ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2020

Bc. DANIELA PITELKOVÁ

FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

POŽÁRNĚ NEBEZPEČNÝ PROSTOR ROHOVÝCH OKEN

STUDIJNÍ PROGRAM:	STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ
STUDIJNÍ OBOR:	INTEGRÁLNÍ BEZPEČNOST STAVEB
KATEDRA:	K124 KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:	ING.ARCH. BC. PETR HEJTMÁNEK, PH.D.
VYPRACOVALA:	**BC. DANIELA PITELKOVÁ**
DATUM:	LEDEN 2020

OBSAH

Poděkování .....
Abstrakt .....
Klíčová slova .....
Abstract .....
Key words .....
Seznam použitých symbolů a zkratek .....
ÚVOD I
I. Motivace I
II. Stanovení výzkumné otázky II
III. Cíle a struktura práce III
ČÁST I. Současný stav poznání 1
1. Úvod 1
2. Fyzikální podstata 3
2.1 Sdílení tepla [9, 10] 3
2.1.1 Emisivita [12, 13] 4
2.1.2 Polohový faktor 5
2.2 Změna tlaků v požárním úseku [10, 14] 7
3. Odstupové vzdálenosti z hlediska požární bezpečnosti staveb – stanovení dle ČSN 9
3.1 Výpočtové požární zatížení [2] 10
3.2 Ekvivalentní doba trvání požáru [3] 10
3.3 Teplotní křivky [2–4] 11
4. Zahraniční metody řešení odstupových vzdáleností 13
4.1 Řešení odstupových vzdáleností vybranými státy 13
4.1.1 Velká Británie [13, 15, 16] 13
4.1.1.1 Zjednodušené metody 13
4.1.1.2 Obdélníková metoda 14
4.1.1.3 Souhrnné teoretické oblasti 14
4.1.2 Nový Zéland [17] 15
4.1.3 Švýcarsko[18] 16
4.1.4 USA - NFPA 80A [13] 17
4.2 Další metody určení odstupových vzdáleností [13] 19
4.2.1 J. H. McGuire 19
4.2.2 Williams-Leir 19
4.2.3 C.R. Barnett 20

4.2.4 Peter Collier 21
4.3 Zhodnocení výše uvedených metod pro stanovení PNP 23
ČÁST II. Zhodnocení modelového příkladu 24
1. Obecný popis a okrajové podmínky 24
2. Řešení pomocí českých technických norem 25
2.1 Příloha F.2 ČSN 73 0802 [2] a příloha H.2 ČSN 73 0804 [3] 25
2.2 Zpřesněný Výpočet odstupové vzdálenosti z hlediska sálání tepla 27
2.3 Zakreslení 29
3. Řešení pomocí programu FDS [19, 20] 30
3.1 Popis přenosu radiace ze zdroje hoření v FDS [21] 30
3.2 Šíření radiace v FDS - Submodely radiace [11] 31
3.3 Matematický model 33
3.4 Výsledek modelace 34
4. Závěr modelového příkladu 39
5. Porovnání modelu 1:1 s modelem 1:5 41
ČÁST III. Experiment 43
1. Sestavení modelu v měřítku 1:5 44
1.1 Konstrukce modelu – Ocel 44
1.2 Konstrukce modelu – Desky [24] 44
2. Příprava měřícího zařízení a měřících bodů 45
2.1 Měřící zařízení 45
2.2 Příprava měření, vytvoření rastru 46
3. Příprava zdroje hoření 46
4. Zkouška – zaznamenání hodnot 48
4.1 Pilotní zkouška č.1 – Šířka oken 0,5 a 0,5 m 48
4.1.1 Průběh měření 48
4.1.2 Zaznamenané hodnoty 49
4.1.3 Proložení naměřených hodnot plochou – výstup z programu Origin 51
4.1.4 Zhodnocení zkoušky 53
4.2 Zkouška č.2 – Šířka oken 1,0 a 1,0 m 53
4.2.1 Průběh měření 53
4.2.2 Zaznamenané hodnoty 53
4.2.3 Proložení naměřených hodnot plochou – výstup z programu Origin 55
4.2.4 Zhodnocení zkoušky 57
4.3 Zkouška č.3 – Šířka oken 2,0 a 1,0 m 57
4.3.1 Průběh měření 57

4.3.2 Zaznamenané hodnoty 57
4.3.3 Proložení naměřených hodnot plochou – výstup z programu Origin 59
4.3.4 Zhodnocení zkoušky 60
4.4 Zkouška č.4 – Šířka oken 3,0 a 1,0 m 61
4.4.1 Průběh měření 61
4.4.2 Zaznamenané hodnoty 61
4.4.3 Proložení naměřených hodnot plochou – výstup z programu Origin 63
4.4.4 Zhodnocení zkoušky 65
4.5 Vyhodnocení experimentu 65
ČÁST IV. Modelování experimentu v FDS 66
1. Tvorba zdrojového kódu 66
2. Výsledek simulace rohového okna o šíři oken 0,5 a 0,5 m 69
3. Výsledek simulace rohového okna o šíři oken 1,0 a 1,0 m 77
4. Výsledek simulace rohového okna o šíři oken 2,0 a 1,0 m 82
5. Výsledek simulace rohového okna o šíři oken 3,0 a 1,0 m 87
ČÁST V. Závěr a metodika 91
1. Zhodnocení výzkumné práce 91
2. Metodika 92
3. Doporučení pro budoucí práce 93
A. Zdroje 94
B. Použitý software 96
C. Seznam obrázků 97
D. Seznam tabulek 100
Příloha 1 – Zpřesněné výpočty PNP
Příloha 2 – Zdrojové kódy
Příloha 3 – Origin
Příloha 4 – Obrázková příloha

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pitelková Jméno: Daniela Osobní číslo: 438480

Zadávající katedra: K124 - Konstrukce pozemních staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Požárně nebezpečný prostor rohových oken

Název diplomové práce anglicky: Fire Separation Distances of Corner Windows

Pokyny pro vypracování:
- literární rešerše podstaty šíření plamene a stanovvonái odstupových vzdáleností (ČR a zahraničí);
- návrh, příprava, organizace a vyhodnocení fyzikálního modelu;
- vypracování matematického modelu a jeho validace na základě provedených zkoušek;
- návrh metodiky pro určování odstupových vzdáleností rohových oken.

Seznam doporučené literatury:
- zahraniční odborné články,
- BLAHOŽ, Vladimír a Zdeněk KADLEC. Základy sdílení tepla. 2. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996. ISBN 978-80-902001-1-1.
- KUČERA, Petr. Požární inženýrství: dynamika požáru. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. ISBN 978-80-7385-074-6.
- MCGRATTAN, Kevin, Randall MCDERMOTT, Simo HOSTIKKA, Jason FLOYD a Marcos VANELLA. Fire Dynamics Simulator - User's Guide. B.m.: U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. 2019
- HEJTMÁNEK, Petr. DISERTAČNÍ PRÁCE - Odstupové vzdálenosti požárně otevřených fasád. 2019
- CARLSSON, Emil. EXTERNAL FIRE SPREAD TO ADJOINING BUILDINGS - A review of fire safety design guidance and related research. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, 1999.
- KARLSSON, Björn a James G. QUINTIERE. Enclosure fire dynamics. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. Environmental and energy engineering series. ISBN 978-0-8493-1300-4.

Jméno vedoucího diplomové práce: PETR HEJTMÁNEK

Datum zadání diplomové práce: 25. 9. 2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[redacted]

Podpis vedoucího práce

[redacted]

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

25. 9. 2019

Datum převzetí zadání

[redacted]

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Daniela Pitelková

Název diplomové práce: Požárně nebezpečný prostor rohových oken

Základní část: Požárně nebezpečný prostor rohových oken podíl: 100 %

Formulace úkolů:

- literární rešerše podstaty šíření plamene a stanovování odstupových vzdáleností (ČR a zahraničí);
- návrh, příprava, organizace a vyhodnocení fyzikálního modelu;
- vypracování matematického modelu a jeho validace na základě provedených zkoušek;
- návrh metodiky pro určování odstupových vzdáleností rohových oken.

Podpis vedoucího DP: [redacted] Datum: 25.9.2019

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

2. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

3. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

4. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem na této diplomové práci pracovala samostatně pod odborným vedením Ing. arch. Bc. Petra Hejtmánka, Ph.D. a čerpala jsem informace z uvedených zdrojů.

V Praze dne 5.1.2020 Bc. Daniela Pitelková

FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE

Bc. Daniela Pitelková

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat nejprve rodině, která mi umožnila studovat na této škole a neustále mě podporovala k dokončení mnou stanovených cílů. Zvláštní poděkování patří p. Ing. arch. Bc. Petru Hejtmánkovi, Ph.D. za vedení diplomové práce a za odbornou pomoc při přípravě a průběhu experimentu, který proběhl v červenci roku 2019 ve vědeckém pracovišti UCEEB (Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze) v Buštěhradě. Dále bych chtěla poděkovat Bc. Janu Kubátovi za konzultaci ohledně matematického vyjádření funkcí tvořících křivky experimentálně naměřených hodnot.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce popisuje problematiku odstupových vzdáleností z hlediska požární bezpečnosti staveb. Konkrétně se specializuje na požárně nebezpečný prostor rohových oken. V první části je provedeno zhodnocení současného stavu poznání. Je zde popsána fyzikální podstata stanovení odstupových vzdáleností, dále řešení odstupových vzdáleností dle ČSN a zahraniční metody pro řešení odstupových vzdáleností. Ve druhé části je představen modelový příklad, který je posouzen nejen normovým přístupem, ale i zpřesněným výpočtem odstupových vzdáleností z hlediska sálání tepla a použitím CFD modelu. Kromě modelu v měřítku 1:1 je simulován i model v měřítku 1:5. Ve třetí části je popsán experiment v měřítku 1:5, který je následně ve čtvrté části zhodnocen. Práce je zaměřena na tvar křivky vykreslující hranici požárně nebezpečného prostoru a její změnu způsobenou interakcí požárně nebezpečných prostor jednotlivých částí rohového okna. Porovnání maximálních hodnot odstupových vzdáleností použitím různých přístupů je provedeno, ovšem není klíčové. V závěru jsou vypsány poznatky k řešenému tématu. Součástí je i metodika, jak tyto prostory řešit.

KLÍČOVÁ SLOVA

Požár; rohové okno; odstupové vzdálenosti; požárně nebezpečný prostor; FDS; CDF model; Stefan-Boltzmanův zákon; emisivita; polohový faktor; hustota tepelného toku.

ABSTRACT

This diploma thesis describes fire separation distances of corner windows. The first part summarizes the current state-of-art. It describes the physical principle of determination of safe distances, basic foreign methods and determination of fire separation distances according to Czech National Standards. In the second part, a model example is introduced and is assessed not only by Czech National Standards, but also by refined calculation of fire separation distances and using of the CFD model in scale of 1:1 and 1:5. The third part contains a description of experiment in scale 1:5. This is subsequently evaluated in the fourth part. The work focuses on the shape of the boundary of fire separation area and its change caused by the interaction of fire separation distances of individual parts of corner window. Comparing the maximum values of fire separation distance by using different approaches was also execute, but it is not crucial. The final part of thesis contains a summarization of gained knowledge. It contains a methodology on how to work with this problematic area.

KEY WORDS

Fire; corner window; fire separation; FDS; CFD model; Stefan-Boltzmann law; emissivity; configuration factor; radiative heat transfer.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Latinské symboly

A	Plocha	m^2
c	Měrná tepelná kapacita	$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
I	Hustota tepleného toku	$kW \cdot m^{-2}$
Q	Množství uvolněného tepla z 1 m^2 plochy	$MJ \cdot m^{-2}$
$\dot{Q}$	Celkové množství uvolněného tepla	W
d	Odstupová vzdálenost	m
p_v	Výpočtové požární zatížení	$kg \cdot m^{-2}$
p_o	Procento požárně otevřené plochy	%
t	Teplota	K, °C
T_N	Teplota hořících plynů	°C
T_0	Počáteční teplota	°C

Řecké symboly

λ	Součinitel tepelné vodivosti	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
ρ	Objemová hmotnost	$kg \cdot m^{-3}$
σ	Stefan-Boltzmannova konstanta	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$
ε	Emisivita	-
φ	Polohový faktor	-
E_0,ϕ	Hustota zářivého toku v určitém směru	$W \cdot m^{-2}$

Zkratky

CFD	Computational Fluid Dynamics
FDS	Fire Dynamics Simulator (software)
PÚ	Požární úsek
PNP	Požárně nebezpečný prostor
POP	Požárně otevřená plocha
PUP	Požárně uzavřená plocha
HRR	Heat Release Rate – rychlost uvolňování tepla
PBŘ	Požárně bezpečnostní řešení

ÚVOD

I. MOTIVACE

Řešení odstupových vzdáleností z hlediska požární bezpečnosti staveb je nutné provést při posuzovaní jakékoliv stavby. Závažnost této problematiky je podložena historickými důkazy. Asi nejznámějším příkladem je Velký požár Londýna roku 1666, při kterém došlo k rozšíření požáru z jednoho objektu na další. V této době se požárně nebezpečný prostor neřešil. K výstavbě byly používány především hořlavé materiály a uskupení objektů nezajišťovalo dostatečné odstupové vzdálenosti. Plamenům tehdy podlehlo přes 13 000 domů, 87 chrámů a 6 kaplí [1].

V dnešní době jsou nejčastěji řešeny problémy s odstupovými vzdálenostmi z požárního hlediska v hustě zastavěné oblasti. S novými objekty vznikají nové požárně nebezpečné prostory, které nesmí zasahovat do již vystavěných budov. Může také nastat situace, že jsou v požárně nebezpečném prostoru okolních staveb projektovány nové objekty, jenž musí být upraveny tak, aby nedošlo k požáru navrhovaného objektu při hoření okolních budov. Dále jsou navrhovány objekty na velmi malém pozemku, popřípadě jsou umístěny v blízkosti hranic pozemků investora. Požárně nebezpečný prostor dle českých technických norem může zasahovat do veřejného prostranství. Zásah těchto prostor na sousední soukromý pozemek není vždy povolený. Některé stavební úřady zásah vyloženě zakazují, ostatním stačí souhlas o zásahu požárně nebezpečného prostoru vlastníkem sousedního pozemku. Tak či tak by požárně nebezpečný prostor mimo pozemek investora zasahovat neměl, a proto je nutné navrhované objekty patřičně upravit.

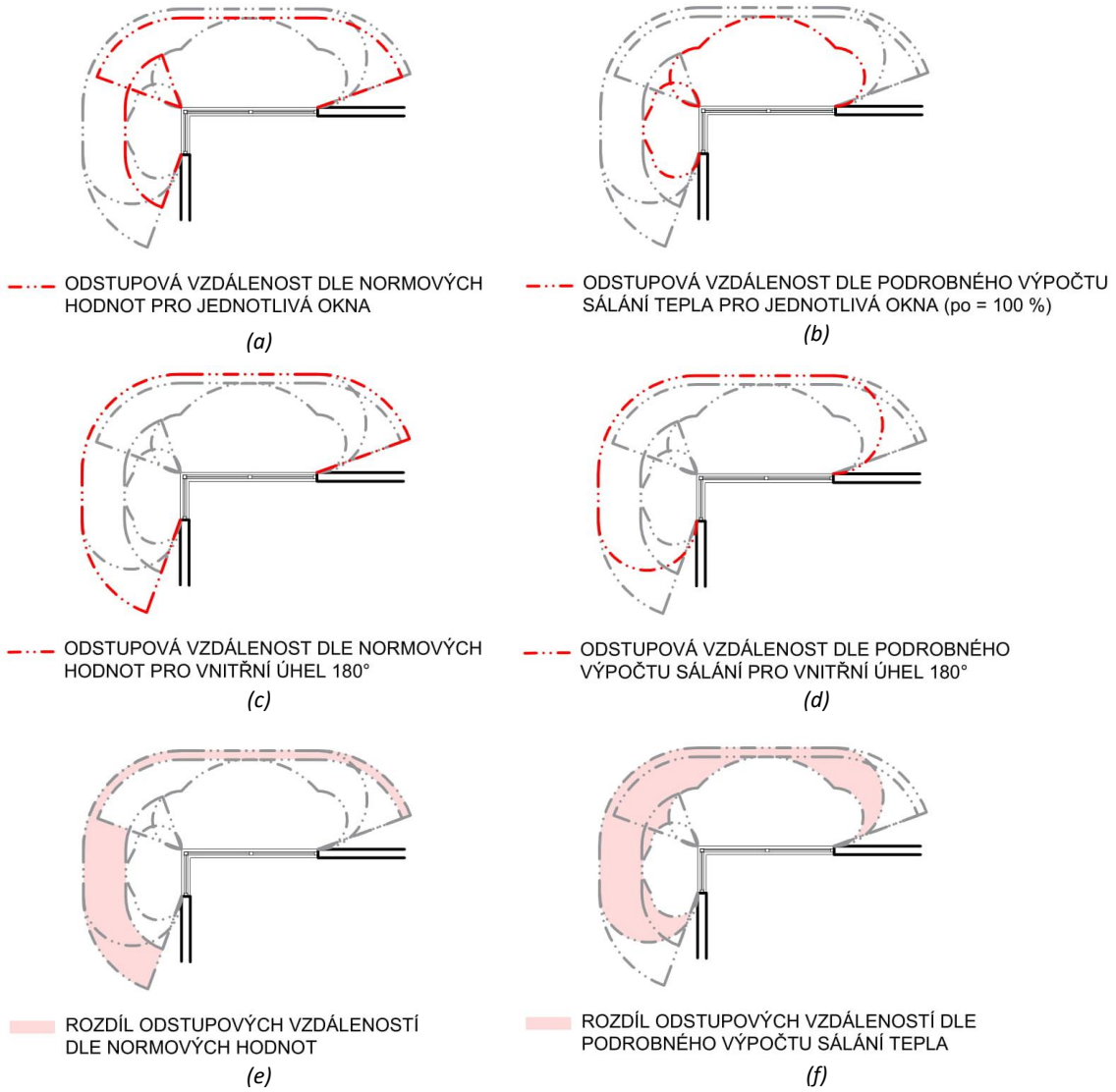
Odstupové vzdálenosti z požárního hlediska jsou nyní v České republice řešeny primárně dvěma způsoby. Prvním je řešení odstupových vzdáleností dle českých technických norem zabývajících se požární bezpečností staveb (ČSN 73 0802 [2], ČSN 73 0804 [3]). Druhým způsobem je výpočet odstupových vzdáleností z hlediska sálání tepla dle ČSN 73 0802 (04) a ČSN EN 1991-1-2 [4].

Výše uvedené způsoby vycházející z českých technických norem se ale zabývají pouze přímými konstrukcemi. Dnes jsou hojně navrhována rohová okna či prosklené obvodové stěny. Interakcí těchto rohových ploch se žádný z výše uvedených způsobů nezabývá. Projektanti si sami zvolí, jak k této problematice přistupovat, a jejich přístup nemusí být vždy správný. S ohledem na umístění posuzované stavby můžou volit „tu lepší variantu“, kdy požárně nebezpečný prostor nezasahuje na sousední pozemek či sousední stavby, ovšem reálně by mohlo dojít k závažnému podcenění.

Dále je možné využít požárně inženýrský přístup a odstupové vzdálenosti stanovit například výpočetními softwary – CFD modely, které řeší dynamickou analýzu plynů. Tento postup ovšem v praxi není příliš rozšířený. Výpočetní modely bývají velmi složité, a proto se projektanti přiklánějí spíše k normovému přístupu či podrobnému výpočtu z hlediska sálání tepla.

II. STANOVENÍ VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Odstupové vzdálenosti rohových oken nejsou v českých technických normách zpracovány. Výsledkem této diplomové práce by mělo být doporučení, jak problematiku těchto oken či ploch řešit. Téma je ovšem velmi rozsáhlé, a proto je řešeno pouze omezeně.



obr. 1 Znázornění výsledků aplikace různých přístupů určování odstupových vzdáleností

Na výše uvedeném obr. 1 jsou znázorněny 2 přístupy, jak je možné řešit odstupové vzdálenosti v České republice. Na obr. 1 (a), (c) a (e) je zakreslen normový přístup a obr. 1 (b), (d) a (f) zobrazují zakreslený tvar požárně nebezpečného prostoru při použití podrobného výpočtu z hlediska sálání tepla. obr. 1 (a) a (b) představují odstupové vzdálenosti pro jednotlivé okenní otvory – je možné si všimnout velmi rozdílných velikostí těchto prostor. Na obr. 1 (c) a (d) je zakreslen zvětšený požárně nebezpečný prostor z důvodu „narovnání“ rohového okna do přímého. V tomto zhodnocení nejsou přístupy příliš odlišné. Na obr. 1 (e) a (f) je ilustrováno, o kolik se změní velikost požárně nebezpečného prostoru mezi posuzováním odstupových vzdáleností pro jednotlivé otvory a při narovnání otvorů do roviny.

Lze se zabývat například různými poměry oken v obvodových stěnách – změnou výšky či délky částí oken, dále změnou vnitřního úhlu, jež svírají obvodové stěny, a následně i zohledněním okolních oken v rámci jednoho požárního úseku. Odstupové vzdálenosti se netýkají pouze přímých ploch nebo ploch s jednorázovou změnou vnitřního úhlu. V dnešní době jsou projektovány budovy zaoblené, které mají z velké části prosklené obvodové stěny. Řešení požárně nebezpečného prostoru v okolí těchto objektů není stanoveno. Přístupů může projektant použít mnoho, neboť přesný postup pro nepřímé otvory není definovaný.

Tato diplomová práce je zaměřena pouze na jedno rohové okno konstantní výšky s vnitřním úhlem 90°. Předmětem zkoumání je změna tvaru křivky vykreslující PNP na základě rozdílných délek jednotlivých částí okna.

III. CÍLE A STRUKTURA PRÁCE

Hlavními body práce jsou:

1) Zhodnocení současného stavu poznání
2) Zhodnocení modelového příkladu normovými metodami a pomocí programu FDS
3) Návrh, příprava a organizace experimentu
4) Experiment
5) Simulace experimentu v FDS
6) Porovnání výsledků experimentu s modelem z FDS
7) Návrh metodiky

Práce je tedy rozdělena do těchto částí:

Část I. Současný stav poznání

Část II. Zhodnocení modelového příkladu

Část III. Experiment

Část IV. Modelování experimentu v FDS

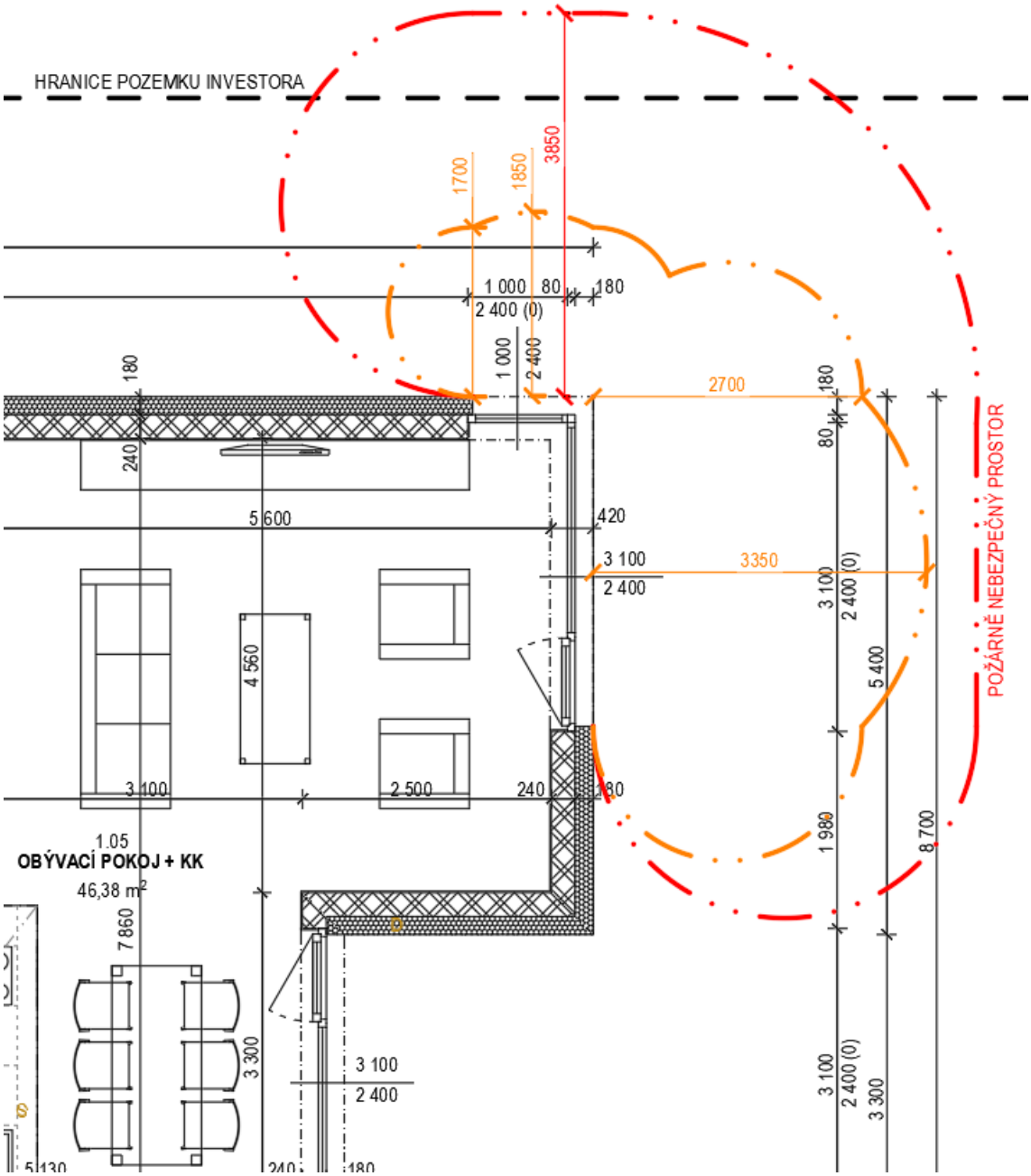
Část V. Závěr a metodika

ČÁST I. SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

1. ÚVOD

Odstupové vzdálenosti se v České republice netýkají pouze oblasti požární bezpečnosti staveb. S pojmem vzájemné odstupy staveb se setkáme v § 25 vyhlášky 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území [5], kde jsou stanoveny minimální vzdálenosti pro určité druhy staveb nejen od okolních objektů, ale i od hranic pozemků.

Odstupové vzdálenosti jsou dále řešeny i v jiných odvětvích projekce budov. Například v oblasti stavební fyziky jsou mimo jiné řešeny akustické poměry, osvětlení, oslunění apod.



obr. 2 Ukázka půdorysu objektu rodinného domu s vyznačeným PNP

Ve výše uvedené vyhlášce je stanoveno, že je-li mezi rodinnými domy volný prostor, vzdálenost mezi nimi nesmí být menší než 7 m a jejich vzdálenost od společných hranic pozemků nesmí být menší než 2 m [5].

Na obr. 2 si lze všimnout velkých prosklených ploch. Tyto otvory tvoří požárně otevřené plochy, od kterých se stanovuje odstupová vzdálenost vymezující požárně nebezpečný prostor. Prostor ovšem v závislosti na požárním zatížení a velikosti požárně otevřené plochy může na základě použité metody zasahovat za hranice pozemku investora – viz obr. 2. V případě zásahu mimo pozemek musí být upraveno umístění objektu či zmenšeny požárně otevřené a částečně požárně otevřené plochy.

(a) [6] *(b) [7]*

(c) [6] *(d) [8]*

obr. 3 Galerie rohových oken

2. FYZIKÁLNÍ PODSTATA

V dnešní době neexistuje mezinárodně unifikovaná metoda určení odstupových vzdáleností. Každý stát má svoje způsoby a kritické hodnoty určující hranici požárně nebezpečného prostoru. Postupy ovšem vycházejí z fyzikálních zákonů, které jsou shodné všude.

2.1 SDÍLENÍ TEPLA [9, 10]

Obecně dochází k výměně energie třemi základními způsoby – kondukcí, konvekcí a radiací. Každý způsob je odlišný a vychází z jiných fyzikálních zákonů. Z hlediska řešení odstupových vzdáleností je nejzásadnější radiace, proto kondukce a konvekce nejsou dále popisovány.

Radiace neboli sálání je přenos energie elektromagnetickými vlnami o různé vlnové délce. Pro přenos není potřeba hmotného prostředí – nastává i ve vakuu a může procházet přes pevné látky či kapaliny. Je nejrizikovější z hlediska možného šíření požáru v horizontální rovině, neboť není ovlivněno prouděním vzduchu. Elektromagnetické vlnění vzniká tepelným stavem těles. Při dopadu na povrch těles se mění část zářivé energie zpět na tepelnou energii. Radiace je popsána Stefan-Boltzmannovým zákonem. V požární praxi je tento zákon vyjadřován rovnicí pro vyjádření hustoty tepelného toku sáláním:

$$I = \sigma \cdot \varepsilon \cdot \phi[(T_N + 273)^4 - (T_0 + 273)^4]\ [kW \cdot m^{-2}] \qquad (1)$$

$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$] … Stefan-Boltzmannova konstanta

ε … emisivita [-]

ϕ … polohový faktor [-]

T_N … teplota hořících plynů [°C]

T_0 … počáteční teplota [°C]

Při požáru bývá počáteční teplota T_0 zanedbána, neboť rozdíl mezi teplotou počáteční a teplotou uvnitř místnosti je ve stovkách °C, a čtvrtá mocnina těchto teplot rozdíl velmi zvětšuje. Na počáteční teplotě tedy příliš nezáleží. Vzorec je proto užíván v upravené verzi, která vypadá takto:

$$I = \sigma \cdot \varepsilon \cdot \phi\ (T_N + 273)^4\ [kW \cdot m^{-2}] \qquad (2)$$

Sálání je při požární situaci velmi značným šiřitelem požáru. Obecně se uvažuje, že cca 35–40 % tepla bude vysáláno. Existují ovšem látky, které byly prozkoumány podrobněji a jejich radiační součinitel je nižší než 35 %. Například radiační součinitel methanolu je roven 0,16 [11], tudíž při hoření methanolu se vysálá pouze 16 % tepla.

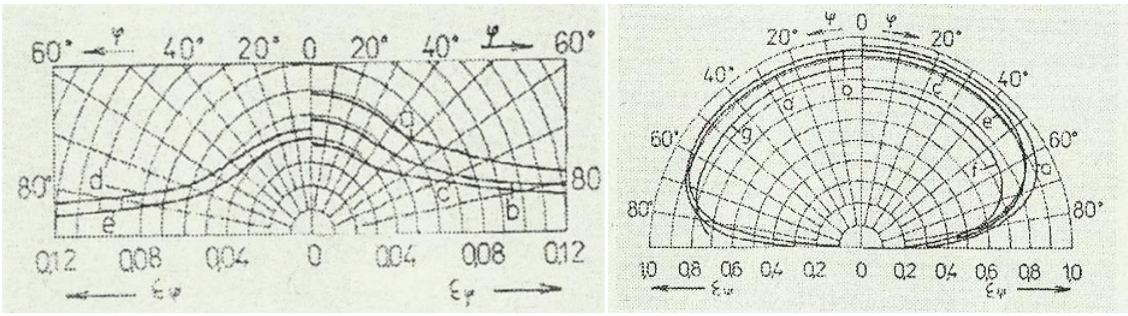
Sálání je dále definováno Lambertovým zákonem. Ten popisuje záření zdroje v poloprostoru, který svírá s normálou plochy úhel φ v rozmezí $0 < \varphi < \pi/2$. Záření zdroje do určitého směru je stanoveno vzorcem:

$$E_{0,\varphi} = E_{0,n} \cdot cos\varphi\ [W \cdot m^{-2}] \qquad (3)$$

$E_{0,n}$ … hustota zářivého toku ve směru normály [$W \cdot m^{-2}$]

Pomocí tohoto zákona je možné odvodit vztah mezi integrálním polokruhovým zářivým tokem a zářivým tokem ve směru normály. V kolmém směru je hodnota záření největší.

Skutečná tělesa se ve srovnání se zářením tělesa dokonale černého ovšem neřídí přesně Lambertovým zákonem. Navíc platnost Lambertova zákona může být přibližně předpokládána pro úhel φ < 60°[1] (viz obr. 4), při větším úhlu výsledná hodnota klesá – viz obr. 4 [9].



(a) *(b)*

obr. 4 Platnost Lambertova zákona (a – emisivita neznečištěných kovů, b – emisivita většiny ostatních materiálů)

2.1.1 EMISIVITA [12, 13]

Emisivita udává poměr intenzity vyzařování reálného tělesa. Závisí na mnoha faktorech, jako například na teplotě a vlastnostech materiálu. Ideálně černé těleso má emisivitu rovnou 1, neboť dokáže pohltit veškeré záření, které na něj dopadá a zároveň vyzařuje maximální dosažitelnou energii. Emisivita plně rozvinutého požáru v místnosti je také rovna 1.

Při řešení odstupových vzdáleností může být tato hodnota snížena, jelikož prošlehávající plameny z otvorů v obvodových stěnách jsou „zředěny“ okolním vzduchem. Jsou tedy ochlazovány a nejsou tak intenzivní jako v místnosti s plně rozvinutým požárem. Ke stínění může dále mimo jiné přispívat kouř, který je vzniklý nedokonalým spalováním.

Emisivitu lze stanovit pomocí rovnice pro plameny šlehající z otvorů objektu:

$$\varepsilon = 1 - e^{-ax} \qquad (4)$$

a … absorpční koeficient materiálu [-]

x … tloušťka plamene [m][2]

Absorpční koeficient materiálu může být různý – např. dieselový olej má koeficient roven 0,43, nábytek má hodnotu o mnoho vyšší a to 1,13.

Emisivita plamene je obvykle uvažována v intervalu 0,3–0,7. Pokud hoří alkoholy, je emisivita plamenů ponížena až na hodnotu 0,066. Pro výpočet odstupových vzdáleností lze hodnotu emisivity konzervativně uvazovat jako 1,0.

[1] *Uvedené hodnoty platí pro teploty 70–170 °C*

[2] *Lze předpokládat jako 2/3 výšky otvoru*

2.1.2 POLOHOVÝ FAKTOR

Polohový faktor určuje část celkového sálavého tepla vycházejícího ze zdroje, jež dopadá na danou přijímací plochu. Hodnota tohoto faktoru závisí na velikosti sálavé plochy a na vzdálenosti přijímací plochy od zdroje sálání. Jak již bylo výše uvedeno v popisu Lambertova zákona, důležitá je vzájemná orientace vysílací a přijímací plochy. Se zvětšujícím se úhlem, jenž svírají oba povrchy, klesá intenzita sálavého tepla. Dopadající intenzita sálavého tepla na přijímací povrch klesá také s rostoucí vzdáleností mezi přijímací a vysílací plochou.

Obecná rovnice pro výpočet polohového faktoru vypadá takto:

$$\phi = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[tan^{-1}(a) - \frac{(1 - b\,cos\theta)}{(1 + b^2 - 2b\,cos\theta)^{0,5}}\, tan^{-1}\left(\frac{a}{(1 + b^2 - 2b\,cos\theta)^{0,5}} \right) + \frac{a\,cos\theta}{(a^2 + sin^2\theta)^{0,5}} \cdot \left[tan^{-1}\left(\frac{(b - cos\theta)}{(a^0 + sin^2\theta)^{0,5}} \right) + tan^{-1}\left(\frac{cos\theta}{(a^2 + sin^2\theta)^{0,5}} \right) \right] \right] \quad (5)$$

a = h/s

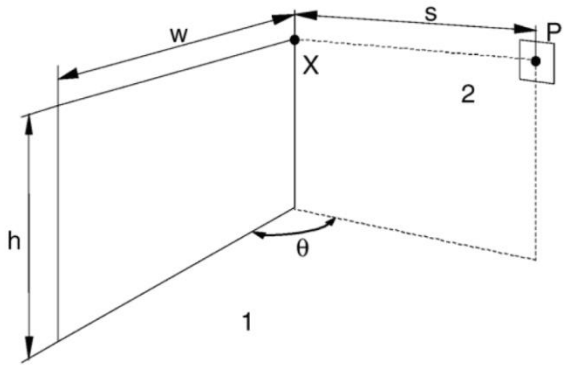
b = w/s

s… vzdálenost mezi přijímacím a vysílacím povrchem [m]

h … výška oblasti sálajícího povrchu [m]

w … šířka oblasti sálajícího povrchu [m]

θ *… úhel, jenž svírá přijímací a sálavý povrch – viz obr. 5*

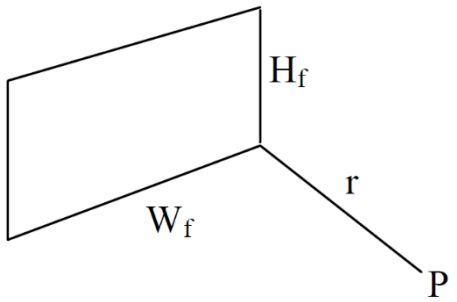


obr. 5 Zobrazení úhlu θ [13]

Pokud je přijímací plocha rovnoběžná s vysílací plochou, je možné použít tuto upravenou rovnici:

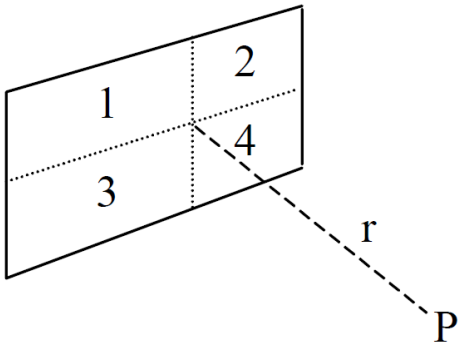
$$\phi = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{(1 + a^2)^{0,5}} tan^{-1}\left(\frac{b}{(1 + a^2)^{0,5}} \right) + \frac{b}{(1 + b^2)^{0,5}} tan^{-1}\left(\frac{a}{(1 + b^2)^{0,5}} \right) \right] \quad (6)$$

Výše uvedené vztahy platí pouze pro obdélníkové sálavé plochy, přičemž přijímací plocha má elementární velikost – jedná se o bod P ležící na kolmici k rohu přijímací plochy – viz obr. 6.



obr. 6 Ilustrace vysílací a přijímací plochy

Vzhledem k této poloze je obvykle požárně otevřená plocha rozdělena na čtyři stejně velké obdélníky. Výsledná odstupová vzdálenost je v závislosti na výsledném polohovém faktoru Φ_{tot}, jenž je sumou polohových faktorů jednotlivých obdélníků, stanovena v tomto případě pro střed požárně otevřené plochy, kde je intenzita největší – viz obr. 7.



obr. 7 Ilustrace úpravy vysílacího sálavého povrchu

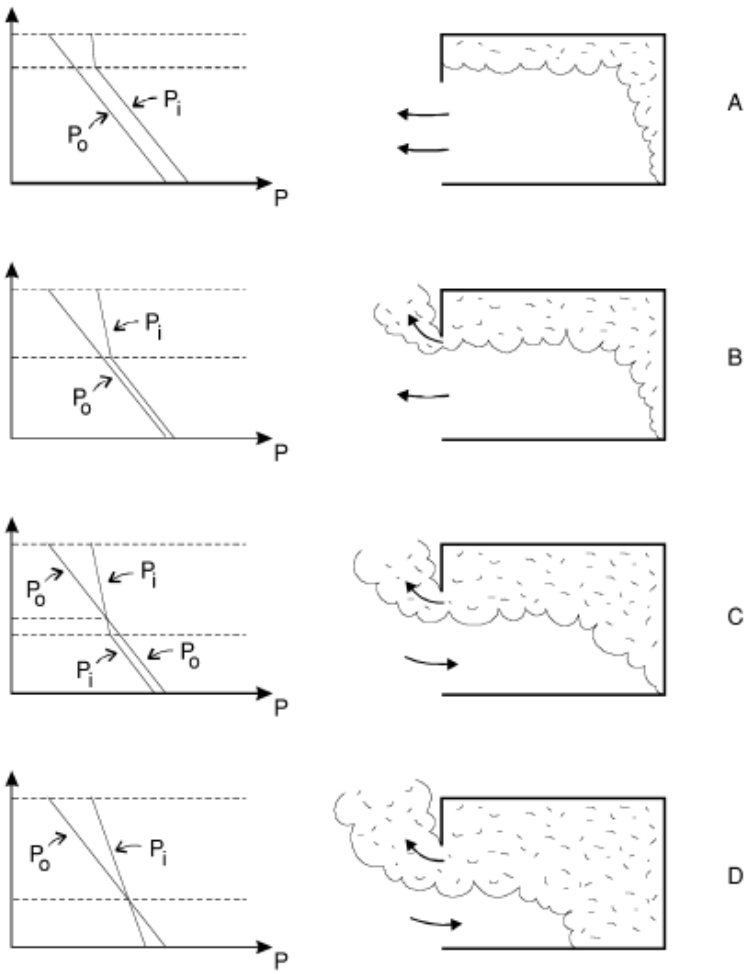
$$\phi_{tot} = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4 \tag{7}$$

2.2 ZMĚNA TLAKŮ V POŽÁRNÍM ÚSEKU [10, 14]

Při požární situaci teplota v místnosti roste a s ní dochází ke změně tlakových poměrů. V horní části vlivem teplejšího vzduchu s nižší hustotou vzniká přetlak a v dolní části podtlak. Po prasknutí okenních výplní začne probíhat výměna plynů s vnějším prostředím. Dojde k změně atmosférického, statického a dynamického tlaku.

- Atmosférický tlak vzhledem k velké stlačitelnosti plynů není lineární funkcí výšky a je tak vyjádřen rovnicí, jejíž výsledná hodnota závisí na počáteční hustotě plynů, gravitačním zrychlení, počátečním tlaku a změně výšky.
- Statický tlak je přímo závislý na výšce. S rostoucí výškou roste tento tlak. Dále závisí na hustotě plynů a gravitačním zrychlení.
- Dynamický tlak je způsobený vnějšími vlivy jako například pohybem prostředí. Závisí na hustotě plynů a rychlosti pohybu.
- Neutrální rovina je hranicí mezi přetlakem a podtlakem ($\Delta p = 0$). Vlivem změny tlakových poměrů bude v průběhu požáru postupně klesat k podlaze. V místě neutrální roviny je tlak atmosférický.

Tyto efekty vyvolávají stavy znázorněné na následujícím obr. 8.



obr. 8 Změna poměru tlaků v otvoru při požární situaci (P_i – vnitřní tlak, P_o – vnější tlak; v místě překřížení je neutrální rovina) [14]

Na výše uvedeném obr. 8 je možné si všimnout narůstajícího průniku kouře otvorem v obvodové stěně. Na obr. 8 (A) a (B) dochází k rozhořívání. Jedná se o zónový požár, jehož teplá horní vrstva se postupně zvyšuje. Vzduch a kouř je vytlačován z místnosti. Požár má stále dostatečné množství kyslíku na hoření. Na obr. 8 (C) si lze všimnout, že dochází k nasávání čerstvého vzduchu. V tomto okamžiku požár nemá v místnosti dostatečné množství kyslíku na hoření, a přisává si tak nový vzduch. Na obr. 8 (D) je znázorněn plně rozvinutý požár. Teplota v místnosti je ve všech místech stejná. V tomto okamžiku má požár největší intenzitu, která se začne snižovat až vlivem nedostatku kyslíku či paliva.

Pro řešení problematiky odstupových vzdáleností je proto uvažováno se situací znázorněnou na obr. 8 (D).

3. ODSTUPOVÉ VZDÁLENOSTI Z HLEDISKA POŽÁRNÍ BEZPEČNOSTI STAVEB – STANOVENÍ DLE ČSN

Požárně nebezpečný prostor vzniká okolo každého hořícího objektu, který má ve svých obvodových stěnách požárně otevřené plochy, jako například okna a dveře bez požární odolnosti. Tento prostor může dále vznikat v okolí obvodových stěn i v případě, že se v nich nenachází okna či dveře. Konstrukce stěn může být tvořena nebo upravena vrstvami, které jsou hořlavé. Takové stěny mohou tvořit částečně požárně otevřené plochy či požárně otevřené plochy.

Velikost požárně nebezpečného prostoru je stanovena odstupovými vzdálenostmi. Hranici tohoto prostoru určuje primárně kritická hustota tepelného toku, jenž je v různých zemích různě limitována – v ČR je kritická hustota tepelného toku rovna I_{crit} = 18,5 kW·m^{-2}. V tomto prostoru může dojít k riziku přenesení požáru sáláním tepla nebo padáním hořících částí objektu. Odstupové vzdálenosti jsou přímo závislé na velikosti požárně otevřených či částečně požárně otevřených ploch, na velikosti požárního zatížení uvnitř objektu, na užití hořlavých výrobků v konstrukci objektu či na umístění hořlavých prvků.

Do výpočtu hustoty tepelného toku vstupuje teplota, které je dosaženo při požáru požárního úseku. Teplotu lze určit různými způsoby. Pro nevýrobní objekty je zhodnoceno výpočtové požární zatížení a pro výrobní je určena ekvivalentní doba trvání požáru. Výpočtové požární zatížení a ekvivalentní doba trvání požáru jsou srovnatelné hodnoty a stanovují časový údaj v minutách, který slouží ke zjištění maximálního nárůstu teploty uvnitř požárního úseku. Teplota pro daný čas je stanovena na základě normové křivky ISO 834. Čím větší je hodnota výpočtového požárního zatížení či ekvivalentní doby trvání požáru, tím větší je nárůst teplot v požárním úseku. Nárůst teplot lze stavit také pokročilejšími metodami. Kromě nominálních křivek lze užít parametrické křivky, či je možné stanovit průběh teplot pomocí pokročilých modelů, jako například CFD modelu.

Kromě prostoru, ve kterém může dojít k přenesení požáru sáláním tepla, je nutné řešit i padání hořlavých konstrukcí – neboli torzní stín. Je určován od střešních plášťů a od částí obvodových plášťů[3]. Odpadávání střešních plášťů se nepředpokládá, pokud je sklon střešního pláště < 45° i v případě, že je střecha z konstrukcí druhu DP3. Obklady říms apod. z výrobků třídy reakce na oheň C až F se posuzují v případě, že přesahují líc obvodové stěny o více než 1 m. Velikost PNP způsobeného padáním hořlavých částí konstrukcí je závislá na výšce umístění těchto hořlavých částí. Předpokládá se, že dojde k padání v úhlu 20° od svislé roviny. Jednoduše získáme velikost PNP přenásobením výšky umístění koeficientem o hodnotě 0,36.

Na základě provedeného posouzení můžeme být nuceni provést určitá opatření, jako například změnu umístění stavby, úpravu velikosti požárně otevřených či částečně požárně otevřených ploch, nebo změnu materiálů a stavebních výrobků použitých v obvodových konstrukcích.

---

[3] *Od konstrukcí druhu DP3, popř. druhu DP2, pokud se neprokáže, že padající části plášťů či obvodových stěn nešíří požár. Padání hořlavých konstrukcí je zde popsáno v souladu s ČSN. Limity stanovené v zahraničí dále nejsou vypsány. Padání těchto konstrukcí není předmětem této práce.*

3.1 VÝPOČTOVÉ POŽÁRNÍ ZATÍŽENÍ [2]

Výpočtové požární zatížení

Výpočtové požární zatížení vyjadřuje množství hořlavých látek v posuzovaném požárním úseku v závislosti na rychlosti odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek, popřípadě způsobu jejich uložení, rychlosti odhořívání z hlediska stavebních podmínek a vlivu požárně bezpečnostních opatření.

Výpočtové požární zatížení se určuje dle rovnice:

$$p_v = p \cdot a \cdot b \cdot c \quad [kg \cdot m^{-2}] \tag{8}$$

p … požární zatížení vyjadřující množství hořlavých látek v PÚ [kg·m^{-2}]
a ... součinitel rychlosti odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek [-]
b … součinitel rychlosti odhořívání z hlediska stavebních podmínek [-]
c …součinitel vlivu požárně bezpečnostních opatření [-]

Požární zatížení *p* [kg·m^{-2}] je veličina tvořená součtem nahodilého a stálého požárního zatížení. Stálé požární zatížení vyjadřuje hořlavost oken, dveří a podlah. Dále se do něj započítává hmotnost a výhřevnost hořlavých výrobků obsažených ve stavebních konstrukcích posuzovaného PÚ, pokud nejde o konstrukce nosné či požárně dělící. Do nahodilého požárního zatížení se započítává hmotnost a výhřevnost hořlavých látek, tedy veškeré vybavení (zařizovací předměty, nábytek, technologie apod.), které se za normálních podmínek provozu nebo užívání vyskytují v posuzovaném PÚ.

Součinitel *a* je stanoven váženým průměrem v závislosti na stálém a nahodilém zatížení a jejich součinitelích a_n a a_s. Součinitel a_s pro stálé požární zatížení je roven hodnotě 0,9, kdežto součinitel a_n pro nahodilé požární zatížení je závislý na provozu požárního úseku. Čím nebezpečnější je provoz PÚ, tím vyšší je součinitel a_n.

Součinitel *b* vyjadřuje vliv ohraničujících konstrukcí a otvorů v nich. Pro přímo větraný požární úsek je určení závislé na velikosti otvorů v obvodové a střešní konstrukci. Pro nepřímo větraný požární úsek je určení velikosti součinitele jiné. Je závislé pouze na světlé výšce PÚ.

Součinitel *c* zohledňuje požárně bezpečnostní opatření, a to možnost zásahu jednotek požární ochrany, samočinné stabilní hasící zařízení a samočinné odvětrávací zařízení. Ve výpočtu lze zohlednit pouze jedno z výše uvedených opatření.

3.2 EKVIVALENTNÍ DOBA TRVÁNÍ POŽÁRU [3]

Ekvivalentní doba trvání požáru τ_e [min] určuje požární riziko PÚ. Výpočet vychází z požárního zatížení (viz výše), vlivu požárně bezpečnostních zařízení a opatření, parametru odvětrávání a poměru plochy ohraničujících konstrukcí a plochy požárního úseku. Velikost může být stanovena zjednodušenou či přesnější metodou. Zjednodušená metoda (9) se zaměřuje především na ohraničující konstrukce – jejich plochy a velikosti otvorů v obvodových konstrukcích. Přesnější metoda (10) zohledňuje rychlost odhořívání látek tvořících průměrné požární zatížení.

$$\tau_e = \frac{2p \cdot c}{k_3 \cdot F_0^{1/6}} \quad [min] \qquad (9)$$

$$\bar{\tau} = \frac{\bar{p} \cdot c}{v_v} \quad [min] \qquad (10)$$

p … požární zatížení vyjadřující množství hořlavých látek v PÚ [kg·m^{-2}]

k_3 ... součinitel vyjadřující poměr ploch ohraničujících konstrukcí a půdorysné plochy PÚ [-]

F_o … parametr odvětrávání [m$^{1/2}$]

c … součinitel vlivu požárně bezpečnostních opatření [-]

$\bar{p}$ … požární zatížení vyjadřující množství hořlavých látek v PÚ [kg·m^{-2}]

v_v ... rychlost odhořívání látek tvořících průměrné požární zatížení [kg·m^{-2}·min^{-1}]

Ekvivalentní doba trvání požáru přímo souvisí s vlivem odvětrávání požárního úseku. Parametr odvětrávání vstupuje jak do zjednodušené metody, tak do přesnější metody pomocí rychlosti odhořívání látek tvořících průměrné požární zatížení. Parametr odvětrávání je stanoven součinem ploch a výšek otvorů v obvodových stěnách vyděleným povrchovou plochou stavebních konstrukcí. Ohraničujícími konstrukcemi se dále zabývá součinitel k_3, jenž je stanoven poměrem povrchových ploch stavebních konstrukcí ku půdorysné ploše požárního úseku. Tento součinitel také vstupuje do výpočtu rychlosti odhořívání látek tvořících průměrné požární zatížení. Kromě požárního zatížení, stanoveného tabulkově či přesně dle množství skladovaného materiálu, se v rovnicích (9) a (10) vyskytuje i součinitel c. V této metodě je součinitel určen odlišněji než ve výpočtovém požárním zatížení. Lze dohromady zohlednit více druhů požárně bezpečnostních zařízení apod. Suma hodnot zohledňujících aktivní požárně bezpečnostní zařízení a opatření zvyšující požární bezpečnost objektu je odečtena od jedné. Snižující hodnoty jsou stanoveny pro zásah jednotkou požární ochrany v časovém pásmu H1, samočinné stabilní hasící zařízení a samočinné odvětrávací zařízení.

3.3 TEPLOTNÍ KŘIVKY [2–4]

V případě zpřesněného určení lze pracovat i s odlišnými vstupními hodnotami včetně teploty. Teplotu v požárním úseku lze stanovit jednoduchými či zdokonalenými modely.

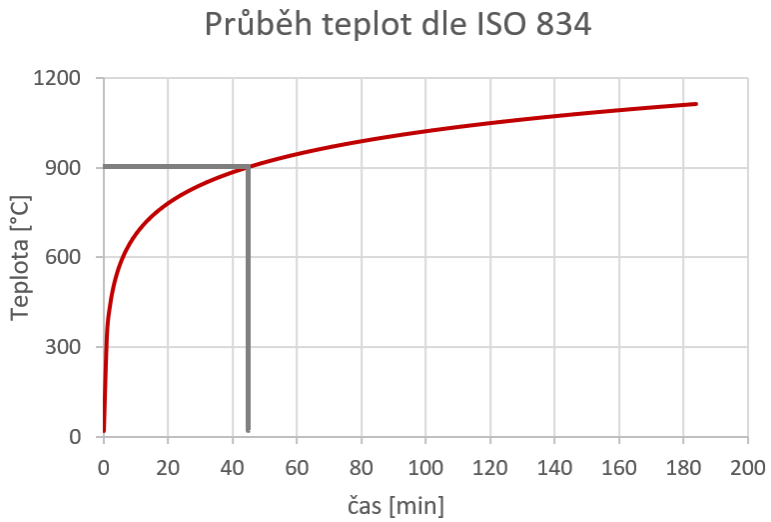
Jednoduché modely

Nejjednodušším způsobem pro určení teploty v průběhu požáru je užití **nominálních křivek**, které závisí pouze na změně času. Tyto křivky ovšem neberou v úvahu fázi rozhořívání požáru. Popisují požár od flashoveru. Nezohledňují průběh požáru v konkrétních požárních úsecích vzhledem k požárnímu zatížení. Zahrnují pouze fázi ohřívání. Tyto křivky nemají prostorová omezení, jsou ovšem určené pro konkrétní použití. Pro vnitřní prostory objektů je možné konzervativně uvažovat normovou teplotní křivku ISO 834[4]. V případě hodnocení šíření požáru na vnější objekty je možné použít křivku vnějšího požáru, jejíž výsledné teploty jsou nižší než křivky ISO 834. Opakem je křivka uhlovodíková, ve které dosahují teploty vyšších hodnot než křivka ISO 834. Tato křivka je určená pro dopravní tunely.

Křivka ISO 834 je závislá na výpočtovém požární zatížení. Ekvivalentem výpočtového požárního zatížení [kg·m^{-2}] je ekvivalentní doba trvání požáru [min]. Je tedy možné stanovit

[4] *Existují i jiné normové křivky. V ČR se používá právě ISO 834.*

teplotu uvnitř požárního úseku v určitém čase. V následující části diplomové práce je řešen modelový příklad. Řešeným prostorem je pobytová místnost, jejíž výpočtové požární zatížení[5] je 45 kg.m^{-2}. Odečtením z grafu (viz obr. 9) je ve 45. minutě dosažená teplota 902,34°C. S touto teplotou je dále počítáno.



obr. 9 Stanovení teploty v požárním úseku dle ISO 834 [2]

Mezi jednoduché metody určení teploty v požárním úseku patří také **parametrická teplotní křivka**. Tato křivka popisuje jak fázi ohřívání začínající flashoverem, tak i fázi chladnutí. Využívá fyzikálních parametrů, ale nepopisuje průběh hoření fyzikálními rovnicemi. Je závislá na hustotě požárního zatížení, součiniteli odvětrávání a ohraničujících konstrukcích.

Parametrická křivka v první fázi popisuje ohřívání požárního úseku. Ohřívání je dáno exponenciální funkcí, která je závislá pouze na čase. Po dosažení maximální teploty dochází k druhé fázi, kterou je chladnutí. Teplota v požárním úseku lineárně klesá.

Zdokonalené modely

Stanovit teploty v požárním úseku včetně fáze před flashoverem lze modelem lokálního požáru, jednozónovými a dvouzónovými modely nebo dynamickou analýzou plynů. Průběh lokálního požáru lze vypočítat poměrně jednoduše s použitím vzorců uvedených v ČSN EN 1991-1-2. Ostatní modely (jednozónové, dvouzónové a dynamické analýzy plynů) jsou velmi složité. Zahrnují mnoho operací, které reagují na předchozí kroky. Jsou závislé na mnoha okrajových podmínkách, na výpočetní technice a času. Rozdíly ve výsledcích jsou způsobeny například změnou velikosti prostorové sítě, nebo změnou principu výpočtu (například zjednodušením).

[5] *Stanovení výpočtového požárního zatížení pro pobytovou místnost uvedeno v následující části.*

4. ZAHRANIČNÍ METODY ŘEŠENÍ ODSTUPOVÝCH VZDÁLENOSTÍ

4.1 ŘEŠENÍ ODSTUPOVÝCH VZDÁLENOSTÍ VYBRANÝMI STÁTY

4.1.1 VELKÁ BRITÁNIE [13, 15, 16]

Zhodnocení odstupových vzdáleností ve Velké Británii je stanoveno k tzv. relevantní hranici. Jedná se o hranici, kterou nelze požárně nebezpečným prostorem překročit. Tato hranice může být stanovená např.:

- hranicí pozemku
- centrální hranicí prostoru, kde není přípustný zásah požárně nebezpečného prostoru – jako např. železniční trasa či dálnice apod.
- minimální vzdáleností objektů od sebe – jedná se o minimální vzdálenosti dle projektových norem Velké Británie

Tato relevantní hranice se vztahuje k jednotlivým stěnám objektů. Jedná se o hranici rovnoběžnou se stěnou objektů. V případě, že je tato stěna pod úhlem k přilehlé relevantní hranici, je rozhodující sklon mezi posuzovanou stěnou a hranicí. V případě, že je sklon do 80°, je tato hranice rozhodující při určování odstupové vzdálenosti posuzované stěny.

Požárně nebezpečný prostor je závislý na tzv. nechráněných oblastech[6]. Jedná se o stěny s nižší než požadovanou nebo žádnou požární odolností. Pokud mají stěny požární odolnost, ale jejich povrch je upraven dalším materiálem s třídou reakce na oheň min. B-s3,d2 a je-li tento povrch tlustší než 1 mm, pak jsou i tyto stěny charakterizovány jako nechráněné oblasti. Plocha takto upravených oblastí není šířka × výška, nýbrž 0,5šířky × výška.

Existují mimo jiné **2 zjednodušené metody** pro stanovení přijatelné nechráněné plochy. Tyto plochy ve stěnách musí být vzdálené min. 1 m od relevantní hranice.

4.1.1.1 ZJEDNODUŠENÉ METODY

1. metoda je užívána u malých budov jako například u rodinných domů či bytových domů. Výškově je toto stanovení omezeno 3 podlažími (podzemními i nadzemními) a maximální délkou budovy 24 m. Malé otvory splňující určité limity mohou být zanedbány. Výsledkem je určení velikosti nechráněné oblasti – např. maximální velikost nechráněné oblasti je 12 m^2 v případě, že je relevantní hranice ve vzdálenosti min. 2 m od přilehlé stěny. Pokud je vzdálenosti mezi hranicí a stěnou větší než 6 m, není velikost nechráněné oblasti limitována.

2. metoda je užívána pro ostatní budovy, které nesmí být vyšší než 10 m. Malé otvory mohou být opět ignorovány. V této metodě není stanovená maximální plocha nechráněné oblasti, ale procento nechráněné oblasti[7]. Na základě vzdálenosti relativní hranice od posuzované stěny je dle tabulky stanovené maximální procento nechráněné plochy.

Při použití těchto metod v kombinaci s užitím sprinklerového systému mohou být vzdálenosti relevantní hranice poloviční (min. vzdálenost je stále 1 m) a množství nechráněných oblastní může být zdvojeno.

Tyto 2 metody jsou velmi zjednodušené a limitované z hlediska použití. V publikaci BR 187 jsou popisovány další 2 metody, které se používají pro stanovení odstupových vzdáleností ve Velké Británii. V těchto složitějších metodách je popisována i členitá fasáda.

---

[6] *V ČR znáno jako požárně otevřené plochy či částečně požárně otevřené plochy.*

[7] *V ČR = procento otevřenosti.*

4.1.1.2 OBDÉLNÍKOVÁ METODA

Tato metoda je podrobně popsána v BRE reportu „External fire spread buildings separation and boundary distance“ (Fire Research Station 1991) [16]. Je odvozená z poznatků p. Law z roku 1963 a je začleněna ve svazku Approved Document B2/3/4 (HMSO, 1985).

Zkráceně je postup určení odstupových vzdáleností následující. Spočívá v ohraničení požárně otevřených ploch či ploch s hořlavou povrchovou úpravou v co nejtěsnější blízkosti jednou obdélníkovou výsečí. Tyto obdélníky musí ohraničovat pouze plochy v přímých stěnách, popřípadě je možné jimi ohraničit i otvory, které jsou rovnoběžné s ostatními otevřenými plochami a jsou odsazeny maximálně o 1,5 m vpřed či vzad. Obvodové stěny, které svírají vnitřní úhel <80° je nutné posoudit jinou metodou. Požárně otevřené plochy v obdélníkové výseči jsou vyjádřené procentem otevřenosti.

Jakmile jsou známy šířky, výšky a procenta otevřenosti, je možné využít Tabulky 1 (originálního dokumentu) – viz obr. 10, která stanovuje minimální požadované odstupové vzdálenosti. Tyto vzdálenosti jsou závislé na hustotě požárního zatížení, které je členěno do 2 kategorií – normální a nízké (záleží na účelu objektu).

Table 1 Permitted unprotected percentages in relation to enclosing rectangles

Width of enclosing rectangle (m)	Distance from relevant boundary for unprotected percentage not exceeding								
	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
	Minimum boundary distance (m) Figures in brackets are for Residential, Office and Assembly/recreation uses								
Enclosing rectangle 3m high									
3	1.0 *(1.0)*	1.5 *(1.0)*	2.0 *(1.0)*	2.0 *(1.5)*	2.5 *(1.5)*	2.5 *(1.5)*	2.5 *(2.0)*	3.0 *(2.0)*	3.0 *(2.0)*
6	1.5 *(1.0)*	2.0 *(1.0)*	2.5 *(1.5)*	3.0 *(2.0)*	3.0 *(2.0)*	3.5 *(2.0)*	3.5 *(2.5)*	4.0 *(2.5)*	4.0 *(3.0)*
9	1.5 *(1.0)*	2.5 *(1.0)*	3.0 *(1.5)*	3.5 *(2.0)*	4.0 *(2.5)*	4.0 *(2.5)*	4.5 *(3.0)*	5.0 *(3.0)*	5.0 *(3.5)*
12	2.0 *(1.0)*	2.5 *(1.5)*	3.0 *(2.0)*	3.5 *(2.0)*	4.0 *(2.5)*	4.5 *(3.0)*	5.0 *(3.0)*	5.5 *(3.5)*	5.5 *(3.5)*
15	2.0 *(1.0)*	2.5 *(1.5)*	3.5 *(2.0)*	4.0 *(2.5)*	4.5 *(2.5)*	5.0 *(3.0)*	5.5 *(3.5)*	6.0 *(3.5)*	6.0 *(4.0)*
18	2.0 *(1.0)*	2.5 *(1.5)*	3.5 *(2.0)*	4.0 *(2.5)*	5.0 *(2.5)*	5.0 *(3.0)*	6.0 *(3.5)*	6.5 *(4.0)*	6.5 *(4.0)*
21	2.0 *(1.0)*	3.0 *(1.5)*	3.5 *(2.0)*	4.5 *(2.5)*	5.0 *(3.0)*	5.5 *(3.0)*	6.0 *(3.5)*	6.5 *(4.0)*	7.0 *(4.5)*
24	2.0 *(1.0)*	3.0 *(1.5)*	3.5 *(2.0)*	4.5 *(2.5)*	5.0 *(3.0)*	5.5 *(3.5)*	6.0 *(3.5)*	7.0 *(4.0)*	7.5 *(4.5)*
27	2.0 *(1.0)*	3.0 *(1.5)*	4.0 *(2.0)*	4.5 *(2.5)*	5.5 *(3.0)*	6.0 *(3.5)*	6.5 *(4.0)*	7.0 *(4.0)*	7.5 *(4.5)*

obr. 10 Výstřižek tabulky 1 [16]

Někdy je potřebné posoudit více než jednu možnost obdélníkové výseče. Při změně obdélníkové výseče můžou být odstupové vzdálenosti větší než v předchozím posouzení. Můžou také nastat situace, kdy jsou požárně otevřené plochy sdružovány a představují tak větší lokální nebezpečí. Proto by se tyto oblasti měli hodnotit zvlášť a následně by se mělo vyhodnotit, které odstupové vzdálenosti jsou nebezpečnější.

4.1.1.3 SOUHRNNÉ TEORETICKÉ OBLASTI

Tato metoda je podrobně popsána v BRE reportu „External fire spread buildings separation and boundary distance“ (Fire Research Station 1991) [13]. Je odvozená z poznatků p. Law z roku 1963 a je začleněna ve svazku Approved Document B2/3/4 (HMSO, 1985).

V této metodě jsou vybrány body na relevantní hranici a je určeno množství nechráněných oblastí viditelných z vybraného bodu. Tyto viditelné plochy jsou nazývány efektivní nebo teoretické a jsou vypočítány přenásobením skutečných nechráněných oblastí vzdálenostním faktorem. Souhrnné teoretické oblasti musí být menší nebo rovné jistým předurčeným hodnotám splňujícím bezpečnostní odstupové požadavky – součet všech souhrnných teoretických oblastí by neměl překročit limit 210 m^2 pro bytové a ubytovací objekty, administrativní a shromažďovací objekty a 90 m^2 pro obchodní, komerční, průmyslové, skladové a další nebytové objekty.

Tato metoda je také nazývána „Protractor method“ neboli úhloměrová metoda, která je příznivá pro komplikované tvary budov a je používána v kombinaci s obdélníkovou metodou. Metoda je výhodná například tam, kde je odstupová vzdálenost vzniklá obdélníkovou metodou větší než vzdálenost hranice dotčeného pozemku od posuzovaného objektu. Posouzení metodou souhrnných teoretických oblastí je žádané provést právě v této oblasti, v jiných částech je posouzení v kombinaci s obdélníkovou metodou zbytečné. Pomocí následujících kroků jsou určeny okenní otvory, které mají být ve výpočtu ignorovány a tím může dojít ke splnění limitní odstupové vzdálenosti, tedy maximální vzdálenosti hranice pozemku od posuzovaného objektu v daném místě.

Oblouky úhloměru reprezentují pevné vzdálenosti z výchozího zvoleného bodu, do kterého je úhloměr ukotven. Výchozí zvolený bod je propojen kolmicí ze základní přímky úhloměru. Plocha mezi každými oblouky představuje specifický faktor, který je později použit k výpočtu souhrnných teoretických oblastí.

Zkráceně je postup následující. Nejprve je nutné identifikovat nechráněné oblasti. Následně se stanoví body na relevantní hranici, které mají být ověřeny. Tyto body jsou voleny v intervalech po 3 metrech.

V následujícím kroku jsou vyčleněny nechráněné oblasti, které mají být ignorovány. Úhloměr je následně usazen středem do posuzovaného bodu a kolmice na základní přímku je vedena k nejbližšímu bodu objektu. Ignorované otvory jsou ty, které jsou:

- dále než hranice oblouku o poloměru 50 m se středem ve výchozím bodu,
- otočené směrem od kolmice,
- v zákrytu vnějšího rohu – stanoveno přímkou vzniklou spojením výchozího bodu a rohu obvodových stěn
- v oblasti vyčleněné úhlem 10° od základní přímky úhloměru.

Posledním krokem výpočtu je stanovení výsledné souhrnné teoretické oblasti. Skutečné nechráněné oblasti jsou přenásobeny vzdálenostním faktorem, jehož hodnota je závislá na umístění jednotlivých nechráněných oblastí v obloukových výsečích úhloměru. Jednotlivé součiny jsou sečteny a výsledná plocha je porovnána s limitní hodnotou 210 m^2 či 90 m^2.

4.1.2 NOVÝ ZÉLAND [17]

Horizontální šíření požáru z obvodových zdí od nechráněných oblastí musí být posouzeno v následujících okolnostech:

a) pokud je v jedné budově více požárních úseků, nebo je více různých budov na stejném pozemku a jejich vnější stěny požárních úseků jsou vystaveny úhlu nižšímu než 90° a v jednom z těchto úseků se uvažuje s výskytem spících osob, či jsou zde umístěny východy;

b) nebo pokud jsou nechráněné oblasti v obvodových stěnách směrem k relativní hranici či hranici jiného pozemku pod úhlem menším než 90°.

Pokud je úhel mezi stěnou budovy a relevantní hranicí větší nebo roven 90°, nejsou stanoveny žádné požadavky na maximální velikost nechráněné oblasti.

Pokud je stěna nebo její část vzdálená méně než 1 m od relevantní hranice je povolena kombinace malých nechráněných oblastí a zasklení otvorů vykazující požární odolnost.

Posouzení požárně nebezpečného prostoru od obvodových stěn má být provedeno a kontrolováno od všech nechráněných oblastí každé obvodové stěny. Pokud je obvodová stěna od relevantní hranice vzdálená méně než 1,0 m, stěna má mít požární odolnost z obou stran.

Pro zhodnocení odstupových vzdáleností se používá **tabulková metoda.** Tato metoda má být používána k určení procenta nechráněné oblasti v obvodové stěně každého požárního

úseku závislého na vzdálenosti od přilehlé relevantní hranice, popřípadě ke zjištění vzdálenosti k relevantní hranici při již navržené velikosti nechráněné oblasti.

Samostatné vyhodnocení je poměrně jednoduché. V normě je několik tabulek. V první části tabulek jsou vyhodnoceny stavy, kdy je vzdálenost relativní hranice od obvodové stěny menší než 1,0 m – z tabulek je možné přímo určit velikosti maximálního zasklení vykazující požární odolnost. Pro vzdálenosti větší než 1,0 m mezi relevantní hranicí a obvodovou stěnou je v tabulkách určeno maximální procento nechráněné oblasti. Tabulky zohledňují úhel natočení obvodové stěny k relevantní hranici i použití sprinklerového systému. Tabulky jsou rozděleny dle druhu budov (SM – objekty pro bydlení a ubytování, SI – zdravotnické objekty; CA – veřejné a vzdělávací objekty; WB – kancelářské, komerční a malé skladové objekty; WS – velké sklady a ostatní velmi riziková pracoviště; VP – parkovací domy).

U rizikových skupin CA, WB, WS a VP, kde jsou požární úseky rozsáhlejší než 30 m, musí být obvodové stěny děleny po 30 m šíře a každé musí být samostatně posouzeny s ohledem na velikost největší individuální nechráněné oblasti. Ve vnitřních rozích musí být nechráněné oblasti jednotlivých požárních úseků vzdálené min. 1 m od společného rohu.

Alternativou k tabulkové metodě může být komentovaná metoda zapsaná v dokumentu „Commentary for Building Code Clauses C1-C6 and Verification Method C/VM2 – Appendix A: Methadology for Horizontal Fire Spread (tabular data). Alternativní přístup musí být použit společně s tabulkovou metodou.

4.1.3 ŠVÝCARSKO [18]

V rámci rešerše byl nalezen výňatek nařízení požární policie 731.0.11 čl. 11 popisující odstupové vzdálenosti, které mají zabránit šíření požáru na okolní budovy.

Velikost odstupové vzdáleností je dána následovně:

a) 10,0 m, jsou-li vnější stěny sousedních budov hořlavé;

b) 7,5 m, je-li jedna z vnějších stěn hořlavá a druhá nehořlavá;

c) 5,0 m, pokud jsou obě vnější stěny nehořlavé.

Odstupové vzdálenosti je možné snížit mezi dvěma budovami nízké výšky (do celkové výšky 11 m) nebo mezi středně vysokými budovami (do celkové výšky 30 m), jejíž vnější stěny mají s výjimkou otvíravých otvorů (oken a dveří) požární odolnost nejméně 30 minut na vzdálenosti:

a) 6,0 m, jsou-li vnější stěny sousedních budov hořlavé;

b) 5,0 m, je-li jedna z vnějších stěn hořlavá a druhá nehořlavá;

c) 4,0 m, pokud jsou obě vnější stěny nehořlavé.

Odstupové vzdálenosti nejsou popisovány pouze mezi sousedními budovami. Je nutné posoudit vzdálenost mezi obvodovou zdí posuzovaného objektu a hranicí pozemku. Odstupové vzdálenosti jsou stanoveny následovně:

a) 3,0 m, je-li obvodová stěna posuzovaného objektu hořlavá;

b) 2,0 m, je-li obvodová stěna posuzovaného objektu nehořlavá.

Sousedé mohou na základě písemné dohody upustit od požadavků na omezení vzdálenosti od hranic pozemku za předpokladu, že odstupové vzdálenosti mezi budovami jsou respektovány.

4.1.4 USA - NFPA 80A [13]

Cílem NFPA 80A je ochránit hořlavé materiály na vnější i vnitřní straně budovy vystavené vnějšímu zdroji požáru.

Budovy větší nebo srovnatelně vysoké

Je nutné zvážit vystavení budovy tepelné radiaci z hořící vedlejší budovy, která je alespoň stejně vysoká. Odstupové vzdálenosti mezi budovami by měly být stanoveny tak, aby ochránily exponovanou budovu a její obsah od vznícení. Určení odstupové vzdálenosti je založeno na předpokladu, že ani jedna z budov nejsou vybaveny požárně bezpečnostními prostředky, jako například sprinklery nebo požárně odolnými skly.

Šířka exponované stěny má být uvažována jako šířka požárního úseku budovy. Pokud budova není dělená, je uvažováno s celou šířkou obvodové stěny. Výška exponované stěny je závislá na faktorech jako například počet podlaží v požárním úseku, typ konstrukce, svislé otvory ve stěnách a požární odolnosti stropů.

Otvory

Mezi otvory na obvodové a exponované stěně jsou řazeny dveře, okna a ostatní otvory, přes které se může vyzařovat tepelné sálání. Ostatní části stěn mají být zváženy dle následujících stanovení:

- Stěny s požární odolností menší než 20 minut jsou považovány za 100 % otevřené plochy
- Stěny, které odolávají požáru déle než 20 minut, ale neodolávají po předpokládanou celkovou dobu působení požáru, jsou považovány za otevřené plochy ze 75 %.
- Ostatní stěny jsou považovány za uzavřené plochy.

Závažnost požáru

Závažnost požáru ovlivňuje množství tepelného sálání vyzařovaného z vystavené budovy. Závažnost požáru je vysoce závislá na 2 faktorech, průměrném požárním zatížení na jednotku plochy uvnitř budovy a charakteristických úpravách vnitřních povrchů. Na základě těchto faktorů je požární závažnost rozdělena na 3 majoritní skupiny - lehká, střední a těžká - viz obr. 11.

Table 4.3 Classification of fire severity. Adapted from the NFPA 80A.

Fire severity group	Fire load per unit floor area (kg/m^2)	Average flame spread rating of interior wall and ceiling finish
Light	0-34	0-25
Moderate	35-73	26-75
Severe	≥74	≥76

obr. 11 Výstřižek tabulky pro rozdělení objektů do skupin závažnosti požáru [13]

Faktor by měl být následně použit pro návrh konstrukce. Je potřeba zvážit, zda celá budova nebo část budovy je vybavena hořlavými vnitřními úpravami. Šíření požáru je dále vysvětleno v dokumentu "NFPA 255 Standard Method of Test of Surface Burning Characteristics of Building Materials".

Podle vysvětlení dle NFPA 80A může být závažnost požáru definována jako intenzita vystaveného požáru. Proto závažnost požáru je hodnotou tepelného sálání skrz otvory nebo šlehajících plamenů vně budovy. Závažnost požáru je závislá na mnoha faktorech, jako jsou podmínky ventilace v požárním úseku, požární zatížení, charakteristiky paliva, geometrie místnosti a na vlastnosti hořlavých vnitřních úprav.

Odstupové vzdálenosti

Je předpokládáno, že fasáda z dřevěných materiálů není schopna odolávat vystavení maximálnímu tepelnému toku I_{crit} = 12,5 kW·m^{-2}. Na obr. 12 jsou stanovena tzv. směrná čísla *g*,

která jsou dále užívána ke stanovení odstupové vzdálenosti mezi budovami. K určení *g* je nutné znát stupeň závažnosti požáru, procento otevřenosti, poměr mezi šířkou a výškou či výškou a šířkou požárního úseku či obdélníkových ploch. Výpočet požadované odstupové vzdálenosti D je stanoven přenásobením *g* pomocí menšího z rozměrů šířky či výšky a přičtením hodnoty 1,52. Tato hodnota je přidána proto, aby byla zahrnuta plamenná projekce z otvorů a zabránilo se vznícení v důsledku prošlehávání plamene směrem k exponované budově.

Table 4.4 Guide numbers for the determination of separation distances. Adapted from NFPA 80A (1996).

Fire severity			Guide number																
Percent openings			Ratio Width-to-Height or Height-to-Width																
Light	Moderate	Severe	1.0	1.3	1.6	2.0	2.5	3.2	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40
20	10	5	0.36	0.40	0.44	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
30	15	7.5	0.60	0.66	0.73	0.79	0.84	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
40	20	10	0.76	0.85	0.94	1.02	1.10	1.17	1.23	1.27	1.30	1.32	1.33	1.33	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
50	25	12.5	0.90	1.00	1.11	1.22	1.33	1.42	1.51	1.58	1.63	1.66	1.69	1.70	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71
60	30	15	1.02	1.14	1.26	1.39	1.52	1.64	1.76	1.85	1.93	1.99	2.03	2.05	2.07	2.08	2.08	2.08	2.08
80	40	20	1.22	1.37	1.52	1.68	1.85	2.02	2.18	2.34	2.48	2.59	2.67	2.73	2.77	2.79	2.80	2.81	2.81
100	50	5	1.39	1.56	1.74	1.93	2.13	2.34	2.55	2.76	2.95	3.12	3.26	3.36	3.43	3.48	3.51	3.52	3.53
-	60	30	1.55	1.73	1.94	2.15	2.38	2.63	2.88	3.13	3.37	3.60	3.79	3.95	4.07	4.15	4.20	4.22	4.24
-	80	40	1.82	2.04	2.28	2.54	2.82	3.12	3.44	3.77	4.11	4.43	4.74	5.01	5.24	5.41	5.52	5.60	5.64
-	100	50	2.05	2.30	2.57	2.87	3.20	3.55	3.93	4.33	4.74	5.16	5.56	5.95	6.29	6.56	6.77	6.92	7.01
-	-	60	2.26	2.54	2.84	3.17	3.54	3.93	4.36	4.82	5.30	5.80	6.30	6.78	7.23	7.63	7.94	8.18	8.34
-	-	80	2.63	2.95	3.31	3.70	4.13	4.61	5.12	5.68	6.28	6.91	7.57	8.24	8.89	9.51	10.05	10.50	10.84
-	-	100	2.96	3.32	3.72	4.16	4.65	5.19	5.78	6.43	7.13	7.88	8.67	9.50	10.33	11.15	11.91	12.59	13.15

obr. 12 Výstřižek tabulky pro stanovení směrného čísla g [13]

V případech, kde fasáda obsahuje materiály s jinou kritickou hustotou tepelného toku než 12,5 $kW \cdot m^{-2}$, a kde se v obvodové stěně nenachází žádné otvory, procento otevřenosti v exponované budově může být upraveno. Nové procento otevřenosti může být stanoveno přenásobením původního procenta otevřeností poměrem mezi hodnotou 12,5 $kW \cdot m^{-2}$ a I_{crit} použitého materiálu ve fasádě vystavené požáru.

Budovy s nižší výškou

Odstupové vzdálenosti pro exponované objekty s nižší výškou než budovy, které jsou již vystavené, by měly být určeny nejprve stejnou metodou jako pro stejně vysoké a vyšší objekty. V případech, kdy střecha exponované budovy obsahuje hořlavé materiály bez požární odolnosti, má být k určení požadované odstupové vzdálenosti a zajištění ochrany použita tabulka znázorněná na obr. 13.

Table 4.5 Required separation distance or height of protection for buildings with combustible and roof with no fire resistance rating. Adapted from NFPA 80A (1996).

Number of stories likely to contribute to flaming through the roof	Horizontal separation distance or height of protection above exposing fire (m)
1	7.6
2	9.8
3	12.2
4	14.3

obr. 13 Výstřižek tabulky pro stanovení odstupových vzdáleností střech [13]

Pokud jsou odstupové vzdálenosti z obr. 13 větší než vzdálenosti stanovené pro stejně vysoké či vyšší budovy, exponovaná budova bude chráněná. Pokud střecha nesplňuje požární odolnost, mají být aplikovány odstupové vzdálenosti z obr. 13.

4.2 DALŠÍ METODY URČENÍ ODSTUPOVÝCH VZDÁLENOSTÍ [13]

Mezi obecně známé metody patří například metoda Petera Colliera, C.R. Bernetta, Williams-Leir a J. H. McGuire. Tyto metody jsou sepsány v následujících odstavcích.

4.2.1 J. H. MCGUIRE

Tato metoda z roku 1965 je založena na následujících krocích. Je nutné:

1) Určit výšku a šířku požárního úseku
2) Určit procento otvorů ve fasádě požárního úseku. Kromě otvorů sem náleží i plochy bez dostatečné požární odolnosti
3) Odečtení výsledků z tabulek, které autor metody vytvořil, na základě hodnot z předchozích kroků. Tabulky jsou dvě – první z nich zohledňuje nebezpečné podmínky, druhá je pro normální podmínky.

Metoda vychází z limitní hustoty tepelného toku I = 12,5 kW·m^{-2} – tato hodnota dokáže způsobit okamžité vzplanutí fasády. McGuire také definoval polohový faktor jako poměr mezi intenzitou sálání dopadajícího na přijímací povrch ze (jednoho nebo více) sálajícího zdroje. Návrhovými vlastnostmi pro nebezpečné podmínky je polohový faktor 0,035, pro normální podmínky je hodnota faktoru 0,07 (jedná se o budovy s navrženými nehořlavými liniemi). Tyto hodnoty jsou odvozené z pokusů provedených v roce 1958 (zvaných St. Lawrance Burns) zjišťujících maximální hodnotu radiace, která dokáže způsobit vzplanutí.

Tabulky také zohledňují horizontální projekci plamene šlehajícího z otvorů. K nebezpečným podmínkám je v odstupové vzdálenosti přidáno 7 stop (2,33 m) a k normálním podmínkám 5 stop (1,67 m).

Od doby, co metoda používá procento otevřenosti, jsou reálně okenní otvory rovnoměrně rozdělovány po fasádě. Pokud je více oken pospolu na jednom konci budovy, vycházejí větší odstupové vzdálenosti než v jiných částech s otvory rovnoměrněji rozprostřenými. Toto tvrzení je také platné tam, kde jsou okenní otvory větší než v jiné části budovy.

Při stanovení odstupové vzdálenosti od nepravidelného tvaru budovy je nutné vytvořit hranici pomocí spojení nejzazších bodů na fasádě. Pokud jsou všechny části za touto linií, fasáda a otvory mohou být promítnuty do této hranice, od které jsou vykresleny odstupové vzdálenosti. Pokud některé části vyčnívají z hranice, jsou hodnoceny samostatně.

Nebezpečná situace může nastat tam, kde je v sousedství mnoho budov různých tvarů a velikostí. Obecně jsou malé budovy vystaveny většímu nebezpečí v sousedství vysokých objektů. Proto je nutné určovat odstupové vzdálenosti k hranici pozemku než k obvodovým stěnám sousedních objektů. Nutné je ovšem zohlednit tyto dva přístupy. Malé objekty by mohly být situovány v blíže k hranicím pozemků, ovšem za hranicí se může nacházet vysoký objekt, jenž může být pro menší objekt sáláním tepla velmi rizikový.

4.2.2 WILLIAMS-LEIR

Tato metoda popisuje, jak určit odstupové vzdálenosti mezi budovami v případech, ve kterých jsou výsledky jiných metod příliš konzervativní. Tato metoda uvažuje plamennou projekci do vzdálenosti tří stop (1 m) od oken. V rovnicích jsou zahrnuty 2 velikosti polohového faktoru - pro velmi nebezpečné obsazení objektu je hodnota 0,035 a pro běžné obsazení je hodnota 0,07. Odvození je podrobněji popsáno v originálním dokumentu „Another Approximation for Special Separation by Williams-Leir (1970)“.

Důležitými zkratkami v této metodě jsou:

EBF = Exposing Building Face – část fasády, která se nachází na hranicích požárního úseku

L = Limitní vzdálenost [ft] – nejbližší vzdálenost mezi EBF a relevantní hranicí (např. hranicí pozemku)

K = Plovoucí vzdálenost, jenž je stranou čtverce [ft] … K = 3,54 (L-3)

J = Plovoucí vzdálenost, tvořící zónu [ft] … J = 3,14 (L-3)

Pozn.: Tyto výše uvedené veličiny stanovují limity, ve kterých je možné řešit maximální dovolené nechráněné oblasti. Plovoucí jsou právě proto, že je možné s nimi pohybovat po fasádě na základě určitých pravidel. V podstatě se můžou nechráněné oblasti nacházet pouze v ploše limitované těmito veličinami K a J.

BAUO = Basic Allowance of Unprotected Openings [ft^2] – maximální plocha povolené nechráněné oblasti

– pro velmi nebezpečné obsazení objektu … BUAO = 0,44 $(L-3)^2$
– pro běžné obsazení objektu … BUAO = 0,88 $(L-3)^2$

Na základě těchto veličin a rovnic jsou určena následující pravidla. První pravidlo je platné tam, kde je nutné stanovit odstupové vzdálenosti nebo maximální dovolenou nechráněnou plochu vyhovující v 90 % případů. Druhé pravidlo může být použito pro fasády s malým množstvím nechráněných oblastí (přibližně méně než 15 % z celkové plochy fasády). Třetí pravidlo je vhodné pro prodloužené fasády, kde je jeden rozměr 8x a více delší než druhý rozměr.

1. pravidlo: Všechny EBF můžou zahrnovat jeden či více BAUO. Pokud nezahrnuje více než jeden otvor, individuální otvory mohou být rozděleny podle přání investora.

2. pravidlo: V místech, kde je jeden či oba rozměry EBF větší než K, rozdělí se otvory tak, že všude, kde je plovoucí vzdálenost K umístěna na EBF rovnoběžně se stranami, nemůže být zde zahrnutý více než jeden BAUO. Otvory musí být rozděleny tak, aby splnily tyto požadavky.

3. pravidlo: V místech, kde je rozměr EBF větší než J, směr má být vybrán tak, aby nejlépe vyhovoval investorovým zájmům – kolmo k nejdelší straně EBF. Otvory mají být rozděleny tak, že kdekoliv je šířka J a nelimitované délka umístěna na EBF kolmo k tomuto směru, nemůže zóna obsahovat více než jeden BAUO.

Použití této metody je poměrně jednoduché. V případě, že je objekt již naprojektovaný, hledáme limitní vzdálenost L. Nejdříve je nutné stanovit celkovou plochu otvorů = BAUO. Z této plochy je možné dle výše uvedených vztahů spočítat limitní vzdálenost L. Z této vzdálenosti L je možné určit plovoucí vzdálenost K. Pokud plovoucí vzdálenost K zahrnuje všechny BAUO, limitní vzdálenost je rovna velikosti L. Pokud jsou okenní otvory od sebe vzdáleny více než je limitní K, pak je nutné redukovat BAUO. Než bude provedena redukce nějaké hodnoty, je možné spočítat plovoucí zónu J a určit, zda tato plocha nezahrnuje alespoň nějaké otvory. Pokud zahrnuje, výsledná odstupová vzdálenost je stanovena pouze pro tyto otvory obsažené v plovoucí zóně J.

4.2.3 C.R. BARNETT

Metoda může být využita dvěma způsoby. Buď je nutné vypočítat maximální dovolené nechráněné přípustné otvory nebo velikost sálání do okolí posuzovaného objektu.

Maximální dovolené otvory bez požární odolnosti jsou omezeny plochou, která je stanovena z rovnice, závislé na ploše vytvořené ohraničením otvorů pomocí obdélníků v počtu dle uvážení projektanta, kritické hodnotě přijímaného sálání [$kW \cdot m^{-2}$] (obecně je kritická hodnota přijímaného sálání rovna 12,5 $kW \cdot m^{-2}$. Pokud v okolí jsou budovy s nehořlavým opláštěním a požárně odolnými skly, může být hodnota zvětšena na 25 $kW \cdot m^{-2}$ v případě, že nedojde k vznícení těchto konstrukcí od zdroje (např. jiskrou)). Předpokládá se, že požárně odolné okno, které zůstává odolné v průběhu požáru sníží procházející radiaci o 50 %, tj. radiace

vně požárně odolného okna může dosahovat až 50 kW·m^{-2}, pokud obvodové zdi jsou vystavěny z nehořlavého materiálu.

Dále rovnice závisí na polohovém faktoru obdélníků ohraničujících nechráněné oblasti. Tyto obdélníky jsou děleny do 4 stejně velkých částí a výsledný polohový faktor je vypočten jako suma jednotlivých polohových faktorů těchto částí. Polohový faktor jednotlivých částí je stanoven dle již zmíněné rovnice (6). V situaci, kde je předpokládáno prošlehnutí plamene z otvorů v obvodových stěnách, mají být přidány další 2 metry k výsledné odstupové vzdálenosti.

Odstupová vzdálenost je stanovena kritickou hodnotou vyzařovaného sálání. Kritická hodnota je závislá na emisivitě zdroje (obecně 1,0), Stefan-Boltzmannově konstantě, teplotě uvnitř požárního úseku a okolní teplotě. Rovnice opět odpovídá již zmíněné rovnici (2) (polohový faktor je uvažovaný jako 1,0). Teplota uvnitř požárního úseku je dána normovou teplotní křivkou ISO 834. Pokud jsou použita požárně odolná okna, může být intenzita sálání skrz otvory snížena o 50%. Úroveň sálání přijímaného okolními budovami nesmí překročit kritickou hodnotu vysílaného sálání. Kritické sálání je porovnáno s rovnicí určenou součinem poměru vzdáleností mezi svislými otvory a plochou obdélníků ohraničujících nechráněné oblasti, polohovém faktoru těchto obdélníků a kritické hodnotě vyzařovaného sálání.

4.2.4 PETER COLLIER

Metoda je uživatelsky velmi jednoduchá a dovoluje uživateli specifikovat či počítat teplotu v požárním úseku. Kritický tepelný tok ke vznícení vedlejšího objektu závisí na použitém obvodovém plášti sousední budovy.

V situaci, kde sousední objekty nejsou rovnoběžně postavené k sobě, fasáda budov může být předpokládána jako rovnoběžná, čímž je vytvořena konzervativní odstupová vzdálenost. Pokud v sousedství neexistují objekty, požadované vzdálenosti mezi budovou a hranicemi pozemku by měly poloviční ze stanovené odstupové vzdálenosti, neboť je uvažováno, že na sousedním objektu je vystaven objekt shodný jako posuzovaná budova.

Zkrácený postup je uveden v následujícím odstavci. Pokud jsou odstupové vzdálenosti již stanoveny, je možné touto metodou vypočítat přijímanou hustotu tepelného toku sousední fasádou či je možné stanovit maximální nechráněné oblasti na posuzované fasádě.

Prvním krokem je ohraničit nechráněné oblasti pomocí obdélníků. Velikost obdélníků by měla být založena na délce požárního úseku a množství nechráněných oblastí. Pokud je fasáda členitá, je vytvořena referenční rovina spojující rohy fasády a jsou do ní kolmicemi promítnuty nechráněné oblasti. Dále je vypočtena plocha obdélníků. Následně je spočítán poměr šířky a délky nebo délky a šířky. Poměr musí být maximálně roven jedné. Poté je nutné určit hustotu tepelného toku na základě požárního úseku. Konzervativně lze ve většině případů užít teplotu 1000 °C, která reprezentuje hustotu tepelného toku o velikosti 149 kW·m^{-2}. Pokud je předpokládána nižší či vyšší teplota, je hustota tepelného toku spočítána na základě rovnic (11) a (12):

$$I_s = 5.67 \cdot 10^{-11} \cdot T^4 \ \left[kW \cdot m^{-2}\right] \qquad (11)$$

$$T = 345\, log_{10}(8t + 1) \ \left[°C\right] \qquad (12)$$

T … teplota požáru [°C]
t … doba požární odolnosti [min]

Celá vlastníkova fasáda má být uvažována jako zdroj radiace, pokud obvodové stěny nemají stanovenou požární odolnost. Pokud obvodové stěny mají požární odolnost, je stanoven poměr R_f mezi nechráněnými oblastmi a plochou již stanovené obdélníkové výseče zahrnující všechny nechráněné oblasti v dané části fasád (např. v rámci jednoho PÚ). Předposledním krokem je výpočet vyzařující hustoty tepelného toku I_e. I_e je stanovena součinem R_f a I_s. Pokud je v požárně

odolné stěně umístěno i okno s požární odolností, vyzařující sálání může být zmenšeno na 50 %. Kromě tohoto zmenšení je možné říci, že je tento postup velmi podobný nyní používanému postupu řešení odstupových vzdáleností v České republice. V rovnici (11) v porovnání s českou metodou chybí emisivita a polohový faktor. Rovnice (12) je totožná.

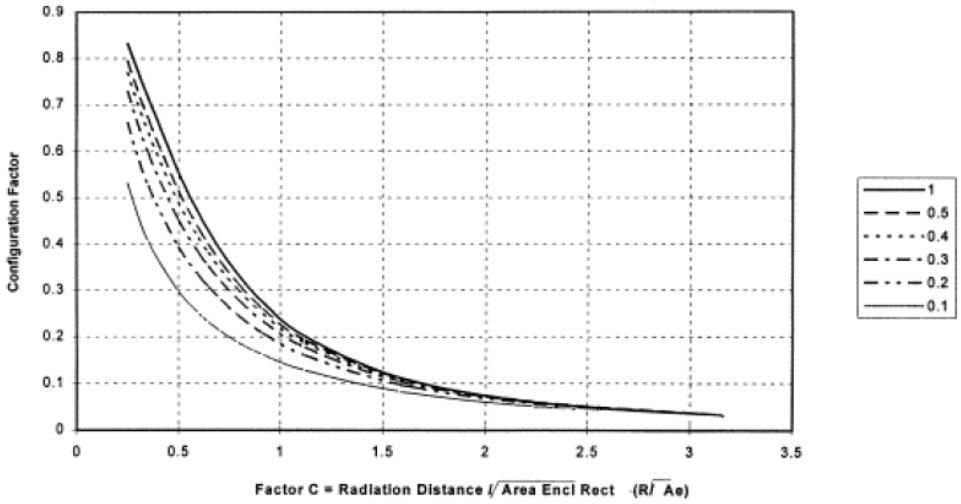
V poslední části výpočtu je nutné určit, jaká je přijatelná hustota tepelného toku dopadající na sousední fasádu. Tato hodnota může být různá, neboť závisí na obvodovém plášti a otvorech, které mohou vykazovat požární odolnost. Opět platí možnost zmenšení kritické hustoty tepelného toku o 50 %, pokud jsou instalována okna s požární odolností. Je předpokládáno, že okna bez požární odolnosti při požáru prasknou a vyzařuje z nich větší množství sálání. Příklady hodnot kritického sálání I_{cr}, dopadajícího na okolní objekty je znázorněna v níže uvedeném obr. 14.[8]

Critical incident radiation, I_{cr} [kW/m^2]			
External cladding	No openings	Usage of non fire-rated glazing	Usage of fire rated glazing
EIFS(1)	9.0	9.0	9.0
Timber	12.5	12.5	12.5
Fibre-cement board	25.0	12.5	25.0
Non-combustible(2)	No limit	12.5	50.0

(1) Exterior insulation and finishing system.
(2) Concrete, brick, steel or aluminium.

obr. 14 Výstřižek tabulky pomocí které je možné stanovit kritickou hustotu tepelného toku [13]

Dále následuje výpočet dovoleného polohového faktoru Φ, který je stanoven poměrem mezi I_{cr} a I_e. Výsledkem je odstupová vzdálenost S mezi budovami. S je výsledkem součtu sálavé vzdálenosti R a projekční vzdáleností P. R je stanoveno pomocí diagramu znázorněného v obr. 15. P může být stanovena jako 2 m, pokud jsou okna v hodnocené budově bez požární odolnosti; nebo může být hodnota P = 0 m, pokud jsou užita okna s požární odolností. Hodnoty větší než 2 m můžou být použity, pokud jsou prokázány adekvátním výpočtem.



obr. 15 Ukázka diagramu pro stanovení hodnoty R [13]

[8] *Pozn: Zde je nutné si položit otázku, zda je adekvátní provést úpravu I_{cr} v závislosti na sousední budově. Je legislativně umožněno při změně I_{cr} sousedního objektu provést úpravu svého objektu například opláštěním hořlavým izolantem? Bez znalosti požární problematiky může nevědomě dojít k ohrožení svého objektu.*

4.3 ZHODNOCENÍ VÝŠE UVEDENÝCH METOD PRO STANOVENÍ PNP

Výše zmíněné metody se ovšem netýkají samostatného rohového otvoru. V případě členité fasády zohledňují velikost nechráněných ploch, určují, které plochy započítat do výpočtu a které nikoliv, a přes pomocné součinitele stanovují zastoupení jednotlivých otvorů ve výpočtu odstupové vzdálenosti. Členitou fasádu je tedy možné těmito metodami posoudit. Posouzení je ale poměrně zdlouhavé, protože je určováno velké množství výchozích bodů, ze kterých výpočty vycházejí.

V případě, že známe chování rohové požárně otevřené plochy, je možné tyto výpočty vynechat, stanovit odstupové vzdálenosti přímých ploch pomocí jiných „jednodušších“ metod a zaměřit se pouze na problematické stavy – rohy. Zjištění chování rohového okenního otvoru je dále popisováno v následujících kapitolách. V závěru je popsána metodika určování odstupových vzdáleností od tohoto typu otvoru v obvodových stěnách.

ČÁST II. ZHODNOCENÍ MODELOVÉHO PŘÍKLADU

1. OBECNÝ POPIS A OKRAJOVÉ PODMÍNKY

Modelovým příkladem je místnost o půdorysných rozměrech 5,0 x 5,0 m, jejíž světlá výška je 2,8 m. Tato místnost slouží jako pobytová místnost – byt, jejíž výpočtové požární zatížení je dle pol.10 tab.B.1 ČSN 73 0802 [2] $p_v = 40$ kg·m^{-2}. S ohledem na stálé požární zatížení (možná hořlavá okna, dveře a podlahy) je toto zatížení navyšováno – modelovou hodnotou tohoto příkladu je výpočtové požární zatížení $p_v = 45$ kg·m^{-2}.

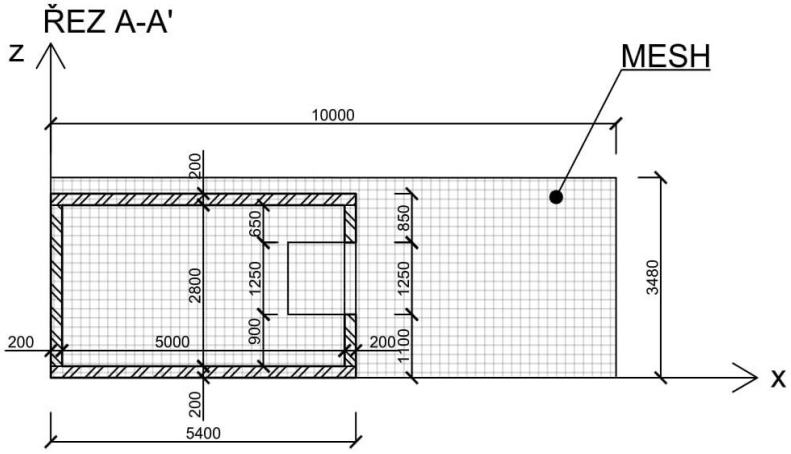
Podobné požární zatížení mají například i prostory administrativních či školních budov – konkrétně kanceláře, studovny, kreslírny apod. Rychlost rozvoje požáru je v těchto případech střední s dobou t_s = 300 s. Rychlost uvolňování tepla HRR je také shodná a nabývá hodnoty 250 kW·m^{-2} [4]. Je uvažováno s nehořlavým konstrukčním systémem.

Předmětem řešení je změna poměru délek jednotlivých částí rohového okna, a to v omezeném rozsahu poměrů 1:1 až 1:3. Výška tohoto okna je konstantní a je rovna 1,25 m. Výška parapetu je 0,9 m. Nejmenší rozměr části okna je 1,0 m a největší 3,0 m. Změna délek jednotlivých oken je uvažována po 0,5 m. Celkem je hodnoceno 15 kombinací.

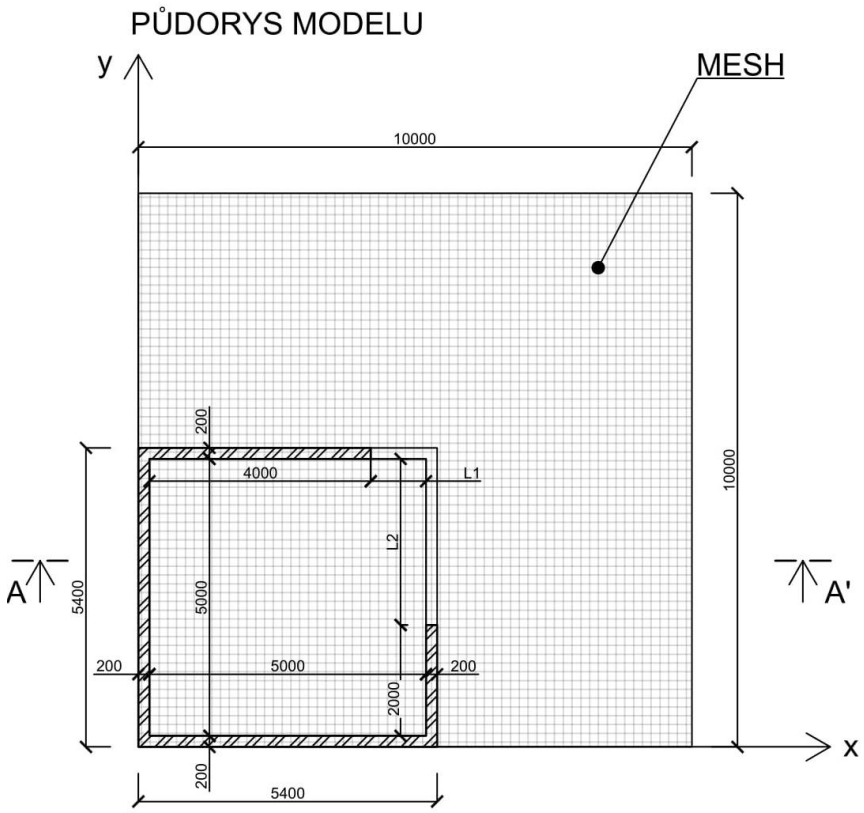
tab. 1 Délky jednotlivých částí rohového okna – délka okna l1 | délka okna l2

Délky částí	**1,0**	**1,5**	**2,0**	**2,5**	**3,0**	**l_1**
1,0	1,0 | 1,0	1,0 | 1,5	1,0 | 2,0	1,0 | 2,5	1,0 | 3,0	
1,5		1,5 | 1,5	1,5 | 2,0	1,5 | 2,5	1,5 | 3,0	
2,0			2,0 | 2,0	2,0 | 2,5	2,0 | 3,0	
2,5				2,5 | 2,5	2,5 | 3,0	
3,0					3,0 | 3,0	
l_2						**l_1 | l_2**

Pro přehlednost je jednoduché schéma modelu znázorněno v následujících obr. 16 a obr. 17.



obr. 16 Řez modelu v měřítku 1:1



obr. 17 Půdorys modelu v měřítku 1:1[9]

2. ŘEŠENÍ POMOCÍ ČESKÝCH TECHNICKÝCH NOREM

V českých technických normách není přímo zmíněno, jak k problematice rohových oken přistupovat. Odstupové vzdálenosti je možné řešit například následujícími dvěma způsoby. Prvním způsobem je řešit odstupovou vzdálenost od jednotlivých částí rohového okna, druhým způsobem je úhel 90° zvětšit na 180°, a uvažovat tak toto okno jako jeden přímý celek.

Oba způsoby se dále mohou posuzovat použitím normových hodnot, či přesnějším výpočtem odstupové vzdálenosti z hlediska sálání tepla.

2.1 PŘÍLOHA F.2 ČSN 73 0802 [2] A PŘÍLOHA H.2 ČSN 73 0804 [3]

Odstupové vzdálenosti dle českých technických norem je možno řešit dle tabulek. Pro nevýrobní objekty jsou tyto tabulky k nalezení v příloze F ČSN 73 0802 a pro výrobní objekty v příloze H ČSN 73 0804. Tabulky jsou dvojího typu. Přílohy F.1 a H.1 se zabývají odstupovými vzdálenostmi s procentem otevřenosti 40–100 % a přílohy F.2 a H.2 stanovují odstupové vzdálenosti pro jednotlivé otvory (požární otevřenost 100 %). Vzhledem k tomu, že rohové okno je samostatným otvorem, posouzení bude dále vypsáno dle příloh F.2 a H.2.

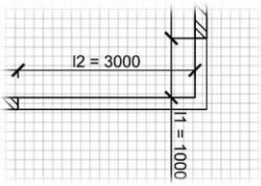
Práce s těmito přílohami je velmi jednoduchá. K určení odstupové vzdálenosti je nutno znát pouze 4 skutečnosti – výšku (h_u) a délku (l) oblasti s požárně otevřenými plochami, procento požárně otevřené plochy (p_o) a výpočtové požární zatížení (p_v).

[9] *Mesh = výpočetní prostor*

Pro řešený příklad jsou hodnoty rovny:

- h_u = 1,25 m
- l = proměnná
- p_o = 100 %
- p_v = 45 kg·m^{-2}

tab. 2 Velikosti odstupové vzdálenosti d při různých poměrech délek ploch a různých způsobech určení odstupové vzdálenosti – normové hodnoty

ZPŮSOB 1: **Určení d od jednotlivých částí rohového okna**			**ZPŮSOB 2:** **Určení d od rohového okna jako celku (vnitřní úhel 180°)** 		
Délka okna	**Σ l**	**d**	**Délky oken l_1|l_2**	**Σ l**	**d**
1,0 m	1,0 m	**1,37 m**	1,0 | 1,0 m	2,0 m	**1,92 m**
			1,0 | 1,5 m	2,5 m	**2,115 m**
			1,0 | 2,0 m	3,0 m	**2,285 m**
			1,0 | 2,5 m	3,5 m	**2,4175 m**
			1,0 | 3,0 m	4,0 m	**2,55 m**
1,5 m	1,5 m	**1,68 m**	1,5 | 1,5 m	3,0 m	**2,285 m**
			1,5 | 2,0 m	3,5 m	**2,4175 m**
			1,5 | 2,5 m	4,0 m	**2,55 m**
			1,5 | 3,0 m	4,5 m	**2,6525 m**
2,0 m	2,0 m	**1,92 m**	2,0 | 2,0 m	4,0 m	**2,55 m**
			2,0 | 2,5 m	4,5 m	**2,6525 m**
			2,0 | 3,0 m	5,0 m	**2,755 m**
2,5 m	2,5 m	**2,115 m**	2,5 | 2,5 m	5,0 m	**2,755 m**
			2,5 | 3,0 m	5,5 m	**2,8325 m**
3,0 m	3,0 m	**2,285 m**	3,0 | 3,0 m	6,0 m	**2,91 m**

V tab. 2 je jasně doloženo, že se odstupové vzdálenosti při aplikaci různých způsobu značně liší. Rozdíly vzdáleností d jsou v intervalu **od 0,55 do 0,625 m** v závislosti na velikosti požárně otevřené plochy.

2.2 ZPŘESNĚNÝ VÝPOČET ODSTUPOVÉ VZDÁLENOSTI Z HLEDISKA SÁLÁNÍ TEPLA

Dle norem zabývajících se řešením odstupových vzdáleností lze vytvořit výpočetní model například v programu Microsoft Excel. Princip výpočtu funguje na základě Stefan-Boltzmannova zákona, normové teplotní křivky ISO 834 a výpočtu polohového faktoru – postupů vysvětlených v předchozí části I. (Současný stav poznání). Hranice požárně nebezpečné plochy je stanovena kritickou hustotou tepelného toku I_{crit} = 18,5 kW·m^{-2}.

VÝPOČET ODSTUPOVÉ VZDÁLENOSTI Z HLEDISKA SÁLÁNÍ

DP V01:2018-12

Výpočet dle ČSN 73 0802 a ČSN EN 1991-1-2:

1) Průběh požáru dle ISO 834 (normová teplotní křivka)

2) $I_{o,cr}$ = 18,5 kW/m^2 (na hranici PNP)

3) ε = 1,0 (emisivita požáru)

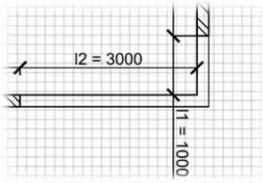
Specifikace POP	
Číslo PÚ:	
Směr PNP:	Severozápad

Vstupní data			Platnost výpočtu:
Výpočtové požární zatížení p_v =	45,00	[kg/m^2]	<0;180>
Konstrukční systém objektu :	Nehořlavý		
Požární zatížení se zohledněným KS: p_v' =	45,00	[kg/m^2]	
Emisivita požáru ε =	1,00	[-]	<0,55;1,00>
Kritická hodnota tepelného toku $I_{o,cr}$ =	18,5	[kW/m^2]	
(pro stanovení odstupových vzdáleností pro únik použít 10,0 kW/m^2; pro šíření požáru 15 kW/m^2)			
Procento POP p_o =	100	[%]	<40;100>
Rozměry sálavé POP:			
→ šířka b_{POP} =	3	[m]	<0,01;30>
→ výška h_{POP} =	1,25	[m]	<0,01;15>

Výsledné hodnoty			
Teplota v PÚ (dle ISO 834) T =	902,34	[°C]	
Nejvyšší hustota tepelného toku I_{max} =	108,20	[kW/m^2]	
Ostupové vzdálenost vymezující PNP:			
→ v přímém směru uprostřed POP: d =	2,30	-	[m]
→ v přímém směru na okraji POP: d' =	1,60	-	[m]
→ do stran na okraji POP: d'_s =	0,80	-	[m]

obr. 18 Ukázka "excelové" tabulky pro podrobný výpočet odstupové vzdálenosti z hlediska sálání tepla

tab. 3 Velikosti odstupové vzdálenosti d při různých poměrech délek ploch a různých způsobech určení odstupové vzdálenosti – podrobný výpočet odstupových vzdáleností z hlediska sálání tepla

ZPŮSOB 1: **Určení d od jednotlivých částí rohového okna**				**ZPŮSOB 2:** **Určení d od rohového okna jako celku (vnitřní úhel 180°)** 		
Délka okna	**Σ l**	**d**	**d´**	**Délky oken $l_1 \mid l_2$**	**Σ l**	**d**
1,0 m	1,0 m	**1,40 m**	**1,20 m**	1,0 | 1,0 m	2,0 m	**1,95 m**
				1,0 | 1,5 m	2,5 m	**2,15 m**
				1,0 | 2,0 m	3,0 m	**2,30 m**
				1,0 | 2,5 m	3,5 m	**2,45 m**
				1,0 | 3,0 m	4,0 m	**2,60 m**
1,5 m	1,5 m	**1,70 m**	**1,40 m**	1,5 | 1,5 m	3,0 m	**2,30 m**
				1,5 | 2,0 m	3,5 m	**2,45 m**
				1,5 | 2,5 m	4,0 m	**2,60 m**
				1,5 | 3,0 m	4,5 m	**2,70m**
2,0 m	2,0 m	**1,95 m**	**1,50 m**	2,0 | 2,0 m	4,0 m	**2,60 m**
				2,0 | 2,5 m	4,5 m	**2,70 m**
				2,0 | 3,0 m	5,0 m	**2,80 m**
2,5 m	2,5 m	**2,15 m**	**1,55 m**	2,5 | 2,5 m	5,0 m	**2,80 m**
				2,5 | 3,0 m	5,5 m	**2,85 m**
3,0 m	3,0 m	**2,30 m**	**1,60 m**	3,0 | 3,0 m	6,0 m	**2,95 m**

Při porovnání tab. 2 a tab. 3 nalezneme téměř shodné odstupové vzdálenosti d, neboť obě metody vychází ze stejných fyzikálních jevů a experimentálního podložení – odchylky jsou v řádu setin metrů. Přesto je opět názorné, že se jednotlivé způsoby určení odstupových vzdáleností liší. Při aplikaci podrobného výpočtu odstupových vzdáleností z hlediska sálání tepla jsou rozdíly vzdáleností d v intervalu **od 0,55 do 0,65 m** v závislosti na velikosti požárně otevřené plochy.

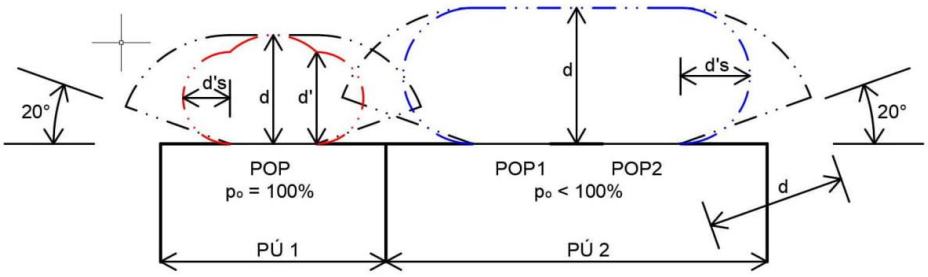
2.3 ZAKRESLENÍ

Jednotlivé přístupy – normové posouzení a výpočet z hlediska sálání tepla – se liší ve tvaru požárně nebezpečného prostoru. Maximální rovnoběžná vzdálenost od okenního otvoru se liší minimálně, ale v části od ostění směrem od požárně otevřené plochy je tvar zakreslení jiný.

Dle normového přístupu je maximální vzdálenost rovnoběžná s okenním otvorem a z ostění je vytvořena kružnice o poloměru rovnoběžné vzdálenosti, která je ukončena přímkou svírající s přilehlou stěnou úhel 20°.

U posouzení zpřesněným výpočtem z hlediska sálání tepla je tvar upraven dvěma způsoby. V případě, že je procento otevřenosti rovno 100 %, pak je vytvořen „obláček“, jehož maximum je ve středu okenního otvoru. V ostění dochází ke zmenšení odstupové vzdálenosti. Odstupová vzdálenost je v tomto směru s ostěním spojena půlkružnicí. V případě, že je procento otevřenosti < 100 %, pak je maximum rovnoběžné s okenními otvory. Na jeho hranici v místě ostění je vytvořen půlkruh, neboť odstupové vzdálenosti v ostění jsou při použití tohoto výpočtu velmi malé oproti stanovení požárně nebezpečného prostoru jednotlivých oken (požární otevřenost 100 %).

Rozdíly jsou zakresleny na obr. 19 – PNP normovým způsobem je zakreslen černě, PNP stanovený výpočtem při p_o = 100 % červeně a při p_o < 100 % modře.



obr. 19 Ukázka zakreslení požárně nebezpečného prostoru

3. ŘEŠENÍ POMOCÍ PROGRAMU FDS [19, 20]

FDS (Fire Dynamics Simulator) je software vyvinutý americkou organizací NIST (National Institute of Standards and Technology) ve spolupráci s VTT Technical Reaserch Centre of Finland. Jedná se o volně dostupný program, jehož součástí je vizualizační aplikace Smokeview.

FDS je výpočetní program, který nemá uživatelské prostředí. Výpočet se spustí čtením textového souboru, tzv. zdrojového kódu, v příkazovém řádku. Výsledkem výpočtu je mimo jiné vizualizace v aplikaci Smokeview a tabulkové zápisy hodnot ve zkoumaných místech. Pro zjednodušení modelace je možné využít komerční program Pyrosim od společnosti Thunderhead Engineering.

FDS funguje na principu modelu CFD (Computational Fluid Dynamics). Je postavený na algoritmech výpočtového proudění tekutin. Výpočetní oblast je rozdělena do konečného počtu trojrozměrných buněk, vytvářejících prostorovou síť. Pro každou buňku jsou řešeny stavové rovnice a rovnice zachování energie, hmoty, hybnosti a chemických látek. Výpočet vychází z Navier-Stokesových rovnic pohybu tekutin nízkých rychlostí, jež jsou způsobeny tepelným účinkem, dále Smagorinskyho formami simulace velkých vírů a explicitní matematickou metodou „predictor-corrector“ s přesností v prostoru a čase.

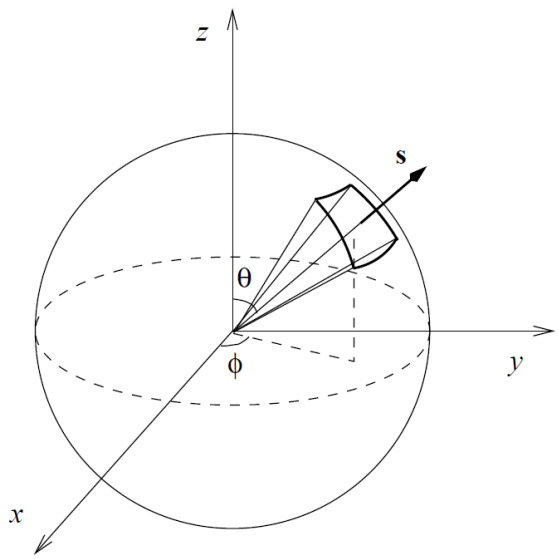
Pro řešení situací za zvýšené teploty je potřebné využít submodel hoření, jenž používá dva základní principy, které se přímo odvíjejí od modelu turbulence – model směsných zlomků a finite-rate approach. Model směsných zlomků uvažuje množství látek v každé buňce a na základě poměrů jejich složek vyhodnocuje spalovací reakci. Finite-rate approach přiřazuje každé látce individuální vlastnosti a reakce probíhá podle Arrheniova vztahu pro každou dílčí reakci.

Dále je nutné využít submodel sdílení tepla, jenž popisuje sdílení energie ve formě tepla třemi základními mechanismy – vedením, prouděním a zářením.

3.1 POPIS PŘENOSU RADIACE ZE ZDROJE HOŘENÍ V FDS [21]

Tepelné proudění a radiace je popisována složitými rovnicemi, které vychází z náležitých fyzikálních zákonů. V programu FDS je zdroj radiace rozdělen dle určitých vztahů, které jsou popsány v následujících odstavcích. Princip spočívá v tzv. **úhlové diskretizaci**. Pro diskretizaci z rovnice tepelné radiace je jednotková koule (zdroj sálání) rozdělena do konečného počtu pevných úhlů. Tento koordinovaný systém je použit ke diskrétnímu zobrazení pevných úhlů, jenž je provedeno pomocí rozdělení prvního polárního úhlu θ do určitého počtu pásem N_θ. Každé pásmo N_θ je rozděleno do částí $N_\Phi(\theta)$ s určitým azimutálním směrem Φ. Pásma $N_\Phi(\theta)$ mají být dělena čtyřmi. Počet pásem N_θ a $N_\Phi(\theta)$ má být zvolen tak, aby se celkový počet úhlů N_Ω pokud možno co nejvíce blížil hodnotě definované uživatelem. N_Ω je stanoven dle této rovnice:

$$N_\Omega = \sum_{i=1}^{N_\Theta} N_\phi(\Theta_i) \tag{13}$$



obr. 20 Koordinovaný systém úhlové diskretizace

Popis úhlů je založen na empirických pravidlech, které produkují pásma se shodnými pevnými úhly $\delta\Omega^{l}=4\pi/N_{\Omega}$. Počet pásem úhlu je určen rovnicí:

$$N_{\theta} = 1{,}17\, N_{\Omega}^{1/2{,}26} \tag{14}$$

Výsledek je zaokrouhlen na celá čísla. Počet úhlů každého pásma je stanoven rovnicí:

$$N_{\phi}(\theta) = \max\{4; 0{,}5\, N_{\Omega}[\cos(\theta^{-}) - \cos(\theta^{+})]\} \tag{15}$$

Výsledné číslo je zaokrouhlené na celé číslo a musí být dělitelné čtyřmi. θ^{-} a θ^{+} jsou nejnižšími a nejvyššími omezeními pásem. Diskretizace je symetrická a respektuje roviny x = 0, y = 0 a z = 0. Tyto symetrie mají 3 důležité benefity. Prvním je možné se vyhnout problémům způsobeným tím, že první řád schéma protivětru používaného pro výpočet intenzity na hranicích buněk je spíše v neaxiálních směrech více difúzní než v axiálních. Druhým benefitem je ošetření zrcadlových hranic. Třetí benefit se nazývá „převis“, kde se směrový vektor intenzity sálání s·i, s·j a s·k mění v kontrolovaném úhlu. Tyto „převisy“ by zkomplikovaly výsledný systém lineárních rovnic. V axiálně symetrickém případě se „převisům“ nedá vyhnout a je proto aplikováno speciální ošetření problémů pomocí metody J.Y Matrhy a S.R. Martura. V těchto případech $N_{\Phi}(\theta i)$ zůstává konstantní a výsledný počet úhlů je dán rovnicí $N_{\Omega} = N_{\theta} \cdot N_{\Phi}$. Kromě toho je úhel svislého řezu válce vybrán shodně s $\delta\Phi$.

3.2 ŠÍŘENÍ RADIACE V FDS - SUBMODELY RADIACE [11]

Proces radiace je popsaný složitými diferenciálními rovnicemi. Vycházejí především ze Stefan–Boltzmanova zákona, který popisuje hustotu tepelného toku. Program FDS s touto hustotou pracuje v různých úrovních.

Úroveň radiace je určena skupinou příkazů RADI obsahující související parametry s řešiteli záření. Ve vstupním souboru může být pouze jeden RADI příkaz.

Důležitou veličinou v hodnocení požárních situací je veličina rychlost uvolňování tepla ve formě termálního záření označována jako radiační zlomek χ_r. Je funkcí ovlivňující velikost požáru, teplotu plamene, změnu chemického složení paliva a spalovacích produktů. S ohledem na použité palivo je stanoven radiační zlomek. Velikosti jsou vypsány v obr. 21. Teplota plamene

není na rozdíl od průměrné teploty buněk spolehlivě vypočítána ve velké simulaci, protože plamen není dobře odhadován na relativně hrubé mřížce.

Species	χ_r	Reference
ACETONE	0.27	[42]
ACETYLENE	0.49	[42]
BENZENE	0.60	[42]
BUTANE	0.30	[46]
DODECANE	0.40	[46]
ETHANE	0.25	[42]
ETHANOL	0.25	[42]
ETHYLENE	0.25	[46]
HYDROGEN	0.20	[46]
ISOPROPANOL	0.29	[42]
METHANE	0.20	[46]
METHANOL	0.16	[42]
N-DECANE	0.40	[46]
N-HEPTANE	0.40	[46]
N-HEXANE	0.40	[46]
N-OCTANE	0.40	[46]
PROPANE	0.30	[46]
PROPYLENE	0.37	[42]
TOLUENE	0.40	[47]
All other species	0.35	

obr. 21 Radiační zlomek pro běžná paliva [11]

<u>Existují 4 způsoby ošetření tepelného záření:</u>

Radiační nastavení 1 – Žádný transport radiace

Je možné vypnout řešitel radiace, čímž dojde k ušetření CPU času o 20 %. Vypnutí probíhá pomocí příkazu RADIATION=.FALSE. v RADI řádku. Pokud je radiace nastavena na .FALSE., radiační energie z ohně jednoduše zmizí ze simulace. Pro simulace požáru nebo jiný scénář s rostoucí teplotou ve stovkách stupňů Celsia, není toto vypnutí radiace doporučováno. Tato funkce je hlavně používána při diagnostice záměrů, při kterých dochází k relativně malým změnám teplot.

Radiační nastavení 2 – Opticky tenký limit; Specifický zlomek záření

Existují požární scénáře, u kterých můžeme chtít nastavit absorpční koeficient v rovnici popisující radiační transport na nulu pomocí příkazu OPTICALLY_THIN=.TRUE. v RADI řádku. V takovém případě se zanedbá reabsorpce tepelné radiace studeným spalováním produktů plynů. Energie je transportována jako dominantní hranice bez znovu absorpce chladných plynů. Tento přístup nemusí být žádaný při popisu požárního scénáře, kdy absorpce a emise tepelného záření teplým a studeným kouřem je důležité zvážit.

Toto nastavení je možné vybrat v případě, kdy máme požár ve venkovních prostorách, nebo v relativně velkých otevřených místech a chceme zjistit čistou energii záření, která je přepravována na cíle a pevné hranice.

Radiační nastavení 3 – Opticky tlustý limit; Specifický radiační zlomek (LES)

Při běžných operacích se v rovnici radiačního transportu přenáší energie ve formě horkých vyzařujících plynů, jako jsou plameny, k chladnějším absorbovaným plynům, jako je vodní pára nebo částice sazí. Absorpční koeficient κ, vypočítaný pomocí RadCal, řídí emise a absorpci tepelného sálání. Protože teploty plamene nejsou dobře vyřešeny pro typické požáry ve velkém měřítku, je zdroj v rovnici radiačního transportu upraven v buňkách mřížky tak, že je radiační

zlomek χ_c, vynásobený lokální rychlostí uvolňování tepla na jednotku objemu $\dot{q}'''$ větší než 10 kW·m^{-3}.

Čistá radiační emise z oblasti spalování (tj. požáru) je specifikována příkazem RADIATIVE_FRACTION vynásobeným celkovou spalovací energií generovanou v definované oblasti. Jinde teplé a studené plyny vydávají a absorbují tepelné záření podle jejich objemové teploty a radiačních vlastností, zejména absorpčního koeficientu κ.

Čistý radiační úbytek je funkcí závislou na čase a ve výsledném souboru CHID_hrr.csv je vypsán ve sloupci Q_RADI. Absolutní hodnota Q_RADI je dělena celkovou rychlostí uvolněného tepla HRR a obvykle není přesně rovná specifikovanému RADIATIVE_FRACTION. Výsledkem je specifický radiační zlomek energie požáru, který může být reabsorbován chladnými spalovanými produkty jako kouřem či vodní párou, čímž snižují absolutní hodnotu Q_RADI. Popřípadě horká vrstva kouře a spalovaných produktů se může zahřát a vyzařovat teplo přidáním absolutní hodnoty Q_RADI.

Radiační nastavení 4 – Opticky tlustý limit; Nespecifikovaný radiační zlomek (DNS)

Pokud lze předpokládat, že teplotní pole je dobře vyřešeno a radiační absorpční koeficient a rovnice radiačního transportu zdroje může být vypočítána bez korekcí, pak by RADIATIVE_FRACTION měl být nastaven na nulu. To je základ pro DNS (Direct Numerical Simulation = Přímou numerickou simulaci), a může ho nastavit pro LES výpočty třeba tam, kde jsou buňky sítě o velikosti několika milimetrů. Samozřejmě je potřebné provést studii rozlišení mřížky, aby se zjistilo, zda výsledný radiační zlomek je nezávislý na síti.

3.3 MATEMATICKÝ MODEL

Pro jednodušší vytvoření matematického modelu byl použit program Pyrosim od společnosti Thunderhead Engineering. Tento program nabízí uživatelské prostředí a vizualizaci jednotlivých kroků modelace.

Pro podrobnější zhodnocení problematiky rohových oken a porovnání se současným stavem posuzování odstupových vzdáleností a experimentem bylo vytvořeno několik modelů v měřítku 1:1 – 5 modelů jednotlivých přímých oken a 15 modelů rohových oken s různým poměrem šířek stran. Modely jednotlivých přímých oken slouží k porovnání výsledků rohových oken. Je možné si jednotlivé výsledné křivky podložit pod křivku stanovující požárně nebezpečný prostor rohového okna a odečíst rozdíly.

Následně byly vytvořeny 3 další modely v měřítku 1:5. Tyto modely jsou porovnány s modely v měřítku 1:1. Primárním cílem je porovnat tvar požárně nebezpečného prostoru. V rámci porovnání jsou zhodnoceny i rozdíly při převodu zmenšeného modelu do reálného.

Simulace je zjednodušená. Není modelována celá místnost, ale pouze 2 stěny, ve kterých jsou umístěné sálavé plochy simulující okenní otvory. Výpočetní prostor je ohraničen pouze ze spodní strany. Ostatní hranice jsou otevřené a dovolují výměnu vzduchu. Parametry okenních otvorů jsou odpovídající popisu v úvodu této části. Výška oken je 1,25 m, šířky se mění po 0,5 m od 1,0 m do 3,0 m, výška parapetu je 0,9 m.

Požárně nebezpečný prostor je vykreslen v polovině výšky oken, protože polohový faktor, který ovlivňuje výslednou hustotu tepelného toku je definován právě v této výšce otvoru.

Konstrukce stěn byly vytvořeny materiálem, který nemá definované tepelně technické parametry, a proto je ve výpočtu zanedbáno pohlcení tepla okrajovými konstrukcemi ($\dot{q}_W$ = 0 kW/m^2).

3.4 VÝSLEDEK MODELACE

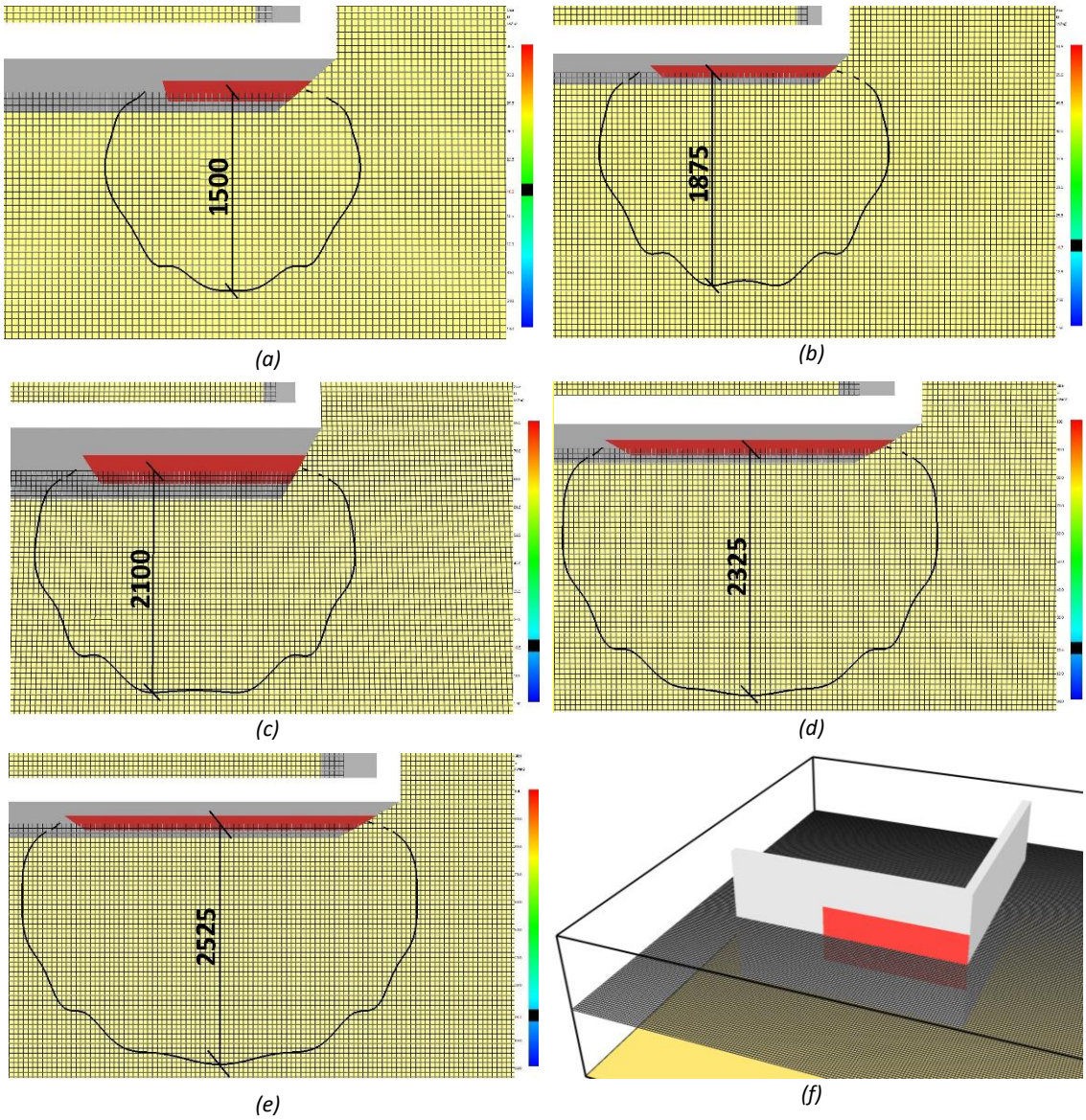
Výsledkem výpočtů pomocí programu FDS je několik souborů, mezi kterými je grafické vykreslení výsledků postprocesorem Smokeview. Ve výpočetním prostoru je možné vykreslit prostorovou síť. Velikost jednotlivých buněk sítě je stanovena ve zdrojovém kódu.

V rámci zhodnocení odstupových vzdáleností od jednotlivých oken různých velikostí byla provedena citlivostní analýza. Výchozí velikost buňky byla 50 × 50 × 50 mm. Citlivostní analýza byla provedena při výpočtu jednotlivého okenního otvoru o šíři 1 m. Zhuštěním sítě na velikosti buněk 25 × 25 × 25 mm došlo ke zmenšení odstupové vzdálenosti o cca 1,5 % a k nárůstu výpočetního času přibližně o dvojnásobek. Sálání od požárně otevřené plochy není závislé na proudění a dalších jevech. Je tedy možné upravit výšku buňky na 100 mm, čímž se zmenší počet buněk ve výpočetním prostoru, aniž by došlo ke změně tvaru a velikosti požárně nebezpečného prostoru. Zkrátí se i výpočetní čas. S touto velikostí buněk 25 × 25 × 100 mm bylo následně při simulaci uvažováno.

V příloze 2 jsou představeny zdrojové kódy simulací v měřítku 1:1 a 1:5. Okenní otvory jsou v následujících obrázcích zakresleny červeně. Dle ISO 834 je teplota uvnitř požárního úseku ve 45. minutě rovna 902,34 °C. Touto teplotou sálá červeně vyznačená plocha.

Na následujícím obr. 22 jsou znázorněny odstupové vzdálenosti od jednotlivých oken různých šířek. Hranice požárně nebezpečného prostoru je stanovena hustotou tepelného toku I_{crit} = 18,5 kW·m^{-2}. Vzhledem k možnosti zobrazení prostorové sítě je možné jednoduše odečíst velikost odstupové vzdálenosti.

Dále pokračují obr. 23 a obr. 24, ve kterých jsou znázorněny odstupové vzdálenosti od rohových oken různých poměrů šířek otvorů. Modelováno bylo celkem 15 kombinací. Výsledná maximální velikost požárně nebezpečného prostoru je okótována.



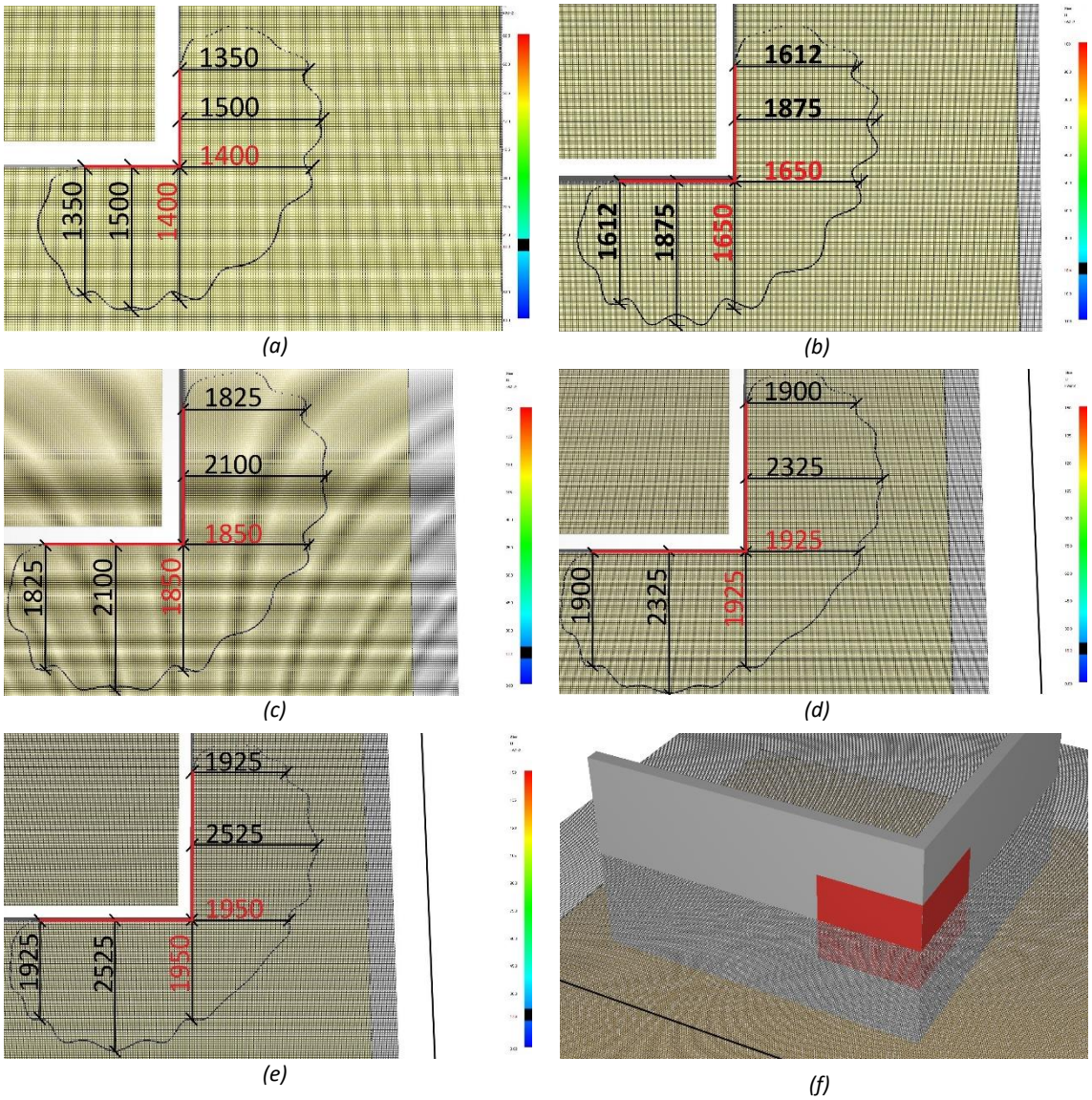
obr. 22 Odstupové vzdálenosti jednotlivých okenních otvorů různých šířek; (a) otvor šíře 1 m; (b) otvor šíře 1,5 m; (c) otvor šíře 2 m; (d) otvor šíře 2,5 m; (e) otvor šíře 3 m; (f) ukázka výpočetního prostoru se zobrazenou sítí

tab. 4 Porovnání odstupových vzd. stanovených různými způsoby (Pozn.: Ve FDS použit příkaz INTEGRATED INTESITY)

Odstupové vzdálenosti do jednotlivých okenních otvorů				
Délka okna	**Σ l**	**d**	**Δd FDS – ČSN (Tabulky)**	**Δd FDS – ČSN (Zpřesněný výpočet)**
1,0 m	1,0 m	**1,500 m**	0,130 m	0,100 m
1,5 m	1,5 m	**1,875 m**	0,195 m	0,175 m
2,0 m	2,0 m	**2,100 m**	0,180 m	0,150 m
2,5 m	2,5 m	**2,325 m**	0,210 m	0,175 m
3,0 m	3,0 m	**2,525 m**	0,240 m	0,225 m

V tab. 4 jsou vypsány rozdíly mezi jednotlivými přístupy. Je značné, že se přístupy lehce liší ve velikosti maximální odstupové vzdálenosti. Odstupové vzdálenosti stanovené tabulkami či přímým výpočtem se liší v řádu setin, zatímco stanovení pomocí FDS vykazuje zvýšení o přibližně 2 desetiny metru. Rozdíl mezi tabulkovými hodnotami a výpočtem je přibližně 20 mm. Na obr. 22 je dokázáno, že se tvar požárně nebezpečného prostoru simulací přibližuje určení pomocí zpřesněného výpočtu odstupové vzdálenosti z hlediska sálání.

V následující sadě obrázků je znázorněn požárně nebezpečný prostor rohových oken s vyznačením maximální odstupové vzdálenosti.

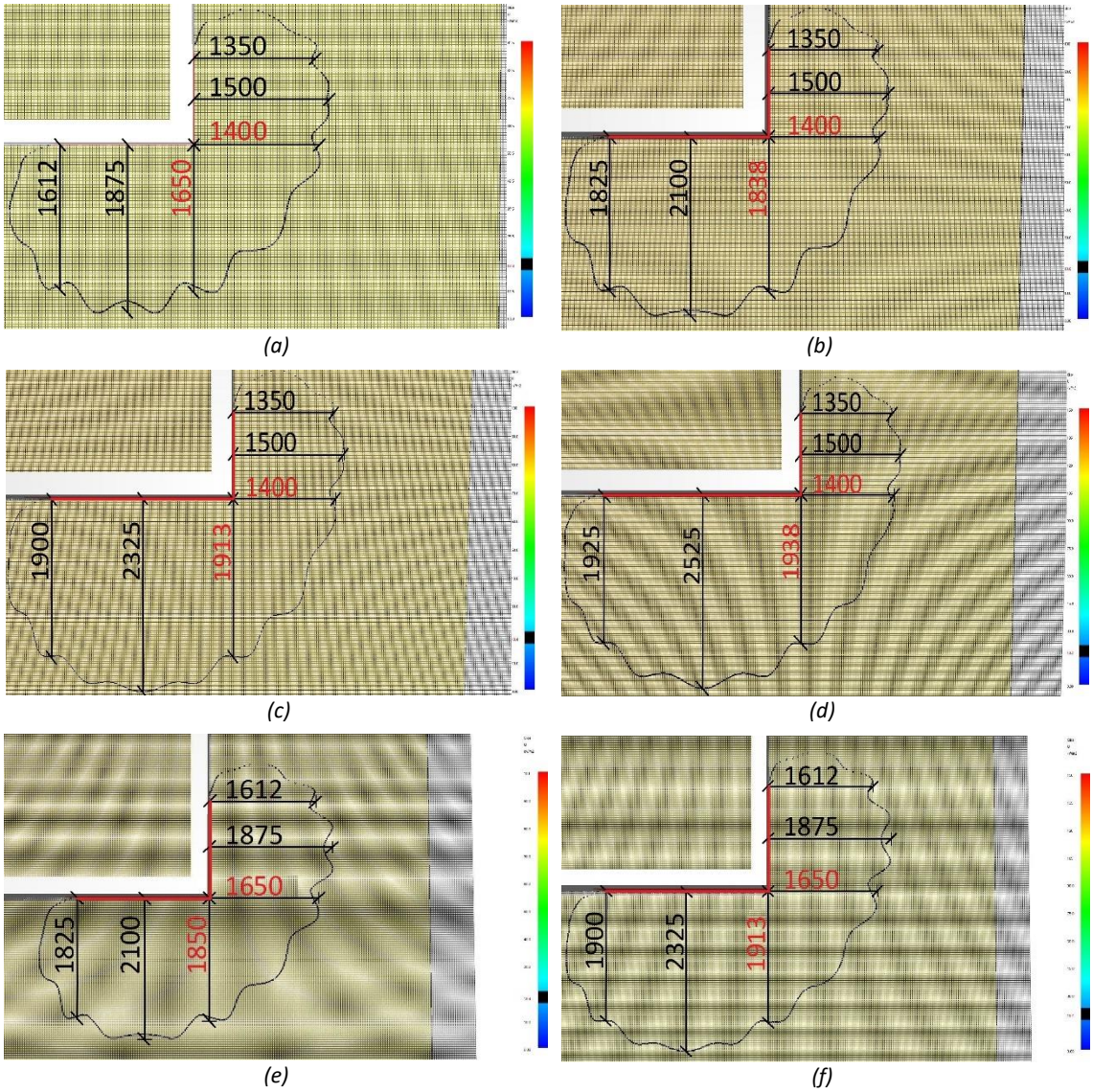


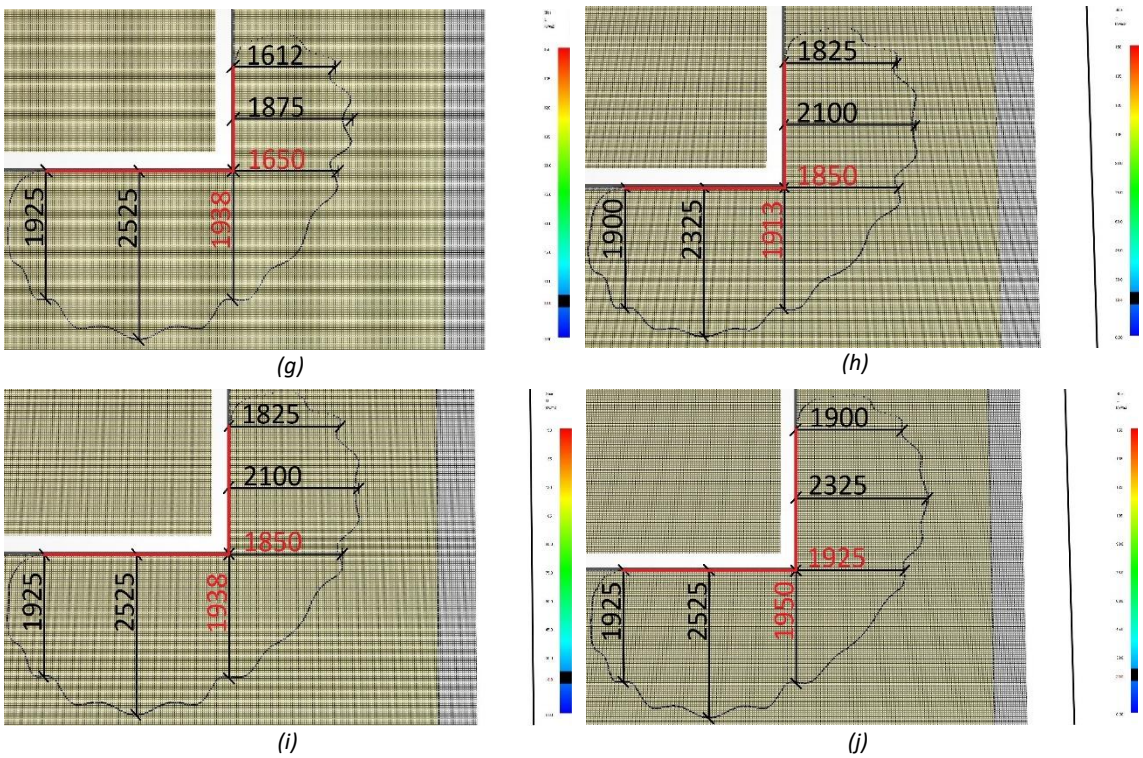
obr. 23 Odstupové vzdálenosti rohových oken různých šířek – šířky obou oken shodné; (a) otvory šíře 1 m; (b) otvory šíře 1,5 m; (c) otvory šíře 2 m; (d) otvory šíře 2,5 m; (e) otvory šíře 3 m; (f) ukázka výpočetního prostoru se zobrazenou sítí

Porovnáním obr. 22 a obr. 23 je dokázáno, že se odstupové vzdálenosti v maximální hodnotě neliší. Neliší se ani tvar požárně nebezpečného prostoru od jeho maxima k ostění v přímé části. K lehkému nárůstu dochází v rohové části, kde se jednotlivé „obláčky“ požárně nebezpečného prostoru jednotlivých oken překrývají. V této části není okolní prostředí tak razantně ochlazováno, neboť se z obou stran rohu prohřívá.

Odstupové vzdálenosti se v rohové části zvětšují až o 50 mm. Tato hodnota nemusí být naprosto přesná, neboť mezi výpočetními buňkami dochází k lineární interpolaci, která je v základním nastavení FDS. Je možné, že v případě hustší sítě by toto zvětšení mohlo být o jednotky milimetrů menší. K nárůstu ovšem dojde vždy.

Poslední série obrázků v této části se zaměřuje na změnu poměru délek jednotlivých oken. I v obr. 24 je znázorněno, že ke zvětšení maximální odstupové vzdálenosti nedochází. Stejně tak tomu je i směrem k ostění v přímé části. Tvar požárně nebezpečného prostoru kopíruje tvar vzniklý pomocí výpočtu odstupové vzdálenosti z hlediska sálání tepla, ovšem v rohové části dochází k jeho zvětšení až o již zmíněných 50 mm.





obr. 24 Odstupové vzdálenosti rohových oken různých šířek – šířky obou oken různé; (a) otvory šíře 1|1,5 m; (b) otvory šíře 1|2 m; (c) otvory šíře 1|2,5 m; (d) otvory šíře 1|3 m; (e) otvory šíře 1,5|2 m; (f) otvory šíře 1,5|2,5 m; (g) otvory šíře 1,5|3 m; (h) otvory šíře 2|2,5 m; (i) otvory šíře 2|3 m; (j) otvory šíře 2,5|3 m[10]

[10] *Odstupové vzdálenosti jsou odečteny s přesností na polovinu buněk – tedy 25/2 mm.*

4. ZÁVĚR MODELOVÉHO PŘÍKLADU

Zkoumaným předmětem je tvar hranice požárně nebezpečného prostoru a porovnání jeho vzdálenosti od sálavé plochy při hustotě tepelného toku 18,5 kW·m^{-2}. Jak již bylo v této kapitole zmíněno, ke zvětšení maximální odstupové vzdálenosti a požárně nebezpečné prostoru od středu okna směrem k ostění v přímé části nedochází.

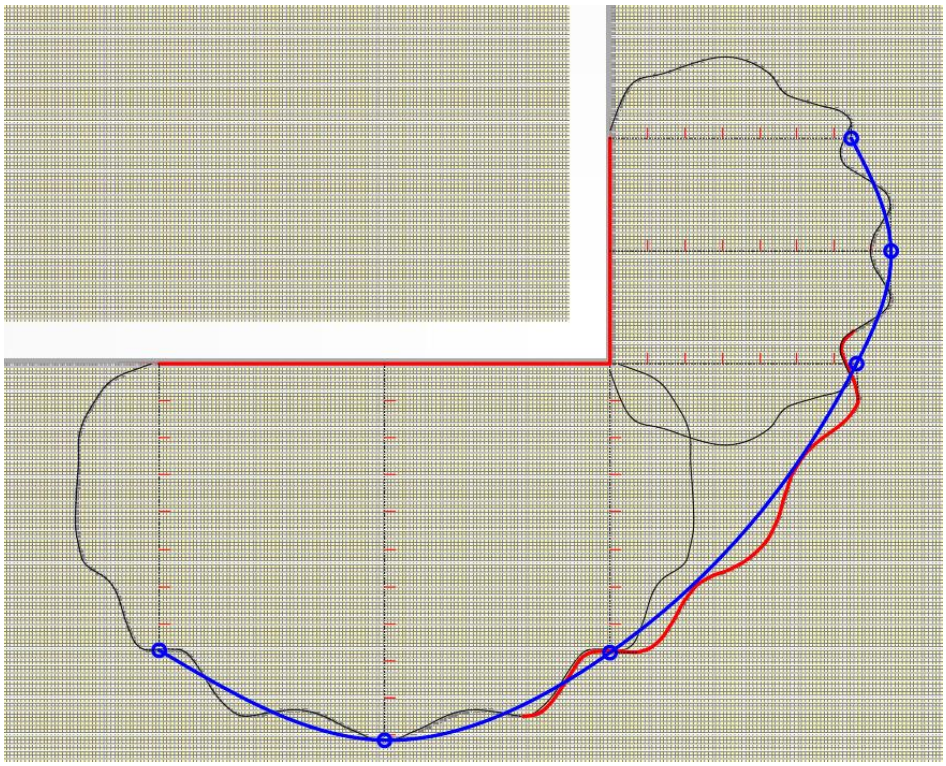
Odstupové vzdálenosti stanovené modelací v FDS vychází větší než normové nebo dle podrobného výpočtu z hlediska sálání tepla. Rozdíl výpočetního modelu a normových hodnot je průměrně 8,6 %.

Ke zvětšení dochází pouze v oblasti, kde se „obláčky“ požárně nebezpečného prostoru jednotlivých oken překrývají. Dochází zde ke vzájemnému ohřívání okolního vzduchu a požárně nebezpečný prostor se v této části zvětší.

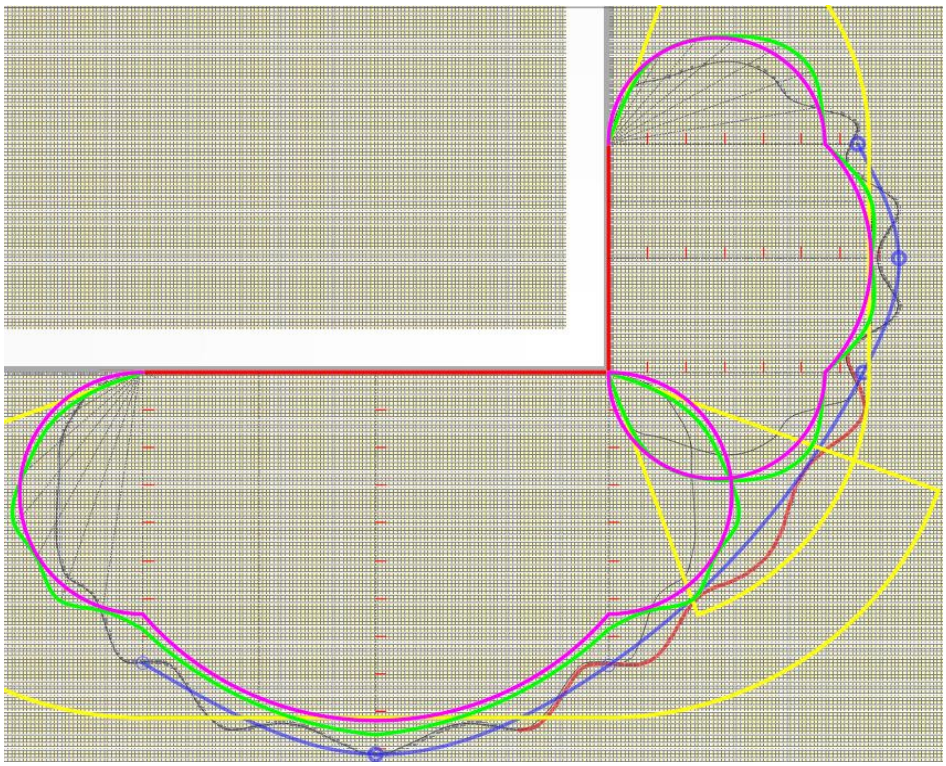
Výsledné vykreslení tvaru požárně nebezpečného prostoru rohového okna o vnitřním úhlu 90° není příliš komplikované. Na následujícím obr. 25 jsou zakresleny rozdíly mezi odstupovými vzdálenostmi uvažovanými pro jednotlivé okenní otvory a stanovením odstupové vzdálenosti od rohového okna. Černě je vykreslen požárně nebezpečný prostor jednotlivých okenních otvorů. Červeně je znázorněno zvětšení tohoto prostoru vlivem interakce sálání z obou požárně otevřených ploch. Tento obr. 25 byl upraven v programu Autodesk Autocad, ve kterém je možné libovolné body spojit křivkou pomocí příkazu SPLINE – viz modrá křivka. Byly spojeny body vzniklé zakreslením odstupové vzdálenosti v ostění jednotlivých otvorů a uprostřed požárně otevřené plochy. Výsledná modrá křivka poměrně dobře popisuje výsledný požárně nebezpečný prostor rohové požárně otevřené plochy.

Na obr. 26 jsou porovnány jednotlivé přístupy[11] stanovení požárně nebezpečného prostoru pro jednotlivé okenní otvory. Nejvíce se modelovanému řešení přibližuje stanovení odstupových vzdáleností pomocí výpočtového programu vytvořeného Vysokou školou báňskou – technickou univerzitou Ostrava, jenž je součástí publikace Požární inženýrství – Dynamika požáru (Edice SPBI Spektrum 65) [10]. Také stanovení pomocí výpočtového programu vytvořeného Ing. Markem Pokorným, Ph.D. [22] je poměrně přesné, ovšem nezpřesňuje velikost odstupové vzdálenosti v závislosti na změně polohového faktoru. V obr. 26 jsou zakresleny rozdíly mezi maximální odstupovou vzdáleností. Tyto rozdíly jsou způsobeny zaokrouhlením vstupních hodnot. Výpočetní program vytvořený Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou Ostrava má vstupní hodnoty zaokrouhlené na desetiny metru, kdežto výpočetní program p. Ing. Marka Pokorného, Ph.D. má vstupní hodnoty zaokrouhleny na tisíciny metru. Tyto 2 přístupy kopírují tvar odstupové vzdálenosti v přímém směru od okenního otvoru. Vykreslené odstupové vzdálenosti směrem od ostění výsledek simulace značně přesahují, ovšem nedosahují tak velkých rozdílů, jako při použití normového přístupu dle [2–4].

[11] *Vybrány 3 přístupy používané v České republice.*



obr. 25 Ukázka zakreslení požárně nebezpečného prostoru rohového okna



obr. 26 Ukázka zakreslení požárně nebezpečného prostoru jinými přístupy
(žlutě – ČSN [2–4]; zeleně – Výpočet odstupové vzdálenosti SPBI Spektrum 65 – SPBI, VŠB-TU Ostrava [10] (viz. Příloha 1); růžově – Výpočet odstupové vzdálenosti z hlediska sálání tepla – ČVUT v Praze, Ing. Marek Pokorný, Ph.D. [22] (viz. Příloha 1))

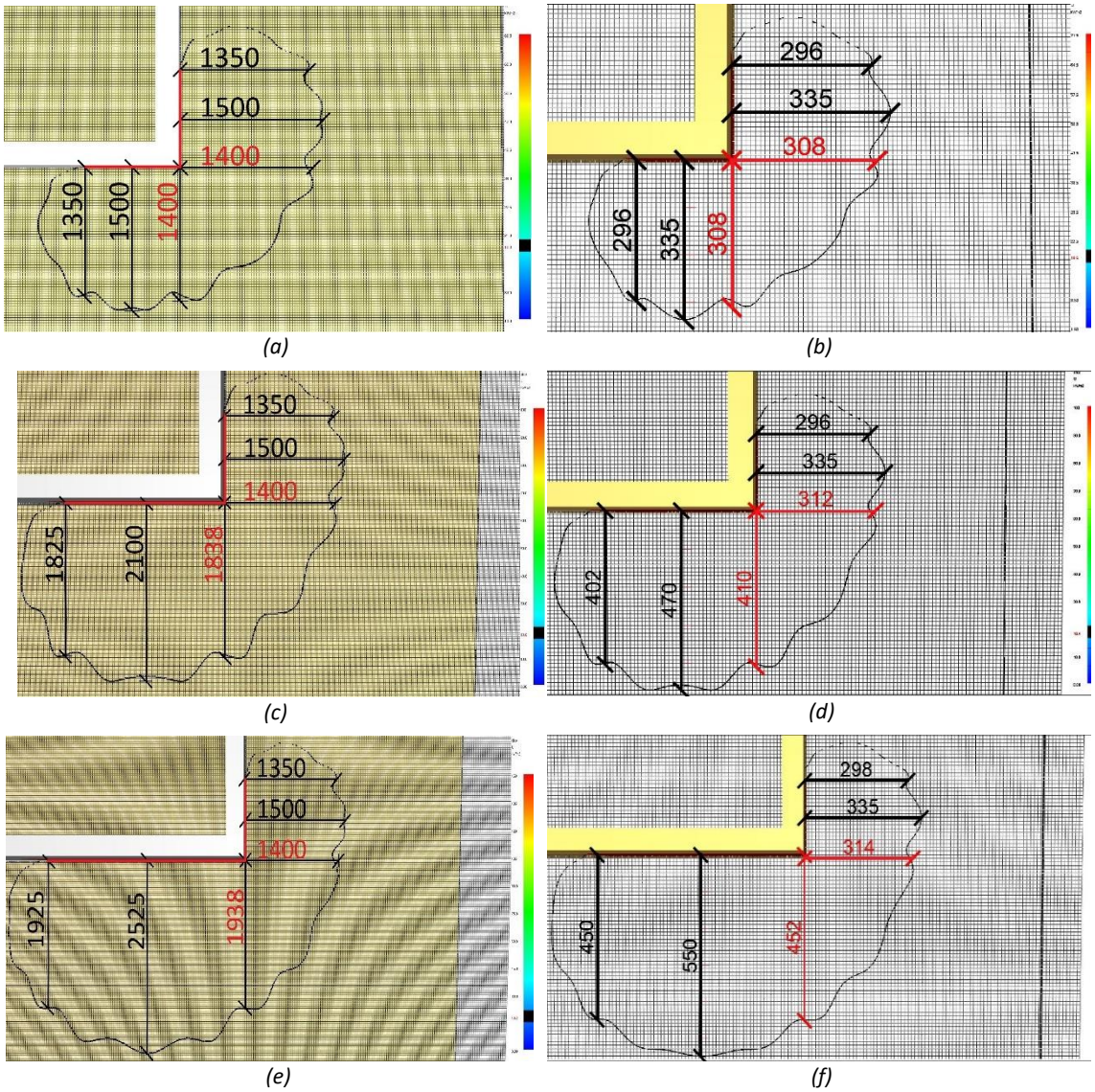
5. POROVNÁNÍ MODELU 1:1 S MODELEM 1:5

Simulace v měřítku 1:5 jsou vytvořeny z důvodu zhodnocení vlivu zmenšení na tvar PNP. Simulace modelu v měřítku 1:5 je provedena shodně s měřítkem 1:1. Opět se předpokládá, že v prostoru dochází k plně rozvinutému požáru a sálá 100 % požárně otevřené plochy. V místnosti je i nadále uvažováno s výpočtovým požárním zatížením p_v = 45 kg·m^{-2}, což odpovídá teplotě 902,34 °C. Půdorys výpočetního prostoru je 5x zmenšený, stejně tak velikost buněk a velikost otvorů je 5× zmenšena. Výška výpočetního prostoru je oproti modelu v měřítku 1:1 zmenšena více než na pětinu. Výška parapetu je ovšem poměrově ve shodné výšce jako v měřítku 1:1. Velikost buněk byla stanovena na 0,01 × 0,01 × 0,02 m. Síť je tedy opět hustší ve vodorovné rovině, ve které dochází k šíření sálání.

V rámci posouzení byly modelovány 3 stavy – rohové okno o šířkách otvorů 1 m a 1 m; rohové okno o šířkách otvorů 2 m a 1 m; a rohové okno o šířkách otvorů 3 m a 1 m. Tyto stavy byly experimentálně ověřeny a je možné provést výsledné porovnání.

tab. 5 Porovnání výsledků simulací

Porovnání výsledků měřítek 1:1 a 1:5			
Rohové okno – šířky okenních otvorů 1 m a 1 m			
M 1:1	M 1:5	M 1:5 → M 1:1	**Δ [%]**
1,350 m	0,296 m	1,480 m	**91,2**
1,500 m	0,335 m	1,675 m	**89,6**
1,400 m	0,308 m	1,540 m	**90,9**
1,400 m	0,308 m	1,540 m	**90,9**
1,500 m	0,335 m	1,675 m	**89,6**
1,350 m	0,296 m	1,480 m	**91,2**
Rohové okno – šířky okenních otvorů 2 m a 1 m			
1,825 m	0,402 m	2,010 m	**90,7**
2,100 m	0,470 m	2,350 m	**89,4**
1,838 m	0,410 m	2,050 m	**89,7**
1,400 m	0,312 m	1,560 m	**89,7**
1,500 m	0,335 m	1,675 m	**89,6**
1,350 m	0,296 m	1,480 m	**91,2**
Rohové okno – šířky okenních otvorů 3 m a 1 m			
1,925 m	0,450 m	2,250 m	**85,6**
2,525 m	0,550 m	2,750 m	**91,8**
1,938 m	0,452 m	2,260 m	**85,8**
1,400 m	0,314 m	1,570 m	**89,2**
1,500 m	0,335 m	1,675 m	**89,6**
1,350 m	0,298 m	1,490 m	**90,6**



obr. 27 Odstupové vzdálenosti rohových oken různých šířek – I_{crit} = 18,5 kW·.m^{-2}; (a) otvory šíře 1 m a 1 m (M 1:1); (b otvory šíře 1 m a 1 m (M 1:5); (c) otvory šíře 2 m a 1 m (M 1:1); (d) otvory šíře 2 m a 1 m (M 1:5); (e) otvory šíře 3 m a 1 m (M 1:1); (f) otvory šíře 3 m a 1 m (M 1:5)[12]

Na základě tab. 5 je možné dospět k závěru, že výsledky simulované v měřítku 1:5 jsou při převodu do měřítka 1:1 zvětšeny o průměrně 10 %. Zvětšení nemusí být při jiných měřítkách stejné, neboť rovnice hustoty tepelného toku není lineární. Tvar PNP se téměř neliší.

[12] *Je možné si povšimnout měnící se velikosti odstupové vzdálenosti od okna širokého 1,0 m v měřítku 1:5. Vzhledem menšímu rozměru buněk bylo možné přesněji odečíst změnu velikosti oproti měřítku 1:1. Proto velikosti v měřítku 1:1 jsou u tohoto okna stejné, ovšem reálně se budou měnit shodně (v řádu milimetrů) s odstupovými vzdálenostmi v měřítku 1:5.*

ČÁST III. EXPERIMENT

Po verifikaci provedené porovnáním modelací v měřítku 1:5 v programu FDS byla provedena validace modelu. Experiment byl proveden v požární laboratoři FireLAB ve vědeckém pracovišti UCEEB (Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze) v Buštěhradě ve dnech 22.–24. 7. 2019. V následujících odstavcích je znázorněn návrh konstrukce, příprava experimentu a jeho výsledky. Zvolenou nosnou konstrukcí byly ocelové úhelníky, které byly svařeny a tvořily tak pevnou kostru pro spodní a 2 boční strany. Obvodové stěny byly provedeny z deskového materiálu Fermacell Aestuver tl. 20 mm. Desky byly rozřezány a následně byly poskládány do ocelové konstrukce.

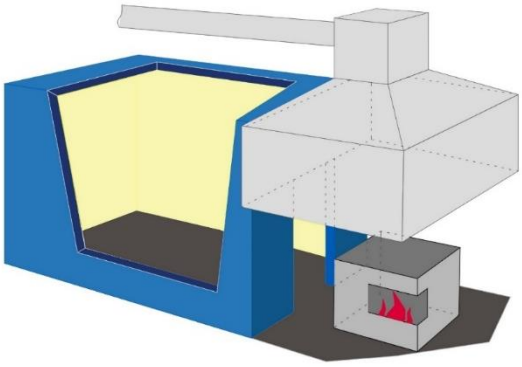
Jednotlivé části experimentu

1. Sestavení modelu v měřítku 1:5
2. Příprava měřícího zařízení a měřících bodů
3. Příprava zdroje hoření
4. Zkouška – zaznamenání hodnot[13]
    - **4.1.** Pilotní zkouška č.1 – Šířka oken 0,5 a 0,5 m
    - **4.2.** Zkouška č.2 – Šířka oken 1,0 a 1,0 m
    - **4.3.** Zkouška č.3 – Šířka oken 2,0 a 1,0 m
    - **4.4.** Zkouška č.4 – Šířka oken 3,0 a 1,0 m
5. Vyhodnocení experimentu

Požární laboratoř FireLAB [23]

Experiment byl proveden ve vědecké laboratoři FireLAB. Jedná se o uzavřený prostor, jenž disponuje mnoha měřícími zařízeními, jako například termočlánky, radiometry, termokamerami, zařízením pro fyzikální a chemickou analýzu zplodin hoření, rychlostními sondami a dalšími. Uvnitř laboratoře se nachází speciální zařízení, jež je využíváno při zkoušce Room Corner Test. V zařízení je možné zjišťovat rychlost uvolňování tepla, teplotu a tepelný tok, rychlost proudění plynů, šíření plamene po povrchu, optickou hustotu kouře a složení zplodin hoření. Toto zařízení je složeno z požární komory o půdorysných rozměrech 2,4 × 3,6 m a výškou 2,4 m, odsávacího zvonu, odvodního potrubí a zápalného zdroje s regulovatelným tepelným výkonem. Room Corner Test odpovídá požadavkům normy ISO 9705.

Experiment probíhal právě v tomto zařízení. Zkonstruovaný model by umístěn pod odsávací zvon, jenž zajišťoval stálý odtah spalin hoření.



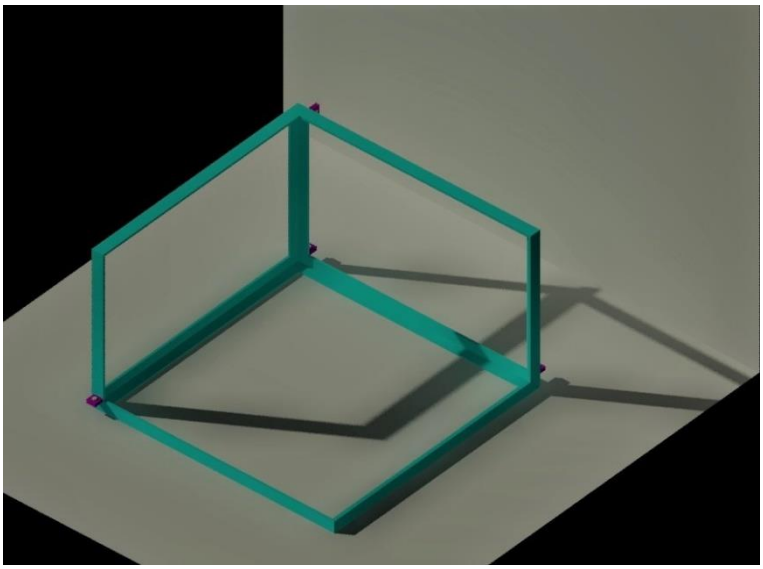
obr. 28 Ilustrace osazení modelu v požární laboratoři [23]

[13] *Z důvodu lepší orientace v modelech jsou názvy zkoušek vypsány v měřítku 1:1.*

1. SESTAVENÍ MODELU V MĚŘÍTKU 1:5

1.1 KONSTRUKCE MODELU – OCEL

Vzhledem k malorozměrové zkoušce nebyl proveden statický výpočet únosnosti ocelové konstrukce. Použitými prvky byly ocelové válcované profily L 40/40/4 mm z oceli S235JR+AR. Konstrukce byla vytvořena ve firmě specializované na ocelové konstrukce. Jednotlivé prvky byly velmi přesně nařezány a následně svařeny do požadovaných tvarů. Spojení částí bylo zajištěno pomocí přivařených destiček s otvory, šroubů M16 a matek. Rozměry a schéma konstrukce je znázorněno v příloze 4.



obr. 29 3D model sestavené ocelové konstrukce

1.2 KONSTRUKCE MODELU – DESKY [24]

Obvodové stěny byly vytvořeny pomocí protipožárních desek Fermacell Aestuver tl. 20 mm. Dle technického listu výrobce se jedná o cementem pojené desky z lehčeného betonu vyztužené skelnými vlákny. Desky vykazují třídu reakce na oheň A1.

Desky jsou hojně používány právě jako protipožární obklad, který po instalaci zajišťuje velmi vysokou požární odolnost konstrukce (až 240 minut). Jsou velmi univerzální, je možné je použít i v agresivním prostředí – jsou odolné mrazu i vodě. Desky mají velmi dobré mechanické vlastnosti, mají vysokou pevnost v tlaku a v ohybu za tlaku. Jsou odolné proti otěru a je možné je řezat běžně dostupnou technikou.

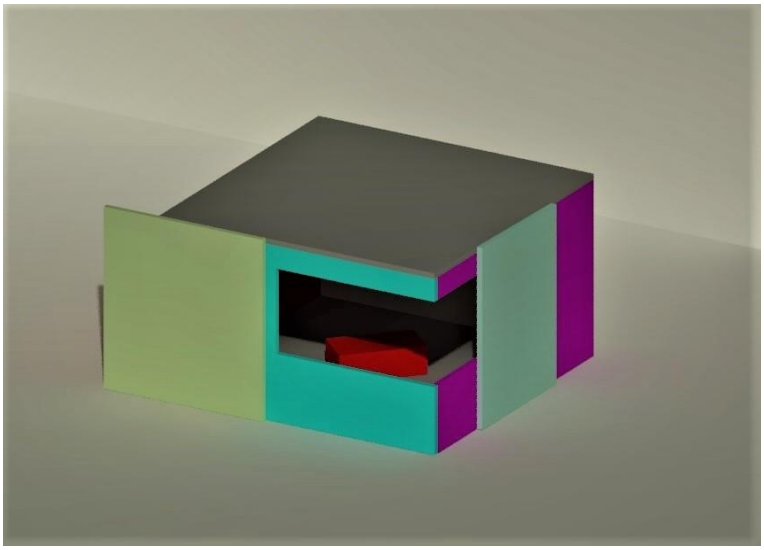
tab. 6 Materiálové charakteristiky desek Fermacell Aestuver tl. 20 mm

Objemová hmotnost	700	$kg \cdot m^{-3}$
Plošná hmotnost	15	$kg \cdot m^{-2}$
Pevnost v tahu při ohybu	3,5	$N \cdot mm^{-2}$
Modul pružnosti v ohybu	3000	$N \cdot mm^{-2}$
Pevnost v tlaku kolmo na rovinu desky	9	$N \cdot mm^{-2}$
Součinitel tepelné vodivosti	0,21	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
Měrná tepelná kapacita	0,9	$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

Konstrukce se skládala celkem z 8 desek. 6 desek vytvářelo stěny, strop a podlahu zmenšené místnosti. Další 2 desky tvořily zakrytí otvorů v obvodové konstrukci tak, aby odpovídaly požadovaným rozměrům. Návrh rozměrů a schéma desek je znázorněno v příloze 4.

Desky byly nařezány pomocí okružní pily. Následně byly vloženy do připravené ocelové konstrukce. Vzhledem k velmi přesné práci nebylo nutné desky významněji spojovat. Desky byly spojené v ocelové konstrukci na sráz. Nutnost podpůrného spojení byla pouze nad nadpražím okenních otvorů. Spojení bylo provedeno pomocí šroubů se závitem délky 40 mm.

Konstrukce byla dále doplněna o L úhelníky, kterými došlo k zajištění posuvných desek v řešeném prostoru.



obr. 30 3D model sestavené deskové konstrukce

2. PŘÍPRAVA MĚŘÍCÍHO ZAŘÍZENÍ A MĚŘÍCÍCH BODŮ

2.1 MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ

Pro zjištění požadovaných hodnot byly použity 2 druhy měřících zařízení – radiometry a plášťové termočlánky. Tato zařízení byla následně připojena pomocí konektoru k prodlužovacímu vedení a následně do měřící ústředny (dataloggeru), která odesílala informace do výpočetní centrály. Veškeré požárně neodolné části měřícího zařízení či části, které by v případě zahřátí ovlivňovaly výsledky, byly izolovány minerální izolací.

Radiometry [25]

Zařízení pro měření tepelného toku je v češtině nazýváno jako radiometr (dle ISO norem je Heat Flux meter). Jedná se o drobný Schmidt-Boellterův senzor vodou chlazený. Je používaný především pro zjišťování reakcí způsobených požárem a požární odolnosti atd. Výrobce Hukseflux Thermal Sensors nabízí radiometry se 6 intervaly měření, v požární laboratoři FireLAB ve vědeckém pracovišti UCEEB jsou k dispozici 3 druhy – s rozsahem měření 0–20 $kW \cdot m^{-2}$, 0–50 $kW \cdot m^{-2}$ a 0–100 $kW \cdot m^{-2}$.

Při zkoušce experimentu byly použity všechny 3 radiometry, ovšem vzhledem k nutnosti změny polohy zařízení a následnému čtení zaznamenaných dat se došlo k závěru, že použití pouze jednoho radiometru bude časově úspornější. Dále se během kontrolní zkoušky zjistilo, že

i přes správnou kalibraci radiometrů byly při nízkých hodnotách tepelného toku[14] naměřeny lehce odlišné hodnoty, které by při zaokrouhlení na vyšší řád vykazovaly stejné výsledky. Vybraným radiometrem byl ten s největším rozsahem měření, tedy radiometr 0–100 kW·m^{-2}, jehož střed měření byl umístěn do úrovně poloviny výšky okenního otvoru.

Radiometry byly neseny ocelovými tyčemi o průměru 20 mm. Rastr měření byl vytvořen po vzdálenostech 50 mm, ovšem hodnoty nejsou z důvodu nosného systému naměřeny v místě ocelové tyče, nýbrž ve vzdálenosti 60 mm vlevo od tyče.

Plášťové termočlánky

Při experimentu bylo nutné udržovat stále stejné teplotní podmínky. Ke zjištění teplot uvnitř modelu byly použity plášťové termočlánky o průměru 3 mm – typ K. Jedná se o standardní zařízení odpovídající EN 60584-1 a EN 60584-2 izolované minerálním materiálem s pláštěm z korozivzdorné oceli. Je používáno pro zjišťování teplot uvnitř materiálů i vně ve sledovaném prostředí. Existuje mnoho typů, které se dělí dle použitých kovů uvnitř termočlánku, dle rozsahu měření teplot, dle provedení měřícího konce atd.

Během experimentu bylo použito 6 termočlánků. 4 byly osazeny do vnitřního prostoru skrz „stropní“ desku ve vzdálenosti 250 mm od hran modelu. Před umístěním byly termočlánky ohnuty do pravého úhlu s délkou volného konce 130 mm. Tato vzdálenost odpovídala výšce nadpraží. Další 2 byly umístěny v místě okenního otvoru ve vzdálenosti 70 mm od vnější hrany bočních stěn a byly také vedeny skrz „stropní“ desku. Termočlánky byly před umístěním také ohnuty a jejich konec se nacházel v polovině výšky okenního otvoru.

Umístění termočlánků je patrné na obr. 31.

2.2 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ, VYTVOŘENÍ RASTRU

Hlavním měřícím zařízením byly radiometry. Ty bylo nutné připevnit k držákům a zajistit tak jejich pevnou polohu při měření. Držáky byly vytvořeny ze dvou dřevěných hranolů. Menší z nich složil jako podpěra většímu hranolu, větší tvořil stojan pro osazení ocelových tyčí. Ve větším hranolu byly vyvrtány díry o průměru 22 mm ve vzdálenosti 50 mm od sebe (měřeno od středu otvoru).

Radiometry byly zasunuty do ocelových pouzder a následně byly připevněny k ocelovým tyčím. Toto upevnění vedlo k posunutí měřidla o 60 mm od středu nosné tyče. Zvolený rastr měření tvořil síť bodů od sebe vzdálených ve směru osy x po 50 mm a ve směru osy y také po 50 mm. Pro vytvoření rastru bylo zvoleno poměrně jednoduché řešení. Přesná poloha měřících bodů byla zajištěna umístěním dřevěných nosičů na předem narýsované linie. Posunutím těchto nosičů bylo docíleno zjištění požadovaných hodnot v přesně daných bodech. Do připraveného modelu byly dále osazeny termočlánky.

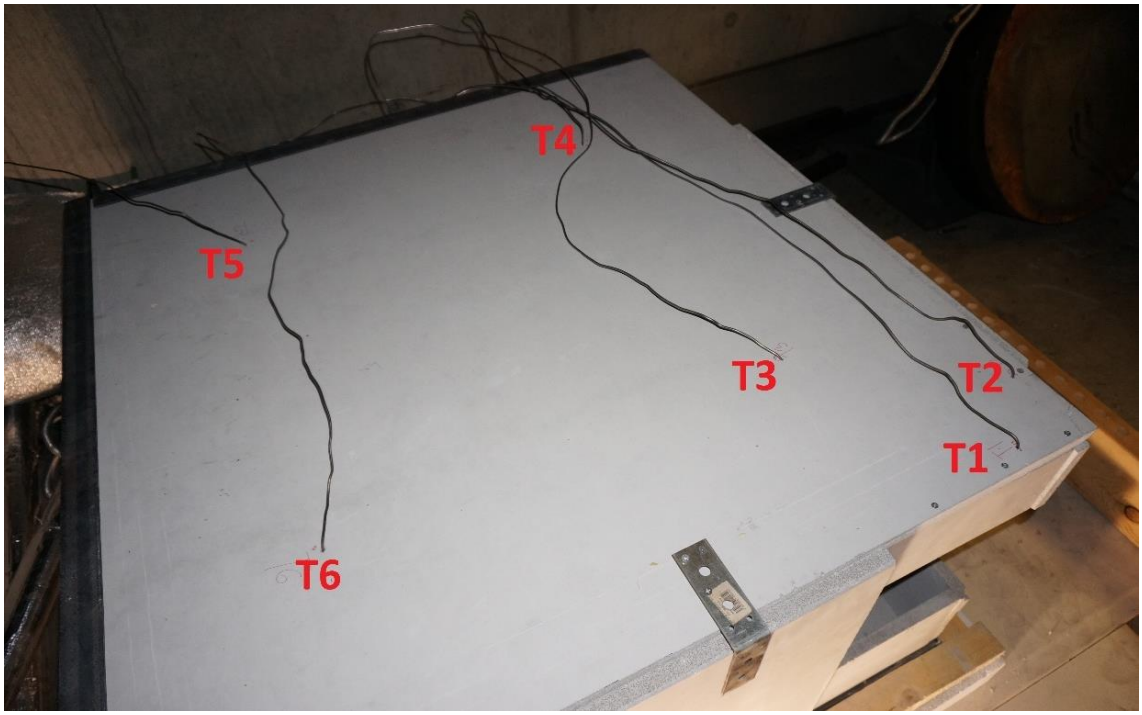
3. PŘÍPRAVA ZDROJE HOŘENÍ

Jako zdroj hoření byl použit pískový propanový hořák o půdorysných rozměrech 100×300 mm a výšce 100 mm. Obvodová konstrukce hořáku je tvořena pozinkovaným plechem. Uvnitř je vyplněn vrstvami štěrku různých frakcí. Touto výplní je zajištěn rovnoměrný rozptyl plynu, jenž je do hořáku přiváděn gumovou hadičkou. Množství přiváděného plynu, tedy výkon hořáku, je možné regulovat přes výpočetní centrálu. Umístěním hořáku do vnitřního prostoru zkušebního

[14] Při minimálních rozměrech oken byly zjištěny hodnoty tepelného toku v rozmezí 1–2 kW·m^{-2}. V této oblasti měření docházelo k odchylkám v řádu desetin jednotek, což ovšem značilo zkreslení výsledků experimentu.

tělesa by mohlo dojít k přehoření gumové hadičky, proto bylo nutné její zabezpečení pomocí tepelné izolace.

Protože je zdroj hoření plynový, je v požární komoře umístěný bezpečnostní kahan. V případě úniku plynu tento kahan zhasne a dojde k zastavení experimentu. K nouzovému zastavení experimentu nedošlo, ovšem vzhledem k časové délce experimentu došlo při poslední zkoušce k předčasnému ukončení z důvodu nedostatku propanu.



obr. 31 Termočlánky vedené stropní deskou

obr. 32 Model včetně rastru měření a měřícího zařízení při zkoušce

4. ZKOUŠKA – ZAZNAMENÁNÍ HODNOT

4.1 PILOTNÍ ZKOUŠKA Č.1 – ŠÍŘKA OKEN 0,5 A 0,5 M

Rozměry oken byly ve skutečnosti v měřítku 1:5 – jednalo se tedy o výšku otvorů 250 mm a šířky obou otvorů 100 mm. Po přípravě modelu a zdroje hoření proběhla zkouška měřícího zařízení, v rámci které byla řešena i strategie zjišťování možného maximálního výkonu hořáku a výsledků. Během zkoušky bylo ověřeno, že termočlánky a radiometry fungují. V rohových částech došlo k natočení měřidla tak, aby snímací plocha byla kolmo na zdroj hoření. Bylo zjištěno, že při velmi malých hodnotách hustoty tepelného toku dochází k nuancím výsledků 3 různých radiometrů v řádech desetin jednotek. Tato chyba ovšem znamenala při měření nejmenších rozměrů oken zkreslení výsledků. Proto byl nadále používán pouze jeden radiometr. Po zjištění dalších hodnot se došlo k závěru, že použití jednoho radiometru je časově úspornější než použití všech třech.

Dále byl zjišťován maximální výkon hořáku, který bylo možné během zkoušky použít. Ten byl ovlivněn především teplotou v okolí modelu. Vzhledem k manuálnímu posouvání radiometru bylo nutné v okolí modelu zachovávat teplotu slučitelnou s delším pobytem člověka v ochranném obleku v okolí zkušebního tělesa. Během zkušebního provozu bylo zjištěno, že při maximálních zkoušených rozměrech oken nelze dosáhnout plně rozvinutého požáru a zároveň pobývat delší dobu (v řádu hodin) v blízkosti zkušebního tělesa. Byly tedy stanoveny teploty na termočláncích umístěných v okenních otvorech, které byly během následujících zkoušek udržovány. Udržovaná teplota byla přibližně 400 °C. Sledován byl tvar požárně nebezpečného prostoru. Tvar je vždy stejný, ovšem dochází k jeho rozpínání. Nezáleží tedy, zda došlo nebo nedošlo ve zkušebním tělesu k plně rozvinutému požáru.

Tato zkouška proběhla při šířkách okenních otvorů 0,1 a 0,1 m. Bylo zjišťováno minimum hodnot oproti ostatním zkouškám. Hodnoty byly měřeny do vzdáleností 0,2 m od jihovýchodní hrany modelu a v rovnoběžných vzdálenostech 0,3–0,5 m od obvodové stěny modelu. Veškeré hodnoty byly stanoveny radiometrem 0–100 $kW \cdot m^{-2}$, po ustálení byly hodnoty přečteny a následně zapsány do protokolu.

4.1.1 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Před zapálením hořáku proběhla konzultace ohledně budoucího postupu při měření. Stojany byly umístěny na linie vytvořeného rastru, který byl zakreslen na podkladních deskách. Radiometry na ocelových tyčích byly umístěny na první souřadnice v pozici přijímací plochy kolmo na spojnici zdroje hoření a ocelové tyče. Okenní otvory se otevřely do požadovaných šířek. Model byl připraven ke zkoušce.

Nejprve byl spuštěn záznam hodnot ve výpočetní centrále. Byl spuštěn protokol s označením ISO9705-00707. Následně došlo k zapálení plynového kahanu umístěného v požární komoře. Jedná se o pojistné zařízení. Zhasnutí plamene by znamenalo únik plynu a automatické uzavření přívodních ventilů. Následně byl nastaven ventilátor na výkon 50 %. Do hořáku – tepelného zdroje – umístěného uprostřed modelu byl vpuštěn propan, který byl následně zapálen.

Byla sledována teplota uvnitř modelu a v okenních otvorech. Dále bylo sledováno množství zplodin, které odcházelo ze zkušebního prostoru. Na základě pozorování byl nastaven ventilátor na hodnotu takovou, aby zkušební místnost nebyla příliš zakouřena. Sledoval se i tepelný komfort v okolí modelu, neboť se předpokládal delší pobyt člověka v okolí hořícího modelu. Dále bylo zjišťováno, od a do jakých vzdáleností od modelu budou hodnoty měřeny. Vzhledem k délce trvání měření bylo rozhodnuto, že bude sledováno 5 úrovní vzdálenosti od hořícího modelu. Bylo rozhodnuto, že budou hodnoty zaznamenávány od vzdálenosti 0,3 m do 0,5 m od obvodových stěn modelu. Zároveň vzhledem k velikosti okenních otvorů neprobíhalo měření v celé šířce modelu. Záznam hodnot probíhal do přesahu 0,1 m od ostění otvorů.

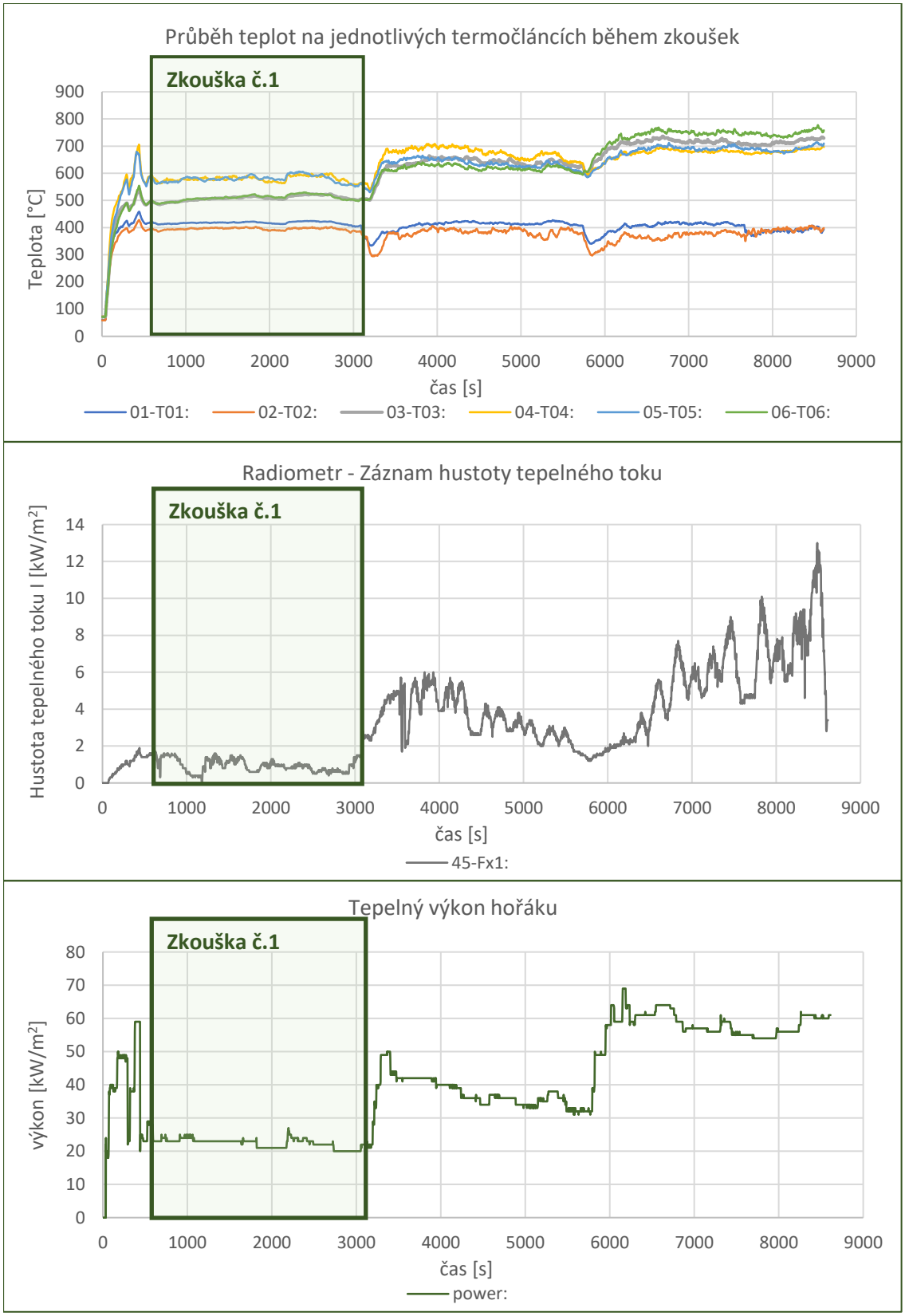
V modelu neprobíhal plně rozvinutý požár. Proběhla zkouška měření hodnot ve výšce parapetu a nadpraží. Z naměřených hodnot došlo k závěru, že uprostřed okenního otvoru je sálána průměrná hodnota hustoty tepelného toku z obou výšek.

Nuance v naměřených hodnotách při použití 3 různých radiometrů byly zjištěny zhruba v polovině měření. Byl vybrán pouze jeden radiometr, spuštěn nový protokol s označením ISO9705-00709 a po ustálení teplot byly již stanovené hodnoty znovu přeměřeny. Celkově bylo zaznamenáno 125 hodnot hustoty sálání tepla. Zkouška byla kompletně dokončena a byla uznána za plnohodnotnou.

4.1.2 ZAZNAMENANÉ HODNOTY

Zaznamenání hodnot probíhalo při ustálených teplotách. Zkouška byla odstartována v čase 600 s a byla ukončena v čase 3100 s. Na následujících grafech je znázorněn průběh teplot na jednotlivých termočláncích, zaznamenané hodnoty radiometrem a výkon hořáku během zkoušky č.1.

Na níže uvedeném obr. 33 je možné si všimnout, že teploty v okenních otvorech byly během zkoušky poměrně stabilní a oscilovaly mezi hodnotami 385–425 °C. Na termočláncích č. 4 a 5 byly teploty hodně podobné. Stejně tak tomu bylo na termočláncích č.3 a č.6. Rozdíl mezi těmito dvojicemi termočlánků byl přibližně 80 °C. Výkon hořáku byl poměrně ustálený, osciloval kolem 23 kW. Výkon ventilátoru po dobu zkoušky nebyl upravován. Byl spuštěn na 50 % výkonu. Naměřené hustoty tepelných toků se pohybovaly mezi hodnotami 0,5 až 1,6 $kW \cdot m^{-2}$. Na přiloženém grafu je možné zaznamenat vzrůst a snížení hodnot.



obr. 33 Grafy zaznamenaných hodnot v průběhu zkoušky č.1

Dále je na následujícím obr. 34 znázorněna poloha modelu, šíře okenních otvorů a velikost rastru měření. V jednotlivých buňkách jsou zaznamenány skutečné hodnoty hustoty tepelného toku vzniklého sáláním. Hodnoty byly zaznamenávány postupně v řadách. Je nutné upozornit na skutečnost, že vzhledem k upevnění radiometru nebyly hodnoty naměřeny přesně v daném bodě, ale 60 mm vlevo.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m^2 Velikost okenního otvoru

x / y [mm]	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
-0,65																										
-0,6																										
-0,55																										
-0,5																										
-0,45																										
-0,4																										
-0,35																										
-0,3																										
-0,25																										
-0,2																				1	0,8	0,9	0,8	0,5		
-0,15																				1,2	1	1	0,8	0,6		
-0,1																				1,3	1,2	1	0,9	0,6		
-0,05																				1,4	1,1	1	0,9	0,6		
0																				1,4	1,2	1	0,9	0,6		
0,05																				1,5	1,2	1	1	0,6		
0,1																				1,6	1,4	1,2	1	0,6		
0,15																				1,5	1,5	1,3	1	0,7		
0,2																				1,4	1,4	1,2	1	0,7		
0,25																				1,4	1,3	1,2	1,1	0,7		
0,3										0,4	0,5	0,8	1	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1	0,7		
0,35										0,7	0,8	1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3	1,1	1	1	0,7		
0,4										0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1,1	1	1	1,1	1	1	1	0,7		
0,45										0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1	0,9	1	1	1	0,9	0,9	0,7		
0,5										0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5		
0,55																										
0,6																										

obr. 34 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

4.1.3 PROLOŽENÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT PLOCHOU – VÝSTUP Z PROGRAMU ORIGIN

Pro vykreslení zaznamenaných hodnot byl použit program Origin vyvinutý společností OriginLab Corporation [26]. Program je schopný provést analýzu dat a graficky ji znázornit. Je celosvětově používán vědci, inženýry, pracovníky vládních laboratoří a dalšími. Jedná se o velmi přehledný software, který poslouží jak začátečníkům, tak i pokročilým uživatelům se složitějšími aplikacemi. Grafy a výsledky analýz jsou automaticky generovány v závislosti na změně vstupních dat a parametrů. Umožňuje vytvářet šablony pro znovupoužití bez složitého programování. Je kompatibilní s dalšími programy jako např. MatLab, LabVIEW či Microsoft Excel.

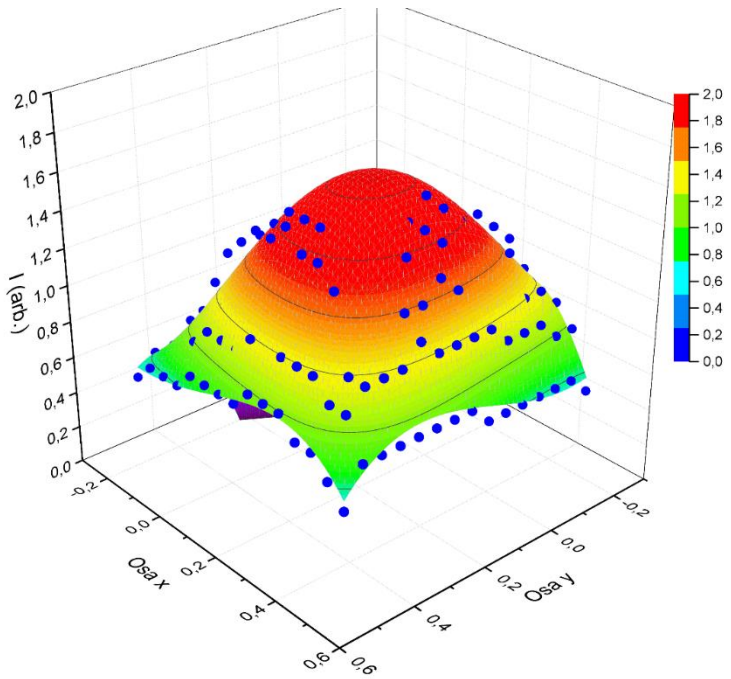
V programu Origin byla zadefinována funkce popsána rovnicí (16). Funkce je dvojrozměrným Taylorovým polynomem 4. řádu, který dostatečně aproximuje naměřené hodnoty v okolí počátku. Vlastností Taylorova polynomu je, že v okolí zvoleného bodu aproximuje libovolnou diferencovatelnou funkci. Tato funkce byla zvolena z důvodu přílišné složitosti funkce ke zjištění hustoty tepelného toku vycházející ze Stefan-Boltzmannova zákonu. Dostačující je získat interpolované hodnoty mezi naměřenými body.

Naměřené hodnoty mají souřadnice x a y. Hodnoty z obr. 34 byly zadány do výpočetního programu. Následně jimi byla proložena matematická funkce, která vypadá takto:

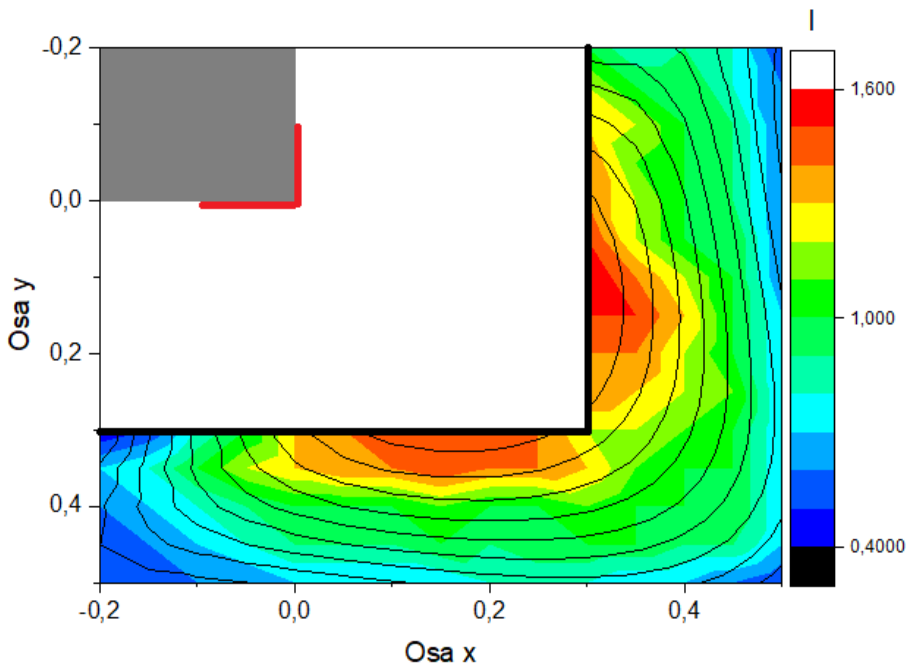
$$f(x,y) = a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2 + gx^3 + hx^2y + ixy^2 + jy^3 + kx^4 + lx^3y + mx^2y^2 + nxy^3 + oy^4 \qquad (16)$$

Matematický model je idealizovaný. Na obr. 35 je možné si všimnou mírných odchylek mezi naměřenými body a plochou vytvořenou funkcí. Průměrná odchylka je ovšem v řádu jednotek procent, proto jsou výsledné křivky hodnocené jako dostačující a odpovídající reálnému chování.

Kompletní protokol je vytištěn v příloze 3.



obr. 35 Naměřené hodnoty proložené plochou



obr. 36 Pohled shora na křivky spojující body o stejné hodnotě.
Pozn.: Hranice měření znázorněna černými přímkami, okno vyznačeno červenými přímkami a část modelu je šedá.

4.1.4 ZHODNOCENÍ ZKOUŠKY

Jednalo se o první zkoušku, která trvala velmi dlouho. Nejprve byl spuštěn záznam hodnot do protokolu ISO9705-00707. Start měření začal v čase 1000 s a skončil v čase 5500 s – celkově trval záznam 4500 s (přibližně 75 minut). Po identifikaci problému a změně způsobu zjišťování hodnot byl spuštěn nový protokol ISO9705-00709. Záznam hodnot do tohoto protokolu probíhal 2500 s (přibližně 42 minut).

Zkouška byla zpočátku poměrně náročná na synchronizaci prací a zhodnocení dopadů vzniklých použitím 3 typů radiometrů. Po odstavení 2 radiometrů byla práce o mnoho rychlejší a efektivnější.

Pohled shora na vykreslený graf programem Origin je velmi dobře čitelný. Vzhledem k již zmíněné idealizaci nejsou všechny hodnoty v bodech naprosto přesné dle měření, ovšem z prostorového modelu usuzuji, že odchylky jsou přijatelné. Experimentálně stanovený pohled shora bude dále používán pro ověření správnosti modelu FDS.

4.2 ZKOUŠKA Č.2 – ŠÍŘKA OKEN 1,0 A 1,0 M

Po zkoušce č.1 následovala zkouška č.2. Byl použit stejný model jako v předchozí zkoušce. Zkouška č.2 přímo navazovala na zkoušku č.1. Nedošlo k vypnutí hořáku. Otvory byly zvětšeny na požadované velikosti – tentokrát došlo k rozšíření na otvory o šířkách 1,0 a 1,0 m – v měřítku 1:5 se tedy jednalo šířky otvorů 200 mm.

Zvětšením otvorů došlo ke změně požární situace uvnitř modelu. Výkon hořáku musel být upraven tak, aby v okenních otvorech byla zachována teplota cca 400°C. K plně rozvinutému požáru opět nedošlo. I nadále byl používán jeden a ten samý radiometr o rozptylu měření 0 – 100 $kW \cdot m^{-2}$. Model byl připraven ke zkoušce.

4.2.1 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Strategie měření byla i nadále stejná. Hodnoty byly měřeny do vzdáleností 0,3 m od jihovýchodní hrany modelu a v rovnoběžných vzdálenostech 0,3 – 0,5 m od obvodové stěny modelu. V rohových částech došlo k natočení měřidla tak, aby snímací plocha byla kolmo na zdroj hoření.

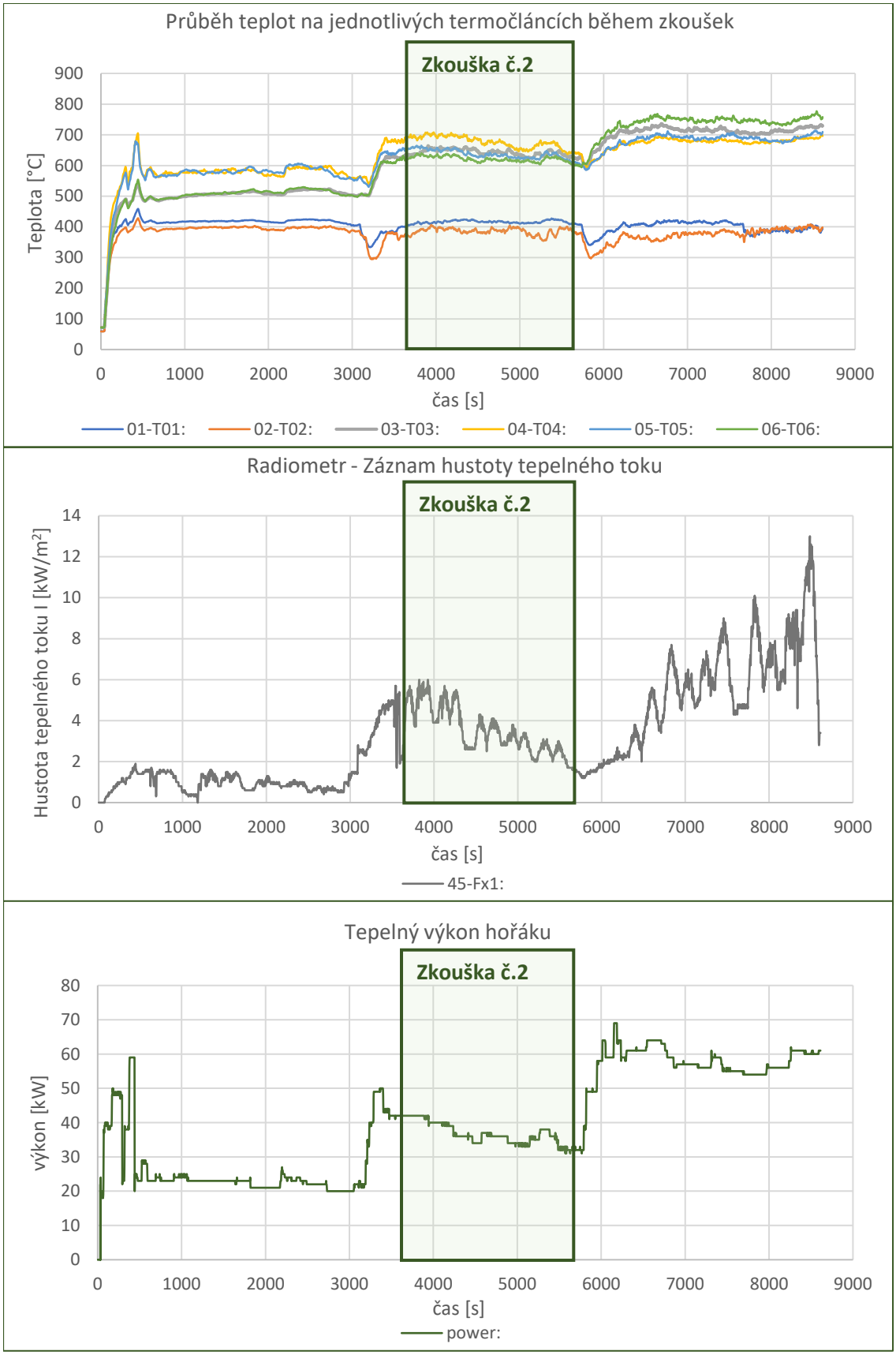
Nový protokol nebyl spuštěn. Záznam probíhal do již zapnutého protokolu ISO9705-00709. V průběhu měření byla sledována teplota uvnitř modelu a v okenních otvorech. Nadále bylo sledováno množství zplodin, které odcházelo ze zkušebního prostoru. Na základě pozorování byl nastaven ventilátor na hodnotu takovou, aby zkušební místnost nebyla příliš zakouřena. Celkově bylo zaznamenáno 145 hodnot hustoty sálání tepla. Zkouška byla kompletně dokončena a byla uznána za plnohodnotnou.

4.2.2 ZAZNAMENANÉ HODNOTY

Zaznamenání hodnot probíhalo při ustálených teplotách, které bylo v závislosti na větší výměně vzduchu uvnitř zkušebního tělesa těžší dosáhnout. Výkon hořáku byl více upravován ve snaze zachovat co nejvíce ustálené zkušební prostředí.

Zkouška byla odstartována v čase 3600 s a byla ukončena v čase 5600 s. Na následujících grafech je znázorněn průběh teplot na jednotlivých termočláncích, zaznamenané hodnoty radiometrem a výkon hořáku během zkoušky č.2.

Měření probíhalo od nejbližších míst po nejvzdálenější body v okolí zkušebního tělesa. Na níže uvedeném obr. 37 je možné si všimnout, že teploty v okenních otvorech byly během zkoušky více proměnné než při zkoušce č.1. Teploty zjišťované na termočlánku č.1 odpovídají průběhu teplot při zkoušce č.1.



obr. 37 Grafy zaznamenaných hodnot v průběhu zkoušky č.2

Na termočlánku č.2 jsou v čase od 5100 s do 5450 s vidět náhlé změny teploty. Ke změnám docházelo při zjišťování nejbližší řady hodnot rovnoběžných s východní stranou tělesa, kdy bylo prostředí pod zkušebním zvonem více zakouřeno než předtím. Proto byl zvýšen výkon ventilátoru. Po deseti naměřených hodnotách došlo ke zjištění, že se hodnoty hustoty tepelného toku zvyšují i v místě předpokládaného snižování. Byl identifikován problém se zvýšením výkonu ventilátoru. Výkon byl opět snížen na předchozí velikost a v měření hodnot se pokračovalo dále. Špatně naměřené hodnoty jsou v následujícím obrázku vyznačeny červeným písmem. Je předpokládáno, že červeně vyznačené hustoty tepelného toku na souřadnicích y = 0 – 0,2 m nejsou příliš ovlivněny změnou výkonu ventilátoru. V dalších bodech dochází k poměrně znatelnému zvýšení hustoty tepelného toku. I přes určité předpoklady nejsou červeně vyznačené hodnoty vstupními hodnotami pro vykreslení grafů programem Origin.

Opět je nutné upozornit na skutečnost, že vzhledem k upevnění radiometru, nebyly hodnoty naměřeny přesně v daném bodě, ale 60 mm vlevo.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m^2 Velikost okenního otvoru Pozn.: Zvýšený výkon ventilátoru -> zvýšená teplota - možné zkreslení hodnot!

x / y [mm]	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	1E-15	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				4,4	4	3,2	2,9	1,8
-0,25																				5	4,5	3,5	3,2	2
-0,2																				5,7	4,9	3,7	3,2	2,1
-0,15																				6	5	3,8	3,3	2,3
-0,1																				5,8	5,2	3,7	3,4	2,3
-0,05																				5,5	5,2	3,9	3,3	2,4
0																				5,5	5,4	3,9	3,4	2,5
0,05																				5,9	5,5	4,1	3,7	2,6
0,1																				5,5	5,4	4,1	3,8	2,8
0,15																				5	5,4	4,1	3,6	2,8
0,2																				4,5	5	3,9	3,2	2,6
0,25																				4,4	4,5	3,7	3,3	2,8
0,3								2,2	2,7	3,4	4	4,9	5,3	5,4	5,7	5,4	5,2	4,7	4,3	3,8	4,4	3,5	3,1	2,6
0,35								3	3,5	3,9	4,4	4,6	5,4	5,4	5,5	5,3	5,2	5,2	4,6	4,4	4,2	3,3	3	2,5
0,4								2,6	2,8	3,1	3,5	3,8	3,8	4,3	4,1	4	3,8	3,8	3,5	3,4	3,2	3,1	2,8	2,3
0,45								2,1	2,3	2,6	2,7	2,9	3,2	3,2	3,2	3,4	3,4	3,2	3,2	3,2	3	2,8	2,7	2,3
0,5								1,9	2,2	2,3	2,5	2,5	2,7	2,8	2,8	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,5	2,3	2,2	2

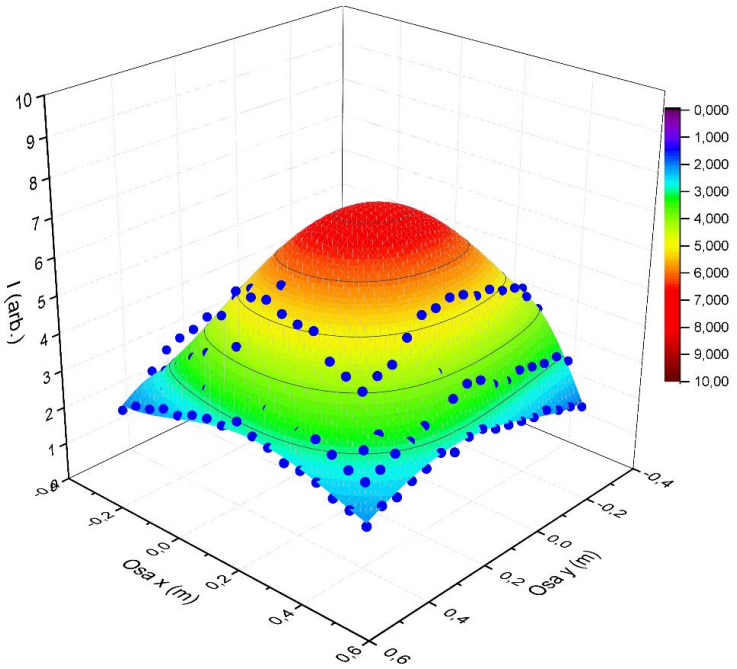
obr. 38 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

4.2.3 PROLOŽENÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT PLOCHOU – VÝSTUP Z PROGRAMU ORIGIN

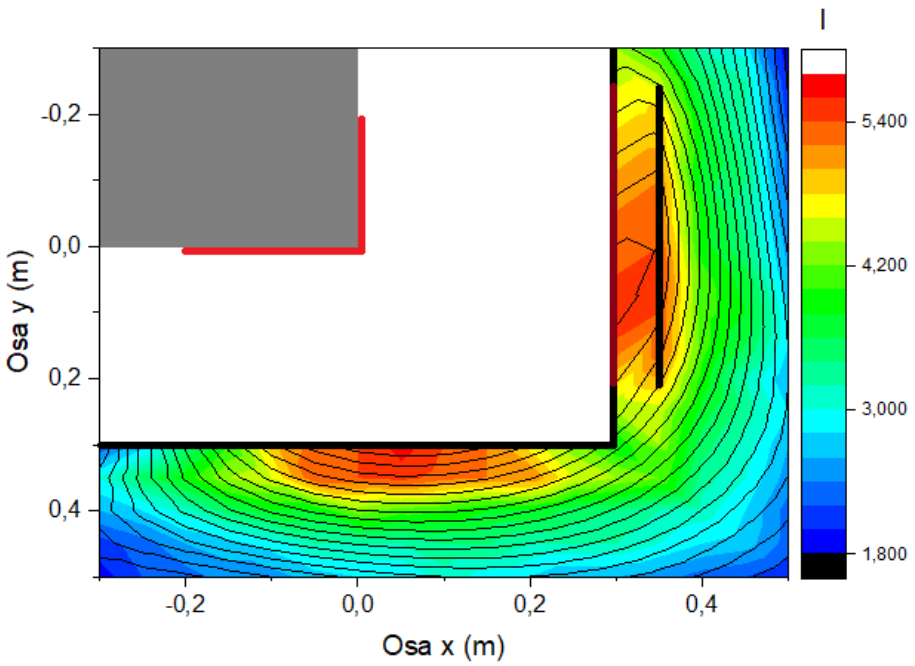
V programu Origin byla opět použita matematická funkce – Taylorův polynom 4. řádu. Naměřené hodnoty mají souřadnice x a y. Hodnoty z obr. 38 byly zadány do výpočetního programu. Následně jimi byla proložena matematická funkce (16).

Matematický model je opět idealizovaný a je možné si na obr. 39 všimnout mírných odchylek mezi naměřenými body a plochou vytvořenou funkcí. Průměrná odchylka je opět v řádu jednotek procent, proto jsou výsledné křivky hodnocené jako dostačující a odpovídající reálnému chování.

Kompletní protokol je vytištěn v příloze 3.



obr. 39 Naměřené hodnoty proložené plochou



obr. 40 Pohled shora na křivky spojující body o stejné hodnotě.
Pozn.: Hranice měření znázorněna černými přímkami, okno vyznačeno červenými přímkami a část modelu je šedá. Červená hranice značí nezadané body.

4.2.4 ZHODNOCENÍ ZKOUŠKY

Zkouška č.2 neproběhla naprosto ideálně. Došlo k chybě měření, která nebyla opravena. Výkon ventilátoru by průběh zkoušky neměl téměř ovlivňovat. Room Corner Test je navržen na mnohem větší zkoušky o mnohonásobném tepelném výkonu. Při vyšších tepelných výkonech nedochází k výraznějšímu ovlivnění zkoušky, neboť výsledné výkony jsou v řádech MW v porovnání s touto malou zkouškou, kde se pohybují v řádu desítek kW.

Druhou zkouškou opět přibyly zkušenosti pro další měření. Dále nedocházelo ke změně výkonů v průběhu zkoušek. Přes nedostatky zkouška probíhala znatelně rychleji než předchozí. Měření bylo odstartováno v čase 3600 s a bylo ukončeno v čase 5600 s (přibližně 33 minut).

Pohled shora na vykreslený graf programem Origin je opět velmi dobře čitelný. Vzhledem k již zmíněné idealizaci nejsou všechny hodnoty v bodech naprosto přesné dle měření, ovšem z prostorového modelu je souzeno, že odchylky jsou velmi malé a přijatelné. V rohové oblasti je možné zpozorovat zvětšení křivek hustoty tepelného toku, což naznačuje, že k vzrůstu odstupových vzdáleností skutečně dochází. Podrobnější zhodnocení výsledků je provedeno v závěru diplomové práce.

4.3 ZKOUŠKA Č.3 – ŠÍŘKA OKEN 2,0 A 1,0 M

Po zkoušce č.2 následovala zkouška č.3. Byl použit opět stejný model jako v předchozí zkoušce. Zkouška č.3 přímo navazovala na zkoušku č.2. Nedošlo k vypnutí hořáku. Otvory byly znovu zvětšeny na požadované velikosti – tentokrát došlo k rozšíření na otvory o šířkách 2,0 a 1,0 m – v měřítku 1:5 se tedy jednalo šířky otvorů 400 a 200 mm.

Zvětšením otvorů došlo znovu ke změně požární situace uvnitř modelu. Výkon hořáku musel být upraven tak, aby v okenních otvorech byla zachována teplota cca 400°C. K plně rozvinutému požáru opět nedošlo. I nadále byl používán jeden a ten samý radiometr o rozptylu měření 0 – 100 kW·m^{-2}. Model byl připraven ke zkoušce.

4.3.1 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Strategie měření byla i nadále stejná. Hodnoty byly měřeny do vzdálenosti 0,3 m od jihovýchodní hrany modelu proti směru osy y, do vzdálenosti 0,5 m od jihovýchodní hrany modelu proti směru osy x a v rovnoběžných vzdálenostech 0,3 – 0,5 m od obvodové stěny modelu. V rohových částech došlo k natočení měřidla tak, aby snímací plocha byla kolmo na zdroj hoření.

Nový protokol nebyl spuštěn. Záznam probíhal do již zapnutého protokolu ISO9705-00709. Celkově bylo zaznamenáno 165 hodnot hustoty sálání tepla. Zkouška byla kompletně dokončena a byla uznána za plnohodnotnou.

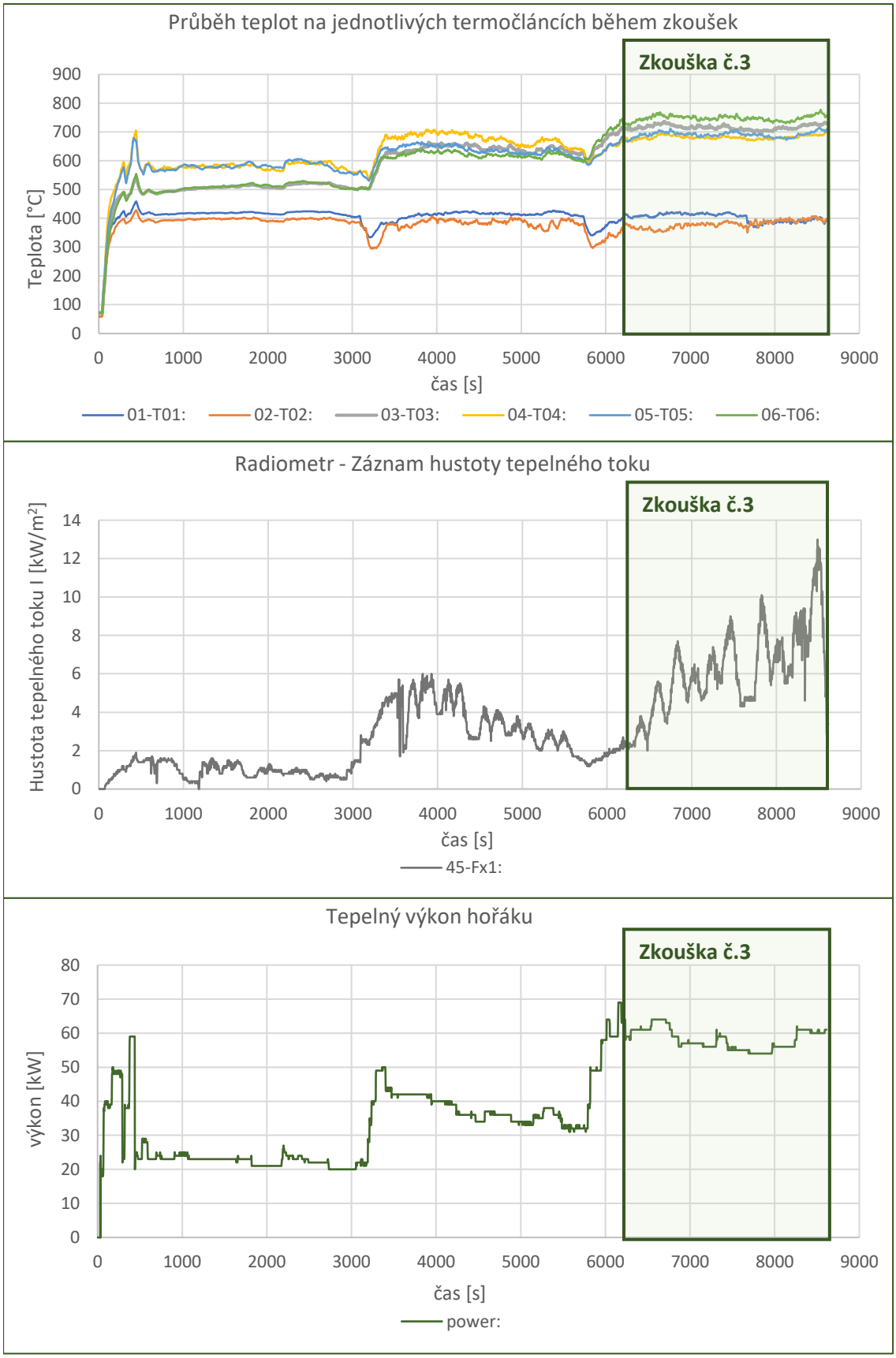
4.3.2 ZAZNAMENANÉ HODNOTY

Zaznamenání hodnot probíhalo při ustálených teplotách. I nadále byla snaha udržet 400 °C v okenních tvorech. Zkouška byla odstartována v čase 6300 s a byla ukončena v čase 8600 s. V následujících grafech (viz obr. 41) je znázorněn průběh teplot na jednotlivých termočláncích, zaznamenané hodnoty radiometrem a výkon hořák během zkoušky č.3.

V čase 7700 s je možné zpozorovat přiblížení se křivek teplot zjištěných termočlánky č.1 a č.2. V tomto bodě došlo ke zpozorování poměrně velkém nánosu popela na těchto termočláncích, a proto byly otřeny. V okamžiku došlo ke sjednocení naměřených teplot těmito termočlánky. Zpětně bylo zhodnoceno, že výkyvy a odchylky teplot na termočláncích č.1 a č.2 byly pravděpodobně způsobeny nánosem popela vzniklého nedokonalým spalováním a skutečné teploty by se více přibližovaly k hodnotě 400°C.

Výkon hořáku bylo opět nutné více upravovat, aby bylo zajištěno co nejvíce ustálené zkušební prostředí. Výkon ventilátoru byl konstantní. Byl spuštěn na 75 % výkonu.

Měření probíhalo od nejvzdálenější míst po nejbližších body v okolí zkušebního tělesa.



obr. 41 Grafy zaznamenaných hodnot v průběhu zkoušky č.3

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

x / y [mm]	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				6,1	5,6	5,2	4,8	2,3
-0,25																				7,6	6,6	5,9	5,2	2,7
-0,2																				8,5	7,1	6,5	5,6	2,8
-0,15																				8,9	7,6	6,7	6,3	3,2
-0,1																				8,9	7,5	7	5,9	3,2
-0,05																				8,8	7,6	6,6	5,9	3,2
0																				9,3	7,5	6,9	6,1	3,4
0,05																				9	7,7	7	6,3	3,8
0,1																				9,3	7,5	7	6,2	3,7
0,15																				8,8	7,4	7	5,9	3,6
0,2																				8,5	7	6,5	5,9	3,5
0,25																				8	6,5	6,4	5,7	3,4
0,3				5	6	7,1	8,9	10,1	11,7	12,3	12,7	12,5	11,7	11,7	10,8	10,2	9,3	8,7	8	7,2	6	6,1	5,4	3,2
0,35				4,7	5,5	6,3	7	8,6	8,6	9,6	9,8	9,6	9,5	9,1	8,6	8,1	7,6	7	6,6	6,3	5,9	5,9	5,3	3
0,4				4,3	5	5,7	5,9	6,8	7,8	7,8	8,6	8,8	8,4	8,5	8,1	7,8	7,4	7	6,7	6,1	5,7	5,6	5	3
0,45				4,2	4,6	5,2	5,8	6,4	6,5	7,2	7,5	7,7	7,3	7,2	6,9	6,5	6,2	6,1	5,9	5,5	5,2	5	4,8	2,8
0,5				3,5	4	4,3	4,6	4,8	5,5	5,5	5,5	5,5	5,4	5,2	4,8	4,6	4,3	4,1	3,7	3,5	3,4	3	2,8	2,6

obr. 43 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

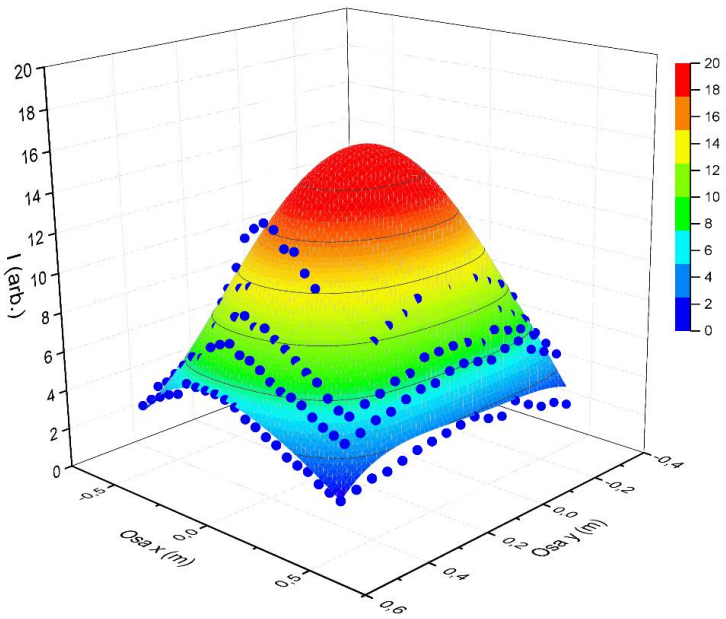
Opět je nutné upozornit na skutečnost, že vzhledem k upevnění radiometru, nebyly hodnoty naměřeny přesně v daném bodě, ale 60 mm vlevo.

4.3.3 PROLOŽENÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT PLOCHOU – VÝSTUP Z PROGRAMU ORIGIN

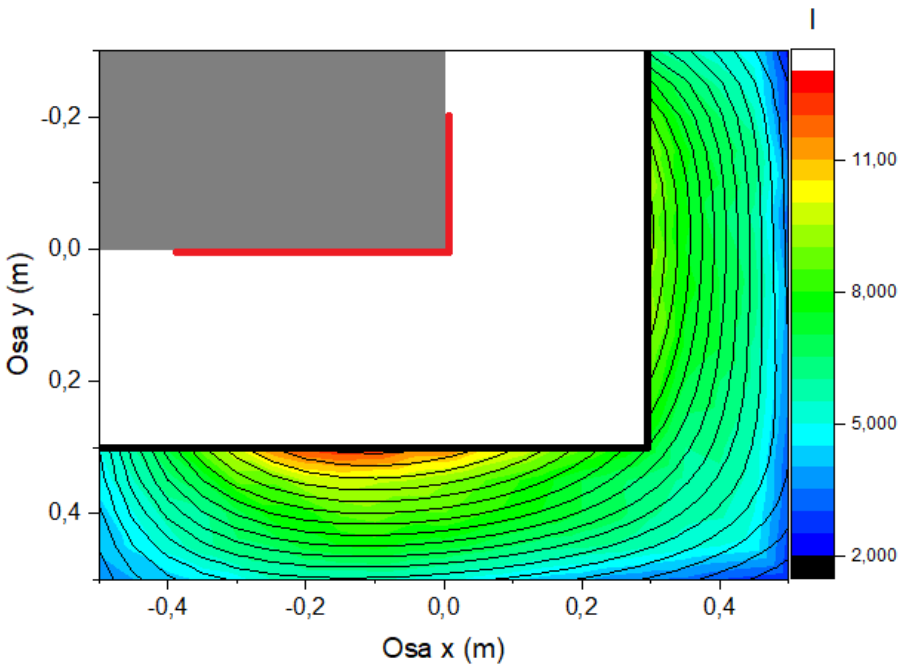
V programu Origin byla opět použita matematická funkce – Taylorův polynom 4. řádu. Naměřené hodnoty mají souřadnice x a y. Hodnoty z obr. 43 byly zadány do výpočetního programu. Následně jimi byla proložena matematická funkce (16).

Matematický model je opět idealizovaný a je možné si na obr. 44 všimnout mírných odchylek mezi naměřenými body a plochou vytvořenou funkcí. Průměrná odchylka je opět v řádu jednotek procent, proto jsou výsledné křivky hodnocené jako dostačující a odpovídající reálnému chování.

Kompletní protokol je vytištěn v příloze 3.



obr. 44 Naměřené hodnoty proložené plochou



obr. 45 Pohled shora na křivky spojující body o stejné hodnotě.
Pozn.: Hranice měření znázorněna černými přímkami, okno vyznačeno červenými přímkami a část modelu je šedá.

4.3.4 ZHODNOCENÍ ZKOUŠKY

Zkouška č.3 proběhla velmi dobře. Zkušenosti z předchozích měření byly aplikovány a nedošlo k žádným problémům. Měření bylo odstartováno v čase 6300 s a bylo ukončeno v čase 8600 s (přibližně 38 minut). Opět je možné na obr. 45 zpozorovat zvětšení tvaru křivek vykreslujících hustoty tepelného toku.

4.4 ZKOUŠKA Č.4 – ŠÍŘKA OKEN 3,0 A 1,0 M

Po zkoušce č.3 následovala zkouška č.4. Byl použit opět stejný model jako v předchozí zkoušce. Zkouška č.4 nenavazovala přímo na zkoušku č.3. Protokol 3. zkoušky byl ukončen. Prostor pod zvonem byl více zakouřený, proto byl na krátko zvýšen výkon ventilátoru, přičemž proběhla krátká přestávka v měření, při které byl hořák vypnutý.

Otvory byly znovu zvětšeny na požadované velikosti – tentokrát došlo k rozšíření na otvory o šířkách 3,0 a 1,0 m – v měřítku 1:5 se tedy jednalo šířky otvorů 600 a 200 mm.

Byl spuštěn nový protokol ISO9705-00711. Po rozžhnutí hořáku bylo nutné zvýšit výkon hořáku tak, aby byly opět zachovány shodné podmínky jako při předchozích zkouškách – teplota v okenních otvorech cca 400°C. K plně rozvinutému požáru nedošlo. I nadále byl používán jeden a ten samý radiometr o rozptylu měření 0 – 100 kW·m^{-2}. Model byl připraven ke zkoušce.

4.4.1 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Strategie měření byla i nadále stejná. Hodnoty byly měřeny do vzdálenosti 0,3 m od jihovýchodní hrany modelu proti směru osy y, do vzdálenosti 0,7 m od jihovýchodní hrany modelu proti směru osy x a v rovnoběžných vzdálenostech 0,3 – 0,5 m od obvodové stěny modelu. V rohových částech došlo k natočení měřidla tak, aby snímací plocha byla kolmo na zdroj hoření.

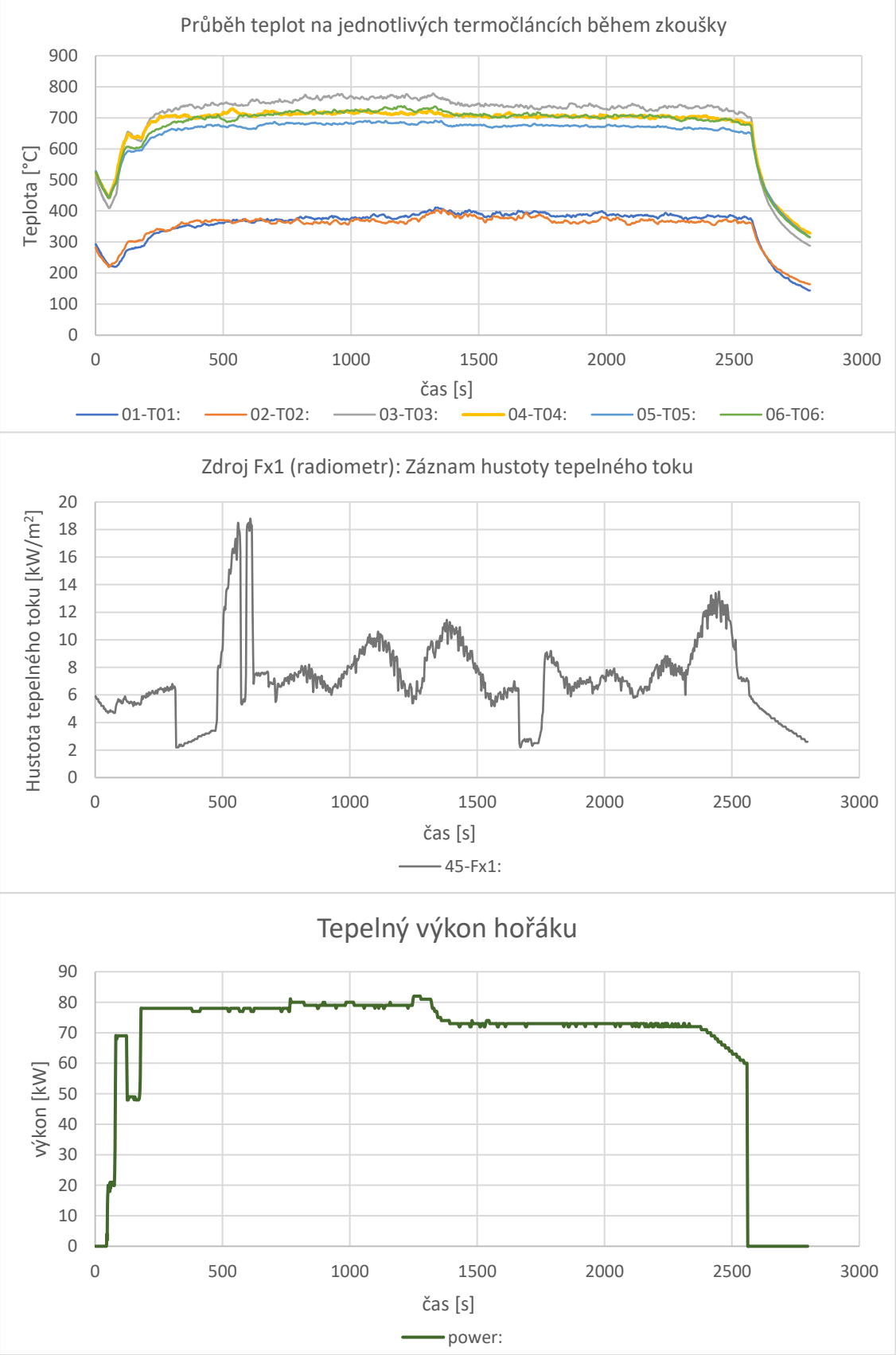
Záznam probíhal do nově spuštěného protokolu ISO9705-00711. Celkově bylo zaznamenáno 126 hodnot hustoty sálání tepla. Zkouška byla předčasně končena z důvodu nedostatku propanu. Zkouška nebyla kompletně dokončena, ovšem naměřené hodnoty jsou použitelné pro další porovnávání.

4.4.2 ZAZNAMENANÉ HODNOTY

Zaznamenání hodnot probíhalo při ustálených teplotách. I nadále byla snaha udržet 400 °C v okenních tvorech. Zkouška byla odstartována v čase 500 s a byla ukončena v čase 2570 s. V následujících grafech (viz obr. 46) je znázorněn průběh teplot na jednotlivých termočláncích, zaznamenané hodnoty radiometrem a výkon hořák během zkoušky č.4.

Měření probíhalo nejprve od nejbližších bodů u zkušebního tělesa. Naměřeny byly v porovnání s ostatními zkouškami velmi vysoké hodnoty – až 18,5 kW·m^{-2}, které jsou hraniční pro zjištění velikost požárně nebezpečného prostoru. Při takovéto velikosti hustoty tepelného toku je už poměrně nebezpečné se i při laboratorních podmínkách v hasičské výzbroji po delší dobu pohybovat v okolí hořícího modelu. Byl tedy změněn postup měření a pokračovalo se nejvzdálenějšími hodnotami. Po naměření 3 řad došel propan a zkouška musela být ukončena.

Výkon hořáku bylo opět nutné více upravovat, aby bylo zajištěno co nejvíce ustálené zkušební prostředí. Výkon ventilátoru byl konstantní. Byl spuštěn na 75 % výkonu.



obr. 46 Grafy zaznamenaných hodnot v průběhu zkoušky č.4

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

y [mm] \ x	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																							6,3	5,8	6,9
-0,25																							7,1	6,4	7,2
-0,2																							7,6	6,6	7,4
-0,15																							7,7	7	7,3
-0,1																							8,1	7,1	7,4
-0,05																							7,9	7,2	7,6
0																							8,4	7,5	7,7
0,05																							8,6	7,9	7,9
0,1																							8,6	7,7	8
0,15																							8,5	7,8	7,8
0,2																							8,3	7,5	7,5
0,25																							8,1	7,4	7,3
0,3	8,3	9,2	12,4	13,7	15	16,2	17	18	18,4	18,5													8	7	7,3
0,35																							7,5	6,8	7,2
0,4	7,2	7,9	9,4	10,2	11,4	12,2	12,5	12,7	13,3	13,4	13	12,8	12,5	11,8	12	10,5	10,5	9,7	9,2	8,8	8,2	7,7	7,2	6,6	6,9
0,45	6,3	7	8,6	9,4	9,6	10,3	10,9	11	11,3	10,9	10,8	10,5	10,1	9,3	8,8	8,8	8,6	8,6	8,4	7,7	7,3	7,3	6,7	6,6	6,6
0,5	6,3	6,8	7,7	8,5	9	9,7	9,9	10,3	10,3	10,1	9,7	10,1	9,6	9,4	9,3	8,6	8,5	8,1	8,1	7,6	7,5	7,2	6,6	6,5	6,5

obr. 47 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

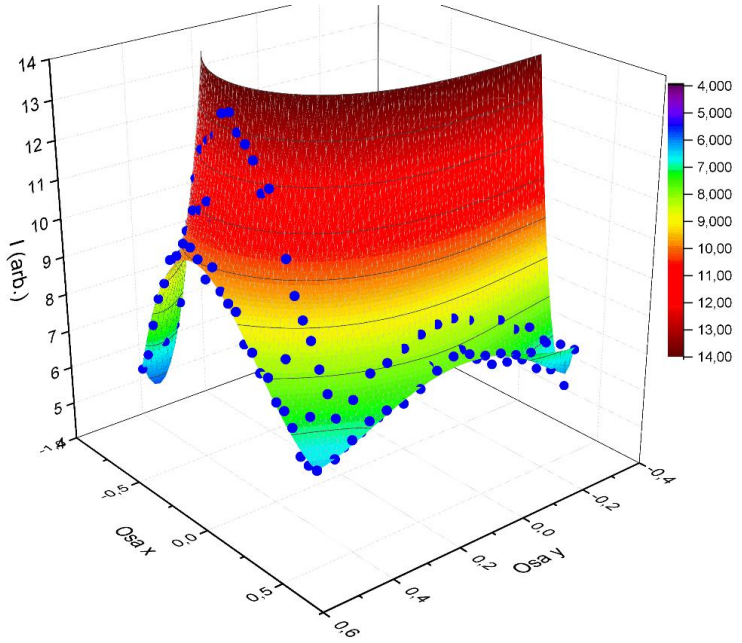
Opět je nutné upozornit na skutečnost, že vzhledem k upevnění radiometru, nebyly hodnoty naměřeny přesně v daném bodě, ale 60 mm vlevo.

4.4.3 PROLOŽENÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT PLOCHOU – VÝSTUP Z PROGRAMU ORIGIN

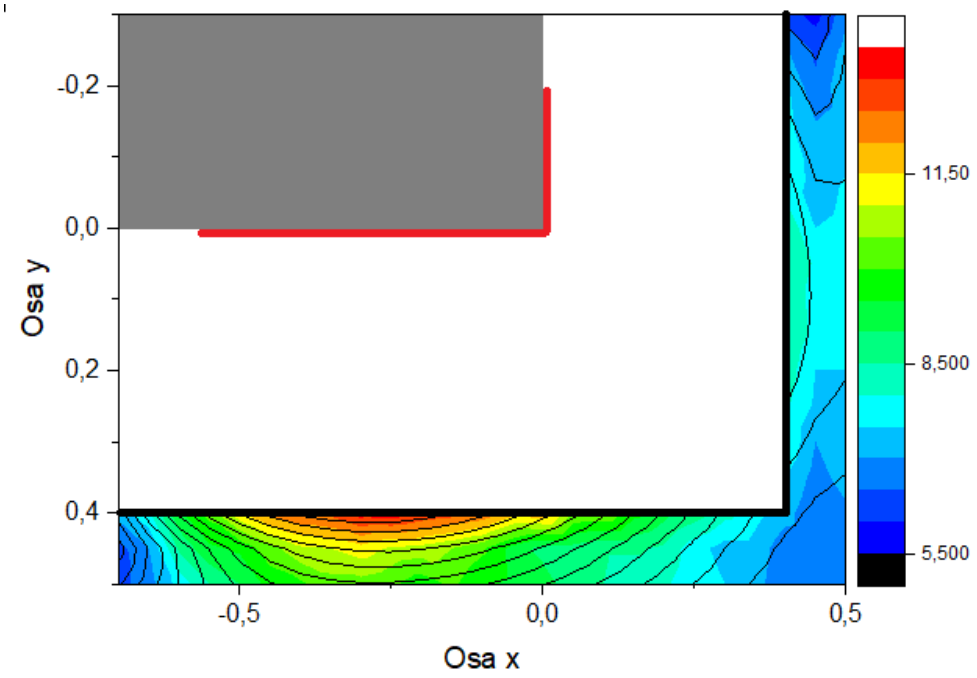
V programu Origin byla opět použita matematická funkce – Taylorův polynom 4. řádu. Naměřené hodnoty mají souřadnice x a y. Hodnoty z obr. 47 byly zadány do výpočetního programu. Následně jimi byla proložena matematická funkce (16)

Matematický model je opět idealizovaný a je možné si na obr. 48 všimnout odchylek mezi naměřenými body a plochou vytvořenou funkcí. Plocha není příliš dokonalá, neboť nebylo naměřeno příliš velké množství dat. I přesto byla vykreslena tato plocha, která v pohledu shora naznačuje tvar požárně nebezpečného prostoru.

Kompletní protokol je vytištěn v příloze 3.



obr. 48 Naměřené hodnoty proložené plochou



obr. 49 Pohled shora na křivky spojující body o stejné hodnotě.
Pozn.: Hranice měření znázorněna černými přímkami, okno vyznačeno červenými přímkami a část modelu je šedá. Červená hranice značí nezadané body.

4.4.4 ZHODNOCENÍ ZKOUŠKY

Zkouška č.4 nebyla zcela dokončena. Měření bylo odstartováno v čase 500 s a bylo ukončeno v čase 2570 s (přibližně 35 minut). Zároveň je možné si v tabulce naměřených hodnot všimnout, že hodnoty rovnoběžné s východní stranou modelu ve vzdálenosti 0,45 m vykazují v porovnání s ostatními naměřenými hodnotami menší hustotu tepelného toku, ačkoliv byla udržována stálá teplota a výkon ventilátoru nebyl upravován.

Tyto hodnoty jsou zahrnuty do matematického modelu, protože nedošlo k ovlivnění experimentu chybnou změnou výkonů používaných zařízení. Vzhledem k velmi malému množství řad naměřených hodnot nelze v matematickém modelu vykreslit dostatečné množství křivek pro přímé čtení tvaru, které vykresluje měnící se hustota tepelného toku.

S naměřenými hodnotami lze i přes výše vedené nedostatky pracovat.

4.5 VYHODNOCENÍ EXPERIMENTU

V rámci experimentu bylo naplánováno 15 zkoušek. Vzhledem k časové náročnosti byly vybrány 3 referenční – okna šířky 1,0 a 1,0 m; okna šířky 2,0 × 1,0 m; okna šířky 3,0 × 1,0 m. Podobný experiment v laboratoři FireLab neproběhl, proto proběhla pilotní zkouška s otvory o šířkách 0,5 a 0,5 m, při které měla být zhodnocena strategie měření.

Pilotní zkouška byla úspěšná, byly naměřeny všechny hodnoty, které se chovaly dle předpokládaného scénáře. Při druhé zkoušce došlo k chybě, neboť byl změněn výkon ventilátoru. Vliv změny výkonu ventilátoru při pilotní zkoušce nebyl zaznamenán, protože byl ventilátor spuštěn na stále stejný výkon. Chyba byla ovšem včas zpozorována, zaznamenána a při dalších zkouškách nebyla opakována.

Třetí zkouška proběhla velmi dobře. Neproběhly chyby v měření, ani chybné změny výkonů používaných zařízení.

Při poslední zkoušce byly aplikovány veškeré poznatky z předchozích zkoušek, ale i přesto pravděpodobně došlo chybnému měření některých hodnot. Ačkoliv zkouška nebyla kompletně dokončena, lze naměřené hodnoty porovnávat s hodnotami vypočítanými programem FDS.

Pokud by došlo k opakování tohoto experimentu, bylo by dobré ho provést ve venkovním prostředí, kde by bylo možné zvýšit výkon hořáku tak, aby došlo k plně rozvinutému požáru. V laboratoři nebylo možné k takovým výkonům dojít, protože bylo nutné se v okolí modelu pohybovat a také průběh zkoušek zaznamenávat kamerami. Laboratoř nedisponuje velkými prostory. Room corner test je sice stavěný na velké výkony, které mohou vést k plně rozvinutému požáru, ale zkušební těleso bylo natolik velké, že by se v jeho okolí nedalo pohybovat. Zároveň bylo nutné manuálně posouvat radiometr, což by z důvodu vysokých teplot v požární komoře nebylo možné. Nebyl by možný ani záznam zkoušky na instalované GoPro kamery. Jsou sice stavěny do extrémních podmínek, ale teplota by v požární komoře byla natolik velká, že by mohlo dojít k jejich poškození.

ČÁST IV. MODELOVÁNÍ EXPERIMENTU V FDS

1. TVORBA ZDROJOVÉHO KÓDU

Všechny modely zkoušek mají stejný základ zdrojového kódu. Mění se pouze velikosti okenních otvorů a výkon hořáku. Pro zjednodušení modelace byl opět použit software PyroSim.

V modelu byl vytvořen výpočetní prostor příkazem MESH:

&MESH ID='VP', IJK=200,200,100, XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/

Výpočetní prostor má velikost 2,0 × 2,0 × 1,0 m (š × d × v). Ve směru osy X je vytvořeno 200 buněk, ve směru osy Y je vytvořeno 200 buněk a ve směru osy Z je vytvořeno 100 buněk. Rozměry buněk jsou 10 × 10 × 10 mm.

Následně byly definovány okrajové podmínky výpočetního prostoru. Boční strany a horní strana prostoru jsou otevřeny a spodní strana uzavřena. Je tedy umožněna výměna vzduchu na bočních stranách i horní straně. Tyto podmínky byly vytvořeny příkazem VENT:

&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,2.0,0.0,1.0/

&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=2.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/

&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,1.0/

&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,2.0,2.0,0.0,1.0/

&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,2.0,1.0,1.0/

Tímto je výpočetní prostor vytvořen, není nutné ho dále upravovat. Vliv ventilátoru byl zanedbán.

Dalším krokem bylo vytvoření konstrukce. Nejprve bylo nutné definovat materiálové vlastnosti použitých desek Fermacell Aestuver tl. 20 mm. Měrné teplo, součinitel tepelné vodivosti a objemová hmotnost byly uvažovány konstantní, neboť závislost těchto veličin na teplotě nebyla nalezena. Pravděpodobně se výrazněji měnit nebude. Zkoušky celkově trvaly několik hodin, při kterých desky vydržely stabilní. Výrazněji popraskaly až ve fázi chladnutí.

&MATL ID='Fermacell Aestuver 20 mm',
SPECIFIC_HEAT=0.9,
CONDUCTIVITY=0.21,
DENSITY=700.0/

S tímto krokem úzce souvisí použití příkazu SURF, který popisuje povrch konstrukce. Ve zdrojovém kódu je možné si všimnout různých částí příkazu. Část BACKING =´EXPOSED‘ značí, že se materiál, jehož tloušťka je pouze „jednobuňková“, bude prohřívat a tím bude ovlivněna teplota na nexponované straně. Dále je zde definován materiál a jeho tloušťka v konstrukci 0,02 m.

&SURF ID='Fermacell Aestuver',
BACKING='EXPOSED',
MATL_ID(1,1)='Fermacell Aestuver 20 mm',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.02/

Výše uvedenými příkazy je kompletně popsán materiál a povrch použitých desek. Následně je nutné definovat rozměry desek a jejich polohu ve výpočetním prostoru. Tělesa jsou vytvořena pomocí zkratky OBST.

&OBST ID='D1', XB=0.32,1.32,0.32,1.32,0.0,0.02, COLOR='GRAY 60', SURF_ID='Fermacell Aestuver'/

&OBST ID='D2', XB=0.3,0.32,0.32,1.34,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0, SURF_ID='Fermacell Aestuver'/

&OBST ID='D3', XB=0.3,1.32,0.3,0.32,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA', SURF_ID='Fermacell Aestuver'/

&OBST ID='D4', XB=1.32,1.34,0.3,1.32,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0, SURF_ID='Fermacell Aestuver'/

&OBST ID='D5', XB=0.32,1.34,1.32,1.34,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA', SURF_ID='Fermacell Aestuver'/

&OBST ID='D6', XB=0.3,1.34,0.3,1.34,0.58,0.6, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Fermacell Aestuver'/

V určitých deskách byly vytvořeny otvory, a ty zde musí být definovány. Vytvoření je možné použitím příkazu HOLE, který vytvoří otvory daných rozměrů v kterémkoliv tělese.

&HOLE ID='O1', XB=1.22,1.34,1.32,1.34,0.2,0.45/

&HOLE ID='O2', XB=1.32,1.34,1.22,1.32,0.2,0.45/

&HOLE ID='O3', XB=0.3,0.6,0.3,0.32,0.02,0.12/

Deskový model umístěný ve výpočetním prostoru je vytvořen. Aby bylo možné vytvořit požární situaci, je nutné do modelu umístit hořák. Nejprve je zadáno, jaké palivo bude použito. Během experimentu byl použit propan, jenž je zde zaznamenán příkazem REAC:

&REAC ID='PROPANE', FUEL='PROPANE'/

Následně je opět nutné vytvořit povrch s určitými vlastnostmi. Znovu je tedy použita zkratka SURF, která je doplněna o příkaz HHRPUA, což dává povrchu tepelný výkon vztažený k ploše hořáku. Během zkoušky č.1 byl výkon hořáku průměrně 22,40719 kW. Rozměry hořáku jsou 0,1 × 0,3 m. Výkon vztažený k ploše je získán jednoduše vydělením skutečného výkonu rozměry hořáku → HRRPUA = 22,40719/(0,1·0,3) = 746,91 kW·m^{-2}. Během zkoušek byl výkon hořáku zvyšován, aby byly teploty uvnitř modelu při všech zkouškách stále stejné. Průměrný výkon hořáku při zkoušce číslo 2 byl 37,06747 kW, což odpovídá HRRPUA = 37,06747/(0,1·0,3) = 1235,5823 kW·m^{-2}. Průměrný výkon hořáku při zkoušce číslo 3 byl 58,06389 kW, což odpovídá HRRPUA = 58,06389/(0,1·0,3) = 1935,463 kW·m^{-2}. Průměrný výkon hořáku při zkoušce číslo 4 byl 74,70554 kW, což odpovídá HRRPUA = 74,70554/(0,1·0,3) = 2490,184667 kW·m^{-2}. Při zkoušce byl hořák otočen šikmo pod úhlem 45° k pravoúhlé síti. Program FDS ovšem neumí s šikmými plochami počítat, tudíž je plocha hořáku rozdělena do 6 částí, které jsou vzájemně posunuty a opisují tak polohu použitého hořáku. Součet ploch šesti částí odpovídá ploše použitého hořáku.

&SURF ID='H',
COLOR='RED',
HRRPUA=746.91 /

Pro vytvoření tělesa hořáku je opět použit příkaz OBST. Tentokrát se ve zdrojovém kódu nachází zkratka INERT. Ta značí, že povrchy tvoří izotermální stěnu s teplotou shodnou s okolní teplotou. Tento příkaz umožňuje tepelné ztráty. Vzhledem k rozdělení hořáku do šesti částí, je vytvořeno 6 těles.

&OBST ID='H1', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='H2', XB=0.86,0.93,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='H3', XB=0.79,0.86,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='H4', XB=0.79,0.86,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='H5', XB=0.72,0.79,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='H6', XB=0.72,0.79,0.89,0.96,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

Těleso hořáku je vytvořeno. V neposlední řadě je nutné hornímu povrchu stanovit, že má vydávat tepelný výkon určité velikosti. Opět je použit příkaz VENT, který je tentokrát doplněn i o směr vyzařování tepelného výkonu. Příkaz IOR=3 značí, že je výkon vydáván směrem vzhůru – tedy ve směru +z.

&VENT ID='H1', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.12,0.12, IOR=3/

&VENT ID='H2', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.749,0.819,0.12,0.12, IOR=3/

&VENT ID='H3', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.749,0.819,0.12,0.12, IOR=3/

&VENT ID='H4', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.819,0.889,0.12,0.12, IOR=3/

&VENT ID='H5', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.819,0.889,0.12,0.12, IOR=3/

&VENT ID='H6', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.889,0.959,0.12,0.12, IOR=3/

Model je kompletně vytvořen.

Pro zjištění výsledných hodnot v konkrétních místech je nutné do prostoru přidat měřící zařízení příkazem DEVC. Určení konkrétního měřícího zařízení je možné podpříkazem QUANTITY. Při experimentu byly použity termočlánky a radiometr. Použitím uvedených zkratek bylo do výpočetního prostoru umístěno 6 termočlánků. Plášťový termočlánek je charakteristický tím, že měří pouze v jeho konci, proto není nutné článku měnit orientaci. Během zkoušek byly použity termočlánky o průměru 3 mm – zohlednění tohoto faktu je provedeno pomocí příkazu PROP a podpříkazu BEAD_DIAMETER.

&PROP ID='T1 props', BEAD_DIAMETER=0.003/

&PROP ID='T2 props', BEAD_DIAMETER=0.003/

&PROP ID='T3 props', BEAD_DIAMETER=0.003/

&PROP ID='T4 props', BEAD_DIAMETER=0.003/

&PROP ID='T5 props', BEAD_DIAMETER=0.003/

&PROP ID='T6 props', BEAD_DIAMETER=0.003/

&DEVC ID='T1', PROP_ID='T1 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.32,1.27,0.325/

&DEVC ID='T2', PROP_ID='T2 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.27,1.32,0.325/

&DEVC ID='T3', PROP_ID='T3 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,1.09,0.47/

&DEVC ID='T4', PROP_ID='T4 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,1.09,0.47/

&DEVC ID='T5', PROP_ID='T5 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,0.55,0.47/

&DEVC ID='T6', PROP_ID='T6 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,0.55,0.47/

Radiometry byly vytvořeny shodným postupem jako termočlánky. Jediným rozdílem je nutnost zohlednění natočení radiometru ve výpočetním prostoru pomocí podpříkazu ORIENTATION. Radiometry byly orientovány jak ve směru os x a y, tak i pod různými úhly vzhledem

k pravoúhlému souřadnému systému. V případě natočení ve směru a proti směru osy je hodnota orientace rovna 1 či -1. V případě změny úhlu orientace je nutné hodnoty ponížit a vytvořit vektorové určení směru. V modelu zkoušky č.1 bylo vytvořeno 126 radiometrů. Níže jsou uvedeny 3 radiometry s konkrétním natočením.

&DEVC ID='R82', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=1.84,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/

&DEVC ID='R41', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=1.449,1.63,0.325, ORIENTATION=-0.351831,-0.936064,0.0/

&DEVC ID='R06', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=1.4,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/

Poslední použitý příkaz ve zdrojovém kódu je SLCF, který vytvoří rovinu, v níž jsou zaznamenány hodnoty ve všech místech sítě v čase. Příkaz slouží hlavně ke grafickému vykreslení vypočtených hodnot a jejich jednoduššímu čtení pomocí barevného spektra. Pomocí příkazu je vykreslen průběh teplot a hustoty tepelného toku ve výšce 0,325 m a ve směru osy x ve vzdálenosti 0,82 m od počátku souřadného systému.

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.325/

&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=0.325/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.82/

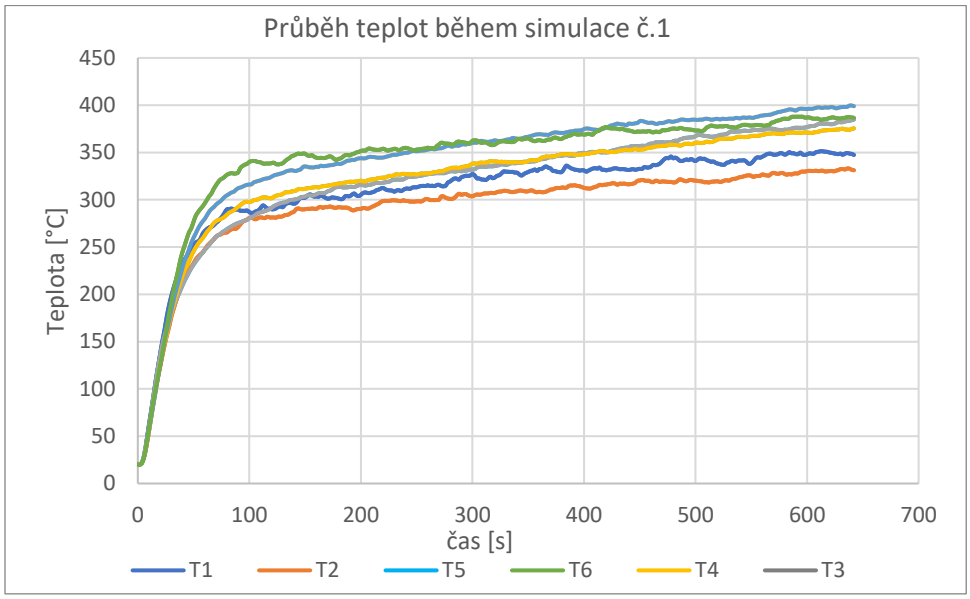
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBX=0.82/

2. VÝSLEDEK SIMULACE ROHOVÉHO OKNA O ŠÍŘI OKEN 0,5 A 0,5 M

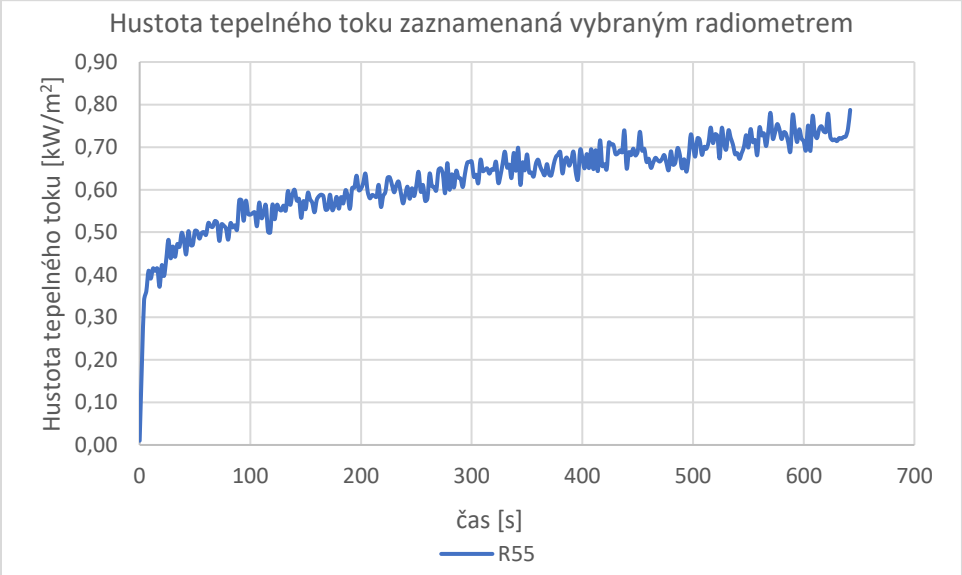
Simulace byla provedena dvakrát. Byla posouzena hustota výpočetní sítě. Ukázalo se, že hrubší síť, která měla velikosti buněk dvojnásobné oproti řidší síti, dostatečně nevyhovovala. Hořák byl systémově upraven tak, že došlo k oddělení jednotlivých částí hořáku vlivem přizpůsobení se zadané velikosti buněk. Byla tedy následně používána řidší síť, což vedlo k prodloužení výpočetního času.

Vzhledem k poměrně velmi jemné síti a dostupnému výpočetnímu zařízení trvala simulace pomocí FDS 3-4 týdny. Během těchto týdnů bylo v případě zkoušky č.1 vypočítáno 642 sekund simulace. Kýženým výsledkem bylo zajištění konstantního průběhu teplot na jednotlivých termočláncích. K tomuto stavu ovšem ani po 642 s nedošlo. Na obr. 50 je patrný stálý nárůst teplot. Průběh teplot lze od času 300 s proložit přímkou, která ukazuje předpokládaný nárůst teplot. V případě pokračujícího trendu nárůstu teplot by se konstantního stavu mohlo docílit přibližně v čase 1200 s.

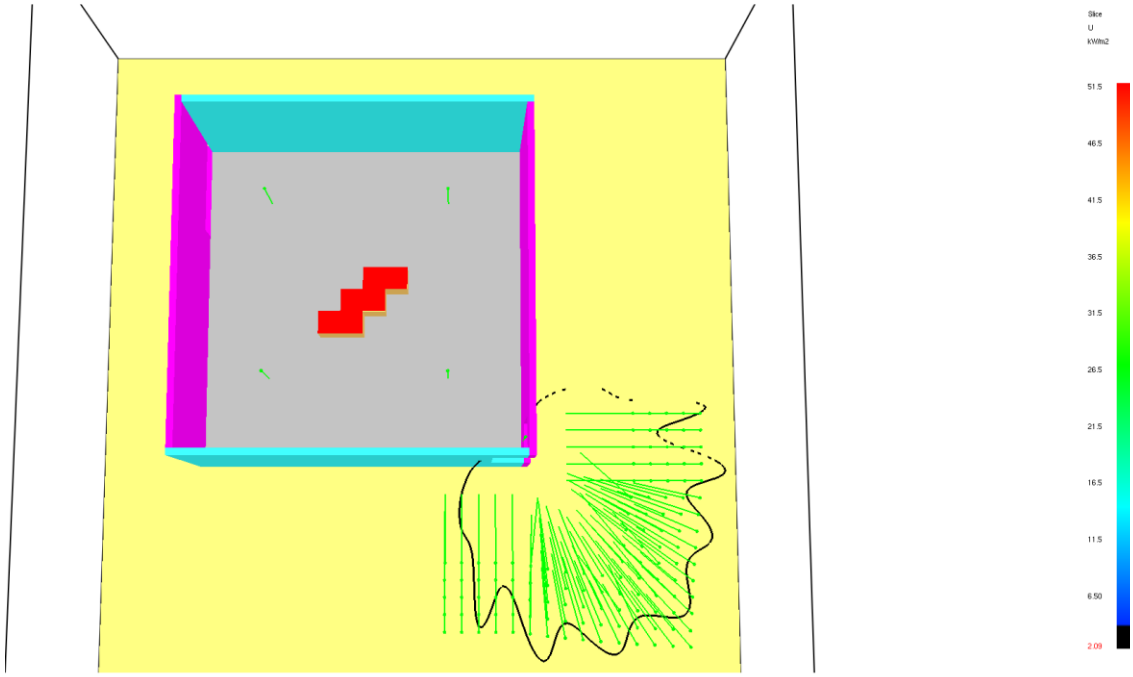
S průběhem nárůstu teplot také souvisí nárůst hustoty tepelného toku, jenž je přímo závislý na teplotě – viz obr. 51. Je tedy jasné, že výsledné hodnoty na jednotlivých radiometrech musí být nižší než experimentálně naměřené. V případě proložení křivky spojnicí trendů a vypočtením idealizovaných hodnot pomocí funkce této křivky je možné dojít k závěru, že hodnoty na jednotlivých radiometrech mohou mít odchylku 0,02 $kW \cdot m^{-2}$. Ze souboru zaznamenaných hodnot během simulace je vytvořen průměr hustoty tepelného toku z posledních 20 s. Tyto průměry jsou vypsány v obr. 53.



obr. 50 Průběh teplot na jednotlivých termočláncích v průběhu simulace



obr. 51 Průběh zaznamenané hustoty tepelného toku vybraným radiometrem



obr. 52 Vykreslení křivky o hustotě tepelného toku I = 2 kW.m^{-2} včetně zobrazené orientace radiometrů a termočlánků

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m^2 Velikost okenního otvoru

y [mm] \ x	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																									
-0,25																									
-0,2																					0,51	0,45	0,39	0,32	0,27
-0,15																					0,45	0,32	0,23	0,17	0,12
-0,1																					0,54	0,44	0,36	0,29	0,23
-0,05																					0,65	0,54	0,46	0,40	0,35
0																					0,56	0,45	0,38	0,32	0,28
0,05																					0,61	0,49	0,38	0,29	0,22
0,1																					0,71	0,56	0,45	0,36	0,28
0,15																					0,73	0,58	0,46	0,37	0,32
0,2																					0,70	0,57	0,44	0,34	0,29
0,25																					0,63	0,57	0,46	0,33	0,25
0,3											0,16	0,18	0,42	0,45	0,52	0,64	0,68	0,64	0,64	0,58	0,52	0,49	0,44	0,36	0,26
0,35											0,15	0,15	0,40	0,35	0,39	0,54	0,54	0,50	0,54	0,49	0,43	0,39	0,38	0,34	0,27
0,4											0,12	0,13	0,37	0,28	0,30	0,45	0,44	0,38	0,45	0,44	0,36	0,31	0,30	0,30	0,26
0,45											0,10	0,13	0,34	0,22	0,23	0,39	0,38	0,36	0,34	0,39	0,32	0,25	0,21	0,22	0,23
0,5											0,08	0,13	0,30	0,17	0,16	0,33	0,33	0,23	0,25	0,32	0,30	0,22	0,17	0,16	0,17

Hodnoty ze simulace

obr. 53 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Hodnoty odpovídají průměru z posledních 20 s simulace. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

Při porovnání obr. 52 a obr. 53 je možné si všimnout zajímavého faktu. obr. 53 obsahuje naměřené hodnoty pomocí radiometrů. Maximální hustoty tepelného toku je dosaženo v bodě [0,3; 0,15], ve kterém je hustota tepelného toku rovna 0,73 kW·m^{-2}. V obr. 52 je vykreslena orientace jednotlivých radiometrů. Kromě jednoho radiometru jsou všechny natočené správným

směrem. Takto natočené radiometry jsou používány i v následujících simulacích. Dále je vykreslena křivka o intenzitě sálání 2 kW·m^{-2}. V prostoru, jenž křivka ohraničuje, se nacházejí téměř všechny umístěné radiometry. Pro zobrazení této křivky byl použit příkaz INTEGRATED INTESITY. Radiometry byly zadány pomocí příkazu RADIATIVE HEAT FLUX GAS. Je tedy jasné, že tyto příkazy nejsou totožné.

Při dalším zkoumání těchto rozdílů bylo zjištěno, že hustota tepelného toku zjišťována pomocí příkazu RADIATIVE HEAT FLUX, je založena na příkazu INTEGRATED INTENSITY, jenž je možný přeložit jako intenzita sálání. V INTEGRATED INTENSITY je zohledněn všechen prostor v okolí daného bodu. Kdežto RADIATIVE HEAT FLUX je počítán pouze v jednom směru stanoveném vektorem orientace. [11]

Tzn. že k výsledku přispívá i teplota za posuzovaným bodem, a proto je tato křivka, zobrazující daný výkon v kW·m^{-2}, ve vzdálenosti větší než při vytyčení křivky z hodnot z obr. 53. Obecně lze říci, že čím větší je sálavá plocha, a hlavně čím větší je teplota sálavé plochy, tím menší je výsledný rozdíl mezi RADIATIVE HEAT FLUX a INTEGRATED INTESITY. RADIATIVE HEAT FLUX bude ovšem vždy menší než INTEGRATED INTESITY.

Nabízí se otázka, zda je správné stanovovat odstupové vzdálenosti vzhledem k okolním podmínkám – tedy s ohledem na orientaci okolních konstrukcí ke zdroji sálání, která způsobuje zmenšení polohového faktoru. V případě zanedbání tohoto natočení je hranice požárně nebezpečného prostoru ve větší vzdálenosti od zdroje sálání. Tohoto jevu může být využíváno například v rohové dispozici, kde okenní otvor v jedné stěně sálá na kolmo orientovanou sousední stěnu. V případě zanedbání orientace sousední stěny může požárně nebezpečný prostor z okenního otvoru v první stěně zasahovat např. okno umístěné ve vzdálenosti 1 m od společného rohu, kdežto při zohlednění orientace požárně nebezpečný prostor toto okno zasahovat nemusí.

Dalším faktem, který je názorný při shlédnutí obr. 52 a obr. 53, je tvar křivky vykreslující hustotu tepelného toku/intenzitu sálání v určitých hodnotách – tzv. hvězdicovitý tvar. Tento tvar je způsoben programem FDS, jenž byl popisován v části II. Zhodnocení modelového příkladu, v kapitole 3.1 Popis přenosu radiace ze zdroje hoření. Zjednodušeně je možné si zdroj hoření představit jako kouli, která je dělena do částí dle výše uvedených pravidel. Ze středu jednotlivých částí jsou vystřelovány fotony, díky kterým následně dochází k tomuto hvězdicovému tvaru. Reálně jsou fotony vyzařovány ve všech úhlech, proto jsou křivky zobrazené ve zhodnocení experimentu hladké. Pro možné posouzení byla provedena úprava výsledných hodnot simulace.

V prvním kroku byl vytvořen poměr mezi hodnotami ze simulace a hodnotami z experimentu a výsledek pro jednotlivé body byl zapsán v procentech. Následně byla z hodnot v procentech zjištěna Gaussova křivka. Při návrzích objektů se dnes používá polopravděpodobnostní metoda, která zahrnuje možnost, že se může dojít v 5 % případů k chybě. Následně byl zjištěn 5 % a 95 % kvantil. Výsledky v takto ohraničených oblastech byly označeny jako chybné, a proto byly vyčleněny[15]. Z ostatních hodnot bylo zjištěno průměrné procento poměru mezi hodnotami ze simulace a experimentu – výsledné procento je rovno 38 %. V dalším kroku byly experimentálně zjištěné hodnoty přenásobeny hodnotou 0,38. Tato úprava vedla ke změně hvězdicového tvaru a tím k vytvoření hladší křivky tak, aby hodnoty simulace nebyly diametrálně odlišné oproti upraveným hodnotám. V posledním kroku byl proveden rozdíl jednotlivých upravených hodnot a skutečných hodnot simulace. Tyto rozdíly jsou zobrazovány v absolutní hodnotě. Průměrná absolutní chyba této úpravy je 0,06 kW·m^{-2}.

[15] *Tyto výsledky jsou v následujících obrázcích vyznačeny modře.*

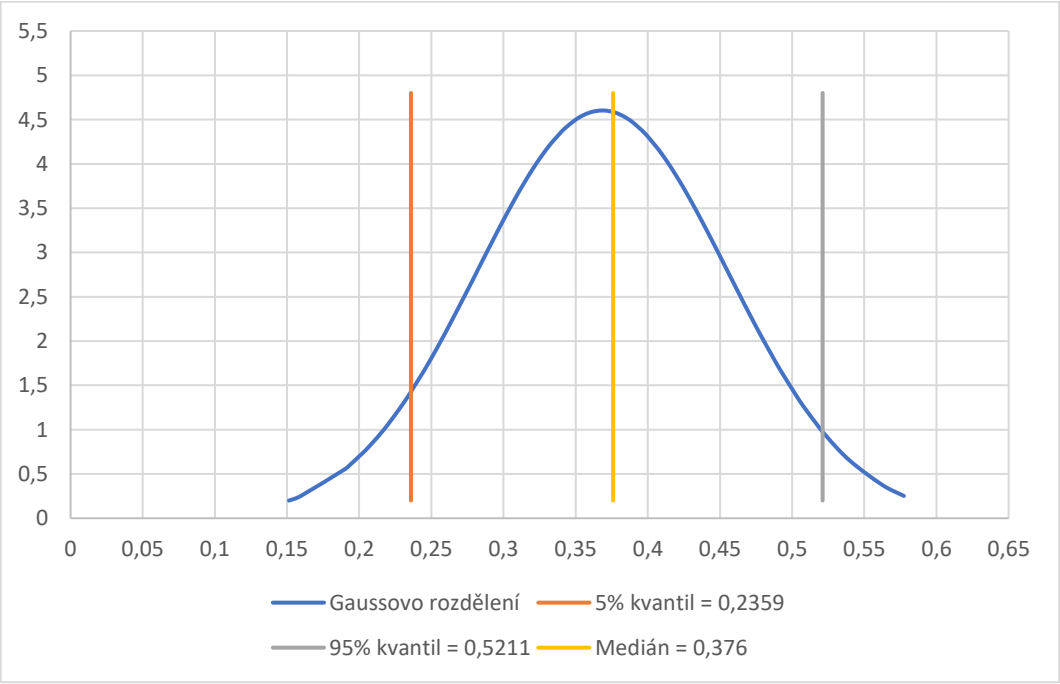
V případě zohlednění vyčleněných hodnot se průměrná absolutní chyba sníží na hodnotu 0,05 kW·m^{-2}. Maximální dosažená absolutní chyba je 0,17 kW·m^{-2}. Průměrně jsou hodnoty simulace výše uvedeným postupem upraveny o 14 %. Jednotlivé kroky úpravy jsou znázorněny v následujících obr. 54 až obr. 59.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m^2 Velikost okenního otvoru

Hodnoty z experimentu

y \ x [mm]	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																								
-0,25																								
-0,2																				1	0,8	0,9	0,8	0,5
-0,15																				1,2	1	1	0,8	0,6
-0,1																				1,3	1,2	1	0,9	0,6
-0,05																				1,4	1,1	1	0,9	0,6
0																				1,4	1,2	1	0,9	0,6
0,05																				1,5	1,2	1	1	0,6
0,1																				1,6	1,4	1,2	1	0,6
0,15																				1,5	1,5	1,3	1	0,7
0,2																				1,4	1,4	1,2	1	0,7
0,25																				1,4	1,3	1,2	1,1	0,7
0,3										0,4	0,5	0,8	1	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1	0,7
0,35										0,7	0,8	1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3	1,1	1	1	0,7
0,4										0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1,1	1	1	1,1	1	1	1	0,7
0,45										0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1	0,9	1	1	1	0,9	0,9	0,7
0,5										0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5

obr. 54 Naměřené hodnoty při zkoušce č.1 zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.



obr. 55 Procentuální vyjádření poměru mezi hodnotami simulace a experimentu zanesené do Gaussova rozdělení

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Převod na procenta

y [mm] \ x	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																									
-0,25																									
-0,2																					51%	56%	43%	41%	54%
-0,15																					37%	32%	23%	21%	20%
-0,1																					42%	37%	36%	32%	38%
-0,05																					47%	49%	46%	44%	58%
0																					40%	38%	38%	36%	47%
0,05																					41%	41%	38%	29%	37%
0,1																					44%	40%	38%	36%	47%
0,15																					49%	39%	35%	37%	46%
0,2																					50%	41%	37%	34%	41%
0,25																					45%	44%	38%	30%	36%
0,3											41%	36%	52%	45%	40%	46%	45%	43%	43%	42%	43%	41%	40%	36%	37%
0,35											21%	19%	40%	30%	30%	38%	39%	33%	38%	35%	33%	35%	38%	34%	39%
0,4											20%	19%	46%	31%	30%	45%	44%	34%	45%	44%	32%	31%	30%	30%	37%
0,45											16%	22%	48%	27%	24%	43%	42%	30%	38%	39%	32%	25%	23%	24%	33%
0,5											15%	22%	49%	28%	23%	47%	47%	33%	31%	40%	38%	32%	25%	26%	33%

Průměrné procento hustoty tepelného toku v porovnání s experimentem: 36%

Hodnoty, které se nacházejí v oblasti do 5 % kvantilu a nad 95 % kvantil

Průměr z černě vypsaných hodnot: 38%

obr. 56 Poměr hodnot ze simulace a experimentu vyjádřený v procentech

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty z experimentu x 0,38

y [mm] \ x	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																								
-0,25																								
-0,2																				0,38	0,3	0,34	0,3	0,19
-0,15																				0,46	0,38	0,38	0,3	0,23
-0,1																				0,49	0,46	0,38	0,34	0,23
-0,05																				0,53	0,42	0,38	0,34	0,23
0																				0,53	0,46	0,38	0,34	0,23
0,05																				0,57	0,46	0,38	0,38	0,23
0,1																				0,61	0,53	0,46	0,38	0,23
0,15																				0,57	0,57	0,49	0,38	0,27
0,2																				0,53	0,53	0,46	0,38	0,27
0,25																				0,53	0,49	0,46	0,42	0,27
0,3										0,152	0,19	0,3	0,38	0,49	0,53	0,57	0,57	0,57	0,53	0,46	0,46	0,42	0,38	0,27
0,35										0,266	0,304	0,38	0,46	0,49	0,53	0,53	0,57	0,53	0,53	0,49	0,42	0,38	0,38	0,27
0,4										0,228	0,266	0,3	0,34	0,38	0,38	0,38	0,42	0,38	0,38	0,42	0,38	0,38	0,38	0,27
0,45										0,228	0,228	0,27	0,3	0,34	0,34	0,34	0,38	0,34	0,38	0,38	0,38	0,34	0,34	0,27
0,5										0,19	0,228	0,23	0,23	0,27	0,27	0,27	0,27	0,3	0,3	0,3	0,27	0,27	0,23	0,19

obr. 57 Hodnoty z experimentu vynásobené hodnotou 0,38

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Rozdíl v absolutní hodnotě: experiment x 0,38 - hodnoty ze simulace

y [mm] \ x	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																								
-0,25																								
-0,2																				0,13	0,15	0,05	0,03	0,08
-0,15																				0,01	0,06	0,15	0,13	0,11
-0,1																				0,05	0,02	0,02	0,05	0,00
-0,05																				0,12	0,12	0,08	0,06	0,12
0																				0,02	0,00	0,00	0,02	0,06
0,05																				0,04	0,03	0,00	0,09	0,01
0,1																				0,10	0,03	0,01	0,02	0,05
0,15																				0,16	0,01	0,03	0,01	0,05
0,2																				0,17	0,04	0,02	0,04	0,02
0,25																				0,10	0,08	0,00	0,09	0,02
0,3										0,01	0,01	0,11	0,07	0,02	0,11	0,11	0,07	0,07	0,05	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01
0,35										0,12	0,15	0,02	0,10	0,10	0,01	0,01	0,07	0,00	0,04	0,07	0,03	0,00	0,04	0,00
0,4										0,11	0,13	0,07	0,06	0,08	0,07	0,06	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,01
0,45										0,13	0,10	0,07	0,08	0,12	0,05	0,04	0,08	0,00	0,01	0,06	0,13	0,13	0,12	0,03
0,5										0,11	0,10	0,07	0,06	0,11	0,06	0,07	0,03	0,06	0,01	0,00	0,04	0,09	0,07	0,02

Průměrná absolutní chyba = 0,06

Průměrná absolutní chyba bez modře vyznačených hodnot = 0,05

Maximální absolutní chyba = 0,17

obr. 58 Absolutní rozdíl upravených hodnot z experimentu a skutečných hodnot ze simulace

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Rozdíl v absolutní hodnotě/simulace=%

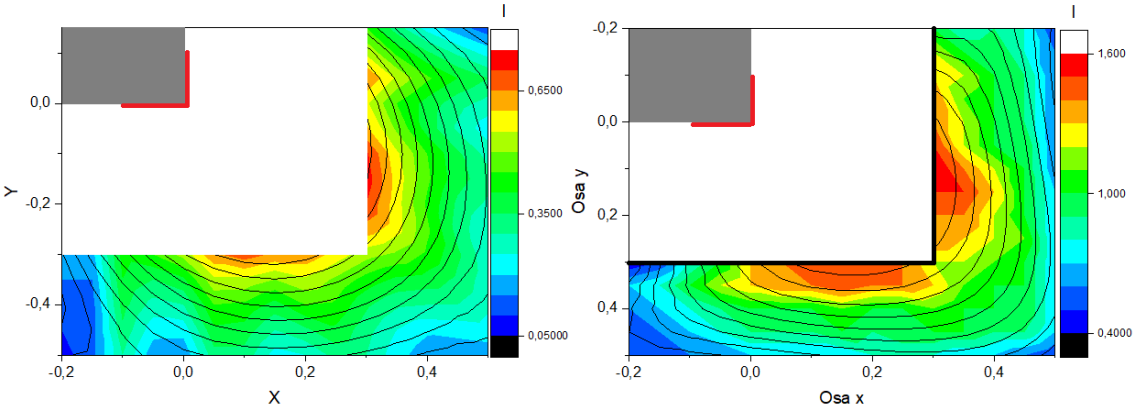
y [mm] \ x	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																								
-0,25																								
-0,2																				25%	32%	12%	8%	30%
-0,15																				2%	18%	62%	79%	86%
-0,1																				9%	3%	5%	18%	0%
-0,05																				18%	22%	17%	14%	34%
0																				4%	1%	1%	6%	20%
0,05																				7%	7%	0%	31%	4%
0,1																				14%	5%	1%	6%	19%
0,15																				22%	2%	7%	3%	17%
0,2																				24%	7%	4%	12%	8%
0,25																				16%	13%	1%	27%	6%
0,3										8%	5%	27%	15%	5%	17%	16%	11%	11%	9%	11%	7%	5%	6%	2%
0,35										78%	100%	4%	29%	26%	1%	1%	14%	1%	9%	16%	7%	0%	12%	1%
0,4										86%	97%	18%	22%	28%	16%	14%	11%	16%	14%	17%	22%	29%	27%	2%
0,45										138%	76%	21%	38%	56%	12%	10%	27%	1%	3%	19%	52%	63%	55%	14%
0,5										151%	73%	23%	34%	67%	19%	20%	15%	24%	4%	1%	20%	54%	46%	14%

Průměrná absolutní chyba vyjádřená v procentech poměru absolutních chyb a hodnot simulace = 14%

(bez modře vyznačených hodnot)

obr. 59 Procentuální vyjádření poměru rozdílu v absolutní hodnotě a hodnot simulace

Porovnání tvaru křivek, které vykresluje simulace, a kterých bylo dosaženo experimentem, je možné pouze při idealizování hvězdicového tvaru, jenž je uměle vytvořen z důvodu funkčnosti výpočetního softwaru. Zároveň je nutné podotknout, že hodnoty ze simulace nejsou ustálené. Pokud by byl výpočet prodloužen, byly by hodnoty hustoty tepelného toku větší a symetričtěji rozděleny. Obecně lze říci, že rozdíl 14 % mezi idealizací a hodnotami ze simulace je poměrně uspokojivý, a že by mohlo být dosaženo shodného tvaru křivky vykreslující požadovanou hustotu tepelného toku.



(a) *(b)*

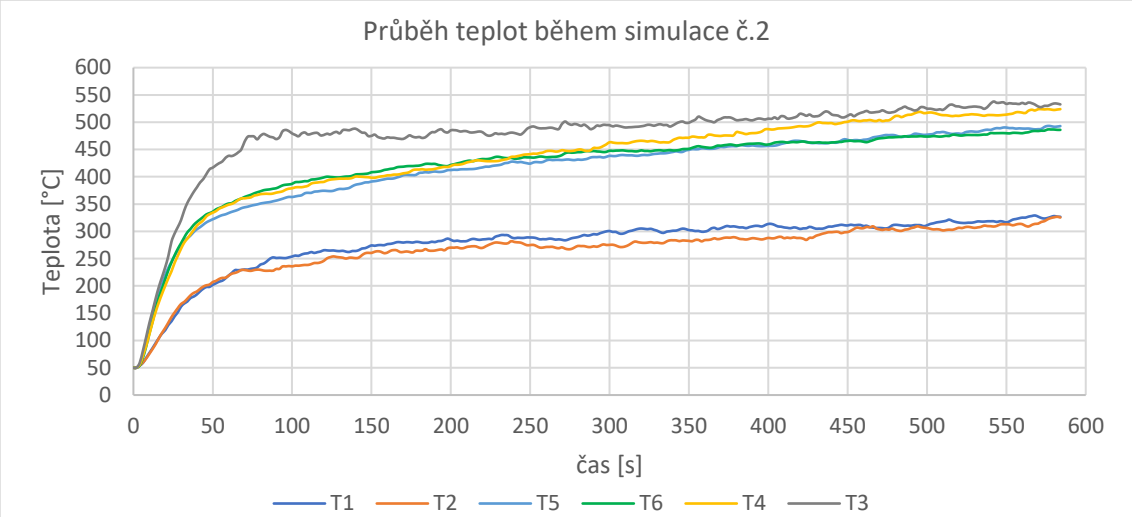
obr. 60 Vykreslení křivek programem Origin - (a) simulace; (b) experiment

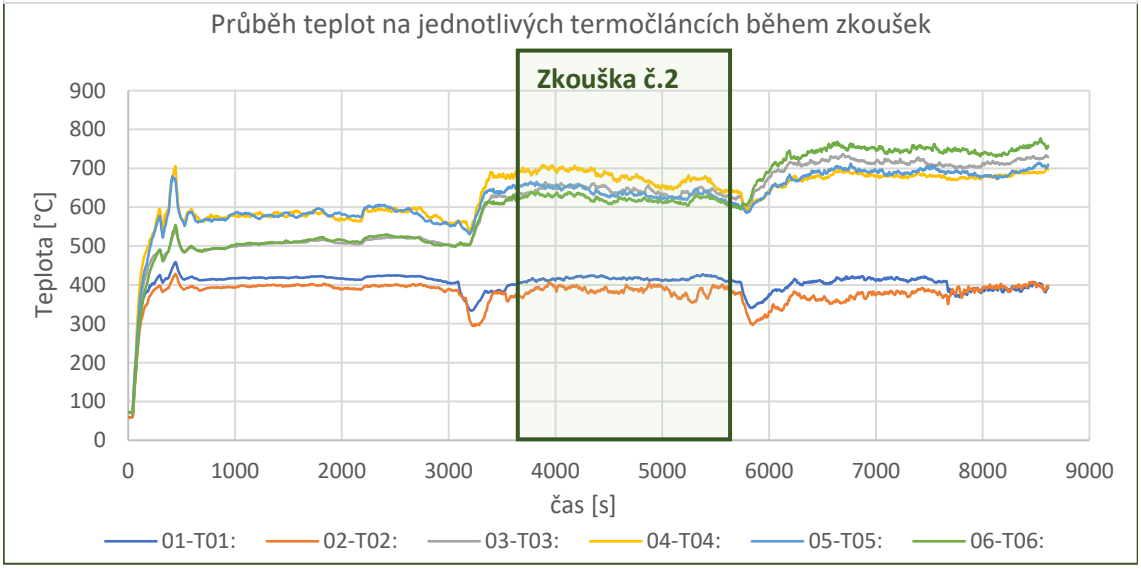
Na obr. 60 je znázorněno porovnání křivek odstupových vzdáleností vytvořených programem Origin. Je nutné upozornit na fakt, že porovnání není provedeno za shodných podmínek. Simulace je vykreslena pro hodnoty hustoty tepelného toku ve 642 s, ve kterém ještě nedošlo k ustálenému stavu, kdežto experiment je vykreslen při ustáleném stavu. Je možné si všimnout odchylek především v části ostění jednotlivých okenních otvorů. Změna je pravděpodobně způsobena nedostatečným prohřátím okolního prostoru. Shodný nárůst hustoty tepelného toku je patrný. Vzhledem k malým rozměrům okenních otvorů je možné zaznamenat v obrázku simulace hvězdicovitý tvar, jehož vlivem došlo k částečné úpravě křivek.

3. VÝSLEDEK SIMULACE ROHOVÉHO OKNA O ŠÍŘI OKEN 1,0 A 1,0 M

Zdrojový kód simulace je shodný se simulací č.1. Změněny byly rozměry oken a výkon hořáku. Byly přidány další radiometry tak, aby byly zhodnoceny všechny body, které byly změřeny v rámci experimentu.

Výpočet probíhal zhruba 4 týdny. V rámci simulace bylo vykresleno 584 sekund. Tato doba opět nebyla dostačující k zajištění ustáleného stavu. Teploty na jednotlivých termočláncích stále rostou. Teploty nedosahují stejné velikosti, ovšem na základě porovnání nárůstu teplot na termočláncích je možné říci, že se rozložení teplot podobá – viz obr. 61. Teplota na T4 by při dalších sekundách dále stoupala a byla by nejvyšší. Rozložení křivek je téměř shodné.





obr. 61 Porovnání průběhu teplot během simulace č.2 a zkoušky č.2

Zaznamenané hustoty tepelného toku během simulace jsou vypsány v následujícím obr. 62. Opět je možné si všimnout hvězdicového tvaru. Ten ovšem není tak dramatický jako při simulaci č.1. Výsledné hodnoty opět neodpovídají naměřeným tokům při experimentu z důvodu nízké teploty.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty ze simulace

y [mm] \ x	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																					1,33	1,14	1,00	0,87	0,77
-0,25																					1,42	1,19	1,02	0,89	0,89
-0,2																					2,12	1,77	1,47	1,21	0,97
-0,15																					2,03	1,59	1,29	1,08	0,91
-0,1																					2,09	1,67	1,33	1,07	0,88
-0,05																					2,29	1,93	1,61	1,31	1,05
0																					2,00	1,73	1,52	1,32	1,11
0,05																					2,16	1,72	1,42	1,17	1,01
0,1																					2,28	1,85	1,46	1,17	0,97
0,15																					2,21	1,91	1,58	1,20	0,96
0,2																					1,96	1,73	1,50	1,24	0,99
0,25																					1,76	1,57	1,36	1,15	0,94
0,3									0,66	0,81	1,24	1,39	2,16	2,29	2,28	2,48	2,51	2,09	1,90	1,82	1,58	1,35	1,21	1,04	0,89
0,35									0,64	0,71	1,10	1,19	1,78	1,85	1,76	2,11	2,18	1,80	1,61	1,54	1,41	1,21	1,04	0,93	0,81
0,4									0,57	0,62	0,99	1,04	1,47	1,53	1,39	1,70	1,86	1,57	1,41	1,30	1,19	1,06	0,90	0,79	0,70
0,45									0,48	0,62	0,88	0,92	1,20	1,28	1,13	1,35	1,53	1,40	1,20	1,13	0,99	0,87	0,75	0,67	0,61
0,5									0,39	0,51	0,78	0,81	0,96	1,06	0,95	1,07	1,23	1,18	1,02	0,96	0,85	0,73	0,64	0,54	0,50

obr. 62 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

Hodnoty simulace byly porovnány s experimentem. Poměr hodnot vyjádřený procenty je minimálně 20 % a maximálně 47 %. Průměrný poměr je 35 %. V porovnání s první simulací není minimum a maximum tolik odlehlé. Při první simulaci byl poměr minimálně na 15 % a maximálně na 52 %. Z důvodu snížení odchylek nebyla provedena úprava přes Gaussovu křivku a vyjádření 5 % a 95 % kvantilu.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty z experimentu

y [mm] \ x	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				4,4	4	3,2	2,9	1,8
-0,25																				5	4,5	3,5	3,2	2
-0,2																				5,7	4,9	3,7	3,2	2,1
-0,15																				6	5	3,8	3,3	2,3
-0,1																				5,8	5,2	3,7	3,4	2,3
-0,05																				5,5	5,2	3,9	3,3	2,4
0																				5,5	5,4	3,9	3,4	2,5
0,05																				5,9	5,5	4,1	3,7	2,6
0,1																				5,5	5,4	4,1	3,8	2,8
0,15																				5	5,4	4,1	3,6	2,8
0,2																				4,5	5	3,9	3,2	2,6
0,25																				4,4	4,5	3,7	3,3	2,8
0,3								2,2	2,7	3,4	4	4,9	5,3	5,4	5,7	5,4	5,2	4,7	4,3	3,8	4,4	3,5	3,1	2,6
0,35								3	3,5	3,9	4,4	4,6	5,4	5,4	5,5	5,3	5,2	5,2	4,6	4,4	4,2	3,3	3	2,5
0,4								2,6	2,8	3,1	3,5	3,8	3,8	4,3	4,1	4	3,8	3,8	3,5	3,4	3,2	3,1	2,8	2,3
0,45								2,1	2,3	2,6	2,7	2,9	3,2	3,2	3,2	3,4	3,4	3,2	3,2	3,2	3	2,8	2,7	2,3
0,5								1,9	2,2	2,3	2,5	2,5	2,7	2,8	2,8	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,5	2,3	2,2	2

obr. 63 Naměřené hodnoty při zkoušce č.2 zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty z experimentu x 0,35

y [mm] \ x	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				1,54	1,4	1,12	1,02	0,63
-0,25																				1,75	1,58	1,23	1,12	0,7
-0,2																				2	1,72	1,3	1,12	0,74
-0,15																				2,1	1,75	1,33	1,16	0,81
-0,1																				2,03	1,82	1,3	1,19	0,81
-0,05																				1,93	1,82	1,37	1,16	0,84
0																				1,93	1,89	1,37	1,19	0,88
0,05																				2,07	1,93	1,44	1,3	0,91
0,1																				1,93	1,89	1,44	1,33	0,98
0,15																				1,75	1,89	1,44	1,26	0,98
0,2																				1,58	1,75	1,37	1,12	0,91
0,25																				1,54	1,58	1,3	1,16	0,98
0,3								0,77	0,95	1,19	1,4	1,72	1,86	1,89	2	1,89	1,82	1,65	1,51	1,33	1,54	1,23	1,09	0,91
0,35								1,05	1,23	1,37	1,54	1,61	1,89	1,89	1,93	1,86	1,82	1,82	1,61	1,54	1,47	1,16	1,05	0,88
0,4								0,91	0,98	1,09	1,23	1,33	1,33	1,51	1,44	1,4	1,33	1,33	1,23	1,19	1,12	1,09	0,98	0,81
0,45								0,74	0,81	0,91	0,95	1,02	1,12	1,12	1,12	1,19	1,19	1,12	1,12	1,12	1,05	0,98	0,95	0,81
0,5								0,67	0,77	0,81	0,88	0,88	0,95	0,98	0,98	1,09	1,02	0,98	0,91	0,91	0,88	0,81	0,77	0,7

obr. 64 Hodnoty z experimentu vynásobené hodnotou 0,35

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Rozdíl v absolutní hodnotě: experiment x 0,35 - hodnoty ze simulace

y [mm] \ x	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				0,21	0,26	0,12	0,14	0,14
-0,25																				0,33	0,39	0,2	0,23	0,19
-0,2																				0,13	0,05	0,18	0,09	0,24
-0,15																				0,07	0,16	0,04	0,08	0,1
-0,1																				0,06	0,15	0,03	0,12	0,08
-0,05																				0,37	0,11	0,24	0,15	0,21
0																				0,07	0,16	0,15	0,13	0,23
0,05																				0,1	0,21	0,02	0,12	0,1
0,1																				0,36	0,04	0,03	0,16	0,01
0,15																				0,46	0,02	0,15	0,06	0,02
0,2																				0,38	0,02	0,14	0,12	0,08
0,25																				0,22	0,01	0,06	0,01	0,04
0,3								0,11	0,13	0,05	0,01	0,45	0,43	0,39	0,49	0,62	0,27	0,26	0,31	0,25	0,19	0,02	0,04	0,02
0,35								0,41	0,52	0,26	0,35	0,17	0,04	0,13	0,19	0,33	0,02	0,21	0,07	0,13	0,26	0,12	0,12	0,07
0,4								0,34	0,36	0,1	0,18	0,14	0,2	0,12	0,26	0,46	0,24	0,08	0,07	0	0,06	0,18	0,19	0,1
0,45								0,25	0,18	0,03	0,03	0,18	0,16	0,01	0,23	0,34	0,21	0,08	0,01	0,13	0,18	0,23	0,27	0,2
0,5								0,27	0,26	0,02	0,07	0,08	0,11	0,03	0,09	0,14	0,16	0,04	0,05	0,06	0,14	0,17	0,23	0,2

Průměrná absolutní chyba = 0,17

Maximální absolutní chyba = 0,62

obr. 65 Absolutní rozdíl upravených hodnot z experimentu a skutečných hodnot ze simulace

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

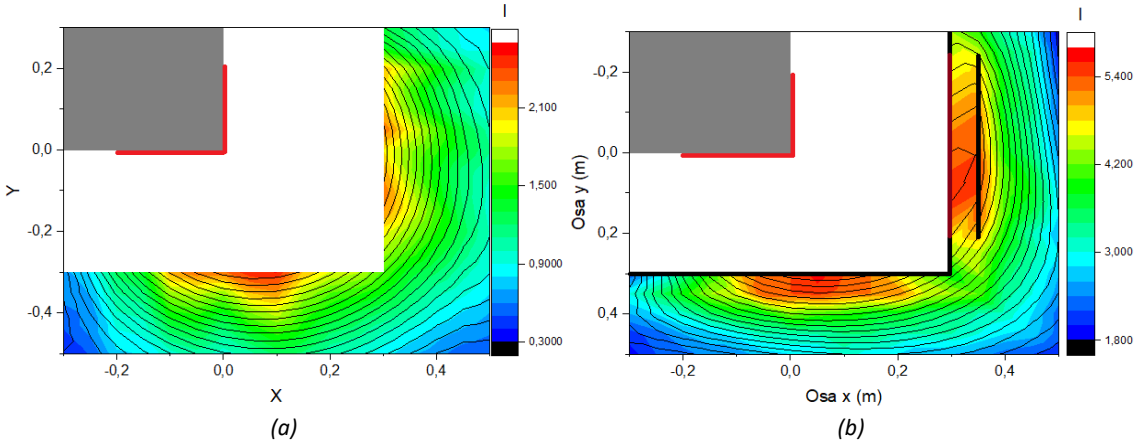
Rozdíl v absolutní hodnotě/simulace=%

y [mm] \ x	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				0,16	0,23	0,13	0,16	0,18
-0,25																				0,24	0,33	0,2	0,26	0,21
-0,2																				0,06	0,03	0,12	0,08	0,24
-0,15																				0,04	0,1	0,03	0,07	0,11
-0,1																				0,03	0,09	0,02	0,11	0,09
-0,05																				0,16	0,06	0,15	0,12	0,2
0																				0,04	0,09	0,1	0,1	0,21
0,05																				0,04	0,12	0,01	0,1	0,09
0,1																				0,16	0,02	0,02	0,14	0,01
0,15																				0,21	0,01	0,09	0,05	0,02
0,2																				0,2	0,01	0,09	0,1	0,08
0,25																				0,12	0,01	0,05	0,01	0,04
0,3								0,17	0,17	0,04	0,01	0,21	0,19	0,17	0,2	0,25	0,13	0,14	0,17	0,16	0,14	0,01	0,04	0,02
0,35								0,65	0,73	0,24	0,29	0,1	0,02	0,07	0,09	0,15	0,01	0,13	0,05	0,09	0,22	0,11	0,13	0,08
0,4								0,6	0,57	0,1	0,18	0,09	0,13	0,08	0,16	0,25	0,15	0,05	0,06	0	0,06	0,2	0,24	0,15
0,45								0,53	0,29	0,03	0,03	0,15	0,13	0,01	0,17	0,22	0,15	0,07	0,01	0,13	0,2	0,31	0,41	0,32
0,5								0,7	0,52	0,03	0,08	0,09	0,11	0,03	0,08	0,12	0,14	0,04	0,05	0,06	0,19	0,26	0,42	0,41

Průměrná absolutní chyba vyjádřená v procentech poměru absolutních chyb a hodnot simulace = 15%

obr. 66 Procentuální vyjádření poměru rozdílu v absolutní hodnotě a hodnot simulace

Posuzovány jsou všechny hodnoty bez nutnosti vyčlenění odlehlých oblastí. I v tomto případě je možné zaznamenat částečně hvězdicovitý tvar, který ovšem v konečném porovnání není natolik odlehlý od skutečného stavu. Výsledný rozdíl mezi hustotami tepelného toku zjištěnými simulací v porovnání s experimentem je 15 %. Tvary se značně podobají.



obr. 67 Vykreslení křivek programem Origin - (a) simulace; (b) experiment

Na obr. 67 je znázorněno porovnání křivek odstupových vzdáleností. Je nutné upozornit na fakt, že porovnání není provedeno za shodných podmínek. Simulace je vykreslena pro hodnoty hustoty tepelného toku ve 584 s, ve kterém ještě nedošlo k ustálenému stavu, kdežto experiment je vykreslen při ustáleném stavu. Opět je možné si všimnout odchylek především v části ostění jednotlivých okenních otvorů. Jak již bylo zmíněno, změna je pravděpodobně způsobena nedostatečným prohřátím okolního prostoru. Shodný nárůst hustoty tepelného toku je patrný. Otvory v obvodových stěnách jsou stále poměrně malé a je tedy možné zaznamenat v obrázku simulace hvězdicovitý tvar, jehož vlivem došlo k částečné úpravě křivek.

4. VÝSLEDEK SIMULACE ROHOVÉHO OKNA O ŠÍŘI OKEN 2,0 A 1,0 M

Zdrojový kód simulace je shodný se simulací č.1. Změněny byly rozměry oken a výkon hořáku. Byly přidány další radiometry tak, aby byly zhodnoceny všechny body, které byly změřeny v rámci experimentu.

Výpočet probíhal zhruba 4 týdny. V rámci simulace bylo vykresleno 534 sekund. Tato doba opět nebyla dostačující k zajištění ustáleného stavu. Teploty na jednotlivých termočláncích stále rostou. Pořadí křivek tentokrát není shodné. Změna může být způsobena nedostatečným prohřátím okolního prostoru a cirkulací vzduchu. Teploty nedosahují stejné velikosti, ovšem se dá předpokládat, že by se v následujících minutách zvýšily a byly by srovnatelné s teplotami v průběhu experimentu.

obr. 68 Porovnání průběhu teplot během simulace č.3 a zkoušky č.3

Zaznamenané hustoty tepelného toku během simulace jsou vypsány v následujícím obr. 69. V části okna šíře 2 m se již hvězdicovitý tvar ztrácí a přechází do hladšího tvaru. V části okna o šíři 1 m je hvězdicovitý tvar stále patrný. Výsledné hodnoty opět neodpovídají naměřeným tokům při experimentu z důvodu nízké teploty.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty ze simulace

y \ x [mm]	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																					2,31	2,03	1,79	1,58	1,39
-0,25																					2,54	2,13	1,83	1,59	1,59
-0,2																					3,80	3,17	2,66	2,20	1,78
-0,15																					3,65	2,96	2,42	2,06	1,76
-0,1																					3,94	3,15	2,53	2,07	1,73
-0,05																					4,30	3,63	3,02	2,45	1,97
0																					3,96	3,45	3,01	2,56	2,12
0,05																					4,00	3,43	2,93	2,45	2,09
0,1																					3,98	3,36	2,81	2,36	2,01
0,15																					3,90	3,35	2,84	2,28	1,91
0,2																					3,66	3,12	2,68	2,25	1,86
0,25																					3,41	2,96	2,49	2,08	1,72
0,3					1,85	2,31	3,52	3,98	5,79	6,20	6,40	6,68	6,87	6,45	5,54	4,95	4,93	4,18	3,81	3,59	3,11	2,63	2,29	1,94	1,64
0,35					1,77	2,14	3,24	3,40	4,79	5,27	5,25	5,56	5,89	5,49	4,78	4,57	4,38	3,66	3,32	3,11	2,80	2,38	1,99	1,75	1,51
0,4					1,62	1,98	2,95	2,94	3,92	4,55	4,41	4,65	5,04	4,67	4,13	4,00	3,87	3,21	2,92	2,72	2,46	2,13	1,79	1,52	1,33
0,45					1,44	1,85	2,64	2,53	3,18	4,55	3,79	3,92	4,25	3,94	3,56	3,49	3,37	2,87	2,48	2,38	2,10	1,80	1,54	1,33	1,17
0,5					1,27	1,72	2,32	2,16	2,55	3,34	3,29	3,33	3,53	3,27	3,04	3,02	2,92	2,48	2,08	1,99	1,82	1,59	1,36	1,13	0,99

obr. 69 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

Hodnoty simulace byly porovnány s hodnotami experimentu. Průměrný poměr je 46 %. Zvětšením okenního otvoru na 2 m dochází k přeměně hvězdicového tvaru na tvar podobný experimentu. Proto není provedeno posouzení odlehlých oblastí.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty z experimentu

y [mm] \ x	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				6,1	5,6	5,2	4,8	2,3
-0,25																				7,6	6,6	5,9	5,2	2,7
-0,2																				8,5	7,1	6,5	5,6	2,8
-0,15																				8,9	7,6	6,7	6,3	3,2
-0,1																				8,9	7,5	7	5,9	3,2
-0,05																				8,8	7,6	6,6	5,9	3,2
0																				9,3	7,5	6,9	6,1	3,4
0,05																				9	7,7	7	6,3	3,8
0,1																				9,3	7,5	7	6,2	3,7
0,15																				8,8	7,4	7	5,9	3,6
0,2																				8,5	7	6,5	5,9	3,5
0,25																				8	6,5	6,4	5,7	3,4
0,3				5	6	7,1	8,9	10,1	11,7	12,3	12,7	12,5	11,7	11,7	10,8	10,2	9,3	8,7	8	7,2	6	6,1	5,4	3,2
0,35				4,7	5,5	6,3	7	8,6	8,6	9,6	9,8	9,6	9,5	9,1	8,6	8,1	7,6	7	6,6	6,3	5,9	5,9	5,3	3
0,4				4,3	5	5,7	5,9	6,8	7,8	7,8	8,6	8,8	8,4	8,5	8,1	7,8	7,4	7	6,7	6,1	5,7	5,6	5	3
0,45				4,2	4,6	5,2	5,8	6,4	6,5	7,2	7,5	7,7	7,3	7,2	6,9	6,5	6,2	6,1	5,9	5,5	5,2	5	4,8	2,8
0,5				3,5	4	4,3	4,6	4,8	5,5	5,5	5,5	5,5	5,4	5,2	4,8	4,6	4,3	4,1	3,7	3,5	3,4	3	2,8	2,6

obr. 70 Naměřené hodnoty při zkoušce č.3 zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty z experimentu x 0,46

y [mm] \ x	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				2,835	2,602	2,417	2,231	1,069
-0,25																				3,532	3,067	2,742	2,417	1,255
-0,2																				3,95	3,3	3,021	2,602	1,301
-0,15																				4,136	3,532	3,114	2,928	1,487
-0,1																				4,136	3,485	3,253	2,742	1,487
-0,05																				4,09	3,532	3,067	2,742	1,487
0																				4,322	3,485	3,207	2,835	1,58
0,05																				4,183	3,578	3,253	2,928	1,766
0,1																				4,322	3,485	3,253	2,881	1,72
0,15																				4,09	3,439	3,253	2,742	1,673
0,2																				3,95	3,253	3,021	2,742	1,627
0,25																				3,718	3,021	2,974	2,649	1,58
0,3				2,324	2,788	3,3	4,136	4,694	5,437	5,716	5,902	5,809	5,437	5,437	5,019	4,74	4,322	4,043	3,718	3,346	2,788	2,835	2,51	1,487
0,35				2,184	2,556	2,928	3,253	3,997	3,997	4,461	4,554	4,461	4,415	4,229	3,997	3,764	3,532	3,253	3,067	2,928	2,742	2,742	2,463	1,394
0,4				1,998	2,324	2,649	2,742	3,16	3,625	3,625	3,997	4,09	3,904	3,95	3,764	3,625	3,439	3,253	3,114	2,835	2,649	2,602	2,324	1,394
0,45				1,952	2,138	2,417	2,695	2,974	3,021	3,346	3,485	3,578	3,393	3,346	3,207	3,021	2,881	2,835	2,742	2,556	2,417	2,324	2,231	1,301
0,5				1,627	1,859	1,998	2,138	2,231	2,556	2,556	2,556	2,556	2,51	2,417	2,231	2,138	1,998	1,905	1,72	1,627	1,58	1,394	1,301	1,208

obr. 71 Hodnoty z experimentu vynásobené hodnotou 0,46

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Rozdíl v absolutní hodnotě: experiment x 0,46 - hodnoty ze simulace

y \ x [mm]	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				0,53	0,58	0,63	0,65	0,32
-0,25																				0,99	0,94	0,91	0,82	0,34
-0,2																				0,15	0,12	0,36	0,4	0,48
-0,15																				0,48	0,61	0,69	0,87	0,27
-0,1																				0,2	0,33	0,72	0,67	0,25
-0,05																				0,21	0,1	0,05	0,29	0,49
0																				0,36	0,04	0,21	0,28	0,54
0,05																				0,19	0,15	0,32	0,48	0,32
0,1																				0,34	0,13	0,44	0,52	0,29
0,15																				0,19	0,08	0,42	0,46	0,24
0,2																				0,29	0,13	0,34	0,49	0,24
0,25																				0,31	0,06	0,48	0,57	0,14
0,3						0,22	0,16	1,1	0,77	0,68	0,77	1,06	1,02	0,1	0,07	0,19	0,14	0,23	0,13	0,23	0,16	0,54	0,57	0,15
0,35						0,31	0,15	0,79	1,28	0,79	1	1,43	1,07	0,55	0,58	0,62	0,13	0,06	0,04	0,13	0,37	0,75	0,71	0,11
0,4						0,3	0,2	0,76	0,92	0,79	0,65	0,95	0,77	0,18	0,24	0,24	0,23	0,33	0,39	0,37	0,52	0,82	0,81	0,07
0,45						0,22	0,16	0,21	1,53	0,44	0,43	0,68	0,55	0,21	0,28	0,35	0,01	0,36	0,36	0,45	0,61	0,78	0,9	0,13
0,5						0,32	0,02	0,32	0,78	0,74	0,78	0,97	0,76	0,62	0,79	0,78	0,48	0,18	0,28	0,2	0,01	0,03	0,17	0,22

Průměrná absolutní chyba = 0,45

Maximální absolutní chyba = 1,53

obr. 72 Absolutní rozdíl upravených hodnot z experimentu a skutečných hodnot ze simulace

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

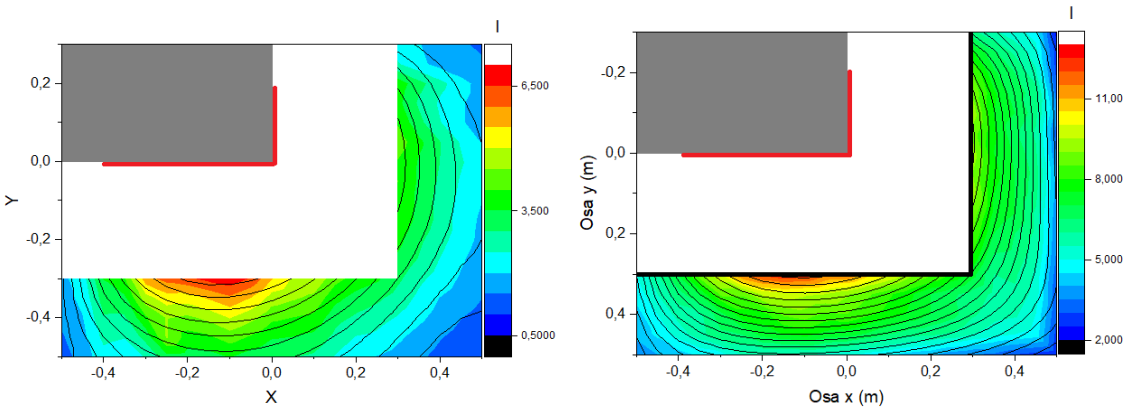
Rozdíl v absolutní hodnotě/simulace=%

y \ x [mm]	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																								
-0,6																								
-0,55																								
-0,5																								
-0,45																								
-0,4																								
-0,35																								
-0,3																				0,23	0,28	0,35	0,41	0,23
-0,25																				0,39	0,44	0,5	0,52	0,21
-0,2																				0,04	0,04	0,13	0,18	0,27
-0,15																				0,13	0,21	0,28	0,42	0,16
-0,1																				0,05	0,11	0,29	0,33	0,14
-0,05																				0,05	0,03	0,02	0,12	0,25
0																				0,09	0,01	0,07	0,11	0,25
0,05																				0,05	0,04	0,11	0,19	0,16
0,1																				0,09	0,04	0,16	0,22	0,14
0,15																				0,05	0,03	0,15	0,2	0,13
0,2																				0,08	0,04	0,13	0,22	0,13
0,25																				0,09	0,02	0,19	0,27	0,08
0,3						0,06	0,04	0,19	0,12	0,11	0,12	0,15	0,16	0,02	0,01	0,04	0,03	0,06	0,04	0,07	0,06	0,24	0,29	0,09
0,35						0,1	0,04	0,16	0,24	0,15	0,18	0,24	0,2	0,12	0,13	0,14	0,04	0,02	0,01	0,05	0,15	0,38	0,41	0,07
0,4						0,1	0,07	0,19	0,2	0,18	0,14	0,19	0,16	0,04	0,06	0,06	0,07	0,11	0,15	0,15	0,25	0,46	0,53	0,05
0,45						0,08	0,06	0,07	0,34	0,12	0,11	0,16	0,14	0,06	0,08	0,1	0	0,14	0,15	0,22	0,34	0,51	0,67	0,11
0,5						0,14	0,01	0,13	0,23	0,22	0,23	0,28	0,23	0,2	0,26	0,27	0,19	0,08	0,14	0,11	0,01	0,02	0,15	0,22

Průměrná absolutní chyba vyjádřená v procentech poměru absolutních chyb a hodnot simulace = 16%

obr. 73 Procentuální vyjádření poměru rozdílu v absolutní hodnotě a hodnot simulace

Průměrná absolutní chyba je 0,45 kW·m^{-2}. V obr. 72 je možné zaznamenat 4 buňky s hodnotami většími než 1,0 kW·m^{-2}. Tyto hodnoty by v případě zhodnocení odlehlých oblastí mohly být vyčleněny, ovšem v tomto případě s nimi bylo i nadále počítáno. Z obr. 73 je patrné, že se procentuálně hodnoty výrazně neliší. Výsledný rozdíl mezi hustotami tepelného toku zjištěnými simulací v porovnání s experimentem je 15 %. Tvary se značně podobají.



(a) *(b)*

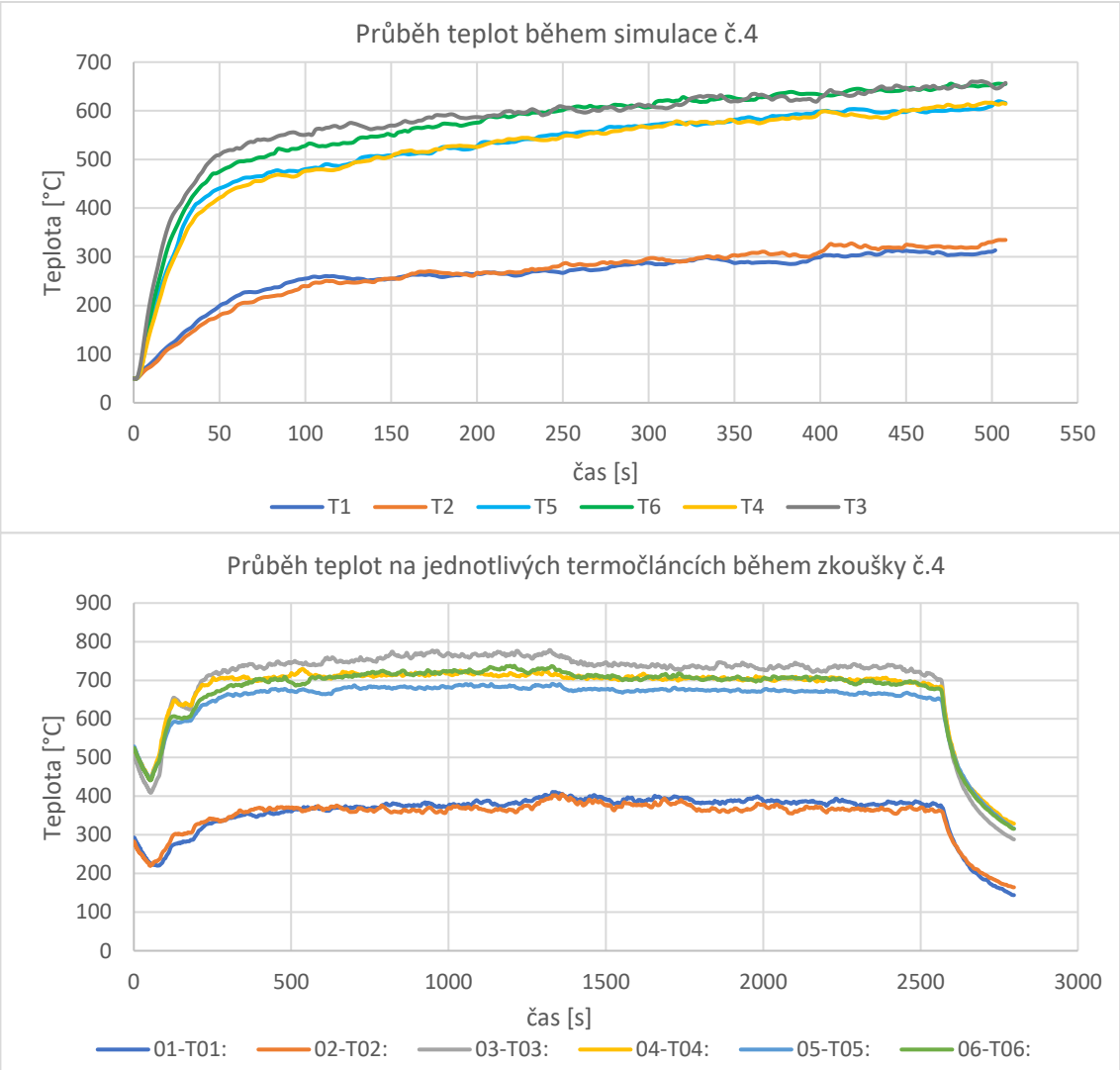
obr. 74 Vykreslení křivek programem Origin - (a) simulace; (b) experiment

Na obr. 74 je znázorněno porovnání křivek odstupových vzdáleností. Je nutné upozornit na fakt, že porovnání není provedeno za shodných podmínek. Simulace je vykreslena pro hodnoty hustoty tepelného toku ve 534 s, ve kterém ještě nedošlo k ustálenému stavu, kdežto experiment je vykreslen při ustáleném stavu. Křivky se poměrně podobají. V části ostění a v rohu simulace nejsou tolik rozsáhlé jako u experimentu. Opět je možné říci, že tato změna je pravděpodobně způsobena nedostatečným prohřátím okolního prostoru. Barevná škála na obou obrázcích je poměrně podobná. V části okenního otvoru o šíři 1 m je možné zaznamenat hvězdicovitý tvar.

5. VÝSLEDEK SIMULACE ROHOVÉHO OKNA O ŠÍŘI OKEN 3,0 A 1,0 M

Zdrojový kód simulace je shodný se simulací č.1. Změněny byly rozměry oken a výkon hořáku. Byly přidány další radiometry tak, aby byly zhodnoceny všechny body, které byly změřeny v rámci experimentu.

Výpočet probíhal zhruba 4 týdny. V rámci simulace bylo vykresleno 508 sekund. Tato doba opět nebyla dostačující k zajištění ustáleného stavu. Teploty na jednotlivých termočláncích stále rostou. Teploty nedosahují stejné velikosti, ovšem na základě porovnání nárůstu teplot na termočláncích je možné říci, že se rozložení teplot podobá – viz obr. 75. Rozložení křivek je téměř shodné.



obr. 75 Porovnání průběhu teplot během simulace č.4 a zkoušky č.4

Zaznamenané hustoty tepelného toku během simulace jsou vypsány v následujícím obr. 76. Výsledné hodnoty opět neodpovídají naměřeným tokům při experimentu z důvodu nízké teploty.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty ze simulace

y [mm] \ x	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																					3,02	2,69	2,40	2,13	1,87
-0,25																					3,28	2,77	2,38	2,06	2,06
-0,2																					4,77	4,02	3,38	2,80	2,27
-0,15																					4,65	3,79	3,21	2,78	2,41
-0,1																					5,10	4,16	3,42	2,85	2,42
-0,05																					5,56	4,73	3,95	3,25	2,64
0																					5,14	4,46	3,87	3,30	2,74
0,05																					5,16	4,48	3,82	3,20	2,72
0,1																					5,19	4,42	3,72	3,14	2,66
0,15																					5,00	4,36	3,73	3,04	2,56
0,2																					4,63	4,01	3,48	2,96	2,49
0,25																					4,35	3,78	3,18	2,70	2,27
0,3	2,71	3,59	5,86	6,82	8,44	9,26	9,68	10,08	10,24	10,05	9,62	9,34	9,11	8,43	7,20	6,28	6,35	5,47	4,96	4,65	4,03	3,39	2,95	2,50	2,12
0,35	2,67	3,38	5,50	5,95	7,12	8,00	8,31	8,67	8,79	8,57	8,23	8,09	8,00	7,33	6,33	5,92	5,65	4,79	4,34	4,06	3,65	3,11	2,59	2,27	1,95
0,4	2,51	3,19	5,05	5,20	6,00	6,97	7,20	7,47	7,58	7,36	7,06	7,00	6,99	6,36	5,58	5,28	5,04	4,22	3,83	3,55	3,24	2,79	2,36	1,99	1,73
0,45	2,26	3,00	4,56	4,55	5,04	6,05	6,26	6,40	6,50	7,36	6,10	6,06	6,03	5,45	4,87	4,68	4,47	3,82	3,29	3,12	2,75	2,35	2,04	1,78	1,55
0,5	1,97	2,81	4,04	3,92	4,21	5,19	5,42	5,46	5,52	5,43	5,27	5,23	5,14	4,60	4,19	4,08	3,92	3,37	2,83	2,65	2,39	2,09	1,81	1,52	1,33

obr. 76 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty z experimentu

y [mm] \ x	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																							6,3	5,8	6,9
-0,25																							7,1	6,4	7,2
-0,2																							7,6	6,6	7,4
-0,15																							7,7	7	7,3
-0,1																							8,1	7,1	7,4
-0,05																							7,9	7,2	7,6
0																							8,4	7,5	7,7
0,05																							8,6	7,9	7,9
0,1																							8,6	7,7	8
0,15																							8,5	7,8	7,8
0,2																							8,3	7,5	7,5
0,25																							8,1	7,4	7,3
0,3	8,3	9,2	12,4	13,7	15	16,2	17	18	18,4	18,5													8	7	7,3
0,35																							7,5	6,8	7,2
0,4	7,2	7,9	9,4	10,2	11,4	12,2	12,5	12,7	13,3	13,4	13	12,8	12,5	11,8	12	10,5	10,5	9,7	9,2	8,8	8,2	7,7	7,2	6,6	6,9
0,45	6,3	7	8,6	9,4	9,6	10,3	10,9	11	11,3	10,9	10,8	10,5	10,1	9,3	8,8	8,8	8,6	8,6	8,4	7,7	7,3	7,3	6,7	6,6	6,6
0,5	6,3	6,8	7,7	8,5	9	9,7	9,9	10,3	10,3	10,1	9,7	10,1	9,6	9,4	9,3	8,6	8,5	8,1	8,1	7,6	7,5	7,2	6,6	6,5	6,5

obr. 77 Naměřené hodnoty při zkoušce č.4 zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model.

Hodnoty simulace byly porovnány s hodnotami experimentu. V experimentu byly kompletně změřeny pouze 3 řady bodů, proto porovnání simulace a experimentu je provedeno pouze pro tyto řady. Průměrný poměr je 43 %. K hvězdicovému tvaru u okenního otvoru šíře 3,0 m nedochází. Tvar připomíná zakreslení odstupových vzdáleností pomocí zpřesněných výpočtů odstupových vzdáleností z hlediska sálání. V části okenního otvoru šíře 1,0 m nedochází ke změnám hvězdicového tvaru. Není provedeno posouzení odlehlých oblastí. Výsledné vykreslení programem Origin je provedeno pro všechny hodnoty hustoty tepelného toku zjištěné simulací.

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Hodnoty z experimentu x 0,43

y [mm] \ x	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																							2,702	2,487	2,959
-0,25																							3,045	2,745	3,088
-0,2																							3,259	2,83	3,173
-0,15																							3,302	3,002	3,13
-0,1																							3,474	3,045	3,173
-0,05																							3,388	3,088	3,259
0																							3,602	3,216	3,302
0,05																							3,688	3,388	3,388
0,1																							3,688	3,302	3,431
0,15																							3,645	3,345	3,345
0,2																							3,559	3,216	3,216
0,25																							3,474	3,173	3,13
0,3																							3,431	3,002	3,13
0,35																							3,216	2,916	3,088
0,4	3,088	3,388	4,031	4,374	4,889	5,232	5,36	5,446	5,703	5,746	5,575	5,489	5,36	5,06	5,146	4,503	4,503	4,16	3,945	3,774	3,516	3,302	3,088	2,83	2,959
0,45	2,702	3,002	3,688	4,031	4,117	4,417	4,674	4,717	4,846	4,674	4,631	4,503	4,331	3,988	3,774	3,774	3,688	3,688	3,602	3,302	3,13	3,13	2,873	2,83	2,83
0,5	2,702	2,916	3,302	3,645	3,859	4,16	4,245	4,417	4,417	4,331	4,16	4,331	4,117	4,031	3,988	3,688	3,645	3,474	3,474	3,259	3,216	3,088	2,83	2,787	2,787

obr. 78 Hodnoty z experimentu vynásobené hodnotou 0,43

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

Rozdíl v absolutní hodnotě: experiment x 0,38 - hodnoty ze simulace

y [mm] \ x	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																							0,305	0,361	1,088
-0,25																							0,661	0,682	1,025
-0,2																							0,125	0,028	0,905
-0,15																							0,091	0,227	0,723
-0,1																							0,056	0,196	0,75
-0,05																							0,567	0,159	0,622
0																							0,27	0,086	0,558
0,05																							0,135	0,186	0,667
0,1																							0,03	0,167	0,771
0,15																							0,088	0,308	0,787
0,2																							0,079	0,252	0,725
0,25																							0,297	0,476	0,862
0,3																							0,483	0,503	1,009
0,35																							0,63	0,646	1,14
0,4	0,581	0,198	1,027	0,829	1,112	1,736	1,841	2,026	1,88	1,614	1,489	1,516	1,63	1,304	0,432	0,776	0,54	0,058	0,116	0,226	0,274	0,507	0,729	0,836	1,227
0,45	0,446	6E-04	0,874	0,501	0,924	1,63	1,584	1,687	1,658	2,686	1,466	1,553	1,696	1,464	1,099	0,902	0,784	0,129	0,314	0,187	0,384	0,776	0,829	1,054	1,275
0,5	0,73	0,11	0,735	0,277	0,355	1,028	1,178	1,041	1,099	1,101	1,11	0,901	1,02	0,572	0,204	0,391	0,277	0,106	0,648	0,614	0,822	0,997	1,02	1,268	1,455

Průměrná absolutní chyba =	0,76
Maximální absolutní chyba =	2,69

obr. 79 Absolutní rozdíl upravených hodnot z experimentu a skutečných hodnot ze simulace

Zaznamenané hodnoty v bodech: kW/m² Velikost okenního otvoru

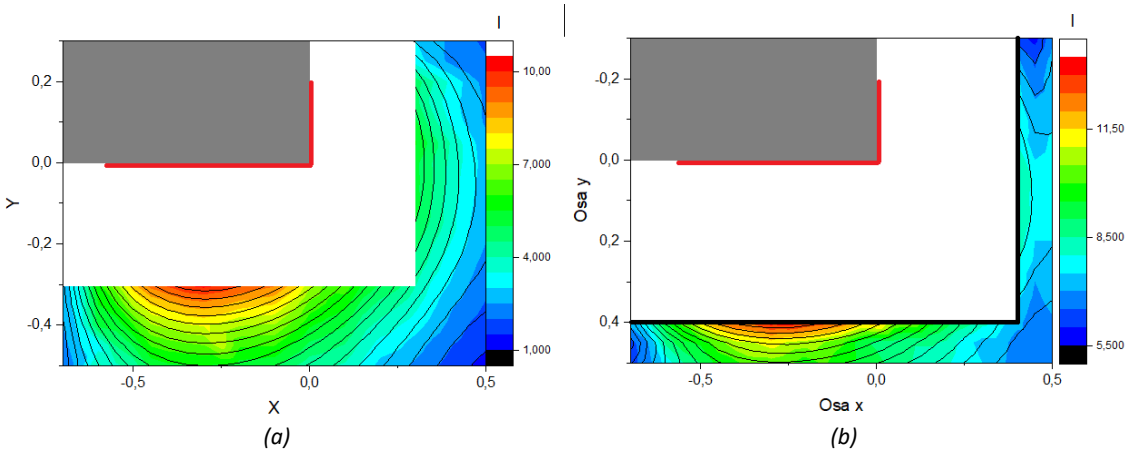
Rozdíl v absolutní hodnotě/simulace=%

y [mm] \ x	0,7	-0,65	-0,6	-0,55	-0,5	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
-0,65																									
-0,6																									
-0,55																									
-0,5																									
-0,45																									
-0,4																									
-0,35																									
-0,3																							0,127	0,17	0,581
-0,25																							0,277	0,331	0,497
-0,2																							0,037	0,01	0,399
-0,15																							0,028	0,082	0,3
-0,1																							0,016	0,069	0,31
-0,05																							0,143	0,049	0,236
0																							0,07	0,026	0,203
0,05																							0,035	0,058	0,245
0,1																							0,008	0,053	0,29
0,15																							0,023	0,101	0,308
0,2																							0,023	0,085	0,291
0,25																							0,093	0,176	0,38
0,3																							0,164	0,201	0,475
0,35																							0,243	0,285	0,585
0,4	0,232	0,062	0,203	0,159	0,185	0,249	0,256	0,271	0,248	0,219	0,211	0,216	0,233	0,205	0,077	0,147	0,107	0,014	0,03	0,064	0,085	0,181	0,309	0,419	0,708
0,45	0,198	2E-04	0,192	0,111	0,183	0,27	0,253	0,263	0,255	0,365	0,24	0,256	0,281	0,269	0,225	0,193	0,175	0,034	0,096	0,06	0,14	0,33	0,405	0,593	0,82
0,5	0,37	0,039	0,182	0,071	0,084	0,198	0,217	0,191	0,199	0,203	0,211	0,172	0,199	0,124	0,049	0,096	0,071	0,031	0,229	0,232	0,343	0,477	0,564	0,834	1,092

Průměrná absolutní chyba vyjádřená v procentech poměru absolutních chyb a hodnot simulace = 22%

obr. 80 Procentuální vyjádření poměru rozdílu v absolutní hodnotě a hodnot simulace

K větším odchylkám dochází v rohové části. Při zanedbání 4 nejvyšších rohových hodnot klesá průměrné procento absolutních chyb na 20 %. Tato poměrně velká chyba může být způsobena hodnotami naměřenými během experimentu v bodech o souřadnici x = 0,5. V těchto bodech jsou hustoty tepelného toku větší než v bodech o souřadnici x = 0,4. K tomuto stavu nikdy dojít nemůže, neboť ve vzdálenějších bodech je teplota nižší, a proto musí být hustota tepelného toku také nižší. V ostatních bodech je dosaženo uspokojivých odchylek. Především sálání z okna o šíři 1,0 m je velmi podobné experimentu. Ve 2/3 bodů je odchylka maximálně 6 %.



(a) *(b)*

obr. 81 Vykreslení křivek programem Origin - (a) simulace; (b) experiment

Vizuálně je poměrně komplikované posoudit tvary vykreslené programem Origin, neboť nebyly experimentálně naměřeny všechny body. Křivky simulace jsou více prohnuty. Je nutné upozornit na skutečnost, že při simulaci nebylo dosaženo ustáleného stavu. Vykreslený stav vypovídá 508. sekundě. Okolní prostor není natolik prohřátý jako při experimentu.

ČÁST V. ZÁVĚR A METODIKA

1. ZHODNOCENÍ VÝZKUMNÉ PRÁCE

Posouzení odstupových vzdáleností rohových oken bylo provedeno několika způsoby. Tabulková metoda dle ČSN 73 0802 a ČSN 73 0804 vykazuje shodné maximální hodnoty jako zpřesněný výpočet odstupových vzdáleností z hlediska sálání tepla. Tvar požárně nebezpečného prostoru se liší hlavně v části za ostěním okenních otvorů. V této části tabulkové posouzení nezohledňuje změnu polohového faktoru. Výsledné odstupové vzdálenosti směrem od ostění jsou značně konzervativní.

Zpřesněné výpočty neudávají stejné tvary křivek požárně nebezpečného prostoru. Výpočetní program p. Ing. Marka Pokorného, Ph.D. neudává výsledné odstupové vzdálenosti shodně jako výpočetní program vytvořený Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou Ostrava (VŠB-TUO). Výpočetní program VŠB-TUO vyšetřuje v přímém směru nejen odstupové vzdálenosti od středu okenního otvoru, ale také odstupové vzdálenosti ve čtvrtinách šířky těchto ploch. Dále od ostění stanovuje hustotu tepelného toku v závislosti na změně polohového faktoru. I přes uvedené rozdíly si jsou výsledné křivky vykreslující PNP těmito zpřesněnými metodami velmi podobné. Použití uvedených výpočetních programů je ekvivalentní.

Následně byly posouzeny odstupové vzdálenosti použitím CFD modelu. Maximální odstupové vzdálenosti jsou v porovnání s normovými přístupy větší přibližně o 2 desetiny metru. Při následném posuzování simulací vytvořených programem FDS a experimentu bylo zjištěno, že křivky pro určité hodnoty tepelného toku vykreslené příkazem INTEGRATED INTENSITY vycházejí větší než křivky o stejné velikosti hustoty tepelného toku zjišťované pomocí radiometrů natočených směrem ke zdroji hoření. Příkaz INTEGRATED INTENSITY totiž zohledňuje vlivy okolního prostoru na daný bod, ve kterém zjišťuje hustotu tepelného toku v $kW \cdot m^{-2}$, kdežto radiometry stanovují hustotu tepelného toku dopadajícího pod konkrétním úhlem na přijímací plochu a okolní vlivy nezohledňují. Výsledný tvar stanovený hustotami tepelného toku zjištěnými radiometry je tedy menší než skutečný, jenž zohledňuje i okolní prostředí.

Posouzení pomocí CFD modelů bylo nejprve provedeno v měřítku 1:1 pro jednotlivé otvory a následně byl zhodnocen vliv interakce umístění oken ve vnějším rohu objektu. Velikost požárně nebezpečného prostoru se v maximální rovnoběžné vzdálenosti s okenním otvorem nezměnila. Nezměnila se ani v místě vnějšího ostění. V rohu okna ovšem došlo ke zvětšení odstupové vzdálenosti o cca 25–50 mm[16]. V tomto prostoru došlo k překrytí jednotlivých „obláčků“ požárně nebezpečného prostoru, a proto je zde výsledný požárně nebezpečný prostor větší než prostor stanovený pro jednotlivé otvory.

Následně bylo provedeno zmenšení velikosti modelu na měřítko 1:5. Požární zatížení upraveno nebylo. Výsledné hodnoty zmenšeného modelu byly lineárně převedeny na měřítko 1:1, aby bylo možné je jednoduše porovnat. Lineárním zvětšením měřítka došlo ke zvětšení PNP o 10 % oproti posouzení přímo v měřítku 1:1[17]. Výsledná křivka PNP je velmi podobná.

Dále byl proveden experiment, kterým došlo k potvrzení efektu interakce jednotlivých okenních otvorů umístěných ve vnějším rohu obvodových stěn. Křivky vykreslené programem Origin se v této oblasti vzdalují od konstrukce stěn. Experiment byl následně vyhodnocován simulací v FDS. Vzhledem k nedostatku času ovšem nemohl být plnohodnotně posouzen, neboť

---

[16] *V závislosti na velikosti požárně otevřených ploch.*

[17] *Velikost požárně nebezpečného prostoru lineárně zvětšovat nelze. Stanovení hustoty tepelného toku není lineární funkcí. Vzhledem k posouzení tvaru bez ohledu na maximální velikost toto zvětšení být použito může.*

bylo nutné simulaci před dosažením ustáleného stavu zastavit. Přes tyto komplikace bylo ovšem zhodnocení provedeno a pomocí úpravy hodnot bylo zjištěno, že se simulace od experimentu odchyluje v první simulaci o 14 %, ve druhé o 15 % a ve třetí o 16 %. Tyto rozdíly mohou být způsobeny hvězdicovitým tvarem (který je vykreslován z důvodu funkčnosti programu FDS) a prohřátím okolního prostředí. Tvary křivek byly porovnány i vykreslením pomocí programu Origin, ve kterém byly rozdíly vizuálně promítnuty. Vzhledem k postupnému zvyšování teplot během simulací lze předpokládat, že by se okolní prostor více prohřál, tvary křivek by se tak mírně upravily a kopírovaly by tvar křivek experimentu.

Diplomová práce potvrzuje zvětšení odstupových vzdáleností v rohové oblasti. Zvětšení nastává v místě překrytí „obláčků“ PNP, ve kterém dochází k prohřívání oblasti ze dvou stran. Rovnice pro výpočet hustoty tepelného toku (1) možnost prohřátí nezahrnuje, a proto je nutné použít určité úpravy. Tuto skutečnost ČSN v přímém směru zohledňují zmenšením procenta otevřenosti. Zohlednění překrytí „obláčků“ jednotlivých PNP řešených jako 100 % požárně otevřené plochy stanoveno není. Tento problém nastává právě v řešení specifických oblastí, jako například rohových oken. Se zvětšením plochy překrytí PNP roste vliv na zvětšení PNP. Tvar PNP daný normovým způsobem (dle ČSN 73 0802 (04)) je v částech ostění velmi konzervativní, čímž v případě rohového okna o vnitřním úhlu 90° pokrývá zmíněné zvětšené oblasti.

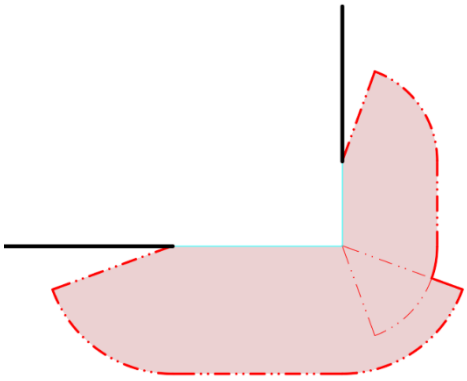
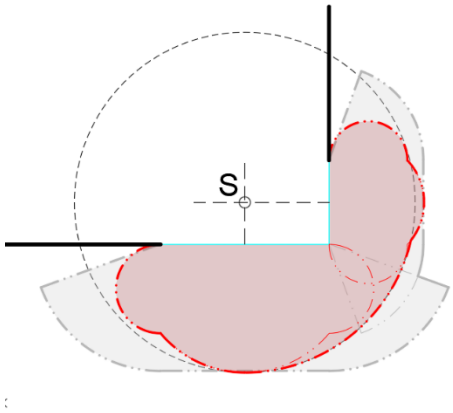
2. METODIKA

V práci byly posuzovány odstupové vzdálenosti rohového okna s vnitřním úhlem 90°. Níže uvedené postupy jsou stanoveny právě pro toto umístění oken. Postupy nemusí vždy platit v případě jiného rozmístění oken. V případě, že jeden PÚ obsahuje více okenních otvorů vedle sebe, je doporučeno řešit odstupové vzdálenosti běžným způsobem a zároveň provést posouzení samostatného rohového okna. Výsledný PNP odpovídá sjednocení těchto prostorů stanovených běžným způsobem i posouzením samostatného rohového okna.

Zjednodušeně je možné pro pravoúhlé dispozice oken použít jeden z následujících dvou postupů:

tab. 7 Metodika vykreslení PNP rohového okna

	Použitím tabulkových hodnot dle [2, 3]	**Použitím zpřesněného výpočtu** [10, 22]
1.	Stanovení odstupových vzdáleností pro jednotlivé okenní otvory (p_o = 100 %)	Stanovení odstupových vzdáleností pro jednotlivé okenní otvory (p_o = 100 %)
2.	Vykreslení PNP pomocí normového tvaru	Vykreslení zpřesněného tvaru PNP
3.	Velikost PNP je dána sjednocením PNP jednotlivých otvorů	Vynesení kolmic ze středu okenních otvorů směrem do objektu
4.		Protnutí kolmic je středem kružnice, která má poloměr o velikosti vzdálenosti střetu kolmic k maximální odstupové vzdálenosti ze středu jednotlivých okenních otvorů
5.		Velikost PNP je dána sjednocením PNP jednotlivých otvorů a kružnice se středem ve střetu vykreslených kolmic

VÝSLEDNÉ ZOBRAZENÍ		

3. DOPORUČENÍ PRO BUDOUCÍ PRÁCE

Problematika odstupových vzdáleností je velmi široká. Jak již bylo řečeno lze se zabývat například různými poměry oken v obvodových stěnách – změnou výšky či délky částí oken, dále změnou vnitřního úhlu, jež svírají obvodové stěny, a následně i zohledněním okolních oken v rámci jednoho požárního úseku. Vnější rohy nejsou jedinou problematikou. Další specifickou oblastí jsou vnitřní rohy či zaoblené fasády. Mimo jiné je možné posuzovat i vliv povrchové úpravy sousedních stěn na velikost PNP.

Na tuto diplomovou práci by bylo vhodné navázat právě posouzením vnitřního rohu objektu. Zde je možné vlivem orientace stěn zmenšit polohový faktor, čímž dochází ke snížení hustoty tepelného toku dopadajícího na tuto konstrukci. Vykreslený požárně nebezpečný prostor je z tohoto důvodu menší, což může být nebezpečné v případě umístění oken jiného požárního úseku na sousední stěnu. Zároveň se sousední stěna bude prohřívat sáláním z posuzovaného otvoru a vlivem zvyšující se teploty bude i tato sousední stěna sálat teplo. Na základě těchto skutečností může dojít v porovnání s výpočtem ke zvětšení odstupové vzdálenosti, neboť nedochází k ochlazování okolního prostoru (ve vodorovné rovině) ze tří stran ale jenom ze dvou – tudíž prostor lépe akumuluje teplo a předává ho do okolních konstrukcí.

V rámci zhodnocení simulací bylo zjištěno, že hustota tepelného toku dopadající na orientovaný radiometr pod určitým úhlem je menší než při zhodnocení hustoty tepelného toku s ohledem na okolní prostředí. Prohřívání okolního prostředí má vliv na velikost PNP, ovšem v případě zohlednění pouze jednoho směru je výsledkem menší hustota tepelného toku a tím menší odstupová vzdálenost. Vliv této skutečnosti by bylo vhodné prošetřit.

A. ZDROJE

[1] CHANNEL 5 [UNITED KINGDOM]. *The Great Fire: In Real Time.* In: [online]. 2017. Dostupné z: https://www.my5.tv/the-great-fire-in-real-time/season-1/episode-1

[2] *ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty (2009) + Z1 (2013), Z2 (2015)*. B.m.: Praha: ÚNMZ

[3] *ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty (2010) + Z1 (2013), Z2 (2015)*. B.m.: Praha: ÚNMZ

[4] *ČSN EN 1991-1-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.* B.m.: Český normalizační institut. 2004

[5] *Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území*. 2006

[6] JANOŠÍK OKNA-DVEŘE S.R.O. *Fotky ze stavby* [online]. 2019. Dostupné z: https://www.janosik.cz/fotky-ze-stavby/

[7] RUBLIČ S.R.O. *RD Rudná u Prahy* [online]. 2019. Dostupné z: http://www.dvere-okna-rublic.cz/drevohlinikova-okna-varion-plasthlinikova-okna-passion-a-hlinikove-vchodove-dvere-portal

[8] BRÜCKNER, Tomáš. *Rohové okno* [online]. 2015. Dostupné z: http://www.domovniprohlidky.cz/pasivni-drevostavba/a486/#area

[9] BLAHOŽ, Vladimír a Zdeněk KADLEC. *Základy sdílení tepla.* 2. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996. ISBN 978-80-902001-1-1.

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

[11] MCGRATTAN, Kevin, RANDALL MCDERMOTT, SIMO HOSTIKKA, JASON FLOYD a MARCOS VANELLA. *Fire Dynamics Simulator - User's Guide*. B.m.: U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. 2019

[12] HEJTMÁNEK, Petr. *DISERTAČNÍ PRÁCE - Odstupové vzdálenosti požárně otevřených fasád.* 2019

[13] CARLSSON, Emil. *EXTERNAL FIRE SPREAD TO ADJOINING BUILDINGS - A review of fire safety design guidance and related research*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, 1999.

[14] KARLSSON, Björn a James G. QUINTIERE. *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. Environmental and energy engineering series. ISBN 978-0-8493-1300-4.

[15] GREAT BRITAIN, BUILDING REGULATIONS 2010, GREAT BRITAIN a DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT. *Building regulations 2010*. *Approved document B. Approved document B.* [online]. 2019. ISBN 978-1-85946-915-6. Dostupné z: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/832631/Approved_Document_B__fire_safety__volume_1_-_2019_edition.pdf

[16] READ, R. E. H a FIRE RESEARCH STATION. *External fire spread: building separation and boundary distances*. B.m.: Fire Research Station, Building Research Establishment, 1991. ISBN 978-0-85125-465-4.

[17] MINISTRY OF BUSINESS, INNOVATION AND EMPLOYMENT. *C/AS Acceptable Solution for Buildings other than Risk Group SH, For New Zealand Building Code Clauses C1-C6, Protectioin from Fire, Building Code C* [online]. B.m.: New Zealand Government, 2019. ISBN 978-1-988570-08-2. Dostupné z: https://www.building.govt.nz/assets/Uploads/building-code-compliance/c-protection-from-fire/asvm/cas2-protection-from-fire-1st-edition-2019.pdf

[18] ETABLISSEMENT CANTONAL D'ASSURANCE DES BÂTIMENTS, KANTONALE GEBÄUDEVERSICHERUNG, FREIBURG. *Distances entre les bâtiments selon les*

règles sur la police du feu [online]. 2015. Dostupné z: http://www.ecab.ch/files/pdf74/web_distances_policedufeu_2015_f.pdf

[19] NIST - NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. *FDS and Smokeview* [online]. B.m.: U.S. Department od Commerce. Dostupné z: https://www.nist.gov/services-resources/software/fds-and-smokeview

[20] WALD, František, Marek POKORNÝ, Kamila HOROVÁ, Petr HEJTMÁNEK, Hana NAJMANOVÁ, Martin BENÝŠEK, Marta KUREJKOVÁ, Ivo SCHWARZ, ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE a STAVEBNÍ FAKULTA. *Modelování dynamiky požáru v budovách*. 2017. ISBN 978-80-01-05633-2.

[21] MCGRATTAN, Kevin, RANDALL MCDERMOTT, SIMO HOSTIKKA, JASON FLOYD a MARCOS VANELLA. *Fire Dynamics Simulator - Technical Reference Guide, Volume 1: Mathematical Model*. B.m.: U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. 2019

[22] POKORNÝ, Marek. *Výpočet odstupové vzdálenosti z hlediska sálání tepla*. 2017.

[23] UCEEB ČVUT. *Požární laboratoř FireLAB* [online]. Dostupné z: https://www.uceeb.cz/system/files/souboryredakce/laboratore/pozarni/rp1_pozarni-laborator-firelab.pdf

[24] FERMACELL GMBH. *Technický list fermacell - Protipožární deska AESTUVER* [online]. červen 2016. Dostupné z: https://www.fermacell.cz/cz/pozarni-ochrana

[25] HUKSEFLUX TERMAL SENSORS. *SBG01 heat flux meter* [online]. 2019. Dostupné z: https://www.hukseflux.com/products/heat-flux-sensors/heat-flux-meters/sbg01-heat-flux-meter

[26] ORIGINLAB CORPORATION. *Origin and OriginPro* [online]. Dostupné z: https://www.originlab.com/Origin

B. POUŽITÝ SOFTWARE

Word 2016, Office 365, Microsoft Corporation
Excel 2016, Office 365, Microsoft Corporation
Pyrosim 2016, Thunderhead Engineering
Autodesk AutoCAD 18, Autodesk
FDS verze 6.7.1, NIST
Smokeview SMV 6.7.5, NIST
Origin, OribinLab Corporation

C. SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. 1 Znázornění výsledků aplikace různých přístupů určování odstupových vzdáleností II
obr. 2 Ukázka půdorysu objektu rodinného domu s vyznačeným PNP 1
obr. 3 Galerie rohových oken 2
obr. 4 Platnost Lambertova zákona (a – emisivita neznečištěných kovů, b – emisivita většiny ostatních materiálů) 4
obr. 5 Zobrazení úhlu θ [13] 5
obr. 6 Ilustrace vysílací a přijímací plochy 6
obr. 7 Ilustrace úpravy vysílacího sálavého povrchu 6
obr. 8 Změna poměru tlaků v otvoru při požární situaci (P_i – vnitřní tlak, P_o – vnější tlak; v místě překřížení je neutrální rovina) [14] 7
obr. 9 Stanovení teploty v požárním úseku dle ISO 834 [2] 12
obr. 10 Výstřižek tabulky 1 [16] 14
obr. 11 Výstřižek tabulky pro rozdělení objektů do skupin závažnosti požáru [13] 17
obr. 12 Výstřižek tabulky pro stanovení směrného čísla g [13] 18
obr. 13 Výstřižek tabulky pro stanovení odstupových vzdáleností střech [13] 18
obr. 14 Výstřižek tabulky pomocí které je možné stanovit kritickou hustotu tepelného toku [13] 22
obr. 15 Ukázka diagramu pro stanovení hodnoty R [13] 22
obr. 16 Řez modelu v měříku 1:1 24
obr. 17 Půdorys modelu v měřítku 1:1 25
obr. 18 Ukázka "excelové" tabulky pro podrobný výpočet odstupové vzdálenosti z hlediska sálání tepla 27
obr. 19 Ukázka zakreslení požárně nebezpečného prostoru 29
obr. 20 Koordinovaný systém úhlové diskretizace 31
obr. 21 Radiační zlomek pro běžná paliva [11] 32
obr. 22 Odstupové vzdálenosti jednotlivých okenních otvorů různých šířek; (a) otvor šíře 1 m; (b) otvor šíře 1,5 m; (c) otvor šíře 2 m; (d) otvor šíře 2,5 m; (e) otvor šíře 3 m; (f) ukázka výpočetního prostoru se zobrazenou sítí 35
obr. 23 Odstupové vzdálenosti rohových oken různých šířek – šířky obou oken shodné; (a) otvory šíře 1 m; (b) otvory šíře 1,5 m; (c) otvory šíře 2 m; (d) otvory šíře 2,5 m; (e) otvory šíře 3 m; (f) ukázka výpočetního prostoru se zobrazenou sítí 36
obr. 24 Odstupové vzdálenosti rohových oken různých šířek – šířky obou oken různé; (a) otvory šíře 1|1,5 m; (b) otvory šíře 1|2 m; (c) otvory šíře 1|2,5 m; (d) otvory šíře 1|3 m; (e) otvory šíře 1,5|2 m; (f) otvory šíře 1,5|2,5 m; (g) otvory šíře 1,5|3 m; (h) otvory šíře 2|2,5 m; (i) otvory šíře 2|3 m; (j) otvory šíře 2,5|3 m 38
obr. 25 Ukázka zakreslení požárně nebezpečného prostoru rohového okna 40
obr. 26 Ukázka zakreslení požárně nebezpečného prostoru jinými přístupy (žlutě – ČSN [2–4]; zeleně – Výpočet odstupové vzdálenosti SPBI Spektrum 65 – SPBI, VŠB-TU Ostrava [10] (viz. Příloha 1); růžově – Výpočet odstupové vzdálenosti z hlediska sálání tepla – ČVUT v Praze, Ing. Marek Pokorný, Ph.D. [22] (viz. Příloha 1)) 40
obr. 27 Odstupové vzdálenosti rohových oken různých šířek – I_{crit} = 18,5 kW·.m^{-2}; (a) otvory šíře 1 m a 1 m (M 1:1); (b otvory šíře 1 m a 1 m (M 1:5); (c) otvory šíře 2 m

a 1 m (M 1:1); (d) otvory šíře 2 m a 1 m (M 1:5); (e) otvory šíře 3 m a 1 m (M 1:1); (f) otvory šíře 3 m a 1 m (M 1:5) 42
obr. 28 Ilustrace osazení modelu v požární laboratoři [23] 43
obr. 29 3D model sestavené ocelové konstrukce 44
obr. 30 3D model sestavené deskové konstrukce 45
obr. 31 Termočlánky vedené stropní deskou 47
obr. 32 Model včetně rastru měření a měřícího zařízení při zkoušce 47
obr. 33 Grafy zaznamenaných hodnot v průběhu zkoušky č.1 50
obr. 34 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 51
obr. 35 Naměřené hodnoty proložené plochou 52
obr. 36 Pohled shora na křivky spojující body o stejné hodnotě. Pozn.: Hranice měření znázorněna černými přímkami, okno vyznačeno červenými přímkami a část modelu je šedá. 52
obr. 37 Grafy zaznamenaných hodnot v průběhu zkoušky č.2 54
obr. 38 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 55
obr. 39 Naměřené hodnoty proložené plochou 56
obr. 40 Pohled shora na křivky spojující body o stejné hodnotě. Pozn.: Hranice měření znázorněna černými přímkami, okno vyznačeno červenými přímkami a část modelu je šedá. Červená hranice značí nezadané body. 56
obr. 41 Grafy zaznamenaných hodnot v průběhu zkoušky č.3 58
obr. 42 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 58
obr. 43 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 59
obr. 44 Naměřené hodnoty proložené plochou 60
obr. 45 Pohled shora na křivky spojující body o stejné hodnotě. Pozn.: Hranice měření znázorněna černými přímkami, okno vyznačeno červenými přímkami a část modelu je šedá. 60
obr. 46 Grafy zaznamenaných hodnot v průběhu zkoušky č.4 62
obr. 47 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 63
obr. 48 Naměřené hodnoty proložené plochou 64
obr. 49 Pohled shora na křivky spojující body o stejné hodnotě. Pozn.: Hranice měření znázorněna černými přímkami, okno vyznačeno červenými přímkami a část modelu je šedá. Červená hranice značí nezadané body. 64
obr. 50 Průběh teplot na jednotlivých termočláncích v průběhu simulace 70
obr. 51 Průběh zaznamenané hustoty tepelného toku vybraným radiometrem 70
obr. 52 Vykreslení křivky o hustotě tepelného toku I = 2 kW.m^{-2} včetně zobrazené orientace radiometrů a termočlánků 71
obr. 53 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Hodnoty odpovídají průměru z posledních 20 s simulace. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 71
obr. 54 Naměřené hodnoty při zkoušce č.1 zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 73

obr. 55 Procentuální vyjádření poměru mezi hodnotami simulace a experimentu zanesené do Gaussova rozdělení 73
obr. 56 Poměr hodnot ze simulace a experimentu vyjádřený v procentech 74
obr. 57 Hodnoty z experimentu vynásobené hodnotou 0,38 74
obr. 58 Absolutní rozdíl upravených hodnot z experimentu a skutečných hodnot ze simulace 75
obr. 59 Procentuální vyjádření poměru rozdílu v absolutní hodnotě a hodnot simulace 75
obr. 60 Vykreslení křivek programem Origin - (a) simulace; (b) experiment 76
obr. 61 Porovnání průběhu teplot během simulace č.2 a zkoušky č.2 77
obr. 62 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 78
obr. 63 Naměřené hodnoty při zkoušce č.2 zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 79
obr. 64 Hodnoty z experimentu vynásobené hodnotou 0,35 79
obr. 65 Absolutní rozdíl upravených hodnot z experimentu a skutečných hodnot ze simulace 80
obr. 66 Procentuální vyjádření poměru rozdílu v absolutní hodnotě a hodnot simulace 80
obr. 67 Vykreslení křivek programem Origin - (a) simulace; (b) experiment 81
obr. 68 Porovnání průběhu teplot během simulace č.3 a zkoušky č.3 82
obr. 69 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 83
obr. 70 Naměřené hodnoty při zkoušce č.3 zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 84
obr. 71 Hodnoty z experimentu vynásobené hodnotou 0,46 84
obr. 72 Absolutní rozdíl upravených hodnot z experimentu a skutečných hodnot ze simulace 85
obr. 73 Procentuální vyjádření poměru rozdílu v absolutní hodnotě a hodnot simulace 85
obr. 74 Vykreslení křivek programem Origin - (a) simulace; (b) experiment 86
obr. 75 Porovnání průběhu teplot během simulace č.4 a zkoušky č.4 87
obr. 76 Naměřené hodnoty zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 88
obr. 77 Naměřené hodnoty při zkoušce č.4 zaznamenané do tabulky. Pozn.: V tmavé oblasti se nachází model. 88
obr. 78 Hodnoty z experimentu vynásobené hodnotou 0,43 89
obr. 79 Absolutní rozdíl upravených hodnot z experimentu a skutečných hodnot ze simulace 89
obr. 80 Procentuální vyjádření poměru rozdílu v absolutní hodnotě a hodnot simulace 90
obr. 81 Vykreslení křivek programem Origin - (a) simulace; (b) experiment 90

D. SEZNAM TABULEK

tab. 1 Délky jednotlivých částí rohového okna – délka okna l1 | délka okna l2.....24
tab. 2 Velikosti odstupové vzdálenosti d při různých poměrech délek ploch a různých způsobech určení odstupové vzdálenosti – normové hodnoty 26
tab. 3 Velikosti odstupové vzdálenosti d při různých poměrech délek ploch a různých způsobech určení odstupové vzdálenosti – podrobný výpočet odstupových vzdáleností z hlediska sálání tepla 28
tab. 4 Porovnání odstupových vzd. stanovených různými způsoby (Pozn.: Ve FDS použit příkaz INTEGRATED INTESITY) 35
tab. 5 Porovnání výsledků simulací 41
tab. 6 Materiálové charakteristiky desek Fermacell Aestuver tl. 20 mm 44
tab. 7 Metodika vykreslení PNP rohového okna 92

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Příloha 1 - Zpřesněné výpočty

Bc. Daniela Pitelková

VÝPOČET ODSTUPOVÉ VZDÁLENOSTI Z HLEDISKA SÁLÁNÍ TEPLA

VERZE 03 (2017.07)

Okrajové podmínky výpočtu (dle ČSN 73 0802):
1) Průběh požáru dle ISO 834 (normová teplotní křivka)
2) $I_{o,cr}$ = 18,5kW/m^2 (na hranici PNP)
3) ε = 1,0 (emisivita požáru)

SPECIFIKACE POP, POZNÁMKY

Číslo, specifikace polohy, číslo PÚ, světová strana, podlaží apod.

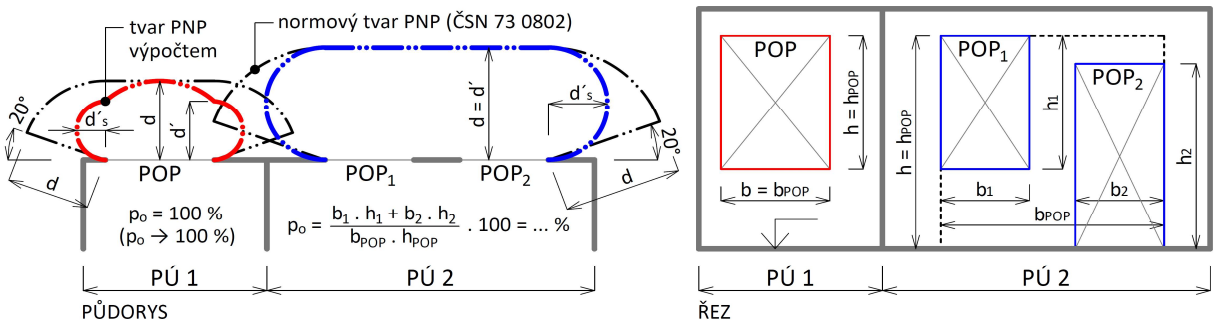
VSTUPNÍ DATA

			Intervaly platnosti:
Výpočtové požární zatížení: p_v =	45,0	[kg/m^2]	< 0; 180 >
Konstrukční systém objektu:	nehořlavý		
Emisivita: ε =	1,00	[-]	< 0,55; 1,00 >
Kritická hodnota tepelného toku: $I_{o,cr}$ =	18,5	[kW/m^2]	
Procento POP: p_o =	100,0	[%]	< 40; 100 >
Rozměry sálavé POP:			
→ šířka: b_{POP} =	1,500	[m]	< 0,01; 30 >
→ výška: h_{POP} =	1,250	[m]	< 0,01; 15>

VYPOČTENÉ HODNOTY

Teplota v PÚ (dle ISO 834): T =	902		[°C]
Nejvyšší hustota tepelného toku: I_{max} =	108		[kW/m^2]
Odstupové vzdálenosti vymezující PNP:			
→ v přímém směru uprostřed POP: d =	1,70	~~1,70~~	[m]
→ v přímém směru na okraji POP: d´ =	1,40	~~1,70~~	[m]
→ do stran na okraji POP: d'_s =	0,70	~~0,85~~	[m]

PŮDORYS A ŘEZ POŽÁRNÍM ÚSEKEM



LEGENDA

PÚ = požární úsek | PNP = požárně nebezpečný prostor | POP = požárně otevřená plocha
p_o = procento požárně otevřené plochy

Ing. Marek Pokorný, Ph.D.
ČVUT v Praze | Fakulta stavební | Katedra konstrukcí pozemních staveb
http://pozar.fsv.cvut.cz | marek.pokorny@cvut.cz

Studijní pomůcka; pro praktickou aplikaci doporučeno ověření dle ČSN 73 0802!

VÝPOČET ODSTUPOVÉ VZDÁLENOSTI Z HLEDISKA SÁLÁNÍ TEPLA

VERZE 03 (2017.07)

Okrajové podmínky výpočtu (dle ČSN 73 0802):
1) Průběh požáru dle ISO 834 (normová teplotní křivka)
2) $I_{o,cr}$ = 18,5kW/m^2 (na hranici PNP)
3) ε = 1,0 (emisivita požáru)

SPECIFIKACE POP, POZNÁMKY

Číslo, specifikace polohy, číslo PÚ, světová strana, podlaží apod.

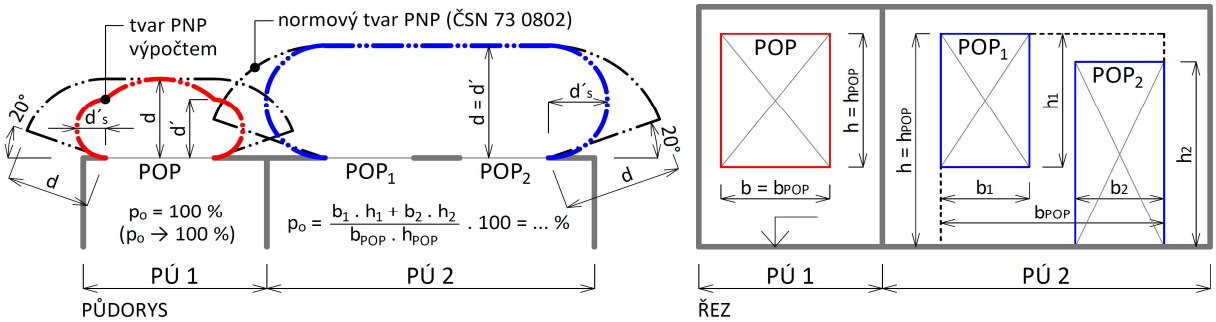
VSTUPNÍ DATA

			Intervaly platnosti:
Výpočtové požární zatížení: p_v =	45,0	[kg/m^2]	< 0; 180 >
Konstrukční systém objektu:	nehořlavý		
Emisivita: ε =	1,00	[-]	< 0,55; 1,00 >
Kritická hodnota tepelného toku: $I_{o,cr}$ =	18,5	[kW/m^2]	
Procento POP: p_o =	100,0	[%]	< 40; 100 >
Rozměry sálavé POP:			
→ šířka: b_{POP} =	3,000	[m]	< 0,01; 30 >
→ výška: h_{POP} =	1,250	[m]	< 0,01; 15>

VYPOČTENÉ HODNOTY

Teplota v PÚ (dle ISO 834): T =	902		[°C]
Nejvyšší hustota tepelného toku: I_{max} =	108		[kW/m^2]
Odstupové vzdálenosti vymezující PNP:			
→ v přímém směru uprostřed POP: d =	2,30	~~2,30~~	[m]
→ v přímém směru na okraji POP: d´ =	1,60	~~2,30~~	[m]
→ do stran na okraji POP: d'_s =	0,80	~~1,15~~	[m]

PŮDORYS A ŘEZ POŽÁRNÍM ÚSEKEM



LEGENDA

PÚ = požární úsek | PNP = požárně nebezpečný prostor | POP = požárně otevřená plocha
p_o = procento požárně otevřené plochy

Ing. Marek Pokorný, Ph.D.
ČVUT v Praze | Fakulta stavební | Katedra konstrukcí pozemních staveb
http://pozar.fsv.cvut.cz | marek.pokorny@cvut.cz

Studijní pomůcka; pro praktickou aplikaci doporučeno ověření dle ČSN 73 0802!

8.3.3 - Odstupové vzdálenosti

Výpočet odstupové vzdálenosti pro uživatelem definovanou sálavou plochu a kritický tepelný tok. Odstupová vzdálenost je určena s přesností 0,1 m, přičemž se zaokrouhluje směrem nahoru (tedy na stranu bezpečnosti).

Vstupní data:

URČENÍ INTENZITY TEPELNÉHO TOKU

○ Hustota tepelného toku zadána přímo uživatelem:

I = 60,00 (kW·m^{-2})

◉ Hustota tepelného toku vypočtená dle ČSN 73 08xx:

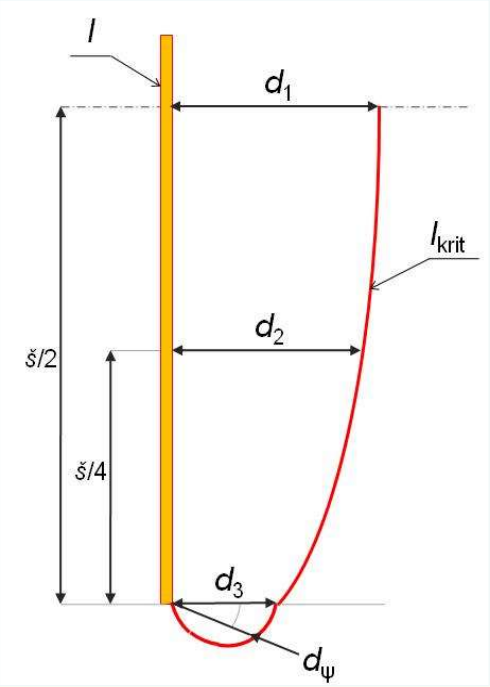
p_v/τ_e = 45,00 (kg·m^{-2})/(min)

ε = 1,00 (-)

Konstrukční systém: nehořlavý

T_N = 902,3 °C

I = 108,2 kW·m^{-2}



ROZMĚR SÁLAVÉ PLOCHY

v = 1,3 (m)

$š$ = 1,5 (m)

KRITICKÁ HUSTOTA TEPELNÉHO TOKU

I_{krit} = 18,5 (kW·m^{-2})

Výsledná data:

Odstupová vzdálenost v přímém směru:

d_1 =	**1,7**	**m**
d_2 =	1,7	m
d_3 =	1,4	m

Odstupová vzdálenost za okrajem sálavé plochy:

$d_{10°}$ =	1,4	m
$d_{20°}$ =	1,4	m
$d_{30°}$ =	1,3	m
$d_{40°}$ =	1,1	m
$d_{50°}$ =	0,9	m
$d_{60°}$ =	0,7	m
$d_{70°}$ =	0,1	m
$d_{80°}$ =	0,0	m
$d_{90°}$ =	0,0	m

Výpočty jsou sestaveny na základě dostupných vědeckých poznatků, tyto však mají své limity a předpokládají dostatečné odborné znalosti uživatele. I přes ruční ověření výpočtů, nepřebírají autoři za správnost výsledných hodnot odpovědnost.

8.3.3 - Odstupové vzdálenosti

Výpočet odstupové vzdálenosti pro uživatelem definovanou sálavou plochu a kritický tepelný tok. Odstupová vzdálenost je určena s přesností 0,1 m, přičemž se zaokrouhluje směrem nahoru (tedy na stranu bezpečnosti).

Vstupní data:

URČENÍ INTENZITY TEPELNÉHO TOKU

○ Hustota tepelného toku zadána přímo uživatelem:

I = **60,00** (kW·m^{-2})

◉ Hustota tepelného toku vypočtená dle ČSN 73 08xx:

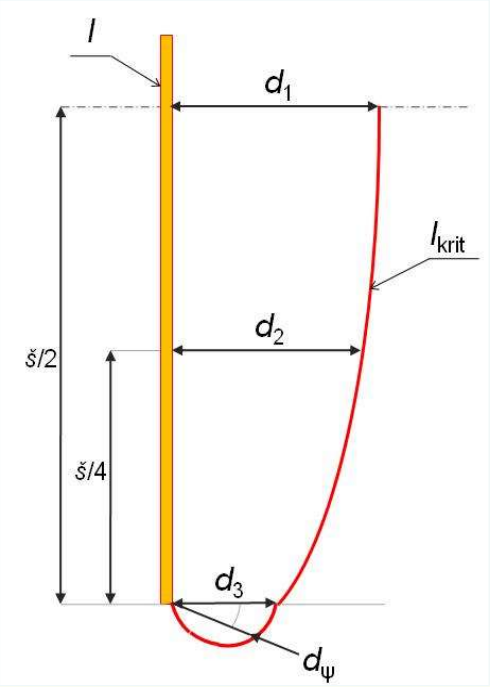
p_v/τ_e = **45,00** (kg·m^{-2})/(min)

ε = **1,00** (-)

Konstrukční systém: nehořlavý

T_N = 902,3 °C

I = 108,2 kW·m^{-2}



ROZMĚR SÁLAVÉ PLOCHY

v = **1,3** (m)

$š$ = **3,0** (m)

KRITICKÁ HUSTOTA TEPELNÉHO TOKU

I_{krit} = **18,5** (kW·m^{-2})

Výsledná data:

Odstupová vzdálenost v přímém směru:

d_1 =	**2,4**	**m**
d_2 =	2,2	m
d_3 =	1,7	m

Odstupová vzdálenost za okrajem sálavé plochy:

$d_{10°}$ =	1,6	m
$d_{20°}$ =	1,6	m
$d_{30°}$ =	1,4	m
$d_{40°}$ =	1,3	m
$d_{50°}$ =	1,0	m
$d_{60°}$ =	0,7	m
$d_{70°}$ =	0,1	m
$d_{80°}$ =	0,0	m
$d_{90°}$ =	0,0	m

Výpočty jsou sestaveny na základě dostupných vědeckých poznatků, tyto však mají své limity a předpokládají dostatečné odborné znalosti uživatele. I přes ruční ověření výpočtů, nepřebírají autoři za správnost výsledných hodnot odpovědnost.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Příloha 2 - Zdrojové kódy

Bc. Daniela Pitelková

Příloha 2: Zdrojové kódy

Zdrojový kód pro samostatné okno šíře 1 m[1] - model 1:1 (normově)

```
&HEAD CHID='1m'/
&TIME T_END=15.0/
&DUMP RENDER_FILE='1m.ge1', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='VP', FYI='VP2', IJK=400,400,30, XB=0.0,10.0,0.0,10.0,0.0,3.0/

&DEVC ID='THCP O1', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=6.001,5.5,1.525,
ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='THCP O2', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.5,6.001,1.525,
ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/

&SURF ID='ISO834 45min',
    COLOR='RED',
    TMP_FRONT=902.34,
    EMISSIVITY=1.0/

&OBST ID='S1', XB=5.8,6.0,1.0,6.0,0.0,3.0, COLOR='GRAY 80',
SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='S2', XB=1.0,6.0,5.8,6.0,0.0,3.0, COLOR='GRAY 80',
SURF_ID='INERT'/

&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,10.0,0.0,3.0/
&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,10.0,0.0,0.0,0.0,3.0/
&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=10.0,10.0,0.0,10.0,0.0,3.0/
&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,10.0,10.0,10.0,0.0,3.0/
&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,10.0,0.0,10.0,3.0,3.0/
&VENT ID='O1', SURF_ID='ISO834 45min',
XB=6.0005,6.0005,5.0,6.0,0.9,2.15, RGB=240.0,61.0,56.0/

&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=1.525/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.525/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=5.5/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=5.5/

&TAIL /
```

[1] *Pro ostatní šířky není zdrojový kód přiložen. Zdrojové kódy se liší pouze v šíři okenního otvoru (příkaz &VENT ID='O1').*

Zdrojový kód pro rohové okno šíře 1 m[2] - model 1:1 (normově)

```
&HEAD CHID='1x1'/
&TIME T_END=15.0/
&DUMP RENDER_FILE='1x1.ge1', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='VP', FYI='VP2', IJK=400,400,30, XB=0.0,10.0,0.0,10.0,0.0,3.0/

&DEVC ID='THCP O1', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=6.001,5.5,1.525,
ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='THCP O2', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.5,6.001,1.525,
ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/

&SURF ID='ISO834 45min',
    COLOR='RED',
    TMP_FRONT=902.34,
    EMISSIVITY=1.0/

&OBST ID='S1', XB=5.8,6.0,1.0,6.0,0.0,3.0, COLOR='GRAY 80',
SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='S2', XB=1.0,6.0,5.8,6.0,0.0,3.0, COLOR='GRAY 80',
SURF_ID='INERT'/

&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,10.0,0.0,3.0/
&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,10.0,0.0,0.0,0.0,3.0/
&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=10.0,10.0,0.0,10.0,0.0,3.0/
&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,10.0,10.0,10.0,0.0,3.0/
&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,10.0,0.0,10.0,3.0,3.0/
&VENT ID='O1', SURF_ID='ISO834 45min',
XB=6.0005,6.0005,5.0,6.0,0.9,2.15, IOR=1, RGB=240.0,61.0,56.0/
&VENT ID='O2', SURF_ID='ISO834 45min',
XB=5.0,6.0,6.0005,6.0005,0.9,2.15, IOR=2, RGB=240.0,61.0,56.0/

&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=1.525/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.525/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=5.5/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=5.5/


&TAIL /
```

[2] *Pro ostatní šířky jednotlivých oken není zdrojový kód přiložen. Zdrojové kódy se liší pouze v šíři okenních otvorů (příkaz &VENT ID='O1'; &VENT ID='O2').*

Zdrojový kód simulace experimentu – šíře okenních otvorů 0,5 a 0,5 m

```
&HEAD CHID='SE0-5x0-5'/
&TIME T_END=2000.0/
&DUMP RENDER_FILE='SE0-5x0-5', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='VP', IJK=200,200,50, XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/

&REAC ID='PROPANE',
    FUEL='PROPANE'/

&PROP ID='T1 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T2 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T5 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T6 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T4 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T3 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&DEVC ID='T1', PROP_ID='T1 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.32,1.27,0.325/
&DEVC ID='T2', PROP_ID='T2 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.27,1.32,0.325/
&DEVC ID='T5', PROP_ID='T5 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,0.55,0.47/
&DEVC ID='T6', PROP_ID='T6 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,0.55,0.47/
&DEVC ID='T4', PROP_ID='T4 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,1.09,0.47/
&DEVC ID='T3', PROP_ID='T3 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,1.09,0.47/
&DEVC ID='R34', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.082,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R35', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R36', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R37', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R38', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R45', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R46', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R47', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R48', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R49', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R56', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R57', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R58', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R59', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R60', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R67', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R68', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R69', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R70', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R71', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R78', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R79', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R80', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R81', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R82', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R41', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.63,0.325, ORIENTATION=-0.351831,-0.936064,0.0/
&DEVC ID='R53', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.63,0.325, ORIENTATION=-0.665053,-0.746797,0.0/
&DEVC ID='R54', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.497,1.622,0.325, ORIENTATION=-0.486432,-0.873718,0.0/
&DEVC ID='R55', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.544,1.614,0.325, ORIENTATION=-0.597186,-0.802103,0.0/
&DEVC ID='R62', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.59,1.607,0.325, ORIENTATION=-0.771623,-0.63608,0.0/
&DEVC ID='R63', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.636,1.602,0.325, ORIENTATION=-0.748803,-0.662792,0.0/
&DEVC ID='R64', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.682,1.597,0.325, ORIENTATION=-0.799439,-0.600748,0.0/
&DEVC ID='R65', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.677,1.543,0.325, ORIENTATION=-0.856595,-0.51599,0.0/
&DEVC ID='R66', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.671,1.489,0.325, ORIENTATION=-0.933793,-0.357813,0.0/
&DEVC ID='R73', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.666,1.436,0.325, ORIENTATION=-0.959272,-0.282485,0.0/
&DEVC ID='R74', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.658,1.383,0.325, ORIENTATION=-0.990981,-0.134001,0.0/
&DEVC ID='R75', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.649,1.333,0.325, ORIENTATION=-0.993977,0.109587,0.0/
&DEVC ID='R39', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.699,1.331,0.325, ORIENTATION=-0.999686,0.0250618,0.0/
&DEVC ID='R50', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.706,1.382,0.325, ORIENTATION=-0.99348,-0.114006,0.0/
&DEVC ID='R61', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.714,1.435,0.325, ORIENTATION=-0.969221,-0.246192,0.0/
&DEVC ID='R72', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.72,1.488,0.325, ORIENTATION=-0.93182,-0.36292,0.0/
&DEVC ID='R76', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.725,1.541,0.325, ORIENTATION=-0.886462,-0.462802,0.0/
&DEVC ID='R77', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.729,1.594,0.325, ORIENTATION=-0.837311,-0.546727,0.0/
&DEVC ID='R83', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.732,1.6474,0.325, ORIENTATION=-0.786903,-0.617077,0.0/
&DEVC ID='R84', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.685,1.651,0.325, ORIENTATION=-0.736617,-0.67631,0.0/
```

```
&DEVC ID='R85', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.639,1.655,0.325, ORIENTATION=-0.688447,-0.725287,0.0/
&DEVC ID='R86', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.592,1.66,0.325, ORIENTATION=-0.618689,-0.785636,0.0/
&DEVC ID='R87', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.545,1.666,0.325, ORIENTATION=-0.532331,-0.846536,0.0/
&DEVC ID='R88', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.674,0.325, ORIENTATION=-0.427621,-0.903958,0.0/
&DEVC ID='R89', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.682,0.325, ORIENTATION=-0.303664,-0.952779,0.0/
&DEVC ID='R90', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.747,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.999698,0.0245626,0.0/
&DEVC ID='R91', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.754,1.382,0.325, ORIENTATION=-0.994893,-0.100931,0.0/
&DEVC ID='R92', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.761,1.433,0.325, ORIENTATION=-0.976459,-0.215702,0.0/
&DEVC ID='R93', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.767,1.486,0.325, ORIENTATION=-0.946218,-0.323531,0.0/
&DEVC ID='R94', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.772,1.539,0.325, ORIENTATION=-0.908267,-0.418391,0.0/
&DEVC ID='R95', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.776,1.592,0.325, ORIENTATION=-0.65789,-0.50041,0.0/
&DEVC ID='R96', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.779,1.645,0.325, ORIENTATION=-0.821248,-0.570571,0.0/
&DEVC ID='R97', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.782,1.697,0.325, ORIENTATION=-0.777941,-0.628337,0.0/
&DEVC ID='R98', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.735,1.7,0.325, ORIENTATION=-0.784791,-0.61976,0.0/
&DEVC ID='R99', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.688,1.704,0.325, ORIENTATION=-0.691042,-0.722814,0.0/
&DEVC ID='R100', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.641,1.709,0.325, ORIENTATION=-0.744442,-0.667687,0.0/
&DEVC ID='R101', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.594,1.713,0.325, ORIENTATION=-0.562855,-0.826555,0.0/
&DEVC ID='R102', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.546,1.719,0.325, ORIENTATION=-0.477552,-0.878603,0.0/
&DEVC ID='R103', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.725,0.325, ORIENTATION=-0.379662,-0.925125,0.0/
&DEVC ID='R104', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.733,0.325, ORIENTATION=-0.267264,-0.963623,0.0/
&DEVC ID='R105', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.45,1.784,0.325, ORIENTATION=-0.240478,-0.970655,0.0/
&DEVC ID='R106', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.777,0.325, ORIENTATION=-0.340015,-0.94042,0.0/
&DEVC ID='R107', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.547,1.771,0.325, ORIENTATION=-0.432935,-0.901425,0.0/
&DEVC ID='R108', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.595,1.766,0.325, ORIENTATION=-0.513607,-0.858026,0.0/
&DEVC ID='R109', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.642,1.761,0.325, ORIENTATION=-0.58288,-0.812558,0.0/
&DEVC ID='R110', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.756,0.325, ORIENTATION=-0.643796,-0.765197,0.0/
&DEVC ID='R111', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.737,1.753,0.325, ORIENTATION=-0.693004,-0.720934,0.0/
&DEVC ID='R112', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.784,1.75,0.325, ORIENTATION=-0.734677,-0.678418,0.0/
&DEVC ID='R113', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.832,1.747,0.325, ORIENTATION=-0.770527,-0.637407,0.0/
&DEVC ID='R114', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.83,1.695,0.325, ORIENTATION=-0.809807,-0.586697,0.0/
```

```
&DEVC ID='R115', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.827,1.643,0.325, ORIENTATION=-0.912087,-0.409998,0.0/
&DEVC ID='R116', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.823,1.59,0.325, ORIENTATION=-0.888088,-0.459673,0.0/
&DEVC ID='R117', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.819,1.537,0.325, ORIENTATION=-0.924838,-0.380361,0.0/
&DEVC ID='R118', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.814,1.485,0.325, ORIENTATION=-0.956258,-0.292526,0.0/
&DEVC ID='R119', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.814,1.485,0.325, ORIENTATION=-0.956258,-0.292526,0.0/
&DEVC ID='R120', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.809,1.433,0.325, ORIENTATION=-0.980901,-0.194507,0.0/
&DEVC ID='R121', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.802,1.381,0.325, ORIENTATION=-0.996085,-0.0883972,0.0/
&DEVC ID='R122', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.796,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.99976,0.0219246,0.0/
&DEVC ID='R123', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.845,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.999804,0.0197981,0.0/
&DEVC ID='R125', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.852,1.381,0.325, ORIENTATION=-0.996809,-0.0798226,0.0/
&DEVC ID='R124', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.857,1.432,0.325, ORIENTATION=-0.984533,-0.175197,0.0/
&DEVC ID='R126', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.862,1.484,0.325, ORIENTATION=-0.963993,-0.265929,0.0/
&DEVC ID='R127', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.867,1.536,0.325, ORIENTATION=-0.937276,-0.348588,0.0/
&DEVC ID='R128', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.871,1.589,0.325, ORIENTATION=-0.905397,-0.424565,0.0/
&DEVC ID='R129', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.875,1.641,0.325, ORIENTATION=-0.871532,-0.490339,0.0/
&DEVC ID='R130', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.877,1.693,0.325, ORIENTATION=-0.835624,-0.549302,0.0/
&DEVC ID='R131', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.88,1.746,0.325, ORIENTATION=-0.799289,-0.600947,0.0/
&DEVC ID='R132', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.883,1.798,0.325, ORIENTATION=-0.7644,-0.644742,0.0/
&DEVC ID='R133', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.836,1.798,0.325, ORIENTATION=-0.73469,-0.678403,0.0/
&DEVC ID='R134', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.786,1.803,0.325, ORIENTATION=-0.678403,-0.720205,0.0/
&DEVC ID='R135', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.739,1.806,0.325, ORIENTATION=-0.650389,-0.759602,0.0/
&DEVC ID='R136', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.692,1.809,0.325, ORIENTATION=-0.600273,-0.799795,0.0/
&DEVC ID='R137', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.644,1.813,0.325, ORIENTATION=-0.540668,-0.841236,0.0/
&DEVC ID='R138', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.596,1.818,0.325, ORIENTATION=-0.472119,-0.881535,0.0/
&DEVC ID='R139', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.548,1.823,0.325, ORIENTATION=-0.395525,-0.918455,0.0/
&DEVC ID='R140', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.499,1.828,0.325, ORIENTATION=-0.309791,-0.950805,0.0/
&DEVC ID='R141', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.45,1.834,0.325, ORIENTATION=-0.217349,-0.976094,0.0/
&DEVC ID='R06', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R07', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R08', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R09', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R10', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R01', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R02', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R03', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R04', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R05', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R11', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R12', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R13', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R14', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R15', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R16', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R17', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R18', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R19', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R20', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R21', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R22', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R23', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R24', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R25', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/

&MATL ID='Fermacell Aestuver 20 mm',
    SPECIFIC_HEAT=0.9,
    CONDUCTIVITY=0.21,
    DENSITY=700.0/

&SURF ID='Fermacell Aestuver',
    BACKING='EXPOSED',
    MATL_ID(1,1)='Fermacell Aestuver 20 mm',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.02/
&SURF ID='H',
    COLOR='RED',
    HRRPUA=746.92/

&OBST ID='D1', XB=0.32,1.32,0.32,1.32,0.0,0.02, COLOR='GRAY 60',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
```

```
&OBST ID='D2', XB=0.3,0.32,0.32,1.34,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0,
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D3', XB=0.3,1.32,0.3,0.32,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D4', XB=1.32,1.34,0.3,1.32,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0,
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D5', XB=0.32,1.34,1.32,1.34,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D6', XB=0.3,1.34,0.3,1.34,0.58,0.6, COLOR='INVISIBLE',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='H1', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H2', XB=0.86,0.93,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H3', XB=0.79,0.86,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H4', XB=0.79,0.86,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H5', XB=0.72,0.79,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H6', XB=0.72,0.79,0.89,0.96,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

&HOLE ID='O1', XB=1.22,1.34,1.32,1.34,0.2,0.45/
&HOLE ID='O2', XB=1.32,1.34,1.22,1.32,0.2,0.45/
&HOLE ID='O3', XB=0.3,0.6,0.3,0.32,0.02,0.12/

&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=2.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,2.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,2.0,1.0,1.0/
&VENT ID='H1', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H2', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.749,0.819,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H3', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.749,0.819,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H4', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.819,0.889,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H5', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.819,0.889,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H6', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.889,0.959,0.12,0.12,
IOR=3/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.325/
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=0.325/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.82/
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBX=0.82/


&TAIL /
```

Zdrojový kód simulace experimentu – šíře okenních otvorů 1 a 1 m

```
&HEAD CHID='SE1x1/
&TIME T_END=2000.0/
&DUMP RENDER_FILE='SE1x1.ge1', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='VP', IJK=200,200,50, XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/

&REAC ID='PROPANE',
    FUEL='PROPANE'/

&PROP ID='T1 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T2 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T5 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T6 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T4 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T3 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&DEVC ID='T1', PROP_ID='T1 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.32,1.27,0.325/
&DEVC ID='T2', PROP_ID='T2 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.27,1.32,0.325/
&DEVC ID='T5', PROP_ID='T5 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,0.55,0.47/
&DEVC ID='T6', PROP_ID='T6 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,0.55,0.47/
&DEVC ID='T4', PROP_ID='T4 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,1.09,0.47/
&DEVC ID='T3', PROP_ID='T3 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,1.09,0.47/
&DEVC ID='R34', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.082,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R35', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R36', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R37', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R38', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R45', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R46', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R47', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R48', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R49', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R56', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R57', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R58', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R59', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R60', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R67', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R68', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R69', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R70', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R71', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R78', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R79', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R80', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R81', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R82', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R41', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.63,0.325, ORIENTATION=-0.351831,-0.936064,0.0/
&DEVC ID='R53', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.63,0.325, ORIENTATION=-0.665053,-0.746797,0.0/
&DEVC ID='R54', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.497,1.622,0.325, ORIENTATION=-0.486432,-0.873718,0.0/
&DEVC ID='R55', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.544,1.614,0.325, ORIENTATION=-0.597186,-0.802103,0.0/
&DEVC ID='R62', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.59,1.607,0.325, ORIENTATION=-0.771623,-0.63608,0.0/
&DEVC ID='R63', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.636,1.602,0.325, ORIENTATION=-0.748803,-0.662792,0.0/
&DEVC ID='R64', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.682,1.597,0.325, ORIENTATION=-0.799439,-0.600748,0.0/
&DEVC ID='R65', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.677,1.543,0.325, ORIENTATION=-0.856595,-0.51599,0.0/
&DEVC ID='R66', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.671,1.489,0.325, ORIENTATION=-0.933793,-0.357813,0.0/
&DEVC ID='R73', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.666,1.436,0.325, ORIENTATION=-0.959272,-0.282485,0.0/
&DEVC ID='R74', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.658,1.383,0.325, ORIENTATION=-0.990981,-0.134001,0.0/
&DEVC ID='R75', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.649,1.333,0.325, ORIENTATION=-0.993977,0.109587,0.0/
&DEVC ID='R39', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.699,1.331,0.325, ORIENTATION=-0.999686,0.0250618,0.0/
&DEVC ID='R50', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.706,1.382,0.325, ORIENTATION=-0.99348,-0.114006,0.0/
&DEVC ID='R61', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.714,1.435,0.325, ORIENTATION=-0.969221,-0.246192,0.0/
&DEVC ID='R72', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.72,1.488,0.325, ORIENTATION=-0.93182,-0.36292,0.0/
&DEVC ID='R76', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.725,1.541,0.325, ORIENTATION=-0.886462,-0.462802,0.0/
&DEVC ID='R77', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.729,1.594,0.325, ORIENTATION=-0.837311,-0.546727,0.0/
&DEVC ID='R83', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.732,1.6474,0.325, ORIENTATION=-0.786903,-0.617077,0.0/
&DEVC ID='R84', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.685,1.651,0.325, ORIENTATION=-0.736617,-0.67631,0.0/
```

```
&DEVC ID='R85', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.639,1.655,0.325, ORIENTATION=-0.688447,-0.725287,0.0/
&DEVC ID='R86', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.592,1.66,0.325, ORIENTATION=-0.618689,-0.785636,0.0/
&DEVC ID='R87', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.545,1.666,0.325, ORIENTATION=-0.532331,-0.846536,0.0/
&DEVC ID='R88', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.674,0.325, ORIENTATION=-0.427621,-0.903958,0.0/
&DEVC ID='R89', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.682,0.325, ORIENTATION=-0.303664,-0.952779,0.0/
&DEVC ID='R90', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.747,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.999698,0.0245626,0.0/
&DEVC ID='R91', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.754,1.382,0.325, ORIENTATION=-0.994893,-0.100931,0.0/
&DEVC ID='R92', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.761,1.433,0.325, ORIENTATION=-0.976459,-0.215702,0.0/
&DEVC ID='R93', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.767,1.486,0.325, ORIENTATION=-0.946218,-0.323531,0.0/
&DEVC ID='R94', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.772,1.539,0.325, ORIENTATION=-0.908267,-0.418391,0.0/
&DEVC ID='R95', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.776,1.592,0.325, ORIENTATION=-0.65789,-0.50041,0.0/
&DEVC ID='R96', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.779,1.645,0.325, ORIENTATION=-0.821248,-0.570571,0.0/
&DEVC ID='R97', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.782,1.697,0.325, ORIENTATION=-0.777941,-0.628337,0.0/
&DEVC ID='R98', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.735,1.7,0.325, ORIENTATION=-0.784791,-0.61976,0.0/
&DEVC ID='R99', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.688,1.704,0.325, ORIENTATION=-0.691042,-0.722814,0.0/
&DEVC ID='R100', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.641,1.709,0.325, ORIENTATION=-0.744442,-0.667687,0.0/
&DEVC ID='R101', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.594,1.713,0.325, ORIENTATION=-0.562855,-0.826555,0.0/
&DEVC ID='R102', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.546,1.719,0.325, ORIENTATION=-0.477552,-0.878603,0.0/
&DEVC ID='R103', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.725,0.325, ORIENTATION=-0.379662,-0.925125,0.0/
&DEVC ID='R104', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.733,0.325, ORIENTATION=-0.267264,-0.963623,0.0/
&DEVC ID='R105', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.45,1.784,0.325, ORIENTATION=-0.240478,-0.970655,0.0/
&DEVC ID='R106', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.777,0.325, ORIENTATION=-0.340015,-0.94042,0.0/
&DEVC ID='R107', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.547,1.771,0.325, ORIENTATION=-0.432935,-0.901425,0.0/
&DEVC ID='R108', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.595,1.766,0.325, ORIENTATION=-0.513607,-0.858026,0.0/
&DEVC ID='R109', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.642,1.761,0.325, ORIENTATION=-0.58288,-0.812558,0.0/
&DEVC ID='R110', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.756,0.325, ORIENTATION=-0.643796,-0.765197,0.0/
&DEVC ID='R111', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.737,1.753,0.325, ORIENTATION=-0.693004,-0.720934,0.0/
&DEVC ID='R112', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.784,1.75,0.325, ORIENTATION=-0.734677,-0.678418,0.0/
&DEVC ID='R113', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.832,1.747,0.325, ORIENTATION=-0.770527,-0.637407,0.0/
&DEVC ID='R114', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.83,1.695,0.325, ORIENTATION=-0.809807,-0.586697,0.0/
```

```
&DEVC ID='R115', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.827,1.643,0.325, ORIENTATION=-0.912087,-0.409998,0.0/
&DEVC ID='R116', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.823,1.59,0.325, ORIENTATION=-0.888088,-0.459673,0.0/
&DEVC ID='R117', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.819,1.537,0.325, ORIENTATION=-0.924838,-0.380361,0.0/
&DEVC ID='R118', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.814,1.485,0.325, ORIENTATION=-0.956258,-0.292526,0.0/
&DEVC ID='R119', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.814,1.485,0.325, ORIENTATION=-0.956258,-0.292526,0.0/
&DEVC ID='R120', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.809,1.433,0.325, ORIENTATION=-0.980901,-0.194507,0.0/
&DEVC ID='R121', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.802,1.381,0.325, ORIENTATION=-0.996085,-0.0883972,0.0/
&DEVC ID='R122', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.796,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.99976,0.0219246,0.0/
&DEVC ID='R123', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.845,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.999804,0.0197981,0.0/
&DEVC ID='R125', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.852,1.381,0.325, ORIENTATION=-0.996809,-0.0798226,0.0/
&DEVC ID='R124', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.857,1.432,0.325, ORIENTATION=-0.984533,-0.175197,0.0/
&DEVC ID='R126', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.862,1.484,0.325, ORIENTATION=-0.963993,-0.265929,0.0/
&DEVC ID='R127', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.867,1.536,0.325, ORIENTATION=-0.937276,-0.348588,0.0/
&DEVC ID='R128', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.871,1.589,0.325, ORIENTATION=-0.905397,-0.424565,0.0/
&DEVC ID='R129', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.875,1.641,0.325, ORIENTATION=-0.871532,-0.490339,0.0/
&DEVC ID='R130', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.877,1.693,0.325, ORIENTATION=-0.835624,-0.549302,0.0/
&DEVC ID='R131', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.88,1.746,0.325, ORIENTATION=-0.799289,-0.600947,0.0/
&DEVC ID='R132', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.883,1.798,0.325, ORIENTATION=-0.7644,-0.644742,0.0/
&DEVC ID='R133', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.836,1.798,0.325, ORIENTATION=-0.73469,-0.678403,0.0/
&DEVC ID='R134', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.786,1.803,0.325, ORIENTATION=-0.678403,-0.720205,0.0/
&DEVC ID='R135', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.739,1.806,0.325, ORIENTATION=-0.650389,-0.759602,0.0/
&DEVC ID='R136', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.692,1.809,0.325, ORIENTATION=-0.600273,-0.799795,0.0/
&DEVC ID='R137', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.644,1.813,0.325, ORIENTATION=-0.540668,-0.841236,0.0/
&DEVC ID='R138', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.596,1.818,0.325, ORIENTATION=-0.472119,-0.881535,0.0/
&DEVC ID='R139', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.548,1.823,0.325, ORIENTATION=-0.395525,-0.918455,0.0/
&DEVC ID='R140', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.499,1.828,0.325, ORIENTATION=-0.309791,-0.950805,0.0/
&DEVC ID='R141', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.45,1.834,0.325, ORIENTATION=-0.217349,-0.976094,0.0/
&DEVC ID='R06', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R07', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R08', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R09', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R10', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R01', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R02', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R03', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R04', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R05', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R11', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R12', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R13', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R14', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R15', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R16', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R17', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R18', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R19', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R20', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R21', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R22', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R23', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R24', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R25', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R26', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R27', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R28', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R29', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R30', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R31', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R32', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R33', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R40', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R42', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R43', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R44', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R51', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R52', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R142', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R143', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R144', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R145', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R146', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R147', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/

&MATL ID='Fermacell Aestuver 20 mm',
    SPECIFIC_HEAT=0.9,
    CONDUCTIVITY=0.21,
    DENSITY=700.0/

&SURF ID='Fermacell Aestuver',
    BACKING='EXPOSED',
    MATL_ID(1,1)='Fermacell Aestuver 20 mm',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.02/
&SURF ID='H',
    COLOR='RED',
    HRRPUA=1235.5823/

&OBST ID='D1', XB=0.32,1.32,0.32,1.32,0.0,0.02, COLOR='GRAY 60',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D2', XB=0.3,0.32,0.32,1.34,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0,
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D3', XB=0.3,1.32,0.3,0.32,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D4', XB=1.32,1.34,0.3,1.32,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0,
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D5', XB=0.32,1.34,1.32,1.34,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D6', XB=0.3,1.34,0.3,1.34,0.58,0.6, COLOR='INVISIBLE',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='H1', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H2', XB=0.86,0.93,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H3', XB=0.79,0.86,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H4', XB=0.79,0.86,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H5', XB=0.72,0.79,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H6', XB=0.72,0.79,0.89,0.96,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

&HOLE ID='O1', XB=1.12,1.34,1.32,1.34,0.2,0.45/
&HOLE ID='O2', XB=1.32,1.34,1.12,1.32,0.2,0.45/
&HOLE ID='O3', XB=0.3,0.6,0.3,0.32,0.02,0.12/
```

```
&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=2.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,2.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,2.0,1.0,1.0/
&VENT ID='H1', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H2', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.749,0.819,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H3', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.749,0.819,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H4', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.819,0.889,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H5', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.819,0.889,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H6', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.889,0.959,0.12,0.12,
IOR=3/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.325/
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=0.325/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.82/
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBX=0.82/


&TAIL /
```

Zdrojový kód simulace experimentu – šíře okenních otvorů 2 a 1 m

```
&HEAD CHID='SE2x1'/
&TIME T_END=2000.0/
&DUMP RENDER_FILE='SE2x1.ge1', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='VP', IJK=200,200,50, XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/

&REAC ID='PROPANE',
    FUEL='PROPANE'/

&PROP ID='T1 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T2 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T5 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T6 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T4 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T3 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&DEVC ID='T1', PROP_ID='T1 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.32,1.27,0.325/
&DEVC ID='T2', PROP_ID='T2 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.27,1.32,0.325/
&DEVC ID='T5', PROP_ID='T5 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,0.55,0.47/
&DEVC ID='T6', PROP_ID='T6 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,0.55,0.47/
&DEVC ID='T4', PROP_ID='T4 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,1.09,0.47/
&DEVC ID='T3', PROP_ID='T3 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,1.09,0.47/
&DEVC ID='R34', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R35', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R36', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R37', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R38', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R45', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R46', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R47', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R48', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R49', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R56', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R57', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R58', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R59', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R60', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R67', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R68', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R69', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R70', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R71', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R78', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R79', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R80', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R81', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R82', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R41', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.63,0.325, ORIENTATION=-0.351831,-0.936064,0.0/
&DEVC ID='R53', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.63,0.325, ORIENTATION=-0.665053,-0.746797,0.0/
&DEVC ID='R54', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.497,1.622,0.325, ORIENTATION=-0.486432,-0.873718,0.0/
&DEVC ID='R55', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.544,1.614,0.325, ORIENTATION=-0.597186,-0.802103,0.0/
&DEVC ID='R62', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.59,1.607,0.325, ORIENTATION=-0.771623,-0.63608,0.0/
&DEVC ID='R63', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.636,1.602,0.325, ORIENTATION=-0.748803,-0.662792,0.0/
&DEVC ID='R64', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.682,1.597,0.325, ORIENTATION=-0.799439,-0.600748,0.0/
&DEVC ID='R65', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.677,1.543,0.325, ORIENTATION=-0.856595,-0.51599,0.0/
&DEVC ID='R66', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.671,1.489,0.325, ORIENTATION=-0.933793,-0.357813,0.0/
&DEVC ID='R73', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.666,1.436,0.325, ORIENTATION=-0.959272,-0.282485,0.0/
&DEVC ID='R74', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.658,1.383,0.325, ORIENTATION=-0.990981,-0.134001,0.0/
&DEVC ID='R75', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.649,1.333,0.325, ORIENTATION=-0.993977,0.109587,0.0/
&DEVC ID='R39', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.699,1.331,0.325, ORIENTATION=-0.999686,0.0250618,0.0/
&DEVC ID='R50', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.706,1.382,0.325, ORIENTATION=-0.99348,-0.114006,0.0/
&DEVC ID='R61', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.714,1.435,0.325, ORIENTATION=-0.969221,-0.246192,0.0/
&DEVC ID='R72', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.72,1.488,0.325, ORIENTATION=-0.93182,-0.36292,0.0/
&DEVC ID='R76', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.725,1.541,0.325, ORIENTATION=-0.886462,-0.462802,0.0/
&DEVC ID='R77', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.729,1.594,0.325, ORIENTATION=-0.837311,-0.546727,0.0/
&DEVC ID='R83', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.732,1.6474,0.325, ORIENTATION=-0.786903,-0.617077,0.0/
&DEVC ID='R84', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.685,1.651,0.325, ORIENTATION=-0.736617,-0.67631,0.0/
```

```
&DEVC ID='R85', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.639,1.655,0.325, ORIENTATION=-0.688447,-0.725287,0.0/
&DEVC ID='R86', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.592,1.66,0.325, ORIENTATION=-0.618689,-0.785636,0.0/
&DEVC ID='R87', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.545,1.666,0.325, ORIENTATION=-0.532331,-0.846536,0.0/
&DEVC ID='R88', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.674,0.325, ORIENTATION=-0.427621,-0.903958,0.0/
&DEVC ID='R89', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.682,0.325, ORIENTATION=-0.303664,-0.952779,0.0/
&DEVC ID='R90', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.747,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.999698,0.0245626,0.0/
&DEVC ID='R91', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.754,1.382,0.325, ORIENTATION=-0.994893,-0.100931,0.0/
&DEVC ID='R92', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.761,1.433,0.325, ORIENTATION=-0.976459,-0.215702,0.0/
&DEVC ID='R93', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.767,1.486,0.325, ORIENTATION=-0.946218,-0.323531,0.0/
&DEVC ID='R94', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.772,1.539,0.325, ORIENTATION=-0.908267,-0.418391,0.0/
&DEVC ID='R95', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.776,1.592,0.325, ORIENTATION=-0.65789,-0.50041,0.0/
&DEVC ID='R96', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.779,1.645,0.325, ORIENTATION=-0.821248,-0.570571,0.0/
&DEVC ID='R97', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.782,1.697,0.325, ORIENTATION=-0.777941,-0.628337,0.0/
&DEVC ID='R98', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.735,1.7,0.325, ORIENTATION=-0.784791,-0.61976,0.0/
&DEVC ID='R99', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.688,1.704,0.325, ORIENTATION=-0.691042,-0.722814,0.0/
&DEVC ID='R100', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.641,1.709,0.325, ORIENTATION=-0.744442,-0.667687,0.0/
&DEVC ID='R101', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.594,1.713,0.325, ORIENTATION=-0.562855,-0.826555,0.0/
&DEVC ID='R102', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.546,1.719,0.325, ORIENTATION=-0.477552,-0.878603,0.0/
&DEVC ID='R103', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.725,0.325, ORIENTATION=-0.379662,-0.925125,0.0/
&DEVC ID='R104', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.733,0.325, ORIENTATION=-0.267264,-0.963623,0.0/
&DEVC ID='R105', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.45,1.784,0.325, ORIENTATION=-0.240478,-0.970655,0.0/
&DEVC ID='R106', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.777,0.325, ORIENTATION=-0.340015,-0.94042,0.0/
&DEVC ID='R107', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.547,1.771,0.325, ORIENTATION=-0.432935,-0.901425,0.0/
&DEVC ID='R108', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.595,1.766,0.325, ORIENTATION=-0.513607,-0.858026,0.0/
&DEVC ID='R109', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.642,1.761,0.325, ORIENTATION=-0.58288,-0.812558,0.0/
&DEVC ID='R110', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.756,0.325, ORIENTATION=-0.643796,-0.765197,0.0/
&DEVC ID='R111', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.737,1.753,0.325, ORIENTATION=-0.693004,-0.720934,0.0/
&DEVC ID='R112', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.784,1.75,0.325, ORIENTATION=-0.734677,-0.678418,0.0/
&DEVC ID='R113', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.832,1.747,0.325, ORIENTATION=-0.770527,-0.637407,0.0/
&DEVC ID='R114', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.83,1.695,0.325, ORIENTATION=-0.809807,-0.586697,0.0/
```

```
&DEVC ID='R115', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.827,1.643,0.325, ORIENTATION=-0.912087,-0.409998,0.0/
&DEVC ID='R116', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.823,1.59,0.325, ORIENTATION=-0.888088,-0.459673,0.0/
&DEVC ID='R117', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.819,1.537,0.325, ORIENTATION=-0.924838,-0.380361,0.0/
&DEVC ID='R118', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.814,1.485,0.325, ORIENTATION=-0.956258,-0.292526,0.0/
&DEVC ID='R119', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.814,1.485,0.325, ORIENTATION=-0.956258,-0.292526,0.0/
&DEVC ID='R120', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.809,1.433,0.325, ORIENTATION=-0.980901,-0.194507,0.0/
&DEVC ID='R121', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.802,1.381,0.325, ORIENTATION=-0.996085,-0.0883972,0.0/
&DEVC ID='R122', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.796,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.99976,0.0219246,0.0/
&DEVC ID='R123', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.845,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.999804,0.0197981,0.0/
&DEVC ID='R125', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.852,1.381,0.325, ORIENTATION=-0.996809,-0.0798226,0.0/
&DEVC ID='R124', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.857,1.432,0.325, ORIENTATION=-0.984533,-0.175197,0.0/
&DEVC ID='R126', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.862,1.484,0.325, ORIENTATION=-0.963993,-0.265929,0.0/
&DEVC ID='R127', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.867,1.536,0.325, ORIENTATION=-0.937276,-0.348588,0.0/
&DEVC ID='R128', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.871,1.589,0.325, ORIENTATION=-0.905397,-0.424565,0.0/
&DEVC ID='R129', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.875,1.641,0.325, ORIENTATION=-0.871532,-0.490339,0.0/
&DEVC ID='R130', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.877,1.693,0.325, ORIENTATION=-0.835624,-0.549302,0.0/
&DEVC ID='R131', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.88,1.746,0.325, ORIENTATION=-0.799289,-0.600947,0.0/
&DEVC ID='R132', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.883,1.798,0.325, ORIENTATION=-0.7644,-0.644742,0.0/
&DEVC ID='R133', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.836,1.798,0.325, ORIENTATION=-0.73469,-0.678403,0.0/
&DEVC ID='R134', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.786,1.803,0.325, ORIENTATION=-0.678403,-0.720205,0.0/
&DEVC ID='R135', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.739,1.806,0.325, ORIENTATION=-0.650389,-0.759602,0.0/
&DEVC ID='R136', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.692,1.809,0.325, ORIENTATION=-0.600273,-0.799795,0.0/
&DEVC ID='R137', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.644,1.813,0.325, ORIENTATION=-0.540668,-0.841236,0.0/
&DEVC ID='R138', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.596,1.818,0.325, ORIENTATION=-0.472119,-0.881535,0.0/
&DEVC ID='R139', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.548,1.823,0.325, ORIENTATION=-0.395525,-0.918455,0.0/
&DEVC ID='R140', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.499,1.828,0.325, ORIENTATION=-0.309791,-0.950805,0.0/
&DEVC ID='R141', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.45,1.834,0.325, ORIENTATION=-0.217349,-0.976094,0.0/
&DEVC ID='R06', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R07', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R08', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R09', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R10', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R01', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R02', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R03', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R04', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R05', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R11', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R12', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R13', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R14', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R15', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R16', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R17', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R18', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R19', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R20', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R21', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R22', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R23', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R24', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R25', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R26', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R27', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R28', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R29', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R30', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R31', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R32', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R33', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R40', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R42', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R43', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R44', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R51', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R52', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R142', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R143', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R144', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R145', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R146', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R147', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R148', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R149', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R150', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R151', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R152', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R153', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R154', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R155', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R156', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R157', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R158', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R159', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R160', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R161', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R162', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R163', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R164', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R165', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R166', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R167', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/

&MATL ID='Fermacell Aestuver 20 mm',
    SPECIFIC_HEAT=0.9,
    CONDUCTIVITY=0.21,
    DENSITY=700.0/

&SURF ID='Fermacell Aestuver',
    BACKING='EXPOSED',
    MATL_ID(1,1)='Fermacell Aestuver 20 mm',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.02/
&SURF ID='H',
    COLOR='RED',
    HRRPUA=1935.463/

&OBST ID='D1', XB=0.32,1.32,0.32,1.32,0.0,0.02, COLOR='GRAY 60',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D2', XB=0.3,0.32,0.32,1.34,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0,
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D3', XB=0.3,1.32,0.3,0.32,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D4', XB=1.32,1.34,0.3,1.32,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0,
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D5', XB=0.32,1.34,1.32,1.34,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D6', XB=0.3,1.34,0.3,1.34,0.58,0.6, COLOR='INVISIBLE',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='H1', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H2', XB=0.86,0.93,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H3', XB=0.79,0.86,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H4', XB=0.79,0.86,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H5', XB=0.72,0.79,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H6', XB=0.72,0.79,0.89,0.96,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

&HOLE ID='O1', XB=1.12,1.34,1.32,1.34,0.2,0.45/
&HOLE ID='O2', XB=1.32,1.34,0.92,1.32,0.2,0.45/
&HOLE ID='O3', XB=0.3,0.6,0.3,0.32,0.02,0.12/

&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=2.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,2.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,2.0,1.0,1.0/
&VENT ID='H1', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H2', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.749,0.819,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H3', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.749,0.819,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H4', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.819,0.889,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H5', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.819,0.889,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H6', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.889,0.959,0.12,0.12,
IOR=3/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.325/
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=0.325/
```

```
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.82/
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBX=0.82/

&TAIL /
```

Zdrojový kód simulace experimentu – šíře okenních otvorů 3 a 1 m

```
&HEAD CHID='SE3x1'/
&TIME T_END=2000.0/
&DUMP RENDER_FILE='SE3x1.ge1', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='VP', IJK=200,200,50, XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/

&REAC ID='PROPANE',
    FUEL='PROPANE'/

&PROP ID='T1 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T2 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T5 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T6 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T4 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&PROP ID='T3 props', BEAD_DIAMETER=0.003/
&DEVC ID='T1', PROP_ID='T1 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.32,1.27,0.325/
&DEVC ID='T2', PROP_ID='T2 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.27,1.32,0.325/
&DEVC ID='T5', PROP_ID='T5 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,0.55,0.47/
&DEVC ID='T6', PROP_ID='T6 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,0.55,0.47/
&DEVC ID='T4', PROP_ID='T4 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=0.55,1.09,0.47/
&DEVC ID='T3', PROP_ID='T3 props', QUANTITY='THERMOCOUPLE',
XYZ=1.09,1.09,0.47/
&DEVC ID='R34', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R35', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R36', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R37', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R38', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R45', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R46', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R47', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R48', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R49', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R56', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R57', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R58', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R59', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R60', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R67', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R68', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R69', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R70', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R71', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R78', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.08,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R79', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.13,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R80', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.18,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R81', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.23,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R82', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.28,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R41', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.63,0.325, ORIENTATION=-0.351831,-0.936064,0.0/
&DEVC ID='R53', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.63,0.325, ORIENTATION=-0.665053,-0.746797,0.0/
&DEVC ID='R54', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.497,1.622,0.325, ORIENTATION=-0.486432,-0.873718,0.0/
&DEVC ID='R55', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.544,1.614,0.325, ORIENTATION=-0.597186,-0.802103,0.0/
&DEVC ID='R62', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.59,1.607,0.325, ORIENTATION=-0.771623,-0.63608,0.0/
&DEVC ID='R63', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.636,1.602,0.325, ORIENTATION=-0.748803,-0.662792,0.0/
&DEVC ID='R64', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.682,1.597,0.325, ORIENTATION=-0.799439,-0.600748,0.0/
&DEVC ID='R65', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.677,1.543,0.325, ORIENTATION=-0.856595,-0.51599,0.0/
&DEVC ID='R66', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.671,1.489,0.325, ORIENTATION=-0.933793,-0.357813,0.0/
&DEVC ID='R73', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.666,1.436,0.325, ORIENTATION=-0.959272,-0.282485,0.0/
&DEVC ID='R74', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.658,1.383,0.325, ORIENTATION=-0.990981,-0.134001,0.0/
&DEVC ID='R75', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.649,1.333,0.325, ORIENTATION=-0.993977,0.109587,0.0/
&DEVC ID='R39', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.699,1.331,0.325, ORIENTATION=-0.999686,0.0250618,0.0/
&DEVC ID='R50', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.706,1.382,0.325, ORIENTATION=-0.99348,-0.114006,0.0/
&DEVC ID='R61', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.714,1.435,0.325, ORIENTATION=-0.969221,-0.246192,0.0/
&DEVC ID='R72', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.72,1.488,0.325, ORIENTATION=-0.93182,-0.36292,0.0/
&DEVC ID='R76', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.725,1.541,0.325, ORIENTATION=-0.886462,-0.462802,0.0/
&DEVC ID='R77', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.729,1.594,0.325, ORIENTATION=-0.837311,-0.546727,0.0/
&DEVC ID='R83', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.732,1.6474,0.325, ORIENTATION=-0.786903,-0.617077,0.0/
&DEVC ID='R84', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.685,1.651,0.325, ORIENTATION=-0.736617,-0.67631,0.0/
```

```
&DEVC ID='R85', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.639,1.655,0.325, ORIENTATION=-0.688447,-0.725287,0.0/
&DEVC ID='R86', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.592,1.66,0.325, ORIENTATION=-0.618689,-0.785636,0.0/
&DEVC ID='R87', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.545,1.666,0.325, ORIENTATION=-0.532331,-0.846536,0.0/
&DEVC ID='R88', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.674,0.325, ORIENTATION=-0.427621,-0.903958,0.0/
&DEVC ID='R89', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.682,0.325, ORIENTATION=-0.303664,-0.952779,0.0/
&DEVC ID='R90', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.747,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.999698,0.0245626,0.0/
&DEVC ID='R91', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.754,1.382,0.325, ORIENTATION=-0.994893,-0.100931,0.0/
&DEVC ID='R92', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.761,1.433,0.325, ORIENTATION=-0.976459,-0.215702,0.0/
&DEVC ID='R93', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.767,1.486,0.325, ORIENTATION=-0.946218,-0.323531,0.0/
&DEVC ID='R94', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.772,1.539,0.325, ORIENTATION=-0.908267,-0.418391,0.0/
&DEVC ID='R95', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.776,1.592,0.325, ORIENTATION=-0.65789,-0.50041,0.0/
&DEVC ID='R96', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.779,1.645,0.325, ORIENTATION=-0.821248,-0.570571,0.0/
&DEVC ID='R97', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.782,1.697,0.325, ORIENTATION=-0.777941,-0.628337,0.0/
&DEVC ID='R98', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.735,1.7,0.325, ORIENTATION=-0.784791,-0.61976,0.0/
&DEVC ID='R99', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.688,1.704,0.325, ORIENTATION=-0.691042,-0.722814,0.0/
&DEVC ID='R100', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.641,1.709,0.325, ORIENTATION=-0.744442,-0.667687,0.0/
&DEVC ID='R101', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.594,1.713,0.325, ORIENTATION=-0.562855,-0.826555,0.0/
&DEVC ID='R102', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.546,1.719,0.325, ORIENTATION=-0.477552,-0.878603,0.0/
&DEVC ID='R103', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.725,0.325, ORIENTATION=-0.379662,-0.925125,0.0/
&DEVC ID='R104', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.449,1.733,0.325, ORIENTATION=-0.267264,-0.963623,0.0/
&DEVC ID='R105', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.45,1.784,0.325, ORIENTATION=-0.240478,-0.970655,0.0/
&DEVC ID='R106', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.498,1.777,0.325, ORIENTATION=-0.340015,-0.94042,0.0/
&DEVC ID='R107', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.547,1.771,0.325, ORIENTATION=-0.432935,-0.901425,0.0/
&DEVC ID='R108', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.595,1.766,0.325, ORIENTATION=-0.513607,-0.858026,0.0/
&DEVC ID='R109', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.642,1.761,0.325, ORIENTATION=-0.58288,-0.812558,0.0/
&DEVC ID='R110', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.756,0.325, ORIENTATION=-0.643796,-0.765197,0.0/
&DEVC ID='R111', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.737,1.753,0.325, ORIENTATION=-0.693004,-0.720934,0.0/
&DEVC ID='R112', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.784,1.75,0.325, ORIENTATION=-0.734677,-0.678418,0.0/
&DEVC ID='R113', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.832,1.747,0.325, ORIENTATION=-0.770527,-0.637407,0.0/
&DEVC ID='R114', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.83,1.695,0.325, ORIENTATION=-0.809807,-0.586697,0.0/
```

```
&DEVC ID='R115', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.827,1.643,0.325, ORIENTATION=-0.912087,-0.409998,0.0/
&DEVC ID='R116', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.823,1.59,0.325, ORIENTATION=-0.888088,-0.459673,0.0/
&DEVC ID='R117', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.819,1.537,0.325, ORIENTATION=-0.924838,-0.380361,0.0/
&DEVC ID='R118', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.814,1.485,0.325, ORIENTATION=-0.956258,-0.292526,0.0/
&DEVC ID='R119', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.814,1.485,0.325, ORIENTATION=-0.956258,-0.292526,0.0/
&DEVC ID='R120', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.809,1.433,0.325, ORIENTATION=-0.980901,-0.194507,0.0/
&DEVC ID='R121', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.802,1.381,0.325, ORIENTATION=-0.996085,-0.0883972,0.0/
&DEVC ID='R122', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.796,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.99976,0.0219246,0.0/
&DEVC ID='R123', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.845,1.33,0.325, ORIENTATION=-0.999804,0.0197981,0.0/
&DEVC ID='R125', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.852,1.381,0.325, ORIENTATION=-0.996809,-0.0798226,0.0/
&DEVC ID='R124', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.857,1.432,0.325, ORIENTATION=-0.984533,-0.175197,0.0/
&DEVC ID='R126', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.862,1.484,0.325, ORIENTATION=-0.963993,-0.265929,0.0/
&DEVC ID='R127', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.867,1.536,0.325, ORIENTATION=-0.937276,-0.348588,0.0/
&DEVC ID='R128', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.871,1.589,0.325, ORIENTATION=-0.905397,-0.424565,0.0/
&DEVC ID='R129', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.875,1.641,0.325, ORIENTATION=-0.871532,-0.490339,0.0/
&DEVC ID='R130', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.877,1.693,0.325, ORIENTATION=-0.835624,-0.549302,0.0/
&DEVC ID='R131', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.88,1.746,0.325, ORIENTATION=-0.799289,-0.600947,0.0/
&DEVC ID='R132', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.883,1.798,0.325, ORIENTATION=-0.7644,-0.644742,0.0/
&DEVC ID='R133', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.836,1.798,0.325, ORIENTATION=-0.73469,-0.678403,0.0/
&DEVC ID='R134', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.786,1.803,0.325, ORIENTATION=-0.678403,-0.720205,0.0/
&DEVC ID='R135', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.739,1.806,0.325, ORIENTATION=-0.650389,-0.759602,0.0/
&DEVC ID='R136', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.692,1.809,0.325, ORIENTATION=-0.600273,-0.799795,0.0/
&DEVC ID='R137', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.644,1.813,0.325, ORIENTATION=-0.540668,-0.841236,0.0/
&DEVC ID='R138', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.596,1.818,0.325, ORIENTATION=-0.472119,-0.881535,0.0/
&DEVC ID='R139', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.548,1.823,0.325, ORIENTATION=-0.395525,-0.918455,0.0/
&DEVC ID='R140', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.499,1.828,0.325, ORIENTATION=-0.309791,-0.950805,0.0/
&DEVC ID='R141', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.45,1.834,0.325, ORIENTATION=-0.217349,-0.976094,0.0/
&DEVC ID='R06', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R07', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R08', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R09', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R10', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.4,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R01', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R02', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R03', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R04', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R05', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.35,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R11', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R12', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R13', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R14', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R15', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.3,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R16', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R17', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R18', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R19', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R20', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.25,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R21', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R22', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R23', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R24', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R25', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.2,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R26', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R27', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R28', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R29', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R30', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,1.03,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R31', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R32', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R33', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R40', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R42', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.98,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R43', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R44', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R51', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R52', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R142', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.15,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R143', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.79,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R144', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.84,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R145', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.74,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R146', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.69,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R147', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.1,1.64,0.325, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='R148', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R149', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R150', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R151', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R152', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.93,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R153', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R154', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R155', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R156', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R157', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.88,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R158', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R159', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R160', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R161', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R162', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.83,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R163', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R164', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R165', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
```

```
&DEVC ID='R166', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R167', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.78,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R168', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.73,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R169', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.73,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R170', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.73,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R171', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.73,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R172', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.73,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R173', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.68,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R174', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.68,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R175', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.68,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R176', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.68,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R177', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.68,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R178', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.63,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R179', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.63,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R180', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.63,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R181', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.63,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R182', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.63,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R183', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.79,0.58,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R184', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.84,0.58,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R185', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.74,0.58,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R186', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.69,0.58,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='R187', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.64,0.58,0.325, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/

&MATL ID='Fermacell Aestuver 20 mm',
    SPECIFIC_HEAT=0.9,
    CONDUCTIVITY=0.21,
    DENSITY=700.0/

&SURF ID='Fermacell Aestuver',
    BACKING='EXPOSED',
    MATL_ID(1,1)='Fermacell Aestuver 20 mm',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.02/
&SURF ID='H',
    COLOR='RED',
    HRRPUA=2490.1847/

&OBST ID='D1', XB=0.32,1.32,0.32,1.32,0.0,0.02, COLOR='GRAY 60',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
```

```
&OBST ID='D2', XB=0.3,0.32,0.32,1.34,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0,
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D3', XB=0.3,1.32,0.3,0.32,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D4', XB=1.32,1.34,0.3,1.32,0.0,0.58, RGB=51.0,255.0,255.0,
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D5', XB=0.32,1.34,1.32,1.34,0.0,0.58, COLOR='MAGENTA',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='D6', XB=0.3,1.34,0.3,1.34,0.58,0.6, COLOR='INVISIBLE',
SURF_ID='Fermacell Aestuver'/
&OBST ID='H1', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H2', XB=0.86,0.93,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H3', XB=0.79,0.86,0.75,0.82,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H4', XB=0.79,0.86,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H5', XB=0.72,0.79,0.82,0.89,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='H6', XB=0.72,0.79,0.89,0.96,0.02,0.12, SURF_ID='INERT'/

&HOLE ID='O1', XB=1.12,1.34,1.32,1.34,0.2,0.45/
&HOLE ID='O2', XB=1.32,1.34,0.72,1.32,0.2,0.45/
&HOLE ID='O3', XB=0.3,0.6,0.3,0.32,0.02,0.12/

&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=2.0,2.0,0.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,2.0,2.0,0.0,1.0/
&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,2.0,1.0,1.0/
&VENT ID='H1', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.679,0.749,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H2', SURF_ID='H', XB=0.856,0.926,0.749,0.819,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H3', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.749,0.819,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H4', SURF_ID='H', XB=0.786,0.856,0.819,0.889,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H5', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.819,0.889,0.12,0.12,
IOR=3/
&VENT ID='H6', SURF_ID='H', XB=0.716,0.786,0.889,0.959,0.12,0.12,
IOR=3/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.325/
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=0.325/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.82/
&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBX=0.82/


&TAIL /
```

Zdrojový kód simulace v měřítku 1:5 – šíře okenních otvorů 1 a 1 m

```
&HEAD CHID='V1x1_v2'/
&TIME T_END=12.0/
&DUMP RENDER_FILE='V1x1_v2.ge1', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='VP', IJK=200,200,30, XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.0,0.6/

&REAC ID='PROPANE',
    FUEL='PROPANE'/

&DEVC ID='THCP1', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.201,1.1,0.305,
ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='THCP2', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.1,1.201,0.305,
ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/

&SURF ID='ISO 834',
    COLOR='RED',
    TMP_FRONT=902.34,
    EMISSIVITY=1.0/

&OBST ID='S1', XB=0.2,1.2,1.15,1.2,0.0,0.6, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='S2', XB=1.15,1.2,0.2,1.15,0.0,0.6, SURF_ID='INERT'/

&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,2.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=2.0,2.0,0.0,2.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,2.0,2.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.6,0.6/
&VENT ID='O1', SURF_ID='ISO 834', XB=1.2005,1.2005,1.0,1.2,0.18,0.43,
IOR=1/
&VENT ID='O2', SURF_ID='ISO 834', XB=1.0,1.2,1.2005,1.2005,0.18,0.43,
IOR=2/

&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=0.305/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.3/


&TAIL /
```

Zdrojový kód simulace v měřítku 1:5 – šíře okenních otvorů 2 a 1 m

```
&HEAD CHID='V2x1_v2'/
&TIME T_END=12.0/
&DUMP RENDER_FILE='V2x1_v2.ge1', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='VP', IJK=200,200,30, XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.0,0.6/

&REAC ID='PROPANE',
    FUEL='PROPANE'/

&DEVC ID='THCP1', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.201,1.1,0.305,
ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='THCP2', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.1,1.201,0.305,
ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/

&SURF ID='ISO 834',
    COLOR='RED',
```

```
    TMP_FRONT=902.34,
    EMISSIVITY=1.0/

&OBST ID='S1', XB=0.2,1.2,1.15,1.2,0.0,0.6, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='S2', XB=1.15,1.2,0.2,1.15,0.0,0.6, SURF_ID='INERT'/

&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,2.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=2.0,2.0,0.0,2.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,2.0,2.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.6,0.6/
&VENT ID='O1', SURF_ID='ISO 834', XB=1.2005,1.2005,0.8,1.2,0.18,0.43,
IOR=1/
&VENT ID='O2', SURF_ID='ISO 834', XB=1.0,1.2,1.2005,1.2005,0.18,0.43,
IOR=2/

&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=0.305/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.3/


&TAIL /
```

Zdrojový kód simulace v měřítku 1:5 – šíře okenních otvorů 3 a 1 m

```
&HEAD CHID='V3x1_v2'/
&TIME T_END=12.0/
&DUMP RENDER_FILE='V3x1_v2.ge1', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='VP', IJK=200,200,30, XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.0,0.6/

&REAC ID='PROPANE',
    FUEL='PROPANE'/

&DEVC ID='THCP1', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.201,1.1,0.305,
ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='THCP2', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.1,1.201,0.305,
ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/

&SURF ID='ISO 834',
    COLOR='RED',
    TMP_FRONT=902.34,
    EMISSIVITY=1.0/

&OBST ID='S1', XB=0.2,1.2,1.15,1.2,0.0,0.6, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='S2', XB=1.15,1.2,0.2,1.15,0.0,0.6, SURF_ID='INERT'/

&VENT ID='OP1', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,0.0,2.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP2', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP3', SURF_ID='OPEN', XB=2.0,2.0,0.0,2.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP4', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,2.0,2.0,0.0,0.6/
&VENT ID='OP5', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,2.0,0.0,2.0,0.6,0.6/
&VENT ID='O1', SURF_ID='ISO 834', XB=1.2005,1.2005,0.6,1.2,0.18,0.43,
IOR=1/
&VENT ID='O2', SURF_ID='ISO 834', XB=1.0,1.2,1.2005,1.2005,0.18,0.43,
IOR=2/

&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', PBZ=0.305/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.3/

&TAIL /
```

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Příloha 3 - Origin

Bc. Daniela Pitelková

Příloha 3: Protokol z programu Origin

ČÁST I. Vstupní hodnoty a hodnoty ležící na vytvořené ploše (Fit)

P2 protokol

Souřadnice měření		I [kW·m^{-2}]	Proložení plochou	Rozdíl	%	Ø absolutní chyby	Max chyba	Max absolutní chyba [kW·m^{-2}]
X	Y	Z	Fit Z I [kW·m^{-2}]	Real/Fit	chyby			
0,30	-0,20	1,0	0,949492956	0,050507044	5%	**7%**	**37%**	**0,18**
0,35	-0,20	0,8	0,956133462	-0,156133462	20%			
0,40	-0,20	0,9	0,88630836	0,01369164	2%			
0,45	-0,20	0,8	0,75482426	0,04517574	6%			
0,50	-0,20	0,5	0,575966328	-0,075966328	15%			
0,30	-0,15	1,2	1,109226491	0,090773509	8%			
0,35	-0,15	1,0	1,064613578	-0,064613578	6%			
0,40	-0,15	1,0	0,950152538	0,049847462	5%			
0,45	-0,15	0,8	0,779161035	0,020838965	3%			
0,50	-0,15	0,6	0,564435284	0,035564716	6%			
0,30	-0,10	1,3	1,241297432	0,058702568	5%			
0,35	-0,10	1,2	1,15701486	0,04298514	4%			
0,40	-0,10	1,0	1,00906385	-0,00906385	1%			
0,45	-0,10	0,9	0,809273117	0,090726883	10%			
0,50	-0,10	0,6	0,568949927	0,031050073	5%			
0,30	-0,05	1,4	1,34649605	0,05350395	4%			
0,35	-0,05	1,1	1,23314927	-0,13314927	12%			
0,40	-0,05	1,0	1,061875946	-0,061875946	6%			
0,45	-0,05	0,9	0,843015844	0,056984156	6%			
0,50	-0,05	0,6	0,586387282	0,013612718	2%			
0,30	0,00	1,4	1,42542995	-0,02542995	2%			
0,35	0,00	1,2	1,2926461	-0,0926461	8%			
0,40	0,00	1,0	1,107239805	-0,107239805	11%			
0,45	0,00	0,9	0,878061884	0,021938116	2%			
0,50	0,00	0,6	0,613441707	-0,013441707	2%			
0,30	0,05	1,5	1,478524067	0,021475933	1%			
0,35	0,05	1,2	1,334951973	-0,134951973	11%			
0,40	0,05	1,0	1,14362374	-0,14362374	14%			
0,45	0,05	1,0	0,911901238	0,088098762	9%			
0,50	0,05	0,6	0,64662489	-0,04662489	8%			
0,30	0,10	1,6	1,506020664	0,093979336	6%			
0,35	0,10	1,4	1,359330842	0,040669158	3%			
0,40	0,10	1,2	1,169313392	0,030686608	3%			
0,45	0,10	1,0	0,941841236	0,058158764	6%			
0,50	0,10	0,6	0,682265848	-0,082265848	14%			
0,30	0,15	1,5	1,507979339	-0,007979339	1%			
0,35	0,15	1,5	1,364863991	0,135136009	9%			
0,40	0,15	1,3	1,182411733	0,117588267	9%			
0,45	0,15	1,0	0,965006538	0,034993462	3%			
0,50	0,15	0,7	0,716510932	-0,016510932	2%			
0,30	0,20	1,4	1,484277018	-0,084277018	6%			
0,35	0,20	1,4	1,350450036	0,049549964	4%			
0,40	0,20	1,2	1,180839067	0,019160933	2%			
0,45	0,20	1,0	0,978339137	0,021660863	2%			
0,50	0,20	0,7	0,745323821	-0,045323821	6%			
0,30	0,25	1,4	1,434607957	-0,034607957	2%			
0,35	0,25	1,3	1,314804921	-0,014804921	1%			
0,40	0,25	1,2	1,162333028	0,037666972	3%			
0,45	0,25	1,1	0,978598353	0,121401647	11%			
0,50	0,25	0,7	0,764485526	-0,064485526	9%			
-0,20	0,30	0,4	0,374565603	0,025434397	6%			
-0,15	0,30	0,5	0,682619347	-0,182619347	37%			
-0,10	0,30	0,8	0,932830712	-0,132830712	17%			
-0,05	0,30	1,0	1,130331294	-0,130331294	13%			
0,00	0,30	1,3	1,279731244	0,020268756	2%			
0,05	0,30	1,4	1,385119264	0,014880736	1%			
0,10	0,30	1,5	1,450062611	0,049937389	3%			
0,15	0,30	1,5	1,477607094	0,022392906	1%			
0,20	0,30	1,5	1,470277075	0,029722925	2%			
0,25	0,30	1,4	1,430075469	-0,030075469	2%			
0,30	0,30	1,2	1,358483745	-0,158483745	13%			
0,35	0,30	1,2	1,256461924	-0,056461924	5%			
0,40	0,30	1,1	1,12444858	-0,02444858	2%			
0,45	0,30	1,0	0,962360841	0,037639159	4%			
0,50	0,30	0,7	0,769594387	-0,069594387	10%			
-0,20	0,35	0,7	0,516456823	0,183543177	26%			
-0,15	0,35	0,8	0,740783172	0,059216828	7%			
-0,10	0,35	1,0	0,924396165	0,075603835	8%			
-0,05	0,35	1,2	1,070938452	0,129061548	11%			
0,00	0,35	1,3	1,183531235	0,116468765	9%			
0,05	0,35	1,4	1,264774267	0,135225733	10%			
0,10	0,35	1,4	1,316745856	0,083254144	6%			
0,15	0,35	1,5	1,341002864	0,158997136	11%			
0,20	0,35	1,4	1,338580704	0,061419296	4%			

Parametry pro vytvoření plochy:

Equation	a+b*x+c*y+d*x*x+e*x*y+f*y*y+g*x*x*x+h*x*x*y+i*x*y*y+j*y*y*y+k*x*x*x*x+l*x*x*x*y+m*x*x*y*y+n*x*y*y*y+o*y*y*y*y
Plot	I
a	0,55571 ± 0,29118
b	9,20963 ± 2,03915
c	-6,91653 ± 2,03915
d	-25,82705 ± 5,43357
e	33,6938 ± 11,91806
f	-17,38224 ± 5,43357
g	17,01556 ± 7,27085
h	-62,03136 ± 21,86332
i	45,97795 ± 21,86332
j	-8,27129 ± 7,27085
k	-3,47631 ± 6,17403
l	39,70529 ± 13,63727
m	-17,51177 ± 21,56244
n	26,08831 ± 13,63727
o	-1,2178 ± 6,17403
Reduced Chi-Sqr	0,00649
R-Square (COD)	0,93114
Adj. R-Square	0,92238

0,25	0,35	1,4	1,309993343	0,090006657	6%
0,30	0,35	1,3	1,2552333	0,0447667	3%
0,35	0,35	1,1	1,17377165	-0,07377165	7%
0,40	0,35	1,0	1,064558018	-0,064558018	6%
0,45	0,35	1,0	0,926020583	0,073979417	7%
0,50	0,35	0,7	0,756066078	-0,056066078	8%
-0,20	0,40	0,6	0,588282931	0,011717069	2%
-0,15	0,40	0,7	0,735060471	-0,035060471	5%
-0,10	0,40	0,8	0,857815886	-0,057815886	7%
-0,05	0,40	0,9	0,958702876	-0,058702876	7%
0,00	0,40	1,0	1,039353695	-0,039353695	4%
0,05	0,40	1,0	1,100879148	-0,100879148	10%
0,10	0,40	1,0	1,143868596	-0,143868596	14%
0,15	0,40	1,1	1,16838995	-0,06838995	6%
0,20	0,40	1,0	1,173989676	-0,173989676	17%
0,25	0,40	1,0	1,159692793	-0,159692793	16%
0,30	0,40	1,1	1,124002873	-0,024002873	2%
0,35	0,40	1,0	1,064902039	-0,064902039	6%
0,40	0,40	1,0	0,979850969	0,020149031	2%
0,45	0,40	1,0	0,865788895	0,134211105	13%
0,50	0,40	0,7	0,7191336	-0,0191336	3%
-0,20	0,45	0,6	0,598790622	0,001209378	0%
-0,15	0,45	0,6	0,673219629	-0,073219629	12%
-0,10	0,45	0,7	0,739879946	-0,039879946	6%
-0,05	0,45	0,8	0,799436326	5,64E-04	0%
0,00	0,45	0,9	0,852032074	0,047967926	5%
0,05	0,45	0,9	0,897289047	0,002710953	0%
0,10	0,45	0,9	0,934307657	-0,034307657	4%
0,15	0,45	1,0	0,961666868	0,038333132	4%
0,20	0,45	0,9	0,977424197	-0,077424197	9%
0,25	0,45	1,0	0,979115713	0,020884287	2%
0,30	0,45	1,0	0,963756041	0,036243959	4%
0,35	0,45	1,0	0,927838357	0,072161643	7%
0,40	0,45	0,9	0,867334389	0,032665611	4%
0,45	0,45	0,9	0,777694421	0,122305579	14%
0,50	0,45	0,7	0,653847287	0,046152713	7%
-0,20	0,50	0,5	0,556543925	-0,056543925	11%
-0,15	0,50	0,6	0,562846361	0,037153639	6%
-0,10	0,50	0,6	0,57719575	0,02280425	4%
-0,05	0,50	0,6	0,598767895	0,001232105	0%
0,00	0,50	0,7	0,626217152	0,073782848	11%
0,05	0,50	0,7	0,657676432	0,042323568	6%
0,10	0,50	0,7	0,690757197	0,009242803	1%
0,15	0,50	0,7	0,722549463	-0,022549463	3%
0,20	0,50	0,8	0,749621798	0,050378202	6%
0,25	0,50	0,8	0,768021324	0,031978676	4%
0,30	0,50	0,8	0,773273717	0,026726283	3%
0,35	0,50	0,7	0,760383204	-0,060383204	9%
0,40	0,50	0,7	0,723832566	-0,023832566	3%
0,45	0,50	0,6	0,657583136	-0,057583136	10%
0,50	0,50	0,5	0,555074804	-0,055074804	11%

P3 protokol

Souřadnice měření		I [kW·m^{-2}]	Proložení plochou	Rozdíl	%	Ø absolutní chyby	Max chyba	Max absolutní chyba [kW·m^{-2}]
X	Y	Z	Fit Z I [kW·m^{-2}]	Real/Fit	chyby			
0,30	-0,30	4,4	4,291051349	0,108948651	2%	5%	18%	0,67
0,35	-0,30	4,0	4,043484779	-0,043484779	1%			
0,40	-0,30	3,2	3,518233426	-0,318233426	10%			
0,45	-0,30	2,9	2,787283712	0,112716288	4%			
0,50	-0,30	1,8	1,925546462	-0,125546462	7%			
0,35	-0,25	4,5	4,372383774	0,127616226	3%			
0,40	-0,25	3,5	3,717219747	-0,217219747	6%			
0,45	-0,25	3,2	2,888711814	0,311288186	10%			
0,50	-0,25	2,0	1,958067261	0,041932739	2%			
0,35	-0,20	4,9	4,656561318	0,243438682	5%			
0,40	-0,20	3,7	3,906204837	-0,206204837	6%			
0,45	-0,20	3,2	3,012209697	0,187790303	6%			
0,50	-0,20	2,1	2,04207964	0,05792036	3%			
0,35	-0,15	5,0	4,886834575	0,113165425	2%			
0,40	-0,15	3,8	4,072959673	-0,272959673	7%			
0,45	-0,15	3,3	3,142502145	0,157497855	5%			
0,50	-0,15	2,3	2,159262191	0,140737809	6%			
0,35	-0,10	5,2	5,056064475	0,143935525	3%			
0,40	-0,10	3,7	4,207298991	-0,507298991	14%			
0,45	-0,10	3,4	3,266357702	0,133642298	4%			
0,50	-0,10	2,3	2,293337269	0,006662731	0%			
0,35	-0,05	5,2	5,159155707	0,040844293	1%			
0,40	-0,05	3,9	4,30108129	-0,40108129	10%			
0,45	-0,05	3,3	3,372588679	-0,072588679	2%			
0,50	-0,05	2,4	2,430070991	-0,030070991	1%			
0,35	0,00	5,4	5,193056726	0,206943274	4%			
0,40	0,00	3,9	4,348208833	-0,448208833	11%			
0,45	0,00	3,4	3,452051145	-0,052051145	2%			
0,50	0,00	2,5	2,557273237	-0,057273237	2%			
0,35	0,05	5,5	5,156759747	0,343240253	6%			
0,40	0,05	4,1	4,344627644	-0,244627644	6%			
0,45	0,05	3,7	3,497644934	0,202355066	5%			
0,50	0,05	2,6	2,664797648	-0,064797648	2%			
0,35	0,10	5,4	5,051300747	0,348699253	6%			
0,40	0,10	4,1	4,288327509	-0,188327509	5%			
0,45	0,10	3,8	3,50431364	0,29568636	8%			
0,50	0,10	2,8	2,74454163	0,05545837	2%			
0,35	0,15	5,4	4,879759466	0,520240534	10%			
0,40	0,15	4,1	4,179341978	-0,079341978	2%			
0,45	0,15	3,6	3,469044622	0,130955378	4%			
0,50	0,15	2,8	2,790446347	0,009553653	0%			
0,35	0,20	5,0	4,647259407	0,352740593	7%			
0,40	0,20	3,9	4,019748361	-0,119748361	3%			
0,45	0,20	3,2	3,390868999	-0,190868999	6%			
0,50	0,20	2,6	2,79849673	-0,19849673	8%			
0,30	0,25	4,4	4,881514502	-0,481514502	11%			
0,35	0,25	4,5	4,360967833	0,139032167	3%			
0,40	0,25	3,7	3,813667731	-0,113667731	3%			
0,45	0,25	3,3	3,270861654	0,029138346	1%			
0,50	0,25	2,8	2,766721468	0,033278532	1%			
-0,30	0,30	2,2	2,207579165	-0,007579165	0%			
-0,25	0,30	2,7	3,086568138	-0,386568138	14%			
-0,20	0,30	3,4	3,843296979	-0,443296979	13%			
-0,15	0,30	4,0	4,470216737	-0,470216737	12%			
-0,10	0,30	4,9	4,962702868	-0,062702868	1%			
-0,05	0,30	5,3	5,319055234	-0,019055234	0%			
0,00	0,30	5,4	5,5404981	-0,1404981	3%			
0,05	0,30	5,7	5,631180139	0,068819861	1%			
0,10	0,30	5,4	5,598174429	-0,198174429	4%			
0,15	0,30	5,2	5,451478454	-0,251478454	5%			
0,20	0,30	4,7	5,204014103	-0,504014103	11%			
0,25	0,30	4,3	4,871627672	-0,571627672	13%			
0,30	0,30	3,8	4,473089859	-0,673089859	18%			
0,35	0,30	4,4	4,030095773	0,369904227	8%			
0,40	0,30	3,5	3,567264924	-0,067264924	2%			
0,45	0,30	3,1	3,11214123	-0,01214123	0%			
0,50	0,30	2,6	2,695193015	-0,095193015	4%			
-0,30	0,35	3,0	2,465951664	0,534048336	18%			
-0,25	0,35	3,5	3,086268761	0,413731239	12%			
-0,20	0,35	3,9	3,63303569	0,26696431	7%			
-0,15	0,35	4,4	4,094999957	0,305000043	7%			
-0,10	0,35	4,6	4,463833476	0,136166524	3%			
-0,05	0,35	5,4	4,734132566	0,665867434	12%			
0,00	0,35	5,4	4,903417953	0,496582047	9%			
0,05	0,35	5,5	4,972134766	0,527865234	10%			
0,10	0,35	5,3	4,943652541	0,356347459	7%			
0,15	0,35	5,2	4,824265221	0,375734779	7%			

Parametry pro vytvoření plochy:

Equation	a+b*x+c*y+d*x*x+e*x*y+f*y*y+g*x*x*x+h*x*x*y+i*x*y*y+j*y*y*y+k*x*x*x*x+l*x*x*x*y+m*x*x*y*y+n*x*y*y*y+o*y*y*y*y
Plot	I
a	5,85852 ± 0,69104
b	18,46228 ± 3,95468
c	-12,86983 ± 4,13747
d	-73,5583 ± 10,5814
e	91,11827 ± 23,77267
f	-56,19422 ± 11,1101
g	37,1095 ± 13,62058
h	-189,64851 ± 45,10726
i	157,43341 ± 46,08303
j	-28,44991 ± 15,06337
k	19,49604 ± 11,62279
l	98,76112 ± 29,92289
m	-105,96846 ± 48,2149
n	81,23177 ± 31,5339
o	13,62508 ± 12,65003
Reduced Chi-Sqr	0,07098
R-Square (COD)	0,9365
Adj. R-Square	0,92909

0,20	0,35	5,2	4,623191153	0,576808847	11%
0,25	0,35	4,6	4,352573088	0,247426912	5%
0,30	0,35	4,4	4,027478188	0,372521812	8%
0,35	0,35	4,2	3,665898014	0,534101986	13%
0,40	0,35	3,3	3,288748538	0,011251462	0%
0,45	0,35	3,0	2,919870135	0,080129865	3%
0,50	0,35	2,5	2,586027586	-0,086027586	3%
-0,30	0,40	2,6	2,4870617	0,1129383	4%
-0,25	0,40	2,8	2,8813126	-0,0813126	3%
-0,20	0,40	3,1	3,248074083	-0,148074083	5%
-0,15	0,40	3,5	3,572390114	-0,072390114	2%
-0,10	0,40	3,8	3,842229065	-0,042229065	1%
-0,05	0,40	3,8	4,048483713	-0,248483713	7%
0,00	0,40	4,3	4,18497124	0,11502876	3%
0,05	0,40	4,1	4,248433236	-0,148433236	4%
0,10	0,40	4,0	4,238535694	-0,238535694	6%
0,15	0,40	3,8	4,157869014	-0,357869014	9%
0,20	0,40	3,8	4,011948002	-0,211948002	6%
0,25	0,40	3,5	3,809211868	-0,309211868	9%
0,30	0,40	3,4	3,561024229	-0,161024229	5%
0,35	0,40	3,2	3,281673109	-0,081673109	3%
0,40	0,40	3,1	2,988370933	0,111629067	4%
0,45	0,40	2,8	2,701254537	0,098745463	4%
0,50	0,40	2,3	2,44338516	-0,14338516	6%
-0,30	0,45	2,1	2,325852072	-0,225852072	11%
-0,25	0,45	2,3	2,523596262	-0,223596262	10%
-0,20	0,45	2,6	2,737262575	-0,137262575	5%
-0,15	0,45	2,7	2,948191434	-0,248191434	9%
-0,10	0,45	2,9	3,140647669	-0,240647669	8%
-0,05	0,45	3,2	3,301820515	-0,101820515	3%
0,00	0,45	3,2	3,421823613	-0,221823613	7%
0,05	0,45	3,2	3,493695009	-0,293695009	9%
0,10	0,45	3,4	3,513397156	-0,113397156	3%
0,15	0,45	3,4	3,479816911	-0,079816911	2%
0,20	0,45	3,2	3,394765538	-0,194765538	6%
0,25	0,45	3,2	3,262978706	-0,062978706	2%
0,30	0,45	3,2	3,09211649	0,10788351	3%
0,35	0,45	3,0	2,89276337	0,10723663	4%
0,40	0,45	2,8	2,678428232	0,121571768	4%
0,45	0,45	2,7	2,465544369	0,234455631	9%
0,50	0,45	2,3	2,273469476	0,026530524	1%
-0,30	0,50	1,9	2,039309341	-0,139309341	7%
-0,25	0,50	2,2	2,067060118	0,132939882	6%
-0,20	0,50	2,3	2,151495346	0,148504654	6%
-0,15	0,50	2,5	2,270251906	0,229748094	9%
-0,10	0,50	2,5	2,403891086	0,096108914	4%
-0,05	0,50	2,7	2,53589858	0,16410142	6%
0,00	0,50	2,8	2,652684486	0,147315514	5%
0,05	0,50	2,8	2,743583309	0,056416691	2%
0,10	0,50	3,1	2,800853959	0,299146041	10%
0,15	0,50	2,9	2,819679753	0,080320247	3%
0,20	0,50	2,8	2,798168411	0,001831589	0%
0,25	0,50	2,6	2,737352061	-0,137352061	5%
0,30	0,50	2,6	2,641187236	-0,041187236	2%
0,35	0,50	2,5	2,516554875	-0,016554875	1%
0,40	0,50	2,3	2,37326032	-0,07326032	3%
0,45	0,50	2,2	2,224033322	-0,024033322	1%
0,50	0,50	2,0	2,084528037	-0,084528037	4%

P4 protokol

Souřadnice měření		I [kW·m^{-2}]	Proložení plochou	Rozdíl	%
X	Y	Z	Fit Z I [kW·m^{-2}]	Real/Fit	chyby
0,30	-0,30	6,1	6,361120471	-0,261120471	4%
0,35	-0,30	5,6	5,645607013	-0,045607013	1%
0,40	-0,30	5,2	4,858290508	0,341709492	7%
0,45	-0,30	4,8	4,039792527	0,760207473	16%
0,50	-0,30	2,3	3,229582793	-0,929582793	40%
0,30	-0,25	7,6	7,603226389	-0,003226389	0%
0,35	-0,25	6,6	6,640676529	-0,040676529	1%
0,40	-0,25	5,9	5,60993638	0,29006362	5%
0,45	-0,25	5,2	4,548929394	0,651070606	13%
0,50	-0,25	2,7	3,494427178	-0,794427178	29%
0,30	-0,20	8,5	8,490506582	0,009493418	0%
0,35	-0,20	7,1	7,342595914	-0,242595914	3%
0,40	-0,20	6,5	6,130034356	0,369965644	6%
0,45	-0,20	5,6	4,888047242	0,711952758	13%
0,50	-0,20	2,8	3,650708062	-0,850708062	30%
0,30	-0,15	8,9	9,082944626	-0,182944626	2%
0,35	-0,15	7,6	7,805935158	-0,205935158	3%
0,40	-0,15	6,7	6,467740839	0,232259161	3%
0,45	-0,15	6,3	5,100888889	1,199111111	19%
0,50	-0,15	3,2	3,736754678	-0,536754678	17%
0,30	-0,10	9,3	9,433206895	-0,133206895	1%
0,35	-0,10	7,5	8,07794705	-0,57794705	8%
0,40	-0,10	7,0	6,664895036	0,335104964	5%
0,45	-0,10	6,2	5,223879954	0,976120046	16%
0,50	-0,10	3,7	3,78357906	-0,08357906	2%
0,30	-0,05	8,8	9,586642564	-0,786642564	9%
0,35	-0,05	7,6	8,198567179	-0,598567179	8%
0,40	-0,05	6,6	6,756018948	-0,156018948	2%
0,45	-0,05	5,9	5,286128856	0,613871144	10%
0,50	-0,05	3,2	3,814876039	-0,614876039	19%
0,30	0,00	9,3	9,58128361	-0,28128361	3%
0,35	0,00	7,5	8,200413936	-0,700413936	9%
0,40	0,00	6,9	6,768317381	0,131682619	2%
0,45	0,00	6,1	5,309426812	0,790573188	13%
0,50	0,00	3,4	3,847023249	-0,447023249	13%
0,30	0,05	9,0	9,447844806	-0,447844806	5%
0,35	0,05	7,7	8,10878851	-0,40878851	5%
0,40	0,05	7,0	6,721677938	0,278322062	4%
0,45	0,05	6,3	5,308247842	0,991752158	16%
0,50	0,05	3,8	3,889081123	-0,089081123	2%
0,30	0,10	9,3	9,209723727	0,090276273	1%
0,35	0,10	7,5	7,941674889	-0,441674889	6%
0,40	0,10	7,0	6,628671022	0,371328978	5%
0,45	0,10	6,2	5,289748762	0,910251238	15%
0,50	0,10	3,7	3,942792893	-0,242792893	7%
0,30	0,15	8,8	8,883000747	-0,083000747	1%
0,35	0,15	7,4	7,709739861	-0,309739861	4%
0,40	0,15	7,0	6,494549837	0,505450163	7%
0,45	0,15	5,9	5,25376919	0,64623081	11%
0,50	0,15	3,6	4,00258459	-0,40258459	11%
0,30	0,20	8,5	8,47643904	0,02356096	0%
0,35	0,20	7,0	7,416333016	-0,416333016	6%
0,40	0,20	6,5	6,317250385	0,182749615	3%
0,45	0,20	5,9	5,192831545	0,707168455	12%
0,50	0,20	3,5	4,055565047	-0,555565047	16%
0,30	0,25	8,0	7,991484579	0,008515421	0%
0,35	0,25	6,5	7,057486742	-0,557486742	9%
0,40	0,25	6,4	6,087391469	0,312608531	5%
0,45	0,25	5,7	5,092141042	0,607858958	11%
0,50	0,25	3,4	4,081525896	-0,681525896	20%
-0,50	0,30	5,0	4,508404082	0,491595918	10%
-0,45	0,30	6,0	6,301834215	-0,301834215	5%
-0,40	0,30	7,1	7,773414813	-0,673414813	9%
-0,35	0,30	8,9	8,949819602	-0,049819602	1%
-0,30	0,30	10,1	9,856570461	0,243429539	2%
-0,25	0,30	11,7	10,51803742	1,181962579	10%
-0,20	0,30	12,3	10,95743866	1,342561335	11%
-0,15	0,30	12,7	11,19684053	1,50315947	12%
-0,10	0,30	12,5	11,2571575	1,242842496	10%
-0,05	0,30	11,7	11,15815223	0,541847772	5%
0,00	0,30	11,7	10,9184355	0,781564505	7%
0,05	0,30	10,8	10,55546625	0,244533749	2%
0,10	0,30	10,2	10,08555159	0,114448405	1%
0,15	0,30	9,3	9,523846776	-0,223846776	2%
0,20	0,30	8,7	8,884355198	-0,184355198	2%
0,25	0,30	8,0	8,179928416	-0,179928416	2%
0,30	0,30	7,2	7,422266139	-0,222266139	3%

Ø absolutní chyby	Max chyba	Max absolutní chyba [kW·m^{-2}]
7%	**40%**	**1,50**

Parametry pro vytvoření plochy:

Equation	a+b*x+c*y+d*x*x+e*x*y+f*y*y+g*x*x*x+h*x*x*y+i*x*y*y+j*y*y*y+k*x*x*x*x+l*x*x*x*y+m*x*x*y*y+n*x*y*y*y+o*y*y*y*
Plot	I
a	15,27736 ± 0,84966
b	-7,48345 ± 4,63548
c	0,15779 ± 5,37401
d	-50,88254 ± 10,54936
e	24,44109 ± 30,18842
f	-67,33132 ± 17,09597
g	44,09563 ± 11,65582
h	-88,38442 ± 52,157
i	140,33798 ± 68,54782
j	-79,38358 ± 26,12426
k	-7,67898 ± 9,09937
l	71,94979 ± 29,28918
m	-2,93434 ± 66,76562
n	144,36228 ± 55,16983
o	-48,78133 ± 23,59742
Reduced Chi-Sqr	0,30214
R-Square (COD)	0,94065
Adj. R-Square	0,93511

0,35	0,30	6,0	6,621916226	-0,621916226	10%
0,40	0,30	6,1	5,788274691	0,311725309	5%
0,45	0,30	5,4	4,929585699	0,470414301	9%
0,50	0,30	3,2	4,052941567	-0,852941567	27%
-0,50	0,35	4,7	4,242625459	0,457374541	10%
-0,45	0,35	5,5	5,761166461	-0,261166461	5%
-0,40	0,35	6,3	7,003760256	-0,703760256	11%
-0,35	0,35	7,0	7,994382454	-0,994382454	14%
-0,30	0,35	8,6	8,755856816	-0,155856816	2%
-0,25	0,35	8,6	9,309855257	-0,709855257	8%
-0,20	0,35	9,6	9,676897843	-0,076897843	1%
-0,15	0,35	9,8	9,876352793	-0,076352793	1%
-0,10	0,35	9,6	9,926436478	-0,326436478	3%
-0,05	0,35	9,5	9,844213422	-0,344213422	4%
0,00	0,35	9,1	9,645596301	-0,545596301	6%
0,05	0,35	8,6	9,345345945	-0,745345945	9%
0,10	0,35	8,1	8,957071333	-0,857071333	11%
0,15	0,35	7,6	8,493229599	-0,893229599	12%
0,20	0,35	7,0	7,965126031	-0,965126031	14%
0,25	0,35	6,6	7,382914064	-0,782914064	12%
0,30	0,35	6,3	6,755595292	-0,455595292	7%
0,35	0,35	5,9	6,091019457	-0,191019457	3%
0,40	0,35	5,9	5,395884454	0,504115546	9%
0,45	0,35	5,3	4,675736332	0,624263668	12%
0,50	0,35	3,0	3,934969291	-0,934969291	31%
-0,50	0,40	4,3	3,901510972	0,398489028	9%
-0,45	0,40	5,0	5,143049145	-0,143049145	3%
-0,40	0,40	5,7	6,154469082	-0,454469082	8%
-0,35	0,40	5,9	6,957048275	-1,057048275	18%
-0,30	0,40	6,8	7,570912369	-0,770912369	11%
-0,25	0,40	7,8	8,01503516	-0,21503516	3%
-0,20	0,40	7,8	8,307238598	-0,507238598	7%
-0,15	0,40	8,6	8,464192785	0,135807215	2%
-0,10	0,40	8,8	8,501415975	0,298584025	3%
-0,05	0,40	8,4	8,433274574	-0,033274574	0%
0,00	0,40	8,5	8,272983142	0,227016858	3%
0,05	0,40	8,1	8,032604391	0,067395609	1%
0,10	0,40	7,8	7,723049183	0,076950817	1%
0,15	0,40	7,4	7,354076537	0,045923463	1%
0,20	0,40	7,0	6,93429362	0,06570638	1%
0,25	0,40	6,7	6,471155753	0,228844247	3%
0,30	0,40	6,1	5,970966411	0,129033589	2%
0,35	0,40	5,7	5,43887722	0,26112278	5%
0,40	0,40	5,6	4,878887959	0,721112041	13%
0,45	0,40	5,0	4,293846557	0,706153443	14%
0,50	0,40	3,0	3,6854491	-0,6854491	23%
-0,50	0,45	4,2	3,543855162	0,656144838	16%
-0,45	0,45	4,6	4,500863224	0,099136776	2%
-0,40	0,45	5,2	5,273508662	-0,073508662	1%
-0,35	0,45	5,8	5,880370851	-0,080370851	1%
-0,30	0,45	6,4	6,338877318	0,061122682	1%
-0,25	0,45	6,5	6,665303743	-0,165303743	3%
-0,20	0,45	7,2	6,874773958	0,325226042	5%
-0,15	0,45	7,5	6,981259949	0,518740051	7%
-0,10	0,45	7,7	6,997581851	0,702418149	9%
-0,05	0,45	7,3	6,935407956	0,364592044	5%
0,00	0,45	7,2	6,805254704	0,394745296	5%
0,05	0,45	6,9	6,61648669	0,28351331	4%
0,10	0,45	6,5	6,377316661	0,122683339	2%
0,15	0,45	6,2	6,094805517	0,105194483	2%
0,20	0,45	6,1	5,774862309	0,325137691	5%
0,25	0,45	5,9	5,422244241	0,477755759	8%
0,30	0,45	5,5	5,04055667	0,45944333	8%
0,35	0,45	5,2	4,632253105	0,567746895	11%
0,40	0,45	5,0	4,198635208	0,801364792	16%
0,45	0,45	4,8	3,739852792	1,060147208	22%
0,50	0,45	2,8	3,254903823	-0,454903823	16%
-0,50	0,50	3,5	3,22113537	0,27886463	8%
-0,45	0,50	4,0	3,880672454	0,119327546	3%
-0,40	0,50	4,3	4,401529166	-0,101529166	2%
-0,35	0,50	4,6	4,799586766	-0,199586766	4%
-0,30	0,50	4,8	5,089574662	-0,289574662	6%
-0,25	0,50	5,5	5,285070419	0,214929581	4%
-0,20	0,50	5,5	5,398499752	0,101500248	2%
-0,15	0,50	5,5	5,441136527	0,058863473	1%
-0,10	0,50	5,5	5,423102765	0,076897235	1%
-0,05	0,50	5,4	5,353368638	0,046631362	1%
0,00	0,50	5,2	5,239752472	-0,039752472	1%
0,05	0,50	4,8	5,088920743	-0,288920743	6%
0,10	0,50	4,6	4,906388081	-0,306388081	7%

0,15	0,50	4,3	4,696517269	-0,396517269	9%
0,20	0,50	4,1	4,462519242	-0,362519242	9%
0,25	0,50	3,7	4,206453086	-0,506453086	14%
0,30	0,50	3,5	3,92922604	-0,42922604	12%
0,35	0,50	3,4	3,630593497	-0,230593497	7%
0,40	0,50	3,0	3,309159002	-0,309159002	10%
0,45	0,50	2,8	2,962374251	-0,162374251	6%
0,50	0,50	2,6	2,586539092	0,013460908	1%

P5 protokol

Souřadnice měření		I [kW·m^{-2}]	Proložení plochou	Rozdíl	%	Ø absolutní chyby	Max chyba	Max absolutní chyba [kW·m^{-2}]
X	Y	Z	Fit Z I [kW·m^{-2}]	Real/Fit	chyby			
0,40	-0,30	6,3	6,368926018	-0,068926018	1%	3%	13%	1,14
0,45	-0,30	5,8	6,122663833	-0,322663833	6%			
0,50	-0,30	6,9	6,964232432	-0,064232432	1%			
0,40	-0,25	7,1	6,818731122	0,281268878	4%			
0,45	-0,25	6,4	6,420980958	-0,020980958	0%			
0,50	-0,25	7,2	7,008571568	0,191428432	3%			
0,40	-0,20	7,6	7,254481055	0,345518945	5%			
0,45	-0,20	6,6	6,74283349	-0,14283349	2%			
0,50	-0,20	7,4	7,119147285	0,280852715	4%			
0,40	-0,15	7,7	7,650796667	0,049203333	1%			
0,45	-0,15	7,0	7,059276449	-0,059276449	1%			
0,50	-0,15	7,3	7,263448767	0,036551233	1%			
0,40	-0,10	8,1	7,987291083	0,112708917	1%			
0,45	-0,10	7,1	7,346357128	-0,246357128	3%			
0,50	-0,10	7,4	7,41395748	-0,01395748	0%			
0,40	-0,05	7,9	8,248569704	-0,348569704	4%			
0,45	-0,05	7,2	7,585115099	-0,385115099	5%			
0,50	-0,05	7,6	7,548147163	0,051852837	1%			
0,40	0,00	8,4	8,424230211	-0,024230211	0%			
0,45	0,00	7,5	7,76158221	-0,26158221	3%			
0,50	0,00	7,7	7,648483835	0,051516165	1%			
0,40	0,05	8,6	8,508862559	0,091137441	1%			
0,45	0,05	7,9	7,866782588	0,033217412	0%			
0,50	0,05	7,9	7,70242579	0,19757421	3%			
0,40	0,10	8,6	8,502048982	0,097951018	1%			
0,45	0,10	7,7	7,896732634	-0,196732634	3%			
0,50	0,10	8,0	7,702423601	0,297576399	4%			
0,40	0,15	8,5	8,408363989	0,091636011	1%			
0,45	0,15	7,8	7,852441027	-0,052441027	1%			
0,50	0,15	7,8	7,645920114	0,154079886	2%			
0,40	0,20	8,3	8,237374367	0,062625633	1%			
0,45	0,20	7,5	7,739908724	-0,239908724	3%			
0,50	0,20	7,5	7,535350457	-0,035350457	0%			
0,40	0,25	8,1	8,003639182	0,096360818	1%			
0,45	0,25	7,4	7,570128959	-0,170128959	2%			
0,50	0,25	7,3	7,378142031	-0,078142031	1%			
0,40	0,30	8,0	7,726709773	0,273290227	3%			
0,45	0,30	7,0	7,359087241	-0,359087241	5%			
0,50	0,30	7,3	7,186714516	0,113285484	2%			
0,40	0,35	7,5	7,431129759	0,068870241	1%			
0,45	0,35	6,8	7,127761358	-0,327761358	5%			
0,50	0,35	7,2	6,978479869	0,221520131	3%			
-0,70	0,40	7,2	6,751893907	0,448106093	6%			
-0,65	0,40	7,9	8,335286611	-0,435286611	6%			
-0,60	0,40	9,4	9,657117937	-0,257117937	3%			
-0,55	0,40	10,2	10,73394129	-0,533941293	5%			
-0,50	0,40	11,4	11,58237684	-0,182376843	2%			
-0,45	0,40	12,2	12,21911151	-0,019111511	0%			
-0,40	0,40	12,5	12,66089898	-0,160898978	1%			
-0,35	0,40	12,7	12,92455968	-0,22455968	2%			
-0,30	0,40	13,3	13,02698082	0,273019185	2%			
-0,25	0,40	13,4	12,98511634	0,414883664	3%			
-0,20	0,40	13,0	12,81598695	0,184013046	1%			
-0,15	0,40	12,8	12,53668014	0,263319863	2%			
-0,10	0,40	12,5	12,16435011	0,335649887	3%			
-0,05	0,40	11,8	11,71621787	0,083782134	1%			
0,00	0,40	12,0	11,20957114	0,790428863	7%			
0,05	0,40	10,5	10,66176443	-0,161764426	2%			
0,10	0,40	10,5	10,09021899	0,409781009	4%			
0,15	0,40	9,7	9,512422846	0,187577154	2%			
0,20	0,40	9,2	8,945930764	0,254069236	3%			
0,25	0,40	8,8	8,408364275	0,391635725	4%			
0,30	0,40	8,2	7,917411667	0,282588333	3%			
0,35	0,40	7,7	7,490827986	0,209172014	3%			
0,40	0,40	7,2	7,146435034	0,053564966	1%			
0,45	0,40	6,6	6,902121374	-0,302121374	5%			
0,50	0,40	6,9	6,775842323	0,124157677	2%			
-0,70	0,45	6,3	5,751138336	0,548861664	9%			
-0,65	0,45	7,0	7,043894715	-0,043894715	1%			
-0,60	0,45	8,6	8,132986568	0,467013432	5%			
-0,55	0,45	9,4	9,030929186	0,369070814	4%			
-0,50	0,45	9,6	9,750304617	-0,150304617	2%			
-0,45	0,45	10,3	10,30376167	-0,003761669	0%			
-0,40	0,45	10,9	10,7040159	0,195984095	2%			
-0,35	0,45	11,0	10,96384965	0,036150353	0%			
-0,30	0,45	11,3	11,09611197	0,203888026	2%			
-0,25	0,45	10,9	11,11371872	-0,213718724	2%			

Parametry pro vytvoření plochy:

Equation	a+b*x+c*y+d*x*x+e*x*y+f*y*y+g*x*x*x+h*x*x*y+i*x*y*y+j*y*y*y+k*x*x*x*x+l*x*x*x*y+m*x*x*y*y+n*x*y*y*y+o*y*y*
Plot	I
a	27,49199 ± 2,03641
b	-66,26742 ± 9,37381
c	43,0558 ± 10,37179
d	19,92102 ± 13,18066
e	-192,26231 ± 48,03254
f	-13,11085 ± 24,26975
g	66,25708 ± 8,95278
h	152,1548 ± 61,80347
i	-94,71446 ± 85,29224
j	-34,15032 ± 29,47754
k	0,44505 ± 3,07137
l	107,6831 ± 20,31457
m	204,42371 ± 73,10401
n	95,08882 ± 59,79055
o	33,28185 ± 17,59504
Reduced Chi-Sqr	0,09848
R-Square (COD)	0,9728
Adj. R-Square	0,96907

-0,20	0,45	10,8	11,02965249	-0,229652491	2%
-0,15	0,45	10,5	10,85696263	-0,356962628	3%
-0,10	0,45	10,1	10,60876524	-0,508765245	5%
-0,05	0,45	9,3	10,29824321	-0,998243209	11%
0,00	0,45	8,8	9,938646147	-1,138646147	13%
0,05	0,45	8,8	9,543290441	-0,743290441	8%
0,10	0,45	8,6	9,125559232	-0,525559232	6%
0,15	0,45	8,6	8,698902419	-0,098902419	1%
0,20	0,45	8,4	8,276836657	0,123163343	1%
0,25	0,45	7,7	7,872945361	-0,172945361	2%
0,30	0,45	7,3	7,500878703	-0,200878703	3%
0,35	0,45	7,3	7,17435361	0,12564639	2%
0,40	0,45	6,7	6,907153771	-0,207153771	3%
0,45	0,45	6,6	6,71312963	-0,11312963	2%
0,50	0,45	6,6	6,606198388	-0,006198388	0%
-0,70	0,50	6,3	6,399579788	-0,099579788	2%
-0,65	0,50	6,8	7,27693575	-0,47693575	7%
-0,60	0,50	7,7	8,013634629	-0,313634629	4%
-0,55	0,50	8,5	8,618153602	-0,118153602	1%
-0,50	0,50	9,0	9,099036601	-0,099036601	1%
-0,45	0,50	9,7	9,464894314	0,235105686	2%
-0,40	0,50	9,9	9,724404191	0,175595809	2%
-0,35	0,50	10,3	9,886310435	0,413689565	4%
-0,30	0,50	10,3	9,959424012	0,340575988	3%
-0,25	0,50	10,1	9,95262264	0,14737736	1%
-0,20	0,50	9,7	9,874850799	-0,174850799	2%
-0,15	0,50	10,1	9,735119724	0,364880276	4%
-0,10	0,50	9,6	9,542507409	0,057492591	1%
-0,05	0,50	9,4	9,306158606	0,093841394	1%
0,00	0,50	9,3	9,035284823	0,264715177	3%
0,05	0,50	8,6	8,739164327	-0,139164327	2%
0,10	0,50	8,5	8,427142144	0,072857856	1%
0,15	0,50	8,1	8,108630053	-0,008630053	0%
0,20	0,50	8,1	7,793106597	0,306893403	4%
0,25	0,50	7,6	7,490117071	0,109882929	1%
0,30	0,50	7,5	7,209273531	0,290726469	4%
0,35	0,50	7,2	6,96025479	0,23974521	3%
0,40	0,50	6,6	6,752806418	-0,152806418	2%
0,45	0,50	6,5	6,596740743	-0,096740743	1%
0,50	0,50	6,5	6,501936852	-0,001936852	0%

Simulace zkoušky č.1

Souřadnice měření		I [kW·m^{-2}]	Proložení plochou	Rozdíl	%	Ø absolutní chyby	Max chyba	Max absolutní chyba [kW·m^{-2}]
X	Y	Z	Fit Z I [kW·m^{-2}]	Real/Fit	chyby			
0,30	0,15	0,45	0,430868227	0,019131773	4%	13%	81%	0,07
0,35	0,15	0,32	0,343174852	-0,023174852	7%			
0,40	0,15	0,23	0,26419937	-0,03419937	15%			
0,45	0,15	0,17	0,204691622	-0,034691622	20%			
0,50	0,15	0,12	0,176566437	-0,056566437	47%			
0,30	0,10	0,54	0,525800445	0,014199555	3%			
0,35	0,10	0,44	0,428558795	0,011441205	3%			
0,40	0,10	0,36	0,336630203	0,023369797	6%			
0,45	0,10	0,29	0,260362223	0,029637777	10%			
0,50	0,10	0,23	0,211267399	0,018732601	8%			
0,30	0,05	0,65	0,594464362	0,055535638	9%			
0,35	0,05	0,54	0,491915372	0,048084628	9%			
0,40	0,05	0,46	0,391743626	0,068256374	15%			
0,45	0,05	0,40	0,303894392	0,096105608	24%			
0,50	0,05	0,35	0,239477928	0,110522072	32%			
0,30	0	0,56	0,639268138	-0,079268138	14%			
0,35	0	0,45	0,535155668	-0,085155668	19%			
0,40	0	0,38	0,430953647	-0,050953647	13%			
0,45	0	0,32	0,33620506	-0,01620506	5%			
0,50	0	0,28	0,261617877	0,018382123	7%			
0,30	-0,05	0,61	0,662525726	-0,052525726	9%			
0,35	-0,05	0,49	0,560096556	-0,070096556	14%			
0,40	-0,05	0,38	0,455580065	-0,075580065	20%			
0,45	-0,05	0,29	0,358116948	-0,068116948	23%			
0,50	-0,05	0,22	0,278012892	-0,058012892	26%			
0,30	-0,10	0,71	0,66645687	0,04354313	6%			
0,35	-0,10	0,56	0,568460705	-0,008460705	2%			
0,40	-0,10	0,45	0,466848467	-0,016848467	4%			
0,45	-0,10	0,36	0,370358568	-0,010358568	3%			
0,50	-0,10	0,28	0,288894407	-0,008894407	3%			
0,30	-0,15	0,73	0,653187103	0,076812897	11%			
0,35	-0,15	0,58	0,56187657	0,01812343	3%			
0,40	-0,15	0,46	0,465890235	-0,005890235	1%			
0,45	-0,15	0,37	0,373564223	-0,003564223	1%			
0,50	-0,15	0,32	0,294399649	0,025600351	8%			
0,30	-0,20	0,70	0,624747749	0,075252251	11%			
0,35	-0,20	0,57	0,541878399	0,028121601	5%			
0,40	-0,20	0,44	0,453742538	-0,013742538	3%			
0,45	-0,20	0,34	0,368274007	-0,028274007	8%			
0,50	-0,20	0,29	0,294571633	-0,004571633	2%			
0,30	-0,25	0,63	0,583075923	0,046924077	7%			
0,35	-0,25	0,57	0,50990623	0,06009377	11%			
0,40	-0,25	0,46	0,431348339	0,028651661	6%			
0,45	-0,25	0,33	0,354933804	-0,024933804	8%			
0,50	-0,25	0,25	0,289359167	-0,039359167	16%			
-0,20	-0,30	0,16	0,144381629	0,015618371	10%			
-0,15	-0,30	0,18	0,267893783	-0,087893783	49%			
-0,10	-0,30	0,42	0,379146789	0,040853211	10%			
-0,05	-0,30	0,45	0,473620023	-0,023620023	5%			
0	-0,30	0,52	0,547957854	-0,027957854	5%			
0,05	-0,30	0,64	0,599969637	0,040030363	6%			
0,10	-0,30	0,68	0,628629718	0,051370282	8%			
0,15	-0,30	0,64	0,63407743	0,00592257	1%			
0,20	-0,30	0,64	0,617617097	0,022382903	3%			
0,25	-0,30	0,58	0,581718031	-0,001718031	0%			
0,30	-0,30	0,52	0,530014533	-0,010014533	2%			
0,35	-0,30	0,49	0,467305892	0,022694108	5%			
0,40	-0,30	0,44	0,399556388	0,040443612	9%			
0,45	-0,30	0,36	0,333895288	0,026104712	7%			
0,50	-0,30	0,26	0,27861685	-0,01861685	7%			
-0,20	-0,35	0,15	0,107828075	0,042171925	28%			
-0,15	-0,35	0,15	0,211776328	-0,061776328	41%			
-0,10	-0,35	0,40	0,308304645	0,091695355	23%			
-0,05	-0,35	0,35	0,392490119	-0,042490119	12%			
0	-0,35	0,39	0,460574831	-0,070574831	18%			
0,05	-0,35	0,54	0,509965852	0,030034148	6%			
0,10	-0,35	0,54	0,53923524	0,00076476	0%			
0,15	-0,35	0,50	0,548120045	-0,048120045	10%			
0,20	-0,35	0,54	0,537522303	0,002477697	0%			
0,25	-0,35	0,49	0,50950904	-0,01950904	4%			
0,30	-0,35	0,43	0,467312273	-0,037312273	9%			
0,35	-0,35	0,39	0,415329004	-0,025329004	6%			
0,40	-0,35	0,38	0,359121228	0,020878772	5%			
0,45	-0,35	0,34	0,305415926	0,034584074	10%			
0,50	-0,35	0,27	0,262105069	0,007894931	3%			
-0,20	-0,40	0,12	0,091411883	0,028588117	24%			
-0,15	-0,40	0,13	0,170873264	-0,040873264	31%			

-0,10	-0,40	0,37	0,248222944	0,121777056	33%
-0,05	-0,40	0,28	0,31813573	-0,03813573	14%
0	-0,40	0,30	0,376451417	-0,076451417	25%
0,05	-0,40	0,45	0,42017479	0,02982521	7%
0,10	-0,40	0,44	0,447475623	-0,007475623	2%
0,15	-0,40	0,38	0,457688677	-0,077688677	20%
0,20	-0,40	0,45	0,451313705	-0,001313705	0%
0,25	-0,40	0,44	0,430015447	0,009984553	2%
0,30	-0,40	0,36	0,396623632	-0,036623632	10%
0,35	-0,40	0,31	0,355132978	-0,045132978	15%
0,40	-0,40	0,30	0,310703193	-0,010703193	4%
0,45	-0,40	0,30	0,269658973	0,030341027	10%
0,50	-0,40	0,26	0,239490004	0,020509996	8%
-0,20	-0,45	0,10	0,101664101	-0,001664101	2%
-0,15	-0,45	0,13	0,151218563	-0,021218563	16%
-0,10	-0,45	0,34	0,204438581	0,135561419	40%
-0,05	-0,45	0,22	0,255596674	-0,035596674	16%
0	-0,45	0,22	0,300130353	-0,080130353	36%
0,05	-0,45	0,39	0,334642116	0,055357884	14%
0,10	-0,45	0,38	0,356899452	0,023100548	6%
0,15	-0,45	0,30	0,365834837	-0,065834837	22%
0,20	-0,45	0,34	0,361545736	-0,021545736	6%
0,25	-0,45	0,39	0,345294605	0,044705395	11%
0,30	-0,45	0,32	0,319508886	0,000491114	0%
0,35	-0,45	0,25	0,287781013	-0,037781013	15%
0,40	-0,45	0,21	0,254868407	-0,044868407	21%
0,45	-0,45	0,22	0,226693478	-0,006693478	3%
0,50	-0,45	0,23	0,210343625	0,019656375	9%
-0,20	-0,50	0,08	0,145021567	-0,065021567	81%
-0,15	-0,50	0,13	0,158751987	-0,028751987	22%
-0,10	-0,50	0,30	0,182394238	0,117605762	39%
-0,05	-0,50	0,17	0,209818557	-0,039818557	23%
0	-0,50	0,16	0,236060168	-0,076060168	48%
0,05	-0,50	0,33	0,257319283	0,072680717	22%
0,10	-0,50	0,33	0,270961105	0,059038895	18%
0,15	-0,50	0,23	0,275515823	-0,045515823	20%
0,20	-0,50	0,25	0,270678619	-0,020678619	8%
0,25	-0,50	0,32	0,257309661	0,062690339	20%
0,30	-0,50	0,30	0,237434106	0,062565894	21%
0,35	-0,50	0,22	0,214242102	0,005757898	3%
0,40	-0,50	0,17	0,192088784	-0,022088784	13%
0,45	-0,50	0,16	0,176494277	-0,016494277	10%
0,50	-0,50	0,17	0,174143694	-0,004143694	2%

simulace zkoušky č.2

Souřadnice měření		I [kW·m^{-2}]	Proložení plochou	Rozdíl	%	Ø absolutní chyby	Max chyba	Max absolutní chyba [kW·m^{-2}]
X	Y	Z	Fit Z I [kW·m^{-2}]	Real/Fit	chyby			
0,30	0,30	1,33	1,308725026	0,021274974	2%	8%	29%	0,29
0,35	0,30	1,14	1,13690496	0,00309504	0%			
0,40	0,30	1	0,972449595	0,027550405	3%			
0,45	0,30	0,87	0,862688321	0,007311679	1%			
0,50	0,30	0,77	0,858793038	-0,088793038	9%			
0,30	0,25	1,42	1,594972087	-0,174972087	17%			
0,35	0,25	1,19	1,353328756	-0,163328756	16%			
0,40	0,25	1,02	1,120758026	-0,100758026	10%			
0,45	0,25	0,89	0,943035232	-0,053035232	5%			
0,50	0,25	0,89	0,869778222	0,020221778	2%			
0,30	0,20	2,12	1,82936496	0,29063504	29%			
0,35	0,20	1,77	1,534758734	0,235241266	24%			
0,40	0,20	1,47	1,250768733	0,219231267	22%			
0,45	0,20	1,21	1,021616236	0,188383764	19%			
0,50	0,20	0,97	0,89536504	0,07463496	7%			
0,30	0,15	2,03	2,011606523	0,018393477	2%			
0,35	0,15	1,59	1,679371429	-0,089371429	9%			
0,40	0,15	1,29	1,359131907	-0,069131907	7%			
0,45	0,15	1,08	1,093555182	-0,013555182	1%			
0,50	0,15	0,91	0,929150996	-0,019150996	2%			
0,30	0,10	2,09	2,142126641	-0,052126641	5%			
0,35	0,10	1,67	1,786070363	-0,116070363	12%			
0,40	0,10	1,33	1,443224727	-0,113224727	11%			
0,45	0,10	1,07	1,154702903	-0,084702903	8%			
0,50	0,10	0,88	0,965460581	-0,085460581	9%			
0,30	0,05	2,29	2,222082165	0,067917835	7%			
0,35	0,05	1,93	1,854486044	0,075513956	8%			
0,40	0,05	1,61	1,501151356	0,108848644	11%			
0,45	0,05	1,31	1,201637221	0,108362779	11%			
0,50	0,05	1,05	0,999345272	0,050654728	5%			
0,30	0	2	2,253356932	-0,253356932	25%			
0,35	0	1,73	1,884975963	-0,154975963	15%			
0,40	0	1,52	1,531742944	-0,011742944	1%			
0,45	0	1,32	1,23166294	0,08833706	9%			
0,50	0	1,11	1,02658353	0,08341647	8%			
0,30	-0,05	2,16	2,238561763	-0,078561763	8%			
0,35	-0,05	1,72	1,878624599	-0,158624599	16%			
0,40	-0,05	1,42	1,534557625	-0,114557625	11%			
0,45	-0,05	1,17	1,242811852	-0,072811852	7%			
0,50	-0,05	1,01	1,043680805	-0,033680805	3%			
0,30	-0,10	2,28	2,181034466	0,098965534	10%			
0,35	-0,10	1,85	1,837243418	0,012756582	1%			
0,40	-0,10	1,46	1,509880522	-0,049880522	5%			
0,45	-0,10	1,17	1,233842736	-0,063842736	6%			
0,50	-0,10	0,97	1,047869531	-0,077869531	8%			
0,30	-0,15	2,21	2,084839837	0,125160163	13%			
0,35	-0,15	1,91	1,76337087	0,14662913	15%			
0,40	-0,15	1,58	1,458723741	0,121276259	12%			
0,45	-0,15	1,20	1,204241353	-0,004241353	0%			
0,50	-0,15	0,96	1,037109125	-0,077109125	8%			
0,30	-0,20	1,96	1,954769653	0,005230347	1%			
0,35	-0,20	1,73	1,66027239	0,06972761	7%			
0,40	-0,20	1,50	1,382826373	0,117173627	12%			
0,45	-0,20	1,24	1,154220454	0,085779546	9%			
0,50	-0,20	0,99	1,010085996	-0,020085996	2%			
0,30	-0,25	1,76	1,796342681	-0,036342681	4%			
0,35	-0,25	1,57	1,5319404	0,0380596	4%			
0,40	-0,25	1,36	1,284654498	0,075345502	8%			
0,45	-0,25	1,15	1,084719772	0,065280228	7%			
0,50	-0,25	0,94	0,966213532	-0,026213532	3%			
-0,30	-0,30	0,66	0,540915224	0,119084776	12%			
-0,25	-0,30	0,81	0,942420726	-0,132420726	13%			
-0,20	-0,30	1,24	1,316490673	-0,076490673	8%			
-0,15	-0,30	1,39	1,645695635	-0,255695635	26%			
-0,10	-0,30	2,16	1,916448696	0,243551304	24%			
-0,05	-0,30	2,29	2,119005456	0,170994544	17%			
0	-0,30	2,28	2,247464028	0,032535972	3%			
0,05	-0,30	2,48	2,29976504	0,18023496	18%			
0,10	-0,30	2,51	2,277691634	0,232308366	23%			
0,15	-0,30	2,09	2,186869466	-0,096869466	10%			
0,20	-0,30	1,90	2,036766708	-0,136766708	14%			
0,25	-0,30	1,82	1,840694043	-0,020694043	2%			
0,30	-0,30	1,58	1,615804672	-0,035804672	4%			
0,35	-0,30	1,35	1,383094309	-0,033094309	3%			
0,40	-0,30	1,21	1,16740118	0,04259882	4%			
0,45	-0,30	1,04	0,997406029	0,042593971	4%			
0,50	-0,30	0,89	0,905632112	-0,015632112	2%			

-0,30	-0,35	0,64	0,509217532	0,130782468	13%
-0,25	-0,35	0,71	0,824430402	-0,114430402	11%
-0,20	-0,35	1,10	1,130592941	-0,030592941	3%
-0,15	-0,35	1,19	1,408721665	-0,218721665	22%
-0,10	-0,35	1,78	1,643675605	0,136324395	14%
-0,05	-0,35	1,85	1,824156308	0,025843692	3%
0	-0,35	1,76	1,942707831	-0,182707831	18%
0,05	-0,35	2,11	1,995716749	0,114283251	11%
0,10	-0,35	2,18	1,983412152	0,196587848	20%
0,15	-0,35	1,80	1,90986564	-0,10986564	11%
0,20	-0,35	1,61	1,782991331	-0,172991331	17%
0,25	-0,35	1,54	1,614545857	-0,074545857	7%
0,30	-0,35	1,41	1,420128363	-0,010128363	1%
0,35	-0,35	1,21	1,219180508	-0,009180508	1%
0,40	-0,35	1,04	1,034986468	0,005013532	1%
0,45	-0,35	0,93	0,894672931	0,035327069	4%
0,50	-0,35	0,81	0,829209099	-0,019209099	2%
-0,30	-0,40	0,57	0,474736698	0,095263302	10%
-0,25	-0,40	0,62	0,704172505	-0,084172505	8%
-0,20	-0,40	0,99	0,942778928	0,047221072	5%
-0,15	-0,40	1,04	1,17001843	-0,13001843	13%
-0,10	-0,40	1,47	1,369195989	0,100804011	10%
-0,05	-0,40	1,53	1,527459095	0,002540905	0%
0	-0,40	1,39	1,635797755	-0,245797755	25%
0,05	-0,40	1,70	1,689044489	0,010955511	1%
0,10	-0,40	1,86	1,685874331	0,174125669	17%
0,15	-0,40	1,57	1,628804831	-0,058804831	6%
0,20	-0,40	1,41	1,524196051	-0,114196051	11%
0,25	-0,40	1,30	1,382250568	-0,082250568	8%
0,30	-0,40	1,19	1,217013476	-0,027013476	3%
0,35	-0,40	1,06	1,046372379	0,013627621	1%
0,40	-0,40	0,90	0,892057398	0,007942602	1%
0,45	-0,40	0,79	0,779641169	0,010358831	1%
0,50	-0,40	0,70	0,73853884	-0,03853884	4%
-0,30	-0,45	0,48	0,464215551	0,015784449	2%
-0,25	-0,45	0,62	0,606863521	0,013136479	1%
-0,20	-0,45	0,88	0,776738778	0,103261222	10%
-0,15	-0,45	0,92	0,95174973	-0,03174973	3%
-0,10	-0,45	1,20	1,113647302	0,086352698	9%
-0,05	-0,45	1,28	1,248024932	0,031975068	3%
0	-0,45	1,13	1,34431857	-0,21431857	21%
0,05	-0,45	1,35	1,395806685	-0,045806685	5%
0,10	-0,45	1,53	1,399610255	0,130389745	13%
0,15	-0,45	1,40	1,356692778	0,043307222	4%
0,20	-0,45	1,20	1,271860261	-0,071860261	7%
0,25	-0,45	1,13	1,153761229	-0,023761229	2%
0,30	-0,45	0,99	1,014886719	-0,024886719	2%
0,35	-0,45	0,87	0,871570285	-0,001570285	0%
0,40	-0,45	0,75	0,743987992	0,006012008	1%
0,45	-0,45	0,67	0,656158422	0,013841578	1%
0,50	-0,45	0,61	0,63594267	-0,02594267	3%
-0,30	-0,50	0,39	0,50512391	-0,11512391	12%
-0,25	-0,50	0,51	0,558446925	-0,048446925	5%
-0,20	-0,50	0,78	0,65688962	0,12311038	12%
-0,15	-0,50	0,81	0,776806352	0,033193648	3%
-0,10	-0,50	0,96	0,898393989	0,061606011	6%
-0,05	-0,50	1,06	1,005691916	0,054308084	5%
0	-0,50	0,95	1,086582032	-0,136582032	14%
0,05	-0,50	1,07	1,132788748	-0,062788748	6%
0,10	-0,50	1,23	1,139878993	0,090121007	9%
0,15	-0,50	1,18	1,107262206	0,072737794	7%
0,20	-0,50	1,02	1,038190344	-0,018190344	2%
0,25	-0,50	0,96	0,939757877	0,020242123	2%
0,30	-0,50	0,85	0,822901788	0,027098212	3%
0,35	-0,50	0,73	0,702401577	0,027598423	3%
0,40	-0,50	0,64	0,596879257	0,043120743	4%
0,45	-0,50	0,54	0,528799354	0,011200646	1%
0,50	-0,50	0,50	0,52446891	-0,02446891	2%

simulace zkoušky č.3

Souřadnice měření		I [kW·m^{-2}]	Proložení plochou	Rozdíl	%	Ø absolutní chyby	Max chyba	Max absolutní chyba [kW·m^{-2}]
X	Y	Z	Fit Z I [kW·m^{-2}]	Real/Fit	chyby			
0,30	0,30	2,31	2,271769292	0,038230708	2%	6%	25%	0,47
0,35	0,30	2,03	1,93109566	0,09890434	5%			
0,40	0,30	1,79	1,655226172	0,134773828	8%			
0,45	0,30	1,58	1,512170411	0,067829589	4%			
0,50	0,30	1,39	1,571463961	-0,181463961	13%			
0,30	0,25	2,54	2,895121584	-0,355121584	14%			
0,35	0,25	2,13	2,403393807	-0,273393807	13%			
0,40	0,25	1,83	1,985614907	-0,155614907	9%			
0,45	0,25	1,59	1,706747486	-0,116747486	7%			
0,50	0,25	1,59	1,633280143	-0,043280143	3%			
0,30	0,20	3,80	3,39991258	0,40008742	11%			
0,35	0,20	3,17	2,794870462	0,375129538	12%			
0,40	0,20	2,66	2,271483395	0,388516605	15%			
0,45	0,20	2,20	1,891666998	0,308333002	14%			
0,50	0,20	1,78	1,718862884	0,061137116	3%			
0,30	0,15	3,65	3,786834582	-0,136834582	4%			
0,35	0,15	2,92	3,102607373	-0,182607373	6%			
0,40	0,15	2,42	2,506302827	-0,086302827	4%			
0,45	0,15	2,06	2,05678958	0,00321042	0%			
0,50	0,15	1,76	1,814462262	-0,054462262	3%			
0,30	0,10	3,94	4,058420315	-0,118420315	3%			
0,35	0,10	3,15	3,325526706	-0,175526706	6%			
0,40	0,10	2,53	2,685384812	-0,155384812	6%			
0,45	0,10	2,07	2,193816285	-0,123816285	6%			
0,50	0,10	1,73	1,908168772	-0,178168772	10%			
0,30	0,05	4,30	4,219042921	0,080957079	2%			
0,35	0,05	3,63	3,464391048	0,165608952	5%			
0,40	0,05	3,02	2,805881381	0,214118619	7%			
0,45	0,05	2,45	2,296288587	0,153711413	6%			
0,50	0,05	1,97	1,989913332	-0,019913332	1%			
0,30	0	3,96	4,274915968	-0,314915968	8%			
0,35	0	3,45	3,521803409	-0,071803409	2%			
0,40	0	3	2,866784986	0,133215014	4%			
0,45	0	2,56	2,359588382	0,200411618	8%			
0,50	0	2,12	2,051467279	0,068532721	3%			
0,30	-0,05	4	4,234093439	-0,234093439	6%			
0,35	-0,05	3,43	3,502207216	-0,072207216	2%			
0,40	-0,05	2,93	2,868928498	0,061071502	2%			
0,45	-0,05	2,45	2,380937985	0,069062015	3%			
0,50	-0,05	2,09	2,086442373	0,003557627	0%			
0,30	-0,10	3,98	4,106469743	-0,126469743	3%			
0,35	-0,10	3,36	3,411886321	-0,051886321	2%			
0,40	-0,10	2,81	2,814985212	-0,004985212	0%			
0,45	-0,10	2,36	2,359400131	0,000599869	0%			
0,50	-0,10	2,01	2,090290794	-0,080290794	4%			
0,30	-0,15	3,90	3,903779707	-0,003779707	0%			
0,35	-0,15	3,35	3,258964994	0,091035006	3%			
0,40	-0,15	2,84	2,709468841	0,130531159	5%			
0,45	-0,15	2,28	2,29587798	-0,01587798	1%			
0,50	-0,15	1,91	2,060305142	-0,150305142	8%			
0,30	-0,20	3,66	3,63959858	0,02040142	1%			
0,35	-0,20	3,12	3,053407927	0,066592073	2%			
0,40	-0,20	2,68	2,55873352	0,12126648	5%			
0,45	-0,20	2,25	2,193115108	0,056884892	3%			
0,50	-0,20	1,86	1,995618437	-0,135618437	7%			
0,30	-0,25	3,41	3,329342029	0,080657971	2%			
0,35	-0,25	2,96	2,807020232	0,152979768	5%			
0,40	-0,25	2,49	2,370973805	0,119026195	5%			
0,45	-0,25	2,08	2,055695515	0,024304485	1%			
0,50	-0,25	1,72	1,897204124	-0,177204124	10%			
-0,50	-0,30	1,85	1,379417866	0,470582134	25%			
-0,45	-0,30	2,31	2,6804772	-0,3704772	16%			
-0,40	-0,30	3,52	3,765535518	-0,245535518	7%			
-0,35	-0,30	3,98	4,641622652	-0,661622652	17%			
-0,30	-0,30	5,79	5,317294433	0,472705567	8%			
-0,25	-0,30	6,20	5,802632688	0,397367312	6%			
-0,20	-0,30	6,40	6,109245241	0,290754759	5%			
-0,15	-0,30	6,68	6,250265914	0,429734086	6%			
-0,10	-0,30	6,87	6,240354522	0,629645478	9%			
-0,05	-0,30	6,45	6,095696882	0,354303118	5%			
0	-0,30	5,54	5,834004803	-0,294004803	5%			
0,05	-0,30	4,95	5,474516094	-0,524516094	11%			
0,10	-0,30	4,93	5,037994559	-0,107994559	2%			
0,15	-0,30	4,18	4,546730001	-0,366730001	9%			
0,20	-0,30	3,81	4,024538216	-0,214538216	6%			
0,25	-0,30	3,59	3,496761001	0,093238999	3%			
0,30	-0,30	3,11	2,990266146	0,119733854	4%			

0,35	-0,30	2,63	2,533447442	0,096552558	4%
0,40	-0,30	2,29	2,156224672	0,133775328	6%
0,45	-0,30	1,94	1,89004362	0,04995638	3%
0,50	-0,30	1,64	1,767876063	-0,127876063	8%
-0,50	-0,35	1,77	1,396481854	0,373518146	21%
-0,45	-0,35	2,14	2,476566138	-0,336566138	16%
-0,40	-0,35	3,24	3,381283146	-0,141283146	4%
-0,35	-0,35	3,40	4,114615728	-0,714615728	21%
-0,30	-0,35	4,79	4,682072731	0,107927269	2%
-0,25	-0,35	5,27	5,090688999	0,179311001	3%
-0,20	-0,35	5,25	5,349025371	-0,099025371	2%
-0,15	-0,35	5,56	5,467168686	0,092831314	2%
-0,10	-0,35	5,89	5,456731776	0,433268224	7%
-0,05	-0,35	5,49	5,330853474	0,159146526	3%
0	-0,35	4,78	5,104198605	-0,324198605	7%
0,05	-0,35	4,57	4,792957994	-0,222957994	5%
0,10	-0,35	4,38	4,414848463	-0,034848463	1%
0,15	-0,35	3,66	3,989112829	-0,329112829	9%
0,20	-0,35	3,32	3,536519908	-0,216519908	7%
0,25	-0,35	3,11	3,079364509	0,030635491	1%
0,30	-0,35	2,80	2,641467442	0,158532558	6%
0,35	-0,35	2,38	2,248175511	0,131824489	6%
0,40	-0,35	1,99	1,926361519	0,063638481	3%
0,45	-0,35	1,75	1,704424263	0,045575737	3%
0,50	-0,35	1,51	1,61228854	-0,10228854	7%
-0,50	-0,40	1,62	1,318505674	0,301494326	19%
-0,45	-0,40	1,98	2,195045007	-0,215045007	11%
-0,40	-0,40	2,95	2,935412244	0,014587756	0%
-0,35	-0,40	2,94	3,540543251	-0,600543251	20%
-0,30	-0,40	3,92	4,012899893	-0,092899893	2%
-0,25	-0,40	4,55	4,356470029	0,193529971	4%
-0,20	-0,40	4,41	4,576767516	-0,166767516	4%
-0,15	-0,40	4,65	4,680832206	-0,030832206	1%
-0,10	-0,40	5,04	4,677229952	0,362770048	7%
-0,05	-0,40	4,67	4,576052598	0,093947402	2%
0	-0,40	4,13	4,388917991	-0,258917991	6%
0,05	-0,40	4	4,128969969	-0,128969969	3%
0,10	-0,40	3,87	3,81087837	0,05912163	2%
0,15	-0,40	3,21	3,45083903	-0,24083903	8%
0,20	-0,40	2,92	3,066573777	-0,146573777	5%
0,25	-0,40	2,72	2,677330442	0,042669558	2%
0,30	-0,40	2,46	2,303882847	0,156117153	6%
0,35	-0,40	2,13	1,968530815	0,161469185	8%
0,40	-0,40	1,79	1,695100163	0,094899837	5%
0,45	-0,40	1,52	1,508942707	0,011057293	1%
0,50	-0,40	1,33	1,436936258	-0,106936258	8%
-0,50	-0,45	1,44	1,226035587	0,213964413	15%
-0,45	-0,45	1,85	1,912849511	-0,062849511	3%
-0,40	-0,45	2,64	2,501247958	0,138752042	5%
-0,35	-0,45	2,53	2,989119813	-0,459119813	18%
-0,30	-0,45	3,18	3,375879953	-0,195879953	6%
-0,25	-0,45	4,55	3,662469256	0,887530744	20%
-0,20	-0,45	3,79	3,851354595	-0,061354595	2%
-0,15	-0,45	3,92	3,946528839	-0,026528839	1%
-0,10	-0,45	4,25	3,953510855	0,296489145	7%
-0,05	-0,45	3,94	3,879345506	0,060654494	2%
0	-0,45	3,56	3,732603653	-0,172603653	5%
0,05	-0,45	3,49	3,523382153	-0,033382153	1%
0,10	-0,45	3,37	3,26330386	0,10669614	3%
0,15	-0,45	2,87	2,965517623	-0,095517623	3%
0,20	-0,45	2,48	2,644698292	-0,164698292	7%
0,25	-0,45	2,38	2,317046708	0,062953292	3%
0,30	-0,45	2,10	2,000289715	0,099710285	5%
0,35	-0,45	1,80	1,713680149	0,086319851	5%
0,40	-0,45	1,54	1,477996844	0,062003156	4%
0,45	-0,45	1,33	1,315544633	0,014455367	1%
0,50	-0,45	1,17	1,250154343	-0,080154343	7%
-0,50	-0,50	1,27	1,201458274	0,068541726	5%
-0,45	-0,50	1,72	1,708755775	0,011244225	1%
-0,40	-0,50	2,32	2,153955858	0,166044142	7%
-0,35	-0,50	2,16	2,531900423	-0,371900423	17%
-0,30	-0,50	2,55	2,838957365	-0,288957365	11%
-0,25	-0,50	3,34	3,073020577	0,266979423	8%
-0,20	-0,50	3,29	3,233509949	0,056490051	2%
-0,15	-0,50	3,33	3,321371366	0,008628634	0%
-0,10	-0,50	3,53	3,339076712	0,190923288	5%
-0,05	-0,50	3,27	3,290623867	-0,020623867	1%
0	-0,50	3,04	3,181536707	-0,141536707	5%
0,05	-0,50	3,02	3,018865105	0,001134895	0%
0,10	-0,50	2,92	2,811184932	0,108815068	4%

0,15	-0,50	2,48	2,568598055	-0,088598055	4%
0,20	-0,50	2,08	2,302732337	-0,222732337	11%
0,25	-0,50	1,99	2,026741639	-0,036741639	2%
0,30	-0,50	1,82	1,755305818	0,064694182	4%
0,35	-0,50	1,59	1,504630729	0,085369271	5%
0,40	-0,50	1,36	1,292448222	0,067551778	5%
0,45	-0,50	1,13	1,138016144	-0,008016144	1%
0,50	-0,50	0,99	1,062118341	-0,072118341	7%

simulace zkoušky č.4

Souřadnice měření		I [kW·m^{-2}]	Proložení plochou	Rozdíl	%	Ø absolutní chyby	Max chyba	Max absolutní chyba [kW·m^{-2}]
X	Y	Z	Fit Z I [kW·m^{-2}]	Real/Fit	chyby			
0,30	0,30	3,02	2,949582871	0,070417129	2%	5%	72%	1,64
0,35	0,30	2,69	2,500844252	0,189155748	7%			
0,40	0,30	2,40	2,169180277	0,230819723	10%			
0,45	0,30	2,13	2,003842654	0,126157346	6%			
0,50	0,30	1,87	2,053735186	-0,183735186	10%			
0,30	0,25	3,28	3,740756218	-0,460756218	14%			
0,35	0,25	2,77	3,114539855	-0,344539855	12%			
0,40	0,25	2,38	2,609987384	-0,229987384	10%			
0,45	0,25	2,06	2,273664542	-0,213664542	10%			
0,50	0,25	2,06	2,151789158	-0,091789158	4%			
0,30	0,20	4,77	4,378171062	0,391828938	8%			
0,35	0,20	4,02	3,621326523	0,398673477	10%			
0,40	0,20	3,38	2,989376148	0,390623852	12%			
0,45	0,20	2,80	2,5261997	0,2738003	10%			
0,50	0,20	2,27	2,275329036	-0,005329036	0%			
0,30	0,15	4,65	4,863486044	-0,213486044	5%			
0,35	0,15	3,79	4,018137132	-0,228137132	6%			
0,40	0,15	3,21	3,299553677	-0,089553677	3%			
0,45	0,15	2,78	2,74892947	0,03107053	1%			
0,50	0,15	2,41	2,407110395	0,002889605	0%			
0,30	0,10	5,10	5,200721456	-0,100721456	2%			
0,35	0,10	4,16	4,304266209	-0,144266209	3%			
0,40	0,10	3,42	3,535088734	-0,115088734	3%			
0,45	0,10	2,85	2,931696851	-0,081696851	3%			
0,50	0,10	2,42	2,532250469	-0,112250469	5%			
0,30	0,05	5,56	5,396259248	0,163740752	3%			
0,35	0,05	4,73	4,481369938	0,248630062	5%			
0,40	0,05	3,95	3,692911738	0,257088262	7%			
0,45	0,05	3,25	3,066706495	0,183293505	6%			
0,50	0,05	2,64	2,638228145	0,001771855	0%			
0,30	0	5,14	5,458843025	-0,318843025	6%			
0,35	0	4,46	4,553466158	-0,093466158	2%			
0,40	0	3,87	3,772314762	0,097685238	3%			
0,45	0	3,30	3,148524709	0,151475291	5%			
0,50	0	2,74	2,714883964	0,025116036	1%			
0,30	-0,05	5,16	5,399578045	-0,239578045	5%			
0,35	-0,05	4,48	4,526934363	-0,046934363	1%			
0,40	-0,05	3,82	3,774951534	0,045048466	1%			
0,45	-0,05	3,20	3,174079457	0,025920543	1%			
0,50	-0,05	2,72	2,754420125	-0,034420125	1%			
0,30	-0,10	5,19	5,231931223	-0,041931223	1%			
0,35	-0,10	4,42	4,410515701	0,009484299	0%			
0,40	-0,10	3,72	3,704837437	0,015162563	0%			
0,45	-0,10	3,14	3,142660356	-0,002660356	0%			
0,50	-0,10	2,66	2,751400478	-0,091400478	3%			
0,30	-0,15	5	4,971731128	0,028268872	1%			
0,35	-0,15	4,36	4,215312976	0,144687024	3%			
0,40	-0,15	3,73	3,568349509	0,161650491	4%			
0,45	-0,15	3,04	3,055918678	-0,015918678	1%			
0,50	-0,15	2,56	2,702750532	-0,142750532	6%			
0,30	-0,20	4,63	4,637167984	-0,007167984	0%			
0,35	-0,20	4,01	3,954790647	0,055209353	1%			
0,40	-0,20	3,48	3,374226443	0,105773557	3%			
0,45	-0,20	2,96	2,917867352	0,042132648	1%			
0,50	-0,20	2,49	2,607757448	-0,117757448	5%			
0,30	-0,25	4,35	4,24879367	0,10120633	2%			
0,35	-0,25	3,78	3,644774827	0,135225173	4%			
0,40	-0,25	3,18	3,133568588	0,046431412	1%			
0,45	-0,25	2,70	2,73488096	-0,03488096	1%			
0,50	-0,25	2,27	2,468070043	-0,198070043	9%			
-0,70	-0,30	2,71	2,374471607	0,335528393	12%			
-0,65	-0,30	3,59	4,309325165	-0,719325165	20%			
-0,60	-0,30	5,86	5,913170674	-0,053170674	1%			
-0,55	-0,30	6,82	7,209986308	-0,389986308	6%			
-0,50	-0,30	8,44	8,223402333	0,216597667	3%			
-0,45	-0,30	9,26	8,976701108	0,283298892	3%			
-0,40	-0,30	9,68	9,492817084	0,187182916	2%			
-0,35	-0,30	10,08	9,794336808	0,285663192	3%			
-0,30	-0,30	10,24	9,903498917	0,336501083	3%			
-0,25	-0,30	10,05	9,842194144	0,207805856	2%			
-0,20	-0,30	9,62	9,631965311	-0,011965311	0%			
-0,15	-0,30	9,34	9,294007338	0,045992662	0%			
-0,10	-0,30	9,11	8,849167235	0,260832765	3%			
-0,05	-0,30	8,43	8,317944105	0,112055895	1%			
0,00	-0,30	7,20	7,720489145	-0,520489145	7%			
0,05	-0,30	6,28	7,076605646	-0,796605646	13%			
0,10	-0,30	6,35	6,40574899	-0,05574899	1%			

0,15	-0,30	5,47	5,727026654	-0,257026654	5%
0,20	-0,30	4,96	5,059198207	-0,099198207	2%
0,25	-0,30	4,65	4,42067531	0,22932469	5%
0,30	-0,30	4,03	3,82952172	0,20047828	5%
0,35	-0,30	3,39	3,303453285	0,086546715	3%
0,40	-0,30	2,95	2,859837946	0,090162054	3%
0,45	-0,30	2,50	2,515695739	-0,015695739	1%
0,50	-0,30	2,12	2,28769879	-0,16769879	8%
-0,70	-0,35	2,67	2,168762534	0,501237466	19%
-0,65	-0,35	3,38	3,846748038	-0,466748038	14%
-0,60	-0,35	5,50	5,235726466	0,264273534	5%
-0,55	-0,35	5,95	6,356990019	-0,406990019	7%
-0,50	-0,35	7,12	7,231482989	-0,111482989	2%
-0,45	-0,35	8	7,879801764	0,120198236	2%
-0,40	-0,35	8,31	8,322194822	-0,012194822	0%
-0,35	-0,35	8,67	8,578562736	0,091437264	1%
-0,30	-0,35	8,79	8,66845817	0,12154183	1%
-0,25	-0,35	8,57	8,611085885	-0,041085885	0%
-0,20	-0,35	8,23	8,42530273	-0,19530273	2%
-0,15	-0,35	8,09	8,129617652	-0,039617652	0%
-0,10	-0,35	8	7,742191688	0,257808312	3%
-0,05	-0,35	7,33	7,280837968	0,049162032	1%
0,00	-0,35	6,33	6,763021717	-0,433021717	7%
0,05	-0,35	5,92	6,205860251	-0,285860251	5%
0,10	-0,35	5,65	5,626122982	0,023877018	0%
0,15	-0,35	4,79	5,040231411	-0,250231411	5%
0,20	-0,35	4,34	4,464259137	-0,124259137	3%
0,25	-0,35	4,06	3,913931847	0,146068153	4%
0,30	-0,35	3,65	3,404627324	0,245372676	7%
0,35	-0,35	3,11	2,951375444	0,158624556	5%
0,40	-0,35	2,59	2,568858176	0,021141824	1%
0,45	-0,35	2,27	2,271409581	-0,001409581	0%
0,50	-0,35	1,95	2,073015815	-0,123015815	6%
-0,70	-0,40	2,51	1,896874864	0,613125136	24%
-0,65	-0,40	3,19	3,335312252	-0,145312252	5%
-0,60	-0,40	5,06	4,52538456	0,53461544	11%
-0,55	-0,40	5,20	5,485698015	-0,285698015	5%
-0,50	-0,40	6	6,234510938	-0,234510938	4%
-0,45	-0,40	6,97	6,78973374	0,18026626	3%
-0,40	-0,40	7,20	7,16892893	0,03107107	0%
-0,35	-0,40	7,47	7,389311105	0,080688895	1%
-0,30	-0,40	7,58	7,46774696	0,11225304	1%
-0,25	-0,40	7,36	7,420755279	-0,060755279	1%
-0,20	-0,40	7,06	7,264506941	-0,204506941	3%
-0,15	-0,40	7	7,014824919	-0,014824919	0%
-0,10	-0,40	6,99	6,687184276	0,302815724	4%
-0,05	-0,40	6,36	6,296712171	0,063287829	1%
0,00	-0,40	5,58	5,858187856	-0,278187856	5%
0,05	-0,40	5,28	5,386042674	-0,106042674	2%
0,10	-0,40	5,04	4,894360062	0,145639938	3%
0,15	-0,40	4,22	4,396875552	-0,176875552	4%
0,20	-0,40	3,83	3,906976765	-0,076976765	2%
0,25	-0,40	3,55	3,43770342	0,11229658	3%
0,30	-0,40	3,24	3,001747325	0,238252675	7%
0,35	-0,40	2,79	2,611452383	0,178547617	6%
0,40	-0,40	2,36	2,27881459	0,08118541	3%
0,45	-0,40	1,99	2,015482035	-0,025482035	1%
0,50	-0,40	1,73	1,8327549	-0,1027549	6%
-0,60	-0,45	2,26	3,897207236	-1,637207236	72%
-0,60	-0,45	3	3,897207236	-0,897207236	30%
-0,60	-0,45	4,56	3,897207236	0,662792764	15%
-0,55	-0,45	4,53	4,706446811	-0,176446811	4%
-0,50	-0,45	5,04	5,338096925	-0,298096925	6%
-0,45	-0,45	6,05	5,807382018	0,242617982	4%
-0,40	-0,45	6,26	6,129178623	0,130821377	2%
-0,35	-0,45	6,40	6,318015368	0,081984632	1%
-0,30	-0,45	6,50	6,388072971	0,111927029	2%
-0,25	-0,45	7,36	6,353184245	1,006815755	14%
-0,20	-0,45	6,10	6,226834098	-0,126834098	2%
-0,15	-0,45	6,06	6,022159526	0,037840474	1%
-0,10	-0,45	6,03	5,751949623	0,278050377	5%
-0,05	-0,45	5,45	5,428645573	0,021354427	0%
0,00	-0,45	4,87	5,064340655	-0,194340655	4%
0,05	-0,45	4,68	4,670780241	0,009219759	0%
0,10	-0,45	4,47	4,259361793	0,210638207	5%
0,15	-0,45	3,82	3,84113487	-0,02113487	1%
0,20	-0,45	3,29	3,426801123	-0,136801123	4%
0,25	-0,45	3,12	3,026714295	0,093285705	3%
0,30	-0,45	2,75	2,650880223	0,099119777	4%
0,35	-0,45	2,35	2,308956836	0,041043164	2%

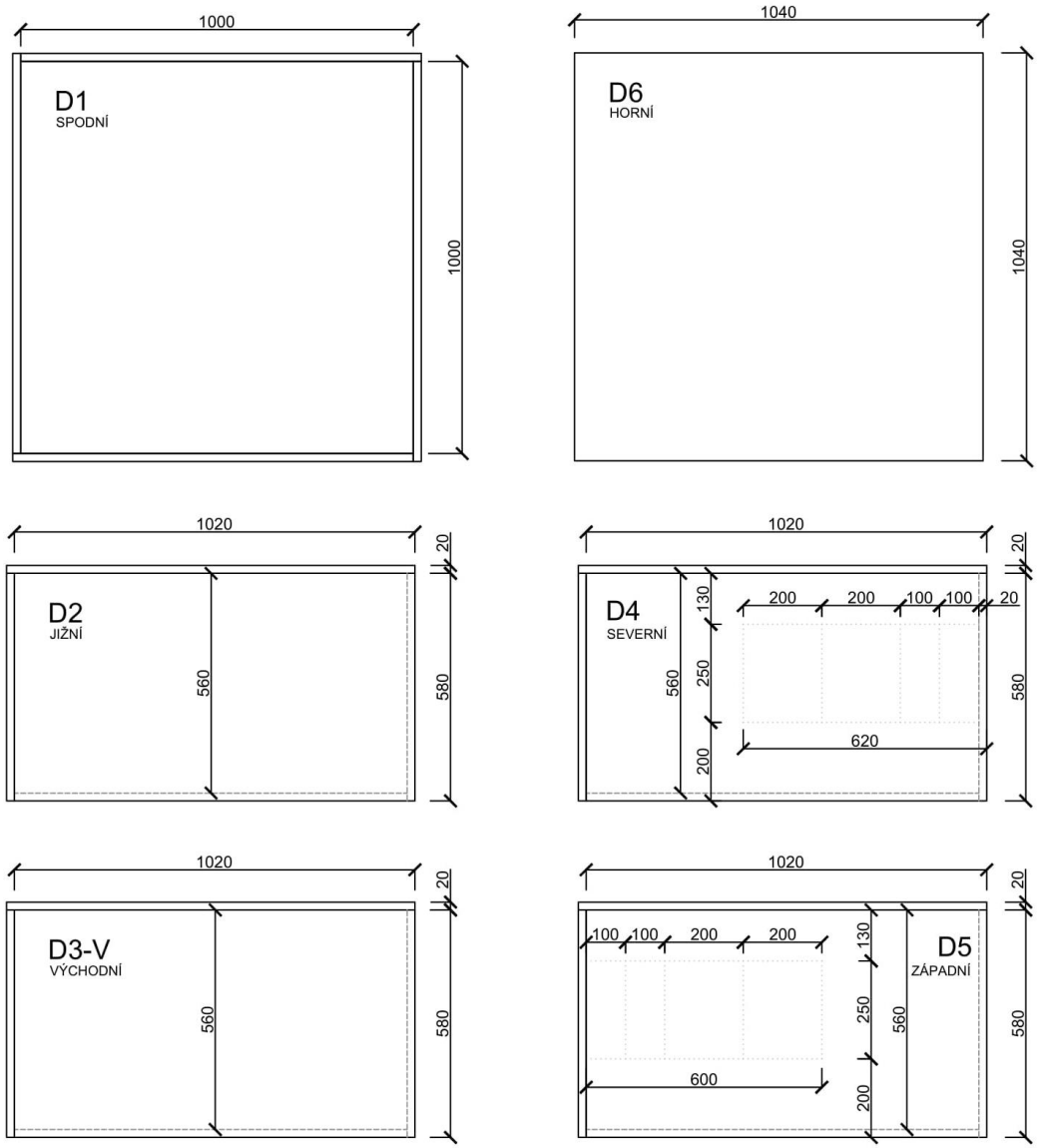
0,40	-0,45	2,04	2,010254157	0,029745843	1%
0,45	-0,45	1,78	1,763734304	0,016265696	1%
0,50	-0,45	1,55	1,578011483	-0,028011483	2%
-0,70	-0,50	1,97	1,654980622	0,315019378	16%
-0,65	-0,50	2,81	2,647378536	0,162621464	6%
-0,60	-0,50	4,04	3,468618426	0,571381574	14%
-0,55	-0,50	3,92	4,131934574	-0,211934574	5%
-0,50	-0,50	4,21	4,650213354	-0,440213354	10%
-0,45	-0,50	5,19	5,035993234	0,154006766	3%
-0,40	-0,50	5,42	5,301464774	0,118535226	2%
-0,35	-0,50	5,46	5,458470628	0,001529372	0%
-0,30	-0,50	5,52	5,518505543	0,001494457	0%
-0,25	-0,50	5,43	5,492716359	-0,062716359	1%
-0,20	-0,50	5,27	5,391902009	-0,121902009	2%
-0,15	-0,50	5,23	5,226513518	0,003486482	0%
-0,10	-0,50	5,14	5,006654006	0,133345994	3%
-0,05	-0,50	4,60	4,742078686	-0,142078686	3%
0,00	-0,50	4,19	4,442194862	-0,252194862	6%
0,05	-0,50	4,08	4,116061933	-0,036061933	1%
0,10	-0,50	3,92	3,77239139	0,14760861	4%
0,15	-0,50	3,37	3,419546818	-0,049546818	1%
0,20	-0,50	2,83	3,065543895	-0,235543895	8%
0,25	-0,50	2,65	2,718050391	-0,068050391	3%
0,30	-0,50	2,39	2,384386171	0,005613829	0%
0,35	-0,50	2,09	2,07152319	0,01847681	1%
0,40	-0,50	1,81	1,7860855	0,0239145	1%
0,45	-0,50	1,52	1,534349243	-0,014349243	1%
0,50	-0,50	1,33	1,322242655	0,007757345	1%

DIPLOMOVÁ PRÁCE

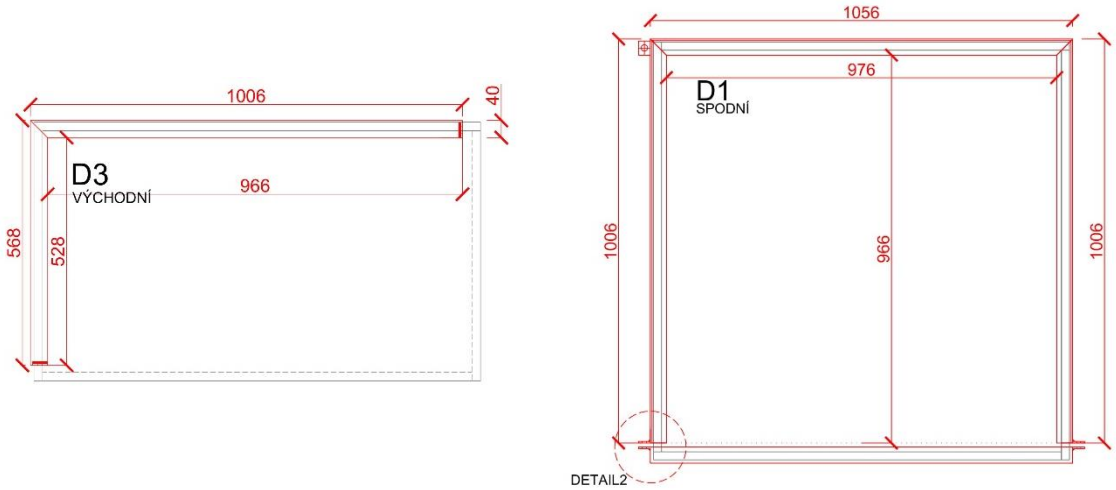
Příloha 4 - Obrázková příloha

Bc. Daniela Pitelková

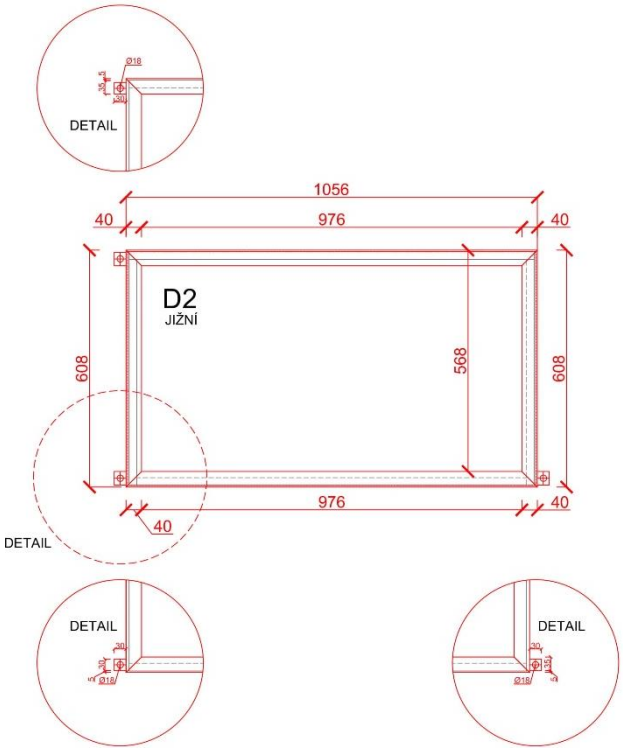
PŘÍLOHA 4: OBRÁZKOVÁ PŘÍLOHA



obr. 1 Schéma návrhu rozměrů desek Fermacell

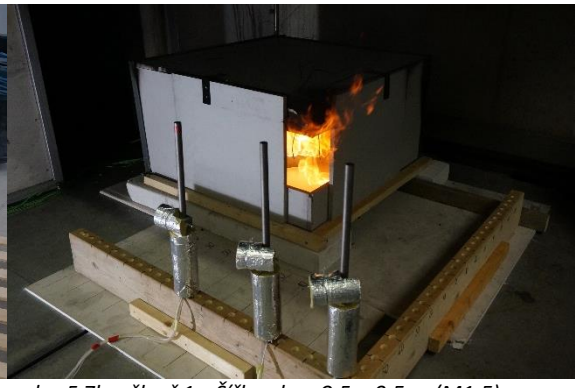


obr. 2 Schéma návrhu ocelové konstrukce 1



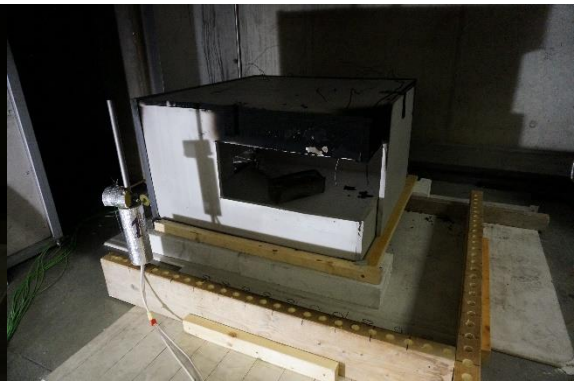
obr. 3 Schéma návrhu ocelové konstrukce 2

obr. 4 Příprava experimentu



obr. 5 Zkouška č.1 – Šířky oken 0,5 a 0,5 m (M1:5)

obr. 6 Zkouška č.4 – Šířky oken 3,0 a 1,0 m (M1:5)



obr. 7 Ukončený experiment