

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



**Stavební otvorové výplně a jejich vliv na tepelně  
technické vlastnosti stavebních konstrukcí**

Diplomová práce

Autor: Bc. Luboš Svoboda

Vedoucí práce: Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Luboš Svoboda, DiS.

Dřevařské inženýrství

Název práce

**Stavební otvorové výplně a jejich vliv na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí**

Název anglicky

**Windows and their influence on the thermal properties of building structures**

---

### Cíle práce

Cílem práce je diagnostika a analýza tepelně-technických parametrů u konstrukcí s odlišným způsobem montáže stavebních otvorových výplní a následné vyhodnocení naměřených dat.

### Metodika

1. Literární rešerš
2. Výběr stavebních konstrukcí s odlišným způsobem montáže stavebních otvorových výplní
3. Tepelně-technické měření připojovací spáry
4. Tepelně-technická výpočtová diagnostika u vybraných konstrukcí
5. Analýza naměřených a vypočítaných dat
6. Vyhodnocení zjištěných dat

**Doporučený rozsah práce**

60 – 70 stran včetně textu a příloh

**Klíčová slova**

stavební otvorové výplně, dřevěné okno, plastové okno, součinitel prostupu tepla, analýza, tepelný odpor, teplota rosného bodu, vlhkost, teplota, konstrukce, připojovací spára

---

**Doporučené zdroje informací**

ČSN EN ISO 10 077-1 Tepelné chování oken, dveří a okenic – Výpočet součinitele prostupu tepla – Část 1: Všeobecně

ČSN EN ISO 10 077-2 Tepelné chování oken, dveří a okenic – Výpočet součinitele prostupu tepla – Část 2 Výpočtová metoda pro rámy

ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin

ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody

ČSN 74 6077 Okna a vnější dveře. Požadavky na zabudování

CHMÚRNÝ, I. Tepelná ochrana budov. Prvé vydanie. Bratislava, Jaga group, 2003, 214 s. ISBN 80-88905-27-3

PUŠKÁR, A. a kol. Obvodové pláště budov. Prvé vydanie. Bratislava, Jaga group, 2002, 311 s. ISBN 80-88905-72-9

PUŠKÁR, A. a kol. Okna, dveře, prosklené stěny. První české vydání. Bratislava, Jaga group, 2003, 255 s. ISBN 80-88905-47-8

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

---

Elektronicky schváleno dne 26. 10. 2016

**Ing. Kamil Trgala, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 18. 2. 2017

**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 06. 04. 2017

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Stavební otvorové výplně a jejich vliv na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí vypracoval samostatně pod vedením Ing. Kamila Trgaly, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20.4.2017

Bc. Luboš Svoboda

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Kamil Trgalovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady a připomínky při vypracování této diplomové práce a zároveň majitelům měřených objektů za ochotu a spolupráci.

# Stavební otvorové výplně a jejich vliv na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí

---

## Windows and their influence on the thermal properties of building structures

### Abstrakt

V současné době je kladen velký důraz na úsporu energií ve stavebnictví. Velký význam na úsporu energií budov mají stavební otvorové výplně, jako jsou okna a dveře. Stavební otvorové výplně jsou jedny z nejnáročnějších stavebních prvků, neboť jsou na ně kladeny velké požadavky.

První část práce je věnována literárním řešením se zaměřením na problematiku stavebních otvorových výplní. Diplomová práce seznamuje nejen se základní terminologií stavebních otvorových výplní, ale podává informace o současných materiálech a o základních požadavcích na osvětlení, větrání, mechanickou odolnost, ochranu proti hluku a bezpečnost. Dále se zabývá mechanicko-fyzikálními vlastnostmi, jako jsou např. tepelně-technické vlastnosti, spárová průvzdušnost, zvukově izolační vlastnosti, tepelně izolační vlastnosti skel, tepelně izolační vlastnosti rámu, vodotěsnost, vzduchotěsnost, požárně-technické vlastnosti a zabezpečení proti nežádoucímu vniknutí.

Hlavní část diplomové práce je věnována vlastnímu měření stavebních otvorových výplní u vybraných šesti objektů. Na základě naměřených výsledků je pro každý objekt provedena tepelně-technická výpočtová diagnostika. V závěru práce je provedeno shrnutí výsledků, získané údaje jsou analyzovány a vyhodnoceny. Na základě vyhodnocení jsou navržena vhodná doporučení.

### Abstract

Currently there is a great emphasis on energy savings in the building industry. Constructional opening fillings, such as windows and doors, are of a great importance for saving energy in buildings. Constructional opening fillings are one of the most challenging construction elements, because high demands are put on them.

The first part of this diploma thesis is devoted to research of the literature focusing on the issue of constructional opening fillings. Additionally, this diploma thesis introduces the basic terminology of constructional opening fillings, and also provides information about existing materials - including basic requirements for lighting, ventilation, mechanical resistance, and protection against noise and safety.

It also deals with mechanical and physical properties, such as thermal and technical characteristics, crevice integrity, sound insulation properties, thermal insulation properties of glass, thermal insulating properties of frames, waterproof, airtight, fire-technical characteristics and protection against undesirable permeability. The main part of the thesis is devoted to the respective measurement of construction opening fillings in six selected objects. Based on the measured results, a thermal-computational diagnostics is carried out for each object. The conclusion sums up the results, the data obtained are analyzed and evaluated. On the basis of the evaluation, appropriate recommendations are provided.

**Klíčová slova:** stavební otvorové výplně, současné materiály, základní požadavky mechanicko-fyzikální vlastnosti.

**Keywords:** windows, contemporary materials, the basic requirements of mechanical and physical properties.

# Obsah

<b>Obsah .....</b>	<b>3</b>
<b>Seznam tabulek, obrázků a grafů.....</b>	<b>5</b>
<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>7</b>
<b>1 Úvod .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Cíl práce.....</b>	<b>15</b>
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>16</b>
3.1 Základní terminologie stavebních otvorových výplní .....	16
3.2 Rozdělení stavebních otvorových výplní.....	17
3.2.1 Rozdělení oken dle konstrukce.....	17
3.2.2 Rozdělení oken dle způsobu otírání .....	18
3.2.3 Rozdělení stavebních otvorových výplní dle konstrukčního materiálu .....	19
3.2.4 Rozdělení stavebně otvorových výplní dle způsobu montáže.....	26
3.3 Současné materiály .....	26
3.3.1 Zasklení otvorových výplní.....	26
3.3.2 Kování oken a dveří .....	30
3.4 Základní požadavky stavebních otvorových výplní .....	31
3.4.1 Osvětlení.....	31
3.4.2 Větrání .....	32
3.4.3 Ochrana proti hluku .....	32
3.4.4 Solární tepelné zisky .....	32
3.4.5 Bezpečnost při užívání .....	32
3.4.6 Mechanická odolnost.....	33
3.4.7 Ochrana proti solárním ziskům a tepelným ztrátám.....	33
3.4.8 Požární bezpečnost .....	33
3.5 Mechanicko-fyzikální vlastnosti.....	34
3.5.1 Tepelně-technické vlastnosti .....	34
3.5.2 Spárová průvzdušnost.....	34
3.5.3 Zvukově izolační vlastnosti.....	35
3.5.4 Tepelně izolační vlastnosti skel.....	36
3.5.5 Tepelně izolační vlastnosti rámu .....	36
3.5.6 Vodotěsnost a vzduchotěsnost.....	36
3.5.7 Požárně-technické vlastnosti .....	38



3.5.8 Zabezpečení proti nežádoucímu vniknutí.....	39
<b>4 Měření a výpočty stavebních otvorových výplní u rodinných domů .....</b>	<b>42</b>
4.1 Objekt č. 1- stavební otvorové výplně zapuštěné do konstrukce stavebního ostění .....	43
4.1.1 Provedená měření .....	45
4.1.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika .....	47
4.2 Objekt č. 2- stavebních otvorová výplň líčující v konstrukci stavebního ostění .....	53
4.2.1 Provedená měření .....	55
4.2.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika .....	57
4.3 Objekt č. 3 – okno zapuštěné v konstrukci stavebního ostění .....	63
4.3.1 Provedená měření .....	65
4.3.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika .....	67
4.4 Objekt č. 4 – Stavební otvorová výplň líčující v konstrukci stavebního ostění .....	73
4.4.1 Provedená měření .....	75
4.4.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika .....	77
4.5 Objekt č. 5 - Stavební otvorová výplň zapuštěná v konstrukci stavebního ostění .....	83
4.5.1 Provedená měření .....	85
4.5.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika .....	87
4.6 Objekt č. 6 - Stavební otvorová výplň předsazená předkonstrukci stavebního ostění .....	93
4.6.1 Provedená měření .....	96
4.6.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika .....	97
<b>5 Analýzy naměřených a vypočítaných dat .....</b>	<b>104</b>
<b>6 Vyhodnocení zjištěných dat .....</b>	<b>106</b>
<b>7 Závěr</b>	
<b>8 Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>108</b>
8.1 Knihy a odborné publikace .....	108
8.2 Normy ČSN .....	109
8.3 Internetové portály .....	110

## Seznam tabulek, obrázků a grafů

### Seznam tabulek:

Tabulka 1 Průměrné hodnoty součinitele prostupu tepla $U_f$ pro okenní a dveřní hranoly Airotherm.....	22
Tabulka 2 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) - objekt č. 1 .....	44
Tabulka 3 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 1.....	45
Tabulka 4 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 1 .....	46
Tabulka 5 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) - objekt č. 2 .....	54
Tabulka 6 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 2.....	55
Tabulka 7 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 2 .....	56
Tabulka 8 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) - objekt č. 3 .....	64
Tabulka 9 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 3.....	65
Tabulka 10 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 3 .....	66
Tabulka 11 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) – objekt č. 4....	74
Tabulka 12 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 4.....	75
Tabulka 13 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č.4 .....	76
Tabulka 14 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) – objekt č. 5....	84
Tabulka 15 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 5.....	85
Tabulka 16 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 5 .....	86
Tabulka 17 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) - objekt č. 6 ....	94
Tabulka 18 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 6.....	96
Tabulka 19 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 6 .....	97

### Seznam obrázků:

Obrázek 1 Airotherm .....	21
Obrázek 2 Hranol pS - Sandwich .....	22
Obrázek 3 Zasklení se systémem multifolií.....	30
Obrázek 4 Obvodové kování okna s pojistkou proti svěšování.....	31
Obrázek 5 Těsnění .....	37
Obrázek 6 Objekt č. 1 - Konstrukce .....	45
Obrázek 7 Objekt č. 2 - Novostavba Srbsko 2.....	54
Obrázek 9 Objekt č. 2 - Konstrukce .....	55
Obrázek 10 Objekt č. 2 - Výsledky měření okna- měření v exteriéru .....	56
Obrázek 11 Objekt č. 2 - Výsledky měření okna- měření v interiéru.....	57
Obrázek 12 Objekt č. 3 - Novostavba Srbsko 3.....	64
Obrázek 14 Objekt č. 3 - Konstrukce .....	65
Obrázek 16 Objekt č. 3 - Výsledky měření okna- měření v exteriéru .....	66
Obrázek 17 Objekt č. 3 - Výsledky měření okna- měření v interiéru.....	67
Obrázek 18 Objekt č. 4 - Novostavba Mořina .....	74

Obrázek 20 Objekt č. 4 - Konstrukce .....	75
Obrázek 21 Objekt č. 4 - Výsledky měření okna- měření v exteriéru .....	76
Obrázek 22 Objekt č. 4 - Výsledky měření okna- měření v interiéru.....	77
Obrázek 23 Objekt č. 5 - Novostavba Bubovice .....	84
Obrázek 24 Objekt č. 5 - Konstrukce .....	85
Obrázek 25 Objekt č. 5 - Výsledky měření okna- měření v exteriéru .....	86
Obrázek 26 Objekt č. 5 - Výsledky měření okna- měření v interiéru.....	87
Obrázek 27 Objekt č. 6 - Novostavba Svatá.....	94
Obrázek 28 Objekt č. 6 - Konstrukce .....	95
Obrázek 29 Objekt č. 6 - Výsledky měření okna- měření v exteriéru .....	96
Obrázek 30 Objekt č. 6 - Výsledky měření okna- měření v interiéru.....	97

### **Seznam grafů:**

Graf 1- Porovnání součinitele prostupu tepla oken a přípojovacích spár jednotlivých objektů .....	104
Graf 2- Porovnání hodnot tepelného toku [ $\Phi$ ] oken a přípojovacích spár pro rozměr oken 1400 x 1400 mm .....	105

## Seznam použitých zkratek a symbolů

<b>ČSN</b>	Česká technická norma	
<b>EN</b>	Evropská norma	
<b>NP</b>	Nadzemní podlaží	
<b>PVC</b>	Pollyvinylchlorid	
<b>SOV</b>	Stavební otvorové výplně	
<b>XPS</b>	Extrudovaný polystyren	
<b>a</b>	součinitel teplotní vodivosti	[m <sup>2</sup> /s]
<b>A</b>	plocha okna	[m <sup>2</sup> ]
<b>A<sub>f</sub></b>	plocha rámu	[m <sup>2</sup> ]
<b>A<sub>g</sub></b>	plocha zasklení	[m <sup>2</sup> ]
<b>c</b>	měrná tepelná kapacita	[J/(kg.K)]
<b>C<sub>č</sub></b>	Stefan – Boltzmanova konstanta	[W/(m <sup>2</sup> . K <sup>4</sup> )]
<b>d</b>	tloušťka	[m]
<b>G<sub>r</sub></b>	Grashofovo číslo	
<b>g</b>	gravitační zrychlení	[g = 9,81]
<b>h<sub>g</sub></b>	plošná tepelná propustnost konvekci a kondukcí v plynové vrstvě	[W/(m <sup>2</sup> . K)]
<b>h<sub>i</sub></b>	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[W/(m <sup>2</sup> . K)]
<b>h<sub>r</sub></b>	plošná tepelná propustnost radiací povrchu plynové vrstvy	[W/(m <sup>2</sup> . K)]
<b>l<sub>g</sub></b>	délka obvodu zasklení	[m]
<b>N<sub>u</sub></b>	Nusseltovo číslo	
<b>P<sub>r</sub></b>	Prandtlovo číslo	
<b>R</b>	tepelný odpor	[(m <sup>2</sup> .K)/W]
<b>R<sub>g</sub></b>	tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem	[(m <sup>2</sup> .K)/W]
<b>R<sub>se</sub></b>	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	[(m <sup>2</sup> .K)/W]
<b>R<sub>si</sub></b>	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[(m <sup>2</sup> .K)/W]
<b>R<sub>t</sub></b>	tepelný odpor při přestupu tepla	[(m <sup>2</sup> .K)/W]
<b>T</b>	termodynamická teplota	[ K]

$T_m$	průměrná termodynamická teplota	[ K]
$U_g$	součinitel prostupu tepla izolačního skla	[(m <sup>2</sup> .K)/W]
$U_{ps}$	součinitel prostupu tepla přípojovací spáry	[(m <sup>2</sup> .K)/W]
$U_w$	součinitel prostupu tepla dřevěného okna	[W/(m <sup>2</sup> . K)]
$\Lambda_g$	plošná tepelná propustnost nevětrané plynové vrstvy	[W/(m <sup>2</sup> . K)]
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti	[W/(m.K)]
$\rho$	objemová hmotnost	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\mu$	dynamická viskozita	[kg/(m .s )]
$\Theta_e$	teplota v exteriéru	[°C]
$\Theta_i$	teplota v interiéru	[°C]
$\Theta_{si}$	vnitřní povrchová teplota přípojovací spáry	[°C]
$\varepsilon_n$	sklo s normálovou emisivitou	
$\varepsilon$	sklo s upravenou emisivitou	
$\Psi_g$	lineární činitel prostupu tepla	[W/(m . K)]

# 1 Úvod

V současné době se ve stavebnictví klade veliký důraz na co největší úspory energií na stavební otvorové výplně (SOV). Velice důležitou částí obvodového pláště budov jsou převážně okna a dveře. Nutno konstatovat, že okna a dveře mají významnou roli především v oblasti úspor energií a architektonického vzhledu budovy. Vedle vzhledu musí SOV splňovat z důvodů hygienických a psychologických, také základní požadavky na:

- větrání,
- osvětlení (denní, umělé, sdružené),
- transformaci světelného záření na tepelné,
- ochranu proti solárním ziskům a tepelným ztrátám,
- bezpečnost,
- požární odolnost,
- zvukovou izolaci.

Vedle požadavků základních musí SOV splňovat také požadavky mechanicko fyzikální, do kterých patří:

- spárová průvzdušnost,
- tepelně technické vlastnosti,
- požárně technické vlastnosti,
- akustické vlastnosti,
- vodotěsnost,
- odolnost proti zatížení větrem,
- odolnost proti násilnému vniknutí.

Z těchto jmenovaných požadavků lze soudit, že SOV jsou jedny z nejnáročnějších stavebních prvků. Na jedné straně musí umožňovat co největší propustnost slunečního záření včetně tepelných zisků a mít dobré tepelně-izolační vlastnosti a na druhé straně musí zamezit nežádoucím tepelným ziskům v létě a umožňovat větrání.

SOV jsou z větší části tvořeny sklem. V současné době se používají kvalitní skla, která splňují mechanicko-fyzikální vlastnosti a mají vysokou propustnost světla a konstantní tloušťku. U SOV se již standardně používají izolační systémy tvořené ze dvou, tří nebo více skel, která mohou mít různé tepelné, akustické a požární izolační vlastnosti. Tyto systémy skel jsou hermeticky uzavřené speciálními těsnícími materiály a skla jsou upravena selektivní vrstvou, která propouští sluneční záření a současně odráží teplo zpátky do interiéru.

Diplomovou práci na téma “Stavební otvorové výplně a jejich vliv na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí“ jsem rozdělil na čtyři základní části. V první části se budu zabývat teorií stavebních otvorových výplní, jejich funkcemi a druhy. Dále se zaměřím na mechanicko-fyzikální vlastnosti stavebních otvorových výplní.

Hlavní část diplomové práce budu věnovat výběru a měření stavebních otvorových výplní u šesti objektů s různým typem montáže SOV. Na základě naměřených výsledků provedu pro každý objekt tepelně-výpočtovou diagnostiku.

V závěru své práce se budu zabývat analýzou získaných údajů a vyhodnocením naměřených a vypočítaných dat. Na základě těchto výsledků zpracuji konečný závěr.

## **2 Cíl práce**

Cílem diplomové práce je diagnostika a analýza tepelně-technických parametrů u konstrukcí s odlišným způsobem montáže stavebních otvorových výplní a následné vyhodnocení naměřených dat.



## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Základní terminologie stavebních otvorových výplní

Stavební truhlářství spadá pod ministerstvo hospodářských věcí a dle mezinárodní statistické klasifikace North American Classification of Economic (NACE) patří do sekce A zemědělství, lesnictví a rybnářství - 02.20 těžba dřeva – 16.23 stavební truhlářství a tesařství.

**Názvosloví:**

**Otvorová výplň** - výrobek, který se skládá z okenního nebo dveřního rámu a křídelního rámu, ve kterém je výplň křídla (sklo či jiné materiály).

**Ostění** – levá a pravá část otvorové výplně.

**Nadpraží** – horní část otvorové výplně.

**Poprsní deska** – spodní část otvorové výplně.

**Rám** okna a balkonových dveří je nosný konstrukční prvek osazený závěsy, na kterých se pohybují okenní křídla. Rám může být jednoduchý nebo členěný sloupky (ve svislé poloze) či příčníky (poutci ve vodorovné poloze).

**Pevně prosklený rám** – rám, ve kterém je vsazena výplň (skleněná nebo jiná) bez křídla (okno pevně zasklené).

**Křídlo** – pohyblivá část oken či dveří, která je složena z vlastního rámu a výplně tohoto rámu (skleněnou či jinou).

**Balkonové dveře** – jsou konstrukčně shodné s okny, liší se však výškou přibližně nad 2000 mm a úpravou jednotlivých uzavíracích bodů kování, které musí být k těmto dveřím přizpůsobeno tak, aby nedocházelo k netěsnostem ve funkční spáře.

**Obvodové kování** – pevné a pohyblivé kovové části připevněné v rámu a křídle sloužící k otevírání a zavírání oken.

**Připojovací spára** – spára mezi ostěním, nadpražím, poprsníkovou deskou a rámem otvorové výplně.

**Funkční spára** – spára mezi křídlem a rámem otvorové výplně.

**Zasklívací spára** – spára mezi vnitřním profilem křídla a výplní křídla<sup>1</sup>.

**Tepelný most** – místo, ve kterém dochází ke zvýšenému úniku tepelné energie.

---

<sup>1</sup> PETR TYL, Zdeněk. ŠUBRT, Roman. *Moderní okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, s. 14-16.

**Okapnice** – dolní vodorovná část křídla, která je upravena tak, aby nedocházelo ke vnikání dešťové vody do styku mezi okenní rám a křídlo.

**Příraznice (klapačka)** – úprava rámu nebo lišta, která zakrývá styk mezi rámem a křídlem nebo styk mezi křídly dvoukřídlicích oken.

**Nalehávka** – je místo, kde dochází k nalehání polodrážky křídla na vnitřní polodrážku rámu při uzavření otvorové výplně. Nalehávka je po celém obvodu křídla a rámu<sup>2</sup>.

## 3.2 Rozdělení stavebních otvorových výplní

Nejčastěji SOV dělíme dle konstrukce, dle způsobu otevírání, dle konstrukčního materiálu a dle způsobu montáže.

### 3.2.1 Rozdělení oken dle konstrukce

Dle konstrukce rozlišujeme okna:

- jednoduchá
- dvojitá
- zdvojená
- střešní.

**Jednoduchá okna** - dnes nejpoužívanější typy oken vyráběné z různých materiálů a výhradně s izolačními dvojskly, trojskly či čtyřskly. Tato okna se skládají z jednoho rámu a jedním nebo více křídly. Mohou být oddělena ve svislé poloze sloupky a v horizontální poloze příčníky.

**Dvojitá okna** - tato okna se v současnosti uplatňují při renovacích a rekonstrukcích starších budov, ale i u novostaveb s velmi dobrými tepelně-izolačními parametry. Okna se skládají ze dvou jednoduchých rámu s obloženým okenním ostěním spojených do jednoho okenního prvku. Prostor mezi vnějším a vnitřním rámem slouží jako tepelná a zvuková izolace.

**Zdvojená okna** – v současnosti se již nepoužívají nebo jen velmi zřídka. Zdvojená okna se skládají s okenního rámu a okenních křidel, u kterých jsou prostřednictvím závěsů z vnější strany konstrukce zavěšena další okenní křídla, která jsou na straně svislého vlysu od závěsu přišroubována okenními šrouby. Tato konstrukce zabezpečuje,

---

<sup>2</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group. 2003, s. 28-29.

že okenní křídla zavěšená v okenním rámu se používají jako jeden celek a pouze se rozšroubovávají při jejich pravidelné údržbě. Zdvojená okna tvořila přechodný stupeň od dvojítych oken k jednoduchým oknům s izolačními dvojskly nebo trojskly.

**Střešní okna** – dnes velice často používaná v podkrovních bytech jsou přizpůsobená k tomu, aby se mohla montovat do šikmých střešních rovin a odolávala daleko více povětrnostním vlivům a klimatickým podmínkám než ostatní druhy oken<sup>3</sup>. U střešních oken se pro zvýšení bezpečnosti a uživatelského komfortu používají tepelně upravená skla a z důvodu přenosu tepla konvekčním prouděním mezi skly je doporučeno použití izolačních trojskel.

### 3.2.2 Rozdělení oken dle způsobu otvírání

Podle způsobu otvírání rozdělujeme okna na :

- pevně zasklená (neotvíravá),
- otvíravá,
- otvíravá a sklápěcí,
- sklápěcí okna,
- vyklápěcí okna,
- otočná (otočná podla svislé osy),
- kyvná (otočná podle horizontální osy),
- posuvná okna,
- výsuvná okna,
- výsuvně skládací okna,
- skládací okna<sup>4</sup>.

Dnes se nejčastěji pro dobré tepelně-technické vlastnosti používají okna otvíravá a sklápěcí, která umožňují jednoduché větrání při sklopení křídla a při otevření možnost čištění oken.

Okna větších rozměrů převážně pro lehké obvodové pláště a zimní zahrady se nejvíce realizují jako pevně zasklená nebo posuvná.

---

<sup>3</sup> NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický ekologický dům*. Bratislava: Jaga group, 2002, s. 172-173.

<sup>4</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group, 2003, s. 27.

### 3.2.3 Rozdělení stavebních otvorových výplní dle konstrukčního materiálu

Dle konstrukčního materiálu rozdělujeme SOV na :

- dřevěná - masivní materiál,
  - lepený profil – tří nebo čtyřvrstvý,
- plastové - jednokomorové, třikomorové, pětikomorové, sedmikomorové apod.,
- hliníkové,
- kombinované (dřevo-hliník, dřevo-plast, dřevo-plast-hliník)<sup>5</sup>.

#### Dřevěná okna

Dřevo v dřívějších dobách bylo jediným materiálem, který se používal na výrobu otvorových výplní. Dřevěná okna se časem vyvíjela od jednoduchých s jednoduchou výplní k oknům dvojitým, která mají proti oknům jednoduchým lepší tepelně a zvukově izolační vlastnosti. Z oken dvojitých se následně vyvinula okna zdvojená, která se rozšířila v období po 2. světové válce. Zdvojená okna zjednodušila výrobu a montáž do stavby se současným snížením nákladů na výrobu a zvýšení výrobní kapacity.

Jednoduchá okna s jednoduchým zasklením s okny dvojitými a zdvojenými se vyráběla z rostlého dřeva, které se muselo nechat přirozeně vyschnout a čím silnější materiál tím byla delší doba vyschnutí na požadovanou vlhkost. Časový úsek na vysušení fošen na výrobu oken byl delší než čtyři roky a s postupným navyšováním výroby byl tento čas na vysušení nedostačující. V poválečném období se proto začalo přecházet k umělému vysušování nařezaného dřeva, které však nemohlo nahradit sušení přirozené z důvodů vnitřních napětí ve dřevě, které měli za následek opětovné absorbování vzdušné vlhkosti do dřeva a následnou tvarovou deformaci. Z těchto důvodů okna po otevření nelze kvůli deformacím znovu zavřít.

Do konce 80. let nebyly kladeny takové nároky na části stavebních konstrukcí jako dnes, proto tato okna a dveře vyhovovala. V současné době se masivních profilů oken používá převážně na výrobu replik oken původních, kde nelze nahradit z důvodu ochrany památek okny současného moderního stylu.

---

<sup>5</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group, 2003, s. 27.

Dnes se již dřevěná okna vyrábějí z třívrstvých a čtyřvrstvých lepených profilů z lamel, které mohou být délkově nastavované miniklínovitým ozubem nebo jsou délkově nenastavované (fixní). Vnitřní a vnější lamely jsou vyrobeny pouze z radiálního a poloradiálního řeziva se sklonem vláken max. 45°, které u jednotlivých lepených hranolů udržuje tvarovou stálost, snažší obrobiteľnosť a nižší deformace při změnách vlhkosti v prostředí, kde jsou okna či dveře umístěna. Pro lepení hranolů se používají disperzní lepidla, která při zátěžových zkouškách nenaruší lepený spoj a k porušení hranolu dojde mimo lepený spoj. Lepidla používaná na lepení hranolů musí odpovídat normám ČSN EN 204<sup>6</sup> a ČSN EN 205<sup>7</sup> zaříděná ve skupině D4<sup>8</sup>.

### **Používané materiály dřevěných stavebních otvorových výplní:**

- a) **Smrk** - v našich podmínkách nejvíce používaným materiálem, až 80% vyrobených dřevěných SOV. Smrkové dřevo je dostatečně měkké, houževnaté, má velkou pevnost a pružnost, dobře se zpracovává a je vhodné pro nanášení lazurovacích laků.  
Hustota smrku – 450 kg/m<sup>3</sup> při vlhkosti 12 – 14%.
- b) **Borovice** – vyniká dobrou odolností s pevností a má větší obsah pryskyřice, která zvyšuje odolnost proti povětrnostním vlivům, dřevokazným houbám a hmyzu. U borovice je výrazný barevný přechod mezi jádrem a bělí.  
Hustota borovice – 510 kg/m<sup>3</sup> při vlhkosti 12 – 14 %.
- c) **Modřín** – dřevo modřínu je charakteristické svou houževnatostí, pevností a odolností. Má menší barevnou stálost a má větší obsah pryskyřice, která zvyšuje odolnost proti povětrnostním vlivům, dřevokazným houbám a hmyzu.  
U modřínu je výraznější přechod mezi jádrem a bělí.  
Hustota modřínu – 610 kg/m<sup>3</sup> při vlhkosti 12 – 14 %.
- d) **Dub** – dřevo dubu má vyšší hustotu, dlouhou trvanlivost včetně vyšší pevnosti a odolnosti. Dřevo dubu je oblíbené díky svému ušlechtilému vzhledu, jeho vlastností a je nezbytné pro tzv. bezpečná okna, kde se uplatňuje jeho pevnost a odolnost proti vloupání. Hustota dubu – 720 kg/m<sup>3</sup> při vlhkosti 12 – 14 %.

<sup>6</sup> ČSN EN 204. *Klasifikace termoplastických lepidel na dřevo pro nekonstrukční aplikace*. Praha: Český normalizační institut, 2017.

<sup>7</sup> ČSN EN 205. *Lepidla - Lepidla na dřevo pro nekonstrukční aplikace - Stanovení pevnosti lepeného spojení ve smyku při tahovém namáhání*. Praha: Český normalizační institut, 2017.

<sup>8</sup> PETRÝL, Zdeněk. ŠUBRT, Roman. *Moderní okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, s. 52-58.

### Exotické dřeviny:

- a) **Meranti** - materiál pocházející z Malajsie. Dřevo meranti je oblíbené díky svému vzhledu i přes to, že je zde větší barevná odlišnost jednotlivých hranolů. Díky těmto barevným odlišnostem je lepší volit tmavší odstíny povrchové úpravy. Meranti má dobré mechanické a tepelně izolační vlastnosti včetně dobré odolnosti proti povětrnostním vlivům, dřevokazným houbám a hmyzu.
- b) **Eucalyptus** – dřevo dovezené z Asie, které má podobnou kresbu jako dub, vysokou pevnost a hustotu podobnou smrku.

### Modifikované dřeviny:

- a) **ThermoWood** – vyrábí se tepelnou úpravou (upečením) jehličnatého nebo listnatého řeziva při 120°C až 212°C +/- 2°C, kdy se zničí veškerá potrava pro dřevokazné houby a hmyz a dřevo pak lépe odolává povětrnostním vlivům, dřevokazným houbám a hmyzu.
- b) **Airotherm** – lepený tří nebo čtyřvrstvý hranol, ve kterém jsou vyfrézované vzduchové dutiny zlepšující tepelně-izolační vlastnosti u oken. Tyto hranoly se vyrábějí v metráži a je zde dlouhá dodací lhůta.



**Obrázek 1 Airotherm**  
Zdroj: [www.oknasirer.cz]<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Okna Šírer. *Airotherm*. [online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z WWW: <http://www.oblibene.cz/userdata/shopimg/oknasirer/Image/eurooknaiv88/dreviny-smrk-airotherm.jpg>

**Tabulka 1 Průměrné hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_f$  pro okenní a dveřní hranoly Airotherm**  
*Zdroj: [ vlastní zpracování ]*

Profil	68 mm	78 mm	92 mm	102 mm	110 mm
Hodnoty	1,1 W/m <sup>2</sup> K	0,98 W/m <sup>2</sup> K	0,89 W/m <sup>2</sup> K	0,83 W/m <sup>2</sup> K	0,78 W/m <sup>2</sup> K

- c) **Duo-Holz** – hranol slepený z několika lamel barevně odlišných dřevin s různou tvrdostí.
- d) **Hranol pS-Sendwich** – vrstvený hranol skládající se ze dvou krycích dřevěných vrstev a středové izolační vrstvy z PUR pěny, Purenitu nebo lisovaného korku. Pro hranoly pS-Sendwich jsou udávány hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_f$  profil 68 a 78, až 0,9 W/m<sup>2</sup>K, proto jsou vhodná na výrobu oken pro nízkoenergetické a pasivní domy.<sup>10</sup>



**Obrázek 2 Hranol pS – Sandwich**  
*Zdroj: [www.holz-schiller.de]<sup>11</sup>*

### Plastové stavební otvorové výplně

Z velkého množství plastů, které se od sebe navzájem liší svými vlastnostmi, se při výrobě oken a dveří nejvíce osvědčil tvrzený polyvinylchlorid – PVC. Profily z PVC používané na výrobu oken, dveří (vyráběné běžně v šesti metrových délkách) se liší nejen tvarem a velikostí, ale hlavně různým počtem dutin, které ovlivňují tepelně izolační vlastnosti a tuhost vlysů. Pro vyšší zvýšení tuhosti těchto profilů se vkládá do největších dutin ocelové tenkostěnné výztuhy (pozinkovaný plech o tloušťce 1,5 až 3

<sup>10</sup> Zdokonalujeme dřevo. *Holz schiller.eu*[online]. 2011[cit. 2016-01-11]. Dostupné z WWW: [http://www.holz-schiller.eu/?p=waermegedaemmt\\_kantel&s=profi&l=CZ](http://www.holz-schiller.eu/?p=waermegedaemmt_kantel&s=profi&l=CZ)

<sup>11</sup> Holz-schiller. *Hranoly PS-Sendwich* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z WWW: [http://www.holz-schiller.de/?p=waermegedaemmt\\_kantel&s=profi&l=CZ](http://www.holz-schiller.de/?p=waermegedaemmt_kantel&s=profi&l=CZ)

mm – podle velikosti použitého rámu. Přesto oproti dřevu nebo hliníku mají tyto plasty nižší tvarovou stálost. Profily z PVC mají rozmanitou barevnost a imitují také spoustu různých dřevin (dub, palisandr, mahagon,....)<sup>12</sup>.

### **Hliníkové stavební otvorové výplně**

Hliníková okna a dveře jsou vyrobena z protlačovaných hliníkových profilů s drážkou pro osazení celoobvodového kování. Přerušovaného tepelného mostu je dosahováno vkládáním plastových vložek. Povrchová úprava těchto profilů se provádí eloxováním (anodickou oxidací), nebo práškovými technologiemi. Konstrukce stavebních otvorových výplní z hliníkových profilů mají velmi dobré technické vlastnosti, jsou tvarově stálé, pevné a nevyžadují údržbu<sup>13</sup>.

### **Stavební otvorové výplně z kombinovaných materiálů:**

- 1) **Dřevo-hliníková SOV** – dřevěné SOV z vnější strany opláštěná eloxovaným hliníkem zajišťují příjemný vzhled a pohodu ve vnitřním prostředí staveb a vysokou odolnost proti povětrnostním vlivům z vnější strany, která je opláštěná hliníkem v barevném provedení RAL.
- 2) **Plastové SOV opláštěné hliníkem** – hliníkové krytí plastových SOV zvyšuje odolnost proti povětrnostním vlivům z vnější strany okna, snižují údržbu a zvyšují životnost oken.
- 3) **Dřevo-plastové SOV** – plastové krytí dřevěných SOV snižuje údržbu z vnější strany při zachování příjemného vzhledu z vnitřní strany.
- 4) **Dřevo-plast-hliníkové SOV** – jsou z vnější strany opláštěny hliníkem s vysokou odolností proti povětrnostním vlivům, středový profil okna je vyroben z PVC materiálu a vnitřní část SOV je dřevěná.

**Dveře** – patří mezi stavební otvorové výplně a jejich základní funkcí je:

- spojení dvou prostorů – komunikační funkce,
- oddělení prostorů s různými požadavky a různým klimatem na prostředí podle jejich využití.

---

<sup>12</sup> KOČÍ, Ivan. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2000, s. 69-71.

<sup>13</sup> KOČÍ, Ivan. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2000, s. 72.



Dveře podle umístění můžeme rozdělit na:

- vnitřní (interiérové)dveře,
- vnější (exteriérové) dveře.

### **Vnější dveře**

Vnější dveře se podle konstrukce a funkce dělí na:

- a) balkonové dveře
- b) vchodové dveře

- a) Balkonové dveře jsou konstrukčně shodné s okny, liší se však výškou přibližně nad 2000 mm a úpravou jednotlivých uzavíracích bodů kování, které musí být k těmto dveřím přizpůsobeno tak, aby nedocházelo k netěsnostem ve funkční spáře<sup>14</sup>.

Křídla balkonových dveří rozeznáváme:

- otočná,
- otočně-sklápěcí,
- posuvně-sklápěcí,
- posuvná,
- skládací.

Lze říci, že pro balkonové dveře platí stejná kritéria jako pro okna<sup>15</sup>.

- b) Vchodové dveře se od oken a balkonových dveří liší v konstrukci, nemají až na výjimky celobvodové kování, ale jen uzamykatelné v několika bodech. Mají min. 3 kusy závěsů a jsou uzamykatelné pomocí klíče nebo jiným např. elektrickým či dotykovým senzorem<sup>16</sup>.

Rozdělení podle funkčních vlastností:

- standardní dveře - jedná se o dveře, na které jsou kladeny požadavky architektonicko-estetické a typologické, statické a mechanické, ochranu proti

---

<sup>14</sup> PETRTYL, Zdeněk. ŠUBRT, Roman. *Moderní okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, s. 15.

<sup>15</sup> NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický ekologický dům*. Bratislava: Jaga group, 2002, s. 191.

<sup>16</sup> PETRTYL, Zdeněk. ŠUBRT, Roman. *Moderní okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, s. 15.

povětrnostním vlivům a vlhkosti, tepelnětechnické, akustické, požárněbezpečnostní, odolnost proti vniknutí<sup>17</sup>.

- požární uzávěry – jedná se o dveře, které musí splňovat požadavky požární bezpečnosti. Jedná se zejména o zachování nosnosti a stability po určenou dobu, omezování šíření ohně a kouře v budově, omezování šíření požáru na jiné budovy, umožnění únik lidem a zvířatům z budovy a zajištění bezpečnosti záchranných jednotek.

Podle množství a způsobu zabudování hořlavých hmot je rozdělujeme do následujících bezpečnostních tříd:

D1 - nezvyšuje intenzitu požáru. Obsahují nehořlavé nebo hořlavé hmoty, na kterých není závislá stabilita a únosnost konstrukce. Jsou uloženy uvnitř konstrukce a nesmí dojít k jejich vzplanutí.

D2 – nezvyšuje intenzitu požáru. Obsahují nehořlavé látky, na kterých je závislá stabilita a únosnost konstrukce.

D3 – zvyšují intenzitu požáru, nesplňují požadavky konstrukcí D1 a D2<sup>18</sup>.

- bezpečnostní dveře

Dveře jsou z hlediska násilného vniknutí jedním z nejslabších prvků budovy, proto je důležité jim věnovat zvýšenou pozornost.

Z hlediska bezpečnosti můžeme dveře zařadit do tří kategorií:

Kategorie A – dveře se zaručenou pasivní bezpečností, dají se obtížně překonat, orientační doba pro práci nástroje  $t < 10$  minut a počet zjištěných odporových jednotek (OJ) je  $26 \leq OJ \leq 50$ .

Kategorie B – dveře se zvýšenou pasivní bezpečností, jsou překonatelné, orientační doba pro práci nástroje  $t < 5$  minut, počet zjištěných odporových jednotek je  $11 \leq OJ \leq 25$ .

Kategorie C – dveře mají základní úroveň požadavků na bezpečnost<sup>19</sup>.

---

<sup>17</sup> NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický ekologický dům*. Bratislava: Jaga group, 2002, s. 192.

<sup>18</sup> PUŠKÁR, Anton. FUCILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group., 2003, s. 192-193.

<sup>19</sup> PUŠKÁR, Anton. FUCILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group., 2003, s. 197.

V současné době jsou stále nejvíce používány SOV plastové a dřevěné. Plastové SOV jsou využívány především pro jejich výhodnou cenu a nenáročnou údržbu. Dřevěné SOV zákazníci využívají zejména vzhledem k jejich historii a estetickému vzhledu. Dle mého názoru jsou nejvýhodnější kombinované SOV dřevo-hliník, z důvodu estetického vzhledu v interiéru a hliníkové ochrany před vnějšími povětrnostními podmínkami, která je bezúdržbová.

### **3.2.4 Rozdělení stavebně otvorových výplní dle způsobu montáže**

Dle způsobu montáže členíme SOV na:

- předsazená před konstrukci stavebního ostění,
- líčující s konstrukcí stavebního ostění,
- zapuštěná v konstrukci stavebního ostění.

## **3.3 Současné materiály**

### **3.3.1 Zasklení otvorových výplní**

Skleněná výplň tvoří více než 80% celkové plochy okna, tzn. že do značné míry ovlivňuje i jeho vlastnosti a kvalitu.

Z důvodu lepší tepelné izolace a odhlučnění bývají současná okna osazována izolačními dvojskly nebo trojskly, které mají upravena skla pokovením, tak aby došlo ke snížení sálavé výměny tepla v dutině mezi skly. Dále napomáhá ke snížení prostupu tepla částečné plnění dutiny mezi skly Argonem, případně Kryptonem.

#### **Možnosti zasklení:**

##### **a) Jednoduché zasklení**

Jednoduché zasklení tvoří skleněná tabule, která může být ze skla plochého (Float), skla plochého taženého, skla litého nebo skla bezpečnostního – tvrzeného či vrstveného. Tento typ zasklení nesplňuje požadované hodnoty tepelné a zvukové ochrany. Díky tomu nepříznivé teploty způsobují na povrchu skla kondenzaci vodních par, nemluvě o velkých tepelných ztrátách<sup>20</sup>. Sklo není izolačním materiálem a součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 1$ , úpravou lze dosáhnout hodnoty až  $\lambda = 0,3$ .

---

<sup>20</sup>MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 32.

## b) Izolační skla

Izolační skla – skládají se ze dvou nebo více tabulí plochého skla se stejnými nebo odlišnými vlastnostmi. Vzdálenost těchto tabulí je vymezena různě širokými distančními profily z kovu nebo plastu. Vnitřní prostor distančního profilu může být vyplněn absorpčním materiálem, aby mohla být zachována a regulována vlhkost vzduchu v uzavřené dutině, do které se nesmí dostat další vlhkost. Mezera mezi skly je hermeticky uzavřená, tepelnou izolaci zajišťuje suchý vzduch nebo inertní plyn - argon či krypton.

Zasklení se provádí pomocí tmelu, těsnící pásky či tlakovým zasklením. Zasklívání do plného tmelového lože musí být prováděno při teplotách +5<sup>0</sup>C.

Při tmelení se používá elastický tmel na bázi silikonu, polyuretanu nebo polysulfidu. Sklenářský tmel se nesmí používat, neboť rychle vysychá, praská a umožňuje proniknutí vlhkosti do drážky otvorové konstrukce<sup>21</sup>.

Izolační skla s nízkou emisivitou – pro zlepšení tepelně izolačních vlastností izolačního dvojskla bývá vnitřní strana vnějšího skla pokovována tenkou vrstvou ušlechtilého kovu. Tato úprava nepatrně změní čirost a průhlednost skla, ale prokazatelně odráží tepelné záření, které chce uniknout z budovy a vrací ho zpět. Tepelně izolační účinek tohoto skla dosahuje tepelně izolačního účinku třiceticentimetrové cihlové stěny, a to při plné průhlednosti. Součinitel prostupu tepla U je 1,4 až 0,6 W/(m<sup>2</sup>.K).

Tepelně izolační vlastnosti zasklení vylepší i přidání třetího skla. Skleněné tabule se vyrábějí v různé tloušťce od 4 do 36 mm. U tepelně izolačních skel se běžně používá plavené sklo float o tloušťce 4-10 mm.

Izolační skla nové generace – tato skla byla původně vyvinuta na ochranu amerických kosmonautů před účinky slunečního záření ve vesmíru. Sklo Heat Mirror – tepelné zrcadlo je označováno za nejkvalitnější a nejuniverzálnější izolační zasklívací systém nové generace. Jedná se o konstrukci okenního dvojskla s využitím tepelného zrcadla, které blokuje až 99,5% UV záření, má lepší tepelně-technické vlastnosti než zed' do něhož je vsazeno a redukuje až 75% hluku.

---

<sup>21</sup> Slovník pojmů. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/slovník-pojmu/>

Tepelné zrcadlo představuje neviditelná polyesterová fólie pokrytá speciálními vrstvami oxidů kovů v několika vrstvách. Aplikuje se jako prostřední vrstva mezi dvěma transparentními skly v izolačním dvojskle. Hmotnost fólie je zanedbatelná, což vede k nižší hmotnosti okna. Prostor komor je naplněn kryptonem, který společně s fólií působí jako dokonalý tepelný izolátor. Okno se tedy ani při velkých rozdílech venkovní a vnitřní teploty neroší<sup>22</sup>.

#### c) Bezpečnostní skla

U SOV je velmi důležité, aby byla chráněna před rozbitím a násilnému vniknutí. Nejjednodušším řešením s nízkými náklady je nalepení bezpečnostní fólie z vnitřní strany okna, které z jednoduchého skla vytvářejí sendvičové bezpečnostní sklo. Při pokusu o rozbití skla zadrží fólie úlomky, zabrání vzniku střepů. Pod fólií se dají umístit poplašné dráty, které při rozbití spustí alarm.

V závislosti na ohrožení a potřebné úrovni bezpečnosti si lze vybrat ze široké škály bezpečnostních systémů. Jsou to např. tepelně zpracovaná tvrzená-kalená skla, která jsou 4-10 krát pevnější než standardní lepená skla a zlepšují akustické vlastnosti oken, dále bezpečnostní systémy odolné proti vhození předmětu, proti proražení, střelným zbraním nebo účinkům exploze z nálože výbušniny<sup>23</sup>.

#### d) Samočisticí skla

Tato skla jsou vyráběna pokovením plochého čirého skla a využívá působení dvou vlivů – UV záření a vody. Organické znečištění jako prach, pyl a jiné nečistoty se vlivem denního světla uvolní. To způsobuje speciální vrstva natavená na vnější ploše. Tato vrstva absorbuje UV záření, které nastartuje chemickou reakci, s jejíž pomocí se přichycené nečistoty uvolní. Déšť je potom smyje a okno zůstane čisté. Sklo samo uschne, bez šmouh. Použitím samočisticího skla nedochází ke snížení dobrých tepelně izolačních vlastností. Izolační sklo kombinované se samočisticím dosahuje koeficientu prostupu tepla  $U = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ <sup>24</sup>.

---

<sup>22</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group. 2003, s. 124.

<sup>23</sup> MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 36-37

<sup>24</sup> BÁČOVÁ, Marie. EBEL, Martin. LESNIAKOVÁ, Petra. SCHUBERT, Alfréd. SOLAŘ, Miloš. ŠPAČEK, Ladislav. ŠTULC, Josef. ŠVÁCHA, Rostislav. VŠETEČKA, Petr. *Obnova okenních výplní a výkladců*. Praha: Národní památkový ústav, 2010, s. 79-80

Z důvodu lepší tepelné izolace a odhlučnění bývají současná dřevěná okna osazována izolačními dvojskly nebo trojskly, které mají upraveny skla pokovením, tak aby došlo ke snížení sálavé výměny tepla v dutině mezi skly. Dále napomáhá ke snížení prostupu tepla částečné plnění dutiny mezi skly Argonem, Kryptonem, případně Xenonem.

**Elektrochromické zasklení** – elektrickou a neelektrickou aktivací lze měnit optické i tepelnětechnické vlastnosti více druhů zasklení. U optických vlastností změna nastane reakcí na teplotu (termochromické a termoplastické materiály), reakcí na sluneční záření (fotochromické materiály, fotochromické plyny), reakcí na elektrické napětí (tekuté krystaly, disperzní částice v prostoru mezi skly, elektrochromické materiály). Rozptýlením, odražením, pohlcením světla a kombinacemi těchto způsobů v části světelného spektra a spektru slunečního záření se může dosáhnout změny optických vlastností<sup>25</sup>.

Termotropické zasklení se po dosažení příslušné teploty automaticky přepne a stává se neprůhledným. Plynochronické zasklení si po ztmavnutí zachovává vizuální kontakt s okolím (účinnost je však nízká). Elektrochromické zasklení má zabudované elektrochromické materiály, které dokážou dynamicky měnit své vlastnosti elektrickým podmětem. Na skle je nanese vrstva transparentních vodičů, elektrolytu nebo vodičových iontů široká je několik desítek nanometrů, která dokáže plynule měnit v širokém rozsahu optické vlastnosti těchto skel<sup>26</sup>.

**Vakuové zasklení** – technologie, která se v současnosti vyvíjí a u které lze dosáhnout pomocí vakua v prostoru mezi skly hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_g = 0,5$  až  $0,6$   $W/(m^2 \cdot K)$ .

**Technologie zasklení s použitím tenkých fólií** – zasklení, u kterého je dutina mezi skly rozdělena na dalších 12 paralelních dutin pomocí tenkých skleněných fólií.

---

<sup>25</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group., 2003, s. 126.

<sup>26</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group., 2003, s. 126.

Celková tloušťka tohoto zasklení je 150 až 200 mm, dosahuje hodnoty  $U_g = 0,1 - 0,15$   $W/(m^2.K)$  a propustnosti solárního záření  $g = 65\%$ <sup>27</sup>.



**Obrázek 3 Zasklení se systémem multifolií**

Zdroj: [www.pasivní domy.cz]<sup>28</sup>

### 3.3.2 Kování oken a dveří

Veškeré prvky (nejčastěji z kovu a plastů) oken a dveří, které slouží k otevírání, zavírání a manipulaci při jejich užívání patří do okenního a dveřního kování.

#### **Kování pro zdvojená a dvojitá okna:**

Okenní závěsy – zadlabávací, šroubovací.

Uzavírací a uzamykací kování – rozvorové uzávěry.

Ovládací prvky - okenní klika.

Spojovací prvky – šrouby<sup>29</sup>.

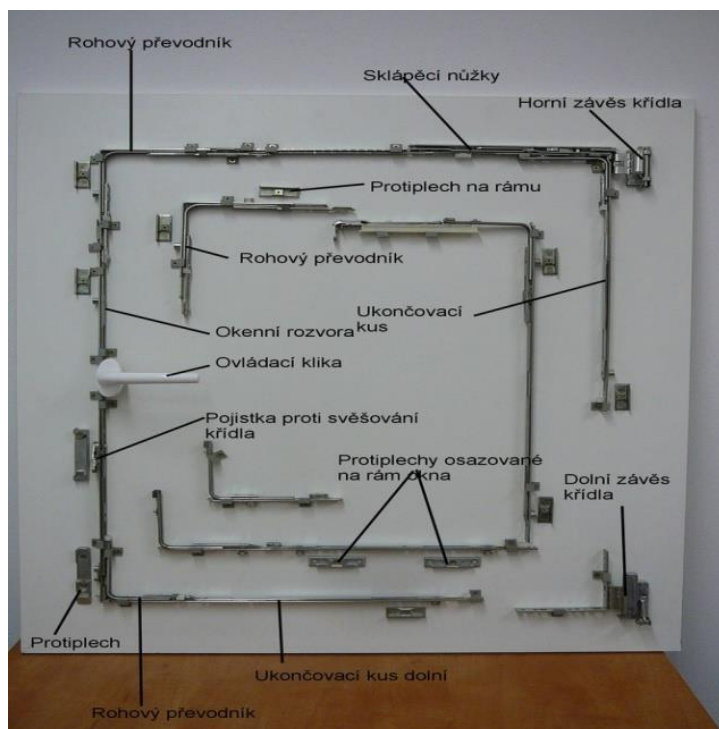
<sup>27</sup> Zasklení. *Pasivní domy.cz*[online]. 2013[cit. 2016-03-11]. Dostupné z WWW: [www.pasivnidomy.cz/webove-infolisty-05-zaskleni/f2525](http://www.pasivnidomy.cz/webove-infolisty-05-zaskleni/f2525)

<sup>28</sup> Zasklení.[online]. Praha: Centrum pasivního domu. [cit. 15. 4. 2016]. Dostupné z WWW: <http://www.pasivnidomy.cz/zaskleni/t364?chapterId=1765>

<sup>29</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group., 2003, s. 126.

## Celoobvodová kování pro současně vyráběná okna

Hlavními funkcemi celoobvodového kování je celoplošné přitlačení okenního křídla k rámovému profilu a rovnoměrné stlačení těsnění profilu křídla i rámu v celém obvodu výplně tak, aby křídlo s rámem vytvořilo jeden celek bez ohledu na rozdíly teplot mezi interiérem a exteriérem. Celoobvodové kování může mít více variant – otevíravé, otevíravé a sklopné, otevíravé a sklopné s mikroventilací. Celé kování je ovládáno jednou klikou<sup>30</sup>.



Obrázek 4 Obvodové kování okna s pojistkou proti svěšování

Zdroj: [www.stavba.tzb-info.cz]<sup>31</sup>

## 3.4 Základní požadavky stavebních otvorových výplní

### 3.4.1 Osvětlení

Pro pobyt osob v budovách má velký hygienický, fyziologický a psychologický význam osvětlení. Budovy na bydlení je třeba zabezpečit vyhovujícím osvětlením denním světlem, přímým pronikáním slunečních paprsků do bytu a ochranou

<sup>30</sup> ING. PELIŠ, Josef. Vlastnosti celoobvodového kování. In: *Roto* [online]. 2009[cit. 2015-12-11]. Dostupné z WWW: <http://www.rtkovani.cz/pool/Vlastnosti-celoobvodoveho-kovani-Roto-NT.pdf>

<sup>31</sup> Funkce kování při plnění stavebně technických požadavků. *Tzb* [online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/268-funkce-kovani-pri-plneni-stavebnetechnickych-pozadavku>



před nadměrnými tepelnými zisky ze slunečního záření. Současně je důležité zajistit vizuální kontakt s venkovním prostředím. Osvětlení vnitřních prostorů budov můžeme rozdělit na denní, sdružené a umělé<sup>32</sup>.

### 3.4.2 Větrání

Větrání a klima vzduchu má velký vliv na zdraví osob. Správné větrání zamezuje tvorbě plísní, pečuje o zdravé klima bytu a snižuje náklady na topení<sup>33</sup>.

### 3.4.3 Ochrana proti hluku

Zvukověizolační vlastnosti oken měříme pomocí stupně vzduchové neprůzvučnosti  $R$  v dB. Za jednočíslnou veličinu hodnocení vzduchové neprůzvučnosti považujeme index neprůzvučnosti  $R_w$  v dB. Celkovou neprůzvučnost okna ovlivňují konstrukční úpravy, jako je např. druh systému zasklení, druh skla a jeho tloušťka, střídání tloušťky skla v okenním rámu, osazení skel v rámu, výplňový materiál ve vrstvě mezi skly, tvar a pružnost těsnicích profilů v okenní konstrukci, počet zalomení v jednotlivých stycích apod<sup>34</sup>.

### 3.4.4 Solární tepelné zisky

Solární zisky prostřednictvím oken významně pokrývají tepelné ztráty objektu. Jejich cílem je především snížit potřebu tepla na vytápění<sup>35</sup>.

### 3.4.5 Bezpečnost při užívání

Bezpečnost je testována prostřednictvím únosnosti omezovačů otevírací a odolnosti proti statickému kroucení. Únosnost omezovačů je ověřována formou zatížení okenního křídla v otevřené poloze závažím po dobu jedné minuty. Měří se zborcení křídla v zatíženém stavu po odlehčení. Bezpečnostní zařízení musí být schopno držet křídlo po dobu 60 s při aplikaci 350N v nejnepríznivější poloze a směru<sup>36</sup>.

---

<sup>32</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group., 2003, s. 33.

<sup>33</sup> Větrat znamená zdravě bydlet!. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/rady-a-tipy/spravne-vetrani.html>

<sup>34</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group., 2003, s. 57.

<sup>35</sup> Solární tepelné zisky. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/slovník-pojmu/solarni-tepelne-zisky.html>

<sup>36</sup> Zkoušky a posuzování oken. *Stavebnictví3000.cz* [online]. 2005 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zkousky-posuzovani-oken/>

### 3.4.6 Mechanická odolnost

Pod pojmem mechanická odolnost si můžeme představit odolnost proti zatížení větrem, Odolnost proti svislému zatížení a odolnost proti statickému kroucení. Odolnost proti zatížení větrem se vyjadřuje třídou 1-5, A-C. Odolnost proti svislému zatížení je vyjádřena třídou 0-4 a představuje svislou deformaci křídla otevřeného o 90° při svislém zatížení. Odolnost proti statickému kroucení představuje vodorovnou deformaci křídla otevřeného o 90° při vodorovném zatížení a je vyjádřena ve třídě 0-437.

### 3.4.7 Ochrana proti solárním ziskům a tepelným ztrátám

Odolnost konkrétní konstrukční skladby proti pronikání tepla touto konstrukcí je měřena prostřednictvím součinitele prostupu tepla  $U$  ve  $W/(m^2.K)^{38}$ . Dle normy<sup>39</sup> je stanoven požadavek na součinitel prostupu tepla SOV:

$U_w < 1,5 W/m^2.K$  pro okna

$U_w < 1,5 W/m^2.K$  pro střešní okna

$U_w < 1,7 W/m^2.K$  pro vchodové dveře.<sup>40</sup>

### 3.4.8 Požární bezpečnost

V oblasti požární bezpečnosti staveb je cílem zejména:

- zaručit po určitou dobu únosnost a stabilitu nosných a celistvost a izolaci požárně dělících konstrukcí,
- zajistit bezpečný únik osob, popř. evakuaci zvířat a majetku,
- zamezit šíření požáru uvnitř objektu,
- zabránit přenesení požáru z hořícího objektu na sousední objekt,
- umožnit zasahujícím jednotkám požární ochrany účinný protipožární zásah<sup>41</sup>.

---

<sup>37</sup> Okna-vlastnosti a posuzování shody. *Tzbinfo*[online].2007[cit. 2016-02-18]. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/4004-okna-vlastnosti-a-posuzovani-shody>

<sup>38</sup> PETRTYL, Zdeněk. ŠUBRT, Roman. *Moderní okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, s. 24-25.

<sup>39</sup> ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov: Část 2 - Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

<sup>40</sup> Okna-vlastnosti a posuzování shody. *Tzbinfo*[online].2007 [cit. 2016-02-18]. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/4004-okna-vlastnosti-a-posuzovani-shody>

<sup>41</sup> VAVERKA, Jiří. HAVÍŘOVÁ Zdeňka. JINDRÁK Miroslav a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s.94.

## 3.5 Mechanicko-fyzikální vlastnosti

### 3.5.1 Tepelně-technické vlastnosti

Tepelně-technické vlastnosti dřevěných oken jsou dány jak vlastnostmi průhledných ploch (skel), tak neprůhledných ploch (vlysů okenního křídla a rámu). Z tepelně-technického hlediska SOV představují nehomogenní konstrukci. Konstrukce okna je nehomogenní především v důsledku rozdělených tepelně-technických vlastností rámové konstrukce a zasklení<sup>42</sup>.

Charakteristickou hodnotou, která vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti oken, zasklení a rámových částí je součinitel prostupu tepla, který bývá označován symbolem U.

#### Koeficient prostupu tepla U

Vyjadřuje, kolik tepla ve wattech unikne jedním čtverečním metrem skla při daném rozdílu teplot mezi interiérem a exteriérem. Uvádí se v jednotkách  $W/(m^2.K)$ . Čím je hodnota nižší, tím dosahuje sklo lepších izolačních vlastností. Současná norma<sup>43</sup> stanovuje hodnotu prostupu tepla včetně rámu u otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří  $U = 1,5 W/(m^2.K)$ . Tato hranice by neměla být překročena. Doporučená hodnota je  $U = 1,2 W/(m^2.K)$ <sup>44</sup>.

### 3.5.2 Spárová průvzdušnost

Tepelné ztráty, spojené s přirozeným větráním budov, jsou u SOV snižovány zdokonalováním těsnosti spár. Spárová průvzdušnost je měřena součinitelem spárové průvzdušnosti, který lze definovat jako množství  $m^3$  vzduchu, které projde za jednu hodinu jedním metrem spáry při rozdílu tlaků  $1Pa$ <sup>45</sup>.

---

<sup>42</sup> CHMÚRNÝ, Ivan. *Tepelná ochrana budov*. Bratislava: Jaga group., 2003, s. 99.

<sup>43</sup> ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov: Část 2 - Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

<sup>44</sup> MOTÝKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 61-63.

<sup>45</sup> Součinitel spárové průvzdušnosti. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/slovník-pojmu/soucinitel-sparove-pruvzdusnosti.html>

### 3.5.3 Zvukově izolační vlastnosti

Z hlediska zvukově izolačních vlastností jsou SOV nejslabším článkem obvodové stěny. Z tohoto důvodu je důležité věnovat se konstrukčním úpravám okna, které mohou negativně nebo pozitivně ovlivňovat jeho neprůzvučnost.

Faktory ovlivňující neprůzvučnost okna:

- systém zasklení,
- plynová výplň systému zasklení,
- vztah neprůzvučnosti okenního rámu a zasklení,
- spárová průzvučnost<sup>46</sup>.

Zvukově izolační vlastnosti vyjadřuje vzduchová neprůzvučnost, která je vyjadřována v decibelech – db. Určuje schopnost SOV zabránit pronikání nežádoucího hluku z venkovního prostředí do prostoru. Podle zvukově izolačních schopností se výrobky dle normy<sup>47</sup> zařazují do sedmi tříd 0-6<sup>48</sup>.

Na zvukově izolační vlastnosti má vliv několik faktorů. Mezi nejdůležitější patří druh zasklení, poměr zasklené plochy k ploše rámu, těsnost spár a počet zalomení ve stycích.

Nadměrný hluk z exteriéru lze izolovat zejména trojitým zasklením, speciálními protihlukovými skly nebo speciálním rámem. Silnější skla mají lepší zvukově izolační vlastnosti, vhodná je asymetrická tloušťka jednotlivých tabulí izolačního dvojskla, nejlépe v poměru 2:1. Zvukově izolační vlastnosti se dnes vylepšují napuštěním vzácného plynu do výplně mezi vrstvami skel, čímž se dá zvuková neprůzvučnost okna zvýšit o 3-4 dB.

Důležité jsou detaily styku křídla a rámu, rámu a stavební konstrukce a osazení zasklení. Každá mezera v konstrukci okna se stává místem šíření zvuku<sup>49</sup>. Pro snížení

---

<sup>46</sup> PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára. MRLÍK Jindřich. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga group., 2003, s. 57-61.

<sup>47</sup> ČSN 73 0532. *Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

<sup>48</sup> MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 64

<sup>49</sup> MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 64

zvuku je ideální osazení do zalomeného ostění. Nedostatečné těsnění přípojovací spáry může výrazně snížit celkový výsledek zvukového útlumu<sup>50</sup>.

### 3.5.4 Tepelně izolační vlastnosti skel

Hodnotu součinitele prostupu tepla okenních konstrukcí nejméně ovlivňují tepelně-technické vlastnosti zasklení. Součinitel prostupu tepla jednoduchého skla je až 5,7 W/(m<sup>2</sup>. K). U izolačních dvojskel se tato veličina pohybuje v hodnotách od 0,9 do 2,8 W/(m<sup>2</sup>. K).

Výroba izolačních skel prošla za posledních 15 let bouřlivým vývojem. Dnes se na trhu setkáváme s mnohými inovacemi, které zlepšily výrazně tepelně izolační vlastnosti okenních konstrukcí. K těmto inovacím patří dvoj – a vícenásobné izolační zasklení, výplně inertními plyny, distanční profily zasklení s kovovým, plastovým nebo kombinovaným rámečkem, zasklení regulující propustnost slunečního záření, materiály k utěsnění spár apod.<sup>51</sup>.

### 3.5.5 Tepelně izolační vlastnosti rámu

Tepelně izolační vlastnosti rámu jsou determinovány materiálovým složením a tloušťkou profilu ve směru interiér-exteriér. U dřevěných konstrukcí je součinitel prostupu tepla vlysů  $U = 1,4-1,6$  W/(m<sup>2</sup>. K).

Celá konstrukce okna má zároveň vyhovovat požadavkům na zamezení povrchové kondenzace vodní páry. To předpokládá, že vnitřní povrchová teplota konstrukcí by na žádném místě neměla být nižší než je teplota rosného bodu<sup>52</sup>.

### 3.5.6 Vodotěsnost a vzduchotěsnost

Dřevěná okna musí být schopna zabránit pronikání vody či prachu z vnějšího prostředí. Ochranu před větrem hnaným deštěm a prachem zajišťuje dešťová a větrná zábrana spolu s odtokovými otvory.

### Těsnění dřevěných oken můžeme rozdělit na:

- 1) dvoustupňové - systémy se středovým těsněním

---

<sup>50</sup> Technické parametry oken-o čem se nemluví. *Tzbinfo*[online].2013 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/9551-technicke-parametry-oken-o-cem-se-nemluvi>

<sup>51</sup> MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 61-62

<sup>52</sup> MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 61-63

- a) **dešťová zábrana** – je blíže k vnějšímu povrchu, zajišťuje těsnost okna proti průniku hnaného deště. Propustí vodu jen do dekompresní dutiny. Přes sběrnou drážku a pomocí dostatečného počtu a velikosti odtokových otvorů voda odteče na vnější stranu okna. Odtok vody je však podmíněn trvalým vyrovnáváním tlaku vzduchu mezi dekompresní dutinou a exteriérem.
- b) **větrová zábrana** – omezuje infiltraci vzduchu na požadovanou, normou stanovenou hodnotu. Je tvořena těsníci profily, kterých může být i několik, ale každý z nich musí být veden vždy v jedné úrovni po celém obvodu křídla. Tyto těsnící profily jsou umístěny za dešťovou zábranou, ve střední a ve vnitřní poloze, což je velmi výhodné vzhledem k tomu, že jsou vyrobeny z gumových či plastových profilů a vadí jim proto střídání teplot a působení ultrafialových paprsků<sup>53</sup>.



**Obrázek 5 Těsnění**

Zdroj: [www.stavba.tzb-info.cz]<sup>54</sup>

<sup>53</sup>MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 65

<sup>54</sup> Rozdělení těsnění funkční spáry. *Tzb*[online][cit. 2016-03-12]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/247-rozdeleni-tesneni-funkcni-spary>

## 2) jednostupňové - systémy s dorazovým těsněním

Tato těsnění nemají samostatnou dešťovou zábranu a nemají dostatečnou sběrnou drážku na proniknuvší vodu. Voda má snadný přístup až na úroveň jediného těsnicího profilu, který je na vnitřní dorazové straně. Tyto konstrukce tak hůře odolávají vnějším tlakům. Musí obsahovat odvodňovací a přivětrávací otvory, které umožňují přístup studeného vzduchu z vnějšího prostředí až k vnitřnímu těsnění a vnitřnímu povrchu. Kromě horších tepelně-technických vlastností mají i sníženou vzduchovou neprůzvučnost<sup>55</sup>.

### 3.5.7 Požárně-technické vlastnosti

Požárně-technické vlastnosti rozhodují o požární bezpečnosti SOV. Jaké požární vlastnosti mají otvorové výplně splňovat, závisí především na jejich účelu zabudování ve stavbě, na druhu stavby, jejím určení a na požárním riziku při jejím běžném užívání.

Dobu, po kterou jsou stavební konstrukce nebo požární uzávěry schopny odolávat teplotám vznikajícím při požáru, aniž by došlo k porušení jejich funkce, představuje požární odolnost.

#### **Kriteria pro hodnocení požární odolnosti:**

- celistvost, označovaná E,
- nosnost, označovaná R (pouze u nosných prvků),
- izolace, označovaná I.

**Celistvost E** představuje schopnost prvku s dělicí funkcí odolávat působení požáru pouze z jedné strany, bez přenosu požáru na neexponovanou stranu v důsledku průniku plamenů nebo horkých plynů. Mohou způsobit vznícení neexponovaného povrchu, nebo jakéhokoliv materiálu ležícího v jeho blízkosti. Označuje se E XX, kde XX je čas v minutách, dosažený při zkoušce, před porušením daného kritéria.

---

<sup>55</sup>MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 76-78

**Nosnost R** představuje schopnost prvku konstrukce odolat po určitou dobu požáru na jednu nebo více stran při specifikovaném mechanickém zatížení, bez ztráty konstrukční stability. Označuje se RXX, např. R15, R 30...

**Izolace I** je schopnost konstrukčního prvku odolávat působení požáru pouze z jedné strany, bez přenosu požáru v důsledku významného přestupu tepla z exponované strany na neexponovanou stranu. Přestup je třeba omezit tak, aby se nevznítala ani neexponovaná strana, ani žádný materiál v její blízkosti. Prvek by měl také vytvářet tepelnou bariéru, která je schopná chránit osoby v její blízkosti. Označuje se I-XX<sup>56</sup>.

### 3.5.8 Zabezpečení proti nežádoucímu vniknutí

Pokud zloděj bude chtít vniknout do nemovitosti, s největší pravděpodobností si pro vstup vybere okno nebo dveře. Z tohoto důvodu musí okna zajišťovat bezpečnostní odolnost vůči nárazu, poškození a vniknutí nežádoucí osoby.

Prvním stupněm ochrany může být zasklení bezpečnostním sklem nebo použití ochranné fólie. Druhým stupněm ochrany je samotné kování, které je vhodné volit bezpečnostní. Vyšší stupeň bezpečnosti poskytují okna, která jsou opatřena rohovými bezpečnostními díly s bezpečnostním protikusem a vertikálním bezpečnostním uzávěrem.

Vloupání zkomplikují i mříže a předokenní rolety, které jsou zajištěny proti nadzvihnutí. Velkým přínosem pro zvýšení bezpečnosti má technologie vlepování izolačních skel, která spojí okna se sklem do jednoho celku. Dražší, ale efektivnější jsou elektrická poplašná zařízení, která zabraňují pokusu o vloupání výstražným zvukovým nebo světelným signálem<sup>57</sup>.

### Montáž stavebních otvorových výplní do stavebního díla

Pro řádnou a kvalitní montáž musí být dodrženy následující zásady:

- stavební otvory pro SOV musí mezi nadpražím, ostěním a poprsníkovou deskou mít pravý úhel, pokud se budou montovat pravoúhlé SOV,

---

<sup>56</sup> Požární vlastnosti otvorových výplní a jejich prokazování. *Konstrukce*[online][cit. 2016-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.konstrukce.cz/clanek/pozarni-vlastnosti-otvorovych-vyplni-a-jejich-prokazovani/>

<sup>57</sup>MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 70-72



- výrobní rozměry SOV musejí mít rozměry šířkově a výškově menší než rozměry ve stavebních otvorech,
- spára mezi rámem SOV a stavební otvorové výplni by neměla přesáhnout 15 mm. a měla by být v rozmezí od 5 do 10 mm,
- před montáží SOV musí být povrch ostění, nadpraží a poprsníkové desky suchý zbaven nečistot a prachu,
- montáž SOV by neměla probíhat při teplotách nižších než 0°C. Pokud je použita speciální montážní pěna pro zimní montáž, lze montáž SOV provádět, ale i tak by teplota neměla překročit -5°C. Vyznačená doporučená montážní teplota je vyznačená na štítku kartuše s PUR pěnou<sup>58</sup>.

### **Způsob kotvení stavebních otvorových výplní**

Do stavebních otvorů se rámy SOV kotví ocelovými kotvami s ušlechtilým povrchem, hmoždinkami s pouzdrem s plastu nebo kovu s hloubkou kotvení minimálně 40 mm do nosného ostění, turbošrouby s hloubkou kotvení minimálně 50 mm do nosného ostění, nerezovými kotvami nebo speciálními kotvami určené pro montáž SOV mimo osu zdíva do roviny tepelné izolace<sup>59</sup>.

### **Připojovací spára**

Připojovací spára otvorových výplní představuje prostor, který se vyskytuje v minimálním množství desítek metrů na obvodovém plášti každé budovy mezi zdívkou a konstrukcemi jako jsou okna, dveře, prosklené fasády či střešní světlíky. Na základě normy<sup>60</sup> by tento prostor měl dosahovat podobných tepelně izolačních vlastností a trvanlivosti jako okolní přilehlé konstrukce.

V současné době používáme způsob montáže, kdy je okno mechanicky ukotveno do otvoru a vzniklá spára se zapění polyuretanovou pěnou, která slouží jako tepelný izolant spáry. Přestože polyuretanové pěny nejsou UV stabilní a dochází k jejich pozvolnému znehodnocení, bývá takto vytvořená spára ještě několik týdnů či měsíců ponechána povětrnosti. Dochází k tomu, že pěna se postupně stává sprašnou a její izolační

<sup>58</sup> Montáž oken Solid comfort v dřevostavbě. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/montaze-okna-dveri/montaz-okna-solid-comfort-v-drevostavbe.html>

<sup>59</sup> PETRTYL, Zdeněk. ŠUBRT, Roman. *Moderní okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, s. 100-109.

<sup>60</sup> ČSN 73 05 40 – 2. *Tepelná ochrana budov: Část 2 - Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

schopnost se narušuje. V rámci dokončení exteriérového opláštění bývá polyuretanová pěna překryta vrstvou omítky. V průběhu užívání budovy může dojít k nekontrolovanému zvyšování vlhkosti izolantu, a to zejména pokud jsou přebytky pěny po vytvrzení oříznuty. Do spáry proniká dešťová voda nebo dochází ke kapilárnímu transportu vlhkosti z omítkového materiálu, který zpravidla bývá vysoce pórovitý. Lze konstatovat, že z tepelně izolačního materiálu se postupně stává tepelný vodič a vzniká tepelný most.

Interiérová strana spáry bývá často ošetřena štukem či jinou omítkovou směsí. Je nutné brát v úvahu, že již při běžném provozu domácností či kanceláří dosáhne vzduch v místnosti určité relativní vzdušné vlhkosti, která se díky rozdílné hladině parciálních tlaků vzduchu uvnitř a vně budovy šíří obvodovými konstrukcemi. Lze říci, že v případě, kdy dojde ke 100% nasycení vzduchu, dochází díky prudkému poklesu jeho teploty v konstrukci obvodového pláště včetně izolantu připojovací spáry, k vytvoření rosného bodu a vzniku kondenzátu. Za nejchoulostivější místo lze považovat právě připojovací spáru, která má zpravidla stavební hloubku jen 7-10 cm.

### **Zóny připojovacích spár**

Všechny připojovací spáry se dělí na tři základní zóny:

**Vnitřní uzávěr** – funkce vnitřního uzávěru je zabránění průniku vzdušné vlhkosti z místnosti do funkční spáry. Pro utěsnění spojů se používá parotěsná páska.

**Tepelněizolační výplň** – funkcí této výplně je tepelná izolace rámem SOV a stavební konstrukcí. Jako tepelněizolační výplň se dnes používají PUR pěny, která musí vyplnit spáru v celé její šířce a hloubce.

**Venkovní uzávěr** – funkcemi venkovního uzávěru jsou:

- vodotěsnost – schopnost pásky zabránit proniknutí srážkové vody z exteriéru do spáry,
- paropropustnost - schopnost pásky difuze vodní páry z prostoru připojovací spáry do venkovního prostředí<sup>61</sup>.

---

<sup>61</sup> PETRTYL, Zdeněk. ŠUBRT, Roman. *Moderní okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, s. 110-117.

## 4 Měření a výpočty stavebních otvorových výplní u rodinných domů

Metodikou vlastní práce pro měření SOV a jejich vlivu na tepelně technické vlastnosti konstrukcí staveb byl nejprve výběr šesti objektů s dřevěnými okny s různým typem montáže (předsazená, zapuštěná, lícující).

U těchto objektů proběhlo měření jednotlivých SOV pomocí termokamery, která vyhodnotila teploty jednotlivých povrchů konstrukce. Použita byla termokamera Fluke TiS20.



Obrázek 6 Termokamera Fluke TiS20

Zdroj: [www.termokamery.cz<sup>62</sup>]

Dále bylo provedeno měření vnitřní a vnější teploty prostřednictvím digitálního teploměru IN/OUT TFA 30.2018.01.

---

<sup>62</sup> Termokamery. Termokamera FLUKE TiS20. [online][cit. 2017-03-12]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/247-rozdeleni-tesneni-funkcni-spary>



Obrázek 7 Digitální teploměr IN/OUT TFA 30.2018.01.  
Zdroj: [www.epristroje.cz]<sup>63</sup>

Na základě naměřených hodnot byla provedena tepelně-technická výpočtová diagnostika. Výpočtová diagnostika byla zaměřena především na vliv SOV na konstrukci staveb. Postup výpočtu součinitele prostupu tepla  $U$  [ $W/m^2 \cdot K$ ] byl stanoven dle Chmurného<sup>64</sup>. Na základě získaných hodnot byla provedena analýza naměřených a vypočítaných dat.

Cílem diplomové práce bylo analyzovat vliv dřevěných SOV na tepelně – technické vlastnosti stavebních konstrukcí s různým způsobem montáže. Z tohoto důvodu byla vypočítaná data porovnána a byla vyhodnocena nejúspěšnější montáž SOV.

#### **4.1 Objekt č. 1- stavební otvorové výplně zapuštěné do konstrukce stavebního ostění**

Jedná se o novostavbu domu v obci Srbsko, ve které bydlí rodina čítající 5 osob. Dům je umístěn jako samostatně stojící rodinný dům dvoupodlažní s obytným podkrovím a sedlovou střechou. Obvodové stěny jsou provedeny jako rámová dřevěná konstrukce. Celková tloušťka obvodové konstrukce je 325mm, okna a vchodové dveře jsou dřevěná – profil 78 s izolačním trojsklem.

<sup>63</sup> Epřistroje. *Digitální teploměr IN/OUT TFA 30.2018.01*. [online][cit. 2017-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.epristroje.cz/media/images/919948854.jpg>

<sup>64</sup> CHMÚRNÝ, Ivan. *Tepelná ochrana budov*. Bratislava: Jaga group., 2003.



**Obrázek 8 Objekt č. 1 - Novostavba Srbsko 1**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

**Tabulka 2 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) - objekt č. 1**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Vrstva	Skladba	d (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> · K)	c (J/kgK)	$\rho_0$ kg/m <sup>3</sup>
1	Sádrokarton	0,0125	0,22	1060	750
2	PVC folie	0,0005	0,16	0,16	1400
3	Mineralní izolace mezi sloupky	0,235	0,036	880	40
4	OSB 12	0,012	0,1	-	600
5	Lepící stěrka	0,002	1,16	840	2000
6	Polystyren	0,06	0,39	1270	30
7	Silikátová omítka	0,003	0,11	850	300

#### Legenda k tabulce

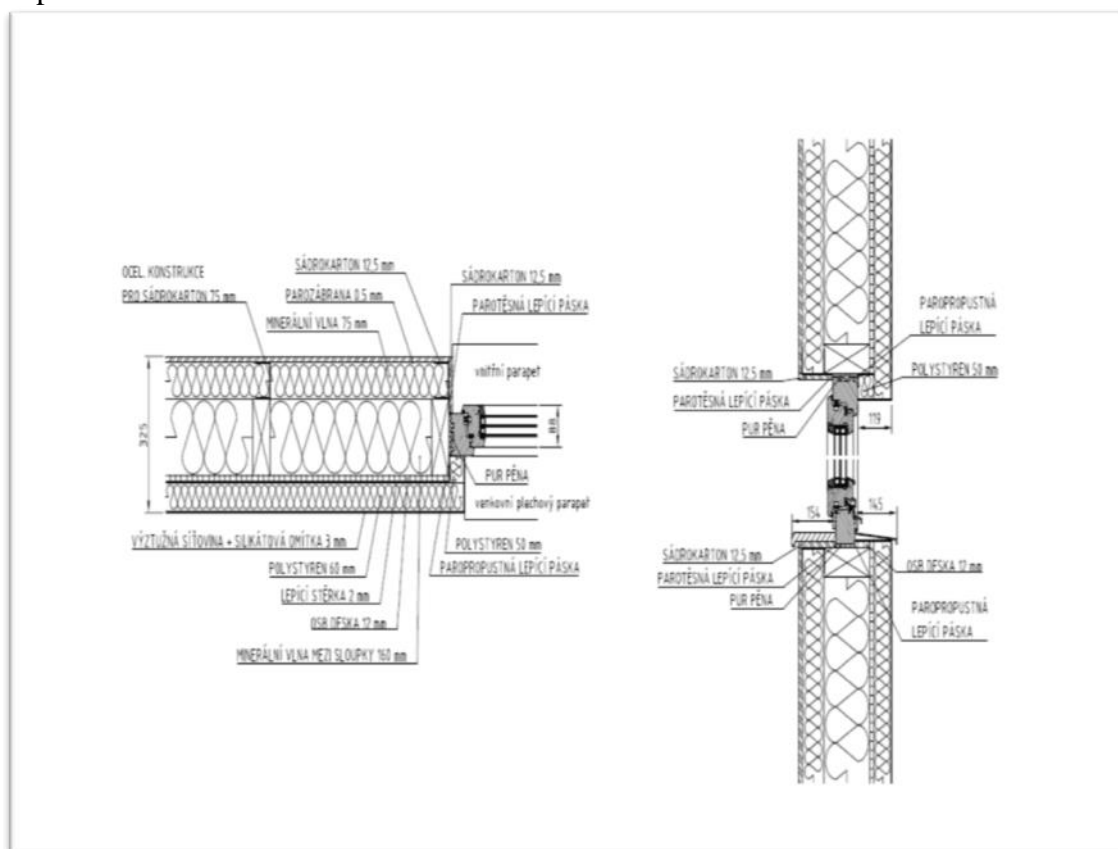
d - tloušťka vrstvy udávaná v metrech

$\lambda$  - součinitel tepelné vodivosti (W/m<sup>2</sup> · K)

c - měrná tepelná kapacita (J/kgK)

$\rho_0$  – objemová hmotnost v suchém stavu kg/m<sup>3</sup>

SOV je o velikosti v. 1200 mm x š. 900, dřevěný profil (smrk) IV 78 s izolačním trojsklem se skladbou 4 Planibel Top<sup>N+</sup> 12A<sub>r</sub> 90 % – 4 Float – 12A<sub>r</sub> 90% – 4 Planibel Top<sup>N+</sup>.



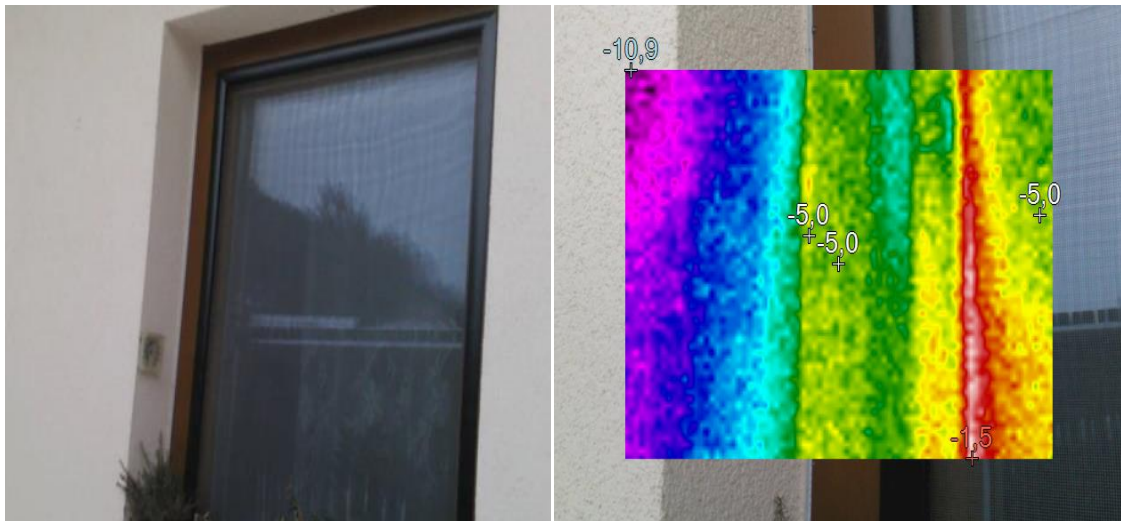
Obrázek 6 Objekt č. 1 – Konstrukce  
Zdroj: [vlastní zpracování]

#### 4.1.1 Provedená měření

##### Měření v exteriéru:

Tabulka 3 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 1  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	7.1.2017 14:22:45
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	-10,9 °C až -1,5 °C
Průměrná teplota	-6,0 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



**Obrázek 8 Objekt č. 1 – Výsledky měření okna- měření v exteriéru**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

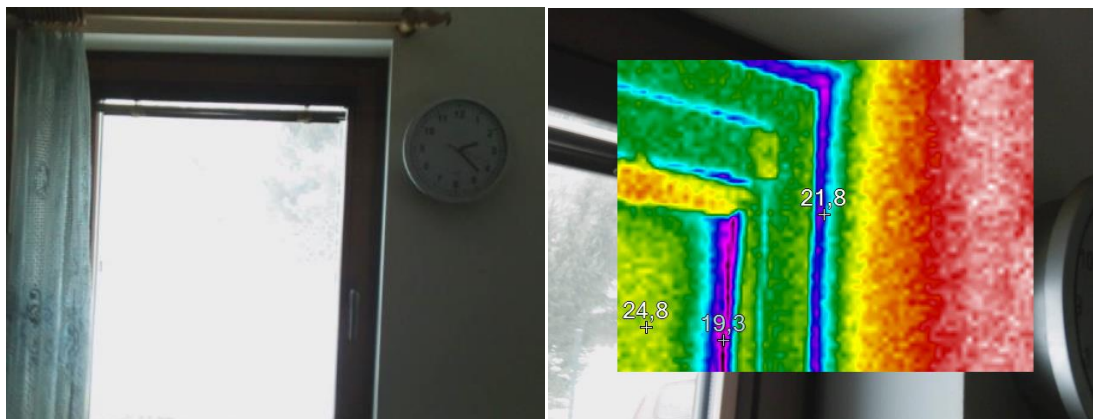
Naměřená teplota v exteriéru: -12°C.

Naměřená teplota v přípojovací spáře v exteriéru: -5°C.

**Měření v interiéru:**

**Tabulka 4 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 1**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	7.1.2017 14:27:51
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	20,2 °C až 27,8 °C
Průměrná teplota	25,2 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



**Obrázek 8 Objekt č. 1 – Výsledky měření okna- měření v interiéru**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Naměřená teplota v interiéru: 28,2°C.

Naměřená teplota v připojovací spáře v interiéru: 21,8°C.

#### **4.1.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika**

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce otvorové výplně v. 1200 x š. 900 mm – profil (smrk) IV 78 zasklené izolačním trojsklem se skladbou 4 Planibel Top<sup>N+</sup>- 12A<sub>r</sub> 90 % - 4 Float - 12A<sub>r</sub> 90% - 4 Planibel Top<sup>N+</sup>. Nízkoemisivní zasklení je charakterizováno normálovou emisivitou  $\varepsilon_n = 0,05$  a čiré sklo má  $\varepsilon_n = 0,89$ . Střední teplota plynu  $T_m = 282,9\text{K}$  (odpovídá  $\Theta_{si} = 24,8^\circ\text{C}$ ,  $\Theta_{si} = -5^\circ\text{C}$ ).

#### **Metodický postup výpočtu:**

- výpočet tepelného odporu plynové vrstvy argonu s tl. 24 mm,
- výpočet součinitele prostupu tepla zasklení  $U_g$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla připojovací spáry,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$  pro okno 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku  $\Phi_w$  dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku připojovací spáry  $\Phi_{ps}$  u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm.

#### **Řešení:**

- výpočet tepelného odporu plynové vrstvy argonu,



- odečet vlastnosti argonu při teplotě  $\Theta_m = 9,9^\circ\text{C}$  ( $T_m = 282,9\text{K}$ ) z tabulkové hodnoty normy<sup>65</sup>.

### **Fyzikální údaje plynu:**

Objemová hmotnost plynu	$\rho = 1,699\text{kg/m}^3$
Dynamická viskozita plynu	$\mu = 2,164 \cdot 10^{-5}\text{kg/(m.s)}$
Součinitel tepelné vodivosti plynu	$\lambda = 0,01684 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Specifická tepelná kapacita	$c = 519 \text{ J/(kg.K)}$

### **Určení Prandtlova čísla:**

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{2,164 \cdot 10^{-5} \cdot 519}{0,01684} = 0,6669$$

### **Určení Grashofova čísla, při rozdílu teplot $\Delta T = 29,8 \text{ K}$ :**

$$Gr = \frac{g \cdot \Delta T \cdot d^3 \cdot \rho^2}{\mu^2 \cdot T_m} = \frac{9,81 \cdot 29,8 \cdot 0,024^3 \cdot 1,699^2}{(2,164 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 282,9} = \frac{0,011666}{1,325 \cdot 10^{-7}} = 88045$$

kde:	g	gravitační zrychlení	$g = 9,81 \text{ [ m/s}^2\text{]}$
	d	hloubka plynové vrstvy	$[\text{ m }]$
	$\rho$	objemová hmotnost plynu	$[\text{kg /m}^3\text{]}$
	a	součinitel teplotní vodivosti plynu	$[\text{m}^2/\text{s }]$
	$\mu$	dynamická viskozita plynu	$[\text{kg / (m .s )}]$
	$T_m$	střední teplota plynu	$[\text{K}]$

### **Určení Nusseltova čísla :**

$$Nu = 0,035 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot (88045 \cdot 0,6669)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot 64,88 = 2,27$$

<sup>65</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

Podle Nusseltova čísla definujeme, jaký typ přenosu tepla převládá:

- pokud  $N_u < 1$  tj. při  $G_r \cdot P_r < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě pouze kondukcí a radiací. Konvekce je omezená a neovlivňuje plošnou tepelnou propustnost vrstvy. Součinitel prostupu tepla  $N_u$  se dosadí v hodnotě 1 a součinitel prostupu tepla plynové vrstvy se vypočítá následovně:

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

- pokud  $N_u > 1$  tj. při  $G_r \cdot P_r < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě především konvekcí, ale i složkou kondukční a radiační.

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

Z provedeného výpočtu vychází  $N_u > 1$  (2,27). Lze tedy konstatovat, že tepelný tok se uskutečňuje všemi způsoby (kondukcí, radiací, konvekcí).

### **Výpočet tepelné propustnosti kondukcí a konvekcí**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost kondukcí a konvekcí:

$$h_g = N_u \cdot \frac{\lambda}{d} = 2,27 \cdot \frac{0,01684}{0,024} = 2,27 \cdot 0,702 = 1,594 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$h_g$ plošná tepelná propustnost kondukcí a konvekce v plynové vrstvě	[W/(m <sup>2</sup> · K)]
	$\lambda$ součinitel tepelné vodivosti plynu	[W/(m <sup>2</sup> · K)]
	$d$ hloubka plynové vrstvy	[m]

### **Výpočet tepelné propustnosti radiací**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost radiací:

$$h_r = 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 282,9^3$$

Výpočet poměru vzájemného sálání a určení upravené emisivity dle tabulkové hodnoty normy<sup>66</sup>.

<sup>66</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

$$\varepsilon_n = 0,05 \Rightarrow \varepsilon = 0,06$$

$$\varepsilon_n = 0,89 \Rightarrow \varepsilon = 0,84$$

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,06} + \frac{1}{0,84} + \frac{1}{0,06} - 1} = \frac{1}{16,67 + 1,19 + 16,67 - 1} = 0,03$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,03 \cdot 282,9^3 = 0,154 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $h_r$  plošná tepelná propustnost radiací povrchu plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup> · K)]  
 $C_\zeta$  Stefan – Boltzmanova konstanta  $5,67 \cdot 10^{-8}$  [W/(m<sup>2</sup> · K<sup>4</sup>)]  
 $T_m$  střední teplota plynu [K]  
 $\varepsilon_n = 0,05$  - nízkoemisivní sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,06$  - nízkoemisivní sklo s upravenou emisivitou  
 $\varepsilon_n = 0,89$  - čiré sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,84$  - čiré sklo s upravenou emisivitou

**Celková plošná tepelná propustnost plynové vrstvy se určí ze vztahu:**

$$\Lambda_g = h_g + h_r = 1,594 + 0,154 = 1,748 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $\Lambda_g$  plošná tepelná propustnost nevětrané plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup> · K)]  
 $h_g$  plošná tepelná propustnost prouděním a vedením v plynové vrstvě [W/(m<sup>2</sup> · K)]  
 $h_r$  plošná tepelná propustnost sáláním povrchu plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup> · K)]

**Tepelný odpor plynové vrstvy se vypočítá následovně:**

$$R_g = \frac{1}{\Lambda_g} \Rightarrow R_g = \frac{1}{1,748} = 0,572 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem [(m<sup>2</sup> · K)/W]

### Výpočet součinitele prostupu tepla zasklením $U_g$ pro izolační trojsklo:

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + R_g + \frac{d_2}{\lambda_2} + R_g + \frac{d_3}{\lambda_3} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,004}{0,75} + 0,572 + \frac{0,004}{1} + 0,572 + \frac{0,004}{0,75} + 0,04}$$
$$= \frac{1}{1,329} = 0,752 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$R_{si}$	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$
	$R_{se}$	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$
	$R_g$	tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$
	$d$	tloušťka skla	$[\text{m}]$
	$\lambda$	součinitel teplotní vodivosti skla	$[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$

### Určení součinitele prostupu tepla dřevěného rámu

$$U_f = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,078} = 1,667 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$U_f$	součinitel prostupu tepla rámové konstrukce	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
	$R$	odpor při přestupu tepla rámové konstrukce	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$

### Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1200 x 900 mm

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>67</sup>:

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 0,94 \cdot 2 + 0,64 \cdot 2 = 3,16 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A = 1,2 \cdot 0,9 = 1,08 \text{ m}^2$$

<sup>67</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 0,94 \cdot 0,64 = 0,6016 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 1,2 \cdot 2 + 0,13 \cdot 0,64 \cdot 2 = 0,4784 \text{ m}^2$$

Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1200 x 900 mm

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,667 \cdot 0,4784 + 0,752 \cdot 0,6016 + 0,06 \cdot 3,16}{1,08} = \frac{1,4395}{1,08} \\ = 1,333 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>68</sup>.

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 1,14 \cdot 2 + 1,14 \cdot 2 = 4,56 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A_w = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 1,14 \cdot 1,14 = 1,2996 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 1,4 \cdot 2 + 0,13 \cdot 1,14 \cdot 2 = 0,6604 \text{ m}^2$$

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,667 \cdot 0,6604 + 0,752 \cdot 1,2996 + 0,06 \cdot 4,56}{1,96} = \frac{2,3517}{1,96} \\ = 1,1998 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla přípojovací spáry podle vzorce:**

$$U_{ps} = h_i \cdot \frac{\Theta_i - \Theta_{si}}{\Theta_i - \Theta_e} = 7,69 \cdot \frac{28,2 - 21,8}{28,2 - (-12)} = 1,256 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

<sup>68</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

kde:	$U_{ps}$ součinitel prostupu tepla přípojovací spáry	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$h_i$ součinitel prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$\Theta_i$ teplota v interiéru	°C
	$\Theta_{si}$ vnitřní povrchová teplota přípojovací spáry	°C
	$\Theta_e$ teplota v exteriéru	°C

#### **Výpočet tepelného toku dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

$$\Phi_w = (U_w \cdot A_w) \cdot \Delta T = (1,1998 \cdot 1,96) \cdot 30,2 = \underline{\underline{70 \text{ W}}}$$

#### **Výpočet tepelného toku přípojovací spáry u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

Výpočet plochy přípojovací spáry:

$$A_{ps} = 1,4 \cdot 0,001 \cdot 4 = 0,0056\text{m}^2$$

Výpočet tepelného toku přípojovací spáry:

$$\Phi_{ps} = (U_{ps} \cdot A_{ps}) \cdot \Delta T = (1,256 \cdot 0,0056) \cdot 30,2 = \underline{\underline{0,2124 \text{ W}}}$$

## **4.2 Objekt č. 2- stavebních otvorová výplň lícující v konstrukci stavebního ostění**

Rodinný dům se nachází v obci Srbsko. Dům má obytné podkroví a polovalbovou střechu. Obvodové stěny domu jsou vyhotoveny ze systému DURISOL. Celková tloušťka obvodové stěny činí 370 mm, okna a vchodové dveře jsou dřevěné – borovice profil 68 s izolačním dvojsklem.



**Obrázek 7 Objekt č. 2 - Novostavba Srbsko 2**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

**Tabulka 5 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) - objekt č. 2**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Vrstva	Skladba	d (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> · K)	c (J/kgK)	$\rho_0$ kg/m <sup>3</sup>
1	Omítka	0,015	0,88	840	1600
2	TCD Durisol	0,035	0,18	1580	660
3	Beton	0,15	1,3	1020	2200
4	Polystyren Grey Wall	0,12	0,031	1270	30
5	TCD Durisol	0,035	0,18	1580	660
6	Vápenná omítka	0,015	0,88	840	1600

### Legenda k tabulce

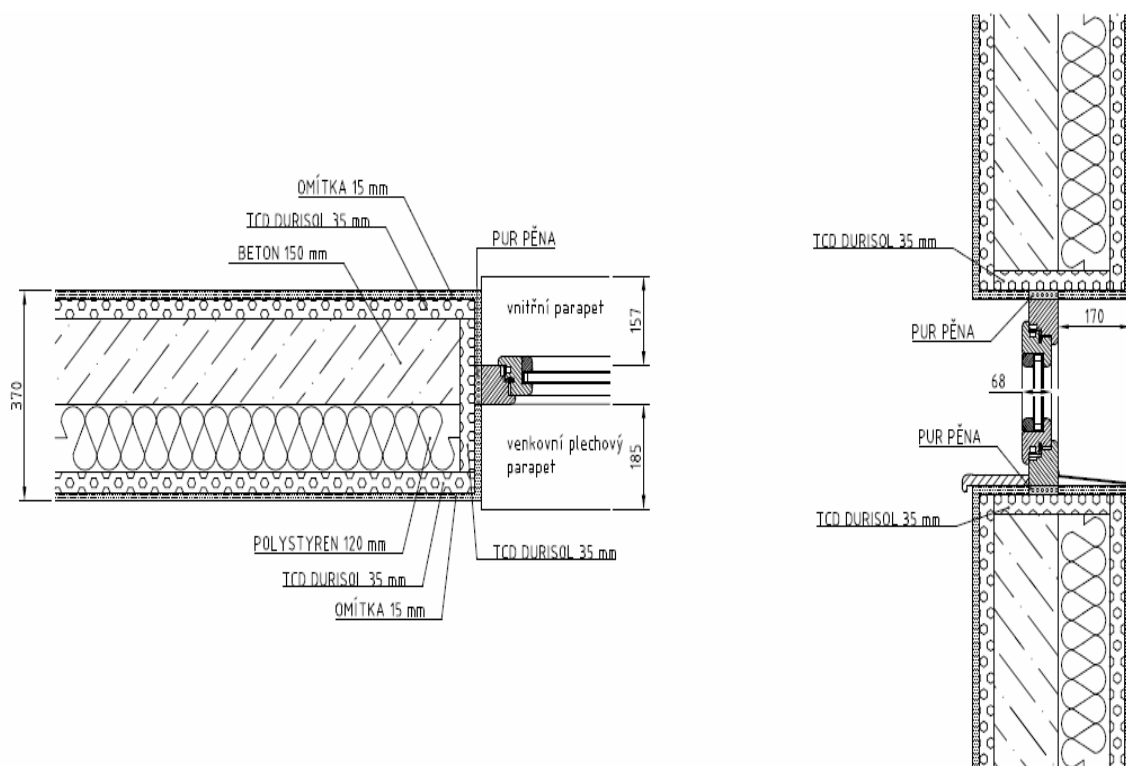
d - tloušťka vrstvy udávaná v metrech

$\lambda$  - součinitel tepelné vodivosti (W/m<sup>2</sup> · K)

c - měrná tepelná kapacita (J/kgK)

$\rho_0$  – objemová hmotnost v suchém stavu kg/m<sup>3</sup>

SOV je o velikosti v. 1300 mm x š. 1000, dřevěný profil (borovice) IV 68 s izolačním dvojsklem se skladbou 4 Float – 16A<sub>r</sub> 90% – 4 Planibel Top<sup>N+</sup>.



Obrázek 8 Objekt č. 2 – Konstrukce

Zdroj: [vlastní zpracování]

#### 4.2.1 Provedená měření

##### Měření v exteriéru:

Tabulka 6 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 2

Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	7.1.2017 15:55:40
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	-11,8 °C až -3,1 °C
Průměrná teplota	-8,1 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14





Obrázek 9 Objekt č. 2 – Výsledky měření okna- měření v exteriéru  
Zdroj: [vlastní zpracování]

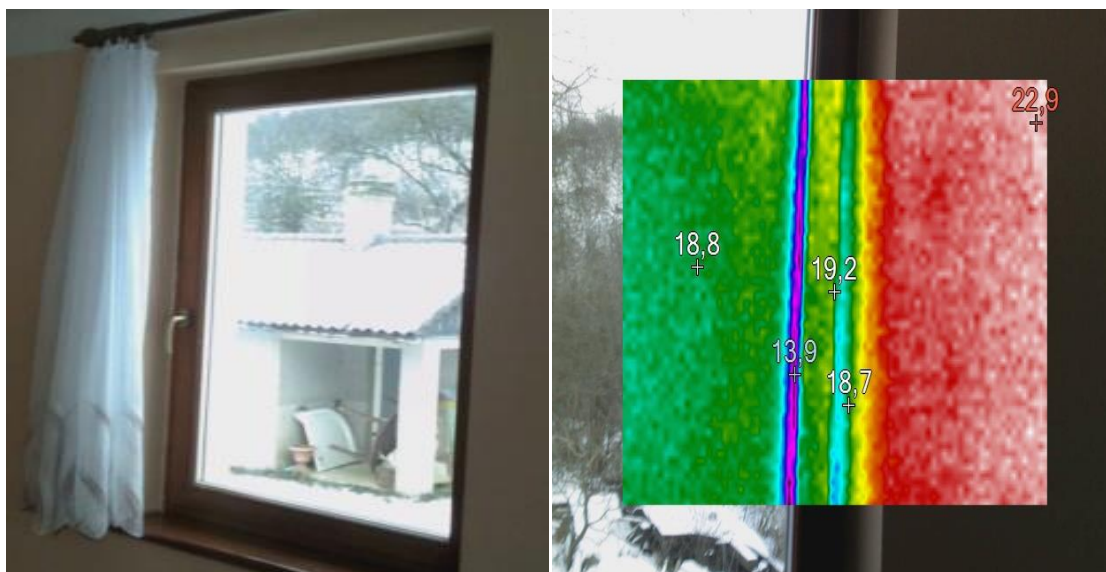
Naměřená teplota v exteriéru: -12,1C.

Naměřená povrchová teplota v přípojovací spárev exteriéru: -5,7°C.

### Měření v interiéru:

Tabulka 7 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 2  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	7.1.2017 16:01:13
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	13,9 °C až 22,9 °C
Průměrná teplota	20,2 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



**Obrázek 10 Objekt č. 2 – Výsledky měření okna- měření v interiéru**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Naměřená teplota v interiéru: 24,2°C.

Naměřená povrchová teplota v interiéru v připojovací spáře: 18,7°C

#### 4.2.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce dřevěného okna v. 1300 x š. 1000 mm –borovice profil IV 68 zasklené izolačním dvojsklem s nízkoemisivním zasklením – 4 float – 16 Ar,90% – 4 Planibel Top<sup>N+</sup>. Nízkoemisivní zasklení je charakterizováno normálovou emisivitou  $\epsilon_n = 0,05$  a čiré sklo má  $\epsilon_n = 0,89$ . Střední teplota plynu  $T_m = 279,16$  K (odpovídá  $\Theta_{si} = 18,8^\circ\text{C}$ ,  $= \Theta_{se} - 6,8^\circ\text{C}$ ).

#### **Metodický postup výpočtu:**

- výpočet tepelného odporu plynové vrstvy argonu s tl. 16 mm,
- výpočet součinitele prostupu tepla zasklení  $U_g$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla připojovací spáry,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$  pro okno 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku  $\Phi_w$  dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku připojovací spáry  $\Phi_{ps}$  u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm.

### Řešení:

- tepelný odpor plynové vrstvy argonu,
- odečet vlastnosti argonu při teplotě  $\Theta_m = 12,8^\circ\text{C}$  ( $T_m = 279,16\text{K}$ ) z tabulkové hodnoty normy<sup>69</sup>.

### Fyzikální údaje plynu:

Objemová hmotnost plynu	$\rho = 1,699 \text{ kg/m}^3$
Dynamická viskozita plynu	$\mu = 2,164 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(m.s)}$
Součinitel tepelné vodivosti plynu	$\lambda = 0,01684 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$
Specifická tepelná kapacita	$c = 519 \text{ J/(kg.K)}$

### Určení Prandtlova čísla:

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{2,164 \cdot 10^{-5} \cdot 519}{0,01684} = 0,6669$$

### Určení Grashofova čísla, při rozdílu teplot $\Delta T = 25,6 \text{ K}$

$$Gr = \frac{g \cdot \Delta T \cdot d^3 \cdot \rho^2}{\mu^2 \cdot T_m} = \frac{9,81 \cdot 25,6 \cdot 0,016^3 \cdot 1,699^2}{(2,164 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 279,16} = \frac{0,00297}{1,307 \cdot 10^{-7}} = 22724$$

kde:	g	gravitační zrychlení	$g = 9,81 \text{ [ m/s}^2\text{]}$
	d	hloubka plynové vrstvy	[m]
	$\rho$	objemová hmotnost plynu	[kg /m <sup>3</sup> ]
	a	součinitel teplotní vodivosti plynu	[m <sup>2</sup> /s ]
	$\mu$	dynamická viskozita plynu	[kg /(m .s )]
	$T_m$	střední teplota plynu	[K]

### Určení Nusseltova čísla:

$$Nu = 0,035 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot (22724 \cdot 0,6669)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot 38,78 = 1,357$$

<sup>69</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

Podle Nusseltova čísla definujeme, jaký typ přenosu tepla převládá:

- pokud  $N_u < 1$  tj. při  $G_r \cdot P_r < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě pouze kondukcí a radiací. Konvekce je omezená a neovlivňuje plošnou tepelnou propustnost vrstvy. Součinitel prostupu tepla  $N_u$  se dosadí v hodnotě 1 a součinitel prostupu tepla plynové vrstvy se vypočítá následovně:

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

- pokud  $N_u > 1$  tj. při  $G_r \cdot P_r < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě především konvekcí, ale i složkou kondukční a radiační.

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

Z provedeného výpočtu vychází  $N_u > 1$  (1,357). Lze tedy konstatovat, že tepelný tok se uskutečňuje všemi způsoby (kondukcí, radiací, konvekcí).

### **Výpočet tepelné propustnosti kondukcí a konvekcí**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost kondukcí a konvekcí:

$$h_g = N_u \cdot \frac{\lambda}{d} = 1,357 \cdot \frac{0,01684}{0,016} = 1,357 \cdot 1,0525 = 1,4282 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

- kde:
- |           |   |                       |
|-----------|---|-----------------------|
| $h_g$     | plošná tepelná propustnost kondukcí a konvekcí v plynové vrstvě | [W/m <sup>2</sup> .K] |
| $\lambda$ | součinitel tepelné vodivosti plynu                              | [W/m <sup>2</sup> .K] |
| $d$       | hloubka plynové vrstvy  | [m]                   |

### **Výpočet tepelné propustnosti radiací**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost radiací:

$$h_r = 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 279,16^3$$

Výpočet poměru vzájemného sálání a určení upravené emisivity dle tabulkové hodnoty normy<sup>70</sup>.

$$\varepsilon_n = 0,05 \Rightarrow \varepsilon = 0,06$$

$$\varepsilon_n = 0,89 \Rightarrow \varepsilon = 0,84$$

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,06} + \frac{1}{0,84} - 1} = \frac{1}{16,67 + 1,19 - 1} = 0,059$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 279,16^3$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,059 \cdot 279,16^3 = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:  $h_r$  plošná tepelná propustnost radiací povrchu plynové vrstvy [W/m<sup>2</sup>K]  
 $C_\zeta$  Stefan – Boltzmanova konstanta  $5,67 \cdot 10^{-8}$  [W/(m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>)]  
 $T_m$  střední teplota plynu [K]  
 $\varepsilon_n = 0,05$  - nízkoemisivní sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,06$  - nízkoemisivní sklo s upravenou emisivitou  
 $\varepsilon_n = 0,89$  - čiré sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,84$  - čiré sklo s upravenou emisivitou

#### **Celková plošná tepelná propustnost plynové vrstvy se určí ze vztahu:**

$$\Lambda_g = h_g + h_r = 1,4282 + 0,29 = 1,7182 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:  $\Lambda_g$  plošná tepelná propustnost nevětrané plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup>. K)]  
 $h_g$  plošná tepelná propustnost prouděním a vedením v plynové vrstvě [W/(m<sup>2</sup>. K)]  
 $h_r$  plošná tepelná propustnost sáláním povrchu plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup>. K)]

#### **Tepelný odpor plynové vrstvy se vypočítá následovně:**

$$R_g = \frac{1}{\Lambda_g} \Rightarrow R_g = \frac{1}{1,7182} = 0,582 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

<sup>70</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

kde:  $R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem  $[(m^2 \cdot K)/W]$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla zasklením $U_g$ pro izolační dvojsklo:**

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + R_g + \frac{d_2}{\lambda_2} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,004}{0,75} + 0,582 + \frac{0,004}{1} + 0,04} = \frac{1}{1,2356} = 0,8093 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$$

kde:  $R_{si}$  odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $[(m^2 \cdot K)/W]$

$R_{se}$  odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $[(m^2 \cdot K)/W]$

$R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem  $[(m^2 \cdot K)/W]$

$d$  tloušťka skla  $[m]$

$\lambda$  součinitel teplotní vodivosti skla  $[W/(m \cdot K)]$

### **Určení součinitele prostupu tepla dřevěného rámu**

$$U_f = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{0,068}{0,13}} = 1,911 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$$

kde:  $U_f$  součinitel prostupu tepla rámové konstrukce  $[W/(m^2 \cdot K)]$

$R$  odpor při přestupu tepla rámové konstrukce  $[(m^2 \cdot K)/W]$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1300 x 1000 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>71</sup>.

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(m \cdot K)$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 1,04 \cdot 2 + 0,74 \cdot 2 = 3,56 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A_w = 1,3 \cdot 1 = 1,3 \text{ m}^2$$

<sup>71</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 1,04 \cdot 0,74 = 0,7696 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 1,3 \cdot 2 + 0,13 \cdot 0,74 \cdot 2 = 0,5304 \text{ m}^2$$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1300 x 1000 mm**

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,911 \cdot 0,5304 + 1,2356 \cdot 0,7696 + 0,06 \cdot 3,56}{1,3}$$
$$= \frac{2,1781}{1,3} = 1,675 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>72</sup>:

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 1,14 \cdot 2 + 1,14 \cdot 2 = 4,56 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A_w = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 1,14 \cdot 1,14 = 1,2996 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 1,4 \cdot 2 + 0,13 \cdot 1,14 \cdot 2 = 0,6604 \text{ m}^2$$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} = \frac{1,911 \cdot 0,6604 + 1,2356 \cdot 1,2996 + 0,06 \cdot 4,56}{1,96} = \frac{3,1414}{1,96}$$
$$= 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

---

<sup>72</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

### Výpočet součinitele prostupu tepla přípojovací spáry podle vzorce:

$$U_{ps} = h_i \cdot \frac{\Theta_i - \Theta_{si}}{\Theta_i - \Theta_e} = 7,69 \cdot \frac{24,8 - 18,7}{24,8 - (-12,1)} = 1,271 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$U_{ps}$	součinitel prostupu tepla přípojovací spáry	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$h_i$	součinitel prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$\Theta_i$	teplota v interiéru	°C
	$\Theta_{si}$	vnitřní povrchová teplota přípojovací spáry	°C
	$\Theta_e$	teplota v exteriéru	°C

### Výpočet tepelného toku dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm

$$\Phi_w = (U_w \cdot A_w) \cdot \Delta T = (1,6 \cdot 1,96) \cdot 36,3 = \underline{\underline{113,8 \text{ W}}}$$

### Výpočet tepelného toku přípojovací spáry u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm

Výpočet plochy přípojovací spáry:

$$A_{ps} = 1,4 \cdot 0,001 \cdot 4 = 0,0056 \text{ m}^2$$

Výpočet tepelného toku přípojovací spáry:

$$\Phi_{ps} = (U_{ps} \cdot A_{ps}) \cdot \Delta T = (1,271 \cdot 0,0056) \cdot 36,3 = \underline{\underline{0,26 \text{ W}}}$$

## **4.3 Objekt č. 3 – okno zapuštěné v konstrukci stavebního ostění**

Jedná se o rodinný dům v obci Srbsko s obytným podkrovím a sedlovou střechou. Obvodové stěny domu se skládají z dřevěné nosné konstrukce a vkládaných slaměných balíků. Celková tloušťka obvodové stěny je 500mm, okna a vchodové dveře jsou dřevěné – lepený profil smrk IV 92 zasklené izolačním trojsklem.





Obrázek 11 Objekt č. 3 - Novostavba Srbsko 3

Zdroj: [vlastní zpracování]

Tabulka 8 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) - objekt č. 3

Zdroj: [vlastní zpracování]

Vrstva	Skladba	d (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> K)	c (J/kgK)	$\rho_0$ kg/m <sup>3</sup>
1	Hlíněná omítka	0,02	0,7	920	1750
2	OSB 15	0,015	0,18	-	660
3	Slaměné balíky	0,43	0,14	2090	350
4	Vápenná omítka na rákosovém pletivu	0,35	0,88	840	1600

#### Legenda k tabulce

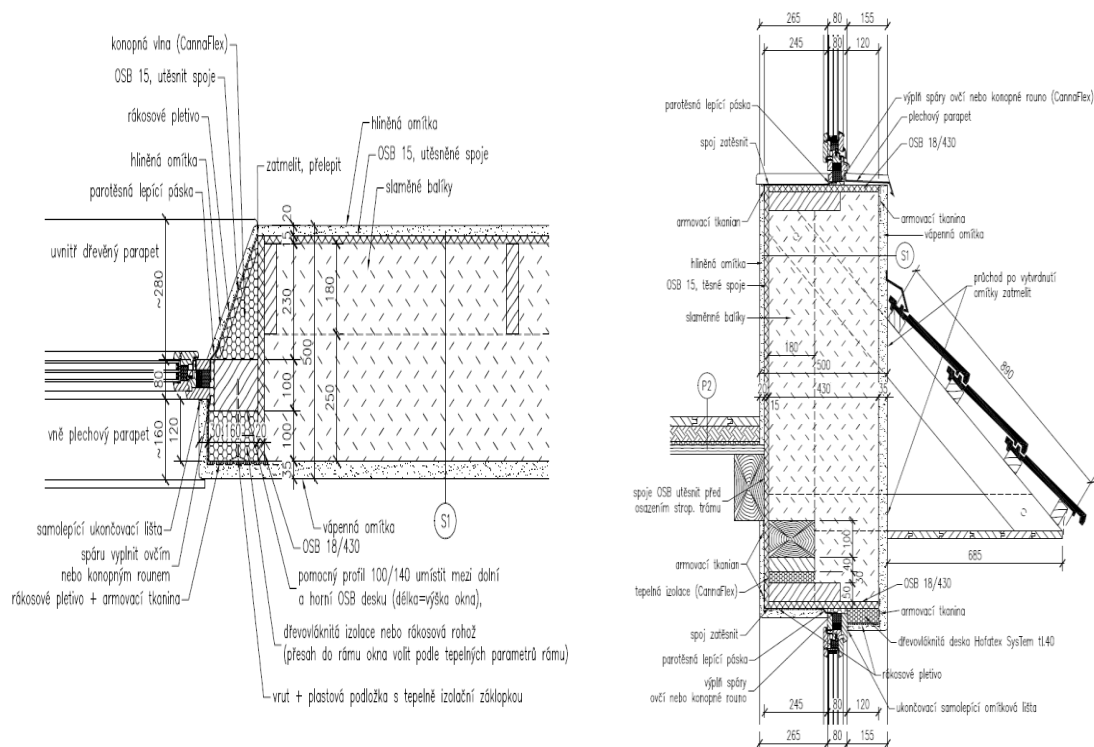
d - tloušťka vrstvy udávaná v metrech

$\lambda$  - součinitel tepelné vodivosti (W/m<sup>2</sup>. K)

c - měrná tepelná kapacita (J/kgK)

$\rho_0$  – objemová hmotnost v suchém stavu kg/m<sup>3</sup>

SOV je o velikosti v. 1400 x š. 1100 mm, profil (smrk) IV 92 s izolačním trojsklem se skladbou 4 Planibel Top<sup>N+</sup> 18A<sub>r</sub> 90 % – 4 Float – 18A<sub>r</sub> 90% – 4 Planibel Top<sup>N+</sup>.



Obrázek 12 Objekt č. 3 – Konstrukce

Zdroj: [majitel objektu]

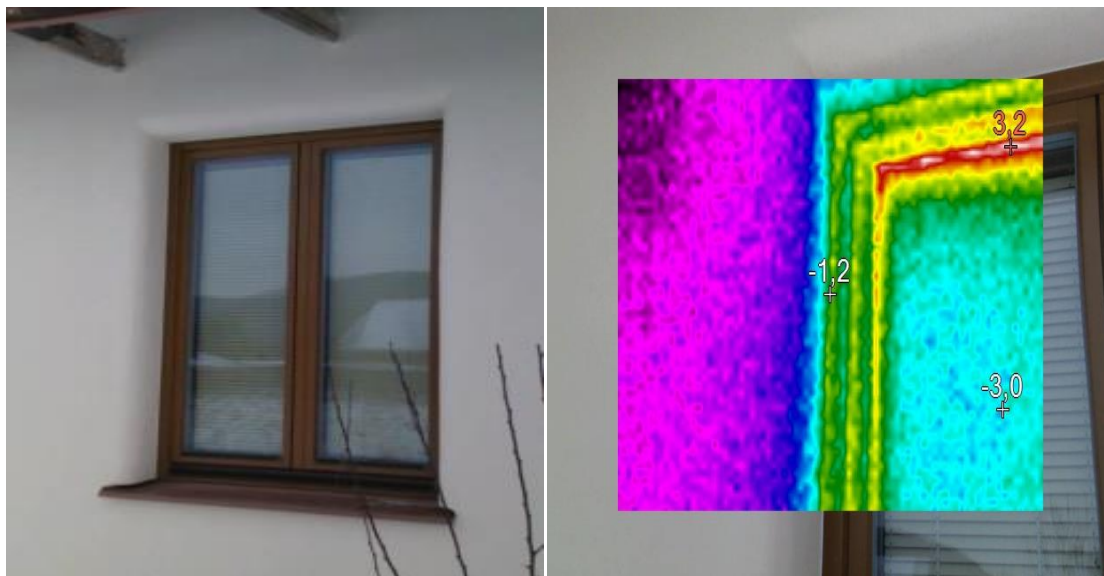
### 4.3.1 Provedená měření

#### Měření v exteriéru:

Tabulka 9 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 3

Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	8.1.2017 9:39:56
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	-7,2 °C až 3,2 °C
Průměrná teplota	-3,3 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



**Obrázek 13 Objekt č. 3 – Výsledky měření okna- měření v exteriéru**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Naměřená teplota v exteriéru:  $-5^{\circ}\text{C}$ .

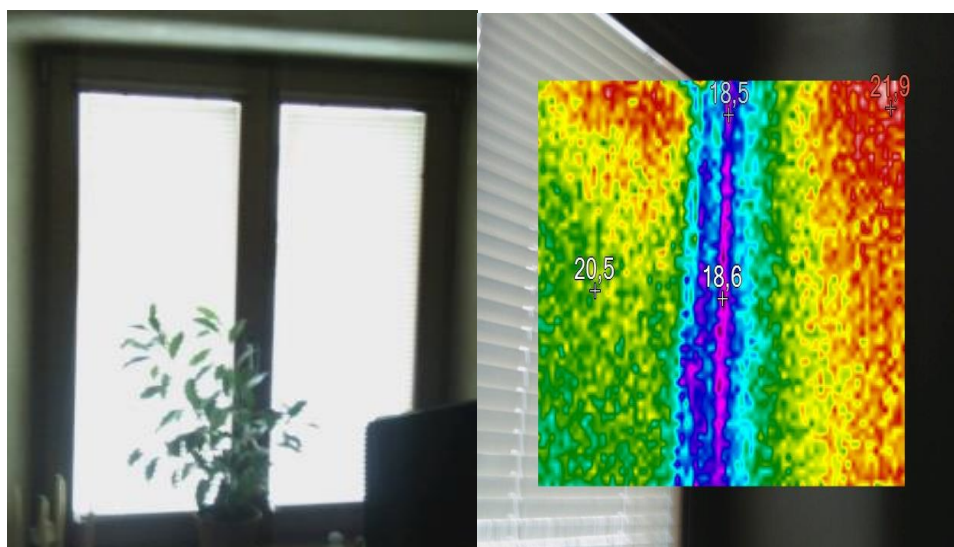
Naměřená povrchová teplota v přípojovací spáře v exteriéru:  $-1,2^{\circ}\text{C}$

### **Měření v interiéru:**

**Tabulka 10 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 3**

*Zdroj: [vlastní zpracování]*

<b>Čas obrázku</b>	<b>8.1.2017 9:42:43</b>
<b>Emisivita</b>	<b>0,95</b>
<b>Teplota pozadí</b>	<b>22,0 °C</b>
<b>Přenos</b>	<b>100%</b>
<b>Rozsah obrázku</b>	<b>18,5 °C až 21,9 °C</b>
<b>Průměrná teplota</b>	<b>20,6 °C</b>
<b>Závažnost</b>	
<b>Model kamery</b>	<b>TiS20</b>
<b>Velikost IR senzoru</b>	<b>120 x 90</b>
<b>Výrobce kamery</b>	<b>Fluke Thermography</b>
<b>Rozsah kalibrace</b>	<b>-20,0 °C až 80,0 °C</b>
<b>Sériové číslo kamery</b>	<b>TiS20-16110354</b>
<b>Verze DSP</b>	<b>3.10.14</b>
<b>Verze OCA</b>	<b>3.10.14</b>



**Obrázek 14 Objekt č. 3 – Výsledky měření okna- měření v interiéru**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Naměřená teplota v interiéru: 22,2°C.

Naměřená povrchová teplota v interiéru v přípojovací spáře: 18,6°C

#### 4.3.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce dřevěného okna 1400 x 1100 mm (výška x šířka). Dřevěný profil (smrk) IV 92. V rámu okna je zasklené izolačním trojsklo s nízkoemisivním zasklením – 4 PlanibelTop<sup>N+</sup> – 18A<sub>r</sub> 90 % – 4 Float – 18A<sub>r</sub>90% – 4 Planibel Top<sup>N+</sup>. Nízkoemisivní zasklení je charakterizováno normálovou emisivitou  $\epsilon_n = 0,05$  a čiré sklo má  $\epsilon_n = 0,89$ . Střední teplota plynu  $T_m = 281,75$  K (odpovídá  $\Theta_{si} = 20,5^\circ\text{C}$ ,  $\Theta_{se} = -3^\circ\text{C}$ ).

##### **Metodický postup výpočtu:**

- výpočet tepelného odporu plynové vrstvy argonu s tl. 36 mm,
- výpočet součinitele prostupu tepla zasklení  $U_g$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla přípojovací spáry,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$  pro okno 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku  $\Phi_w$  dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku přípojovací spáry  $\Phi_{ps}$  u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm.

### Řešení:

- tepelný odpor plynové vrstvy argonu,
- odečet vlastnosti argonu při teplotě  $\Theta_m = 23,5^\circ\text{C}$  ( $T_m = 281,75\text{ K}$ ) z tabulkové hodnoty normy<sup>73</sup>.

### Fyzikální údaje plynu:

Objemová hmotnost plynu	$\rho = 1,640\text{ kg/m}^3$
Dynamická viskozita plynu	$\mu = 2,228 \cdot 10^{-5}\text{ kg/(m.s)}$
Součinitel tepelné vodivosti plynu	$\lambda = 0,01734\text{ W/(m}^2\text{.K)}$
Specifická tepelná kapacita	$c = 519\text{ J/(kg.K)}$

### Určení Prandtlova čísla:

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{2,228 \cdot 10^{-5} \cdot 519}{0,01734} = 0,6686$$

### Určení Grashofova čísla, při rozdílu teplot $\Delta T = 23,5\text{ K}$

$$Gr = \frac{g \cdot \Delta T \cdot d^3 \cdot \rho^2}{\mu^2 \cdot T_m} = \frac{9,81 \cdot 23,5 \cdot 0,036^3 \cdot 1,640^2}{(2,228 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 281,75} = \frac{0,0289}{1,399 \cdot 10^{-7}} = 206576$$

kde:	g	gravitační zrychlení	$g = 9,81\text{ [ m/s}^2\text{]}$
	d	hloubka plynové vrstvy	[m]
	$\rho$	objemová hmotnost plynu	[kg /m <sup>3</sup> ]
	a	součinitel teplotní vodivosti plynu	[m <sup>2</sup> /s ]
	$\mu$	dynamická viskozita plynu	[kg /(m .s )]
	$T_m$	střední teplota plynu	[K]

### Určení Nusseltova čísla:

$$Nu = 0,035 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot (206576 \cdot 0,6686)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot 89,8 = 3,143$$

<sup>73</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

Podle Nusseltova čísla definujeme, jaký typ přenosu tepla převládá:

- pokud  $N_u < 1$  tj. při  $G_r \cdot P_r < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě pouze kondukcí a radiací. Konvekce je omezená a neovlivňuje plošnou tepelnou propustnost vrstvy. Součinitel prostupu tepla  $N_u$  se dosadí v hodnotě 1 a součinitel prostupu tepla plynové vrstvy se vypočítá následovně:

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

- pokud  $N_u > 1$  tj. při  $G_r \cdot P_r < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě především konvekcí, ale i složkou kondukční a radiační.

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

Z provedeného výpočtu vychází  $N_u > 1$  (3,143). Lze tedy konstatovat, že tepelný tok se uskutečňuje všemi způsoby (kondukce, radiace, konvekce).

### **Výpočet tepelné propustnosti kondukcí a konvekcí**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost kondukcí a konvekcí:

$$h_g = N_u \cdot \frac{\lambda}{d} = 3,143 \cdot \frac{0,01734}{0,036} = 3,143 \cdot 0,482 = 1,51 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Kde:	$h_g$	plošná tepelná propustnost kondukce a konvekce v plynové vrstvě	[W/m <sup>2</sup> .K]
	$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti plynu	[W/m <sup>2</sup> .K]
	$d$	hloubka plynové vrstvy	[m]

### **Výpočet tepelné propustnosti radiací**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost radiací:

$$h_r = 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 281,75^3$$

Výpočet poměru vzájemného sálání a určení upravené emisivity dle tabulkové hodnoty normy<sup>74</sup>.

$$\varepsilon_n = 0,05 \Rightarrow \varepsilon = 0,06$$

$$\varepsilon_n = 0,89 \Rightarrow \varepsilon = 0,84$$

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,06} + \frac{1}{0,84} + \frac{1}{0,06} - 1} = \frac{1}{16,67 + 1,19 + 16,67 - 1} = 0,03$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 281,75^3$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,03 \cdot 281,75^3 = 0,152 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $h_r$  plošná tepelná propustnost radiací povrchu plynové vrstvy [W/m<sup>2</sup>K]  
 $C_\zeta$  Stefan – Boltzmanova konstanta  $5,67 \cdot 10^{-8}$  [W/(m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>)]  
 $T_m$  střední teplota plynu [K]  
 $\varepsilon_n = 0,05$ -nízkoemisivní sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,06$  - nízkoemisivní sklo s upravenou emisivitou  
 $\varepsilon_n = 0,89$ - čiré sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,84$ - čiré sklo s upravenou emisivitou

**Celková plošná tepelná propustnost plynové vrstvy se určí ze vztahu:**

$$\Lambda_g = h_g + h_r = 1,51 + 0,152 = 1,662 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $\Lambda_g$  plošná tepelná propustnost nevětrané plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup>. K)]  
 $h_g$  plošná tepelná propustnost prouděním a vedením v plynové vrstvě [W/(m<sup>2</sup>. K)]  
 $h_r$  plošná tepelná propustnost sáláním povrchu plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup>. K)]

<sup>74</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

### **Tepelný odpor plynové vrstvy se vypočítá následovně:**

$$R_g = \frac{1}{\Lambda_g} \Rightarrow R_g = \frac{1}{1,662} = 0,602 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:  $R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem  $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla zasklením $U_g$ pro izolační trojsklo:**

$$\begin{aligned} U_g &= \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + R_g + \frac{d_2}{\lambda_2} + R_g + \frac{d_3}{\lambda_3} + R_{se}} \\ &= \frac{1}{0,13 + \frac{0,004}{0,75} + 0,602 + \frac{0,004}{1} + 0,602 + \frac{0,004}{0,75} + 0,04} = \frac{1}{1,485} \\ &= 0,673 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

kde:  $R_{si}$  odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$

$R_{se}$  odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$

$R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem  $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$

$d$  tloušťka skla  $[\text{m}]$

$\lambda$  součinitel teplotní vodivosti skla  $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$

### **Určení součinitele prostupu tepla dřevěného rámu:**

$$U_f = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{0,092}{0,13}} = 1,413 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:  $U_f$  součinitel prostupu tepla rámové konstrukce  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

$R$  odpor při přestupu tepla rámové konstrukce  $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1100 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>75</sup>:

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 1,14 \cdot 2 + 0,84 \cdot 2 = 3,96 \text{ m}$$

<sup>75</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chováníoken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.



Plocha okna:

$$A = 1,4 \cdot 1,1 = 1,54 \text{ m}^2$$

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 1,14 \cdot 0,84 = 0,9576 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 1,4 \cdot 2 + 0,13 \cdot 0,84 \cdot 2 = 0,5824 \text{ m}^2$$

Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1200 x 900 mm

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,413 \cdot 0,5824 + 0,673 \cdot 0,9576 + 0,06 \cdot 3,96}{1,54} \\ = \frac{1,705}{1,54} = 1,107 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>76</sup>:

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 1,14 \cdot 2 + 1,14 \cdot 2 = 4,56 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A_w = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 1,14 \cdot 1,14 = 1,2996 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 1,4 \cdot 2 + 0,13 \cdot 1,14 \cdot 2 = 0,6604 \text{ m}^2$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} = \frac{1,413 \cdot 0,6604 + 0,673 \cdot 1,2996 + 0,06 \cdot 4,56}{1,96} \\ = \frac{2,0813}{1,96} = 1,0619 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

---

<sup>76</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

### Výpočet součinitele prostupu tepla přípojovací spáry podle vzorce:

$$U_{ps} = h_i \cdot \frac{\Theta_i - \Theta_{si}}{\Theta_i - \Theta_e} = 7,69 \cdot \frac{22,2 - 18,6}{22,2 - (-5)} = 1,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$U_{ps}$	součinitel prostupu tepla přípojovací spáry	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$h_i$	součinitel prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$\Theta_i$	teplota v interiéru	°C
	$\Theta_{si}$	vnitřní povrchová teplota přípojovací spáry	°C
	$\Theta_e$	teplota v exteriéru	°C

### Výpočet tepelného toku dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm

$$\Phi_w = (U_w \cdot A_w) \cdot \Delta T = (1,0619 \cdot 1,96) \cdot 27,5 = \underline{\underline{57,24 \text{ W}}}$$

### Výpočet tepelného toku přípojovací spáry u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm

Výpočet plochy přípojovací spáry:

$$A_{ps} = 1,4 \cdot 0,001 \cdot 4 = 0,0056 \text{ m}^2$$

Výpočet tepelného toku přípojovací spáry:

$$\Phi_{ps} = (U_{ps} \cdot A_{ps}) \cdot \Delta T = (1,02 \cdot 0,0056) \cdot 27,5 = \underline{\underline{0,157 \text{ W}}}$$

## **4.4 Objekt č. 4 – Stavební otvorová výplň lícující v konstrukci stavebního ostění**

Rodinný dům se nachází v obci Mořina. Bydlí v něm čtyřčlenná rodina. Dům má obytné podkroví a sedlovou střechu. Obvodové stěny se skládají z keramických tvárníc POROTHERM 30 a tepelné izolace. Celková tloušťka obvodové stěny je 430mm a SOV jsou dřevěné – smrk profil 92 zasklené izolačním trojsklem.



**Obrázek 15 Objekt č. 4 - Novostavba Mořina**

Zdroj: [vlastní zpracování]

**Tabulka 11 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) – objekt č. 4**

Zdroj: [vlastní zpracování]

Vrstva	Skladba	d (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> . K)	c (J/kgK)	$\rho_0$ kg/m <sup>3</sup>
1	Vápenná omítka	0,015	0,88	840	1600
2	Porotherm 30 P+D	0,3	1,2	1000	760
3	Polystyren Grey Wall	0,1	0,031	1270	30
4	Silikátová omítka	0,003	0,11	850	300

### Legenda k tabulce

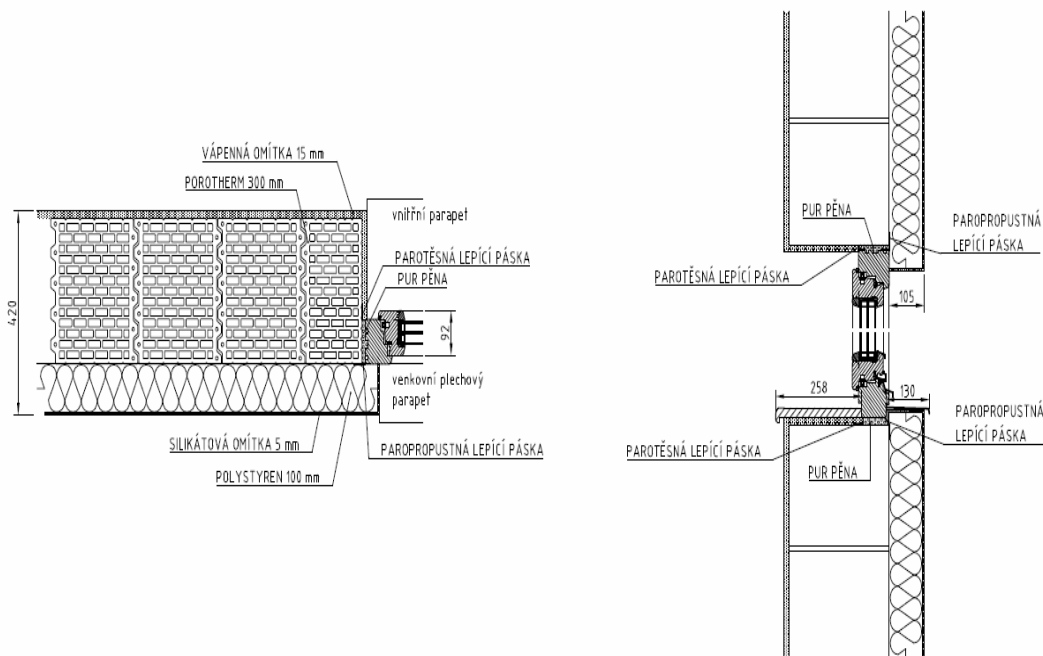
d - tloušťka vrstvy udávaná v metrech

$\lambda$  - součinitel tepelné vodivosti (W/m<sup>2</sup>. K)

c - měrná tepelná kapacita (J/kgK)

$\rho_0$  – objemová hmotnost v suchém stavu kg/m<sup>3</sup>

SOV je o velikosti v. 1480 mm x š. 2170, dřevěný profil (smrk) IV 92 s izolačním trojsklem se skladbou 4 Planibel Top<sup>N+</sup> 18A<sub>r</sub> 90 % – 4 Float – 18A<sub>r</sub> 90% – 4 Planibel Top<sup>N+</sup>.



Obrázek 16 Objekt č. 4 – Konstrukce  
Zdroj: [vlastní zpracování]

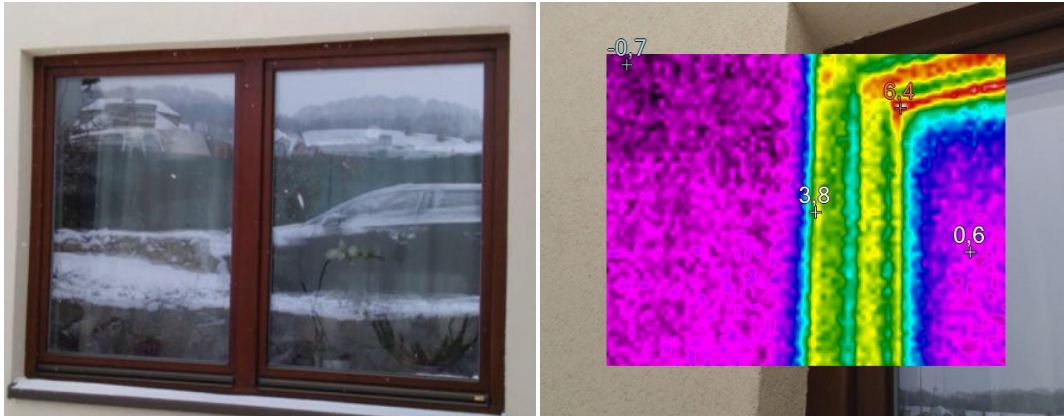
#### 4.4.1 Provedená měření

##### Měření v exteriéru:

**Tabulka 12 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 4**

Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	8.1.2017 11:42:00
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	-0,7 °C až 6,4 °C
Průměrná teplota	1,4 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



Obrázek 17 Objekt č. 4 – Výsledky měření okna- měření v exteriéru  
Zdroj: [vlastní zpracování]

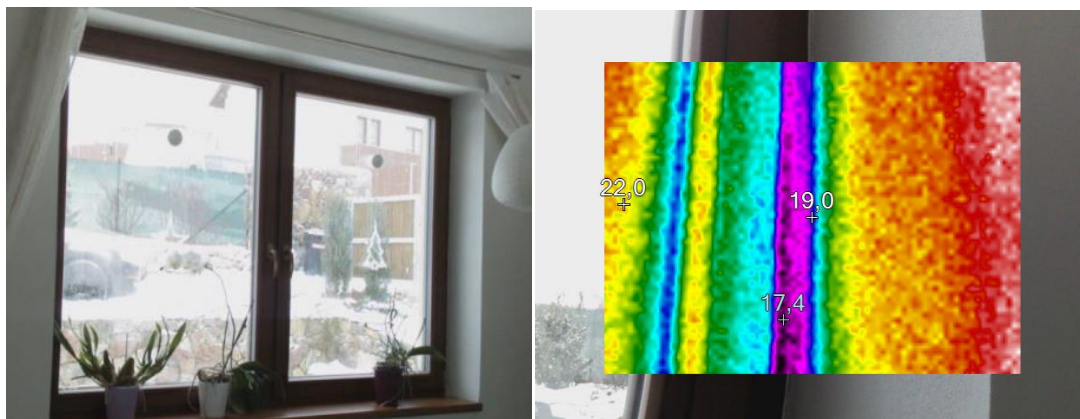
Naměřená teplota v exteriéru:  $-1^{\circ}\text{C}$ .

Naměřená povrchová teplota v připojovací spáře v exteriéru:  $3,8^{\circ}\text{C}$ .

### Měření v interiéru:

Tabulka 13 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č.4  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	8.1.2017 11:44:14
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	17,4 °C až 23,8 °C
Průměrná teplota	21,5 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



**Obrázek 18 Objekt č. 4 – Výsledky měření okna- měření v interiéru**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Naměřená teplota v interiéru: 22°C.

Naměřená povrchová teplota v interiéru v připojovací spáře: 18,2°C

#### **4.4.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika**

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce dřevěného okna v. 1480 mm x š. 2170 mm. Dřevěný profil (smrk) IV 92. V rámu dveří je zasklené izolačním trojsklo s nízkoemisivním zasklením – 4 PlanibelTop<sup>N+</sup> – 18A<sub>r</sub>90 % – 4 Float – 18A<sub>r</sub>90% – 4 Planibel Top<sup>N+</sup>. Nízkoemisivní zasklení je charakterizováno normálovou emisivitou  $\varepsilon_n = 0,05$  a čiré sklo má  $\varepsilon_n = 0,89$ . Střední teplota plynu  $T_m = 284,3$  K (odpovídá  $\Theta_{si} = 22^\circ\text{C}$ ,  $\Theta_{se} = 0,6^\circ\text{C}$ ).

##### **Metodický postup výpočtu:**

- výpočet tepelného odporu plynové vrstvy argonu s tl. 36 mm,
- výpočet součinitele prostupu tepla zasklení  $U_g$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla připojovací spáry,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$  pro okno 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku  $\Phi_w$  dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku připojovací spáry  $\Phi_{ps}$  u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm.

### Řešení:

- tepelný odpor plynové vrstvy argonu,
- odečet vlastností argonu při teplotě  $\Theta_m = 11,3^\circ\text{C}$  ( $T_m = 284,3 \text{ K}$ ) z tabulkové hodnoty normy<sup>77</sup>.

### Fyzikální údaje plynu:

Objemová hmotnost plynu	$\rho = 1,699 \text{ kg/m}^3$
Dynamická viskozita plynu	$\mu = 2,164 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(m.s)}$
Součinitel tepelné vodivosti plynu	$\lambda = 0,01684 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$
Specifická tepelná kapacita	$c = 519 \text{ J/(kg.K)}$

### Určení Prandtlova čísla:

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{2,164 \cdot 10^{-5} \cdot 519}{0,01684} = 0,6669$$

### Určení Grashofova čísla, při rozdílu teplot $\Delta T = 21,4 \text{ K}$

$$Gr = \frac{g \cdot \Delta T \cdot d^3 \cdot \rho^2}{\mu^2 \cdot T_m} = \frac{9,81 \cdot 21,4 \cdot 0,036^3 \cdot 1,699^2}{(2,164 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 284,3} = \frac{0,0283}{1,331 \cdot 10^{-7}} = 212622$$

kde:	g	gravitační zrychlení	$g = 9,81 \text{ [ m/s}^2\text{]}$
	d	hloubka plynové vrstvy	[m]
	$\rho$	objemová hmotnost plynu	[kg /m <sup>3</sup> ]
	a	součinitel teplotní vodivosti plynu	[m <sup>2</sup> /s ]
	$\mu$	dynamická viskozita plynu	[kg /(m .s )]
	$T_m$	střední teplota plynu	[K]

### Určení Nusseltova čísla:

$$Nu = 0,035 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot (212622 \cdot 0,6669)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot 90,71 = 3,17$$

<sup>77</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

Podle Nusseltova čísla definujeme, jaký typ přenosu tepla převládá:

- pokud  $N_u < 1$  tj. při  $G_r \cdot P_r < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě pouze kondukcí a radiací. Konvekce je omezená a neovlivňuje plošnou tepelnou propustnost vrstvy. Součinitel prostupu tepla  $N_u$  se dosadí v hodnotě 1 a součinitel prostupu tepla plynové vrstvy se vypočítá následovně:

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

- pokud  $N_u > 1$  tj. při  $G_r \cdot P_r < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě především konvekcí, ale i složkou kondukční a radiační.

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

Z provedeného výpočtu vychází  $N_u > 1$  (3,17). Lze tedy konstatovat, že tepelný tok se uskutečňuje všemi způsoby (kondukcí, radiací, konvekcí).

### **Výpočet tepelné propustnosti kondukcí a konvekcí**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost kondukcí a konvekcí:

$$h_g = N_u \cdot \frac{\lambda}{d} = 3,17 \cdot \frac{0,01684}{0,036} = 3,17 \cdot 0,468 = 1,48 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$h_g$	plošná tepelná propustnost kondukcí a konvekcí v plynové vrstvě	[W/m <sup>2</sup> .K]
	$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti plynu	[W/m <sup>2</sup> .K]
	$d$	hloubka plynové vrstvy	[ m ]

### **Výpočet tepelné propustnosti radiací**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost radiací:

$$h_r = 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 284,3^3$$



Výpočet poměru vzájemného sálání a určení upravené emisivity dle tabulkové hodnoty normy<sup>78</sup>.

$$\varepsilon_n = 0,05 \Rightarrow \varepsilon = 0,06$$

$$\varepsilon_n = 0,89 \Rightarrow \varepsilon = 0,84$$

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,06} + \frac{1}{0,84} + \frac{1}{0,06} - 1} = \frac{1}{16,67 + 1,19 + 16,67 - 1} = 0,03$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 284,3^3$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,03 \cdot 284,3^3 = 0,156 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $h_r$  plošná tepelná propustnost radiací povrchu plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup> · K)]  
 $C_\zeta$  Stefan – Bolzmanova konstanta  $5,67 \cdot 10^{-8}$  [W/(m<sup>2</sup> · K<sup>4</sup>)]  
 $T_m$  střední teplota plynu [K]  
 $\varepsilon_n = 0,05$  - nízkoemisivní sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,06$  - nízkoemisivní sklo s upravenou emisivitou  
 $\varepsilon_n = 0,89$  - čiré sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,84$  - čiré sklo s upravenou emisivitou

**Celková plošná tepelná propustnost plynové vrstvy se určí ze vztahu:**

$$\Lambda_g = h_g + h_r = 1,48 + 0,156 = 1,636 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $\Lambda_g$  plošná tepelná propustnost nevětrané plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup> · K)]  
 $h_g$  plošná tepelná propustnost prouděním a vedením v plynové vrstvě [W/(m<sup>2</sup> · K)]  
 $h_r$  plošná tepelná propustnost sáláním povrchu plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup> · K)]

<sup>78</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

### **Tepelný odpor plynové vrstvy se vypočítá následovně:**

$$R_g = \frac{1}{\Lambda_g} \Rightarrow R_g = \frac{1}{1,636} = 0,611 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:  $R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem [(m<sup>2</sup> · K)/W]

### **Výpočet součinitele prostupu tepla zasklením $U_g$ pro izolační trojsklo:**

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + R_g + \frac{d_2}{\lambda_2} + R_g + \frac{d_3}{\lambda_3} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,004}{0,75} + 0,611 + \frac{0,004}{1} + 0,611 + \frac{0,004}{0,75} + 0,04} = \frac{1}{1,407} = 0,71 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:  $R_{si}$  odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [(m<sup>2</sup>·K)/W]  
 $R_{se}$  odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [(m<sup>2</sup>·K)/W]  
 $R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem [(m<sup>2</sup>·K)/W]  
 $d$  tloušťka skla [m]  
 $\lambda$  součinitel teplotní vodivosti skla [W/(m·K)]

### **Určení součinitele prostupu tepla dřevěného rámu:**

$$U_f = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,092} = 1,431 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:  $U_f$  součinitel prostupu tepla rámové konstrukce [W/(m<sup>2</sup>·K)]  
 $R$  odpor při přestupu tepla rámové konstrukce [(m<sup>2</sup>·K)/W]

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 2170 x 1480 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>79</sup>:

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 1,78 \cdot 2 + 1,22 \cdot 2 = 6 \text{ m}$$

<sup>79</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chováníoken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

Plocha okna:

$$A = 2,17 \cdot 1,48 = 3,21 \text{ m}^2$$

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 1,78 \cdot 1,22 = 2,17 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 2,17 \cdot 2 + 0,13 \cdot 1,22 \cdot 3 = 1,04 \text{ m}^2$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 2170 x 1480 mm**

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,413 \cdot 1,04 + 0,71 \cdot 2,17 + 0,06 \cdot 6}{3,21} = \frac{3,3702}{3,21} = 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>80</sup>.

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 1,14 \cdot 2 + 1,14 \cdot 2 = 4,56 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A_w = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 1,14 \cdot 1,14 = 1,2996 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 1,4 \cdot 2 + 0,13 \cdot 1,14 \cdot 2 = 0,6604 \text{ m}^2$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,413 \cdot 0,6604 + 0,71 \cdot 1,2996 + 0,06 \cdot 4,56}{1,96} \\ = \frac{2,1294}{1,96} = 1,086 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

<sup>80</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Teplné chováníoken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

### Výpočet součinitele prostupu tepla přípojovací spáry podle vzorce:

$$U_{ps} = h_i \cdot \frac{\Theta_i - \Theta_{si}}{\Theta_i - \Theta_e} = 7,69 \cdot \frac{22 - 18,2}{22 - (-1)} = 1,168 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$U_{ps}$	součinitel prostupu tepla přípojovací spáry	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$h_i$	součinitel prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$\Theta_i$	teplota v interiéru	°C
	$\Theta_{si}$	vnitřní povrchová teplota přípojovací spáry	°C
	$\Theta_e$	teplota v exteriéru	°C

### Výpočet tepelného toku dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm

$$\Phi_w = (U_w \cdot A_w) \cdot \Delta T = (1,086 \cdot 1,96) \cdot 23 = \underline{\underline{48,96 \text{ W}}}$$

### Výpočet tepelného toku přípojovací spáry u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm

Výpočet plochy přípojovací spáry:

$$A_{ps} = 1,4 \cdot 0,001 \cdot 4 = 0,0056 \text{ m}^2$$

Výpočet tepelného toku přípojovací spáry:

$$\Phi_{ps} = (U_{ps} \cdot A_{ps}) \cdot \Delta T = (1,168 \cdot 0,0056) \cdot 23 = \underline{\underline{0,15 \text{ W}}}$$

## **4.5 Objekt č. 5 - Stavební otvorová výplň zapuštěná v konstrukci stavebního ostění**

Rodinný dům nacházející se v obci Bubovice je obydlený čtyřčlennou rodinou. Má obytné podkroví a sedlovou střechu. Obvodové stěny se skládají z keramických tvárnic POROTHERM 365 a minerální izolací 80 a SOV jsou dřevěné – smrk profil 78 zasklené izolačním dvojsklem.



**Obrázek 19 Objekt č. 5 - Novostavba Bubovice**

Zdroj: [vlastní zpracování]

**Tabulka 14 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) – objekt č. 5**

Zdroj: [vlastní zpracování]

Vrstva	Skladba	d (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> K)	c (J/kgK)	$\rho_0$ kg/m <sup>3</sup>
1	Vápenná omítka	0,015	0,88	840	1600
2	Porotherm 365	0,365	1,2	1000	760
3	Minerální izolace Isover TF Profi	0,08	0,036	880	275
4	Silikátová omítka	0,003	0,11	850	300

#### **Legenda k tabulce**

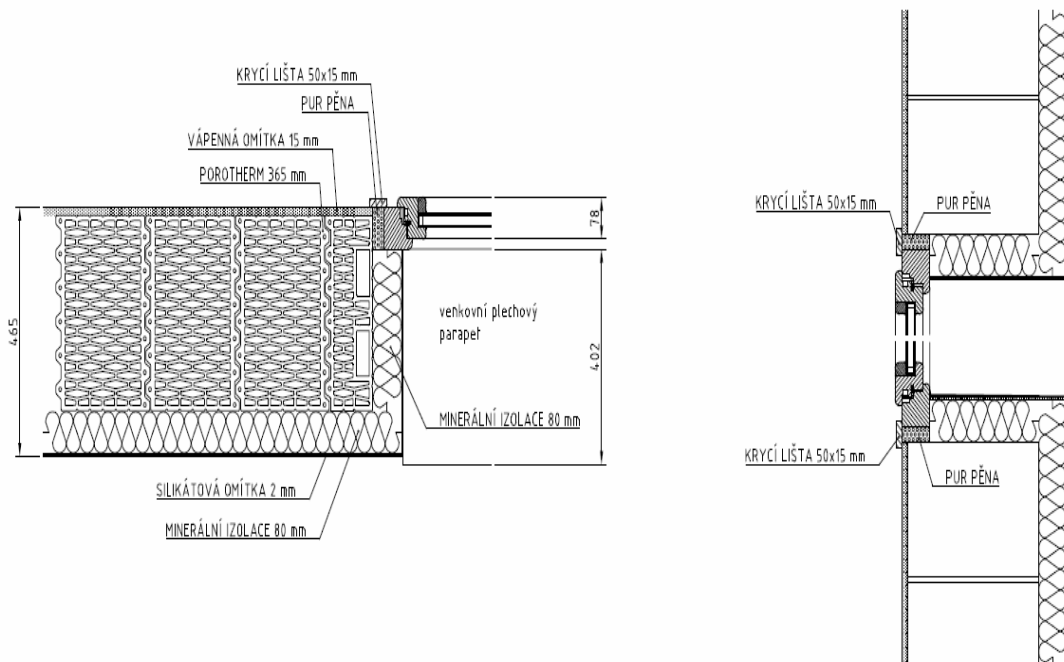
d - tloušťka vrstvy udávaná v metrech

$\lambda$  - součinitel tepelné vodivosti (W/m<sup>2</sup>.K)

c - měrná tepelná kapacita (J/kg . K)

$\rho_0$ - objemová hmotnost v suchém stavu kg/m<sup>3</sup>

SOV je o velikosti v. 1300 mm x š. 3000, dřevěný profil (smrk) IV 78 s izolačním dvojsklem se skladbou 4 Planibel Top<sup>N+</sup> - 20A<sub>r</sub> 90 % – 4 Float.



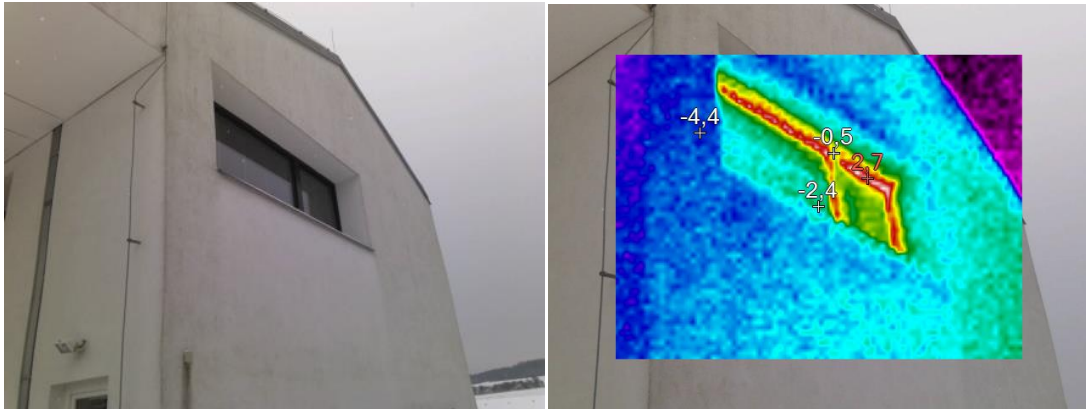
Obrázek 20 Objekt č. 5 – Konstrukce  
Zdroj: [vlastní zpracování]

#### 4.5.1 Provedená měření

##### Měření v exteriéru:

Tabulka 15 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 5  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	8.1.2017 12:04:23
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	-6 °C až 2,7 °C
Průměrná teplota	-3,5 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



Obrázek 21 Objekt č. 5 – Výsledky měření okna- měření v exteriéru  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Naměřená teplota v exteriéru:  $-5,2^{\circ}\text{C}$ .

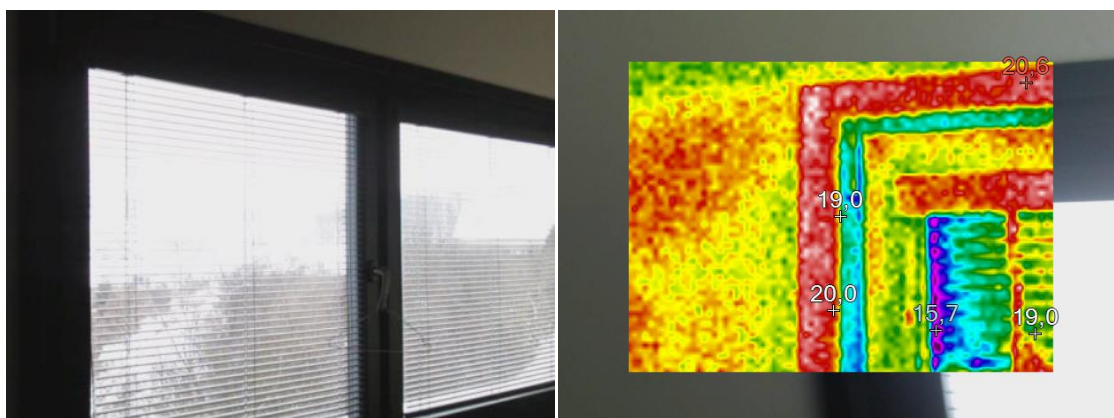
Naměřená povrchová teplota v exteriéru v připojovací spáře:  $-0,5^{\circ}\text{C}$ .

### Měření v interiéru:

Tabulka 16 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 5

Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	8.1.2017 12:08:34
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	15,7 °C až 20,6 °C
Průměrná teplota	19,2 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



**Obrázek 22 Objekt č. 5 – Výsledky měření okna- měření v interiéru**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Naměřená teplota v interiéru: 25°C.

Naměřená povrchová teplota v interiéru v přípojovací spáře: 20°C

#### **4.5.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika**

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce dřevěného okna v. 1300 mm x š. 3000 mm. Dřevěný profil (smrk) IV 78. V rámu dveří je zasklené izolačním dvojsklem s nízkoemisivním zasklením –4 Planibel Top<sup>N+</sup> - 20A<sub>r</sub>90 % – 4 Float. Nízkoemisivní zasklení je charakterizováno normálovou emisivitou  $\varepsilon_n = 0,05$  a čiré sklo má  $\varepsilon_n = 0,89$ . Střední teplota plynu  $T_m = 281,3$  K (odpovídá  $\Theta_{si} = 19^\circ\text{C}$ ,  $\Theta_{se} = -2,4^\circ\text{C}$ ).

#### **Metodický postup výpočtu:**

- výpočet tepelného odporu plynové vrstvy argonu s tl. 20 mm,
- výpočet součinitele prostupu tepla zasklení  $U_g$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla přípojovací spáry,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$  pro okno 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku  $\Phi_w$  dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku přípojovací spáry  $\Phi_{ps}$  u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm.

#### **Řešení:**

- tepelný odpor plynové vrstvy argonu,



- odečet vlastnosti argonu při teplotě  $\Theta_m = 8,3^\circ\text{C}$  ( $T_m = 281,3 \text{ K}$ ) z tabulkové hodnoty normy<sup>81</sup>.

### Fyzikální údaje plynu:

Objemová hmotnost plynu	$\rho = 1,699 \text{ kg/m}^3$
Dynamická viskozita plynu	$\mu = 2,164 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(m.s)}$
Součinitel tepelné vodivosti plynu	$\lambda = 0,01684 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$
Specifická tepelná kapacita	$c = 519 \text{ J/(kg.K)}$

### Určení Prandtlova čísla:

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{2,164 \cdot 10^{-5} \cdot 519}{0,01684} = 0,6669$$

### Určení Grashofova čísla, při rozdílu teplot $\Delta T = 21,4 \text{ K}$

$$Gr = \frac{g \cdot \Delta T \cdot d^3 \cdot \rho^2}{\mu^2 \cdot T_m} = \frac{9,81 \cdot 21,4 \cdot 0,020^3 \cdot 1,699^2}{(2,164 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 281,3} = \frac{0,00485}{1,317 \cdot 10^{-7}} = 36826$$

kde:	g	gravitační zrychlení $g = 9,81$	[m/s <sup>2</sup> ]
	d	hloubka plynové vrstvy	[m]
	$\rho$	objemová hmotnost plynu	[kg /m <sup>3</sup> ]
	a	součinitel teplotní vodivosti plynu	[m <sup>2</sup> /s ]
	$\mu$	dynamická viskozita plynu	[kg /(m .s )]
	$T_m$	střední teplota plynu	[K]

### Určení Nusseltova čísla:

$$Nu = 0,035 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot (36826 \cdot 0,6669)^{0,38}$$

$$Nu = 0,035 \cdot 46,59 = 1,63$$

Podle Nusseltova čísla definujeme, jaký typ přenosu tepla převládá:

- pokud  $Nu < 1$  tj. při  $Gr \cdot Pr < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě pouze kondukcí a radiací. Konvekce je omezená a neovlivňuje plošnou tepelnou propustnost

<sup>81</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

vrstvy. Součinitel prostupu tepla  $N_u$  se dosadí v hodnotě 1 a součinitel prostupu tepla plynové vrstvy se vypočítá následovně:

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

- pokud  $N_u > 1$  tj. při  $G_r \cdot P_r < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě především konvekcí, ale i složkou kondukční a radiační.

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

Z provedeného výpočtu vychází  $N_u > 1$  (1,63). Lze tedy konstatovat, že tepelný tok se uskutečňuje všemi způsoby (kondukcce, radiace, konvekce).

### **Výpočet tepelné propustnosti kondukci a konvekci**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost kondukci a konvekci:

$$h_g = N_u \cdot \frac{\lambda}{d} = 1,63 \cdot \frac{0,01684}{0,02} = 1,63 \cdot 0,842 = 1,372 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

kde:  $h_g$  plošná tepelná propustnost kondukce a konvekce v plynové vrstvě [W/m<sup>2</sup> .K]  
 $\lambda$  součinitel tepelné vodivosti plynu [W/m<sup>2</sup> .K]  
 $d$  hloubka plynové vrstvy [ m ]

### **Výpočet tepelné propustnosti radiaci**

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost radiaci:

$$h_r = 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 281,3^3$$

Výpočet poměru vzájemného sálání a určení upravené emisivity dle tabulkové hodnoty normy<sup>82</sup>.

$$\epsilon_n = 0,05 \Rightarrow \epsilon = 0,06$$

<sup>82</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

$$\varepsilon_n = 0,89 \Rightarrow \varepsilon = 0,84$$

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,06} + \frac{1}{0,84} + \frac{1}{0,06} - 1} = \frac{1}{16,67 + 1,19 - 1} = 0,059$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 281,3^3$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,059 \cdot 281,3^3 = 0,298 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $h_r$  plošná tepelná propustnost radiací povrchu plynové vrstvy [W/m<sup>2</sup>K]  
 $C_\zeta$  Stefan – Boltzmanova konstanta  $5,67 \cdot 10^{-8}$  [W/(m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>)]  
 $T_m$  střední teplota plynu [K]  
 $\varepsilon_n = 0,05$  - nízkoemisivní sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,06$  - nízkoemisivní sklo s upravenou emisivitou  
 $\varepsilon_n = 0,89$  - čiré sklo s normálovou emisivitou  
 $\varepsilon = 0,84$  - čiré sklo s upravenou emisivitou

**Celková plošná tepelná propustnost plynové vrstvy se určí ze vztahu:**

$$\Lambda_g = h_g + h_r = 1,372 + 0,298 = 1,67 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $\Lambda_g$  plošná tepelná propustnost nevětrané plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup>. K)]  
 $h_g$  plošná tepelná propustnost prouděním a vedením v plynové vrstvě [W/(m<sup>2</sup>. K)]  
 $h_r$  plošná tepelná propustnost sáláním povrchu plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup>. K)]

**Tepelný odpor plynové vrstvy se vypočítá následovně:**

$$R_g = \frac{1}{\Lambda_g} \Rightarrow R_g = \frac{1}{1,67} = 0,599 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- kde:  $R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem [(m<sup>2</sup>. K)/W]

### Výpočet součinitele prostupu tepla zasklením $U_g$ pro izolační trojsklo:

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + R_g + \frac{d_2}{\lambda_2} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,004}{0,75} + 0,599 + \frac{0,004}{1} + 0,04} = \frac{1}{1,826} = 1,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$R_{si}$	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$
	$R_{se}$	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$
	$R_g$	tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním plynem	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$
	$d$	tloušťka skla	$[\text{m}]$
	$\lambda$	součinitel teplotní vodivosti skla	$[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$

### Určení součinitele prostupu tepla dřevěného rámu:

$$U_f = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,078} = 1,667 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$U_f$	součinitel prostupu tepla rámové konstrukce	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
	$R$	odpor při přestupu tepla rámové konstrukce	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$

### Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 3000 x 1300 mm

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>83</sup>.

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 2,61 \cdot 2 + 1,04 \cdot 2 = 7,3 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A = 3 \cdot 1,3 = 3,9 \text{ m}^2$$

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 2,61 \cdot 1,04 = 2,71 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 3 \cdot 2 + 0,13 \cdot 1,04 \cdot 3 = 1,19 \text{ m}^2$$

<sup>83</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chováníoken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 3000 x 1300 mm**

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,667 \cdot 1,19 + 1,21 \cdot 2,71 + 0,06 \cdot 7,3}{3,9} = \frac{5,7008}{3,9} \\ = 1,462 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>84</sup>.

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 1,14 \cdot 2 + 1,14 \cdot 2 = 4,56 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A_w = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 1,14 \cdot 1,14 = 1,2996 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 1,4 \cdot 2 + 0,13 \cdot 1,14 \cdot 2 = 0,6604 \text{ m}^2$$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,667 \cdot 0,6604 + 1,21 \cdot 1,2996 + 0,06 \cdot 4,56}{1,96} = \frac{2,9461}{1,96} \\ = 1,503 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla přípojovací spáry podle vzorce:**

$$U_{ps} = h_i \cdot \frac{\Theta_i - \Theta_{si}}{\Theta_i - \Theta_e} = 7,69 \cdot \frac{25 - 20}{25 - (-5,2)} = 1,27 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde  $U_{ps}$  součinitel prostupu tepla přípojovací spáry [W/(m<sup>2</sup>.K)]

$h_i$  součinitel prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce [W/(m<sup>2</sup>.K)]

$\Theta_i$  teplota v interiéru °C

<sup>84</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Teplné chováníoken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

$\Theta_{si}$  vnitřní povrchová teplota připojovací spáry °C

$\Theta_e$  teplota v exteriéru °C

#### **Výpočet tepelného toku dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

$$\Phi_w = (U_w \cdot A_w) \cdot \Delta T = (1,503 \cdot 1,96) \cdot 30,2 = \underline{\underline{88,97 \text{ W}}}$$

#### **Výpočet tepelného toku připojovací spáry u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

Výpočet plochy připojovací spáry:

$$A_{ps} = 1,4 \cdot 0,001 \cdot 4 = 0,0056 \text{ m}^2$$

Výpočet tepelného toku připojovací spáry:

$$\Phi_{ps} = (U_{ps} \cdot A_{ps}) \cdot \Delta T = (1,27 \cdot 0,0056) \cdot 30,2 = \underline{\underline{0,2147 \text{ W}}}$$

### **4.6 Objekt č. 6 - Stavební otvorová výplň předsazená předkonstrukci stavebního ostění**

Rodinný dům, který je postavený z dřevěných panelů NOVATOP se nachází v obci Svatá u Berouna. V tomto domě bydlí tříčlenná rodina. Dům má obytné podkroví a sedlovou střechu. Obvodové stěny se skládají z dřevěných panelů NOVATOP, tepelnou izolací a dřevěném opláštěním v exteriéru. Okna a dveře jsou dřevěné - smrk profil 88 zasklené izolačním trojsklem.

**Obrázek 23 Objekt č. 6 - Novostavba Svata**

Zdroj: [vlastní zpracování]



**Tabulka 17 Charakteristika vrstev obvodové konstrukce (od interiéru) - objekt č. 6**

Zdroj: [vlastní zpracování]

Vrstva	Skladba	d (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> K)	c (J/kgK)	$\rho_0$ kg/m <sup>3</sup>
1	Měkké dřevo	0,084	0,18	2510	400
2	Dřevovláknitá deska STEICO THERM	0,16	0,041	2100	160
3	Měkké dřevo	0,0015	0,18	2510	400

### Legenda k tabulce

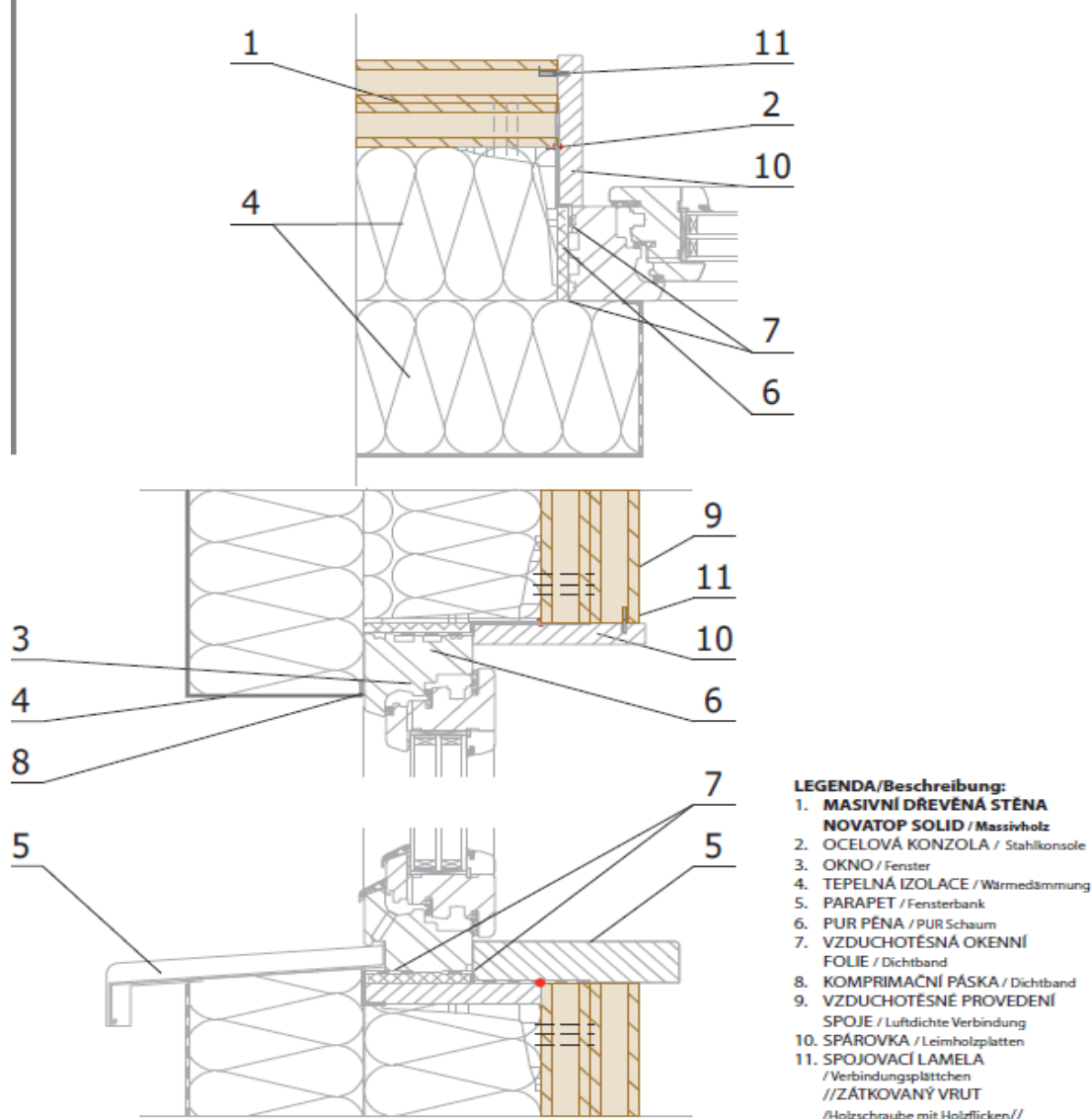
d - tloušťka vrstvy udávaná v metrech

$\lambda$  - součinitel tepelné vodivosti (W/m<sup>2</sup>. K)

c - měrná tepelná kapacita (J/kgK)

$\rho_0$  – objemová hmotnost v suchém stavu kg/m<sup>3</sup>

SOV je o velikosti v. 500 mm x š. 2400 mm, dřevěný profil (smrk) IV 88 s izolačním trojsklem se skladbou 4 Planibel Top<sup>N+</sup> 18A<sub>r</sub> 90 % – 4 Float – 18A<sub>r</sub> 90% – 4 Planibel Top<sup>N+</sup>.



ND 401

DETAIL OSAZENÍ OKNA  
Fenstereinbau

NOVATOP 

www.novatop-system.com

Obrázek 24 Objekt č. 6 – Konstrukce

Zdroj: [www: novatop-systém.cz]<sup>85</sup>

<sup>85</sup> Novatop. *Okna a dveře*. [online][cit. 2017-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.novatop-system.cz/ke-stazeni/soubory-ke-stazeni/>

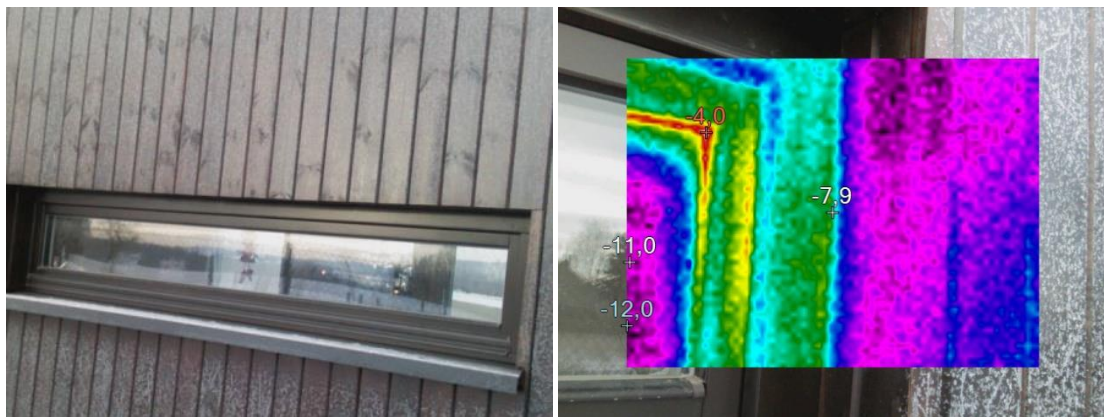


#### 4.6.1 Provedená měření

##### Měření v exteriéru:

**Tabulka 18 Výstupy z termokamery (měření v exteriéru) - objekt č. 6**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	7.1.2017 9:26:23
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	-12,0 °C až -4,0 °C
Průměrná teplota	-9,4 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



**Obrázek 25 Objekt č. 6 – Výsledky měření okna- měření v exteriéru**  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Naměřená teplota v exteriéru: -12,5°C.

Naměřená povrchová teplota v exteriéru v připojovací spáře: -7,9°C

## Měření v interiéru:

**Tabulka 19 Výstupy z termokamery (měření v interiéru) - objekt č. 6**

Zdroj: [vlastní zpracování]

Čas obrázku	7.1.2017 9:37:03
Emisivita	0,95
Teplota pozadí	22,0 °C
Přenos	100%
Rozsah obrázku	11,4 °C až 25,3 °C
Průměrná teplota	22,4 °C
Závažnost	
Model kamery	TiS20
Velikost IR senzoru	120 x 90
Výrobce kamery	Fluke Thermography
Rozsah kalibrace	-20,0 °C až 80,0 °C
Sériové číslo kamery	TiS20-16110354
Verze DSP	3.10.14
Verze OCA	3.10.14



**Obrázek 26 Objekt č. 6 – Výsledky měření okna- měření v interiéru**

Zdroj: [vlastní zpracování]

Naměřená teplota v interiéru: 22°C.

Naměřená povrchová teplota v interiéru v připojovací spáře: 17°C

### **4.6.2 Tepelně-technická výpočtová diagnostika**

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce dřevěného okna v. 500 mm x š. 2400 mm. Dřevěný profil (smrk) IV 88. V rámu dveří je zasklené izolačním trojsklem s nízkoemisivním zasklením – 4 PlanibelTop<sup>N+</sup> - 18A<sub>r</sub>90 % – 4 Float – 18A<sub>r</sub>90% – 4 PlanibelTop<sup>N+</sup>. Nízkoemisivní zasklení je charakterizováno normálovou emisivitou  $\epsilon_n = 0,05$  a čiré sklo má  $\epsilon_n = 0,89$ . Střední teplota plynu  $T_m = 278$  K (odpovídá  $\Theta_{si} = 22^\circ\text{C}$ ,  $\Theta_{se} = -12^\circ\text{C}$ ).

### **Metodický postup výpočtu:**

- výpočet tepelného odporu plynové vrstvy argonu s tl. 36 mm,
- výpočet součinitele prostupu tepla zasklení  $U_g$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$ ,
- výpočet součinitele prostupu tepla přípojovací spáry,
- výpočet součinitele prostupu tepla okna  $U_w$  pro okno 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku  $\Phi_w$  dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm,
- výpočet tepelného toku přípojovací spáry  $\Phi_{ps}$  u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm.

### **Řešení:**

- tepelný odpor plynové vrstvy argonu,
- odečet vlastnosti argonu při teplotě  $\Theta_m = 5^\circ\text{C}$  ( $T_m = 278\text{ K}$ ) z tabulkové hodnoty normy<sup>86</sup>.

### **Fyzikální údaje plynu:**

Objemová hmotnost plynu	$\rho = 1,762\text{ kg/m}^3$
Dynamická viskozita plynu	$\mu = 2,101 \cdot 10^{-5}\text{ kg/(m.s)}$
Součinitel tepelné vodivosti plynu	$\lambda = 0,01634\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Specifická tepelná kapacita	$c = 519\text{ J/(kg.K)}$

### **Určení Prandtlova čísla:**

$$P_r = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{1,762 \cdot 10^{-5} \cdot 519}{0,01634} = 0,5597$$

### **Určení Grashofova čísla, při rozdílu teplot $\Delta T = 34\text{K}$**

$$G_r = \frac{g \cdot \Delta T \cdot d^3 \cdot \rho^2}{\mu^2 \cdot T_m} = \frac{9,81 \cdot 34 \cdot 0,036^3 \cdot 1,762^2}{(2,101 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 278} = \frac{0,04831}{1,227 \cdot 10^{-7}} = 393724$$

---

<sup>86</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota  $U$ ) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

kde:	g	gravitační zrychlení g = 9,81	[m/s <sup>2</sup> ]
	d	hloubka plynové vrstvy	[m]
	ρ	objemová hmotnost plynu	[kg /m <sup>3</sup> ]
	a	součinitel teplotní vodivosti plynu	[m <sup>2</sup> /s ]
	μ	dynamická viskozita plynu	[kg /(m .s )]
	T <sub>m</sub>	střední teplota plynu	[K]

### Určení Nusseltova čísla:

$$N_u = 0,035 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,38}$$

$$N_u = 0,035 \cdot (39374 \cdot 0,5597)^{0,38}$$

$$N_u = 0,035 \cdot 107,2 = 3,753$$

Podle Nusseltova čísla definujeme, jaký typ přenosu tepla převládá:

- pokud  $N_u < 1$  tj. při  $Gr \cdot Pr < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě pouze kondukcí a radiací. Konvekce je omezená a neovlivňuje plošnou tepelnou propustnost vrstvy. Součinitel prostupu tepla  $N_u$  se dosadí v hodnotě 1 a součinitel prostupu tepla plynové vrstvy se vypočítá následovně:

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

- pokud  $N_u > 1$  tj. při  $Gr \cdot Pr < 6780$ , teplo se šíří v plynové vrstvě především konvekcí, ale i složkou kondukční a radiační.

$$\frac{1}{R_g} = 1 \frac{\lambda}{d} + 4 \cdot C_{\check{c}} \cdot E \cdot T_m^3$$

Z provedeného výpočtu vychází  $N_u > 1$  (3,753). Lze tedy konstatovat, že tepelný tok se uskutečňuje všemi způsoby (kondukcí, radiací, konvekcí).

### Výpočet tepelné propustnosti kondukcí a konvekcí

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost kondukcí a konvekcí:

$$h_g = N_u \cdot \frac{\lambda}{d} = 3,753 \cdot \frac{0,01634}{0,036} = 3,753 \cdot 0,454 = 1,703 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

kde:  $h_g$  plošná tepelná propustnost kondukcí a konvekcí v plynové vrstvě [W/m<sup>2</sup> .K]

$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti plynu	[W/m <sup>2</sup> .K]
$d$	hloubka plynové vrstvy	[m]

### Výpočet tepelné propustnosti radiací

Pro výpočet se použije následující vztah pro plošnou tepelnou propustnost radiací:

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 278^3$$

Výpočet poměru vzájemného sálání a určení upravené emisivity dle tabulkové hodnoty normy<sup>87</sup>.

$$\varepsilon_n = 0,05 \Rightarrow \varepsilon = 0,06$$

$$\varepsilon_n = 0,89 \Rightarrow \varepsilon = 0,84$$

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,06} + \frac{1}{0,84} + \frac{1}{0,06} - 1} = \frac{1}{16,67 + 1,19 + 16,67 - 1} = 0,03$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot E \cdot 278^3$$

$$h_r = 4 \cdot C_\zeta \cdot E \cdot T_m^3 = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,03 \cdot 278^3 = 0,146 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

kde:  $h_r$  plošná tepelná propustnost radiací povrchu plynové vrstvy

[W/m<sup>2</sup>K]

$C_\zeta$  Stefan – Boltzmanova konstanta  $5,67 \cdot 10^{-8}$

[W/(m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>)]

$T_m$  střední teplota plynu

[K]

$\varepsilon_n = 0,05$  - nízkoemisivní sklo s normálovou emisivitou

$\varepsilon = 0,06$  - nízkoemisivní sklo s upravenou emisivitou

$\varepsilon_n = 0,89$  - čiré sklo s normálovou emisivitou

$\varepsilon = 0,84$  - čiré sklo s upravenou emisivitou

### Celková plošná tepelná propustnost plynové vrstvy se určí ze vztahu:

$$\Lambda_g = h_g + h_r = 1,703 + 0,146 = 1,849 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

kde:  $\Lambda_g$  plošná tepelná propustnost nevětrané plynové vrstvy [W/(m<sup>2</sup>. K)]

<sup>87</sup> ČSN EN 673. Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

$h_g$  plošná tepelná propustnost prouděním a vedením v  
plynové vrstvě [W/(m<sup>2</sup>. K)]

$h_r$  plošná tepelná propustnost sáláním povrchu plynové  
vrstvy [W/(m<sup>2</sup>. K)]

**Tepelný odpor plynové vrstvy se vypočítá následovně:**

$$R_g = \frac{1}{\Lambda_g} \Rightarrow R_g = \frac{1}{1,849} = 0,54 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

kde:  $R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy  
s inertním plynem [(m<sup>2</sup>. K)/W]

**Výpočet součinitele prostupu tepla zasklením  $U_g$  pro izolační trojsklo:**

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + R_g + \frac{d_2}{\lambda_2} + R_g + \frac{d_3}{\lambda_3} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,004}{0,75} + 0,54 + \frac{0,004}{1} + 0,54 + \frac{0,004}{0,75} + 0,04} \\ = \frac{1}{1,265} = 0,79 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

kde:  $R_{si}$  odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [(m<sup>2</sup>.K)/W]

$R_{se}$  odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [(m<sup>2</sup>.K)/W]

$R_g$  tepelný odpor vzduchové vrstvy nebo vrstvy s inertním  
plynem [(m<sup>2</sup>.K)/W]

$d$  tloušťka skla [m]

$\lambda$  součinitel teplotní vodivosti skla [W/(m.K)]

**Určení součinitele prostupu tepla dřevěného rámu:**

$$U_f = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,088} = 1,477 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

kde:  $U_f$  součinitel prostupu tepla rámové konstrukce [W/(m<sup>2</sup>.K)]

$R$  odpor při přestupu tepla rámové konstrukce [(m<sup>2</sup>.K)/W]

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 2400 x 500 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>88</sup>.

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 2,14 \cdot 2 + 0,24 \cdot 2 = 4,76 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A = 2,4 \cdot 0,5 = 1,2 \text{ m}^2$$

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 2,14 \cdot 0,24 = 0,5136 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 2,4 \cdot 2 + 0,13 \cdot 0,24 \cdot 2 = 0,6864 \text{ m}^2$$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 2400 x 500 mm**

$$\begin{aligned} U_w &= \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,477 \cdot 0,6864 + 0,79 \cdot 0,5136 + 0,06 \cdot 4,76}{1,2} \\ &= \frac{1,7051}{1,2} = 1,421 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

### **Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

Lineární činitel prostupu tepla okna dle normy<sup>89</sup>.

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Délka obvodu zasklení:

$$l_g = 1,14 \cdot 2 + 1,14 \cdot 2 = 4,56 \text{ m}$$

Plocha okna:

$$A_w = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$

---

<sup>88</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chováníoken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

<sup>89</sup>ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chováníoken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

Plocha zasklení a plocha rámu:

$$A_g = 1,14 \cdot 1,14 = 1,2996 \text{ m}^2$$

$$A_f = 0,13 \cdot 1,4 \cdot 2 + 0,13 \cdot 1,14 \cdot 2 = 0,6604 \text{ m}^2$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A} = \frac{1,477 \cdot 0,6604 + 1,421 \cdot 1,2996 + 0,06 \cdot 4,56}{1,96} \\ = \frac{3,0957}{1,96} = 1,629 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla přípojovací spáry podle vzorce:**

$$U_{ps} = h_i \cdot \frac{\Theta_i - \Theta_{si}}{\Theta_i - \Theta_e} = 7,69 \cdot \frac{22 - 17}{22 - (-12,5)} = 1,114 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde:	$U_{ps}$	součinitel prostupu tepla přípojovací spáry	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$h_i$	součinitel prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$\Theta_i$	teplota v interiéru	°C
	$\Theta_{si}$	vnitřní povrchová teplota přípojovací spáry	°C
	$\Theta_e$	teplota v exteriéru	°C

**Výpočet tepelného toku dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

$$\Phi_w = (U_w \cdot A_w) \cdot \Delta T = (1,421 \cdot 1,96) \cdot 34,5 = \underline{\underline{96,09 \text{ W}}}$$

**Výpočet tepelného toku přípojovací spáry u dřevěného okna o rozměru 1400 x 1400 mm**

Výpočet plochy přípojovací spáry:

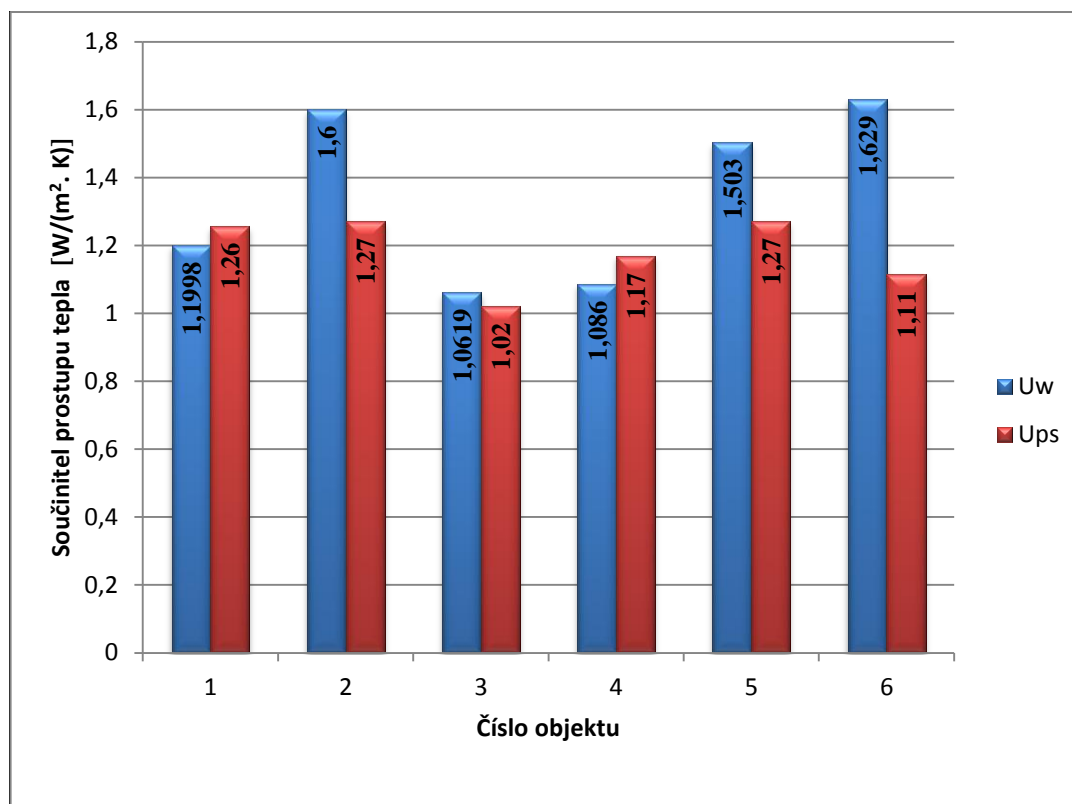
$$A_{ps} = 1,4 \cdot 0,001 \cdot 4 = 0,0056 \text{ m}^2$$

Výpočet tepelného toku přípojovací spáry:

$$\Phi_{ps} = (U_{ps} \cdot A_{ps}) \cdot \Delta T = (1,114 \cdot 0,0056) \cdot 34,5 = \underline{\underline{0,1932 \text{ W}}}$$



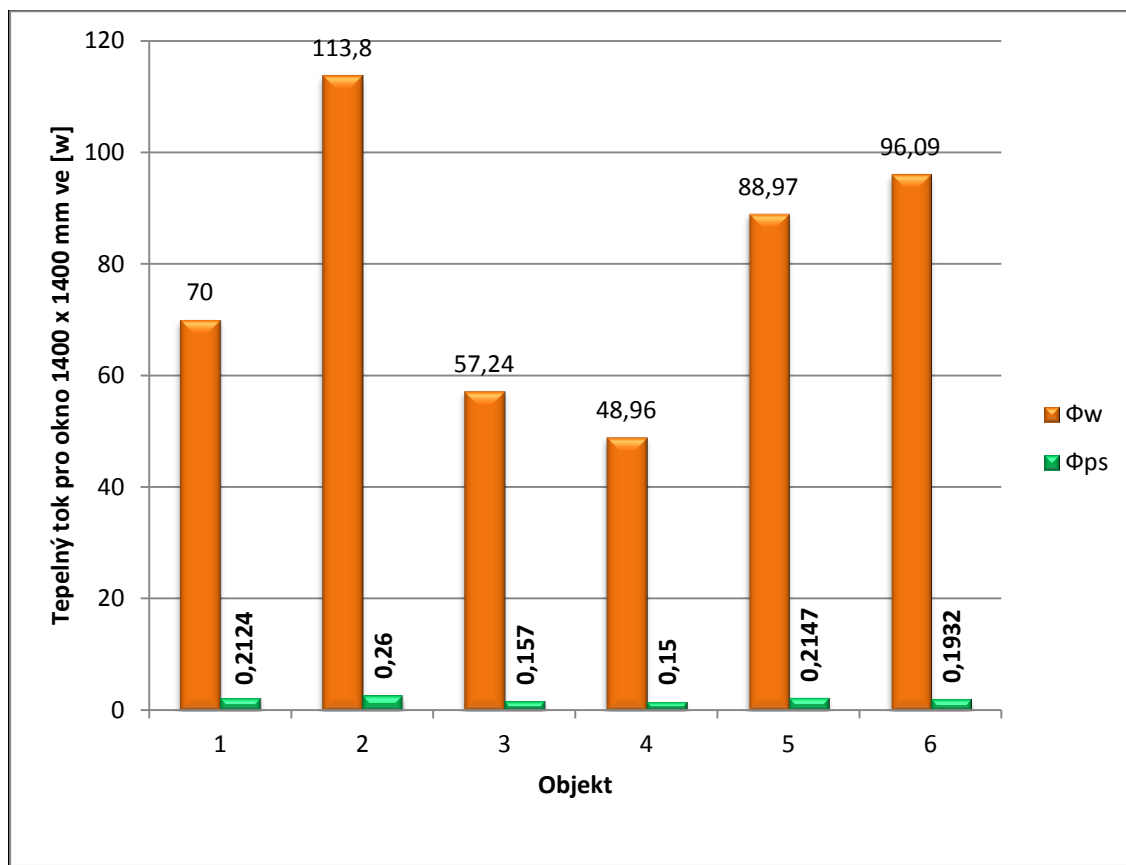
## 5 Analýzy naměřených a vypočítaných dat



Graf 1- Porovnání součinitele prostupu tepla oken a přípojovacích spár jednotlivých objektů  
Zdroj: [vlastní zpracování]

Z uvedeného grafu vyplývá, že nejlepší součinitel prostupu tepla otvorové výplně a přípojovací spáry byl naměřen u objektu č. 3. Jedná se o objekt se stavební otvorovou výplní zapuštěnou v konstrukci stavebního ostění. Objekt má profil okna 92 s izolačním trojsklem.

Naopak nejhorší tepelně izolační vlastnosti byly naměřeny u objektu č. 2. Stavební otvorové výplně tohoto objektu jsou také líčující v konstrukci stavebního ostění. Objekt má profil okna 68 s izolačním dvojsklem.



**Graf 2- Porovnání hodnot tepelného toku [ $\Phi$ ] oken a přípojovacích spár pro rozměr oken 1400 x 1400 mm**

Zdroj: [vlastní zpracování]

Z uvedeného grafu vyplývá, že nejlepší tepelně izolační vlastnosti byly naměřeny u objektu č. 4. Jedná se o objekt se stavební otvorovou výplní lícující v konstrukci stavebního ostění. Objekt má profil okna 92 s izolačním trojsklem.

Naopak nejhorší tepelně izolační vlastnosti byly naměřeny u objektu č. 2. Stavební otvorové výplně tohoto objektu jsou také lícující v konstrukci stavebního ostění. Objekt má profil okna 68 s izolačním dvojsklem.

## 6 Vyhodnocení zjištěných dat

Lze konstatovat, že typ montáže SOV nijak výrazně neovlivňuje tepelně - technické vlastnosti stavebních konstrukcí. Největší vliv na tepelně - technické vlastnosti stavebních konstrukcí má neodborně provedená montáž SOV.

Důraz je třeba klást především na správné provedení přípojovací spáry. V případě nesprávného provedení dochází u vnitřního uzávěru přípojovací spáry k průniku vzdušné vlhkosti z místnosti do funkční spáry. Dlouhodobým působením vlhkosti na přípojovací spáru degraduje její tepelněizolační výplň a způsobuje ztrátu funkčnosti tepelné izolace. Tím vzniká tepelný most a projevuje se plíseň. V zimním období vzniká významný rozdíl mezi tlakem vodní páry v interiéru a tlakem v exteriéru. To způsobuje vedení vodní páry skrz konstrukci. V případě, že narazí na studenou oblast, dochází k její kondenzaci a tvorbě plísni. Tomu lze zabránit důsledným utěsněním spojů a použitím parotěsné pásky. Tepelněizolační výplň musí být ve spáře vyplněna v celé její hloubce a šířce. Venkovní uzávěr u přípojovací spáry musí být vodotěsný, aby zabránil průniku srážkové vody z exteriéru do spáry. Pro vodní páry nacházející se v přípojovací spáře musí být paropropustný a chránit tepelněizolační výplň před ultrafialovým slunečním zářením.

## 7 Závěr

V současné době je kladen velký důraz na úsporu energií ve stavebnictví. Velký význam na úsporu energií budov mají SOV, jako jsou okna a dveře. Lze konstatovat, že SOV jsou jedny z nejnáročnějších stavebních prvků, neboť jsou na ně kladeny velké požadavky.

První část této diplomové práce představuje exkurs do oblasti základní terminologie SOV. SOV prochází neustálým vývojem. Z tohoto důvodu se diplomová práce dále zabývá současnými materiály v oblasti zasklení a kování. Tato část práce se dále věnuje základním požadavkům na SOV a jejich mechanicko-fyzikálním vlastnostem. Současně se zmiňuje i o zásadách řádné a kvalitní montáže SOV do stavebního díla.

Druhá část práce je zaměřena na samotné měření teplot. V úvodu této části bylo vybráno šest objektů s rozdílným osazením do konstrukce stavebního ostění (předsazená, lícující, zapuštěná). Pomocí termokamery Fluke Termography byla provedena měření základních hodnot oken v exteriéru a v interiéru stavební konstrukce. Dle naměřených hodnot byla u každého objektu provedena tepelně-technická výpočtová diagnostika, zaměřená na výpočet tepelného toku, přípojovací spáry a SOV. Provedenými výpočty bylo ověřeno, zda navržená konstrukce vyhovuje stanoveným požadavkům. Na základě srovnání vypočtených a stanovených hodnot byl vybrán objekt s nejlepšími a nejhoršími tepelně izolačními vlastnostmi. Naměřené a vypočtené hodnoty jednotlivých objektů byly porovnány a zpracovány do grafické podoby. Závěrem byl vyhodnocen objekt s nejlepšími tepelně izolačními vlastnostmi. Lze konstatovat, že nejlepší hodnoty byly u objektu č. 4, který představoval SOV profil IV 92 s izolačním trojsklem lícujícím do konstrukce stavebního ostění.

## 8 Seznam použitých zdrojů

### 8.1 Knihy a odborné publikace

BÁČOVÁ, Marie. EBEL, Martin. LESNIAKOVÁ, Petra. SCHUBERT, Alfréd. SOLAŘ, Miloš. ŠPAČEK, Ladislav. ŠTULC, Josef. ŠVÁCHA, Rostislav. VŠETEČKA, Petr. *Obnova okenních výplní a výkladců*. Praha: Národní památkový ústav, 2010, 147 s. ISBN 978-80-87104-58-3.

CHMÚRNY,Ivan. *Tepelná ochrana budov*.Bratislava: Jaga group,,2003, 230 s. ISBN 8088905273.

KOČÍ, Ivan. *Okna*. Praha: Grada Publishing,a.s., 2000, 84 s. ISBN 80-247-9023-8.

MOTYKOVÁ, Adéla. *Okna*. Praha: Grada Publishing,a.s., 2008, 112 s. ISBN 978-80-247-2674-8.

NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický ekologický dům*. Bratislava: Jaga group, 2002, 283 s. ISBN 80-88905-74-5.

NUTSCH, WOLFGANG a kol. *Příručka pro truhláře*. Praha: Europa-Sobotáles cz.s.r.o., 2006, 616 s. ISBN 80-86706-14-1.

PETRTYL, Zdeněk. ŠUBRT,Roman. *Moderní okna*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, 135 s. ISBN 978-80-247-4286-1.

PTÁČEK,Petr.*Ochrana dřeva*.Praha: Grada Publishing, a.s., 2009, 95 s. ISBN 978-80-247-2326-6.

PUŠKÁR, Anton. FUČILA, Jozef. SZOMOLÁNYIOVÁ Klára.MRLÍK Jindřich.*Okna,dveře, prosklené stěny*.Bratislava:Jaga group.,2003, 255 s. ISBN 80-88905-47-8.

VAVERKA, Jiří. HAVÍŘOVÁ Zdeňka. JINDRÁK Miroslav a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada Publishing,a.s., 2008, 376 s. ISBN 978-80-247-2205-4.

## 8.2 Normy ČSN

ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov: Část 2 - Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 56 s.

ČSN 73 0532. *Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. 24 s.

ČSN EN 673. *Sklo ve stavebnictví- Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) – Výpočtová metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 16 s.

ČSN EN ISO 10 077 – 1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla- Část 1: Všeobecně*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007. 44 s.

ČSN EN 204. *Klasifikace termoplastických lepidel na dřevo pro nekonstrukční aplikace*. Praha: Český normalizační institut, 2017. 12 s.

ČSN EN 205. *Lepidla - Lepidla na dřevo pro nekonstrukční aplikace - Stanovení pevnosti lepeného spojení ve smyku při tahovém namáhání*. Praha: Český normalizační institut, 2017. 14 s.

### 8.3 Internetové portály

Zdokonalujeme dřevo. *Holz schiller.eu*[online].2011 [cit. 2016-01-11]. Dostupné z WWW: [http://www.holz-schiller.eu/?p=waermegeadaemmt\\_kantel&s=profi&l=CZ](http://www.holz-schiller.eu/?p=waermegeadaemmt_kantel&s=profi&l=CZ).

Slovník pojmů. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/slovník-pojmu/>

Zasklení. *Pasivní domy.cz*[online].2013 [cit. 2016-03-11]. Dostupné z WWW: [www.pasivnidomy.cz/webve-infolisty-05-zaskleni/f2525](http://www.pasivnidomy.cz/webve-infolisty-05-zaskleni/f2525)

ING. PELIŠ, Josef. Vlastnosti celoobvodového kování. In: *Roto* [online].2009 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z WWW: <http://www.rtkovani.cz/pool/Vlastnosti-celoobvodoveho-kovani-Roto-NT.pdf>

Funkce kování při plnění stavebně technických požadavků. *Tzb* [online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/268-funkce-kovani-pri-plneni-stavebnetechnickych-pozadavku>

Větrat znamená zdravě bydlet!. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/rady-a-tipy/spravne-vetrani.html>

Solární tepelné zisky. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/slovník-pojmu/solarni-tepelne-zisky.html>

Zkoušky a posuzování oken. *Stavebnictví3000.cz*[online].2005 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zkousky-posuzovani-oken/>

Okna-vlastnosti a posuzování shody.*Tzbinfo*[online].2007 [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4004-okna-vlastnosti-a-posuzovani-shody>

Součinitel spárové průvzdušnosti. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/slovník-pojmu/soucinitel-sparove-pruvzdušnosti.html>

Technické parametry oken-o čem se nemluví. *Tzbinfo*[online].2013 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/9551-technicke-parametry-okna-o-cem-se-nemluvi>

Rozdělení těsnění funkční spáry. *Tzb* [online][cit. 2016-03-12]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/247-rozdeleni-tesneni-funkcni-spary>

Požární vlastnosti otvorových výplní a jejich prokazování. *Konstrukce*[online][cit. 2016-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.konstrukce.cz/clanek/pozarni-vlastnosti-otvorovych-vyplni-a-jejich-prokazovani/>

Okna Šírer. *Airotherm*. [online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z WWW: <http://www.oblibene.cz/userdata/shopimg/oknasirer/Image/eurooknai88/dreviny-smrk-airotherm.jpg>

Holz-schiller. *Hranoly PS-Sandwich*. [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z WWW: [http://www.holz-schiller.de/?p=waermegeaedemmt\\_kantel&s=profi&l=CZ](http://www.holz-schiller.de/?p=waermegeaedemmt_kantel&s=profi&l=CZ)

Montáž oken Solid comfort v dřevostavbě. *Slavona* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.slavona.cz/montaze-okna-dveri/montaz-okna-solid-comfort-v-drevostavbe.html>

Termokamery. *Termokamera FLUKE TiS20*. [online][cit. 2017-03-12]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/247-rozdeleni-tesneni-funkcni-spary>

Epřístroje. *Digitální teploměr IN/OUT TFA 30.2018.01*. [online][cit. 2017-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.epřístroje.cz/media/images/919948854.jpg>



Novatop. *Okna a dveře*. [online][cit. 2017-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.novatop-system.cz/ke-stazeni/soubory-ke-stazeni/>

Zasklení. *Praha: Centrum pasivního domu*. [online]. [cit. 15. 4. 2016]. Dostupné z WWW: <http://www.pasivnidomy.cz/zaskleni/t364?chapterId=1765>