méně než jednu minutu. Z průběhu teplot znázorněných na Grafu 1 je patrné, že ani v těsné blízkosti okna (zcela požárně otevřené plochy) v obvodové stěně z konstrukcí druhu DP3 bez prokázané požární odolnosti není dosaženo dlouhodobého působení teplot odpovídajících klasifikaci obvodové stěny jako zcela požárně otevřené plochy. Vyšších teplot pak bylo dosaženo v termočlánku na pozici N1, který byl umístěn v nadpraží okna levé místnosti, kde byla vnější i vnitřní omítka hliněná. Na Grafu 1 je patrný prudký nárůst teplot okolo 12. minuty v termočlánku N1 umístěného v nadpraží okna v západní místnosti a přibližně o 3 minuty později u termočlánku N2 umístěného v nadpraží okna ve východní místnosti. Tento prudký nárůst teplot byl způsoben vysklením okenních otvorů, které nastalo dříve v místnosti západní.

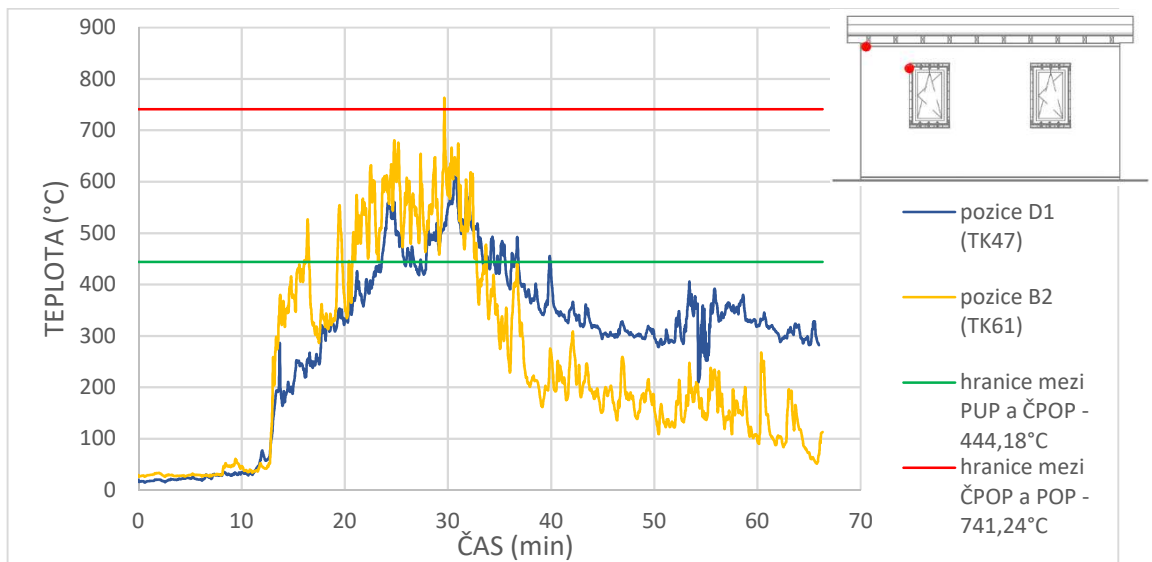
Při porovnání průběhu teplot termočlánku B2 umístěného v levém horním rohu okna v levé místnosti a termočlánku D1 umístěného v levém horním rohu obvodové stěny je zřejmé, že dosažené teploty se při největším rozvoji požáru od sebe liší až o 150 °C. Průběh teplot

termočlánků B2 a D1 je znázorněn na Grafu 2. Nárůst teplot je přibližně do 12. minuty požární zkoušky u obou termočlánků téměř totožný s teplotami pohybujícími okolo 50 °C. Po již zmiňovaném rychlém nárůstu teplot okolo 12. minuty je nárůst teplot v termočlánku B2 podstatně větší než u termočlánku D1. Teploty v termočlánku B2 dosahovaly hodnot okolo 400 °C, kdežto u termočlánku D1 byly naměřené teploty poloviční, tedy okolo 200 °C. Maximální teploty dosažené v těchto termočláncích byly naměřeny přibližně mezi 25. až 32. minutou požární zkoušky a u termočlánku B2 dosahovaly teplot okolo 650 °C a u termočlánku D1 okolo 550 °C, tedy přibližně o 100 °C méně. Následný teplotní pokles byl u termočlánku umístěného v levém horním rohu obvodové stěny mírnější než u termočlánku v levém rohu okenního otvoru umístěného v západní místnosti. Od 36. minuty se teploty v obou termočláncích pohybovaly pod hranicí 444 °C, která rozděluje klasifikaci obvodové stěny mezi požárně uzavřenou a částečně požárně otevřenou plochou.

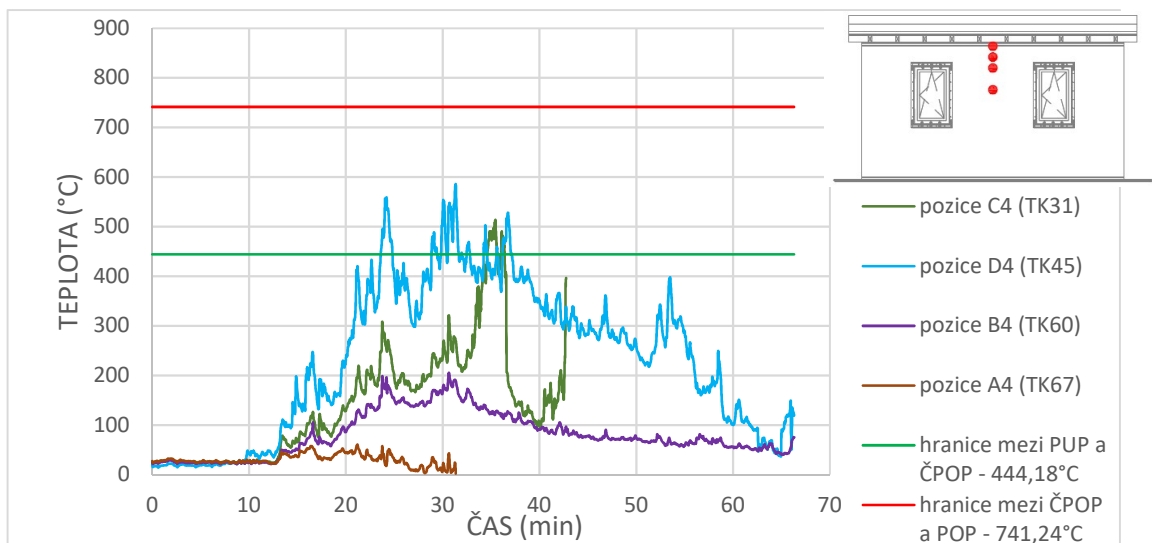
Průběh teplot uprostřed obvodové stěny (termočlánky umístěné ve sloupci 4) nedosahoval tak vysokých hodnot, jak je patrné na Grafu 3. V nejnižše umístěném termočlánku sloupce 4, konkrétně termočlánek A4, teploty do 30. minuty nepřesáhly 50 °C. Přibližně po 30. minutě ovšem došlo pravděpodobně k poškození vedení zmiňovaného termočlánku a od této doby nebyly tímto termočlánekem naměřeny další relevantní hodnoty teplot. U termočlánku B4 byly naměřeny teploty podstatně vyšší než u termočlánku A4, avšak nepřekročily hodnotu 200 °C. Rozdíl teplot mezi termočlánekem B4 a termočlánekem C4, umístěným o řadu výše, nebyl velký. Maximální teploty se v tomto termočlánku pohybovaly okolo teploty 500 °C, ovšem působení takto vysokých teplot trvalo jen přibližně 2 až 3 minuty. Mimo tento krátkodobý nárůst se teploty v termočlánku na pozici C4 pohybovaly okolo 200 až 250 °C. Přibližně od 43. minuty byly podobně jako u termočlánku A4 měřeny neodpovídající hodnoty teplot, což bylo způsobeno pravděpodobně porušením vedení termočlánku. V termočlánku D4, který byl umístěn nejvýše ze všech termočlánků ve sloupci 4, byly dle očekávání naměřeny nejvyšší teploty. Ty se, až na krátkodobé účinky vyšších teplot (okolo 550 °C), pohybovaly pod hranicí teplot 444 °C. Až na jednotlivé krátkodobé výkyvy teplot v termočláncích C4 a D4 se teploty uprostřed obvodové stěny pohybovaly pod hodnotou 444 °C a obvodová stěna by se zde hodnotila jako požárně uzavřená plocha. Jak je z naměřených teplot patrné, tak termočlánky uprostřed obvodové stěny mezi okenními otvory nebyly příliš ovlivněny sáláním tepla z těchto otvorů. Je tedy zřejmé, že teplo sálající z okenních otvorů působilo spíše v přímém směru než do stran a obvodové stěny z konstrukce druhu DP3 bez prokázané požární odolnosti by se mohly dle dosažených teplot, respektive hustotě tepelného toku, klasifikovat jako PUP, popřípadě ČPOP.



Graf 1 Průběh teplot v nadpraží okenních otvorů



Graf 2 Porovnání průběhu teplot termočlánků na pozici D1 (TK47) a B2 (TK61)

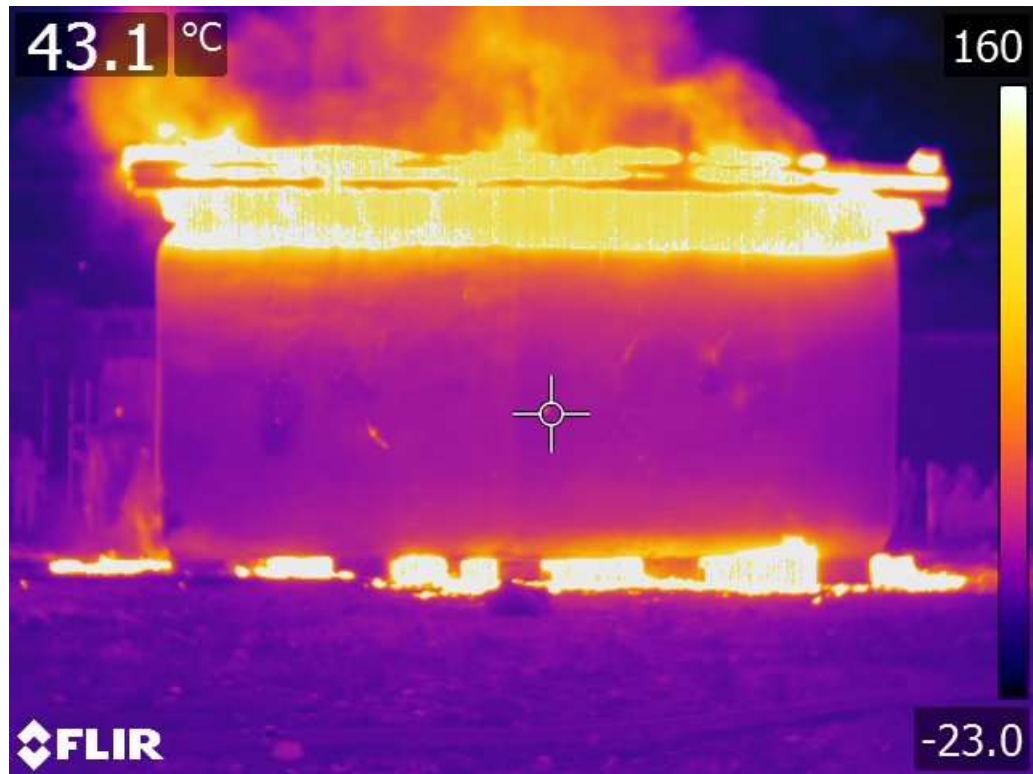


Graf 3 Průběh teplot uprostřed obvodové stěny po výšce (sloupec termočlánků 4)

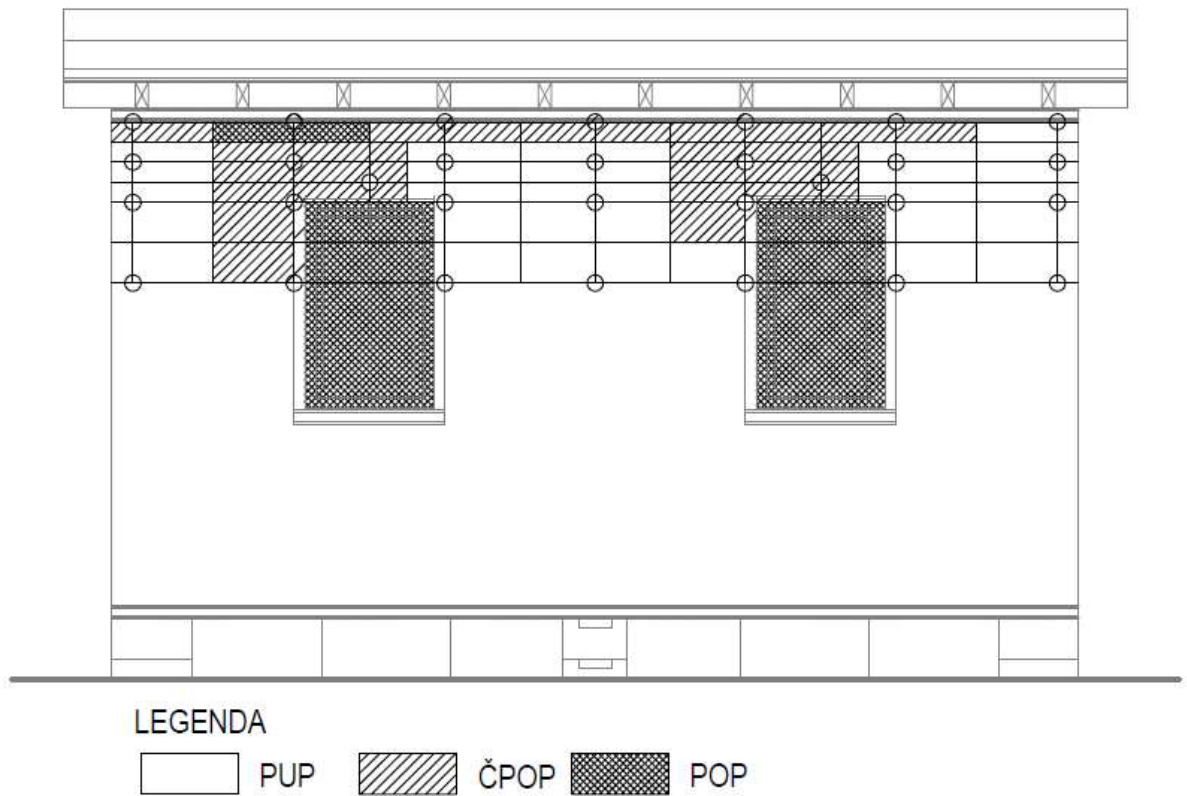
Na obvodové stěně bez okenních otvorů byl průběh teplot výrazně nižší než na obvodové stěně s otvory. Jak je patrné z Grafu 4, tak do 30. minuty teploty na obvodové stěně východní místnosti, tj. s vápennou omítkou, nepřesáhly hodnotu 50 °C, dokonce byly po většinu této doby o mnoho nižší. Po 30. minutě požáru byly naměřeny vyšší teploty, konkrétně u termočlánku TK11 se mezi 30. a 45. minutou pohybovala teplota okolo 100 °C, u ostatních termočlánků umístěných na obvodové stěně východní místnosti se, až na krátkodobé výkyvy, teplota pohybovala pod hodnotou 50 °C. Na obvodové stěně západní místnosti, s vnější hliněnou omítkou, byly naměřeny podobné teploty, jako na obvodové stěně s vápennou omítkou. Do 30. minuty se teploty pohybovaly rovněž do 50 °C. Až na nečekané výkyvy teplot, které se nedají považovat za relevantní a jsou zanedbávány, se teploty pohybovaly okolo 50 °C po celou dobu požární zkoušky, jak je patrné z Grafu 5. Na Obr. 18 je na obvodové stěně bez otvorů znázorněn průběh teplot z termokamery.

Při stanovení odstupových vzdáleností podle normy ČSN 73 0802, resp. ČSN 73 0804, by se obvodová stěna z konstrukcí druhu DP3, bez prokázané požární odolnosti, klasifikovala jako zcela požárně otevřená plocha a odstupová vzdálenost, resp. požárně nebezpečný prostor, by se stanovovala od celé obvodové stěny. Avšak dle naměřených teplot, kdy byla na obvodové stěně bez otvorů dosažena maximální teplota okolo 100 °C, by se taková to stěna klasifikovala jako požárně uzavřená plocha (až do teploty 444,18 °C). V tomto případě by se pak od této stěny nestanovovaly odstupové vzdálenosti, resp. požárně nebezpečný prostor. Z provedené experimentální zkoušky je patrné, že obvodové stěny z konstrukcí druhu DP3, ve kterých nejsou žádné otvory, se mohou klasifikovat jako požárně uzavřené plochy.

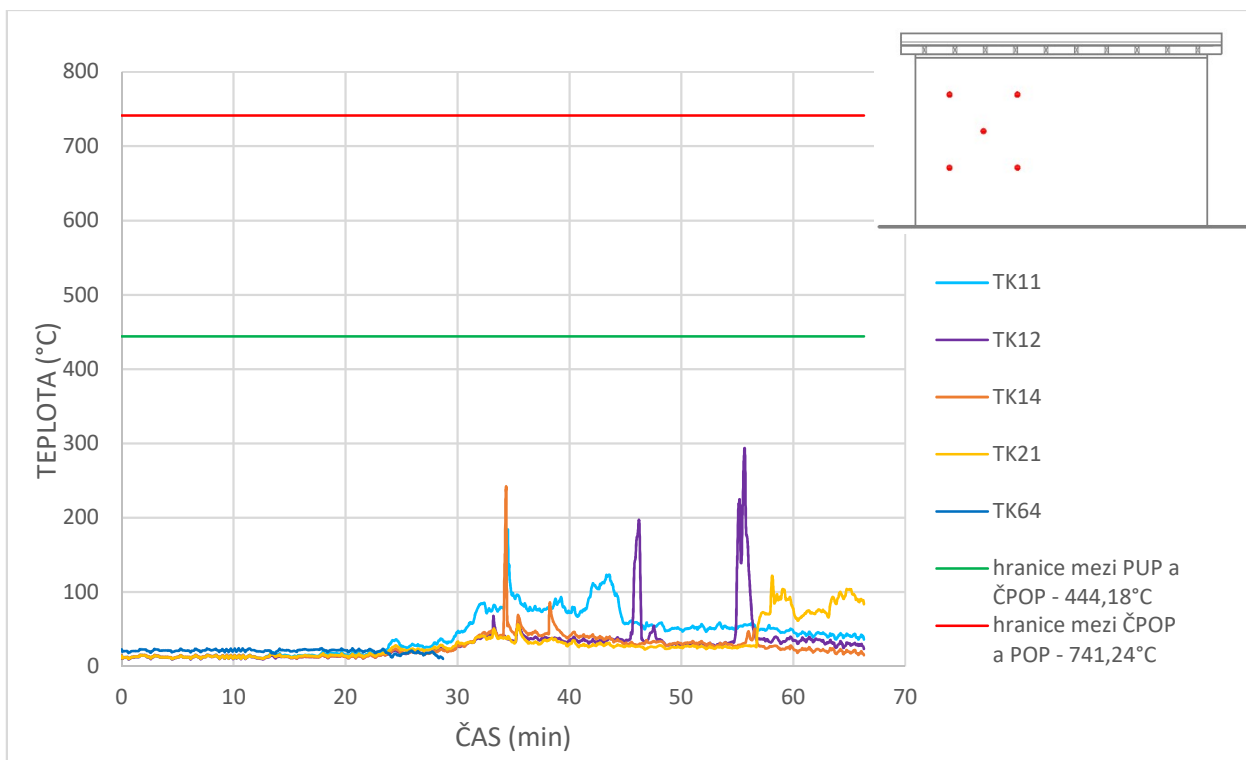
V případě obvodové stěny s okenními otvory je z experimentální požární zkoušky zřejmé, že obvodová stěna by se v blízkosti okenních otvorů a v horní části obvodové stěny klasifikovala jako částečně požárně otevřená plocha. Na Obr. 19 je znázorněno rozložení PUP/ČPOP/POP podle naměřených teplot na obvodové stěně s okenními otvory. Toto rozložení je znázorněno ve 30. minutě, protože tento typ posuzované stavby, tedy slaměný dům, má využití především pro rodinné domy, u kterých není ve většině případů požadována požární odolnost větší než 30 minut. Znázornění rozložení klasifikace obvodových stěn dle naměřených teplot v dalších minutách požární zkoušky je v příloze 5. Z výše popsaného je patrné, že přístup k odstupovým vzdálenostem od obvodových stěn druhu DP3 je v normách řady ČSN 73 08xx velice přísný a konzervativní.



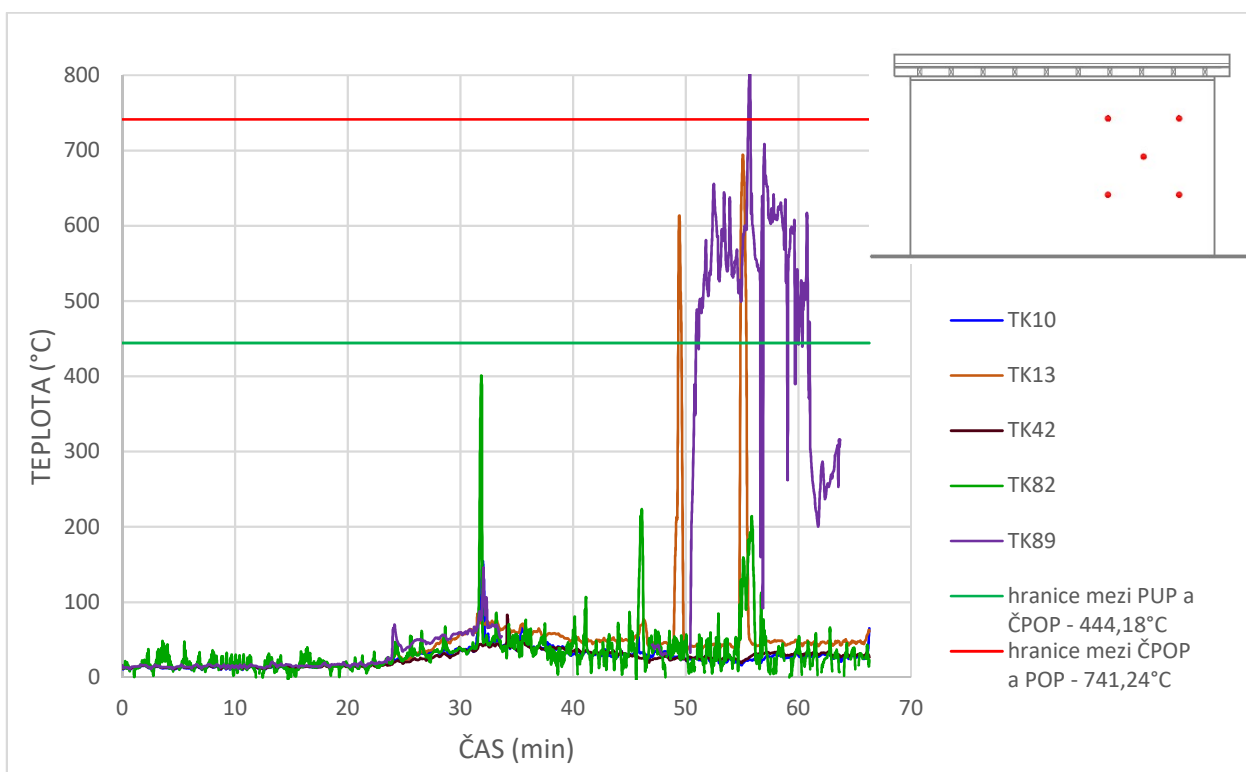
Obr. 18 Záběr termokamery na zadní podélnou stěnu bez otvorů



Obr. 19 Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně ve 30. minutě



Graf 4 Průběh teplot na obvodové stěně bez okenních otvorů – východní místnost



Graf 5 Průběh teplot na obvodové stěně bez okenních otvorů – západní místnost

6 Výpočetní modely

Tato část práce se zabývá výpočetními CFD modely, které byly vypočteny programem FDS. Hlavním výpočetním modelem je objekt experimentálního slaměného domu. Kromě tohoto modelu byly dále vypočteny také pomocné modely, konkrétně model požárního zatížení – dřevěné hranice a zjednodušený model požárního zatížení.

6.1 Model požárního zatížení – dřevěné hranice

Model požární dřevěné hranice byl vymodelován a spočten z důvodu získání hodnot množství uvolňovaného tepla (HRR) z této hranice. Oproti zjednodušenému modelu požárního zatížení, popsaném v 6.2, má tento model vymodelované jednotlivé prvky dřevěné hranice – dřevěné latě a OSB desky, ze kterých byly tvořeny požární hranice při experimentální zkoušce. Takový to model požárního zatížení, ve kterém jsou namodelovány jednotlivé prvky dřevěné hranice, vyžaduje velmi jemnou výpočetní síť, čímž dochází k nárůstu výpočetního času. Při vložení takto namodelovaného požárního zatížení do modelu experimentálního slaměného domu by došlo k ještě většímu nárůstu počtu výpočetních buněk a výpočetnímu času. Z tohoto důvodu byl vytvořen model zjednodušeného požárního zatížení, do kterého se nadeřinovalo HRR z tohoto modelu.

Popis modelované hranice

Modelovaná hranice, která odpovídá použitým dřevěným hranicím při požární zkoušce, má základní půdorysné rozměry 800 x 800 mm a výšku 395 mm. Hranice byla složena z dřevěných latí průřezu 50 x 40 mm a OSB deskami tl. 15 mm. Dřevěné latě na sebe byly skládány vždy křížem a celkem byla hranice tvořena 7 řadami latí. Ty byly vždy po dvou řadách proloženy OSB deskou.

Modelování dřevěné hranice

Výpočetní prostor byl rozdělen celkem na 7 výpočetních sítí pomocí příkazu „MESH“ a oproti rozměrům dřevěné hranice byl na každou stranu zvětšen, a to o 40 mm do stran a o 25 mm od spodní i vrchní strany. Celkové rozměry výpočetního prostoru tedy byly 880 x 880 x 445 mm. Rozdělení výpočetního prostoru do 7 výpočetních sítí bylo z důvodu získání co nejmenšího počtu početních buněk pro zrychlení výpočetního času. Výpočetní sítě, které byly použity pro oblast dřevěných latí, byly rozděleny do výpočetních buněk o velikosti 20 x 20 x 25 mm a pro oblast OSB desek o velikosti 20 x 20 x 5 mm. První výpočetní síť byla pro oblast prvních dvou řad

dřevěných latí. Na tuto výpočetní síť přímo navazovala další, která byla pouze pro oblast OSB desky, umístěné na prvních dvou řadách dřevěných latí. Jednotlivé výpočetní sítě na sebe navazovaly a postupně se střídaly podle jednotlivých oblastí dřevěných latí nebo OSB desek.

Před samotným modelováním jednotlivých prvků požární hranice bylo v první řadě nutné nadefinovat jednotlivé použité materiály a jejich vlastnosti, pomocí příkazu „MATL“. Pro potřeby modelování dřevěné požární hranice byly nadefinovány dva materiály, a to dřevo pro dřevěné latě a OSB desky. Těmto materiálům byly nadefinovány tyto vlastnosti (převzato z [10]):

1) Dřevo pro dřevěné latě

- hustota – 400 kg/m^3
- měrná tepelná kapacita – $1,63 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- součinitel tepelní vodivosti – $0,2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- spalné teplo – $1,8\text{E}4 \text{ kJ/kg}$

2) OSB desky

- hustota – 600 kg/m^3
- měrná tepelná kapacita – $1,3 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- součinitel tepelní vodivosti – $0,2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- spalné teplo – $1,8\text{E}4 \text{ kJ/kg}$

Dalším krokem bylo nadefinování dvou různých povrchů příkazem „SURF“ pro vymodelování samotné dřevěné hranice. Jednotlivým povrchům byly nadefinovány různé vlastnosti, jako například množství uvolňovaného tepla, zápalná teplota povrchu nebo také zda daný povrch odhořívá nebo ne a další.

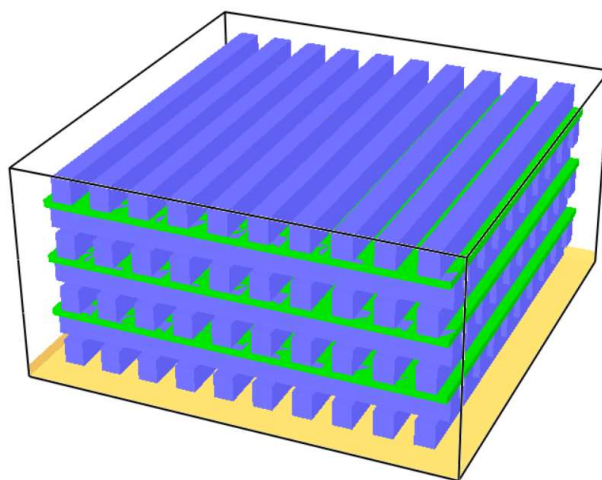
Po nadefinování výše popsaného bylo možné začít modelovat samotnou geometrii požární hranice. Modelování geometrie dřevěné hranice bylo pomocí příkazu „OBST“, který byl použit pro každý prvek dřevěné hranice (jednotlivé latě a OSB desky). Pro každý prvek byly příkazem „OBST“ zadány souřadnice x, y, z daného prvku a také příslušný povrch, který danému prvku odpovídal. Vždy byla zadána minimální a maximální hodnota jednotlivých souřadnic. Po zadání geometrie všech prvků dřevěné hranice byl rovněž vymodelován zápalný kanálek umístěný pod hranicí. Dále byly zadány ventilační plochy, pomocí příkazu „VENT“, pro zajištění přísunu kyslíku. Tyto ventilační plochy byly na všech čtyřech bočních stranách.

Jako zdroj požáru byl použit výše zmíněný zápalný kanálek s petrolejem, který byl umístěn uprostřed pod hranicí. Tomuto kanálku byl příkazem „SURF“ nadefinován povrch představující petrolej. Tomuto povrchu s petrolejem bylo nastaveno, že po 300 sekundách zápalný zdroj – petrolej vyhoří a od této doby už hoří samotná dřevěná hranice.

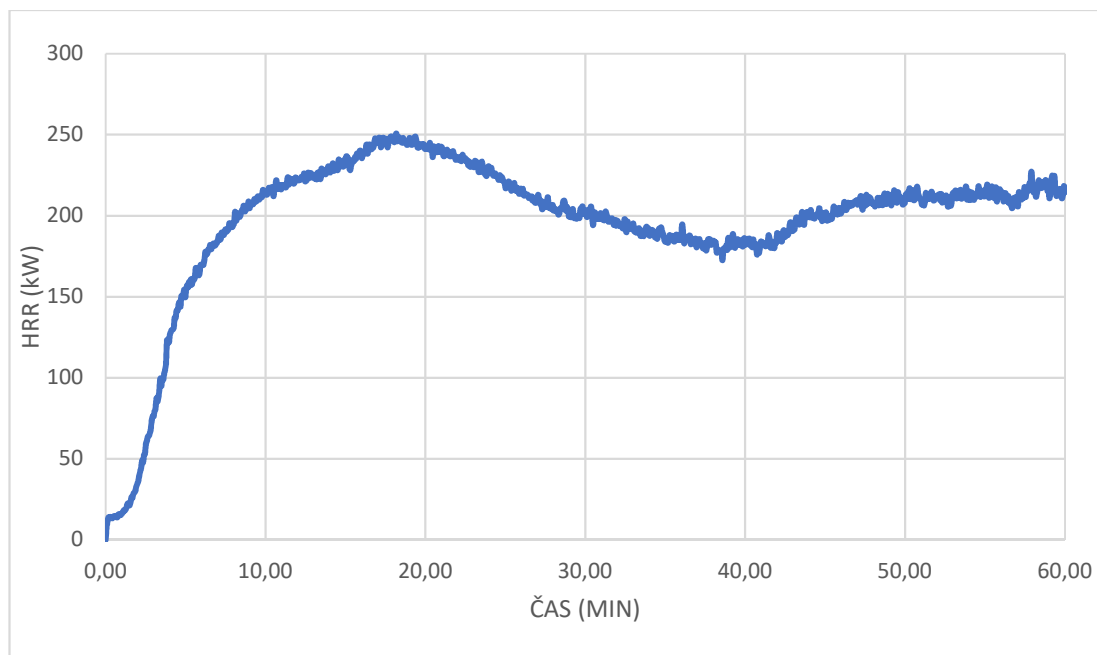
Jednotlivým povrchům byl nadefinován způsob hoření pomocí příkazu „RAMP_Q“, díky kterému byla dřevěným hranolům a OSB deskám nadefinována křivka uvolňování tepla jako poměr mezi nastavenou a maximální hodnotou výkonu požáru proměnný v čase. Hodnoty rychlosti uvolňování tepla byly pro oba materiály převzaty z kalorimetrických zkoušek Jakuba Procházky a Petra Hejtmánka provedených dne 12. 11. 2015 v Technickém ústavu požární ochrany (TÚPO HZS ČR) v Praze – Modřanech.

Posledním krokem bylo zadání měřících termočlánků pomocí příkazu „DEVC“. Kromě teplot měřených těmito termočlánky bylo dále zjišťováno množství uvolněného tepla. Naměřené množství uvolňovaného tepla bylo poté použito do zjednodušeného modelu požárního zatížení, který byl použit do hlavního modelu experimentálního slaměného objektu. Výsledný model dřevěné požární hranice je znázorněn na Obr. 20. Zdrojový kód tohoto výpočetního modelu je v příloze 9.

Naměřený průběh množství uvolňovaného tepla pomocí programu FDS je znázorněn na Grafu 6. Jak je z tohoto grafu patrné, tak maximálních hodnot blížících se 250 kW bylo dosaženo přibližně v 19. minutě. Jednotlivým materiálům bylo nadefinováno množství uvolňovaného tepla, a dokud se neuvolní veškeré nadefinované teplo, tak nedojde k poklesu křivky uvolňovaného tepla na Grafu 6.



Obr. 20 Výsledný model požárního zatížení dřevěné hranice



Graf 6 Průběh HRR modelované požární hranice

6.2 Zjednodušený model požárního zatížení

Cílem tohoto modelu bylo zjednodušit předchozí model požárního zatížení, tedy snížit množství početních buněk vzhledem k výpočetnímu času. Oproti předchozímu modelu nebyly modelovány jednotlivé prvky dřevěné hranice, ale hranice byla vymodelována pouze jako jeden kvádr o rozměrech 800x800x400 mm. Díky tomu mohla být výpočetní síť hrubší, a tím bylo množství výpočetních buněk výrazně menší, než tomu bylo v případě prvního modelu požární dřevěné hranice.

Získaná data množství uvolňovaného tepla (HRR) z předcházejícího modelu byly použity pro tento model. Vzhledem ke skutečnosti, že většina uvolňovaného tepla sálá vrchní stranou hranice, avšak sálavé teplo se uvolňuje rovněž bočními stranami, tak bylo naměřené HRR rozděleno na 80 a 20 %, kdy 80 % se uvolňuje právě z vrchního povrchu zjednodušené hranice. Zbylých 20 % HRR bylo rozděleno rovnoměrně na všechny čtyři boční strany, tedy na každou boční stranu 5 % z naměřeného průběhu HRR. Průběh uvolňovaného tepla byl také přizpůsobován průběhu teplot naměřených při požární zkoušce zkušební dřevěné hranice, která proběhla v požární laboratoři UCEEB.

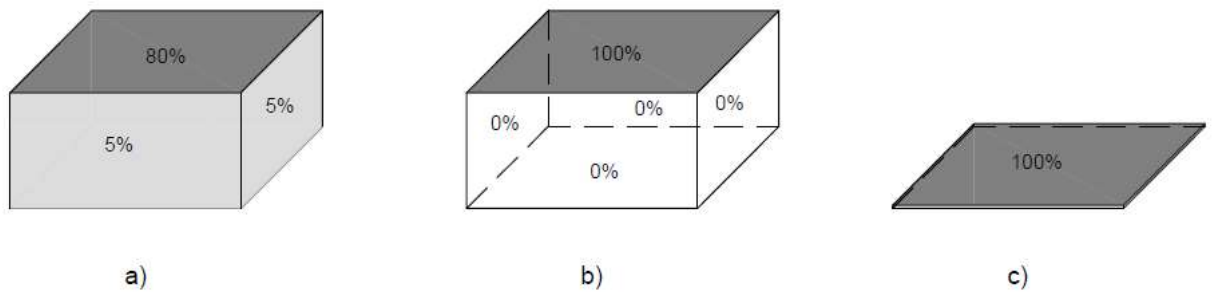
Při samotném modelování byl výpočetní prostor rozdělen na dvě výpočetní sítě, kdy první výpočetní síť byla do výšky 0,5 m a druhá od 0,5 do 2,5 m. Výpočetní prostor byl na každou stranu zvětšen o 100 mm. Stejně jako u předchozího modelu následovalo nadefinování materiálu a jeho

vlastností pomocí příkazu „MATL“. Pro zjednodušenou hranici požárního zatížení byl definován pouze materiál dřeva, kterému byli přiřazeny stejné vlastnosti jako u předcházejícího modelu. Dále byly definovány povrchy pomocí příkazu „SURF“. Celkem byly nadefinovány 3 povrchy, jeden povrch pro dřevěnou hranici a dva povrchy pro které bylo nadefinováno množství uvolňovaného tepla v různých časech pomocí příkazu „RAMP_Q“. Povrchy, které uvolňují teplo byly nadefinovány zvlášť pro vrchní plochy s 80 % celkového HRR s označením HRANICEV a pro boční plochy s 20 % celkového HRR s označením HRANICEB.

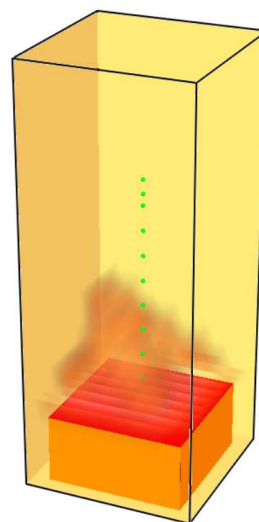
Po nadefinování materiálu a povrchů byl pomocí příkazu „OBST“ nadefinován kvádr představující zjednodušenou požární hranici. Dalším krokem bylo nadefinování ventilačních ploch příkazem „VENT“, kdy byly definovány ohraničující ventilační plochy výpočetního prostoru a ventilační plochy na povrchu kvádru požárního zatížení, které uvolňovali teplo podle výše zmiňovaných povrchů. Posledním krokem bylo umístění měřící techniky. Nad zjednodušenou požární hranicí byly umístěny termočlánky, které svým umístěním odpovídaly termočládkům při požární zkoušce zkušební hranice. Při porovnávání těchto termočládků se došlo, k již zmiňovanému rozložení uvolňovaného tepla (HRR) 80 a 20 %, které nejlépe odpovídá rozložení teplot v termočláncích z požární zkoušky.

Než bylo zjištěno toto výsledné rozložení, tak byly zkoušeny celkem tři různé varianty představující zjednodušené požární zatížení. První variantou je výše popsáný zjednodušený model, tedy kdy se uvažuje sálání většího množství uvolněného tepla z horního povrchu a rovněž sálání tepla z bočních stran. Před získáním výsledného rozložení uvolňovaného tepla bylo zkoušeno několik různých rozložení HRR, jako např. 60 % na horní ploše a 40 % na bočních stranách nebo 70 % a 30 %. Druhou variantou zjednodušeného požárního zatížení byl model o stejné geometrii krychle, ale uvažovalo se sálání uvolňovaného tepla pouze z vrchní strany o výkonu 100 % z celkového uvolňovaného tepla. Třetí variantou bylo uvažování sálavé plochy na podlaze o výkonu 100 % z celkového uvolňovaného tepla. Jednotlivé varianty zjednodušeného požárního zatížení jsou znázorněny na Obr. 21.

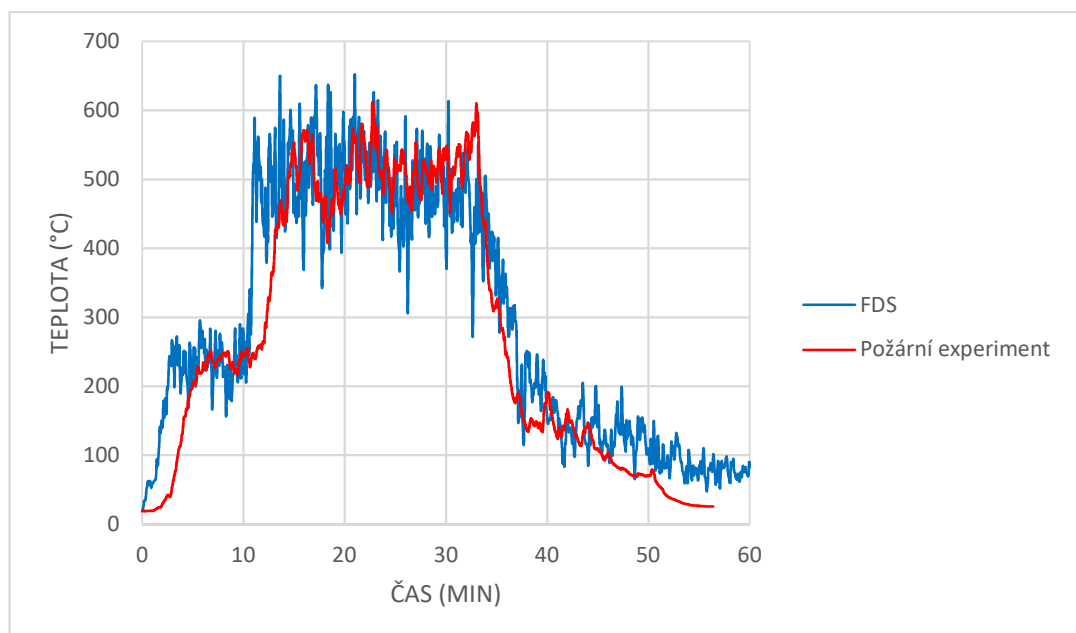
Výsledný model zjednodušeného požárního zatížení zobrazen v programu Smokeview je znázorněn na Obr. 22. Na Grafu 7 je znázorněný výsledný průběh teploty v nejvýše umístěném termočládku stanovený jednak pomocí programu FDS a také naměřený během požární zkoušky v požární laboratoři UCEEB. Z těchto průběhů teplot je patrné, že výsledný průběh teploty v nejvýše umístěném termočládku u zjednodušené hranice požárního zatížení odpovídá průběhu teplot u dřevěné hranice zkoušené v požární laboratoři UCEEB. Zdrojový kód výsledného výpočetního modelu je v příloze 10.



Obr. 21 Varianty zjednodušené požární hranice: a) hranice s uvažovaným sáláním bočními plochami b) hranice se zanedbaným sáláním z bočních stran c) ventilační plocha na podlaze



Obr. 22 Výsledný model zjednodušeného požárního zatížení



Graf 7 Průběh teplot v nejdříve umístěném termočláčku

6.3 Model experimentálního slaměného objektu

V této části práce bude popsáno modelování hlavního experimentálního slaměného objektu v programu FDS pro znázornění požárně inženýrského přístupu. Získané výsledné hodnoty budou vyhodnoceny a porovnány s výsledky velkorozměrové požární zkoušky.

6.3.1 Popis modelování experimentálního slaměného objektu

Výpočetní prostor

Vzhledem k velikosti slaměného objektu a snaze získat co nejmenší počet výpočetních buněk z důvodu nedostatku času pro výpočet byl výpočetní prostor rozdělen celkem na šest výpočetních sítí pomocí příkazu „MESH“. První výpočetní síť představovala oblast slaměného domu až do výšky 3,0 m, nebyla v této síti zahrnuta oblast střechy. Tato výpočetní síť byla rozdělena do výpočetních buněk o velikosti 125 x 125 x 200 mm. Druhá výpočetní síť zahrnovala oblast střechy slaměného objektu. Výpočetní buňky této sítě byly o velikosti 125 x 125 x 66,6 mm. Hodnota souřadnice „z“ nevycházela jako celé číslo z důvodu požadavku rozdělení výpočetní sítě na minimálně 3 výpočetní buňky. Zbývající čtyři výpočetní sítě představovali oblast před podélnými obvodovými stěnami pro měření sálavého tepelného toku z hlediska odstupových vzdáleností. Na každou podélnou stěnu připadaly dvě sítě pro oblast měření sálavého tepelného toku, kdy jedna výpočetní síť navazovala na síť oblasti slaměného objektu a druhá výpočetní síť okolí navazovala na síť pro oblast střechy. Toto rozdělení sítí představující okolí podélných stěn bylo z důvodu návazností na výpočetní sítě oblasti slaměného objektu bez střechy a oblasti střechy, protože jak je popsáno výše, tak každá z těchto sítí má rozdílnou velikost buněk po výšce (souřadnice „z“).

Definování materiálů

Po zadání výpočetního prostoru byly zadány použité materiály a jejich vlastnost pomocí příkazu „MATL“. Celkem bylo pro model experimentálního slaměného objektu nadefinováno dvanáct materiálů, jako například sláma, dřevo, hlína, OSB desky, sklo a další. Pro názornost zadaných vlastností jednotlivých materiálů jsou zde uvedeny nadefinované vlastnosti základních použitých materiálů:

1) Sláma

- hustota – 90 kg/m³
- měrná tepelná kapacita – „slama_C“ (měrná tepelná kapacita proměnná podle teploty)

- součinitel tepelní vodivosti – „slama_lambda“ (tepelná vodivost proměnná podle teploty)

Proměnné vlastnosti slámy budou popsány dále.

2) Hlína

- hustota – 1600 kg/m^3
- měrná tepelná kapacita – $0,92 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- součinitel tepelní vodivosti – $0,7 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

3) Dřevo

- hustota – 400 kg/m^3
- měrná tepelná kapacita – $2,51 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- součinitel tepelní vodivosti – $0,18 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

4) OSB desky

- hustota – 400 kg/m^3
- měrná tepelná kapacita – $1,63 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- součinitel tepelní vodivosti – $0,98 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Nadefinované vlastnosti ostatních materiálů jsou patrné ze zdrojového kódu uvedeného v příloze 11. Hodnoty nadefinovaných vlastností byly získány především z internetového serveru tzb-info [11]. Hodnoty pro slámu nebyly dohledány, a tak byly použity hodnoty pro dřevo, které se přepočítaly tak, aby odpovídaly pro slámu, což bylo předmětem jiné diplomové práce.

Jak je patrné z výše nadefinovaných materiálů, tak pro slámu byly hodnoty měrné tepelné kapacity a součinitele tepelné vodivosti nadefinovány proměnné podle teploty při požáru. Nadefinování těchto proměnných vlastností bylo pomocí příkazu „RAMP“, kdy různým teplotám byly přiřazeny různé hodnoty příslušných vlastností odpovídající dané teplotě. Kromě slámy byly takto nadefinovány také hodnoty pro vodu, která se během požáru uvolňovala z konstrukce.

Definování povrchů

Po nadefinování všech materiálů a jejich vlastností bylo před modelováním samotného objektu nutné zadat všechny použité povrchy v experimentálním slaměném objektu pomocí příkazu „SURF“. Celkem bylo použito a nadefinováno patnáct povrchů, kterým byly přiřazeny různé vlastnosti, jako např. materiál povrchu (již dříve nadefinovaný), barevné zobrazení v modelu

nebo také tloušťka povrchu. V modelu byly nadefinovány například povrchy slaměných stěn s hliněnou nebo s vápennou omítkou, povrch slámy, hlína, dřevo, minerální vata a další. Všechny použité materiály včetně jejich nadefinovaných vlastností jsou patrné ze zdrojového kódu uvedeného v příloze 11.

Modelování geometrie experimentálního objektu

Po úspěšném nadefinování jednotlivých materiálů a povrchů bylo možné začít s modelováním geometrie slaměného objektu. Zadávání jednotlivých konstrukcí a prvků použitých ve slaměném objektu bylo pomocí příkazu „OBST“. Postupně byly tímto příkazem zadány všechny slaměné stěny, kdy byly nejdříve zadány příčné slaměné stěny a mezi ně byly následně vloženy stěny podélné. Do těchto stěn byly rovněž pomocí příkazu „OBST“ vloženy prostupy konstrukcí, které byly řešeny v rámci jiné diplomové práce.

Po zadání všech slaměných stěn byla zadána nosná konstrukce střechy. Pomocí stejného příkazu, jako v případě zadávání obvodových stěn, byly zadány jednotlivé krokve. Celkem bylo definováno 12 krokví, ze kterých se skládala nosná konstrukce střechy. Následně byla mezi jednotlivé krokve namodelována tepelná izolace, která byla na jedné půlce z minerální vaty a na druhé půlce z vaty skelné, stejně jako tomu bylo u experimentálního slaměného objektu. Krokve s tepelnou izolací byly zaklopeny OSB deskami z horní i spodní strany.

Dalším krokem v namodelování slaměného objektu v programu FDS bylo zadání jednotlivých okenních a dveřních otvorů a průstupů vyskytujících se ve slaměných stěnách. Ty byly zadány pomocí příkazu „HOLE“. Následně byly do okenních otvorů namodelovány okenní skleněné výplně.

Požární zatížení

Dalším krokem bylo zadání požárního zatížení. Jak již bylo popsáno dříve, v tomto modelu budou z hlediska výpočetního času použity zjednodušené hranice požárního zatížení. Před zadáním samotného umístění těchto hranic bylo nejdříve nutné nadefinovat povrchy požáru stejně jako v kapitole 6.2.

Jednotlivé hranice byly nadefinovány pomocí příkazu „OBST“ a jejich rozmístění odpovídalo umístění jednotlivých požárních hranic uvnitř objektu během velkorozměrové požární zkoušky. Toto rozmístění je patrné na Obr. 16 v kapitole 4.2. Na jednotlivé stěny požárních hranic byly následně umístěny ventilační plochy, které uvolňovali teplo podle nadefinovaných povrchů odpovídajících výslednému modelu zjednodušeného požárního zatížení.

Měřicí technika

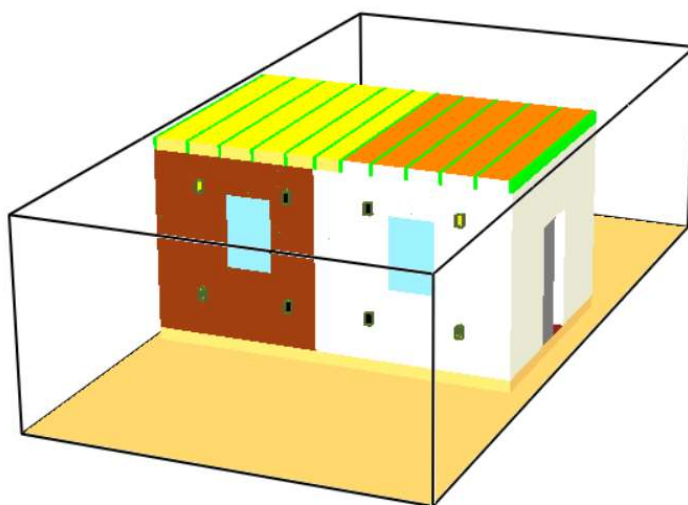
Dále bylo potřeba rozmístit měřicí techniku – termočlánky, použité pro měření teplot na vnějším líci obvodové stěny. Termočlánky byly zadány pomocí příkazu „DEV“ a jejich rozmístění odpovídalo umístění termočlánků na slaměném objektu během velkorozměrové zkoušky, aby mohly být naměřené hodnoty vzájemně porovnány. Kromě termočlánků byly nadefinovány řezové roviny znázorňující hustotu tepelného toku. Tyto řezové roviny byly rozmístěny ve výšce 1,0 až 2,8 m vždy po 0,2 m, aby jejich umístění odpovídalo výpočetním buňkám.

Kromě měřicí techniky pro potřeby této diplomové práce byla v modelu slaměného domu rozmístěna také měřicí technika pro další diplomové práce. Její rozmístění však není v této práci dále řešeno.

Okrajové podmínky

Posledním důležitým krokem, který je před spuštěním samotného výpočtu potřeba je nadefinování okrajových podmínek. Ty byly nadefinovány pomocí příkazu „VENT“ jako ventilační plochy umístěné po okrajích (bočních stran a vrchní strany) výpočetních sítí. Těmto ventilačním plochám byl přiřazen povrch „SURF ID = OPEN“, díky kterému je umožněno unikání horkých plynů do okolí, jako je tomu ve venkovním prostředí a tím je zabráněno hromadění vysokých teplot ve výpočtovém prostoru, kterým by byly ovlivněny naměřené hodnoty.

Po takto nadefinovaném zdrojovém kódu programu FDS byl spuštěn výpočet. Zdrojový kód slaměného objektu je uveden v příloze 11 této diplomové práce. Výsledný model experimentálního slaměného objektu zobrazený ve vizualizačním programu Smokeview je znázorněn na Obr. 23.



Obr. 23 Výsledný model experimentálního slaměného objektu

6.3.2 Zpracování vypočtených výsledků

Po nadefinování zdrojového kódu experimentálního slaměného objektu a jeho následným výpočtem pomocí programu FDS byly spočteny hodnoty průběhu teplot v jednotlivých termočláncích odpovídajících svým rozmístěním termočláncům při velkorozměrové požární zkoušce. Vzhledem ke složitosti a náročnosti výpočetního modelu a nedostatku času pro výpočet, bylo spočteno pouze 24 minut průběhu výpočetního modelu. Vypočítané hodnoty budou dále vyhodnoceny a porovnány s naměřenými hodnotami z velkorozměrové požární zkoušky.

Obvodová stěna s okenními otvory

Pro popis průběhu teplot v jednotlivých termočláncích bude použito označení termočlánců jako při velkorozměrové požární zkoušce, tedy rozmístění termočlánců v sedmi sloupcích s označením 1 – 7 a ve čtyřech řadách s označením A – D. Schéma rozmístění termočlánců je znázorněno na Obr. 14 v kapitole 4.2.

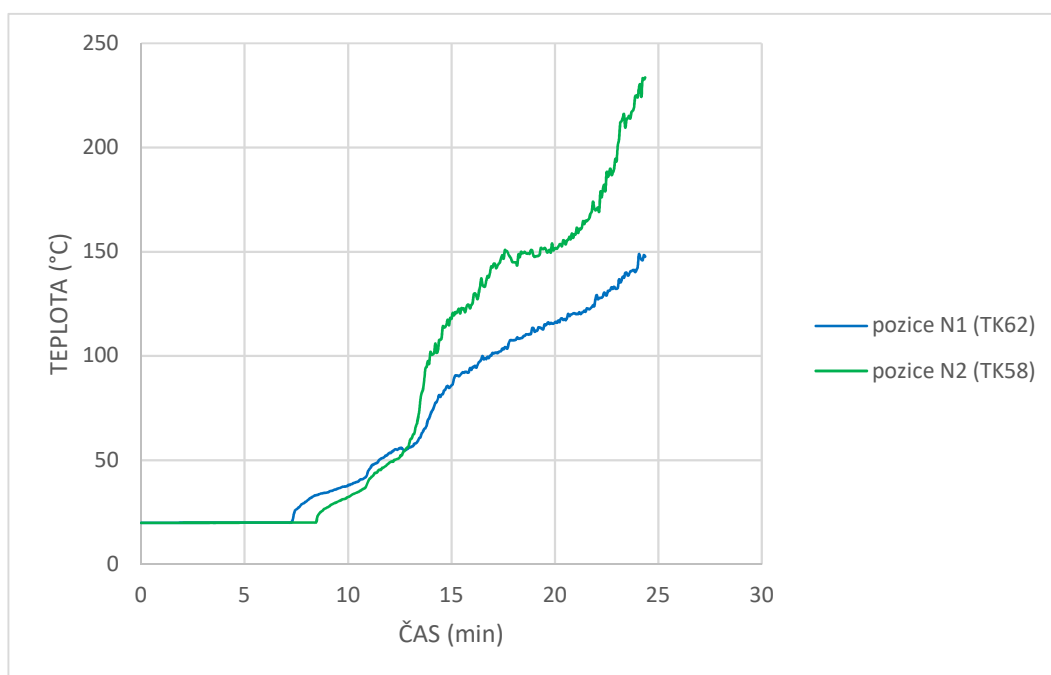
V řadě A byl průběh teplot v jednotlivých termočláncích přibližně do 7. minuty téměř totožný pohybující se okolo teplot kolem 20 °C. Po 7 minutách začala teplota v termočláncích na pozici A2 a A3, umístěných v těsné blízkosti okenního otvoru západní místnosti, stoupat. Teploty v těchto termočláncích pozvolna stoupaly po zbytek vypočteného času výpočtového modelu, tedy do 24. minuty, kdy v těchto termočláncích byla naměřena teplota okolo 45 °C v termočláncu A2 a okolo 41 °C v termočláncu A3. U termočlánců na pozicích A5 a A6, tedy v blízkosti okenního otvoru ve východní místnosti, nastal nárůst teplot přibližně o 1,5 minuty později. Nejvyšší teploty, které byly během vypočteného času v těchto termočláncích naměřeny se pohybovaly okolo 45 °C u termočláncu A6 a okolo 39 °C u termočláncu A5. V ostatních termočláncích v řadě A, konkrétně termočlánci A1, A4 a A7, se po vypočtenou dobu teploty pohybovaly okolo 20 – 22 °C.

V řadě B byl průběh teplot podobný průběhu v řadě A, kdy nárůst teplot nastal nejdříve u termočlánců umístěných v blízkosti okna západní místnosti (termočlánci B2 a B3). Nejvyšší teploty dosažené v těchto termočláncích se pohybovaly okolo 70 °C u termočláncu B2 a okolo teplot 57 °C v termočláncu B3. U termočlánců v blízkosti okna ve východní místnosti nastal nárůst teplot opět přibližně o 1,5 minuty později. Nejvyšší teploty se u termočláncu B5 pohybovaly okolo 65 °C a u termočláncu B6 okolo 70 °C. U termočlánců umístěných dále od jednotlivých okenních otvorů, konkrétně termočlánci B1, B4 a B7, se teploty pohybovaly stále okolo hodnot 20 – 24 °C.

V řadě C je průběh teplot téměř totožný s předchozími řadami. Nejvyšší teploty, které byly v této řadě naměřeny, se pohybovaly okolo 55 °C, což je oproti předchozí řadě přibližně o 15 °C

méně. V termočláncích C1, C4 a C7 se teploty pohybovaly stále mezi teplotami 20 – 24 °C. V nejvyšší řadě se teploty nad okenními otvory, v termočláncích D2, D5 a D6, pohybovaly okolo teploty 45 - 48 °C a u termočláncu D3 byly naměřeny teploty okolo 38 °C. Průběhy teplot v jednotlivých řadách jsou znázorněny na grafech (Graf 16 až Graf 19) uvedených v příloze 6.

U termočlánců umístěných v nadpraží jednotlivých okenních otvorů se, stejně jako u ostatních termočlánců na obvodové stěně s otvory, teploty do cca 7. minuty pohybovaly okolo 20 °C. Následně u termočláncu N1, umístěného v nadpraží okenního otvoru v západní místnosti, nastal postupný nárůst teplot, který ve 24. minutě dosahoval hodnot okolo 148 °C. U termočláncu N2, umístěného v nadpraží okenního otvoru východní místnosti, nastal nárůst teplot cca o 1 minutu později, ale teploty, které byly v tomto termočláncu naměřeny okolo 24. minuty se pohybovaly okolo 230 °C. Průběh teplot v termočláncích N1 a N2, umístěných v nadpraží jednotlivých otvorů, je znázorněn na Grafu 8.



Graf 8 Průběh teplot v nadpraží jednotlivých okenních otvorů vypočtený pomocí programu FDS

Obvodová stěna bez otvorů

Dle průběhu teplot na obvodové stěně s okenními otvory popsaných výše, konkrétně u termočlánců umístěných dále od okenních otvorů, je zřejmé, že teploty na obvodové stěně bez otvorů se budou pohybovat okolo 20 °C. Rozmístění termočlánců na obvodové stěně bez otvorů v modelu odpovídá umístění jednotlivých termočlánců při velkorozměrové požární zkoušce podle požadavků diplomové práce zabývající se požární odolností. Dle průběhu teplot

v těchto termočláncích, znázorněných na grafech v příloze 7, je patrné, že teploty se opravdu pohybovaly okolo teploty 20 °C, což odpovídá výše zmíněnému předpokladu.

6.3.3 Porovnání výsledků velkorozměrové požární zkoušky a výpočetního modelu

V této části práce budou naměřené hodnoty průběhu teplot během velkorozměrové požární zkoušky porovnány s průběhem teplot vypočteného z výpočtového modelu pomocí programu FDS. Vzhledem k faktu, že kvůli náročnosti výpočtového modelu a nedostatku času pro výpočet tohoto modelu bylo vypočteno pouze 24 minut, tak budou porovnány pouze hodnoty průběhu teplot během tohoto času.

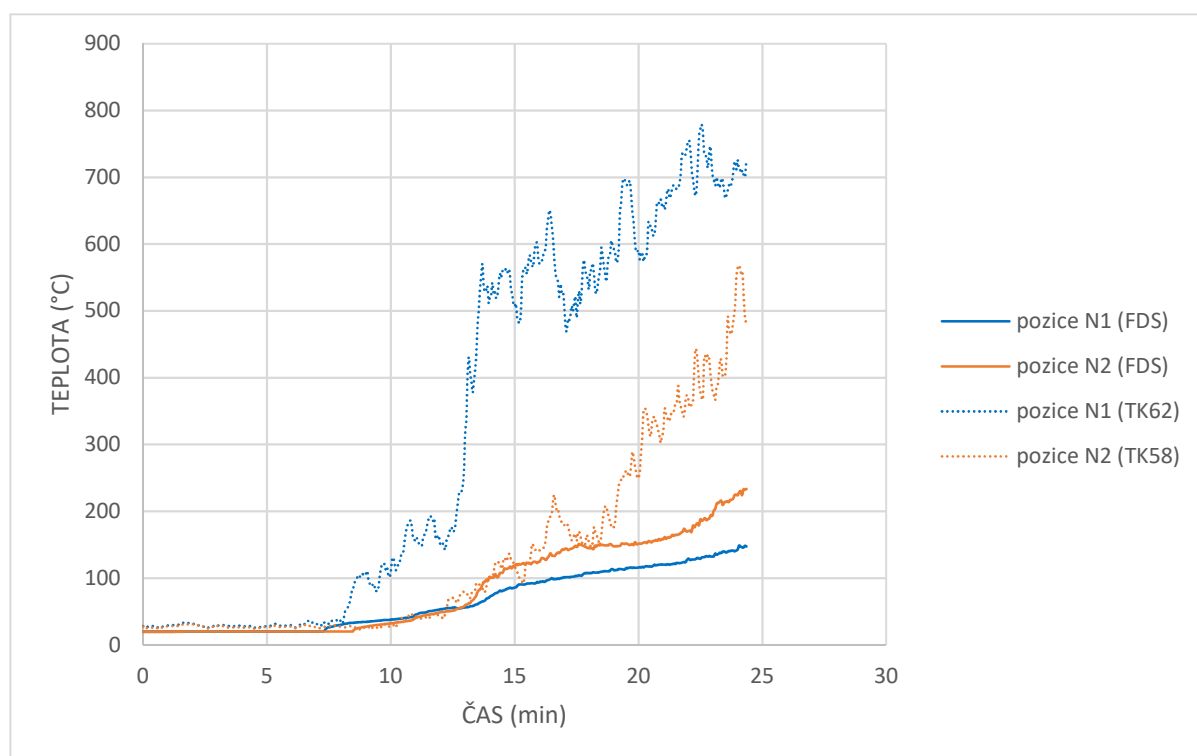
Dle jednotlivých výsledků je patrné, že na obvodové stěně s otvory byl nárůst teplot během velkorozměrové požární zkoušky výrazně vyšší než v případě výpočtového modelu. Během vypočtených dvaceti čtyř minut byly na obvodové stěně s okenními otvory programem FDS naměřeny maximální teploty okolo 70 °C u termočlánců v blízkosti okenních otvorů (bez termočlánců umístěných v nadpraží jednotlivých oken). V případě velkorozměrové požární zkoušky byly v těchto termočláncích naměřeny hodnoty až několikanásobně větší, teploty se pohybovaly okolo 500 °C v nejvyšší řadě termočlánců.

Na Grafu 9 je znázorněno porovnání průběhů teplot v nadpraží jednotlivých okenních otvorů naměřených během velkorozměrové požární zkoušky a vypočtených hodnot pomocí programu FDS. Průběh teplot je porovnáván po dobu 24. minut, tedy po dobu vypočtenou programem FDS. Jak je z Grafu 9 patrné, tak přibližně do 8. minuty byl průběh teplot téměř totožný. Následně v nadpraží okna umístěného v západní místnosti – termočlánek N1, byl při velkorozměrové požární zkoušce zaznamenán nárůst teplot, během kterého se přibližně ve 12. minutě teploty pohybovaly okolo 200 °C. Dle výpočtového programu FDS, v termočláncu na pozici N1, začal přibližně od 8. minuty pozvolný nárůst teploty, který přibližně ve 12. minutě dosahoval teplot okolo 50 °C, tedy cca o 150 °C méně než při velkorozměrové požární zkoušce. Ve 24. minutě byly, v nadpraží okenního otvoru v západní místnosti, při požární zkoušce naměřeny teploty pohybující se okolo 700 °C, oproti tomu dle programu FDS se teploty pohybovaly okolo 147 °C.

Průběh teplot v nadpraží okenního otvoru ve východní místnosti – termočlánek N2, byl zcela odlišný, jak je patrné z Grafu 9. Průběh teplot naměřených během velkorozměrové požární zkoušky a vypočtených pomocí programu FDS byl přibližně do 15. minuty velice podobný. Od 15. minuty byl nárůst teplot v nadpraží okenního otvoru ve východní místnosti během velkorozměrové požární zkoušky rychlejší než u vypočtených hodnot. Ve 24. minutě byly

při požární zkoušce naměřeny teploty přesahující 500 °C, oproti tomu programem FDS byly vypočteny teploty pohybující se okolo 230 °C. Porovnání průběhu teplot mezi velkorozměrovou požární zkouškou a výpočtovým modelem bylo provedeno u termočlánků umístěných v nadpraží jednotlivých okenních otvorů z důvodu získání nejvyšších teplot v těchto termočláncích při stanovení průběhu teplot pomocí programu FDS.

Dle grafů (Graf 10 až Graf 13) v příloze 3 a grafů (Graf 16 až Graf 19) v příloze 6 je patrné, že v ostatních termočláncích umístěných na obvodové stěně s otvory jsou velké rozdíly mezi hodnotami teplot naměřených při velkorozměrové požární zkoušce a stanovených pomocí programu FDS. Vzhledem k náročnosti výpočtového modelu a nedostatku času pro výpočet jsou tyto velké rozdíly pravděpodobně způsobeny nedokonalým výpočtovým modelem, kdy kvůli nedostatku času nemohl být výpočtový model dále upravován a zdokonalován. Jak je patrné z grafů (Graf 14 a Graf 15) uvedených v příloze 4 a z grafů (Graf 20 a Graf 21) uvedených v příloze 7, tak na obvodové stěně bez otvorů jsou hodnoty naměřených teplot během velkorozměrové požární zkoušky velmi podobné hodnotám stanoveným pomocí programu FDS.

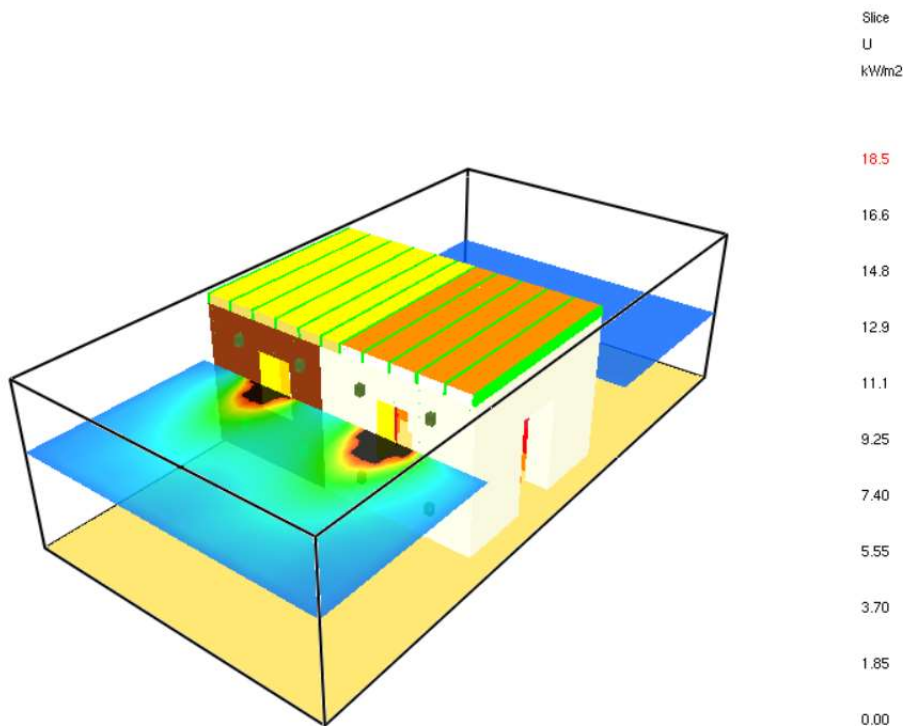


Graf 9 Porovnání výsledného průběhu teplot v nadpraží jednotlivých okenních otvorů z velkorozměrové požární zkoušky a z programu FDS

6.3.4 Aplikace požárně inženýrského přístupu pro stanovení požárně nebezpečného prostoru

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2, tak ve většině zemí je pro stanovení odstupových vzdáleností, respektive vymezení požárně nebezpečného prostoru, možné využít požárně inženýrský přístup. V této části práce tedy budou stanoveny odstupové vzdálenosti pro výše popsany výpočetní model slaměného objektu vypočteného pomocí programu FDS. Na Obr. 24 je znázorněn průběh kritické hustoty tepelného toku $18,5 \text{ kW/m}^2$, uvažovaný pro Českou republiku, pro maximální vypočtenou 24. minutu simulace výpočetního modelu.

Pro tuto 24. minutu je v příloze 1 stanoven požárně nebezpečný prostor pro kritický tepelný tok $18,5 \text{ kW/m}^2$, který odpovídá legislativním požadavkům v České republice. Maximální hodnota odstupové vzdálenosti je přibližně $0,84 \text{ m}$, jak je rovněž patrné z přílohy 1. Z důvodu nedostatku času pro výpočet výpočetního modelu je hodnota odstupové vzdálenosti stanovena pro 24. minutu a požárně nebezpečný prostor bude tedy ve skutečnosti větší. Vzhledem k tomu, že bylo spočteno pouze 24 minut z celkových 60 minut a také z důvodu nedostatečného nárůstu teplot je v příloze 1 rovněž stanoven požárně nebezpečný prostor pomocí modelu, který byl vytvořen v rámci předmětu diplomový seminář. V tomto modelu bylo na vnějším lící okenního otvoru dosaženo hustoty tepelného toku 107 kW/m^2 , což odpovídá normovému požárnímu zatížení 45 kg/m^2 . Podle tohoto modelu je odstupová vzdálenost pro obvodovou stěnu s okny přibližně $1,75 \text{ m}$.



Obr. 24 Znáornění kritické hustoty tepelného toku $18,5 \text{ kW/m}^2$ ve 24. min pomocí programu Smokeview

7 Závěr

Přístup k určování odstupových vzdáleností z hlediska požární bezpečnosti staveb je v různých zemích odlišný. Jde říci, že v České republice se z posuzovaných zemí odstupové vzdálenosti stanovují nejsložitěji, respektive závisí na nejvíce faktorech. Těmito faktory jsou výpočtové požární zatížení, rozměry obvodové stěny, rozměry požárně otevřené plochy a procento požárně otevřených ploch, které se stanoví z poměru plochy obvodové stěny a požárně otevřené plochy. Procento POP je také ovlivněno klasifikací obvodové stěny. Právě klasifikace obvodové stěny je v současné době problematické a dle výsledků velkorozměrové požární zkoušky také přísné. Jako kritický tepelný tok se v České republice uvažuje hodnota $18,5 \text{ kW/m}^2$.

Přístup k problematice odstupových vzdáleností v Anglii a Walesu je jednodušší než v České republice. Pro stanovení odstupových vzdáleností využívají dvě metody v závislosti na využití budovy. Pro každou z metod je dána příslušná tabulka, která stanovuje odstupovou vzdálenost a pro ni maximální velikost nechráněné plochy. Kritický tepelný tok je uvažován jako $12,6 \text{ kW/m}^2$, což je přísnější požadavek oproti České republice.

Na Novém Zélandu se k dané problematice přistupuje podobně jako v Anglii a Walesu. Je to dáno tím, že vychází z předpisů používaných právě v Anglii. Kritický tepelný tok je tedy také uvažován jako $12,6 \text{ kW/m}^2$. Pro stanovení odstupových vzdáleností uvádí stavební zákon Nového Zélandu pět metod.

Ve Švédsku rovněž nezáleží na požárních údajích budovy. Je dán přímo požadavek, že budova musí být vzdálena od hranice minimálně 4,0 m. Ve většině zemí je také možno využít požárně inženýrský přístup.

Získané poznatky stanovení odstupových vzdáleností ve vybraných zemích byly aplikovány na experimentální objekt slaměného domu, pro který byly stanoveny odstupové vzdálenosti od pomoci metod těchto vybraných zemí. Z vypočtených výsledků je patrné, že přístup ke stanovení odstupových vzdáleností v České republice je nejpřísnější. Pro případ zcela POP vychází odstupové vzdálenosti 5,57 m. Oproti tomu v Anglii, Walesu a na Novém Zélandu vychází, při uvažování obvodové stěny jako nechráněné plochy, odstupové vzdálenosti 3,0 m od příslušné hranice, což znamená, že sousední objekt musí být umístěn ve vzdálenosti minimálně 6,0 m. Dle výše popsaného musí být ve Švédsku posuzovaný objekt umístěn minimálně ve vzdálenosti 4,0 m od hranice pozemku, bez ohledu na velikosti nechráněných ploch.

Při určení odstupových vzdáleností pomocí požárně inženýrského přístupu je hodnota odstupové vzdálenosti 0,84 m ve 24. minutě požáru pro kritickou hustotu tepelného toku $18,5 \text{ kW/m}^2$, které odpovídá legislativním požadavkům České republiky. Vzhledem k nedostatku času pro výpočet modelu slaměného objektu je hodnota odstupové vzdálenosti pomocí PIP stanovena pouze pro 24. minutu a odstupová vzdálenost by tedy byla větší.

Z výsledků velkorozměrové požární zkoušky experimentálního slaměného objektu, která proběhla 20. 9. 2017 je patrné, že přístup ke klasifikaci obvodových stěn z konstrukcí druhu DP3, které nemají prokázanou žádnou požární odolnost, je dle norem řady ČSN 73 08xx přísný. Dle těchto norem by se tyto obvodové stěny klasifikovaly jako zcela požárně otevřené plochy. Ovšem dle naměřených hodnot průběhu teplot na vnějším líci obvodové stěny během požární zkoušky by se obvodová stěna s okenními otvory (požárně otevřenými plochami) klasifikovala v blízkosti těchto otvorů jako částečně požárně otevřená plocha, dokonce v některých místech i jako požárně uzavřená plocha, jak je patrné z přílohy 5. Na obvodové stěně bez otvorů byly naměřeny teploty, dle kterých by se tato stěna klasifikovala jako požárně uzavřená plocha.

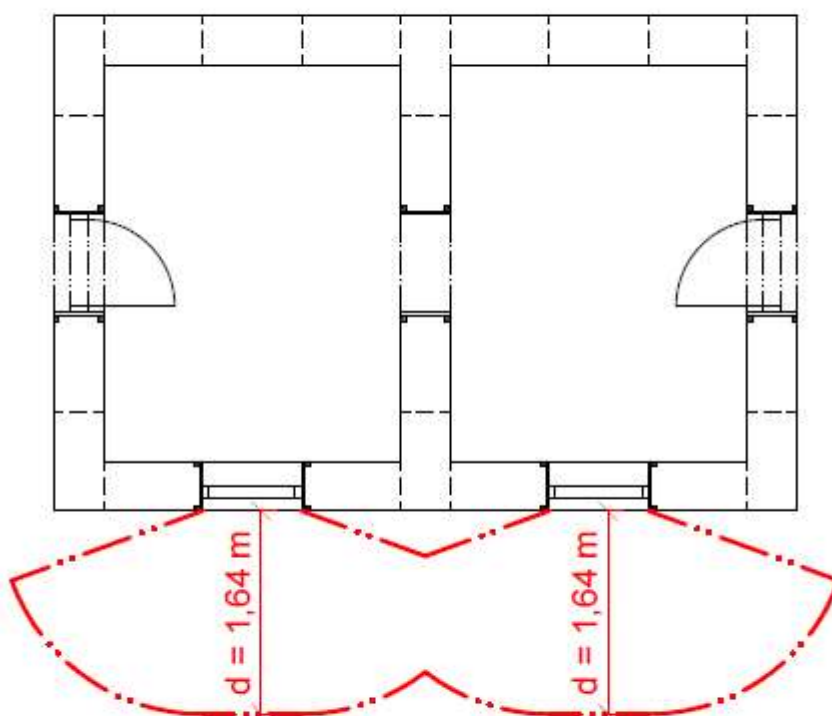
Dle výše popsaného je zřejmé, že klasifikace obvodových stěn z hlediska požární otevřenosti je v České republice konzervativní. Podle výsledků velkorozměrové požární zkoušky a naměřených hodnot na vnějším líci obvodových stěn lze říci, že v případě, že je povrchová úprava obvodové stěny, z konstrukcí druhu DP3, z nehořlavého materiálu, tak není dosahováno potřebných teplot pro klasifikaci obvodové stěny jako požárně otevřené plochy. Tedy v případě, že se vyskytují v obvodové stěně druhu DP3 okenní otvory nebo jiné požárně otevřené plochy, tak by se z hlediska bezpečnosti klasifikovala obvodová stěna jako částečně požárně otevřená plocha. V případě, že se v obvodové stěně z konstrukcí druhu DP3 nevyskytují žádné okenní otvory ani jiné požárně otevřené plochy, tak by se mohla tato stěna klasifikovat jako požárně uzavřená plocha. Tyto předpoklady platí ovšem pouze v případě, že je na vnějším povrchu obvodových stěn nehořlavá povrchová úprava.

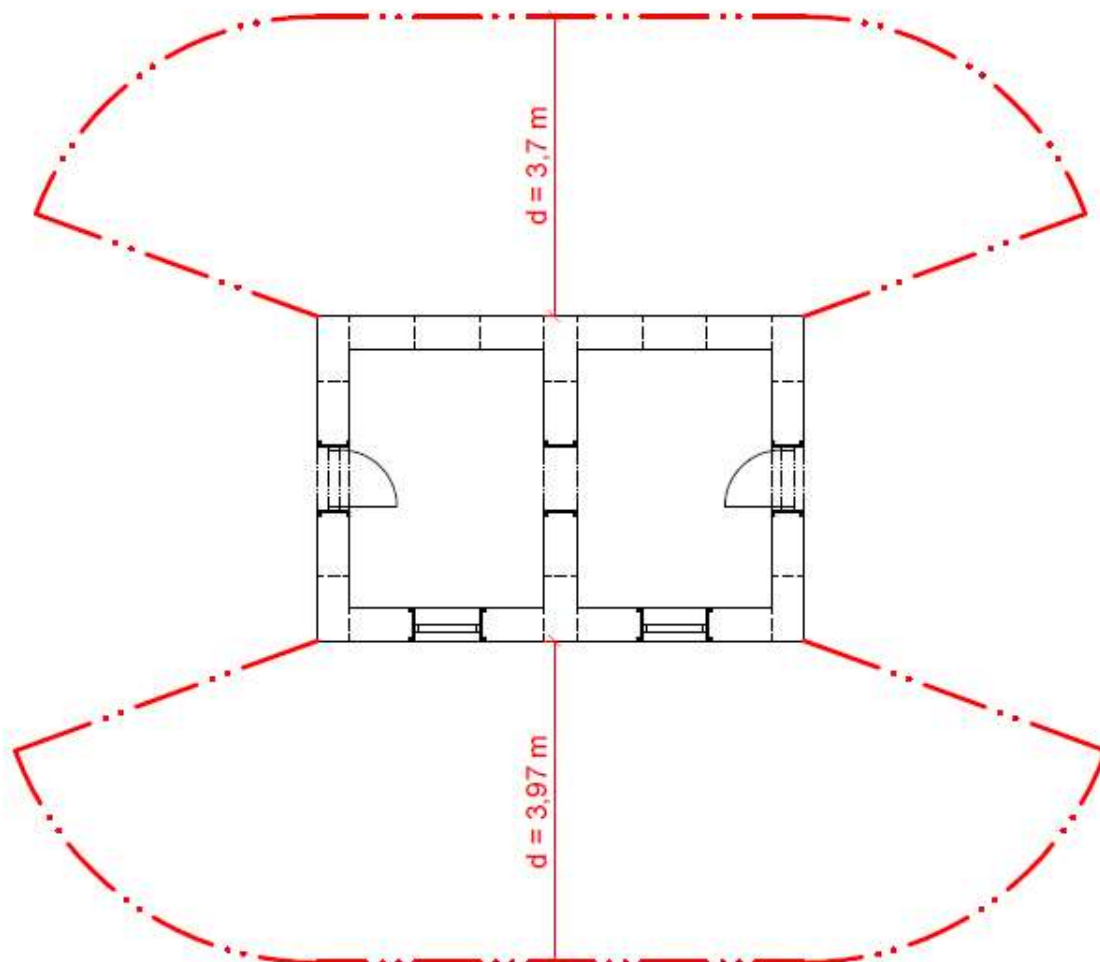
Experimentální objekt slaměného domu byl vymodelován a vypočten pomocí programu FDS. Vzhledem k náročnosti modelu a nedostatku času pro výpočet bylo programem FDS vypočteno pouze 24 minut z celkových nadefinovaných 60. minut. Vypočtené hodnoty byly porovnány s naměřenými hodnotami z velkorozměrové požární zkoušky. Při tomto porovnání bylo ovšem zjištěno, že teploty naměřené během velkorozměrové požární zkoušky na obvodové stěně s okenními otvory byly několikanásobně vyšší než teploty vypočtené pomocí programu FDS. To bylo pravděpodobně způsobeno nedokonalým modelem, kdy ve výpočtovém modelu zřejmě nejsou termočlánky umístěné na vnějším líci obvodové stěny tolik ovlivňovány sálajícím teplem

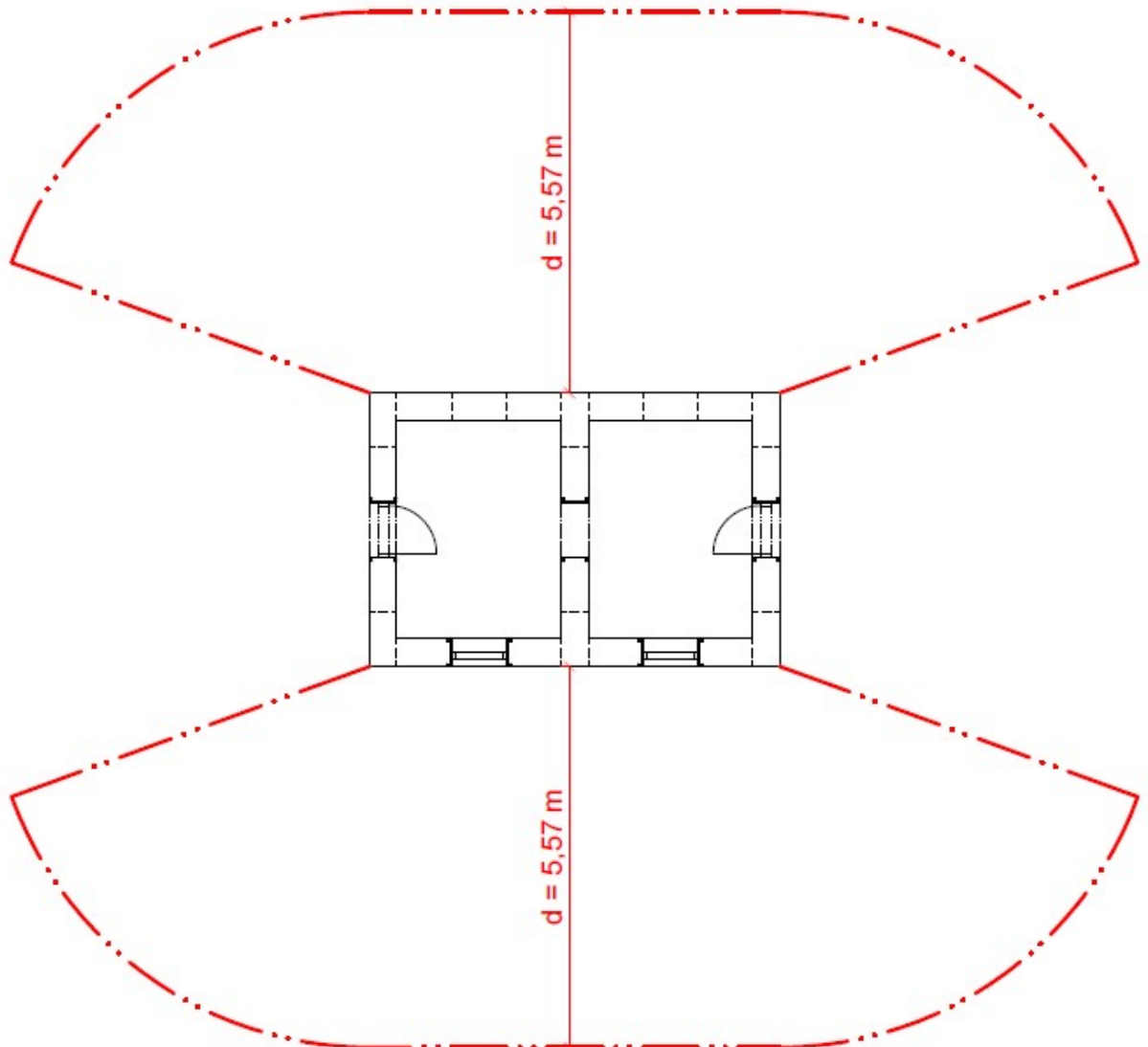
z okenních otvorů a ani hořící konstrukcí střechy. Jak již bylo několikrát zmíněno, tak výpočetní model byl velmi náročný na výpočet a díky nedostatku času nebylo možné model dále zdokonalit.

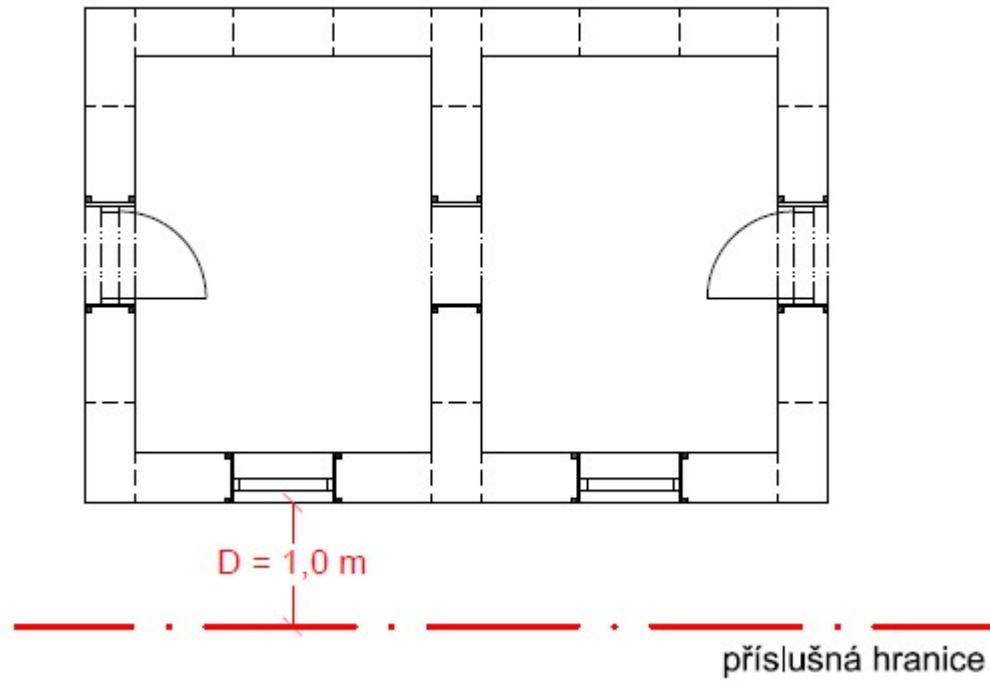
Příloha 1 – Stanovení odstupových vzdáleností od podélných obvodových stěn experimentálního slaměného objektu dle metodik jednotlivých zemí

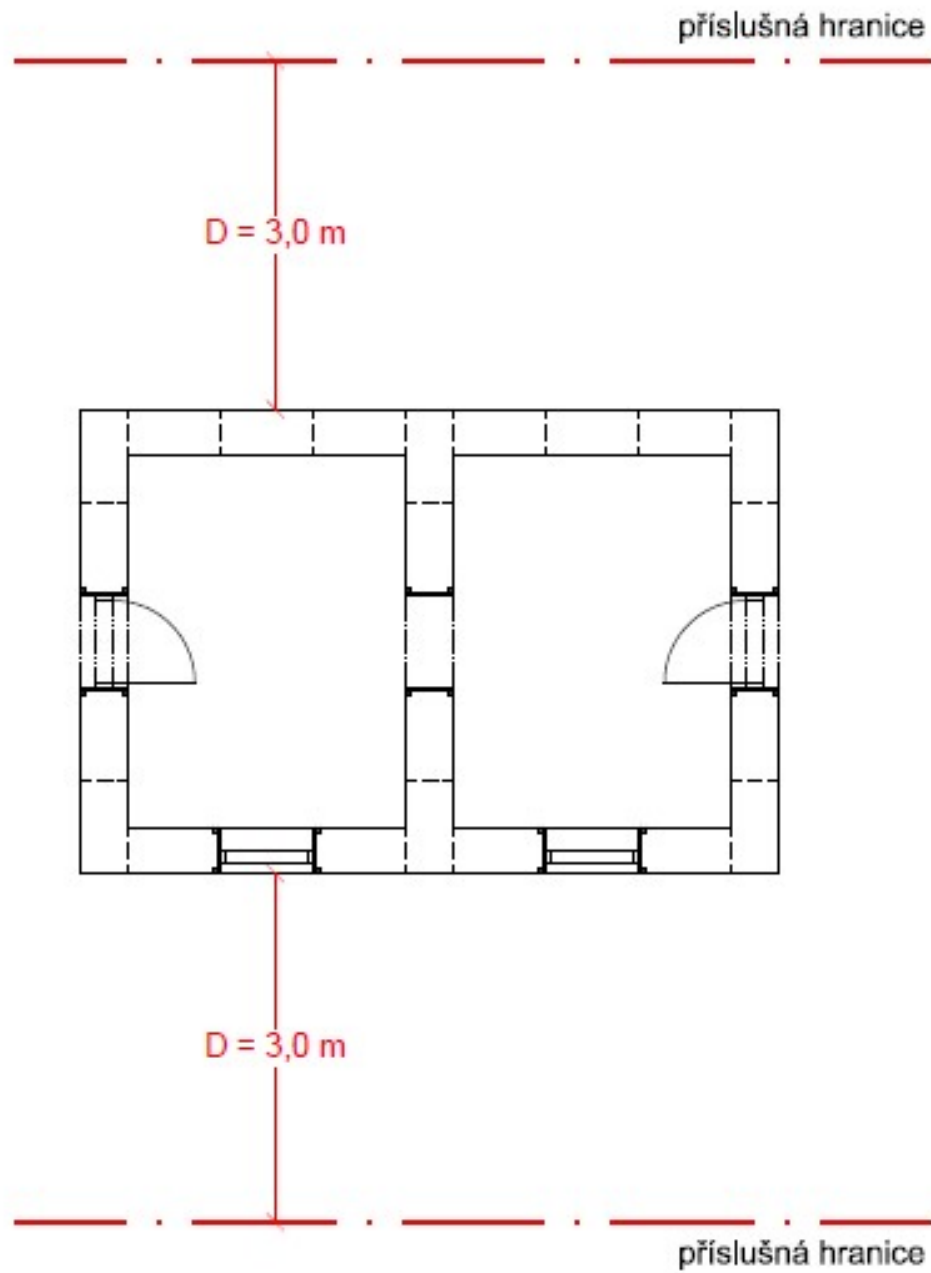
ČESKÁ REPUBLIKA – obvodová stěna jako PUP (M1:70)



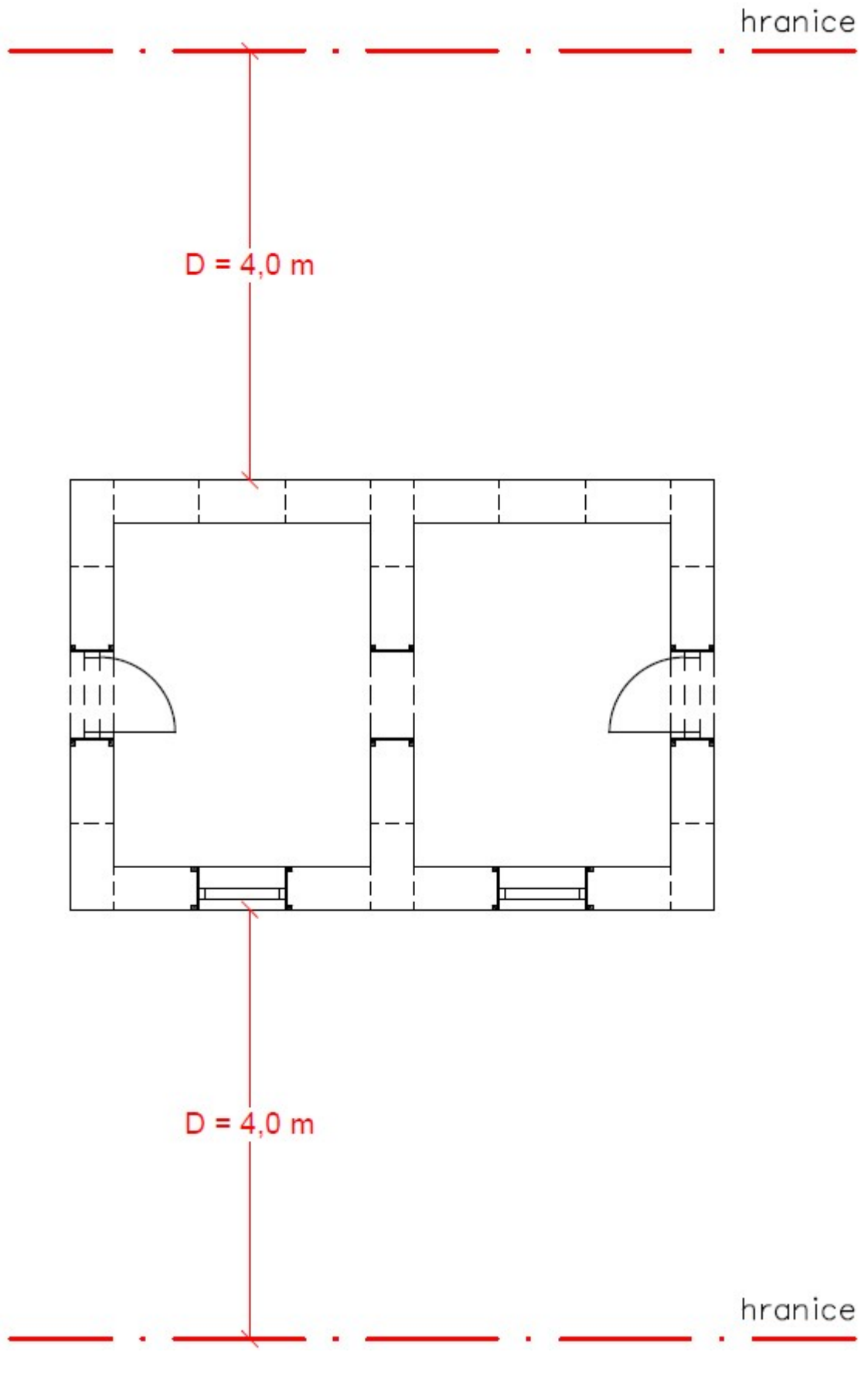
ČESKÁ REPUBLIKA – obvodová stěna jako ČPOP (M1:100)

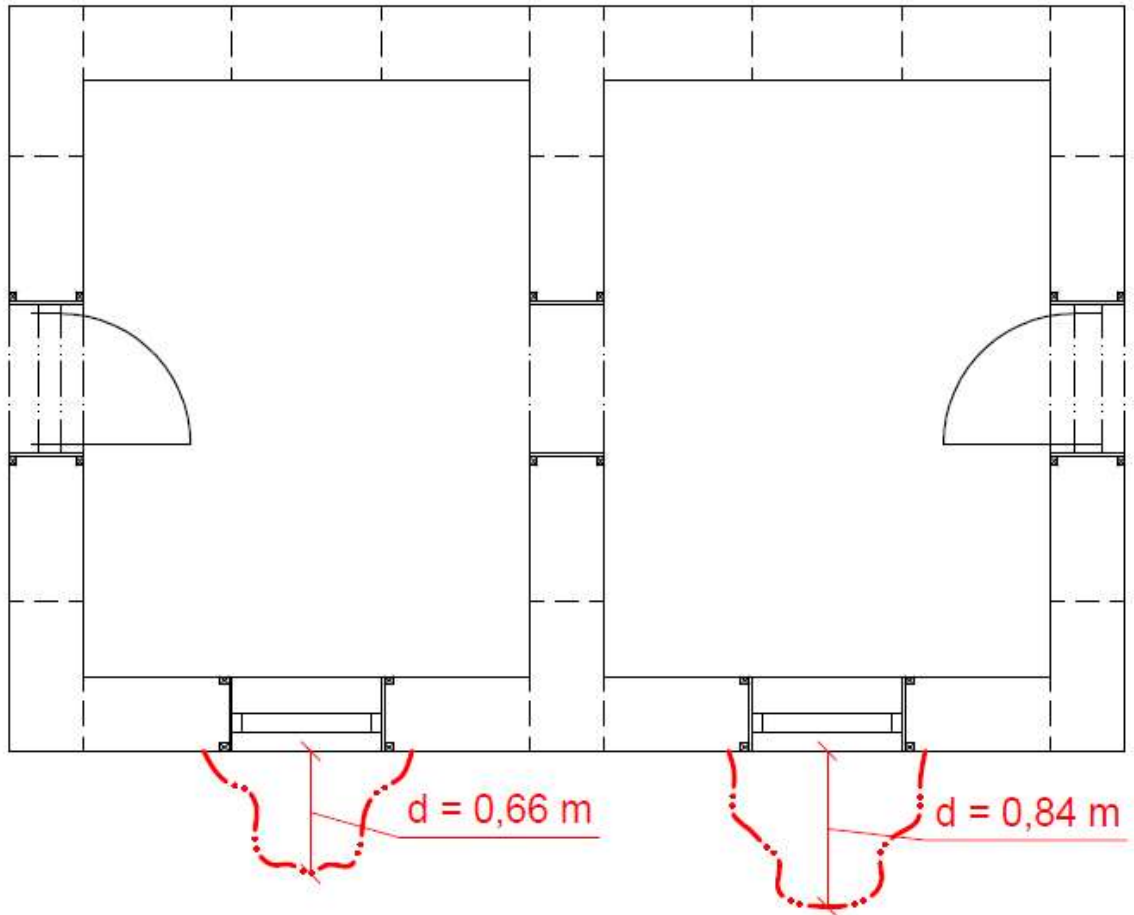
ČESKÁ REPUBLIKA – obvodová stěna jako POP (M1:100)

ANGLIE A WALES a NOVÝ ZÉLAND– obvodové stěny s PO (M1:70)

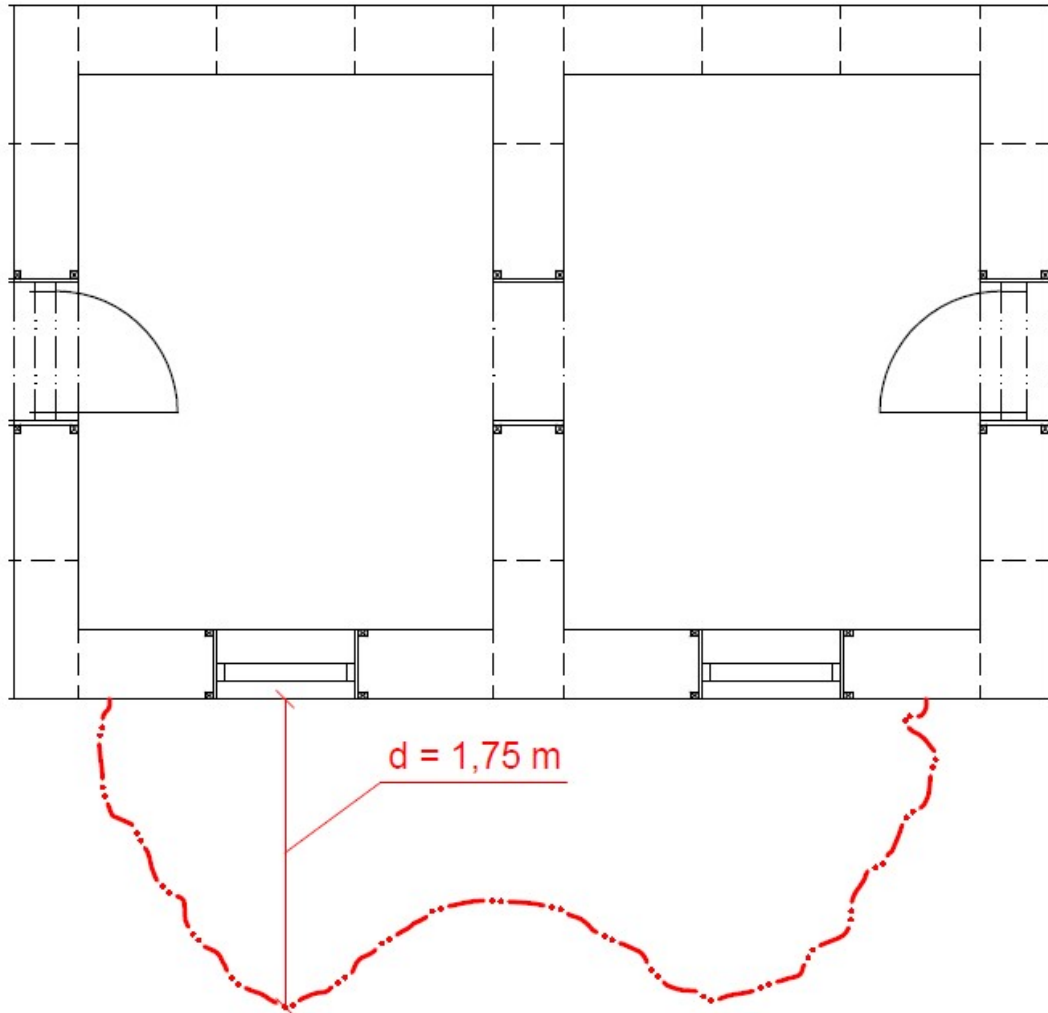
ANGLIE A WALES a NOVÝ ZÉLAND– obvodové stěny bez PO (M1:70)

ŠVÉDSKO (M1:70)



POŽÁRNĚ INŽENÝRSKÝ PŘÍSTUP – kritická hodnota tepelného toku 18,5 kW/m² (M1:50)

**POŽÁRNĚ INŽENÝRSKÝ PŘÍSTUP (model z diplomového semináře) – kritická hodnota tepelného toku
18,5 kW/m² (M1:50)**



Příloha 2 – Protokol průběhu velkorozměrové požární zkoušky

Reálný čas [min]	Čas od zapálení [min]	Popis události	Kamera 1	Kamera 2	Go Pro 1	Go Pro 2	Poznámky
0:00	-2:00	Začátek experimentu	-	-	-	-	
2:00	0:00	Iniciace požáru	0:44 (MVI_4876)	1:33 (MVI_9603)	1:29 (GOPR2186)	1:29 (GOPR9945)	
2:15	0:15	Pronikání kouře prostupy	0:59 (MVI_4876)	-	-	-	Levá polovina
2:21	0:21	Pronikání kouře prostupy	-	1:54 (MVI_9603)	-	-	Pravá polovina
2:54	0:54	Pronikání kouře netěsnostmi v podhledu	-	-	2:23 (GOPR2186)	-	Levá polovina
5:56	3:56	Pronikání kouře netěsnostmi okna v levé půlce	4:40 (MVI_4876)	-	-	-	
6:32	4:32	Prasknutí levého okna	-	-	-	6:01 (GOPR9945)	
6:33	4:43	Chytly levé dveře	-	6:16 (MVI_9603)	-	-	
7:09	5:09	Vyšlehnutí plamenů levými dveřmi	-	6:42 (MVI_9603)	-	-	Chvilkové vznícení lepenky
7:17	5:17	Průnik kouře střešní konstrukcí	-	-	6:46 (GOPR2186)	-	Zadní strana
7:31	5:31	Pronikání kouře netěsnostmi okna v pravé půlce	6:15 (MVI_4876)	-	-	-	
8:12	6:12	Zapálení lepenky na střeše v levé půlce	-	7:45 (MVI_9603)	-	-	Šíření požáru v podstřešním prostoru
8:12	6:12	Vznícení lepenky	-	-	7:41 (GOPR2186)	-	Nad levými dveřmi

Reálný čas [min]	Čas od zapálení [min]	Popis události	Kamera 1	Kamera 2	Go Pro 1	Go Pro 2	Poznámky
8:33	6:33	Vysklení levého okna	-	8:06 (MVI_9603)	-	-	
8:51	6:51	Vyšlehávání plamenů ze dveří vpravo	7:35 (MVI_4876)	-	-	-	
9:01	7:01	Chytly pravé dveře	7:45 (MVI_4876)	-	-	-	
10:00	8:00	Teplota uvnitř objektu stoupla na hodnotu 750 °C	-	-	-	-	
10:14	8:14	Plameny začínají šlehat na střechu v pravé půlce	-	-	-	9:43 (GOPR9945)	
10:21	8:21	Zapálení lepenky na střeše	9:05 (MVI_4876)	-	-	-	V pravé půlce
10:27	8:27	Vysklení pravého okna	-	-	-	9:56 (GOPR9945)	
10:56	8:56	Zhasnutí lepenky v pravé půlce	-	-	-	10:25 (GOPR9945)	
11:08	9:08	FLASHOVER levá místnost	-	2:10 (MVI_9604)	-	-	
11:28	9:28	Vzplanutí střešní konstrukce nad levými dveřmi	-	2:30 (MVI_9604)	-	-	
12:26	10:28	Odpadnutí levých dveří	-	-	11:55 (GOPR2186)	-	
12:44	10:44	Chytnutí střešního pláště (nebo nosné konstrukce střechy??) v pravé půlce	-	-	-	0:15 (GP019945)	
12:54	10:54	Prošlehávání plamenů levými dveřmi	-	-	0:23 (GP012187)	-	
13:31	11:21	Vyšlehávání plamenů z levého okna	12:05 (MVI_4876)	-	-	-	
13:51	11:51	Prošlehávání plamenů střešní konstrukcí	-	-	1:20 (GP012187)	-	Zadní část

Reálný čas [min]	Čas od zapálení [min]	Popis události	Kamera 1	Kamera 2	Go Pro 1	Go Pro 2	Poznámky
14:59	12:59	prošlehnutí plamenů z pravého okna	-	-	-	2:30 (GP019945)	
16:04	14:04	Vyšlehávání plamenů z pravého okna	14:48 (MVI_4876)	-	-	-	
16:26	14:16	FLASHOVER pravá místnost	15:00 (MVI_4876)	-	-	-	
17:09	15:09	Odpadnutí levého horního prostupu v levé místnosti	-	8:11 (MVI_9604)	-	-	
18:53	16:53	Odpadnutí pravých dveří	-	-	-	6:24 (GP019945)	
21:11	19:11	Pronikání kouře prostupy v dolní části	1:44 (MVI_4877)	-	-	-	Levá místnost
22:21	20:21	Prohoření podlahy v pravé půlce	-	-	-	9:52 (GP019945)	
22:39	20:39	Odhoření OSB desky – ostění levých dveří	-	4:50 (MVI_9605)	-	-	
22:40	20:40	Pronikání kouře prostupy v dolní části	3:13 (MVI_4877)	-	-	-	Pravá místnost
23:52	21:52	Odpadávání částí zárubně levých dveří	-	-	11:21 (GP012187)	-	
24:48	22:48	Odpadávání hořící slámy	-	-	0:19 (GP022187)	-	Nadpraží levých dveří
26:33	24:33	Prohoření podlahy v levé půlce	-	0:40 (MVI_9606)	-	-	Zadní roh
27:07	25:07	Prasklina napravo od pravých dveří	-	-	-	2:40 (GP029945)	
27:29	25:29	Prohoření podlahy v levé půlce	8:02 (MVI_4877)	-	-	-	Přední roh
28:42	26:42	Ochlazování okolí hasiči	9:15 (MVI_4877)	-	-	-	-
29:08	27:08	Odpadnutí OSB nad levými dveřmi	-	3:15 (MVI_9606)	-	-	

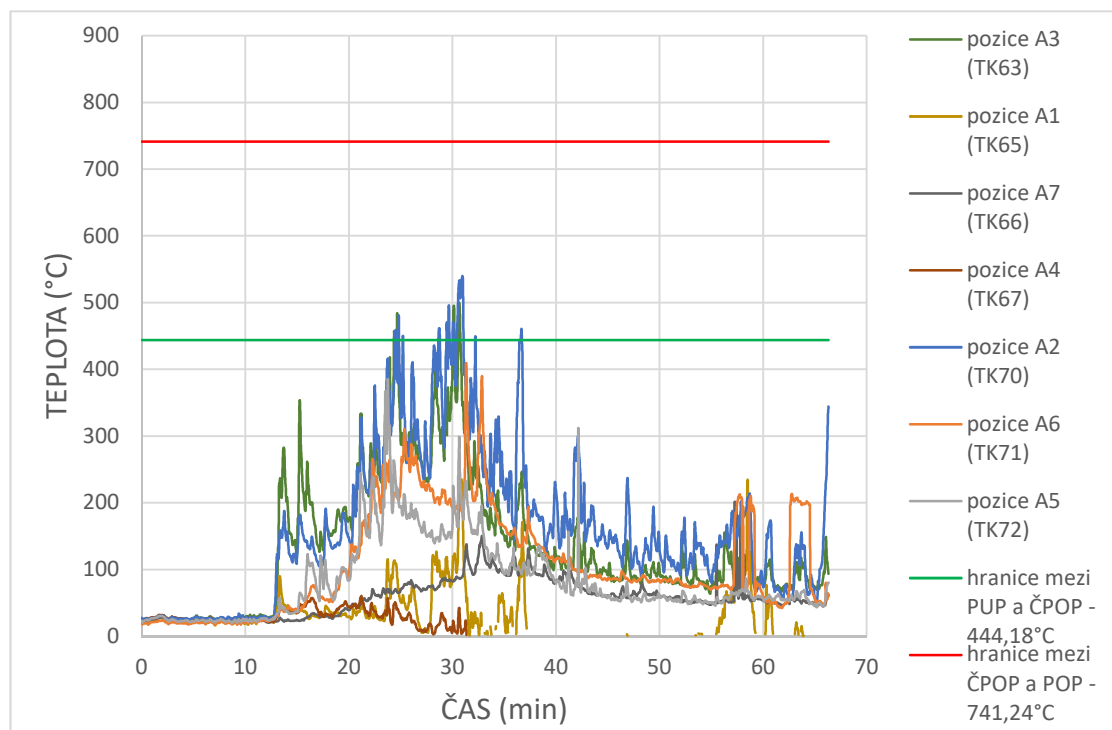
Reálný čas [min]	Čas od zapálení [min]	Popis události	Kamera 1	Kamera 2	Go Pro 1	Go Pro 2	Poznámky
29:10	27:10	Odpadnutí OSB nad levými dveřmi	-	-	4:41 (GP022187)	-	
29:21	27:21	Ochlazování okolí hasiči	-	-	4:52 (GP022187)	-	
30:14	28:14	Ochlazování okolí hasiči	-	-	5:45 (GP022187)	-	
30:00	28:00	Odpadnutí kusu OSB desky ze střechy	-	4:07 (MVI_9606)	-	-	
30:50	28:50	Ochlazování okolí hasiči	-	-	6:21 (GP022187)	-	
32:00	30:00	Teplota uvnitř objektu stoupla na hodnotu 1100 °C	-	-	-	-	
32:49	30:49	Ochlazování okolí hasiči	-	-	-	8:22 (GP029945)	
32:46	30:46	Ochlazování okolí hasiči	-	-	9:17 (GP022187)	-	
33:04	31:04	Odpadnutí části osb ze střechy	-	2:39 (MVI_9607)	-	-	
33:11	31:11	Spadnutí tepelné izolace ze stropu v levé místnosti	-	2:46 (MVI_9607)	-	-	
33:19	31:19	Odpadávání hořících částí střechy	-	-	8:50 (GP022187)	-	
33:25	31:25	Odpadnutí části osb ze střechy	-	2:52 (MVI_9607)	-	-	
34:27	32:27	Ochlazování okolí hasiči	-	-	-	9:57 (GP029945)	
35:04	33:04	Vznik trhliny u nadpraží levého okna	3:50 (MVI_4878)	-	-	-	
35:41	33:41	Prošlehnutí plamů pod podlahou	--	-	11:12 (GP022187)	-	Pravá místnost, ze zadu
36:53	34:53	Ochlazování okolí hasiči	-	-	0:26 (GP032187)	-	

Reálný čas [min]	Čas od zapálení [min]	Popis události	Kamera 1	Kamera 2	Go Pro 1	Go Pro 2	Poznámky
37:20	35:20	Odpadnutí síťoviny ze stropu	-	6:47 (MVI_9607)	-	-	
39:13	37:15	Odpadávání hořících částí střechy	-	-	2:48 (GP032187)	-	
40:05	38:05	Odpadnutí kusu vápenné omítky	-	-	3:38 (GP032187)	-	Pravý zadní roh
40:50	38:50	Ochlazování okolí hasiči	-	-	4:13 (GP032187)	-	
42:19	40:19	Doutnání slámy v trhlinách nadpraží levého okna	11:05 (MVI_4878)	-	-	-	
45:09	43:09	Odpadnutí ostění pravého okna	13:55 (MVI_4878)	-	-	-	uvnitř
47:24	45:24	Odpadnutí kusu vápenné omítky	16:10 (MVI_4878)	-	-	-	Pravý přední roh
48:00	46:00	Teplota uvnitř objektu začíná klesat	-	-	-	-	
48:07	46:07	Částečný kolaps podélného trámu	-	-	11:30 (GP032187)	-	
50:15	48:15	Částečný kolaps podélného trámu	-	-	1:40 (GP042187)	-	
50:30	48:30	Odpadnutí kusu vápenné omítky	-	-	-	2:04 (GP049945)	Pravý přední roh
50:45	48:45	Odpadnutí kusu vápenné omítky	-	-	-	2:19 (GP049945)	Přední strana střed
51:12	49:12	Uvolnění nadpraží levého okna	1:50 (MVI_4879)	-	-	-	Prošlehávání plamenu ve sparách
55:39	53:39	Odpadnutí ostění pravého okna	6:17 (MVI_4879)	-	-	-	uvnitř
55:52	53:52	Pád střešního trámu na pravé straně	6:30 (MVI_4879)	-	-	-	
56:22	54:22	Uvolnění balíku z levého nadpraží	7:00 (MVI_4879)	-	-	-	
56:34	54:34	Vypadnutí celého nadpraží	7:12 (MVI_4879)	-	-	-	

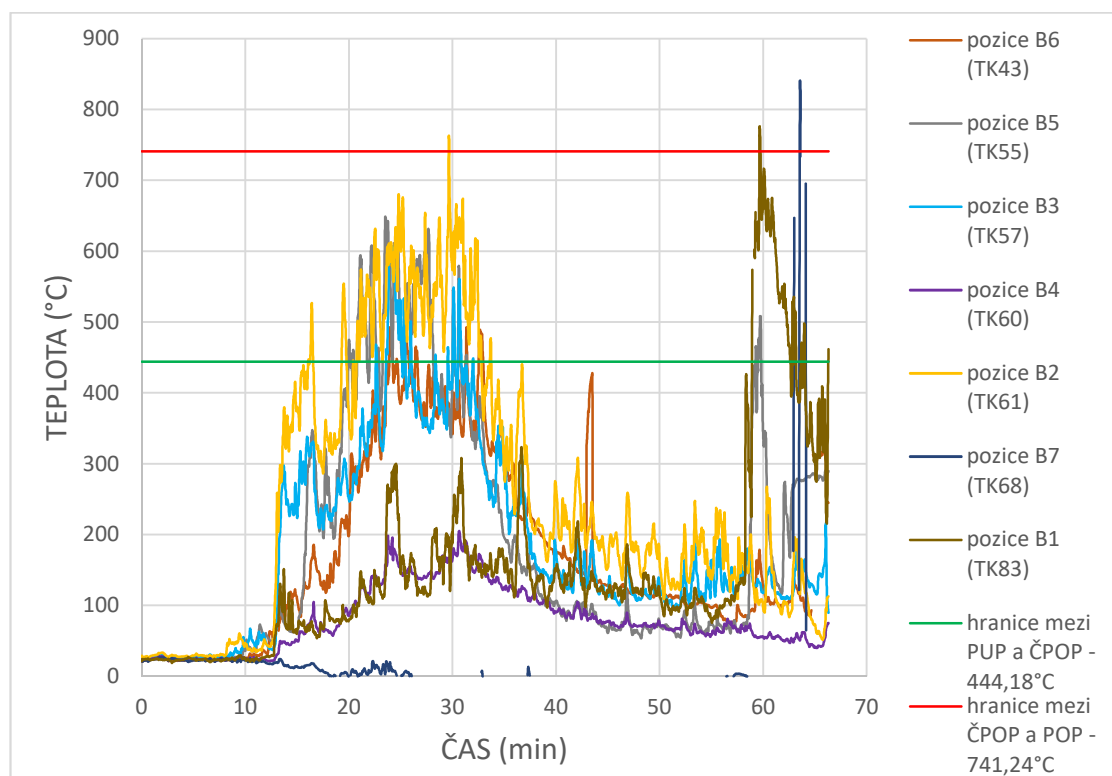
Reálný čas [min]	Čas od zapálení [min]	Popis události	Kamera 1	Kamera 2	Go Pro 1	Go Pro 2	Poznámky
57:18	55:18	Odpadnutí vápenné omítky na zadní stěně	-	-	8:43 (GP042187)	-	
57:35	55:35	Odpadnutí vápenné omítky v celé délce přední stěny	8:13 (MVI_4879)	-	-	-	
58:08	56:08	Uvolnění balíku z pravého nadpraží	8:46 (MVI_4879)	-	-	-	
58:46	56:46	Odpadnutí vápenné omítky z nadpraží pravých dveří	9:24 (MVI_4879)	-	-	-	
58:51	56:51	Odpadnutí slámy z nadpraží pravého okna	9:29 (MVI_4879)	-	-	-	
59:01	57:01	Odpadnutí vápenné omítky z nadpraží pravého okna	9:39 (MVI_4879)	-	-	-	
60:19	58:19	Odpadnutí trámu směrem do zadu	-	-	11:44 (GP042187)	-	
61:49	59:49	Odpadnutí vápenné omítky	0:50 (MVI_4880)	-	-	-	Přední roh
62:57	60:57	Odpadnutí nadpraží pravého okna a pravých dveří	1:58 (MVI_4880)	-	-	-	
64:52	62:52	Odpadnutí kusu vápenné omítky	3:53 (MVI_4880)	-	-	-	Přední strana
65:19	63:19	Pád trámu na levé straně	4:20 (MVI_4880)	-	-	-	
65:20	63:20	Odpadává ostění pravého okna	4:21 (MVI_4880)	-	-	-	Z exteriéru
65:42	63:42	Ochlazování hasičem + odpadnutí omítky	4:43 (MVI_4880)	-	-	-	Odpadnutí z důvodu ochlazení
65:55	63:55	Odpadnutí hlíněné omítky v levé části objektu	4:56 (MVI_4880)	-	-	-	
65:58	63:58	Odpadnutí vápenné omítky na pravé části objektu	4:59 (MVI_4880)	-	-	-	Přední roh

Reálný čas [min]	Čas od zapálení [min]	Popis události	Kamera 1	Kamera 2	Go Pro 1	Go Pro 2	Poznámky
66:16	64:16	Kolaps pravé stěny	5:17 (MVI_4880)	-	-	-	
66:31	64:31	Kolaps levé stěny	5:20 (MVI_4880)	-	-	-	
66:29	64:29	CELKOVÝ KOLAPS OBJEKTU	5:29 (MVI_4880)	-	-	-	

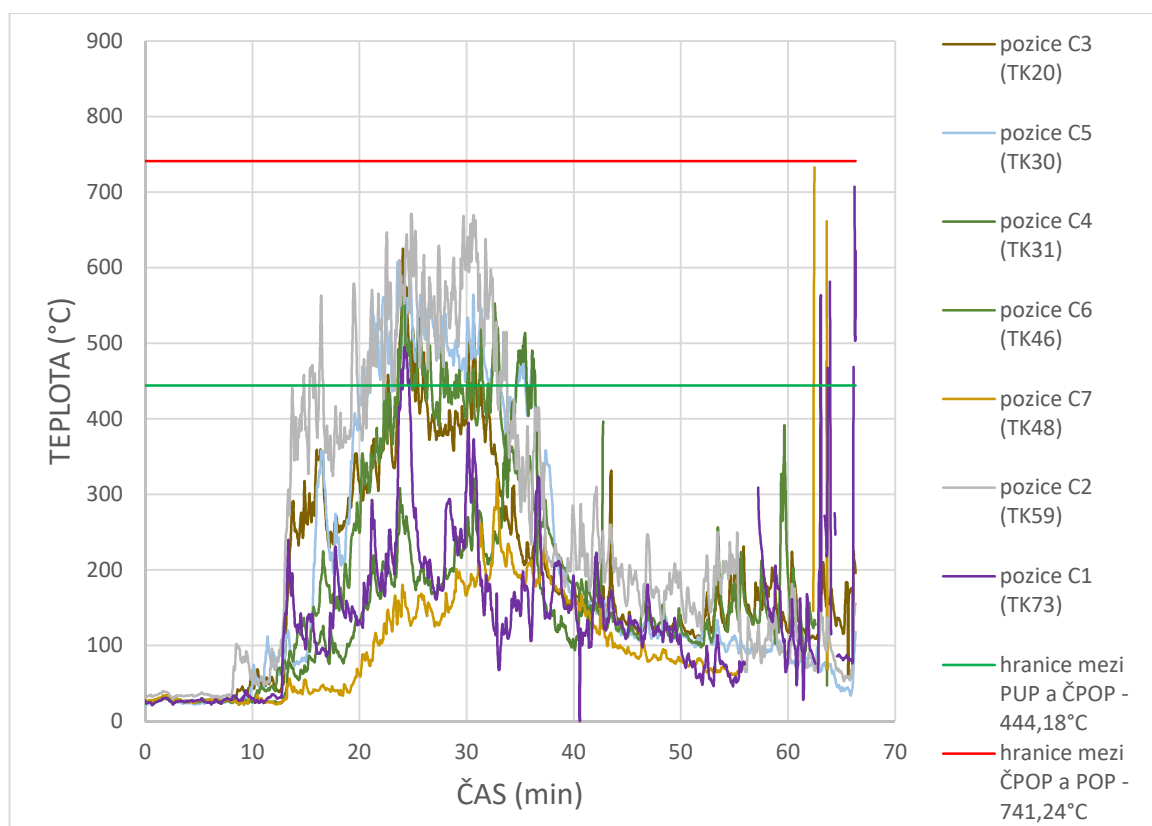
Příloha 3 – Znáznornění průběhu teplot na obvodové stěně s otvory



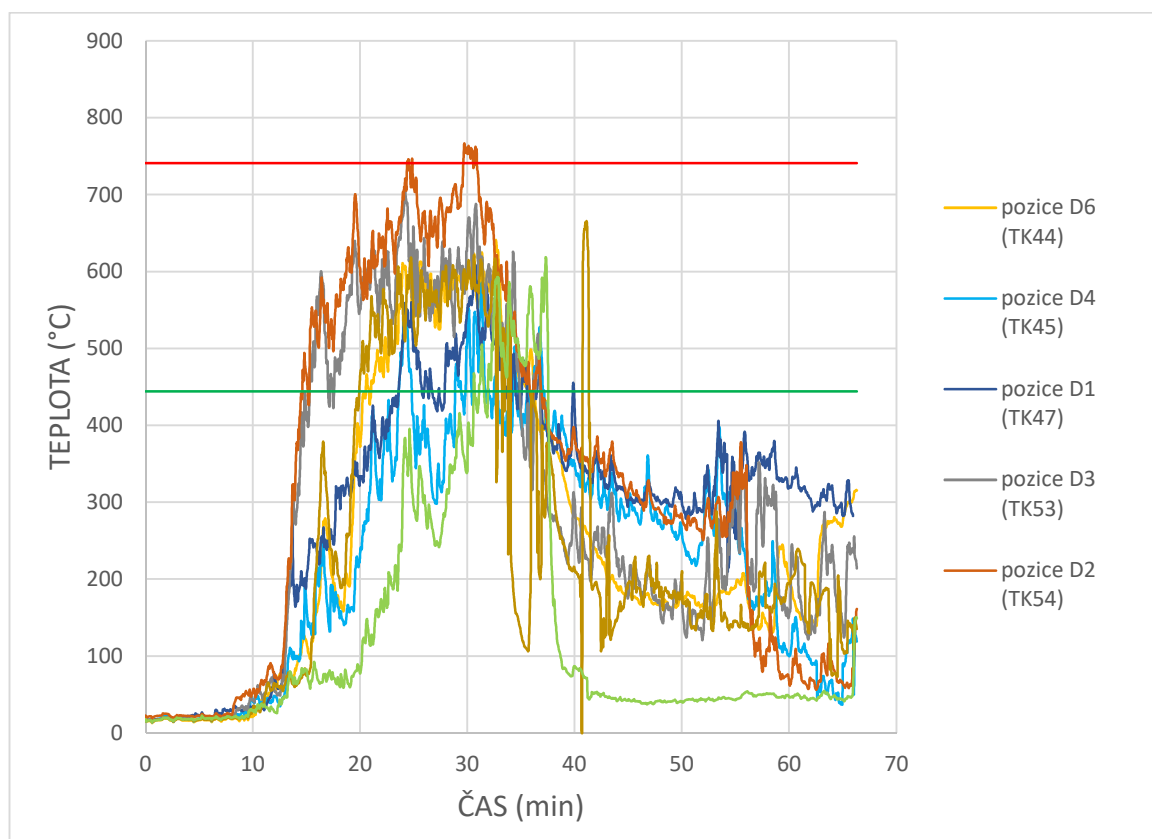
Graf 10 Znáznornění nárůstu teplot v řadě A



Graf 11 Znáznornění nárůstu teplot v řadě B

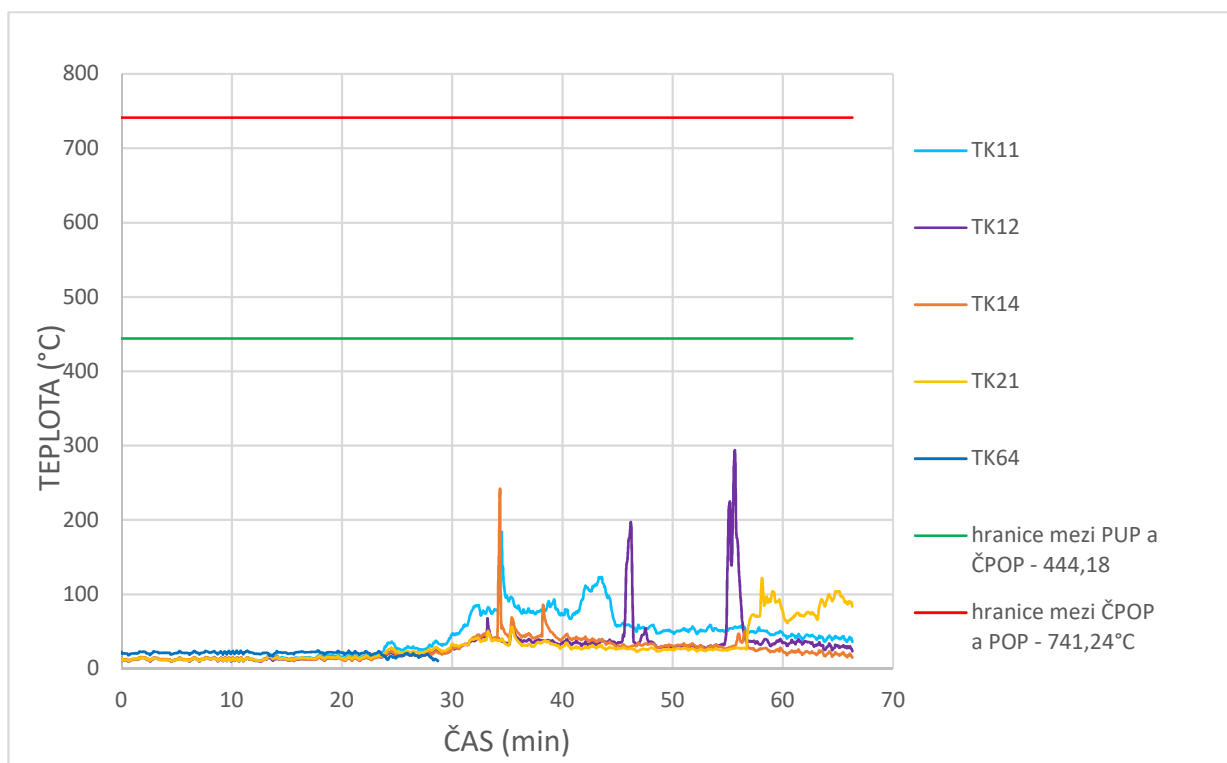


Graf 12 Znáornění nárůstu teplot v řadě C

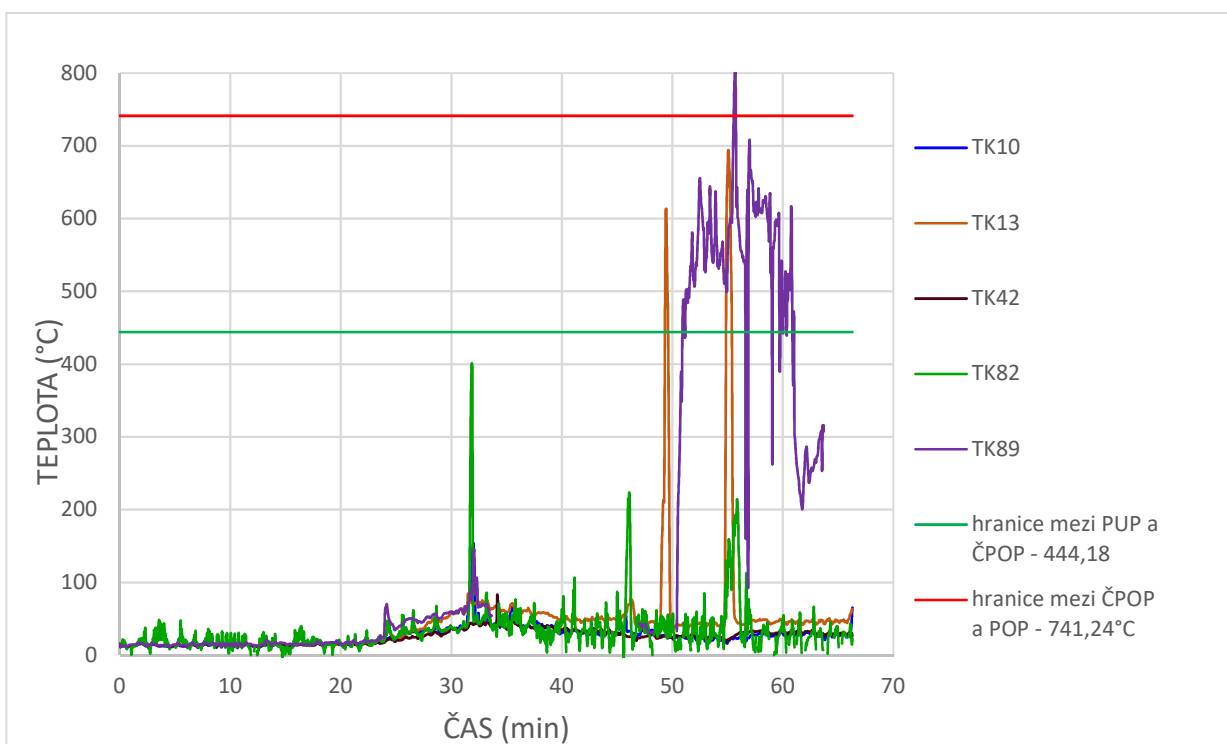


Graf 13 Znáornění nárůstu teplot v řadě D

Příloha 4 – Zázornění průběhu teplot na obvodové stěně bez otvorů

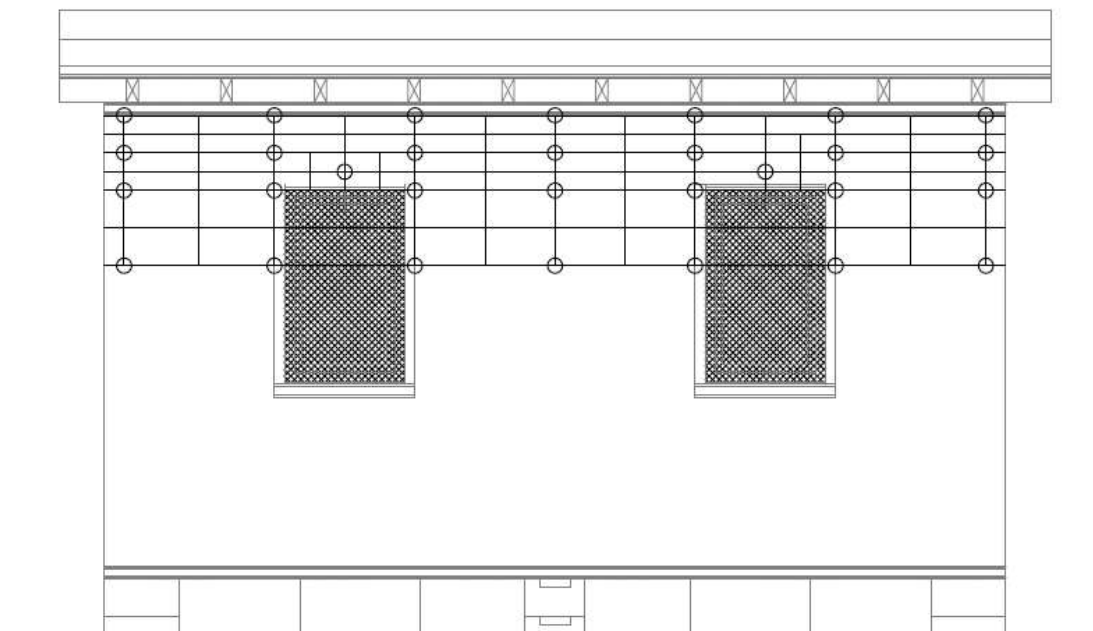


Graf 14 Zázornění průběhu teplot na východní místnosti (s vápennou omítkou)



Graf 15 Zázornění průběhu teplot na západní místnosti (s hliněnou omítkou)

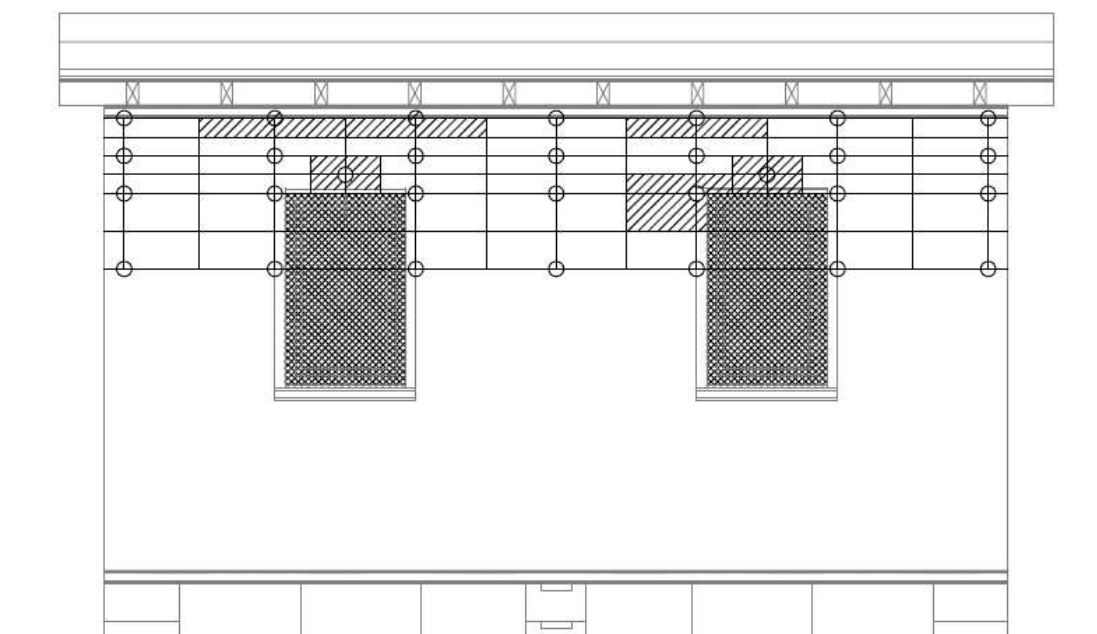
Příloha 5 – Klasifikace částí obvodové stěny (PUP, ČPOP nebo POP) dle naměřených teplot



LEGENDA

PUP
 ČPOP
 POP

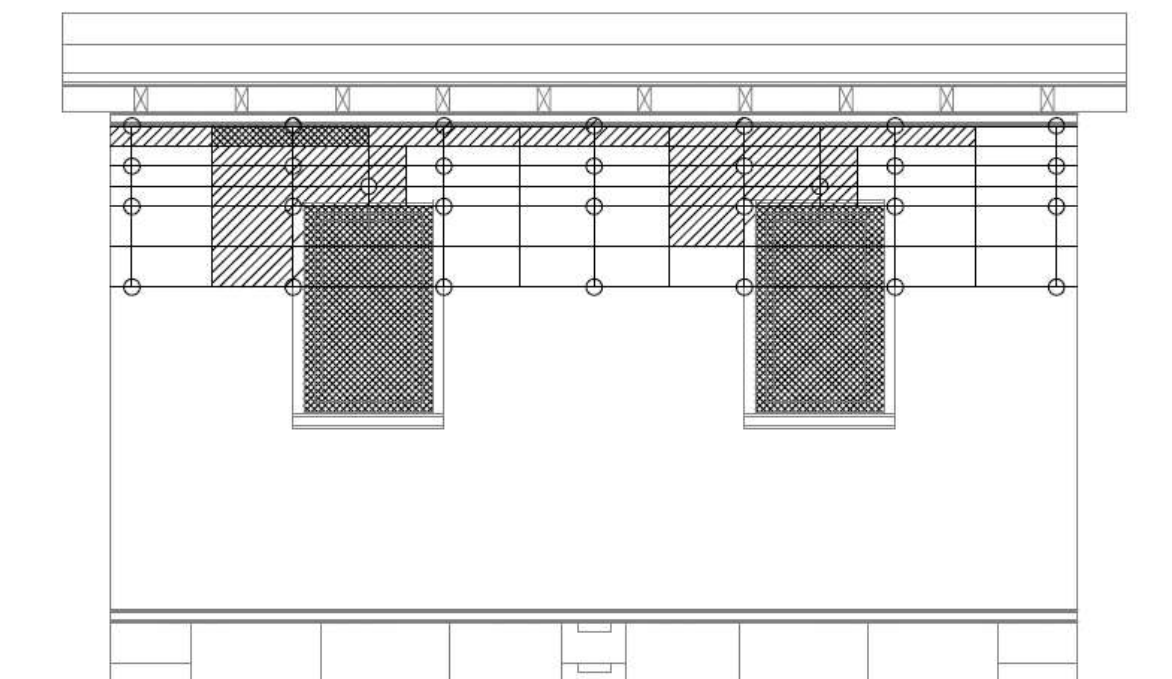
Obr. 25 Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně v 10. minutě



LEGENDA

PUP
 ČPOP
 POP

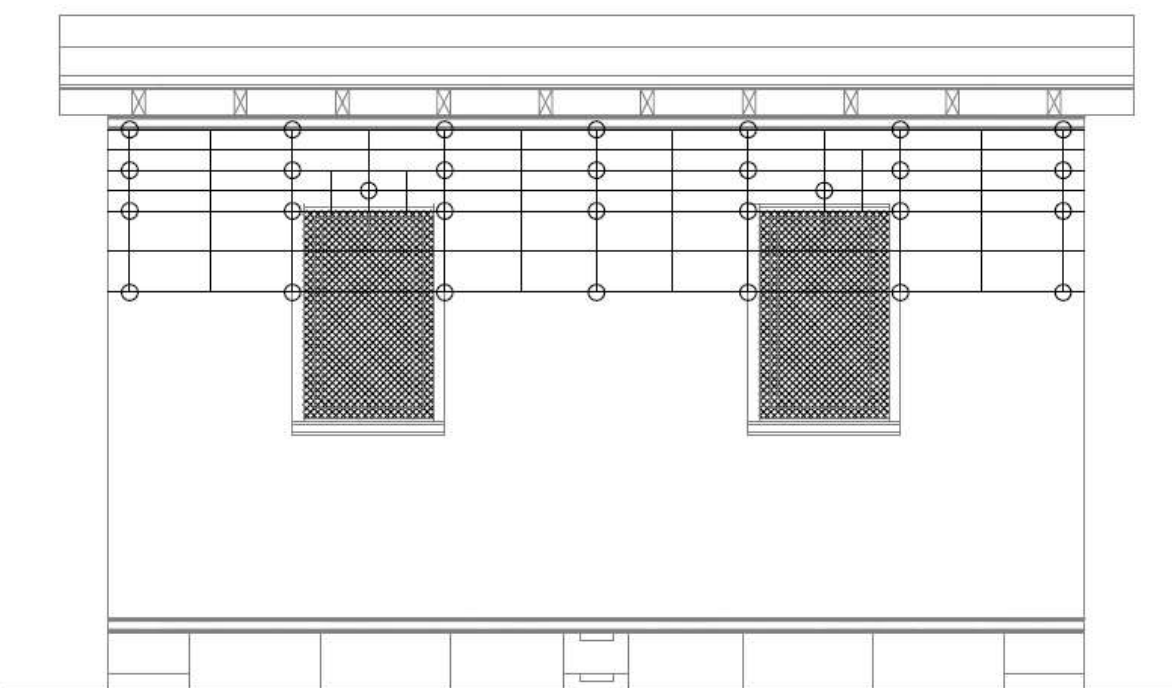
Obr. 26 Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně ve 20. minutě



LEGENDA



Obr. 27 Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně ve 30. minutě

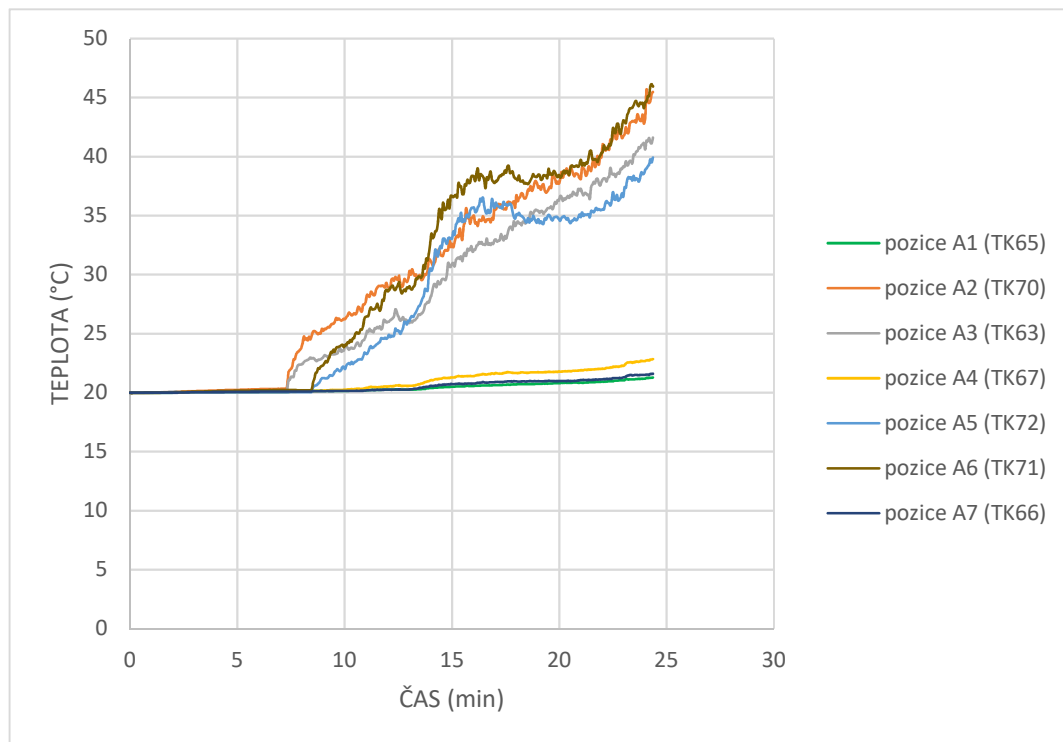


LEGENDA

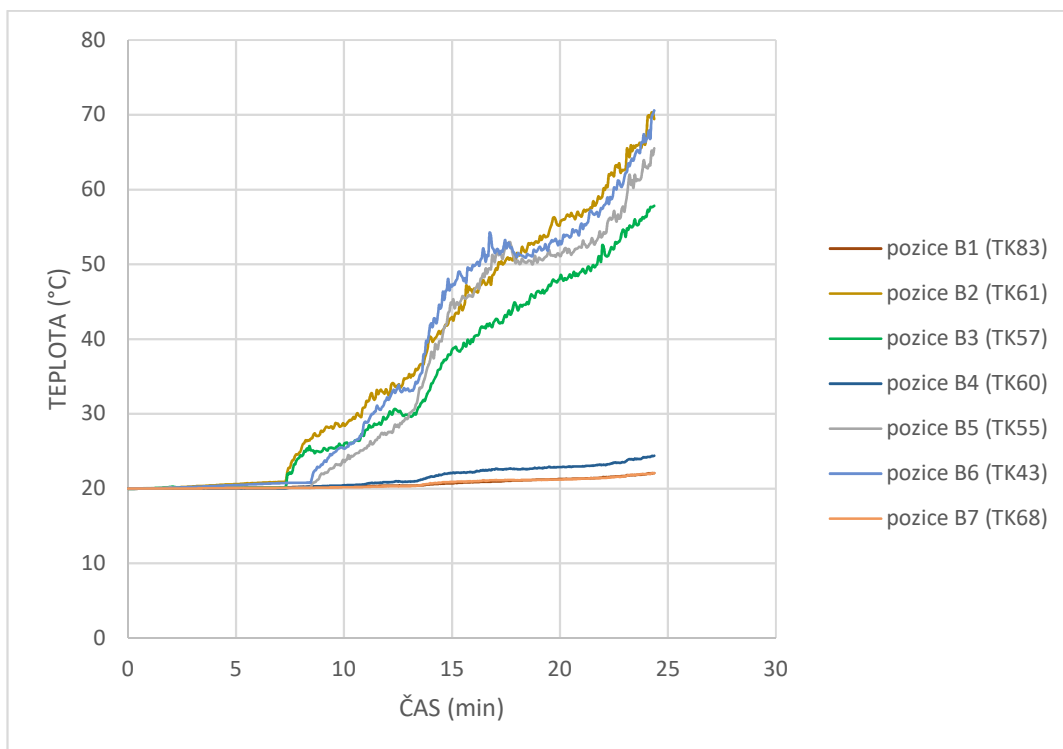


Obr. 28 Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně ve 45. minutě

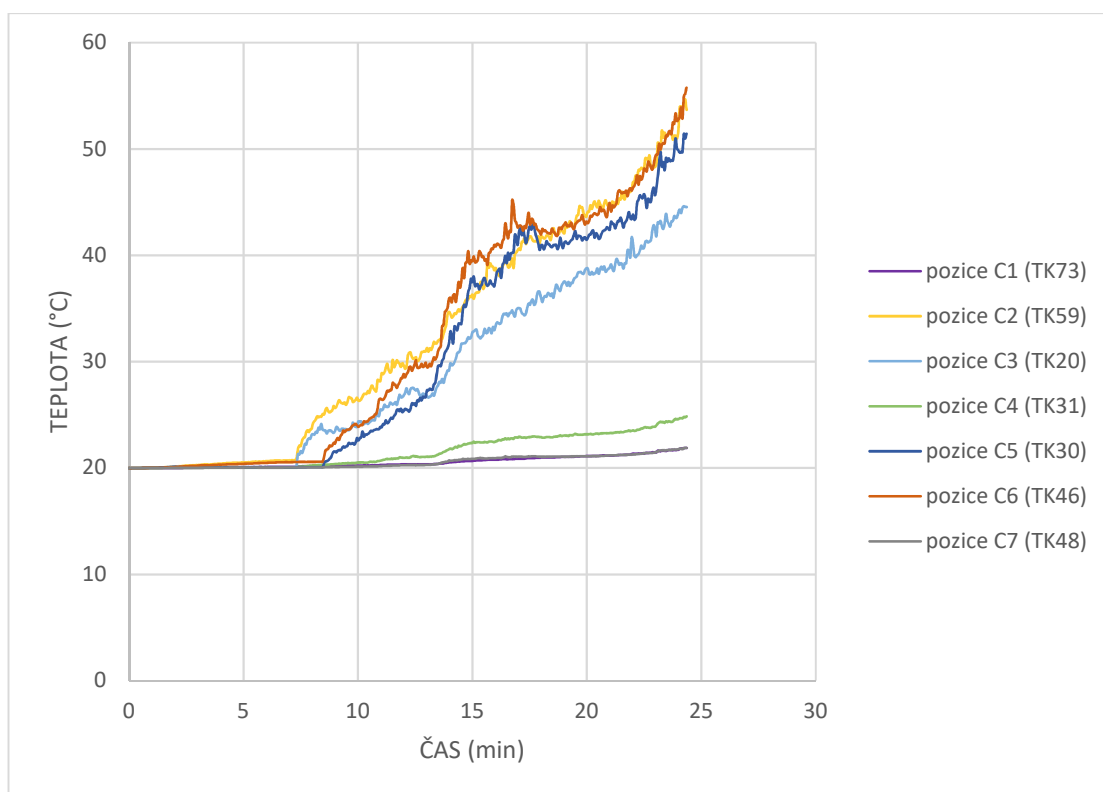
Příloha 6 – Znázornění průběhu teplot na obvodové stěně s otvory pomocí programu FDS



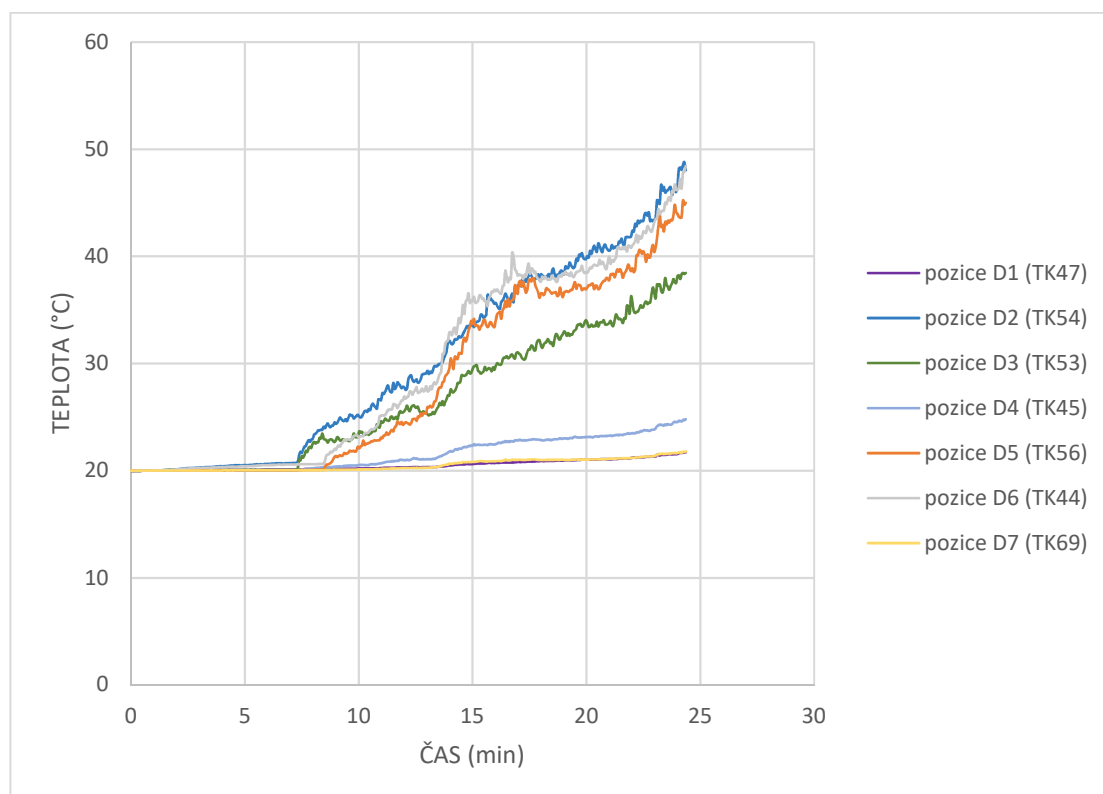
Graf 16 Znázornění nárůstu teplot v řadě A z hodnot vypočtených programem FDS



Graf 17 Znázornění nárůstu teplot v řadě B z hodnot vypočtených programem FDS

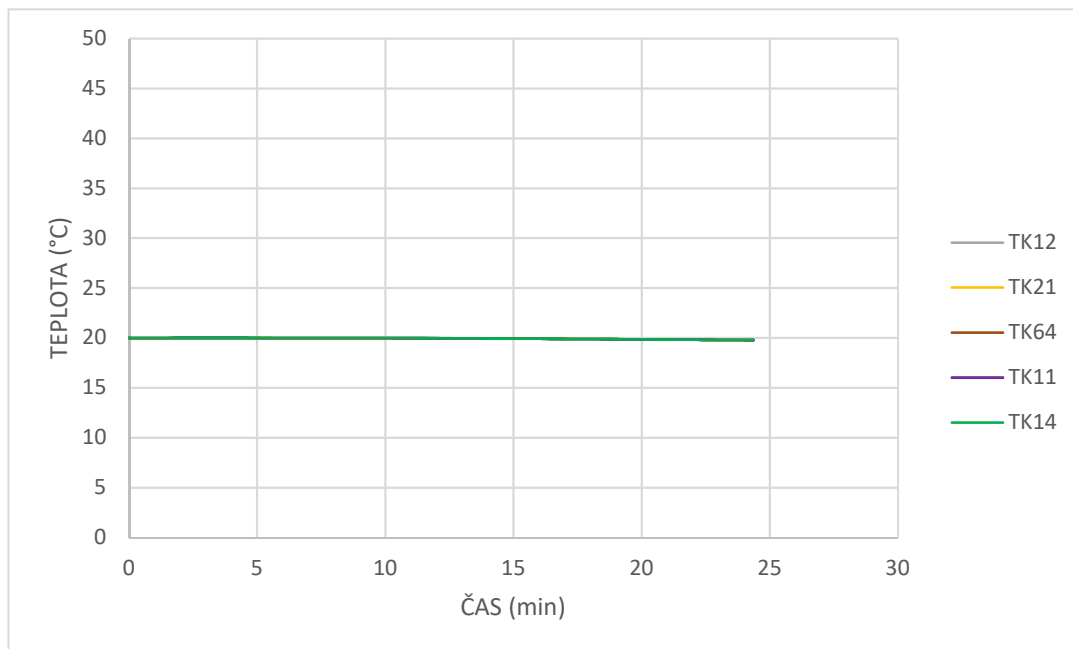


Graf 18 Znáznornění nárůstu teplot v řadě C z hodnot vypočtených programem FDS

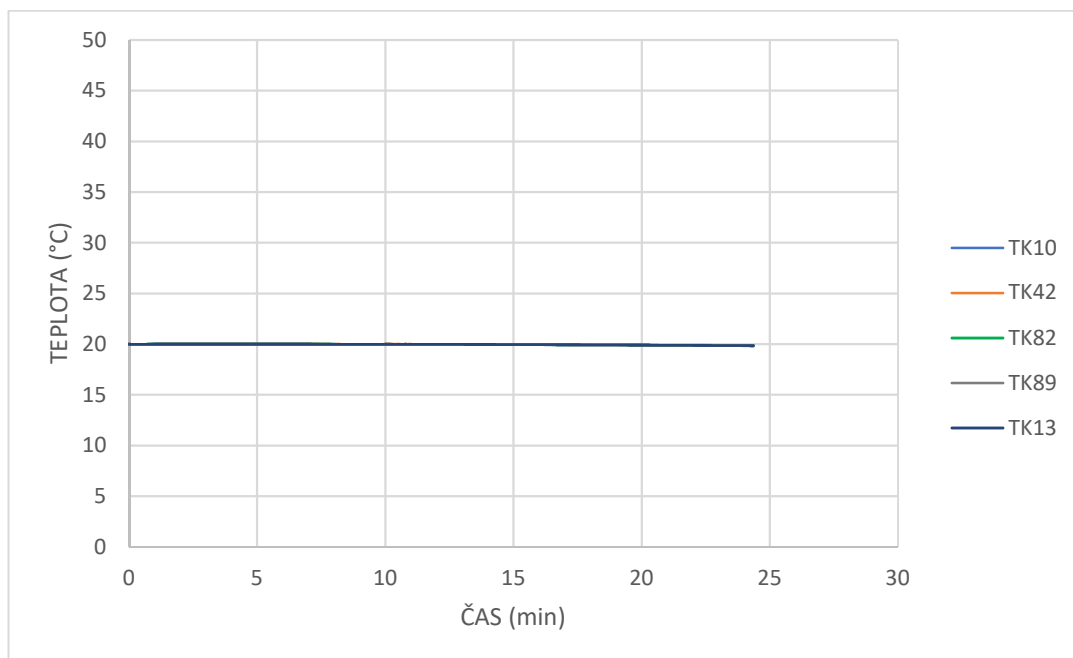


Graf 19 Znáznornění nárůstu teplot v řadě D z hodnot vypočtených programem FDS

Příloha 7 – Znáznornění průběhu teplot na obvodové stěně bez otvorů pomocí programu FDS



Graf 20 Znáznornění průběhu teplot na východní místnosti (s vápennou omítkou)



Graf 21 Znáznornění průběhu teplot na západní místnosti (s hliněnou omítkou)

Příloha 8 – Fotodokumentace průběhu velkorozměrové požární zkoušky



Obr. 29 Slaměný objekt před požární zkouškou (jiho-západní pohled)



Obr. 30 Slaměný objekt před požární zkouškou (severo-západní pohled)



Obr. 31 Slaměný objekt po zapálení požárního zatížení (jiho-západní pohled)



Obr. 32 Slaměný objekt po zapálení požárního zatížení (severo-východní pohled)



Obr. 33 Průnik kouře netěsnostmi okna v západní místnosti



Obr. 34 Vysklené okenní otvory



Obr. 35 Vyšlehávání plamenů okenními otvory



Obr. 36 pohled na jižní obvodovou stěnu



Obr. 37 Pohled na severní obvodovou stěnu



Obr. 38 Pohled severovýchodní



Obr. 39 Pohled na jižní obvodovou stěnu před celkovým kolapsem



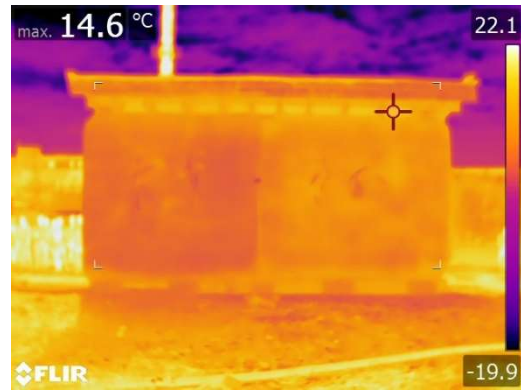
Obr. 40 Pohled na severní obvodovou stěnu před celkovým kolapsem

Záběry termokamery obvodové stěny bez okenních otvorů

normální snímek

termovizní snímek

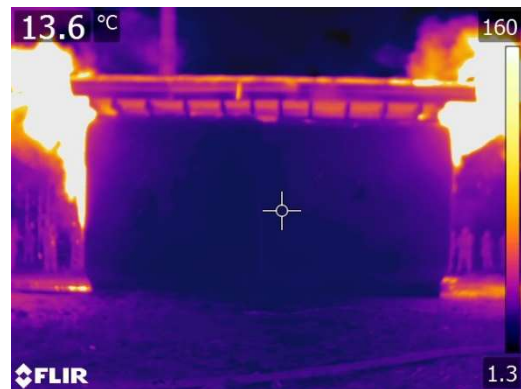
čas



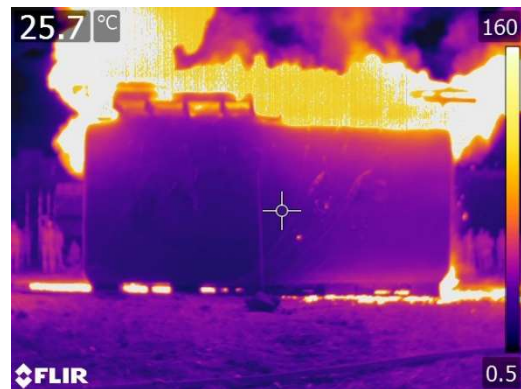
0 min



10 min



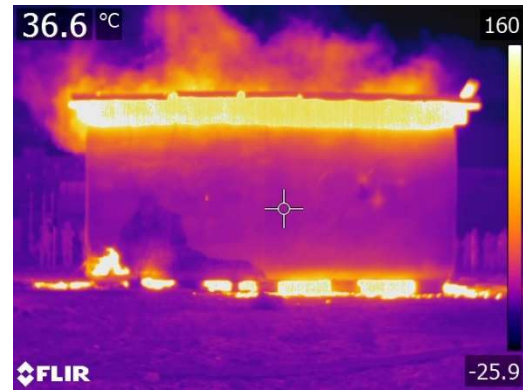
20 min



30 min



45 min



60 min

Příloha 9 – Zdrojový kód modelu požárního zatížení – dřevěné hranice

```
&HEAD CHID='pozarnizatizenislamak', TITLE='Hranice'/
&TIME T_END=3600.0/
&DUMP RENDER_FILE='pozarnizatizenislamak.ge1',
COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=300.0/
```

```
***** Výpočetní síť *****
&MESH ID='a', IJK=44,44,5, XB= -0.040,0.840, -0.040,0.840, -0.025,0.100/
&MESH ID='c', IJK=22,22,3, XB= -0.040,0.840, -0.040,0.840, 0.100,0.115/
&MESH ID='d', IJK=44,44,4, XB= -0.040,0.840, -0.040,0.840, 0.115,0.215/
&MESH ID='f', IJK=22,22,3, XB= -0.040,0.840, -0.040,0.840, 0.215,0.230/
&MESH ID='g', IJK=44,44,4, XB= -0.040,0.840, -0.040,0.840, 0.230,0.330/
&MESH ID='i', IJK=22,22,3, XB= -0.040,0.840, -0.040,0.840, 0.330,0.345/
&MESH ID='j', IJK=44,44,3, XB= -0.040,0.840, -0.040,0.840, 0.345,0.420/
```

```
***** Reaktant *****
&REAC ID='WOOD',
FUEL='REAC_FUEL',
C=6.3,
H=7.1,
O=2.1,
SOOT_YIELD=0.008/
```

```
***** Materiály *****
&MATL ID          = 'WOOD FUEL',
SPECIFIC_HEAT    = 1.63,
CONDUCTIVITY     = 0.2,
DENSITY          = 400.0,
HEAT_OF_COMBUSTION = 1.8E4 /

&MATL ID          = 'OSB BOARD',
SPECIFIC_HEAT    = 1.3,
```

```
CONDUCTIVITY     = 0.2,
DENSITY          = 600.0,
HEAT_OF_COMBUSTION = 1.8E4 /
```

```
&MATL ID          = 'STEEL',
FYI              = 'Drysedale, Intro to Fire Dynamics -
ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT    = 0.46,
CONDUCTIVITY     = 45.8,
DENSITY          = 7850.0,
EMISSIVITY       = 0.95 /
```

***** Povrchy *****

```
&SURF ID          = 'HRANOLY',
RGB              = 102,102,255,
HRRPUA          = 150.0,
RAMP_Q          = 'HRANOLY_RAMP_Q',
IGNITION_TEMPERATURE = 270.0,
BURN_AWAY       = .TRUE.,
BACKING         = 'VOID',
MATL_ID(1,1)    = 'WOOD FUEL',
MATL_MASS_FRACTION(1,1) = 1.0,
THICKNESS(1)    = 0.050,
```

```
&RAMP ID='HRANOLY_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='HRANOLY_RAMP_Q', T=40.0, F=0.9/
&RAMP ID='HRANOLY_RAMP_Q', T=420.0, F=0.5/
&RAMP ID='HRANOLY_RAMP_Q', T=800.0, F=1.0/
&RAMP ID='HRANOLY_RAMP_Q', T=1010.0, F=0.35/
&RAMP ID='HRANOLY_RAMP_Q', T=1550.0, F=0.275/
```

```
&SURF ID          = 'OSB',
RGB              = 0,204,0,
HRRPUA          = 195.0,
RAMP_Q          = 'OSB_RAMP_Q',
IGNITION_TEMPERATURE = 270.0,
BURN_AWAY       = .TRUE.,
BACKING         = 'VOID',
MATL_ID(1,1)    = 'OSB BOARD',
MATL_MASS_FRACTION(1,1) = 1.0,
THICKNESS(1)    = 0.015,
```


&OBST XB=0.000,0.800,0.000,0.800,0.215,0.230, SURF_ID='OSB' / Proklad OSB deska

&OBST XB=0.020,0.060,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 pozice 1
&OBST XB=0.100,0.140,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 pozice 2
&OBST XB=0.180,0.220,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 pozice 3
&OBST XB=0.260,0.300,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 pozice 4
&OBST XB=0.340,0.380,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 pozice 5
&OBST XB=0.420,0.460,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 pozice 6
&OBST XB=0.500,0.540,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 pozice 7
&OBST XB=0.580,0.620,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 pozice 8
&OBST XB=0.660,0.700,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 pozice 9
&OBST XB=0.740,0.780,0.000,0.800,0.230,0.280, SURF_ID='HRANOLY' / řada 5 poz. 10

&OBST XB=0.000,0.800,0.020,0.060,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 pozice 1
&OBST XB=0.000,0.800,0.100,0.140,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 pozice 2
&OBST XB=0.000,0.800,0.180,0.220,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 pozice 3
&OBST XB=0.000,0.800,0.260,0.300,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 pozice 4
&OBST XB=0.000,0.800,0.340,0.380,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 pozice 5
&OBST XB=0.000,0.800,0.420,0.460,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 pozice 6
&OBST XB=0.000,0.800,0.500,0.540,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 pozice 7
&OBST XB=0.000,0.800,0.580,0.620,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 pozice 8
&OBST XB=0.000,0.800,0.660,0.700,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 pozice 9
&OBST XB=0.000,0.800,0.740,0.780,0.280,0.330, SURF_ID='HRANOLY' / řada 6 poz. 10

&OBST XB=0.000,0.800,0.000,0.800,0.330,0.345, SURF_ID='OSB' / Proklad OSB deska

&OBST XB=0.020,0.060,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 pozice 1
&OBST XB=0.100,0.140,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 pozice 2
&OBST XB=0.180,0.220,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 pozice 3
&OBST XB=0.260,0.300,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 pozice 4
&OBST XB=0.340,0.380,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 pozice 5
&OBST XB=0.420,0.460,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 pozice 6
&OBST XB=0.500,0.540,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 pozice 7
&OBST XB=0.580,0.620,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 pozice 8
&OBST XB=0.660,0.700,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 pozice 9
&OBST XB=0.740,0.780,0.000,0.800,0.345,0.395, SURF_ID='HRANOLY' / řada 7 poz. 10

&OBST XB=0.300,0.500,0.300,0.500,-0.050, -P.025,
SURF_IDS='IGNITOR_PETROLEJ','STEEL','STEEL'/ Petrolej

***** Ventilací plocha *****

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-0.040,-0.040,-0.040,0.840,0.000,0.420/ Otvor4
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.840,0.840,-0.040,0.840,0.000,0.420/ Otvor2
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-0.040,0.840,-0.040,-0.040,0.000,0.420/ Otvor3
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-0.040,0.840,0.840,0.840,0.000,0.420/ Otvor1

***** Termočlánky *****

&PROP ID='TC1 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='TC2 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='TC3 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='TC4 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='TC5 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&DEVC ID='TC1', PROP_ID='TC1 props',
QUANTITY='THERMOCOUPLE',XYZ=0.4,0.4,0.419/
&DEVC ID='TC2', PROP_ID='TC2 props',
QUANTITY='THERMOCOUPLE',XYZ=0.2,0.2,0.419/
&DEVC ID='TC3', PROP_ID='TC3 props',
QUANTITY='THERMOCOUPLE',XYZ=0.2,0.6,0.419/
&DEVC ID='TC4', PROP_ID='TC4 props',
QUANTITY='THERMOCOUPLE',XYZ=0.6,0.2,0.419/
&DEVC ID='TC5', PROP_ID='TC5 props',
QUANTITY='THERMOCOUPLE',XYZ=0.6,0.6,0.419/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.200/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.400/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.600/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=0.200/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=0.400/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=0.600/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.100/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.200/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.300/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.400/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.419/

&TAIL /

Příloha 10 – Zdrojový kód modelu zjednodušeného požárního zatížení

&HEAD CHID='pozarnizatizenislamak', TITLE='Hranice'/

&TIME T_END=3600.0/
DT_RESTART=30.0/

***** Výpočetní síť *****

&MESH ID='s1', IJK=10,10,5, XB= 0.000,1.000, 0.000,1.000, 0.000,0.500/
&MESH ID='s2', IJK=10,10,20, XB= 0.000,1.000, 0.000,1.000, 0.500,2.500/

***** Reaktant *****

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

***** Materiály *****

&MATL ID		= 'DREVO',
	SPECIFIC_HEAT	=2.63,
	CONDUCTIVITY	=0.2,
	DENSITY	=400.0 /

***** Povrchy *****

&SURF ID		= 'INERT',
	COLOR	= 'YELLOW'/

&SURF ID		= 'ZATIZENI',
	COLOR	= 'BROWN',
	MATL_ID	= 'DREVO',
	THICKNESS	=0.04/
&SURF ID		= 'HRANICEV',
	COLOR	= 'RED',
	HRRPUA	= 313.5055,
	RAMP_Q	= 'HRANICEV_RAMP_Q'/

&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=14.4, F=0.028/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=68.4, F=0.037/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=165.0, F=0.333/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=345.6, F=0.333/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=570.0, F=0.333/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=647.9, F=0.437/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=648.0, F=0.874/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=964.8, F=0.947/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=1090.8, F=1.0/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=1443.0, F=0.904/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=1692.0, F=0.810/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=2000.0, F=0.810/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=2239.2, F=0.254/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=2491.0, F=0.180/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=2966.0, F=0.128/
&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=3578.4, F=0.042/

&SURF ID		= 'HRANICEB',
	COLOR	= 'ORANGE',
	HRRPUA	= 19.59409,
	RAMP_Q	= 'HRANICEB_RAMP_Q'/

&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=14.4, F=0.166/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=68.4, F=0.225/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=165.0, F=2.000/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=345.6, F=2.000/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=570.0, F=2.000/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=647.9, F=2.622/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=648.0, F=0.874/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=964.8, F=0.947/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=1090.8, F=1.0/

&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=1443.0, F=0.904/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=1692.0, F=0.810/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=2000.0, F=0.810/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=2239.2, F=0.254/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=2491.0, F=0.180/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=2966.0, F=0.128/
&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=3578.4, F=0.042/

***** Geometrie prostoru *****

&OBST XB=0.100,0.900,0.100,0.900,0.000,0.400, SURF_ID='ZATIZENI'/

***** Ventilací plocha *****

&VENT SURF_ID='INERT', XB=0.000,1.000,1.000,1.000,0.000,2.500/
&VENT SURF_ID='INERT', XB=1.000,1.000,0.000,1.000,0.000,2.500/
&VENT SURF_ID='INERT', XB=0.000,1.000,0.000,1.000,0.000,0.000/
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.000,0.000,0.000,1.000,0.000,2.500/
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.000,1.000,0.000,0.000,0.000,2.500/
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.000,1.000,0.000,1.000,2.500,2.500/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=0.100,0.900,0.100,0.900,0.400,0.400/ hranice horní plocha

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.100,0.900,0.100,0.100,0.000,0.400/ hranice boční plocha

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.100,0.900,0.900,0.900,0.000,0.400/ hranice boční plocha

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.100,0.100,0.100,0.900,0.000,0.400/ hranice boční plocha

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.900,0.900,0.100,0.900,0.000,0.400/ hranice boční plocha

***** Termočlánky *****

&DEVC XYZ = 0.500,0.500,0.550, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC1' /
&DEVC XYZ = 0.500,0.500,0.700, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC2' /
&DEVC XYZ = 0.500,0.500,0.850, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC3' /
&DEVC XYZ = 0.500,0.500,1.000, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC4' /
&DEVC XYZ = 0.500,0.500,1.150, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC5' /
&DEVC XYZ = 0.500,0.500,1.300, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC6' /
&DEVC XYZ = 0.500,0.500,1.450, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC7' /
&DEVC XYZ = 0.500,0.500,1.600, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC22' /

&DEVC XYZ = 0.500,0.500,1.750, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC23' /

&DEVC XYZ = 0.500,0.500,1.667, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'TC919' /

&BNDF QUANTITY = 'BURNING RATE' /

&BNDF QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE' /

&TAIL /

Příloha 11 – Zdrojový kód modelu experimentálního slaměného objektu

```
&HEAD CHID = 'SLAMAK',
      TITLE = 'SLAMAK'
```

```
&DUMP DT_RESTART = 50.0 /
&MISC RESTART=.TRUE./
&TIME T_END = 3600.0 /
```

***** Výpočetní síť *****

```
&MESH ID='s1', IJK = 52,37,16, XB = -0.125, 6.375, -0.125, 4.500, -0.200, 3.000 / (30784
BUNĚK)
```

```
&MESH ID='s2', IJK = 104,37,3, XB = -0.125, 6.375, -0.125, 4.500, 3.000, 3.200 / (11544
BUNĚK)
```

```
&MESH ID='s3', IJK = 26,18,8, XB = -0.125, 6.375, -0.125, -4.125, -0.200, 3.000 / (3744
BUNĚK)
```

```
&MESH ID='s3a', IJK = 26,18,3, XB = -0.125, 6.375, -0.125, -4.125, 3.000, 3.200 / (1404
BUNĚK)
```

```
&MESH ID='s4', IJK = 26,18,8, XB = -0.125, 6.375, 4.500, 8.500, -0.200, 3.000 / (3744
BUNĚK)
```

```
&MESH ID='s4a', IJK = 26,18,3, XB = -0.125, 6.375, 4.500, 8.500, 3.000, 3.200 / (1404
BUNĚK)
```

***** Materiály *****

```
&MATL ID = 'SLAMA',
  DENSITY = 90,
  CONDUCTIVITY_RAMP = 'SLAMA_LAMBDA',
  SPECIFIC_HEAT_RAMP = 'SLAMA_C' /
```

```
&MATL ID = 'HLINA',
  DENSITY = 1600.0,
  CONDUCTIVITY = 0.700,
```

```
SPECIFIC_HEAT = 0.920 / ZDROJ TZB INFO
```

```
&MATL ID = 'VC',
  DENSITY = 1600.0,
  CONDUCTIVITY = 0.87,
  SPECIFIC_HEAT = 0.84 /
```

```
&MATL ID = 'DREVO',
  SPECIFIC_HEAT = 1.63,
  CONDUCTIVITY = 0.2,
  DENSITY = 400.0,
  HEAT_OF_COMBUSTION = 1.8E4 /
```

```
&MATL ID = 'MINERALNIVATA',
  DENSITY = 250.0,
  CONDUCTIVITY = 0.079,
  SPECIFIC_HEAT = 1.150 /
```

```
&MATL ID = 'SKELNAVATA',
  DENSITY = 15.,
  CONDUCTIVITY = 0.046,
  SPECIFIC_HEAT = 0.940 /
```

```
&MATL ID = 'OSB',
  SPECIFIC_HEAT = 1.3,
  CONDUCTIVITY = 0.2,
  DENSITY = 600.0,
  HEAT_OF_COMBUSTION = 1.8E4 /
```

```
&MATL ID = 'SKLO',
  DENSITY = 2600.,
  CONDUCTIVITY = 0.760,
  SPECIFIC_HEAT = 0.84 /
```

```
&MATL ID = 'PVC',
  DENSITY = 1400.000,
  CONDUCTIVITY = 0.160,
  SPECIFIC_HEAT = 1.050 /
```

```
&MATL ID = 'INTUMEX',
  DENSITY = 100.000,
  CONDUCTIVITY = 0.120,
```

```

SPECIFIC_HEAT          = 1.000          /
&MATL ID                ='DREVOHRANICE',
SPECIFIC_HEAT          =2.63,
CONDUCTIVITY           =0.2,
DENSITY                =400.0          /
&MATL ID                ='VODA',
DENSITY                = 1000.
CONDUCTIVITY_RAMP     ='VODA_LAM',
SPECIFIC_HEAT         = 4.185

N_REACTIONS            = 1
REFERENCE_TEMPERATURE = 75.
NU_SPEC                = 1.0
SPEC_ID                = 'WATER VAPOR'
HEAT_OF_REACTION      = 2500. /

```

***** Materiálové vlast. za požáru *****

```

&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 20.0, F=1.00/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 74.0, F=1.01/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 75.0, F=0.0030/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 89.5, F=0.0035/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 90.0, F=3.12/

&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 200.0, F=3.12/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 250.0, F=2.12/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 300.0, F=0.93/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 350.0, F=1.11/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 400.0, F=1.31/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 600.0, F=1.83/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 800.0, F=2.16/
&RAMP ID                ='SLAMA_C',    T= 1200.0 F=2.16/

&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 20.0,    F=0.06/
&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 74.0,    F=0.06/
&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 75.0,    F=10.0/
&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 89.5,    F=18.0/
&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 90.0,    F=0.13/

&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 200.0,    F=0.08/

```

```

&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 350.0,    F=0.04/
&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 500.0,    F=0.05/
&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 800.0,    F=0.18/
&RAMP ID                ='SLAMA_LAMBDA', T= 1200.0, F=0.75/

&RAMP ID                ='VODA_LAM',   T= 00.0, F=0.564/
&RAMP ID                ='VODA_LAM',   T= 10.0, F=0.584/
&RAMP ID                ='VODA_LAM',   T= 20.0, F=0.597/
&RAMP ID                ='VODA_LAM',   T= 30.0, F=0.618/
&RAMP ID                ='VODA_LAM',   T= 50.0, F=0.645/
&RAMP ID                ='VODA_LAM',   T= 80.0, F=0.670/
&RAMP ID                ='VODA_LAM',   T= 100.0, F=0.682/

&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 5.0, F=4.2038/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 10.0, F=4.1957/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 15.0, F=4.1895/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 20.0, F=4.1849/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 25.0, F=4.1817/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 30.0, F=4.1796/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 35.0, F=4.1785/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 40.0, F=4.1782/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 45.0, F=4.1786/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 50.0, F=4.1796/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 55.0, F=4.1811/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 60.0, F=4.1830/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 65.0, F=4.1853/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 70.0, F=4.1881/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 75.0, F=4.1914/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 80.0, F=4.1952/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 85.0, F=4.1997/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 90.0, F=4.2049/
&RAMP ID                ='VODA_C',     T= 95.0, F=4.2111/

&SPEC ID                = 'WATER VAPOR' /

```

***** Povrchy *****

```

&SURF ID                ='VAPNOSLAMA'
MATL_ID(1,1)            ='VC'
MATL_ID(2,1:2)          ='SLAMA', 'VODA'
MATL_ID(3,1)            ='HLINA'
MATL_MASS_FRACTION (2,1:2) = 0.90,0.10

```

```

EMISSIVITY          =0.5
COLOR                ='BEIGE'
THICKNESS(1:3)      =0.050,0.4,0.05 /

&SURF ID             ='SLAMA'
MATL_ID(1,1:2)       ='SLAMA', 'VODA'
MATL_MASS_FRACTION (2,1:2) = 0.90,0.10
EMISSIVITY           =0.5
COLOR                ='YELLOW'
THICKNESS            = 0.400 /

&SURF ID             ='HLINO_SLAMA_TENKA'
MATL_ID(1,1)         ='HLINA'
MATL_ID(2,1:2)       ='SLAMA', 'VODA'
MATL_ID(3,1)         ='VC'
MATL_MASS_FRACTION (2,1:2) = 0.90,0.10
EMISSIVITY           =0.5
COLOR                ='GOLD'
THICKNESS(1:3)      =0.050,0.4,0.05 /

&SURF ID             ='HLINO_SLAMA_TLUSTA'
MATL_ID(1,1)         ='HLINA'
MATL_ID(2,1:2)       ='SLAMA', 'VODA'
MATL_ID(3,1)         ='VC'
MATL_MASS_FRACTION (2,1:2) = 0.90,0.10
EMISSIVITY           =0.5
COLOR                ='CRIMSON'
THICKNESS(1:3)      +=0.050,0.4,0.05 /

&SURF ID             ='HLINO_SLAMA_VENEK'
MATL_ID(1,1)         ='HLINA'
MATL_ID(2,1:2)       ='SLAMA', 'VODA'
MATL_ID(3,1)         ='HLINA'
EMISSIVITY           =0.5
COLOR                ='BURNT SIENNA'
THICKNESS(1:3)      =0.05,0.4,0.05 /
MATL_MASS_FRACTION (2,1:2) = 0.90,0.10 /

&SURF ID             ='VAPNO'
MATL_ID              ='VC'
COLOR                ='BEIGE'
THICKNESS            = 0.055 /

```

```

&SURF ID             ='HLINA'
MATL_ID              ='HLINA'
COLOR                ='BURNT SIENNA'
THICKNESS            = 0.055 /

&SURF ID             ='DREVO'
MATL_ID              ='DREVO'
COLOR                ='GREEN'
THICKNESS            = 0.016 /

&SURF ID             ='MINERALNIVATA'
MATL_ID              ='MINERALNIVATA'
COLOR                ='BANANA'
THICKNESS            = 0.550 /

&SURF ID             ='MINERALNIOSB'
MATL_ID(1,1)         ='OSB'
MATL_ID(2,1)         ='MINERALNIVATA'
MATL_ID(3,1)         ='OSB'
COLOR                ='YELLOW'
THICKNESS            = 0.018,0.160,0.018 /

&SURF ID             ='SKELNAVATA'
MATL_ID              ='SKELNAVATA'
COLOR                ='WHITE'
THICKNESS            = 0.16 /

&SURF ID             ='SKELNAOSB'
MATL_ID(1,1)         ='OSB'
MATL_ID(2,1)         ='SKELNAVATA'
MATL_ID(3,1)         ='OSB'
COLOR                ='ORANGE'
THICKNESS            = 0.018,0.160,0.018 /

&SURF ID             ='OSB'
MATL_ID              ='OSB'
HRRPÚA              =195.0,
COLOR                ='BROWN 4'
THICKNESS            = 0.018
IGNITION_TEMPERATURE =270.0,
BURN_AWAY            =.TRUE.,

```


BACKING = 'INSULATED'
 RAMP_Q = 'OSB_RAMP_Q'/

&RAMP ID='OSB_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
 &RAMP ID='OSB_RAMP_Q', T=60.0, F=0.77/
 &RAMP ID='OSB_RAMP_Q', T=180.0, F=0.5/
 &RAMP ID='OSB_RAMP_Q', T=480.0, F=0.53/
 &RAMP ID='OSB_RAMP_Q', T=670.0, F=1.0/
 &RAMP ID='OSB_RAMP_Q', T=900.0, F=0.21/
 &RAMP ID='OSB_RAMP_Q', T=1800.0, F=0.1/

&SURF ID = 'OKNO'
 MATL_ID = 'SKLO'
 COLOR = 'SKY BLUE'
 THICKNESS = 0.010 /

&SURF ID = 'DVERE'
 MATL_ID = 'DREVO'
 COLOR = 'GRAY'
 THICKNESS = 0.030 /

&SURF ID = 'TRUBKA'
 MATL_ID = 'PVC'
 COLOR = 'DARK OLIVE GREEN'
 THICKNESS = 0.003 /

&SURF ID = 'UCPAVKA'
 MATL_ID = 'INTUMEX'
 COLOR = 'BLACK'
 THICKNESS = 0.050 /

&SURF ID = 'ZATIZENI',
 COLOR = 'BROWN',
 MATL_ID = 'DREVOHRANICE',
 THICKNESS = 0.04/

***** Požár *****

&SURF ID = 'HRANICEV',
 COLOR = 'RED',
 HRRPUA = 313.5055,
 RAMP_Q = 'HRANICEV_RAMP_Q'/

&RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=14.4, F=0.028/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=68.4, F=0.037/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=165.0, F=0.333/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=345.6, F=0.333/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=570.0, F=0.333/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=647.9, F=0.437/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=648.0, F=0.874/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=964.8, F=0.947/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=1090.8, F=1.0/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=1443.0, F=0.904/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=1692.0, F=0.810/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=2000.0, F=0.810/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=2239.2, F=0.254/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=2491.0, F=0.180/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=2966.0, F=0.128/
 &RAMP ID='HRANICEV_RAMP_Q', T=3578.4, F=0.042/

&SURF ID = 'HRANICEB',
 COLOR = 'ORANGE',
 HRRPUA = 19.59409,
 RAMP_Q = 'HRANICEB_RAMP_Q'/

&RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=14.4, F=0.166/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=68.4, F=0.225/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=165.0, F=2.000/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=345.6, F=2.000/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=570.0, F=2.000/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=647.9, F=2.622/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=648.0, F=0.874/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=964.8, F=0.947/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=1090.8, F=1.0/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=1443.0, F=0.904/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=1692.0, F=0.810/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=2000.0, F=0.810/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=2239.2, F=0.254/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=2491.0, F=0.180/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=2966.0, F=0.128/
 &RAMP ID='HRANICEB_RAMP_Q', T=3578.4, F=0.042/

levá místnost

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=0.625,1.375,0.500,1.250,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.625,1.375,0.500,0.500,0.000,0.400, IOR= -1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.625,1.375,1.250,1.250,0.000,0.400, IOR= 1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.625,0.625,0.500,1.250,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.375,1.375,0.500,1.250,0.000,0.400, IOR= 2/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=1.875,2.625,0.500,1.250,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.875,2.625,0.500,0.500,0.000,0.400, IOR= -1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.875,2.625,1.250,1.250,0.000,0.400, IOR= 1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.875,1.875,0.500,1.250,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=2.625,2.625,0.500,1.250,0.000,0.400, IOR= 2/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=0.625,1.375,1.625,2.375,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.625,1.375,1.625,1.625,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.625,1.375,2.375,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.625,0.625,1.625,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.375,1.375,1.625,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=1.875,2.625,1.625,2.375,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.875,2.625,1.625,1.625,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.875,2.625,2.375,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.875,1.875,1.625,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=2.625,2.625,1.625,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=0.625,1.375,2.750,3.500,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.625,1.375,2.750,2.750,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.625,1.375,3.500,3.500,0.000,0.400, IOR= 1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=0.625,0.625,2.750,3.500,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.375,1.375,2.750,3.500,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=1.875,2.625,2.750,3.500,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.875,2.625,2.750,2.750,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.875,2.625,3.500,3.500,0.000,0.400, IOR= 1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=1.875,1.875,2.750,3.500,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=2.625,2.625,2.750,3.500,0.000,0.400/

pravá místnost

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=3.500,4.250,0.500,1.250,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=3.500,4.250,0.500,0.500,0.000,0.400, IOR= -1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=3.500,4.250,1.250,1.250,0.000,0.400, IOR= 1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=3.500,3.500,0.500,1.250,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.250,4.250,0.500,1.250,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=4.750,5.500,0.500,1.250,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.750,5.500,0.500,0.500,0.000,0.400, IOR= -1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.750,5.500,1.250,1.250,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.750,4.750,0.500,1.250,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=5.500,5.500,0.500,1.250,0.000,0.400, IOR= 2/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=3.500,4.250,1.650,2.375,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=3.500,4.250,1.650,1.650,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=3.500,4.250,2.375,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=3.500,3.500,1.650,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.250,4.250,1.650,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=4.750,5.500,1.650,2.375,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.750,5.500,1.650,1.650,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.750,5.500,2.375,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.750,4.750,1.650,2.375,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=5.500,5.500,1.650,2.375,0.000,0.400, IOR= 2/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=3.500,4.250,2.750,3.500,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=3.500,4.250,2.750,2.750,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=3.500,4.250,3.500,3.500,0.000,0.400, IOR= 1/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=3.500,3.500,2.750,3.500,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.250,4.250,2.750,3.500,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEV', XB=4.750,5.500,2.750,3.500,0.400,0.400, IOR= 3/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.750,5.500,2.750,2.750,0.000,0.400/

&VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.750,5.500,3.500,3.500,0.000,0.400, IOR= 1/
 &VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=4.750,4.750,2.750,3.500,0.000,0.400/
 &VENT SURF_ID='HRANICEB', XB=5.500,5.500,2.750,3.500,0.000,0.400, IOR= 2/

'INERT' / střed

***** Okrajové podmínky *****

&VENT XB = 6.375,6.375, -0.125,4.500, -0.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor
 &VENT XB = -0.125,-0.125, -0.125,4.500, -0.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

&OBST XB SURF_ID6 = 5.500, 6.000, 0.000, 4.000, 0.000, 3.000,
 = 'HLINO_SLAMA_TLUSTA',
 'VAPNOSLAMA',
 'VAPNO',
 'VAPNO',
 'INERT',
 'INERT' / východ

&VENT XB = -0.125,6.375, -0.125,4.500, 3.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor
 &VENT XB = -0.125,6.375, -4.125,-4.125, -0.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

&OBST XB SURF_ID6 = 0.500, 2.750, 0.000, 0.500, 0.000, 3.000,
 = 'SLAMA',
 'SLAMA',
 'HLINO_SLAMA_VENEK',
 'HLINO_SLAMA_TENKA',
 'INERT',
 'INERT' / západ okno

&VENT XB = -0.125,-0.125, -0.125,-4.125, -0.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

&VENT XB = 6.375,6.375, -0.125,-4.125, -0.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

&VENT XB = -0.125,6.375, -0.125,-4.125, 3.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

&OBST XB SURF_ID6 = 0.500, 2.750, 3.500, 4.000, 0.000, 3.000,
 = 'SLAMA',
 'SLAMA',
 'HLINO_SLAMA_TENKA',
 'HLINO_SLAMA_VENEK',
 'INERT',
 'INERT' / západ stěna

&VENT XB = -0.125,6.375, 8.500,8.500, -0.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor
 &VENT XB = -0.125,-0.125, 4.500,8.500, -0.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

&VENT XB = 6.375,6.375, 4.500,8.500, -0.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

&VENT XB = -0.125,6.375, 4.500,8.500, 3.200,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

VENT XB = -0.125,6.375, -0.250,-0.250, 0.000,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

VENT XB = -0.125,6.375, 4.375, 4.375, 0.000,3.200, SURF_ID = 'OPEN' / venkovní prostor

&OBST XB SURF_ID6 = 3.250, 5.500, 0.000, 0.500, 0.000, 3.000,
 = 'SLAMA',
 'SLAMA',
 'VAPNOSLAMA',
 'HLINO_SLAMA_TLUSTA',
 'INERT',
 'INERT' / východ okno

***** Geometrie prostoru *****

&OBST XB SURF_ID6 = 0.000, 0.500, 0.000, 4.000, 0.000, 3.000,
 = 'HLINO_SLAMA_VENEK',
 'HLINO_SLAMA_TENKA',
 'HLINA',
 'HLINA',
 'INERT',
 'INERT' / západ

&OBST XB SURF_ID6 = 3.250, 5.500, 3.500, 4.000, 0.000, 3.000,
 = 'SLAMA',
 'SLAMA',
 'HLINO_SLAMA_TLUSTA',
 'VAPNOSLAMA',
 'INERT',
 'INERT' / východ stěna

&OBST XB SURF_ID6 = 2.750, 3.250, 0.000, 4.000, 0.000, 3.000,
 = 'HLINO_SLAMA_TENKA',
 'HLINO_SLAMA_TLUSTA',
 'VAPNO',
 'HLINA',
 'INERT',

&OBST XB SURF_ID6 = 0.000, 6.000, 0.000, 4.000, -0.200, 0.000,
 = 'INERT',
 'INERT',
 'INERT',
 'INERT',
 'INERT',
 'OSB' / Podlaha

&OBST XB SURF_ID = 0.750, 0.750, -0.120, 0.750, 0.690, 0.800,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 0.750, 0.860, -0.120, 0.750, 0.690, 0.690,
 = 'TRUBKA',
 PERMIT_HOLE = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 0.750, 0.860, -0.120, 0.750, .800, 0.800,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 0.860, 0.860, 0.120, 0.750, 0.690, 0.800,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /levá spodní trubka

&OBST XB SURF_ID = 2.250, 2.250, -0.120, 0.750, 0.690, 0.800,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 2.250, 2.360, -0.120, 0.750, 0.690, 0.690,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 2.250, 2.360, -0.120, 0.750, 0.800, 0.800,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 2.360, 2.360, -0.120, 0.750, 0.690, 0.800,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 0.750, 0.750, -0.120, 0.750, 2.490, 2.600,

SURF_ID = 'TRUBKA',
 PERMIT_HOLE = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 0.750, 0.860, -0.120, 0.750, 2.490, 2.490,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 0.750, 0.860, 0.120, 0.750, 2.600, 2.600,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 0.860, 0.860, -0.120, 0.750, 2.490, 2.600,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 2.250, 2.250, -0.120, 0.750, 2.490, 2.600,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 2.250, 2.360, 0.120, 0.750, 2.490, 2.490,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 2.250, 2.360, -0.120, 0.750, 2.600, 2.600,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 2.360, 2.360, -0.120, 0.750, 2.490, 2.600,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 5.140, 5.140, -0.120, 0.750, 0.690, 0.800,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 5.140, 5.250, -0.120, 0.750, 0.690, 0.690,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

&OBST XB SURF_ID = 5.140, 5.250, 0.120, 0.750, 0.800, 0.800,
 PERMIT_HOLE = 'TRUBKA',
 = .FALSE. /

```

&OBST XB          = 5.250, 5.250, -0.120, 0.750, 0.690, 0.800,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 3.640, 3.640, -0.120, 0.750, 0.690, 0.800,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 3.640, 3.750, -0.120, 0.750, 0.690, 0.690,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 3.640, 3.750, -0.120, 0.750, 0.800, 0.800,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 3.750, 3.750, -0.120, 0.750, 0.690, 0.800,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 5.140, 5.140, -0.120, 0.750, 2.490, 2.600,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 5.140, 5.250, -0.120, 0.750, 2.490, 2.490,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 5.140, 5.250, -0.120, 0.750, 2.600, 2.600,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 5.250, 5.250, -0.120, 0.750, 2.490, 2.600,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 3.640, 3.640, -0.120, 0.750, 2.490, 2.600,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 3.640, 3.750, -0.120, 0.750, 2.490, 2.490,

```

```

  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 3.640, 3.750, -0.120, 0.750, 2.600, 2.600,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /

&OBST XB          = 3.750, 3.750, -0.120, 0.750, 2.490, 2.600,
  SURF_ID          = 'TRUBKA',
  PERMIT_HOLE      = .FALSE. /
***** Geometrie nosné konstrukce střechy *****

&OBST XB = 0.000, 0.06250, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 1. krokev
&OBST XB = 0.5625, 0.625, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 2. krokev
&OBST XB = 1.125, 1.1875, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 3. krokev
&OBST XB = 1.6875, 1.750, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 4. krokev
&OBST XB = 2.250, 2.3125, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 5. krokev
&OBST XB = 2.750, 2.8125, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 6. krokev
&OBST XB = 3.1875, 3.250, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 7. krokev
&OBST XB = 3.6875, 3.750, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 8. krokev
&OBST XB = 4.250, 4.3125, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 9. krokev
&OBST XB = 4.8125, 4.875, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 10. krokev
&OBST XB = 5.375, 5.4375, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 11. krokev
&OBST XB = 5.9375, 6.000, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, SURF_ID = 'DREVO' / 12. krokev
***** Geometrie nenosné konstrukce střechy *****

&OBST XB          = 0.0625, 0.5625, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200,
  SURF_ID6         = 'MINERALNIVATA',
                  = 'MINERALNIVATA',
                  = 'MINERALNIVATA',

```

	'MINERALNIVATA', 'OSB', 'MINERALNIOSB' / vyplň 1 - 2 krokev		'OSB', 'MINERALNIOSB' / vyplň 6 - 7 krokev
&OBST XB SURF_ID6	= 0.6250, 1.125, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'OSB', 'MINERALNIOSB' / vyplň 2 - 3 krokev	&OBST XB SURF_ID6	= 3.250, 3.6875, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'OSB', 'SKELNAOSB' / vyplň 7 - 8 krokev
&OBST XB SURF_ID6	= 1.18750, 1.68750, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'OSB', 'MINERALNIOSB' / vyplň 3 - 4 krokev	&OBST XB SURF_ID6	= 3.750, 4.250, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'OSB', 'SKELNAOSB' / vyplň 8 - 9 krokev
&OBST XB SURF_ID6	= 1.750, 2.250, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'OSB', 'MINERALNIOSB' / vyplň 4 - 5 krokev	&OBST XB SURF_ID6	= 4.3125, 4.8125, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'OSB', 'SKELNAOSB' / vyplň 9 - 10 krokev
&OBST XB SURF_ID6	= 2.3125, 2.750, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'OSB', 'MINERALNIOSB' / vyplň 5 - 6 krokev	&OBST XB SURF_ID6	= 4.875, 5.375, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'OSB', 'SKELNAOSB' / vyplň 10 - 11 krokev
&OBST XB SURF_ID6	= 2.8125, 3.1875, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA', 'MINERALNIVATA',	&OBST XB SURF_ID6	= 5.4375, 5.9375, 0.000, 4.000, 3.000, 3.200, = 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'SKELNAVATA', 'OSB', 'SKELNAOSB' / vyplň 11 - 12 krokev

***** Geometrie otvorů *****

```

&HOLE XB      = 1.250, 2.000, 0.000, 0.500, 1.200, 2.400    / levé okno
&HOLE XB      = 4.000, 4.750, 0.000, 0.500, 1.200, 2.400    / pravé okno
&HOLE XB      = -0.01, 0.501, 1.500, 2.500, 0.000, 2.000    / levé dveře
&HOLE XB      = 2.749, 3.251, 1.500, 2.500, 0.000, 2.000    / dveře příčka
&HOLE XB      = 5.499, 6.001, 1.500, 2.500, 0.000, 2.000    / pravé dveře
&HOLE XB      = 0.750, 0.860, 0.000, 0.500, 0.690, 0.800,    /levý spodní prostup
&HOLE XB      = 2.250, 2.360, 0.000, 0.500, 0.690, 0.800,    /levý spodní střední
prostup
&HOLE XB      = 0.750, 0.860, 0.000, 0.500, 2.490, 2.600,    /levý horní prostup
&HOLE XB      = 2.250, 2.360, 0.000, 0.500, 2.490, 2.600,    /levý horní střední prostup
&HOLE XB      = 5.140, 5.250, 0.000, 0.500, 0.690, 0.800,    /pravý spodní prostup
&HOLE XB      = 3.640, 3.750, 0.000, 0.500, 0.690, 0.800,    /pravý spodní střední
prostup
&HOLE XB      = 5.140, 5.250, 0.000, 0.500, 2.490, 2.600,    /pravý horní prostup
&HOLE XB      = 3.640, 3.750, 0.000, 0.500, 2.490, 2.600,    /pravý horní střední
prostup

```

***** Výplně otvorů *****

```

&OBST XB      = 1.249, 2.001, 0.000, 0.125, 0.199, 2.401,
SURF_ID       = 'OKNO'
DEVC_ID       = '001'
PERMIT_HOLE   = .FALSE.      / LEVÉ OKNO

&OBST XB      = 3.999, 4.749, 0.000, 0.125, 1.199, 2.401,
SURF_ID       = 'OKNO'
DEVC_ID       = '002'

```

```

PERMIT_HOLE   = .FALSE.      / PRAVÉ OKNO

```

```

&OBST XB      = 0.000, 0.125, 2.000, 2.500, 0.000, 2.000,
SURF_ID       = 'DVERE'
DEVC_ID       = '003'
PERMIT_HOLE   = .FALSE.      / LEVÉ DVEŘE

```

```

&OBST XB      = 5.750, 6.000, 1.500, 2.000, 0.000, 2.000,
SURF_ID       = 'DVERE'
DEVC_ID       = '004'
PERMIT_HOLE   = .FALSE.      / PRAVÉ DVEŘE

```

```

&DEVC ID      = '001',
XYZ            = 1.625,0.250,2.400,
SETPOINT      = 437,
INITIAL_STATE = .TRUE.
QUANTITY      = 'TIME' / VYSKLENÍ LEVÉHO OKNA

```

```

&DEVC ID      = '002',
XYZ            = 4.375,0.250,2.400,
SETPOINT      = 507,
INITIAL_STATE = .TRUE.
QUANTITY      = 'TIME' / VYSKLENÍ PRAVÉHO OKNA

```

```

&DEVC ID      = '003',
XYZ            = 0.000,2.000,2.000,
SETPOINT      = 670,
INITIAL_STATE = .TRUE.
QUANTITY      = 'TIME' / OPADNUTÍ LEVÝCH DVEŘÍ

```

```

&DEVC ID      = '004',
XYZ            = 6.000,2.000,2.000,
SETPOINT      = 1057,
INITIAL_STATE = .TRUE.
QUANTITY      = 'TIME' / OPADNUTÍ PRAVÝCH DVEŘÍ

```

***** Reaktant *****

```

&REAC FUEL = 'PROPANE',
SOOT_YIELD = 0.01,
HEAT_OF_COMBUSTION = 46460.0/

```

***** Geometrie hranice *****

&OBST XB = 0.625, 1.375, 0.500, 1.250, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / levá místnost

&OBST XB = 1.875, 2.625, 0.500, 1.250, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / levá místnost

&OBST XB = 0.625, 1.375, 1.625, 2.375, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / levá místnost

&OBST XB = 1.875, 2.625, 1.625, 2.375, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / levá místnost

&OBST XB = 0.625, 1.375, 2.750, 3.505, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / levá místnost

&OBST XB = 1.875, 2.625, 2.750, 3.500, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / levá místnost

&OBST XB = 3.500, 4.250, 0.500, 1.250, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / pravá místnost

&OBST XB = 4.750, 5.500, 0.500, 1.250, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / pravá místnost

&OBST XB = 3.500, 4.250, 1.625, 2.375, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / pravá místnost

&OBST XB = 4.750, 5.500, 1.625, 2.375, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / pravá místnost

&OBST XB = 3.500, 4.250, 2.750, 3.500, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / pravá místnost

&OBST XB = 4.750, 5.500, 2.750, 3.500, 0.000, 0.400, SURF_ID='ZATIZENI' / pravá místnost

***** Měřicí technika DP odstupové vzdálenosti*****

&DEVC XYZ = 0.100,0.000,1.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK65', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 1.100,0.000,1.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK70', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 2.150,0.000,1.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK63', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 3.000,0.000,1.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK67', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 3.850,0.000,1.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK72', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 4.900,0.000,1.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK71', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 5.900,0.000,1.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK66', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 0.100,0.000,2.400, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK83', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 1.100,0.000,2.400, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK61', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 2.150,0.000,2.400, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK57', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 3.000,0.000,2.400, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK60', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 3.850,0.000,2.400, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK55', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 4.900,0.000,2.400, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK43', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 5.900,0.000,2.400, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK68', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 0.100,0.000,2.650, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK73', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 1.100,0.000,2.650, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK59', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 2.150,0.000,2.650, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK20', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 3.000,0.000,2.650, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK31', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 3.850,0.000,2.650, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK30', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 4.900,0.000,2.650, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK46', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 5.900,0.000,2.650, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK48', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 0.100,0.000,2.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK47', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 1.100,0.000,2.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK54', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 2.150,0.000,2.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK53', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 3.000,0.000,2.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK45', IOR=-2/

&DEVC XYZ = 3.850,0.000,2.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK56',
IOR=-2/
&DEVC XYZ = 4.900,0.000,2.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK44',
IOR=-2/
&DEVC XYZ = 5.900,0.000,2.900, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK69',
IOR=-2/
&DEVC XYZ = 1.625,0.000,2.480, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK62',
IOR=-2/
&DEVC XYZ = 4.375,0.000,2.480, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK58',
IOR=-2/

&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=1.000 /
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=1.200 /
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=1.400 /
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=1.600 /
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=1.800 /
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=2.000 /
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=2.200 /
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=2.400 /
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=2.600 /
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=2.800 /

***** Měřicí technika DP požární odolnost*****

&DEVC XYZ = 1.250, 4.000, 1.00, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK10',
IOR=2, / TČ povrch
&DEVC XYZ = 2.000, 4.000, 1.00, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK42',
IOR=2, / TČ povrch
&DEVC XYZ = 4.000, 4.000, 1.00, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK12',
IOR=2, / TČ povrch
&DEVC XYZ = 4.750, 4.000, 1.00, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK21',
IOR=2, / TČ povrch

&DEVC XYZ = 1.625, 4.000, 1.50, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK82',
IOR=2, / TČ povrch e
&DEVC XYZ = 1.625, 4.000, 1.50, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK81' IOR=2, DEPTH=0.055 / TČ hlinena omitka e
&DEVC XYZ = 1.625, 3.500, 1.50, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK80' IOR=-2, DEPTH=0.240 / TČ stred
&DEVC XYZ = 1.625, 3.500, 1.50, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK79' IOR=-2, DEPTH=0.040 / TČ hlinena omitka i

&DEVC XYZ = 1.625, 3.500, 1.50, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK78',
IOR=-2, / TČ povrch i

&DEVC XYZ = 1.625, 4.000, 2.99, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK88',
IOR=2, / TČ povrch e
&DEVC XYZ = 1.625, 4.000, 2.99, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK87' IOR=2, DEPTH=0.055 / TČ hlinena omitka e
&DEVC XYZ = 1.625, 3.500, 2.99, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK86' IOR=-2, DEPTH=0.240 / TČ stred
&DEVC XYZ = 1.625, 3.500, 2.99, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK85' IOR=-2, DEPTH=0.040 / TČ hlinena omitka i
&DEVC XYZ = 1.625, 3.500, 2.99, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK84',
IOR=-2, / TČ povrch i

&DEVC XYZ = 4.375, 4.000, 1.50, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK14',
IOR=2, / TČ povrch e
&DEVC XYZ = 4.375, 4.000, 1.50, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK52' IOR=2, DEPTH=0.040 / TČ vapenna omitka e
&DEVC XYZ = 4.375, 3.500, 1.50, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK51' IOR=-2, DEPTH=0.260 / TČ stred
&DEVC XYZ = 4.375, 3.500, 1.50, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK50' IOR=-2, DEPTH=0.060 / TČ hlinena omitka i
&DEVC XYZ = 4.375, 3.500, 1.50, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK49',
IOR=-2, / TČ povrch i

&DEVC XYZ = 4.375, 4.000, 2.99, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK41',
IOR=2, / TČ povrch e
&DEVC XYZ = 4.375, 4.000, 2.99, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK40' IOR=2, DEPTH=0.040 / TČ vapenna omitka e
&DEVC XYZ = 4.375, 3.500, 2.99, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK39' IOR=-2, DEPTH=0.260 / TČ stred
&DEVC XYZ = 4.375, 3.500, 2.99, QUANTITY = 'INSIDE WALL TEMPERATURE', ID =
'TK38' IOR=-2, DEPTH=0.060 / TČ hlinena omitka i
&DEVC XYZ = 4.375, 3.500, 2.99, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK37',
IOR=-2, / TČ povrch i

&DEVC XYZ = 1.250, 4.000, 2.00, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK89',
IOR=2, / TČ povrch
&DEVC XYZ = 2.000, 4.000, 2.00, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK13',
IOR=2, / TČ povrch
&DEVC XYZ = 4.000, 4.000, 2.00, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK64',
IOR=2, / TČ povrch

&DEVC XYZ = 4.750, 4.000, 2.00, QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE', ID = 'TK11'
IOR=2, / TČ povrch

&PROF XYZ = 1.625, 3.500, 1.50, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='01', IOR=-2 /
&PROF XYZ = 1.625, 3.500, 2.99, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='02', IOR=-2 /
&PROF XYZ = 4.375, 3.500, 1.50, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='03', IOR=-2 /
&PROF XYZ = 4.375, 3.500, 2.99, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='04', IOR=-2 /

***** Měřicí technika DP prostupy*****

&DEVC XYZ = 0.805, 0.000, 2.625, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 1' /
&DEVC XYZ = 0.805, -0.025, 2.600, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 2' /
&DEVC XYZ = 0.805, 0.000, 0.825, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 3' /
&DEVC XYZ = 0.805, -0.025, 0.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 4' /
&DEVC XYZ = 2.305, 0.000, 2.625, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 5' /
&DEVC XYZ = 2.305, -0.025, 2.600, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 6' /
&DEVC XYZ = 2.305, 0.000, 0.825, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 7' /
&DEVC XYZ = 2.305, -0.025, 0.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 8' /
&DEVC XYZ = 3.695, 0.000, 2.625, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 9' /
&DEVC XYZ = 3.695, -0.025, 2.600, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 10' /
&DEVC XYZ = 3.695, 0.000, 0.825, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 11' /
&DEVC XYZ = 3.695, -0.025, 0.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 12' /
&DEVC XYZ = 5.195, 0.000, 0.825, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 13' /
&DEVC XYZ = 5.195, -0.025, 0.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 14' /
&DEVC XYZ = 5.195, 0.000, 2.625, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 15' /
&DEVC XYZ = 5.195, -0.025, 2.600, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'T 16' /

&SLCF XB = 0.805, 0.805, -4.125, 4.500, -0.200, 3.200,
QUANTITY = 'TEMPERATURE',
VECTOR = .TRUE. /A,B

&SLCF XB = 2.305, 2.305, -4.125, 4.500, -0.200, 3.200,
QUANTITY = 'TEMPERATURE',
VECTOR = .TRUE. /C,D

&SLCF XB = 3.695, 3.695, -4.125, 4.500, -0.200, 3.200,
QUANTITY = 'TEMPERATURE',
VECTOR = .TRUE. /E,F

&SLCF XB = 5.195, 5.195, -4.125, 4.500, -0.200, 3.200,
QUANTITY = 'TEMPERATURE',
VECTOR = .TRUE. /G,H

***** Ucpávky DP prostupy *****

&OBST XB = 2.250, 2.360, 0.450, 0.500, 0.690, 0.800,

SURF_ID = 'UCPAVKA',
COLOR = 'BLACK',
DEVC_ID = 'LSS-i'
PERMIT_HOLE = .FALSE. /

&DEVC ID = 'LSS-i',
XYZ = 2.305, 0.500, 0.800,
SETPOINT = 150,
QUANTITY = 'TEMPERATURE' /levá spodní střední -
vnitřní

&OBST XB = 2.250, 2.360, 0.450, 0.500, 2.490, 2.600,
SURF_ID = 'UCPAVKA',
COLOR = 'BLACK',
DEVC_ID = 'LHS-i'
PERMIT_HOLE = .FALSE. /

&DEVC ID = 'LHS-i',
XYZ = 2.305, 0.500, 2.600,
SETPOINT = 150,
QUANTITY = 'TEMPERATURE' /levá horní střední -vnitřní

&OBST XB = 3.640, 3.750, 0.450, 0.500, 0.690, 0.800,
SURF_ID = 'UCPAVKA',
COLOR = 'BLACK',
DEVC_ID = 'PSS-i'
PERMIT_HOLE = .FALSE. /

&DEVC ID = 'PSS-i',
XYZ = 3.695, 0.500, 0.800,
SETPOINT = 150,
QUANTITY = 'TEMPERATURE' /pravá spodní střední -
vnitřní

&OBST XB = 3.640, 3.750, 0.450, 0.500, 2.490, 2.600,
SURF_ID = 'UCPAVKA',
COLOR = 'BLACK',

```

DEVC_ID      = 'PHS-i'
PERMIT_HOLE  = .FALSE.
/

&DEVC ID    = 'PHS-i',
XYZ         = 3.695,0.500,2.600,
SETPOINT    = 150,
QUANTITY    = 'TEMPERATURE'
/pravá horní střední -
vnitřní

&OBST XB    = 2.250, 2.360, 0.000, 0.050, 0.690, 0.800,
SURF_ID     = 'UCPAVKA',
COLOR       = 'BLACK',
DEVC_ID     = 'LSS-o'
PERMIT_HOLE = .FALSE.
/

&DEVC ID    = 'LSS-o',
XYZ         = 2.305,0.000,0.800,
SETPOINT    = 150,
QUANTITY    = 'TEMPERATURE'
/levá spodní střední -vnější

&OBST XB    = 2.250, 2.360, 0.000, 0.050, 2.490, 2.600,
SURF_ID     = 'UCPAVKA',
COLOR       = 'BLACK',
DEVC_ID     = 'LHS-o'
PERMIT_HOLE = .FALSE.
/

&DEVC ID    = 'LHS-o',
XYZ         = 2.305,0.000,2.600,
SETPOINT    = 150,
QUANTITY    = 'TEMPERATURE'
/levá horní střední -vnější

&OBST XB    = 3.640, 3.750, 0.000, 0.050, 0.690, 0.800,
SURF_ID     = 'UCPAVKA',
COLOR       = 'BLACK',
DEVC_ID     = 'PSS-o'
PERMIT_HOLE = .FALSE.
/

&DEVC ID    = 'PSS-o',
XYZ         = 3.695,0.000,0.800,
SETPOINT    = 150,
QUANTITY    = 'TEMPERATURE'
/pravá spodní střední -
vnější

&OBST XB    = 3.640, 3.750, 0.000, 0.050, 2.490, 2.600,
SURF_ID     = 'UCPAVKA',
COLOR       = 'BLACK',
DEVC_ID     = 'PHS-o'
PERMIT_HOLE = .FALSE.
/

&DEVC ID    = 'PHS-o',
XYZ         = 3.695,0.000,2.600,
SETPOINT    = 150,
QUANTITY    = 'TEMPERATURE'
/pravá horní střední -vnější

***** Měřící technika in *****

&DEVC XYZ = 1.250,1.500,1.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'A1' / teplota
uvnitř leva strana
&DEVC XYZ = 1.255,2.500,1.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'A2' / teplota
uvnitř leva strana
&DEVC XYZ = 2.000,1.500,1.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'A3' / teplota
uvnitř leva strana
&DEVC XYZ = 2.000,2.500,1.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'A4' / teplota
uvnitř leva strana

&DEVC XYZ = 4.000,1.500,1.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'B1' / teplota
uvnitř prava strana
&DEVC XYZ = 4.000,2.500,1.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'B2' / teplota
uvnitř prava strana
&DEVC XYZ = 4.750,1.500,1.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'B3' / teplota
uvnitř prava strana
&DEVC XYZ = 4.750,2.500,1.800, QUANTITY = 'THERMOCOUPLE', ID = 'B4' / teplota
uvnitř prava strana

&SLCF PBX = 1.250, QUANTITY = 'TEMPERATURE', VECTOR = .TRUE. /
SLCF tretina leva
&SLCF PBX = 2.000, QUANTITY = 'TEMPERATURE', VECTOR = .TRUE. /
SLCF dvetretiny leva
&SLCF PBX = 4.000, QUANTITY = 'TEMPERATURE', VECTOR = .TRUE. /
SLCF tretina prava

```

```
&SLCF PBX = 4.750,    QUANTITY = 'TEMPERATURE', VECTOR = .TRUE. /  
      SLCF dvetretiny prava  
&SLCF PBY = 1.500,    QUANTITY = 'TEMPERATURE', VECTOR = .TRUE. /  
      SLCF tretina Y  
&SLCF PBZ = 2.500,    QUANTITY = 'TEMPERATURE', VECTOR = .TRUE. /  
      SLCF dvetretiny Y  
  
&SLCF PBZ = 0.400,    QUANTITY = 'TEMPERATURE', VECTOR = .TRUE. /  
      SLCF Z 0,4 m  
&SLCF PBZ = 1.800,    QUANTITY = 'TEMPERATURE', VECTOR = .TRUE. /  
      SLCF Z 1,8 m  
  
&BNDF QUANTITY = 'WALL TEMPERATURE'/  
  
&TAIL /
```

Seznam obrázků

Obr. 1	Velikost POP a velikost plochy: a) stanovení odstupové vzdálenosti od skupiny POP bez minimalizace plochy; b) stanovení odstupové vzdálenosti od jednotlivých POP; c) a d) příklad minimalizace obvodové stěny u skupiny POP	6
Obr. 2	Odstupová vzdálenost d vymežující PNP z hlediska sálání tepla stanovená normovým přístupem a podrobným výpočtem pro: (a) obvodovou stěnu jako POP – odlišné rozměry obvodové stěny oproti tabulce pro stanovení odstupových vzdáleností (b) obvodovou stěnu jako POP – shodné rozměry obvodové stěny s tabulkou pro stanovení odstupových vzdáleností (c) okno (POP) v obvodové stěně klasifikované jako PUP.....	7
Obr. 3	Poloha obvodové stěny obrácené k příslušné hranici: a) obvodová stěna se shoduje s příslušnou hranicí; b) obvodová stěna je rovnoběžná s příslušnou hranicí; c) obvodová stěna nevytváří s příslušnou hranicí úhel větší než 80° ; d) obvodová stěna vytváří s hranicí úhel větší než 80° - nejedná se o příslušnou hranici	9
Obr. 4	Nechráněné oblasti v obvodové stěně, od kterých se nemusí stanovovat odstupové vzdálenosti	11
Obr. 5	Metoda „zrcadlového obrazu“, Převzato: [7].....	12
Obr. 6	Půdorys posuzovaného slaměného objektu	22
Obr. 7	Řez posuzovaného objektu	23
Obr. 8	Umístění experimentálního objektu na pozemku UCEEB	28
Obr. 9	Základové patky se spodním dřevěným věncem a osazenými dveřními kaslíky	30
Obr. 10	Provázání slaměných balíků se spodním věncem.....	30
Obr. 11	Osazení okenních kaslíků do jižní obvodové stěny	31
Obr. 12	Slaměná stěna včetně osazení horního věnce a stažení ocelovými páskami	31
Obr. 13	Slaměný objekt s finální vrstvou omítek	31
Obr. 14	Schéma rozmístění termočlánků na obvodové stěně s otvory	34
Obr. 15	Schéma rozmístění termočlánků na obvodové stěně bez otvorů	34
Obr. 16	Schéma rozmístění požárních hranice	35
Obr. 17	Rozmístění a zapálení požárního zatížení (dřevěných hranic) uvnitř objektu.....	36
Obr. 18	Záběr termokamery na zadní podélnou stěnu bez otvorů	45
Obr. 19	Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně ve 30. minutě.....	45
Obr. 20	Výsledný model požárního zatížení dřevěné hranice	49
Obr. 21	Varianty zjednodušené požární hranice: a) hranice s uvažovaným sáláním bočními plochami b) hranice se zanedbaným sáláním z bočních stran c) ventilační plocha na podlaze....	52
Obr. 22	Výsledný model zjednodušeného požárního zatížení.....	52

Obr. 23 Výsledný model experimentálního slaměného objektu	56
Obr. 24 Znárodnění kritické hustoty tepelného toku 18,5 kW/m ² ve 24. min pomocí programu Smokeview.....	61
Obr. 25 Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně v 10. minutě.....	83
Obr. 26 Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně ve 20. minutě.....	83
Obr. 27 Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně ve 30. minutě.....	84
Obr. 28 Rozložení PUP/ČPOP/POP na obvodové stěně ve 45. minutě.....	84
Obr. 29 Slaměný objekt před požární zkouškou (jiho-západní pohled).....	88
Obr. 30 Slaměný objekt před požární zkouškou (severo-západní pohled)	88
Obr. 31 Slaměný objekt po zapálení požárního zatížení (jiho-západní pohled)	88
Obr. 32 Slaměný objekt po zapálení požárního zatížení (severo-východní pohled).....	88
Obr. 33 Průnik kouře netěsnostmi okna v západní místnosti.....	88
Obr. 34 Vysklené okenní otvory	88
Obr. 35 Vyšlehávání plamenů okenními otvory	89
Obr. 36 pohled na jižní obvodovou stěnu	89
Obr. 37 Pohled na severní obvodovou stěnu.....	89
Obr. 38 Pohled severovýchodní	89
Obr. 39 Pohled na jižní obvodovou stěnu před celkovým kolapsem.....	89
Obr. 40 Pohled na severní obvodovou stěnu před celkovým kolapsem	89

Seznam tabulek

Tab. 1 Odstupová vzdálenost a maximální velikost nechráněné plochy pro Metodu 1.....	13
Tab. 2 Odstupová vzdálenost a maximální nechráněná plocha pro Metodu 2.....	13
Tab. 3 Kategorie nebezpečnosti požáru a hustota požárního zatížení	16
Tab. 4 Odstupová vzdálenost obvodové stěny od příslušné hranice a max. velikost nechráněné plochy.....	17
Tab. 5 Odstupová vzdálenost a maximální nechráněná plocha jako procento z celkové plochy	17
Tab. 6 Multiplikační faktor pro různé vzdálenosti mezi nechráněnou plochou a referenčním bodem.....	18
Tab. 7 Specifikace měřicích zařízení v rámci DP zabývající se problematikou odstupových vzdáleností	33

Seznam grafů

Graf 1 Průběh teplot v nadpraží okenních otvorů	43
Graf 2 Porovnání průběhu teplot termočlánků na pozici D1 (TK47) a B2 (TK61).....	43
Graf 3 Průběh teplot uprostřed obvodové stěny po výšce (sloupec termočlánků 4).....	43
Graf 4 Průběh teplot na obvodové stěně bez okenních otvorů – východní místnost	46
Graf 5 Průběh teplot na obvodové stěně bez okenních otvorů – západní místnost	46
Graf 6 Průběh HRR modelované požární hranice.....	50
Graf 7 Průběh teplot v nejdříve umístěném termočlánku	52
Graf 8 Průběh teplot v nadpraží jednotlivých okenních otvorů vypočtený pomocí programu FDS	58
Graf 9 Porovnání výsledného průběhu teplot v nadpraží jednotlivých okenních otvorů z velkorozměrové požární zkoušky a z programu FDS	60
Graf 10 Znárodnění nárůstu teplot v řadě A.....	80
Graf 11 Znárodnění nárůstu teplot v řadě B.....	80
Graf 12 Znárodnění nárůstu teplot v řadě C.....	81
Graf 13 Znárodnění nárůstu teplot v řadě D.....	81
Graf 14 Znárodnění průběhu teplot na východní místnosti (s vápennou omítkou).....	82
Graf 15 Znárodnění průběhu teplot na západní místnosti (s hliněnou omítkou).....	82
Graf 16 Znárodnění nárůstu teplot v řadě A z hodnot vypočtených programem FDS	85
Graf 17 Znárodnění nárůstu teplot v řadě B z hodnot vypočtených programem FDS.....	85
Graf 18 Znárodnění nárůstu teplot v řadě C z hodnot vypočtených programem FDS.....	86
Graf 19 Znárodnění nárůstu teplot v řadě D z hodnot vypočtených programem FDS	86
Graf 20 Znárodnění průběhu teplot na východní místnosti (s vápennou omítkou).....	87
Graf 21 Znárodnění průběhu teplot na západní místnosti (s hliněnou omítkou).....	87

Seznam rovnic

Rovnice (1): Procento požárně otevřených ploch	5
Rovnice (2): Podmínka pro stanovené odstupových vzdáleností od jednotlivých POP	24
Rovnice (3): Ověření podmínky vzdálenosti jednotlivých POP	24
Rovnice (4): Určení velikosti POP – obecně	25
Rovnice (5): Určení velikosti POP - konkrétní hodnoty	25
Rovnice (6): Stanovení procenta POP	25
Rovnice (7): Určení velikosti POP - konkrétní hodnoty	25
Rovnice (8): Stanovení procenta POP	25

Literatura

[1] POKORNÝ, Marek, ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE a STAVEBNÍ FAKULTA. *Požární bezpečnost staveb: sylabus pro praktickou výuku*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05456-7.

[2] ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty*. Praha: ÚNMZ, 2009.

[3] REICHEL, Vladimír. *Navrhování požární bezpečnosti staveb: Odstupové vzdálenosti*. Praha: Česká státní pojišťovna, 1984. Zabraňujeme škodám.

[4] KUČERA, Petr. *Požární inženýrství: dynamika požáru*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. ISBN 978-80-7385-074-6.

[5] GREAT BRITAIN. *The Building Regulations 2010. Approved document B, Approved document B.* Newcastle-Upon-Tyne: NBS, 2011. ISBN 978-1-85946-488-5.

[6] CARLSSON, Emil. *EXTERNAL FIRE SPREAD TO ADJOINING BUILDINGS - A review of fire safety design guidance and related research*. 5051. Lund, Sweden: Department of Fire Safety Engineering, Lund University. 1999.

[7] *Extract from the New Zealand Building Code: Clauses C1-C6 Protection from Fire*. B.m.: Department of Building and Housing, nedatováno.

[8] *Compliance Document for New Zealand Building Code - Clauses C1,C2,C3,C4; Fire Safety*. B.m.: Department of Building and Housing, nedatováno.

[9] *Boverket's building regulations - mandatory provisions and general recommendations, BBR*. 2011.

[10] PROCHÁZKA, Jakub. *Konstrukčně subtilní požární stěna s dřevěným rámem*. Praha, 2016. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb.

[11] Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. *TZB-info* [online]. 2001 [cit. 2018-01-03]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html