



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta stavební  
Katedra konstrukcí pozemních staveb

## Optimalizace parametrů oken použitých v Domově pro seniory

## Optimization of the Windows Used in the Retirement Home

Bakalářská práce

Studijní obor: Architektura a stavitelství  
Studijní program: Architektura a stavitelství

Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

**Liya Gaynutdinova**

---

**Praha, 2019**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Gaynutdinova

Jméno: Liya

Osobní číslo: 458 584

Zadávací katedra: K124 (Katedra konstrukcí pozemních staveb)

Studijní program: Architektura a stavitelství

Studijní obor: Architektura a stavitelství

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Optimalizace parametrů oken použitých v Domově pro seniory

Název bakalářské práce anglicky: Optimizing the parameters of windows used in the Retirement home

Pokyny pro vypracování:

Na základě projektu z předmětu 129ATV4 převzít dispoziční řešení, konstrukční návrh objektu a tepelně technické posouzení obalových konstrukcí. Nově bude provedeno: Osazení objektu do reálné situace minimálně ve dvou variantách. Posouzení proslunění bytů pro seniory. Podrobné hodnocení denního osvětlení v obytných místnostech v závislosti na použitém typu osvětlovacího otvoru, materiálu zasklení a vyložení předsazené konstrukce. Výstupem budou grafy znázorňující závislost činitele denní osvětlenosti na výše uvedených okrajových podmínkách a na velikosti osvětlovacího otvoru. Součástí práce bude vyhodnocení rizika přehřívání vytípaných místností v závislosti na výše uvedených okrajových podmínkách. Zakreslení navržených změn ve vybraných částech projektové dokumentace.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN ISO 13 792 Tepelné chování budov - Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení - Zjednodušené metody, ÚNMZ Praha, říjen 2012.

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ Praha, říjen 2011, Změna Z1 z dubna 2012.

ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI Praha, červen 2007.

ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov, ČNI Praha, červen 2007.

ČSN 73 4301 Obytné budovy, ČNI Praha, červen 2004.

VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. Stavební světelná technika - přednášky. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 176 s. 2016. ISBN 978-80-01-06060-5

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 18. 2. 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 26. 5. 2019

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

18.02.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

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

V Praze dne 25. 5. 19

.....

podpis

## **Anotace**

Cílem této bakalářské práce je posouzení projektu Domova pro seniory v obci Cejle z hlediska proslunění, osvětlení, tepelné techniky a optimalizace návrhu oken. Na začátku je popsán objekt, jehož architektonické a stavebně-konstrukční řešení slouží jako podklad pro výpočty. V následující kapitole je objekt hodnocen z hlediska proslunění a jsou stanoveny podmínky splnění požadavku příslušných norem a pro účely výpočtu je vytvořen digitální model v odborném softwaru. Dále objekt je posuzován z hlediska denního osvětlení a je zkoumán dopad změny parametrů oken na činitel denní osvětlenosti v kritických bodech. Dále za pomoci softwaru budou provedeny výpočty teplot v kritické místnosti, která je náchylná na přehřívání. Pak byl vytvořen vlastní program v prostředí Matlab [19], pomocí kterého je spočítaná roční měrná potřeba tepla na vytápění, závisající na parametrech oken a orientaci objektu ke světovým stranám. V poslední kapitole jsou shrnuty výsledky a hledá se optimální varianta, která odpovídá všem požadavkům z předchozích kapitol. V závěru jsou uvedeny doporučení pro projektanta objektu.

## **Klíčová slova**

Optimalizace návrhu, proslunění, denní osvětlení, riziko přehřívání v létě, potřeba tepla na vytápění, udržitelnost

### **Annotation**

The purpose of this bachelor thesis is to evaluate the design for a retirement facility in Cejle from a viewpoint of insolation, lighting and thermal building physics, and to optimize the parameters of the windows. In the beginning the building, whose architectural and structural design serves as the calculation data, is described. In the consecutive chapter the building is evaluated in regards to insolation and the standard meeting conditions are determined. For the purpose of calculation, a digital model of the building is created in a special software. Then the building is evaluated in regards to daylight and the influence of the window parameters' change on the daylight factor of the critical points is explored. Next, using a software, temperature in the critical room, that is prone to overheating in summer, is calculated. Then with a help of the author's own scripts in Matlab [19] annual energy need for heating is calculated, depending on the windows' parameters and building's orientation. In the last chapter the results are summarised and the optimal variant, which meets all the requirements of the previous chapters, is searched for. In the conclusion, the recommendations for the building's design are summarized.

### **Keywords**

Design optimalization, insolation, daylight, summer overheating, energy need for heating, sustainability

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>1 Objekt</b>	<b>10</b>
1.1 Situace . . . . .	10
1.2 Architektonické řešení . . . . .	11
1.3 Rozdělení objektu na zóny . . . . .	13
1.3.1 Obytná část 1 . . . . .	14
1.3.2 Obytná část 2 . . . . .	14
1.3.3 Chodba . . . . .	14
1.3.4 Hospodářský úsek . . . . .	17
1.3.5 Stravovací úsek . . . . .	17
1.3.6 Ordinace . . . . .	17
1.3.7 Hala a počítačová učebna . . . . .	18
1.4 Stavebně-konstrukční řešení . . . . .	18
1.4.1 Obvodový plášť . . . . .	18
1.4.2 Konstrukce balkónu . . . . .	20
1.4.3 Vnitřní nosné konstrukce . . . . .	20
1.4.4 Instalační předstěny . . . . .	20
1.4.5 Stropy a podlahy . . . . .	20
1.4.6 Podhledy . . . . .	22
1.4.7 Střešní souvrství . . . . .	23
1.5 Výplně okenních otvorů . . . . .	24
<b>2 Proslunění</b>	<b>26</b>
2.1 Obytná část 1 . . . . .	27
2.2 Obytná část 2 . . . . .	28
<b>3 Denní osvětlení</b>	<b>34</b>
3.1 Obytná část 1 . . . . .	35

3.2	Obytná část 2 . . . . .	38
<b>4</b>	<b>Riziko přehřívání v létě</b>	<b>39</b>
4.1	Obytná část 1 . . . . .	39
4.2	Obytná část 2 . . . . .	40
<b>5</b>	<b>Potřeba tepla na vytápění</b>	<b>42</b>
5.1	Obytná část 1 . . . . .	45
5.2	Obytná část 2 . . . . .	45
5.3	Chodba . . . . .	48
<b>6</b>	<b>Stanovení optima</b>	<b>50</b>
6.1	Obytná část 1 . . . . .	50
6.2	Obytná část 2 . . . . .	52
6.3	Celkový objekt . . . . .	55
	<b>Závěr</b>	<b>57</b>



# Úvod

V současné době se téma pasivních domů stává čím dál tím aktuálnější. Důvody, proč navrhovat a stavět pasivní domy, jsou jak ekonomické a ekologické, tak i legislativní. Podle 31/2010/EU směrnice o energetické náročnosti budov [1] totiž je požadováno, aby od roku 2020 byly nové budovy v zemích EU téměř energeticky nulové. Pojmu „pasivní dům“ odpovídá budova řízeně větraná s rekuperací tepla, s vynikajícími parametry tepelné izolace a velmi vzduchotěsným provedením konstrukcí, přičemž její roční potřeba tepla na vytápění nesmí přesáhnout  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  [2].

V rámci předmětu 129ATV4 — konstrukční ateliér, jsem zpracovávala projekt domova pro seniory v obci Cejle. Jednou z nejzávažnějších podmínek pro konstrukční návrh bylo splnění některých požadavků kladených na pasivní domy, zejména návrh skladeb obvodových konstrukcí se součinitelem prostupu tepla  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] odpovídajících doporučeným hodnotám pro pasivní budovy  $U_{pas,20}$  [12]. Dále, průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy  $U_{em}$  by neměl překročit  $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  [3]. V části technických zařízení budov se zpracoval energetický koncept budovy, zahrnující i mechanické větrání s rekuperací tepla.

Samozřejmě, jenom splnění těchto podmínek negarantuje, že navržený objekt bude odpovídat všem požadavkům na pasivní domy a že bude zaručena kvalita vnitřního prostředí z hlediska proslunění, denního osvětlení a tepelné pohody v létě. Z časových důvodů těmto aspektům navrhování se věnovalo méně během výuky ateliéru - jak konstrukčního, tak i architektonického.

Proto ve své bakalářské práci jsem se rozhodla udělat o něco krok zpátky a nejen ověřit, zda navržený objekt opravdu vyhovuje výše zmíněným požadavkům, ale i zoptimalizovat návrh okenních otvorů a umístění objektu z hlediska proslunění, denního osvětlení a tepelné pohody v létě.

Protože moderní izolační okna výrazně přispívají k tepelným ziskům budovy [4], jejich umístění, rozměry a další parametry výrazně ovlivňují tepelnou bilanci objektu. Na druhou stranu to může mít nepříznivý účinek v letním období,



navíc materiálově-konstrukční řešení objektu jako dřevostavby dělá tuto budovu obzvlášť náchylnou k přehřívání [5]. Protože energetická úspornost a ostatní zmíněné požadavky někdy mohou jít proti sobě, součástí práce je taky optimalizace stínících prvků a orientace objektu ke světovým stranám přes hledání „zlaté střední cesty“.

# Kapitola 1

## Objekt

Navržený objekt se nachází v obci Cejle v místě bývalého JZD. Budova je dvou-podlažní, rozsáhlého půdorysu s vnitřním nezastřešeným dvorem. Objekt je nepodsklepený a má dvě nadzemní podlaží. Půdorysný rozměr objektu je  $53,9 \times 32,5 \text{ m}$ , zastavěná plocha činí cca  $1\,225 \text{ m}^2$ , hrubá podlahová plocha  $2\,450 \text{ m}^2$ , obestavěný prostor činí  $7\,399 \text{ m}^3$ .

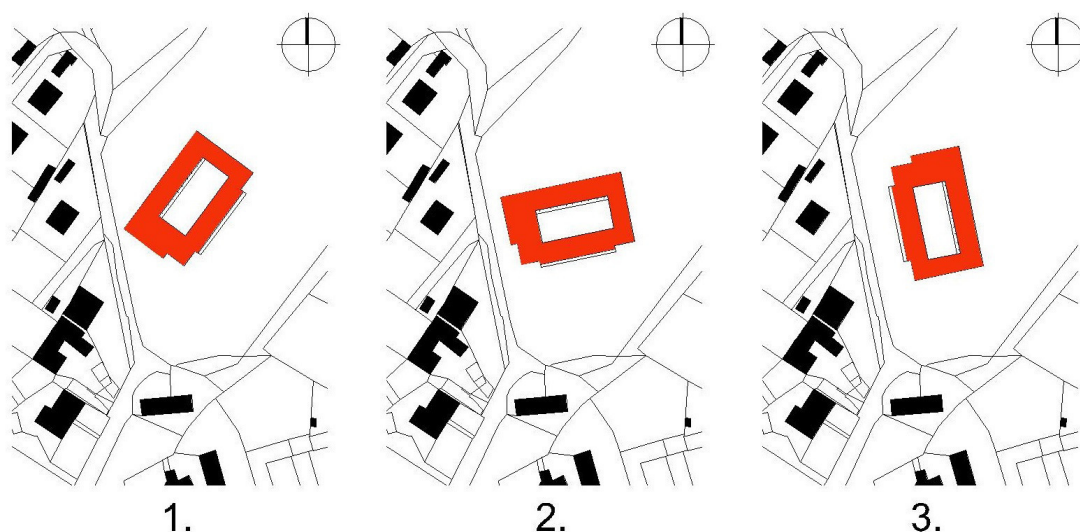
Objekt bude sloužit převážně jako bydlení s pečovatelskou službou pro 36 lidí. Celkem je navrženo 32 dvoulůžkových buněk velikosti  $41,54 \text{ m}^2$ , 4 jednolůžkové buňky velikosti  $28,86 \text{ m}^2$ . Víceúčelová hala o ploše  $133,2 \text{ m}^2$  v jižní části objektu slouží pro pořádání společenských akcí, jako jsou různá pěvecká, hudební a herecká vystoupení nebo bude využíván pro vytvoření zázemí k některým oslavám pořádaných obcí či jinou organizací. Do jižní části je situováno WC pro muže i ženy (vč. bezbariérového), které je možno samostatně využívat i během akcí konaných v objektu. V jižní části objektu je umístěna ordinace praktického lékaře s čekárnou, která bude sloužit jak pro nájemníky domova, tak i pro obyvatele obce Cejle.

### 1.1 Situace

Parcela leží v katastrálním území Cejle a je vytvořena propojením osmi menších parcel, které jsou částečně zastavěny nepoužívanými zemědělskými objekty. Ty jsou připraveny k demolici a následně dojde k vyčištění území. Pozemek je rovinný a zatravněný a je dobře přístupný z obecní komunikace. Výška stavebního pozemku se pohybuje v rozmezí 550–551 B.p.v.

Orientace objektu má velký vliv na tepelnou bilanci pasivních budov [6], z hlediska solárních tepelných zisků nejvýhodnější jsou orientace prosklených ploch

na jihozápad, jih a jihovýchod. V původním projektu objekt je orientován souběžně s okolní zástavbou, viz obr. 1.1 - orientace 1. Objekt má největší prosklené plochy na jihovýchod (okna obytných místností) a severozápad (okna do chodby). Jako další variantu umístění budeme uvažovat natočení objektu kratším půdorysným rozměrem kolmo k komunikaci, což bude znamenat nejen větší otočení oken obytných místností k jihu, ale i větší otočení oken chodby k severu, obr. 1.1 - situace 2. Třetí varianta orientace je natočení objektu delším půdorysným rozměrem souběžně s komunikací, obr.1.1 - situace 3. V tomto případě fasády objektu s největší plochou prosklení skoro směřují na čistý východ-západ.



Obrázek 1.1: Varianty umístění objektu

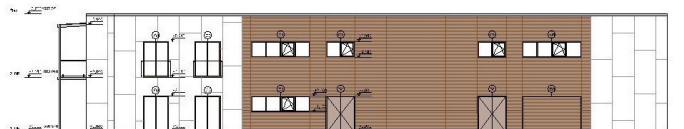
Protože pro takhle složitý objekt je těžko odhadnout nejvhodnější orientaci, vyhodnotíme každou variantu z různých hledisek výpočtem v dalších kapitolách.

## 1.2 Architektonické řešení

Půdorys vychází z obdélníkového tvaru s nezastřešeným vnitřním dvorem. Obytné buňky jsou obráceny na jihovýchod s výhledem do krajiny nebo vnitřního dvora. Obyvatelé 1. NP mají výstup na osobní terasy. Většina oken, zejména do obytných a společenských místností obrácených na jižní stranu, je řešena jako francouzská a umožňuje výstup na terasu, resp. balkón. Objekt je zastřešen plochou střechou a doplněn o samonosné ocelové konstrukce balkónů. Budova není podsklepena a úroveň podlahy je osazena přibližně 150 mm nad stávající terén. Na střešní krytinu budou osazeny fotovoltaické panely. Fasády jsou z vnější strany obloženy

velkoformátovými deskami Parklex s povrchem z tropického dřeva bílé barvy a z části vodorovně orientovanými dřevěnými latěmi tmavé barvy, viz obr. 1.2.



## Severovýchodní pohled



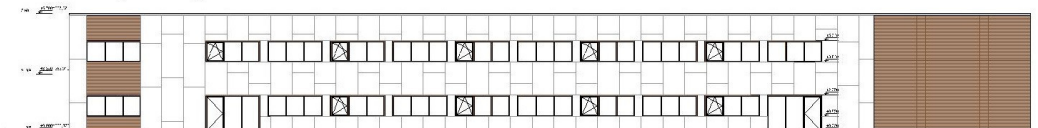
## Jihozápadní pohled



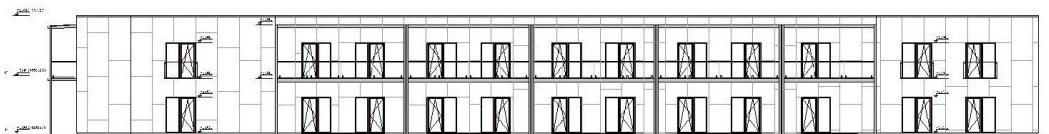
## LEGENDA

-  Obklad ze dřevěných lamel
-  Velkoplošná dřevěná fasádní deska Parklex barvy Quartz

## Severozápadní pohled



## Jihovýchodní pohled



*Obrázek 1.2: Vnější fasády objektu, označení je podle původní orientace*

V procesu konstrukčního návrhu největší změny, kterým postoupil objekt, byly právě rozměry okenních otvorů, které se oproti architektonické studii staly výrazně menší, viz obr.1.3.

Pro zmenšení počtu případných kombinací různých rozměrů oken a šířek markýzy na zvladatelnou úroveň, budeme se řídit těmito předpoklady:

- původní vzhled objektu bude zachován: existující rastr oken a balkóny plnicí funkci markýzy;
- změna rozměru oken bude probíhat kolem svislé osy u francouzských oken
- všechna okna na jedné fasádě budou mít stejný rozměr, když to je zamýšleno v původním projektu;
- rozměry oken se budou měnit o násobek modulové šířky 100 mm;
- vodorovné markýzy i nadále budou sloužit primárním stínícím prvkem, jejich minimální rozměr bude omezen na 900 mm z hlediska plnění funkce balkónu.

Severozápadní pohled - studie



Jihozápadní pohled - studie





Severozápadní pohled - studie



Jihozápadní pohled - studie



## LEGENDA

-  Omítka
-  Cementovláknitá fasádní deska

*Obrázek 1.3: Porovnání architektonické studie objektu a konečného konstrukčního návrhu*

### 1.3 Rozdělení objektu na zóny

Provozně je objekt možno oddělit na čtyři části. Hlavní část se skládá z obytných buněk, které jsou spojené kruhovou chodbou s ostatními částmi. Chodba má okna do vnitřního dvora i venkovního prostoru. Hospodářský úsek, zahrnující garáž, technickou místnost, přípravnu jídel, dílnu, sklady, prádelnu, se nachází v severní části objektu a je napojen na obslužní cestu. V jižní části se nachází víceúčelová hala a ordinace lékaře s WC pro návštěvníky.

### 1.3.1 Obytná část 1

Obytná část 1 je zóna zahrnující obytné buňky s okny obrácenými do vnitřního dvora v 1. NP a 2. NP, viz obr. 1.4, 1.5 — vyznačeno červeně. Zde se nachází 8 dvoulůžkových buněk a 2 jednolůžkové buňky.

- Hrubá podlažní plocha:  $468,52 \text{ m}^2$
- Objem:  $2\,184,2 \text{ m}^3$
- Objem přiváděného vzduchu:  $800 \text{ m}^3/h$
- Počet osob: 18
- Teplota:  $20 \text{ }^\circ\text{C}$

### 1.3.2 Obytná část 2

Obytná část 2 je zóna zahrnující obytné buňky s okny obrácenými ven v 1. NP a 2. NP, viz obr. 1.4, 1.5 — vyznačeno modře. Zde nachází 8 dvoulůžkových buněk a 2 jednolůžkové buňky.

- Hrubá podlažní plocha:  $468,52 \text{ m}^2$
- Objem vzduchu:  $1\,029 \text{ m}^3$
- Objem přiváděného vzduchu:  $800 \text{ m}^3/h$
- Počet osob: 18
- Teplota:  $20 \text{ }^\circ\text{C}$

### 1.3.3 Chodba

Tato zóna zahrnuje hlavní chodbu objektu a podružné prostory vč. schodišť v 1. NP a 2. NP, viz obr. 1.4, 1.5 — vyznačeno zeleně.

- Hrubá podlažní plocha:  $708 \text{ m}^2$
- Objem vzduchu:  $1\,346 \text{ m}^3$
- Objem přiváděného vzduchu:  $175 \text{ m}^3/h$
- Teplota:  $16 \text{ }^\circ\text{C}$

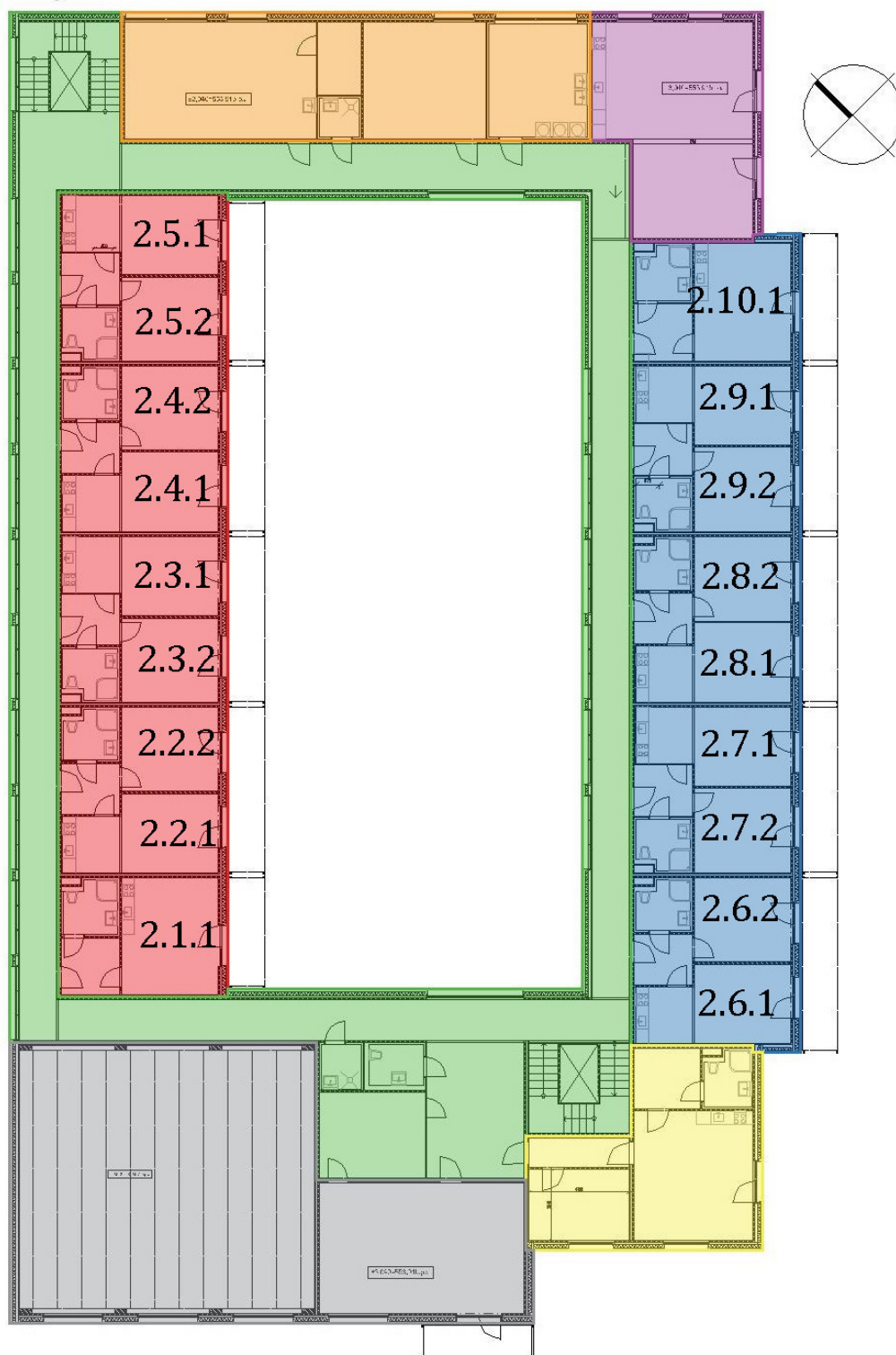
## Půdorys 1. NP



Obrázek 1.4: Rozdělení objektu na zóny v 1. NP.



## Půdorys 2. NP



Obrázek 1.5: Rozdělení objektu na zóny v 2. NP.

### 1.3.4 Hospodářský úsek

Hospodářský úsek je zóna zahrnující garáž, technickou místnost v 1. NP a dílnu, sklady a prádelnu v 2. NP, viz obr. 1.4, 1.5 — vyznačeno oranžově.

- Hrubá podlažní plocha:  $155 \text{ m}^2$
- Objem vzduchu:  $372,3 \text{ m}^3$
- Objem přiváděného vzduchu:  $375 \text{ m}^3/h$
- Teplota:  $16 \text{ }^\circ\text{C}$

### 1.3.5 Stravovací úsek

Zahrnuje přípravnu jídel a podružné prostory skladů a zaměstnanecké šatny, jídelnu v 1. NP a společenskou místnost s kuchyňkou v 2. NP, viz obr. 1.4, 1.5 — vyznačeno fialově.

- Hrubá podlažní plocha:  $169 \text{ m}^2$
- Objem vzduchu:  $396 \text{ m}^3$
- Objem přiváděného vzduchu:  $525 \text{ m}^3/h$
- Počet osob: 40
- Teplota:  $20 \text{ }^\circ\text{C}$

### 1.3.6 Ordinace

To je zóna zahrnující ordinace praktického lékaře se šatnou a umývárnu, čekárnou a WC pro pacienty v 1. NP a místností sestry a sklady v 2. NP, viz obr. 1.4, 1.5 — vyznačeno žlutě.

- Hrubá podlažní plocha:  $131 \text{ m}^2$
- Objem vzduchu:  $280,8 \text{ m}^3$
- Objem přiváděného vzduchu:  $175 \text{ m}^3/h$
- Počet osob: 2
- Teplota:  $20 \text{ }^\circ\text{C}$

### 1.3.7 Hala a počítačová učebna

Zahrnuje víceúčelovou halu v 1. NP a počítačovou učebnu v 2. NP, viz obr. 1.4, 1.5 — vyznačeno šedě.

- Hrubá podlažní plocha:  $196 \text{ m}^2$
- Objem vzduchu:  $973,4 \text{ m}^3$
- Objem přiváděného vzduchu:  $1\,500 \text{ m}^3/\text{h}$
- Počet osob: 60
- Teplota:  $20 \text{ }^\circ\text{C}$

## 1.4 Stavebně-konstrukční řešení

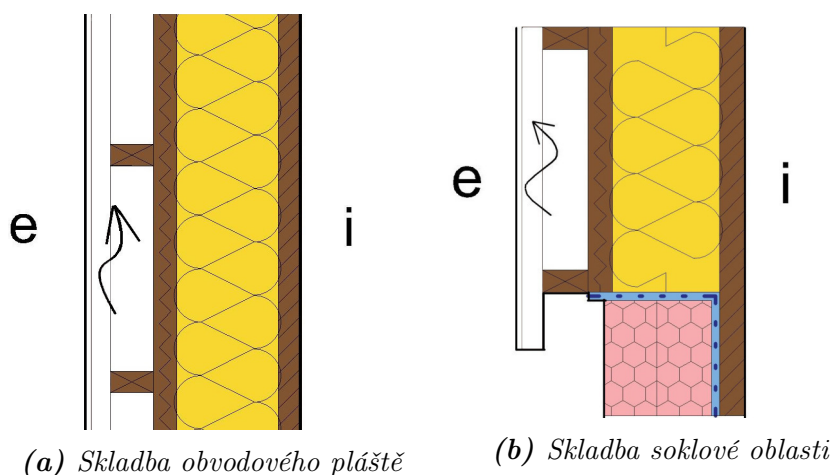
Veškeré výpočty v následujících podsekcích jsou prováděny v programu Teplo 2017 EDU [8]. Pomocí softwaru byly stanoveny součinitel prostupu tepla, tepelný odpor, nejnižší vnitřní povrchovou teplotu, teplotní faktor, pokles dotykové teploty a roční bilanci zkondenzované a vypařené vodní páry podle ČSN EN ISO 6946 [13], EN ISO 13788 [14], ČSN 730540 [12], protokoly výpočtů viz příloha.

### 1.4.1 Obvodový plášť

Obvodový plášť tvoří CLT panel tl. 60 mm s izolací vnějších stěn z lněného vlákna, která je uložena do roštu z dřevěných I-nosníků s zateplenou OSB stojinou. Fasády jsou řešeny jako dvouplášťové, provětranou mezerou tvoří dvojitý rošt tloušťky 170 mm, obloženy fasádní deskou Parklex barvy Quartz nebo dřevěnými latěmi barvy ořech. Dešťové žlaby a svody jsou skryty v provětrávané mezeře a ocelové sloupky balkónů jsou částečně zapuštěny do fasády bez narušení tepelné izolace. Hydroizolace základové desky je vytažena 300 mm nad úroveň terénu a je chráněna XPS tl. 280 mm.

#### Skladba (od exteriéru):

- Obklad z velkoplošné dřevěné fasádní desky Parklex, tl. 12 mm
- Větraná mezera na dvojitém roštu, tl. 160 mm
- Pojistná hydroizolační difuzně otevřená rohož tl. 8 mm



- Difuzně otevřená dřevovláknitá deska tl. 60 mm
- Tepelná izolace lněná, mezi sbíjenými I-nosníky se zateplenou stojinou, tl. 320 mm
- CLT panel, tl. 60 mm

$$U_{\text{wall}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{\text{pas},20} = 0,12 - 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_{\text{Rsi}} = 0,971 \geq f_{\text{Rsi,crit},-17^\circ\text{C}} = 0,801.$$

V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

#### Skladba soklové oblasti (od exteriéru):

- Vnější omítka – fasádní omítka Baunit nanoprotop
- Základní nátěr – Baunit premiumprimer tl. 2mm
- Sklotextilní síťovina – Baunit opentex
- Základní vrstva – Baunit opencontact tl. 2mm
- Izolační desky – Baunit XPS-R - tloušťky 280 mm + kotevní prvky – Baunit Startrack
- Lepicí hmota – Baunit opencontact tl. 2mm
- Hydroizolace – GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL tl. 4 mm
- CLT panel, 60 mm

$$U_{\text{plinth}} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{\text{pas},20} = 0,15 - 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_{\text{R,si}} = 0,968 \geq f_{\text{Rsi,crit},-17^\circ\text{C}} = 0,801.$$

V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

### 1.4.2 Konstrukce balkónu

Sloupky balkónů jsou tvořené válcovanými čtvercovými trubkami  $100 \times 100 \times 10$  mm z oceli 355, na které jsou přivařené příčle profilu UPE 160. Rozpon je 7 m. Do profilů je osazen CLT panel tloušťky 90 mm s kročejovou izolací z dřevovláknité desky 40 mm a hydroizolaci z PVC fólie. Na to je pak osazená konstrukce podlahy z dřevěných trámů na gumových podložkách a dřevěných palubek. Veškeré ocelové konstrukce mají nátěr světle-šedé barvy.

### 1.4.3 Vnitřní nosné konstrukce

Svislou nosnou konstrukci tvoří obvodové a vnitřní nosné stěny z CLT panelů Stora Enso tloušťky  $2 \times 60$  mm nebo 120 mm. Do vnitřních nosných stěn typu  $2 \times 60$  mm je vložena nehořlavá izolace z minerálních vláken.

### 1.4.4 Instalační předstěny

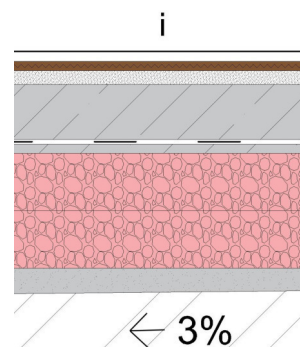
Instalační předstěny ve všech podlažích jsou SDK příčky Duragips na kovové konstrukci R-CW, tloušťky 75 mm – opláštěné z vnější strany kombinací desek RF (DF)  $2 \times 12,5$  mm (z vnější strany), s minerální izolací tloušťky 50 mm o minimální objemové hmotnosti  $15 \text{ kg/m}^3$ .

### 1.4.5 Stropy a podlahy

Všechny stropní konstrukce jsou z CLT panelů tloušťky 120 mm nad 1. NP a 90 mm nad 2. NP (střecha). V 1.-2. NP je pochozí povrch tvořen lehkou plovoucí podlahou s vyrovnávacím podsypem Fermacell tl. 50 mm. Jako kročejová izolace je použita dřevovláknitá deska Steico Floor tl. 40 mm. Dle místa použití pochozí vrstva je keramická dlažba, laminát nebo marmoleum.

#### Skladba podlahy obytných místností:

- Nášlapná vrstva laminát VARIOSTEP 5985 Sherwood Oak tl. 8 mm
- Podlahový prvek Fermacell 2E31 tl. 35 mm (2 x 12,5 mm sádrovláknitá deska + 10 mm dřevovláknitá deska)



Obrázek 1.7: Podlaha na terénu

- Kročejová izolace dřevovláknitá Steico Floor tl. 40 mm
- Roznášecí vrstva sádrovláknitá deska Fermacell tl. 10 mm
- Podsyp vyrovnávací Fermacell tl. 50 mm
- Geotextilie
- Nosná konstrukce stropu CLT panel tl. 120 mm (v 2. N.P.) nebo ŽB deska (v 1. N.P.) tl. 250 mm, hydroizolace - asfaltový pas, podkladní beton 50 mm, štěrk z pěnokla 500 mm, drenážní vrstva štěrku ve spadu min. tl. 120 mm.

Pro podlahu na terénu:

$$U_{\text{plinth}} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{\text{pas},20} = 0,15 - 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_{\text{R,si}} = 0,968 \geq f_{\text{Rsi,crit},-17^\circ\text{C}} = 0,801.$$

V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

#### Skladba podlahy společenských místností:

- Nášlapná vrstva Marmoleum Decibel Cocoa tl. 3,5 mm
- Samonivelační stěrka Fermacell tl. 5 mm
- PVC fólie
- Podlahový prvek Fermacell 2E31 tl. 35 mm (2 x 12,5 mm sádrovláknitá deska + 10 mm dřevovláknitá deska)
- Kročejová izolace dřevovláknitá Steico Floor tl. 40 mm
- Roznášecí vrstva sádrovláknitá deska Fermacell tl. 10 mm
- Podsyp vyrovnávací Fermacell tl. 50 mm
- PVC fólie
- Nosná konstrukce stropu CLT panel tl. 120 mm (v 2. N.P.) nebo ŽB deska (v 1. N.P.) tl. 250 mm, hydroizolace - asfaltový pas, podkladní beton 50 mm, štěrk z pěnokla 500 mm, drenážní vrstva štěrku ve spadu min. tl. 120 mm.

Pro podlahu na terénu:

$$U_{\text{plinth}} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{\text{pas},20} = 0,15 - 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_{\text{R,si}} = 0,968 \geq f_{\text{Rsi,crit},-17^\circ\text{C}} = 0,801.$$

V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

#### Skladba podlahy koupelen, WC, technických místností:

- Keramická dlažba 30 × 30 cm, protiskluzová, tl. 10 mm
- Lepicí tmel – jednosložkový lepicí tmel na bázi cementu pro lepení keramických obkladů a dlažeb (třída C2T S1) tl. 6 mm
- Podlahový prvek Fermacell 2E31 tl. 35 mm (2 x 12,5 mm sádrovláknitá deska + 10 mm dřevovláknitá deska)
- Kročejová izolace dřevovláknitá Steico Floor tl. 40 mm
- Roznášecí vrstva sádrovláknitá deska Fermacell tl. 10 mm
- Podsyp vyrovnávací Fermacell tl. 50 mm
- PVC fólie
- Nosná konstrukce stropu CLT panel tl. 120 mm (v 2. N.P.) nebo ŽB deska (v 1. N.P.) tl. 250 mm, hydroizolace - asfaltový pas, podkladní beton 50 mm, štěrku z pěnoskla 500 mm, drenážní vrstva štěrku ve spadu min. tl. 120 mm.

Pro podlahu na terénu:

$$U_{\text{plinth}} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{\text{pas},20} = 0,15 - 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_{\text{R,si}} = 0,968 \geq f_{\text{Rsi,crit},-17^\circ\text{C}} = 0,801.$$

V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

#### 1.4.6 Podhledy

V koupelnách, WC a na chodbách jsou použity akustické podhledy typu: akustický bezespárý podhled Knauf - desky Knauf tl. 15 mm, minerální vlna tl. 45 mm – zavěšený na dřevěném roštu. V meziprostoru mezi stropní konstrukcí a podhledy jsou vedeny technické instalace.

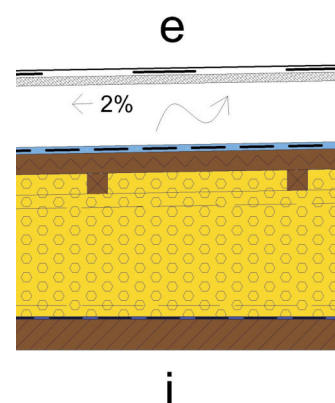


### 1.4.7 Střešní souvrství

Konstrukce střechy je tvořena z CLT panelů, na které jsou osazeny pultové dřevěné nosníky s OSB stojinou, vyrobené na míru, s kontralatěmi ze dřeva. Dále na kontralatě budou osazeny difuzně otevřené dřevovláknité desky, na které se připevní dřevěné I-nosníky se záklopem z OSB desky, tvořící provětrávanou mezeru. Zateplení střechy bude prováděno z foukané celulózy mezi nosníky. Dešťové žlaby a svody jsou skryty v provětrávané mezeře fasády. Pozinkovaný plech žlabu je vytažen nad úroveň obkladu a tvoří okap. Střešní krytinu tvoří fotovoltaická fólie.

#### Skladba střechy (od exteriéru)

- Fotovoltaické panely
- Hydroizolace – fólie mPVC odolná proti UV záření, tl. 5 mm
- Záklop OSB deska, tl. 25 mm
- Větraná mezera na sbíjených I-nosnících s OSB stojinou, tl. 200 mm
- Pojistná hydroizolační rohož difuzně otevřena tl. 8 mm
- Difuzně otevřená dřevovláknitá deska tl. 60 mm
- Tepelná izolace celulózová foukaná, min. tl. 350 mm mezi sbíjenými příhradovými nosníky ze dřeva tl. 40 mm, rozteč tl. 900 mm
- Parozábrana Elastodek, 4 mm
- CLT panel, 90 mm



**Obrázek 1.8:** Skladba střechy

$$U_{\text{roof}} = 0,075 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{\text{pas},20} = 0,15 - 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_{\text{R,si}} = 0,981 \geq f_{\text{Rsi,crit},-17^\circ\text{C}} = 0,801$$

V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

## 1.5 Výplně okenních otvorů

Jako výplně okenních otvorů jsou navržena dřevěná okna Slavona Progression (viz příloha) s průměrnou šířkou rámu 100 mm a skrytým rámem otvíravého křídla. Součinitel prostupu rámem je  $U_f = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vzhledem k tomu, že vybraný typ rámu je vyhovující z tepelně-technického hlediska, budeme tento architektonický požadavek respektovat. Avšak budeme zkoumat dva typy zasklení (vlastnosti jsou převzaty z technických listů výrobce, viz předloha): a) izolační trojsklo 4-20-4-20-4 ( $3 \times 4\text{mm}$  Planibel Clearlite,  $2 \times 20\text{ mm}$  90% Argon, pokovení iplus LS) propustnost světla  $\tau_v = 74\%$ , solární faktor  $g = 60\%$ , součinitel prostupu tepla  $U_g = 0.6$ ;

b) dvojsklo 4-15-4 ( $2 \times 4\text{mm}$  Planibel Clearlite,  $15\text{ mm}$  90% Argon, pokovení Thermobel Top; propustnost světla)  $\tau_v = 82\%$ , solární faktor  $g = 61\%$ , součinitel prostupu tepla  $U_g = 1.1$ .

Dále těmito dvěma typům pro jednoduchost budeme říkat patřičně trojsklo a dvojsklo. Tyto typy zasklení byly schválně vybrány tak, aby při výpočtech byl patrný rozdíl, v prvním případě byl preferován nižší součinitel prostupu tepla, ve druhém byl důraz kladen na větší propustnost světla.

Je třeba si uvědomit, že činitel  $F_F$  [9], vyjadřující podíl pohledové plochy rámu k celkové pohledové ploše zaskleného prvku, se mění se šířkou okna. Jak bylo uvedeno v sekci 1.2 Architektonické řešení, pro dvoukřídlá okna obytných místností platí konstantní výška okna  $h = 2\text{ m}$ , šířka rámu  $f = 0,1\text{ m}$  a vodorovná délka  $l$  [m]. Spočítáme činitel  $F_F$  jako:

$$F_F = \frac{A_g}{A_w} = \frac{(h - 2f) \cdot (l - 2f) - (h - 2f) \cdot f}{(h \cdot l)}; \quad (1.1)$$

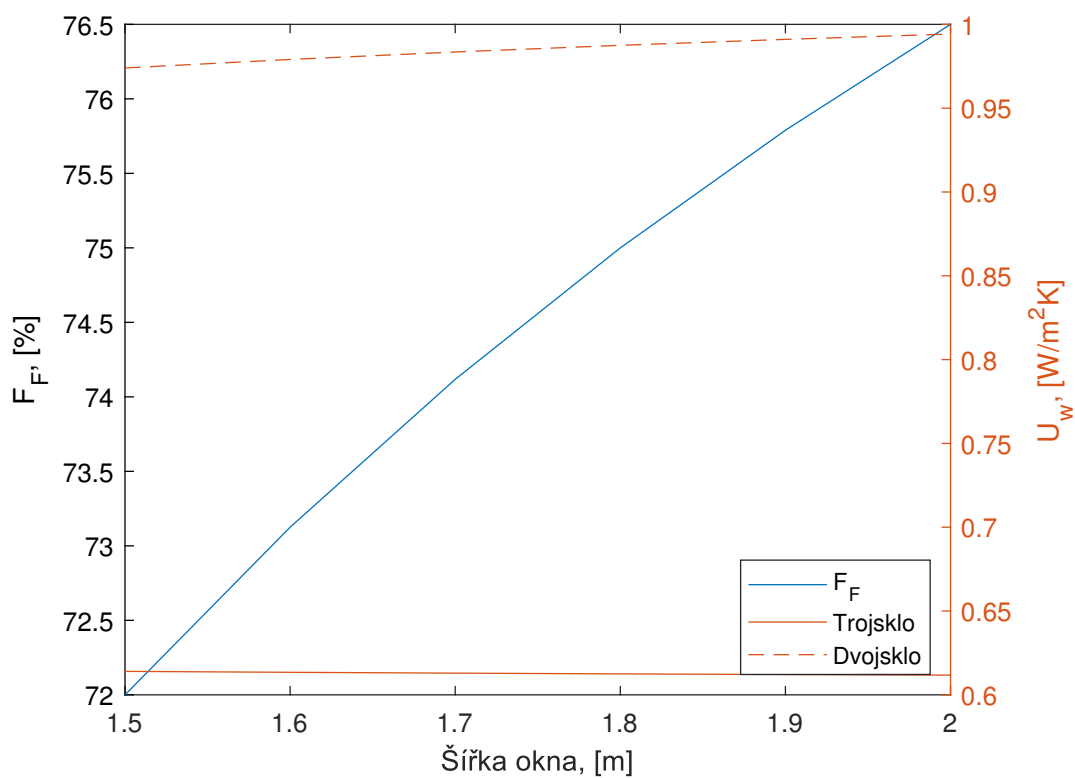
Po dosazení:

$$F_F = \frac{(1,8) \cdot (l - 0,2) - 0,18}{(2 \cdot l)} = \frac{0,9l - 0,27}{l} = 0,9 - \frac{0,27}{l}; \quad (1.2)$$

Pak lze zjednodušeně spočítat součinitel prostupu tepla oknem  $U_w$  [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ] jako:

$$U_w = \frac{h \cdot l \cdot F_f \cdot U_g + h \cdot l \cdot (1 - F_f) \cdot U_f}{h \cdot l} = F_f \cdot U_g + (1 - F_f) \cdot U_f. \quad (1.3)$$

Na obr. 1.9 je vidět, že pro šířku okna 1,5 až 2 m  $F_F$  roste skoro lineárně.  $U_w$  pro trojsklo zůstává téměř konstantní a pro dvojsklo mírně roste s rostoucí šířkou okna.



**Obrázek 1.9:** Závislost  $F_f$  a  $U_w$  na šířce okna

## Kapitola 2

# Proslunění

Proslunění je přímý dopad slunečních paprsků do místnosti. Hygienicky požadavek na proslunění zajišťuje, aby stanovenou dobu přímé a ničím neomezené sluneční záření vnikalo do obytné místnosti okenními otvory. Jedna ze složek slunečního záření — ultrafialové záření je nezbytné pro tvorbu vitamínu D v lidském organismu a má baktericidní účinek. Nedostatek přímého slunečního světla vitamínu se může projevit zvýšeným výskytem infekčních onemocnění, depresí a poruch spánku [10].

ČSN 73 4301 [7] stanoví požadované hodnoty proslunění pro obytné budovy. Ve vztahu k této práci se obytná místnost považuje za prosluněnou, jsou-li splněny následující podmínky:

- půdorysný úhel slunečních paprsků hlavní přímkou roviny okenního otvoru musí být nejméně  $25^\circ$
- přímé sluneční záření musí po stanovenou dobu vnikat do místnosti okenním otvorem nebo otvory krytými průhledným a barvy nezkreslujícím materiálem, jejichž celková plocha vypočtená ze skladebných rozměrů je rovna nejméně jedné desetíně podlahové plochy místnosti
- nejmenší skladebný rozměr osvětlovacího otvoru musí být alespoň 900 mm
- sluneční záření při zanedbání oblačnosti musí po stanovenou dobu dopadat do kritického bodu v rovině vnitřního zasklení ve výšce 300 mm nad středem spodní hrany osvětlovacího otvoru, ale nejméně 1 200 mm nad úrovní podlahy posuzované místnosti
- výška slunce nad horizontem musí být nejméně  $5^\circ$  při zanedbání oblačnosti

- dne 1. března musí být doba proslunění nejméně 90 minut
- v rámci bytů musí být prosluněná minimálně 1/3 celkové obytné plochy bytu

Výpočty doby proslunění obytných místností jsou prováděny v programu Světlo+ [16].

## 2.1 Obytná část 1

V původním projektu všechna okna obytných místností mají skladebný vodorovný rozměr 1 700 mm a výšku 2 000 mm, o ploše 3,4 m<sup>2</sup>. Pro ložnice dvoulůžkových buněk o ploše 13,66 m<sup>2</sup> je minimální plocha okna 1,37 m<sup>2</sup>, pro obývací pokoje dvoulůžkových buněk o ploše 18,46 m<sup>2</sup> je minimální plocha okna 1,85 m<sup>2</sup>, pro obytné místnosti jednolůžkových buněk o ploše 19,08 m<sup>2</sup> je minimální plocha okna 1,91 m<sup>2</sup>. Při dodržení architektonického požadavku na stejný rozměr oken na fasádě lze stanovit minimální rozměr oken na 1 000 × 2 000 mm.

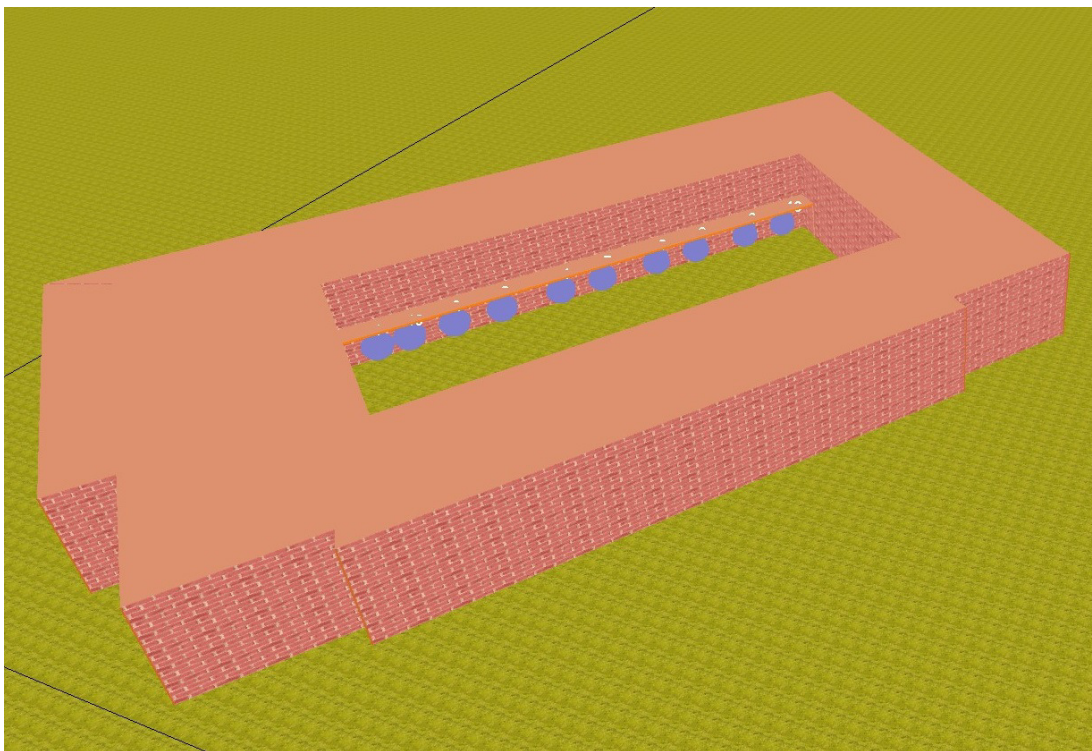
Pro úlohu výpočtu proslunění stanovíme kritické body v rovině oken místností 1.N.P. Protože tato okna jsou orientovaná do dvora, jsou zastíněné protilehlým křídlem budovy, viz obr. 2.1, 2.2.

Pro orientaci 1 (viz obr. 1.1) nevyhovující je krajní levé okno jednopokojového bytu 1.1.1 (viz obr. 2.3), kde doba proslunění je nulová. Sousedící obývací pokoj 1.2.1 už je prosluněn, doba proslunění je 2 hod. 27 min., obr. 2.4. Jednoduchou úpravou dispozice (viz obr. 2.9) docílíme proslunění všech bytů, protože pro dvoupokojový byt stačí proslunění jedné místnosti.

Orientace 2 (viz obr. 1.1) je vyhovující z hlediska proslunění bytů, bod v okně jednopokojového bytu 1.1.1 má dobu proslunění 3 hod. 2 min., (obr. 2.5). Bod v okně obývacího pokoje dvoupokojového bytu má dobu proslunění 4 hod. 54 min., obr. 2.5)

Pro orientaci 3 (viz obr. 1.1) v krajním pravém dvoupokojovém bytě nejsou prosluněné ani obývací pokoj 1.5.1 (obr. 2.7), ani ložnice 1.5.2 (obr. 2.8).

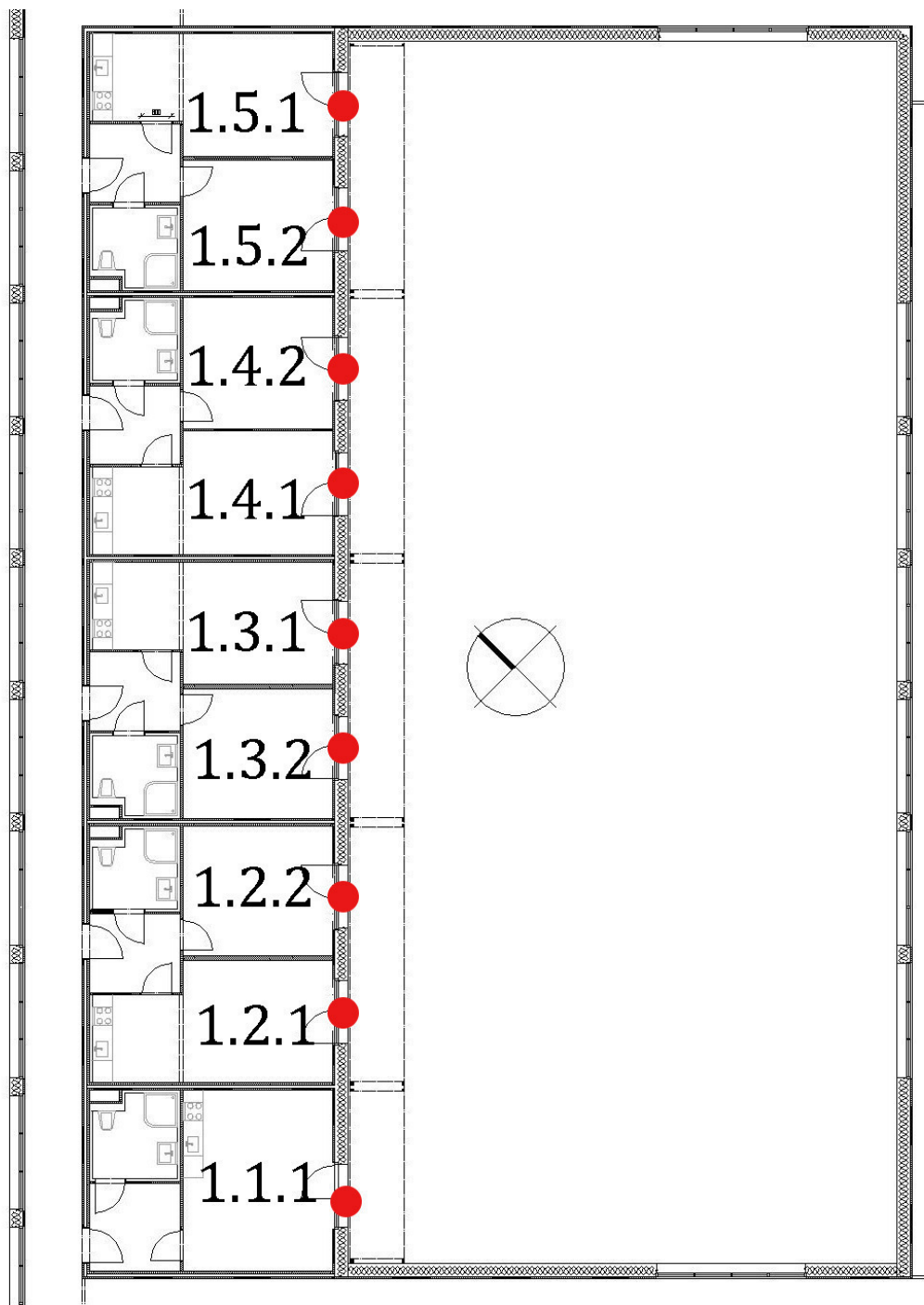
Kvůli tomu, že orientace 3 je nevyhovující bez velkých úprav, dále ji nebudeme uvažovat jako možnou variantu umístění objektu.



*Obrázek 2.1: Poloha kritických bodů na fasádě v prostředí programu Světlo+*

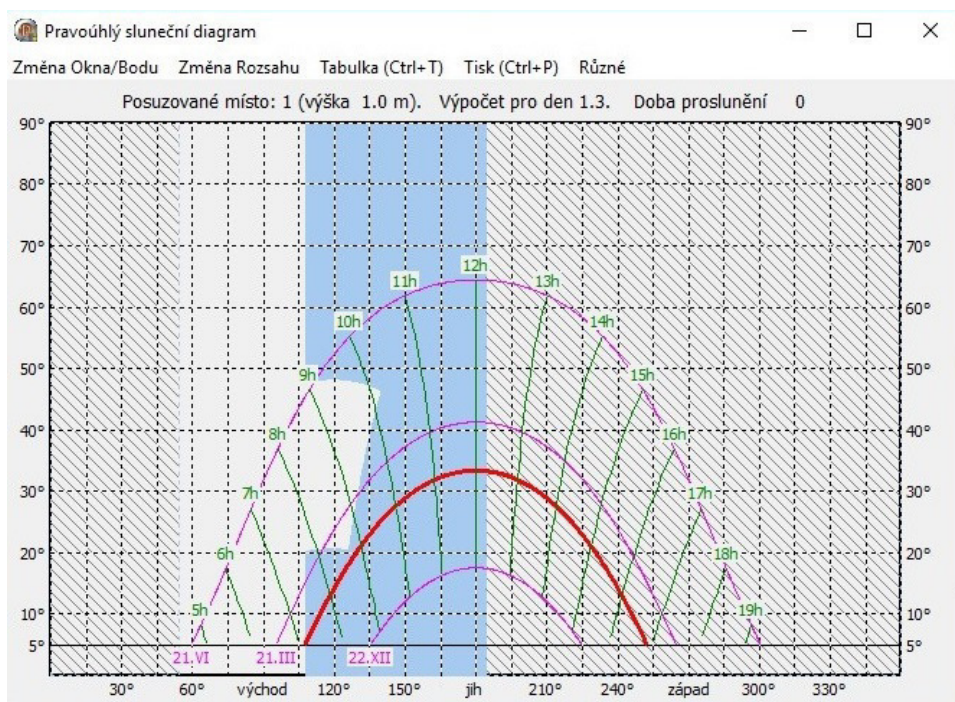
## 2.2 Obytná část 2

Protože okna obytné části 2 mají stejnou orientaci jako okna obytné části 1, ale nejsou stíněné objektem či okolní zástavbou, budeme uvažovat, že všechny byty jsou prosluněné.

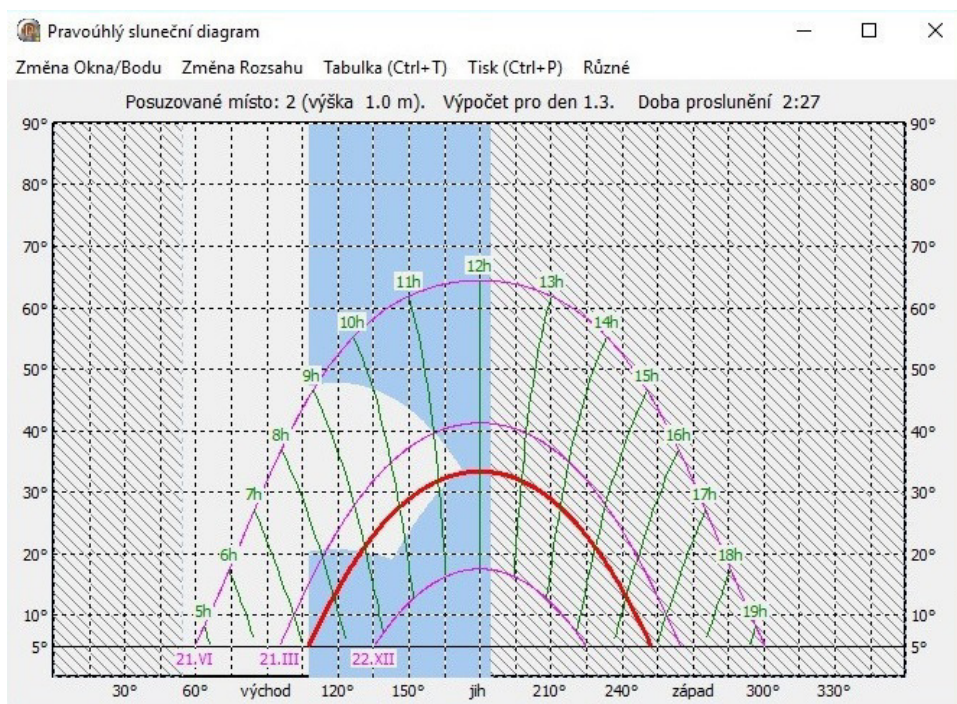


Obrázek 2.2: Poloha kritických bodů na fasádě, půdorys 1 N.P.



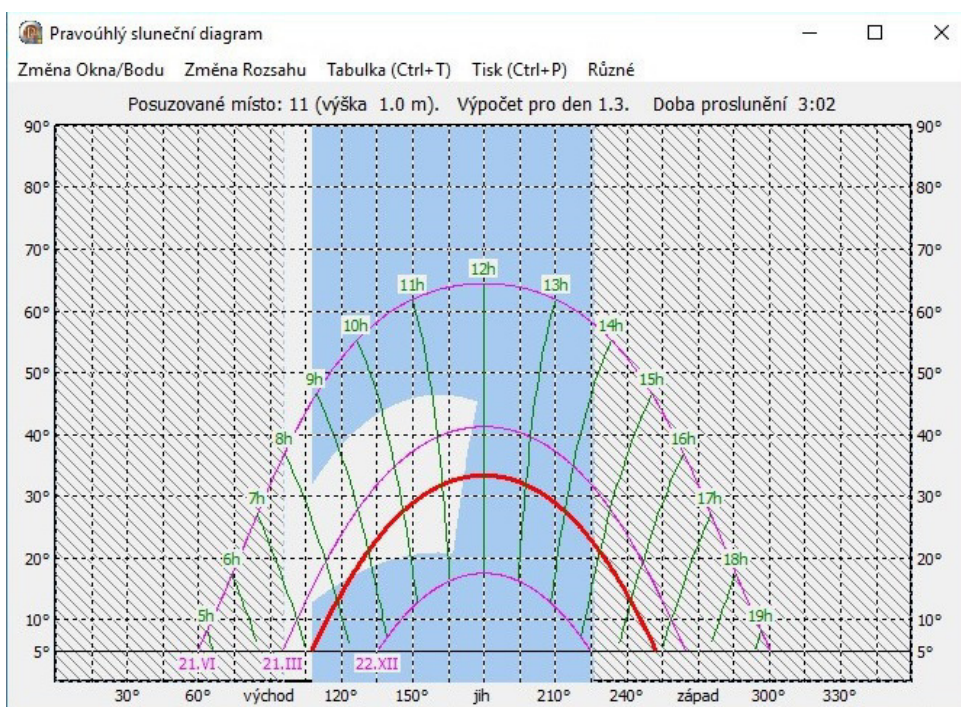


**Obrázek 2.3:** Pravouhly sluneční diagram v okně jednopokojového bytu 1.1.1, orientace 1.

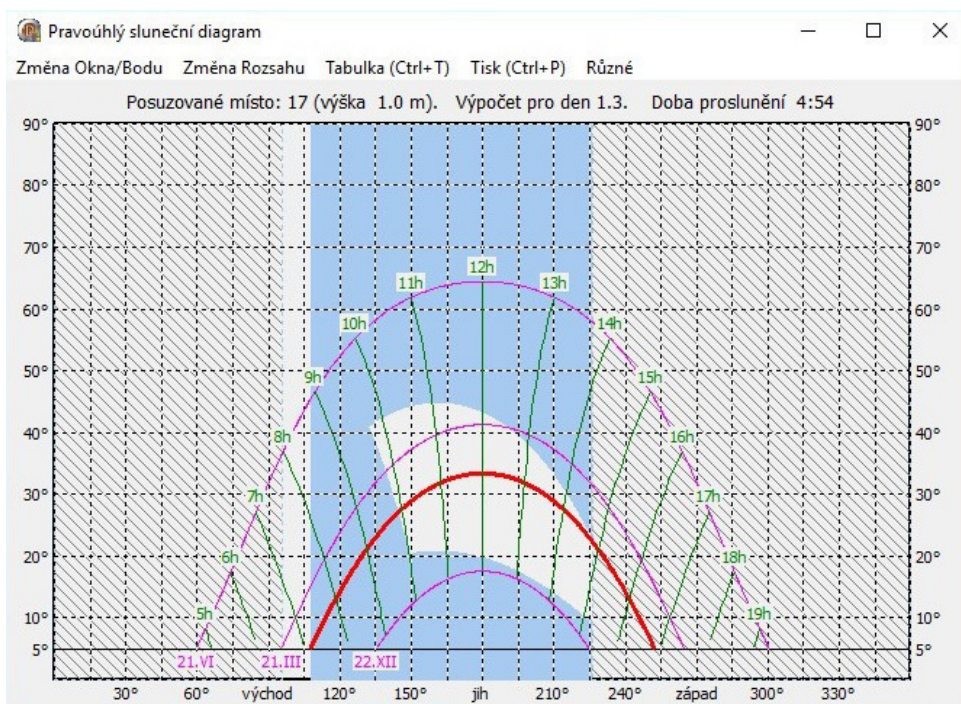


**Obrázek 2.4:** Pravouhly sluneční diagram v okně obývacího pokoje dvoupokojového bytu 1.2.1, orientace 1.



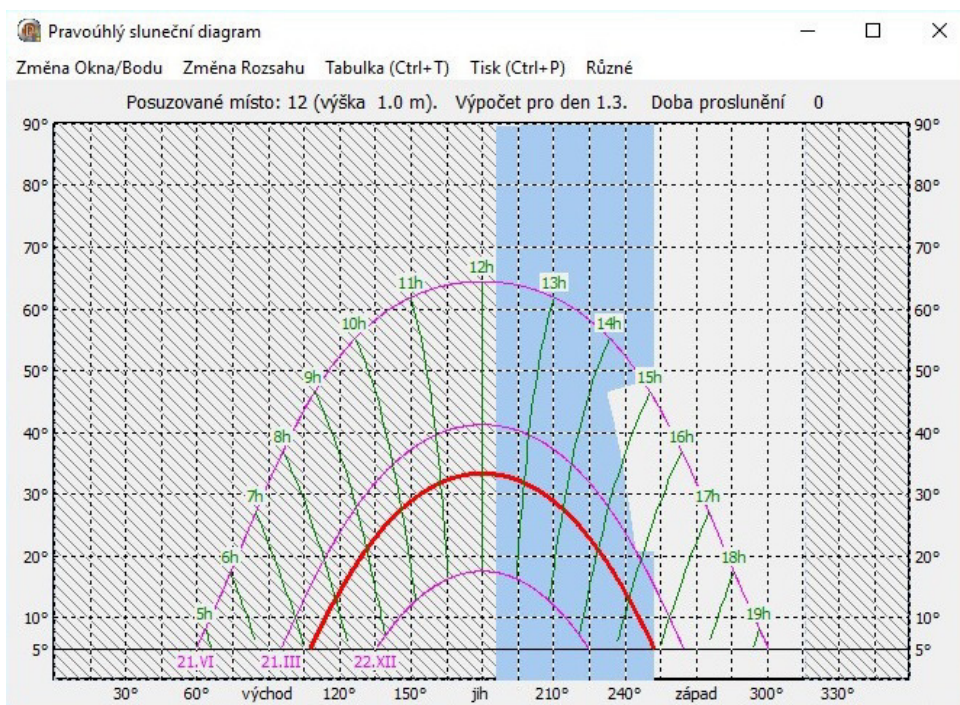


**Obrázek 2.5:** Pravouhlý sluneční diagram bodu v okně jednopokojového bytu 1.1.1, orientace 2.

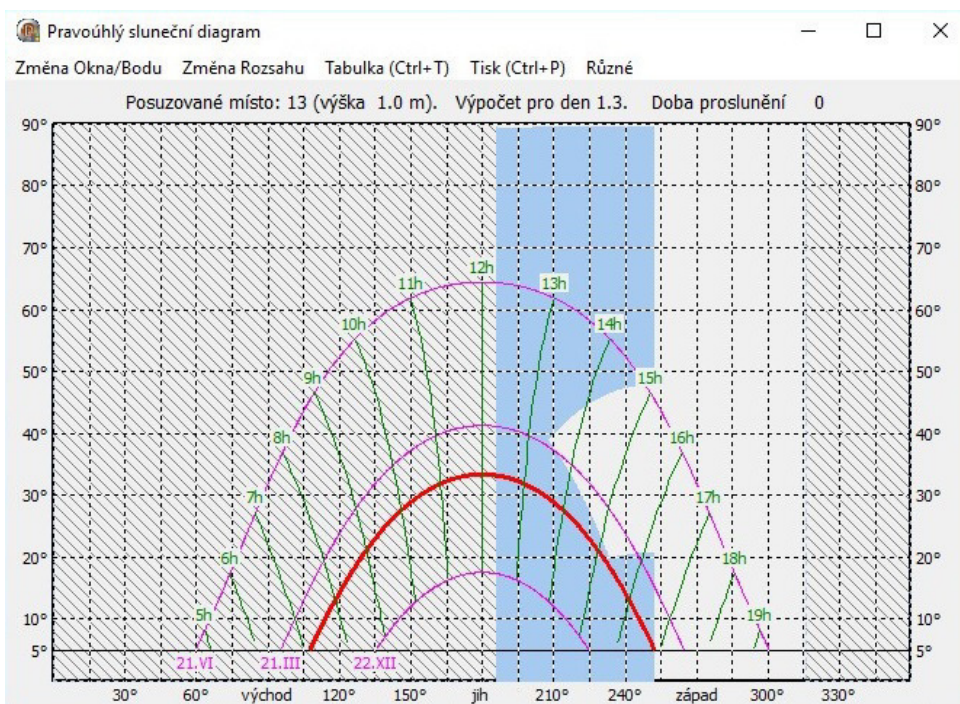


**Obrázek 2.6:** Pravouhlý sluneční diagram bodu v okně obývacího pokoje dvoupokojového bytu 1.5.1, orientace 2.

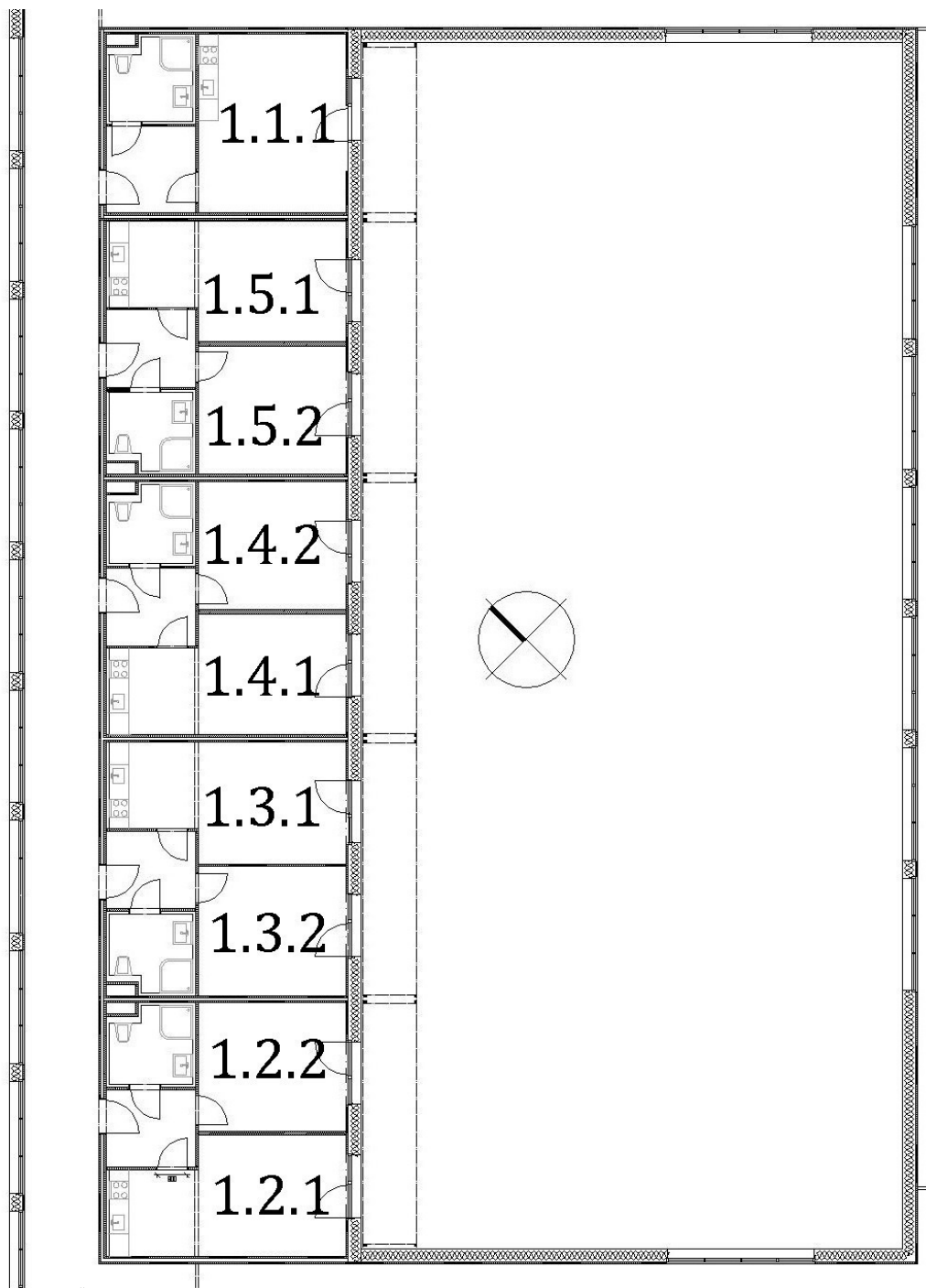




**Obrázek 2.7:** Pravouhly sluneční diagram v okně obývacího pokoje dvoupokojového bytu 1.5.1, orientace 3.



**Obrázek 2.8:** Pravouhly sluneční diagram v okně ložnice dvoupokojového bytu 1.5.1, orientace 3.



Obrázek 2.9: Úprava dispozice pro orientaci 2.

# Kapitola 3

## Denní osvětlení

Denní osvětlení je osvětlení interiérů denním světlem, na kterém se účastní jak přímé sluneční záření, tak sluneční světlo rozptýlené v atmosféře. Přímé i rozptýlené v atmosféře viditelné záření je zdrojem denního světla pro interiér. Má příznivý vliv na psychiku uživatelů. Nedostatek denního osvětlení může být příčinou zhoršení zrakové pohody, protože způsobuje vysoký kontrast jasů mezi interiérem a exteriérem [10].

Hodnocení denního osvětlení se provádí při rovnoměrně zatažené obloze pomocí činitele denní osvětlenosti  $D$  [%], definovaného vzorcem:

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100; \quad (3.1)$$

kde  $E$  [ $lx$ ] je osvětlenost v hodnoceném bodě a  $E_h$  [ $lx$ ] je osvětlenost na vodorovné nezastíněné venkovní rovině při rovnoměrně zatažené obloze s poměrem jasu horizontu vůči zenitu 1:3 při tmavém terénu [15]. Hodnota činitele denního osvětlení  $D$  se skládá:

$$D = D_s + D_e + D_i; \quad (3.2)$$

kde  $D_s$  [%] je oblohová složka,  $D_e$  [%] je vnější odražená složka a  $D_i$  [%] je vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti.

Dle ČSN 73 0580-2 [15] v obytných místnostech s bočním osvětlením musí být ve dvou kontrolních bodech v polovině hloubky místnosti, vzdálených 1 m od vnitřních povrchů bočních stěn hodnota činitele denní osvětlenosti nejméně 0,7 % nejdále 3 m od okna a průměrná hodnota z obou těchto bodů nejméně 0,9 %. Jsou-li okna ve dvou stýkajících se stěnách, postačí, je-li tento požadavek alespoň u jedné z obou dvojic těchto kontrolních bodů.

Protože výpočet se provádí při rovnoměrně zatažené obloze v zimě, orientace oken nemá vliv na výsledek, tím pádem můžeme počítat činitel denní osvětlenosti jenom pro „jednu orientaci“

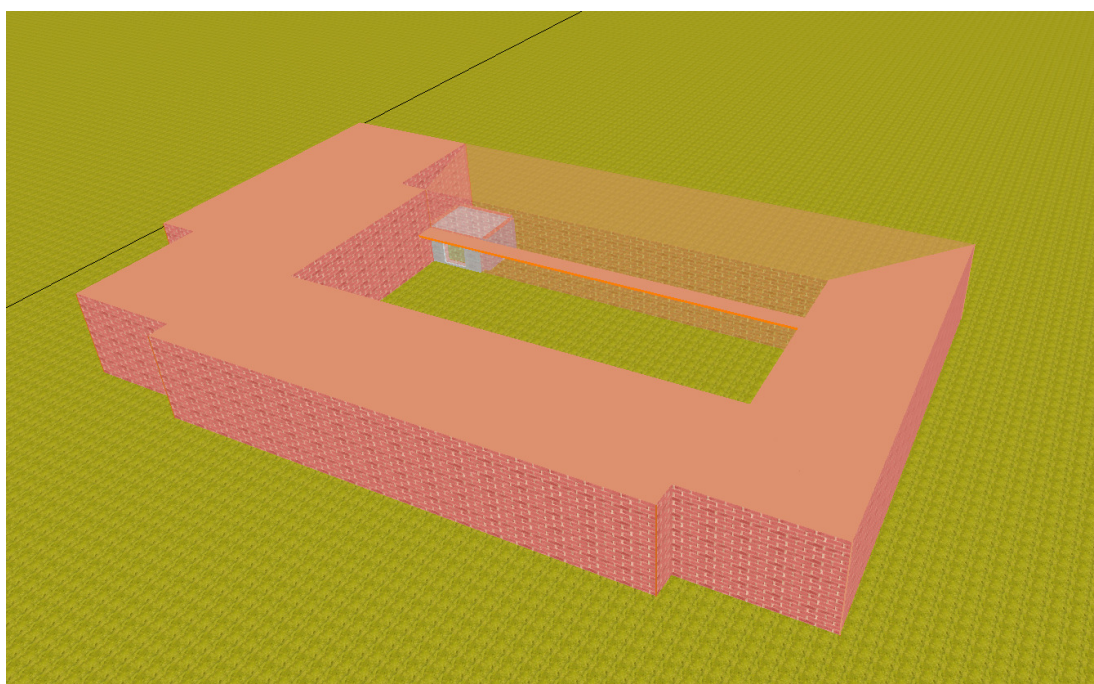
### 3.1 Obytná část 1

Jako kritická místnost mezi místnostmi orientovanými do dvora byla stanovena místnost jednopokojového bytu 1.1.1 v 1. N.P. viz obr. 1.4, protože při stejném rozměru okenního otvoru kontrolní body se nacházejí nejdále od osy okna.

Dále dle ČSN 73 0580-1 [11] uvažujeme ztráty světla v zasklení pomocí souhrnného činitele prostupu světla  $\tau_{0,\psi}$ :

$$\tau_{0,\psi} = \tau_s \cdot \tau_\psi \cdot \tau_k \cdot \tau_z \quad (3.3)$$

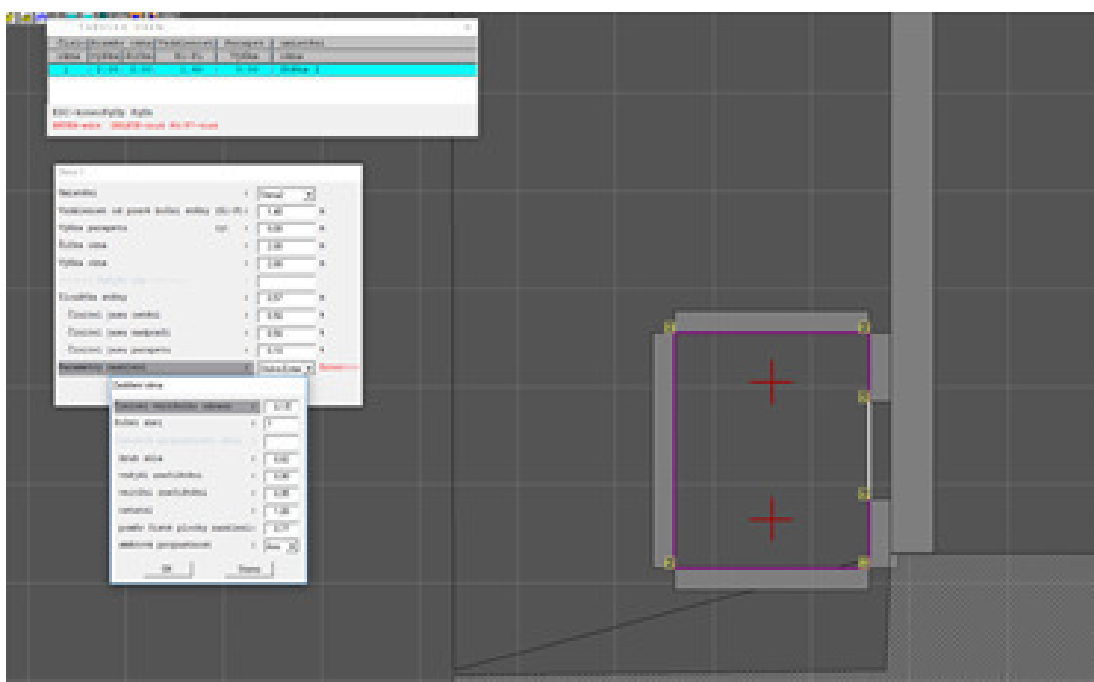
kde činitel vnějšího znečištění  $\tau_{z,e}=0,9$ , činitel vnitřního znečištění  $\tau_{z,e}=0,95$ , činitel prostupu světla stíněním konstrukcí osvětlovacího otvoru  $\tau_k = F_F$  1.1,  $\tau_s = 0,84\%$  pro dvojsklo,  $\tau_s = 0,72\%$  pro trojsklo.



**Obrázek 3.1:** Model budovy s kritickou místností

Zkoumáme vliv vodorovného rozměru okna (v rozmezí 1,5-2 m), šířky markýzy (v rozmezí 0,9-1,5 m) a typu použitého skla na činitel denní osvětlenosti v kritických bodech. Výpočty jsou prováděny v programu Světlo+ [16]. Je uvažováno, že





Obrázek 3.2: Poloha kritických bodů

činitel odrazu stěn a podhledu  $\rho$  [–] v interiéru 0,5, což odpovídá světlému dřevu — CLT panel v pohledové jakosti;  $\rho$  podlahy — tmavý laminát — je roven 0,25. Jas stínící překážky  $k$  [–] je uvažován standardně jako 0,1.

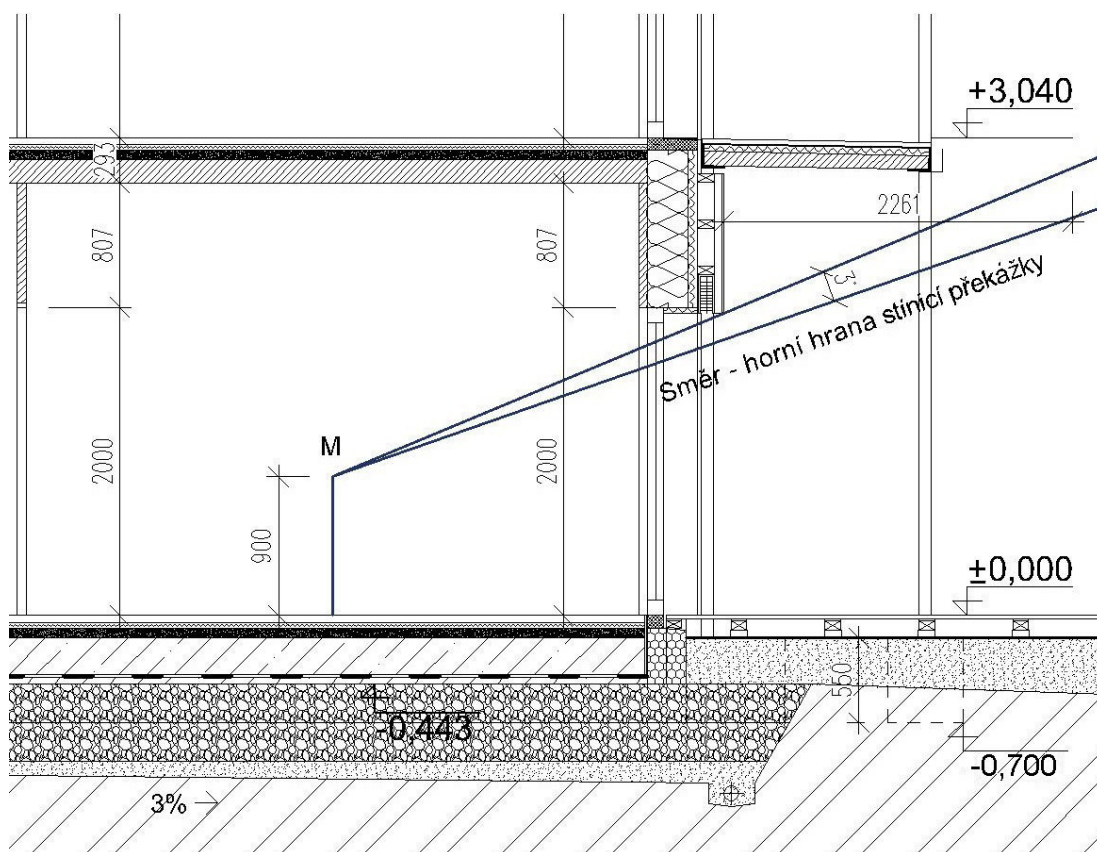
V daném případě šířka markýzy až do 2,26 m nemá vliv na osvětlenost interiéru, protože okraj markýzy leží za spojnicí kritického bodu s vnějším okrajem nadpraží, viz obr. 3.3

Na obr. 3.4 je vidět, že minimální vodorovný rozměr okna pro variantu s trojsklem je 2,1 m, pro dvojsklo — 1,97 m.

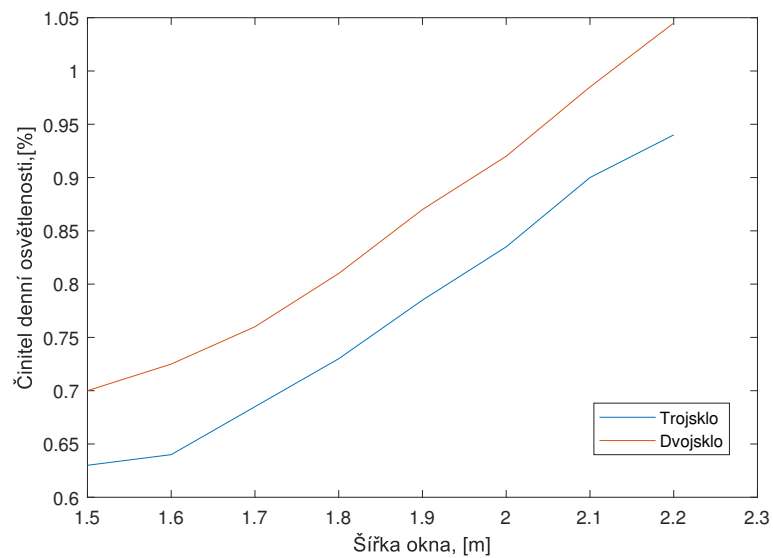
Tabulka 3.1: Hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D$  [–] v kritických bodech, %

Šířka okna, m	Trojsklo			Dvojsklo		
	Bod 1.	Bod 2.	Průměr	Bod 1.	Bod 2.	Průměr
1,5	0,51	0,75	0,63	0,57	0,83	0,70
1,6	0,52	0,76	0,64	0,60	0,85	0,73
1,7	0,59	0,78	0,69	0,65	0,87	0,76
1,8	0,62	0,84	0,73	0,69	0,93	0,81
1,9	0,67	0,90	0,79	0,74	0,10	0,87
2,0	0,71	0,96	0,84	0,78	1,06	0,92
2,1	0,78	1,02	0,90	0,85	1,12	0,99
2,2	0,81	1,07	0,94	0,90	1,19	1,05





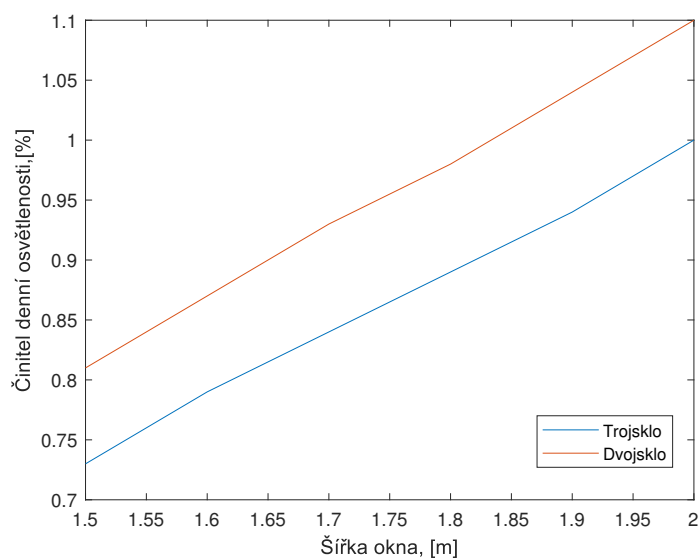
Obrázek 3.3: Řez místností a poloha kritického bodu



Obrázek 3.4: Závislost průměrné hodnoty činitele denního osvětlení dvou kontrolních bodů na šířce okna a typu použitého skla

## 3.2 Obytná část 2.

Podobně jako v obytné části 1 kritická místnost mezi místnostmi orientovanými ven byla stanovena místnost jednopokojového bytu v 1. N.P. Minimální vodorovný rozměr okna pro variantu s trojsklem je 1,85 m, pro dvojsklo — 1,65 m, viz. obr.3.5, protože kritické body jsou symetrické k ose okna, a tím pádem totožné, je ukázán jenom průměr.



**Obrázek 3.5:** Závislost průměrné hodnoty číselníku denního osvětlení dvou kontrolních bodů na šířce okna a typu použitého skla

**Tabulka 3.2:** Hodnoty  $D$  v kritických bodech, %

	Trojsklo	Dvojsklo
Šířka okna, m	Průměr	Průměr
1,5	0,73	0,81
1,6	0,79	0,87
1,7	0,84	0,93
1,8	0,89	0,98
1,9	0,94	1,04
2,0	1,00	1,10

# Kapitola 4

## Riziko přehřívání v létě

Dřevostavby jako lehké konstrukční systémy mají horší tepelně akumulční vlastnosti než tradiční zděné nebo betonové konstrukce [5]. To může mít nepříznivý účinek na tepelnou stabilitu obytných staveb v létě, kdy může docházet k přehřívání vnitřních prostor nad mez komfortu uživatele. Letní tepelná stabilita je ovlivněná:

- tepelnými zisky přes průsvitné části obálky budovy,
- tepelnými zisky přes neprůsvitné části obálky budovy,
- způsobem větrání budovy,
- tepelně akumulční schopností objektu,
- tepelnými zisky od osob a spotřebičů.

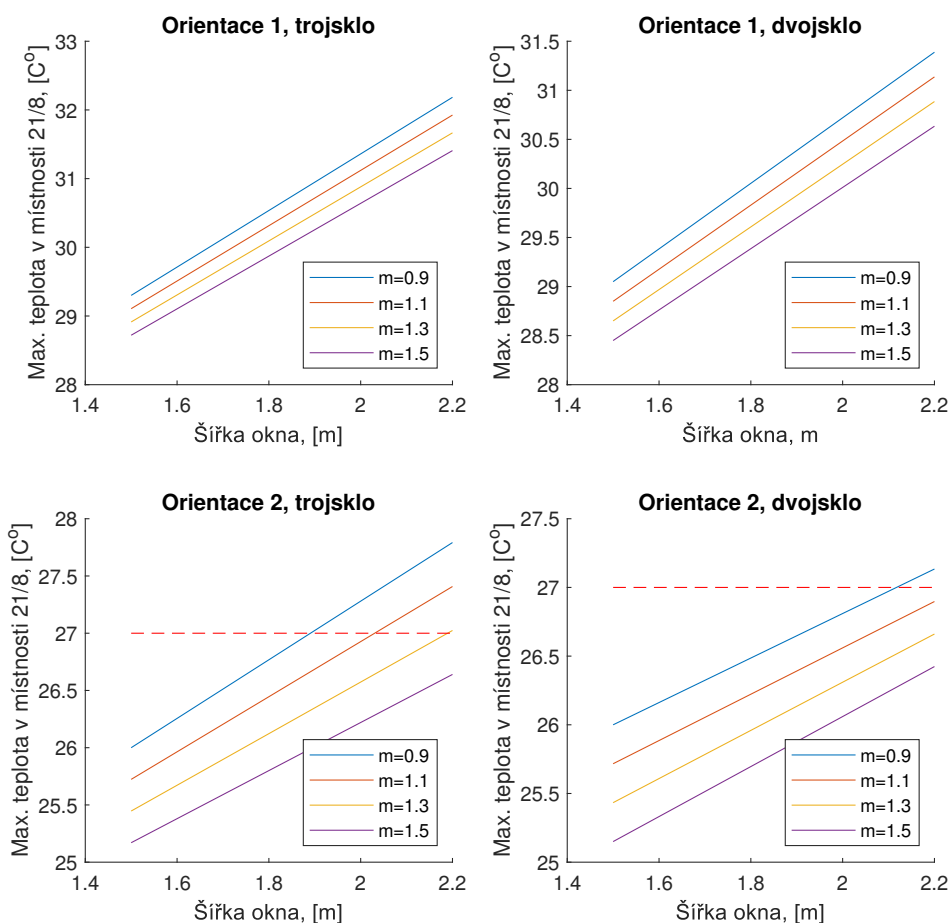
Podle ČSN 73 0540-2 [12] se ověřuje, aby ve slunečný letní den 21. 8. nejvyšší denní teplota vzduchu v neklimatizované místnosti nepřekročila  $27,0^{\circ}\text{C}$ , přičemž se započítávají vlivy větrání, stínění a zanedbávají se vnitřní zisky. Výpočty jsou prováděny pomocí programu Simulace [17], který používá hodinový výpočetní model podle EN ISO 52016-1 [20].

### 4.1 Obytná část 1

Jako kritická místnost mezi místnostmi orientovanými do dvora byla stanovena ložnice 2.3.2 dvoupokojového bytu v 2. N.P. viz obr.1.5, protože při stejném rozměru okenního otvoru je nejmenší objem místností, navíc místností ve 2. N.P. jsou méně stíněny protilehlou částí budovy než místnosti ve 1. N. P. Větrání

je uvažované konstantní, z TZB konceptu byla převzata hodnota přiváděného vzduchu  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , přepočítaná na intenzitu výměny vzduchu  $1,3 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Jak je vidět z obrázku 4.1, požadavku normy nevyhoví ani jedna kombinace typu skla, šířky okna a délky vodorovné markýzy pro orientaci 1, ale pro orientaci 2 máme více možností.

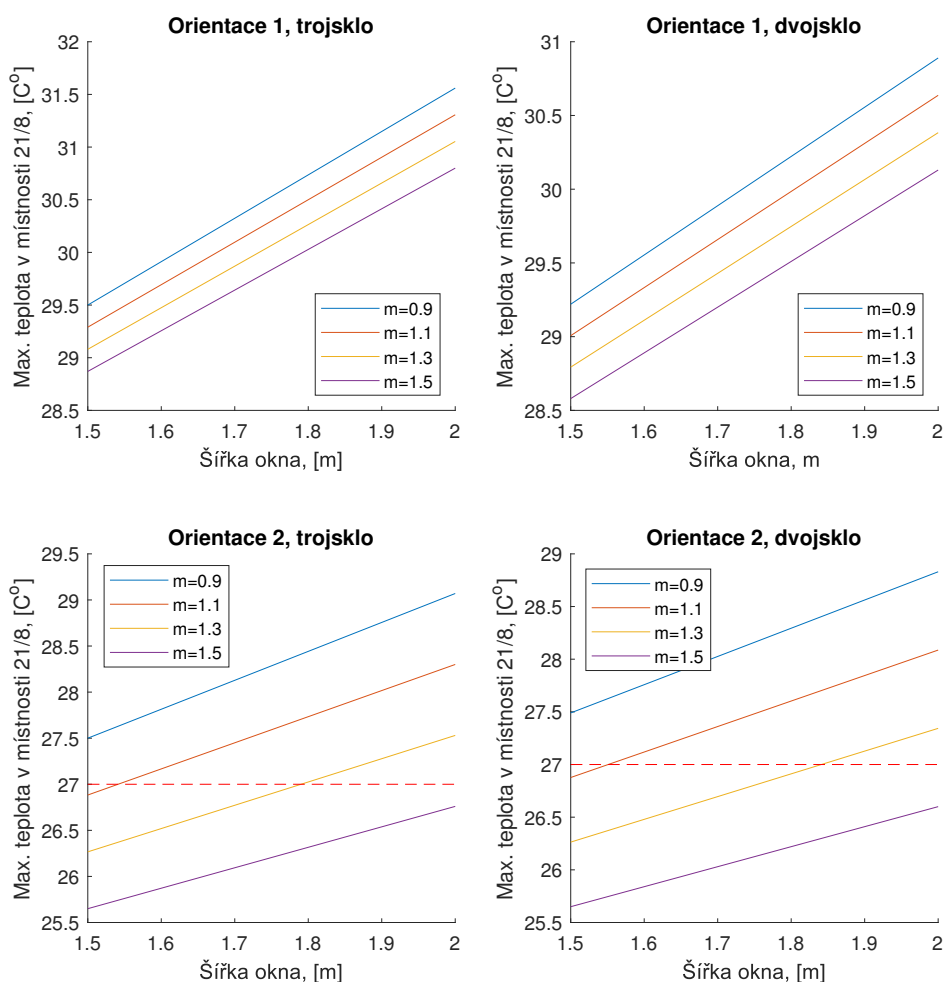


**Obrázek 4.1:** Závislost operativní teploty v kritické místnosti dne 21. 8. v obytné části 1.

## 4.2 Obytná část 2

Obdobně jako v obytné části 1, jako kritická místnost mezi místnostmi v obytné části 2 byla stanovena ložnice dvoupokojového bytu v 2. N.P. viz obr. 1.5. Větrání je uvažované konstantní, z TZB konceptu byla převzata hodnota přiváděného vzduchu  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , přepočítaná na intenzitu výměny vzduchu  $1,3 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Jak je vidět z obrázku 4.2, požadavku normy zase nevyhovuje ani jedna kombinace typu skla, šířky okna a délky vodorovné markýzy pro orientaci 1., ale pro orientaci 2. máme více možností.



**Obrázek 4.2:** Závislost operativní teploty v kritické místnosti dne 21. 8. v obytné části 2.

Po následující kapitole shrneme veškeré poznatky a stanovíme optimální hodnoty.

# Kapitola 5

## Potřeba tepla na vytápění

Potřeba tepla na vytápění  $Q_{H,nd}$  [ $GJ$ ,  $MWh$ ,  $kWh$ ] — množství tepla, které je potřeba pro zajištění požadované návrhové teploty  $\theta_i$  [ $^{\circ}C$ ] během určitého období. Je teoretickou hodnotou pro 100% účinnost otopné soustavy [21]. Pro pasivní bytový dům roční potřeba tepla na vytápění vztažená na hrubou podlažní plochu objektu nesmí překročit  $15 kWh/(m^2 \cdot rok)$  [3].

Pro výpočet potřeby tepla na vytápění byl sestaven vlastní program v prostředí Matlab [19] podle postupu ČSN EN ISO 13790 [18] s měsíčním krokem. Ve výpočtu jsou zohledněny faktory:

- klimatická data pro danou lokalitu (Jihlava),
- tepelné ztráty přes plošné konstrukce a tepelné vazby,
- tepelné zisky (vnitřní a solární),
- schopnost konstrukce k akumulaci energie,
- tepelné ztráty větráním a účinnost zpětného získávání tepla,

Velikost solárních tepelných zisků a tepelná ztráta objektu přes osvětlovací otvory jsou značně ovlivněny typem skla, rozměrem oken, délkou vodorovných markýz a orientací ke světovým stranám.

Solární zisky  $Q_s$  [ $kWh$ ] počítáme dle ČSN EN 832 [9]. Tato norma je již neplatná, ale dovoluje jednoduše vypočítat solární zisky, vycházející ze slunečního záření v dané lokalitě, orientace oken, trvalého stínění a charakteristik solární propustnosti a pohltivosti. Pro daný měsíc se  $Q_s$  vypočítá podle následovné rovnice:

$$Q_s = \sum_j I_{sj} \cdot \sum_n A_{s,nj}, \quad (5.1)$$

kde  $I_{s,j}$  [ $kWh/m^2$ ] — celkové množství energie globálního slunečního záření na jednotku povrchu  $n$  o orientaci  $j$  během časového úseku výpočtu,

$A_{s,nj}$  [ $m^2$ ] — solárně účinná sběrná plocha povrchu  $n$  o orientaci  $j$ .

Účinná sběrná plocha  $A_s$  zaskleného prvku obvodového pláště budovy, např. okna, je dána vztahem:

$$A_s = A \cdot F_S \cdot F_C \cdot F_F \cdot g, \quad (5.2)$$

kde  $A$  [ $m^2$ ] — plocha okna,

$F_S$  [–] — korekční činitel stínění,

$F_C$  [–] — korekční činitel clonění,

$F_F$  [–] – korekční činitel rámu — podíl průsvitné plochy a celkové plochy zaskleného prvku počítaný podle vzorce 1.1,

$g$  [–] — celková propustnost slunečního záření (solární faktor).

Korekční činitel stínění  $F_S$  představuje redukci dopadajícího slunečního záření v důsledku trvalého zastínění okna, v této práci to jsou případy zastínění jinými částmi téže budovy, a přečnívajícími částmi balkonu.

Korekční činitel clonění slunečními clonami  $F_C$  je podíl průměrné solární energie vstupující do budovy se slunečními clonami a množství energie, která by vstupovala do budovy bez slunečních clon. Norma udává hodnotu činitele pro vnější žaluzie tmavé barvy s otočením lamel na  $45^\circ$  jako 0,11, ovšem to platí jen v případě, když žaluzie jsou konstantně dole. Odhadneme podíl času, v kterém při manuálním ovládání jsou žaluzie zataženy. V ČSN EN 52016 [20] se předpokládá, že uživatel stáhne žaluzie, když intenzita globálního slunečního záření na vodorovnou plochu je větší než  $300 W/m^2$ . Z naměřených klimatických dat [22] v nejbližší nalezené lokalitě máme hodnotu intenzity globálního slunečního záření pro charakteristický den v měsíci, viz tab. 5.1.

Z toho pro každý měsíc spočítáme  $F_C$  jako vážený průměr mezi hodinami, kde sluneční záření je pod  $300 W/m^2$  a tím pádem  $F_C = 1$ , a hodinami, kde sluneční záření je pod  $300 W/m^2$  a  $F_C = 0,11$ , výsledky jsou v tab. ??.

měsíc	Intenzita globálního záření ( $I = I_p + I_D$ [ $W/m^2$ ])											
	VI.07	VII.07	VIII.07	IX.07	X.07	XI.07	XII.07	I.08	II.08	III.08	IV.08	V.08
hodina												
5	11	5	2	2	2	2	3	3	2	1	2	4
6	66	47	17	3	2	2	3	3	2	4	4	24
7	188	157	97	26	6	8	3	3	9	42	41	95
8	309	279	218	103	37	44	14	13	46	123	138	195
9	393	422	365	208	107	103	50	53	143	241	229	286
10	531	535	496	316	202	151	82	92	204	329	362	388
11	581	600	564	386	273	190	101	140	283	368	477	466
12	627	646	622	425	317	188	106	155	289	385	536	472
13	652	602	639	415	322	168	119	165	286	407	534	441
14	570	626	599	386	269	116	69	116	228	373	477	430
15	542	528	514	350	221	64	31	65	172	279	471	437
16	406	501	415	286	142	16	6	18	85	192	388	325
17	355	401	299	184	68	2	3	3	19	92	294	281
18	246	257	190	80	11	2	3	2	1	18	222	202
19	134	150	83	12	1	2	3	3	1	1	108	115
20	53	52	11	1	2	2	3	2	1	1	17	36

**Tabulka 5.1:** Intenzita globálního slunečního záření na vodorovnou plochu pro charakteristický den v měsíci, Brno, 2007-2008 [22]

**Tabulka 5.2:** Hodnoty  $F_C$  podle měsíce, odhad podle [22].

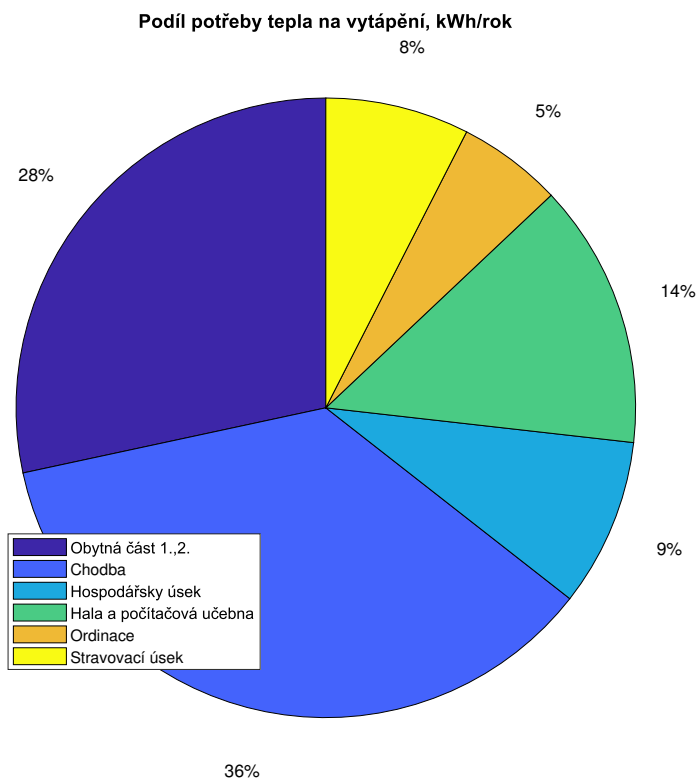
Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$F_C$	1,00	1,00	0,42	0,33	0,37	0,22	0,26	0,27	0,36	0,71	1,00	1,00

Pro původní projekt byla vypočtena roční měrná potřeba tepla na vytápění  $20,5 \text{ kWh}/m^2$ , což neodpovídá požadavku na pasivní budovy. Z obr. 5.1 je vidět, že největší podíl z roční potřeby tepla má obytná část 1. spolu s obytnou částí 2. (28 %) a chodba (36 %). To znamená, že největší úspory dosáhneme přes optimalizaci právě těchto zón. Faktoru tvaru objektu  $FT$  [ $m^{-1}$ ]:

$$FT = \frac{A}{V}, \quad (5.3)$$

kde  $A$  [ $m^2$ ] je plocha vnějších ochlazovaných konstrukcí,  $V$  [ $m^3$ ] je objem vytápěného prostoru. Pro tento objekt je  $FT = 0,6 \text{ m}^{-1}$ , což je téměř dvakrát vyšší než faktor tvaru krychle (neoptimálnějšího tvaru budovy z hlediska energetické náročnosti [6]) o stejném objemu. To je dáno rozlehlým tvarem půdorysu při nízké podlažnosti. Spolu s nevhodnou orientací to vede k tomu, že objekt nedosahuje očekávaných požadavků, i když obalové konstrukce jsou navrženy na nejpřísnější podle požadavku normy hodnoty.





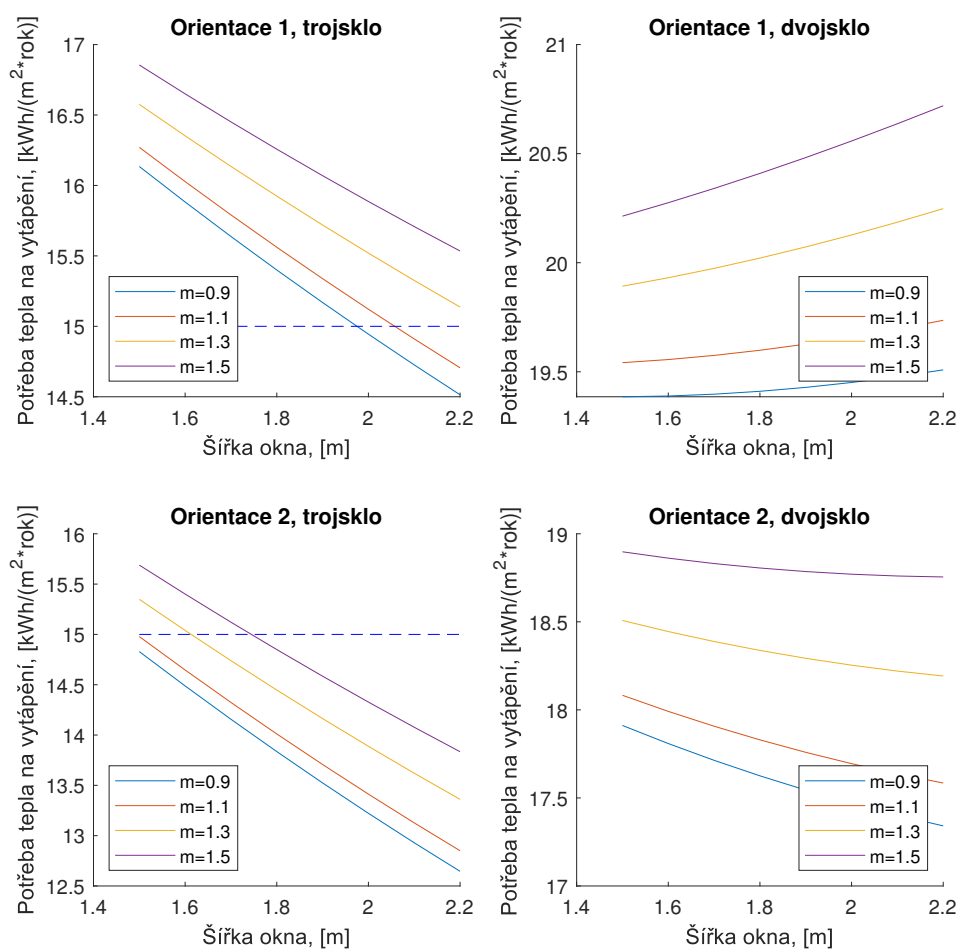
*Obrázek 5.1: Podíl roční potřeby tepla na vytápění jednotlivých zón objektu v původním stavu.*

## 5.1 Obytná část 1.

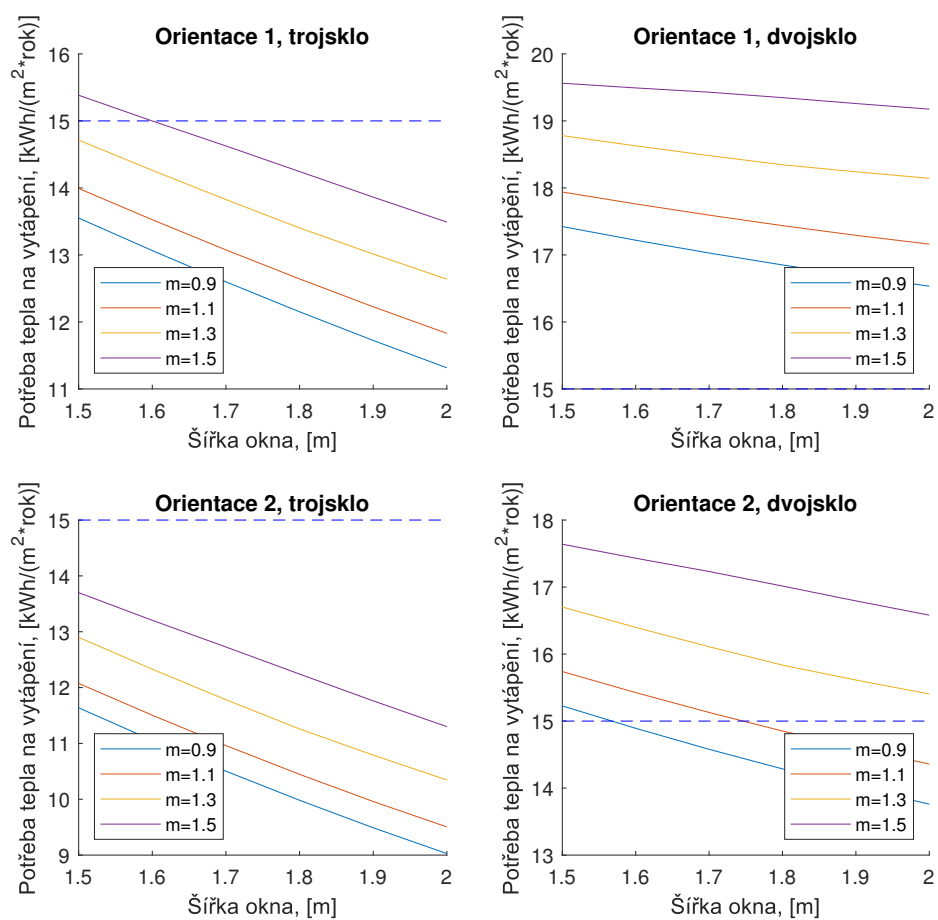
Z obrázku 5.2. vidíme, že našim požadavkům vyhoví varianta s trojsklem v orientaci 1 a orientaci 2. Protože z předchozí kapitoly s těmito výsledky už víme, že minimální šířka okna je 2,1 m kvůli požadavku na denní osvětlení.

## 5.2 Obytná část 2.

Z obrázku 5.3. vidíme, že našim požadavkům jediné vyhoví varianta s trojsklem v orientaci 2. Pro výběr neoptimálnější kombinace porovnáme výsledky z předchozí kapitoly s těmito výsledky. Už víme, že minimální šířka okna je 1,9 m kvůli požadavku na denní osvětlení.



**Obrázek 5.2:** Závislost roční potřeby tepla na vytápění na šířce okna, délce vodorovné markýzy, typu použitého skla a orientace, obytná část 1.



*Obrázek 5.3: Závislost roční potřeby tepla na vytápění na šířce okna, délce vodorovné markýzy, typu použitého skla a orientace, obytná část 2.*

## 5.3 Chodba

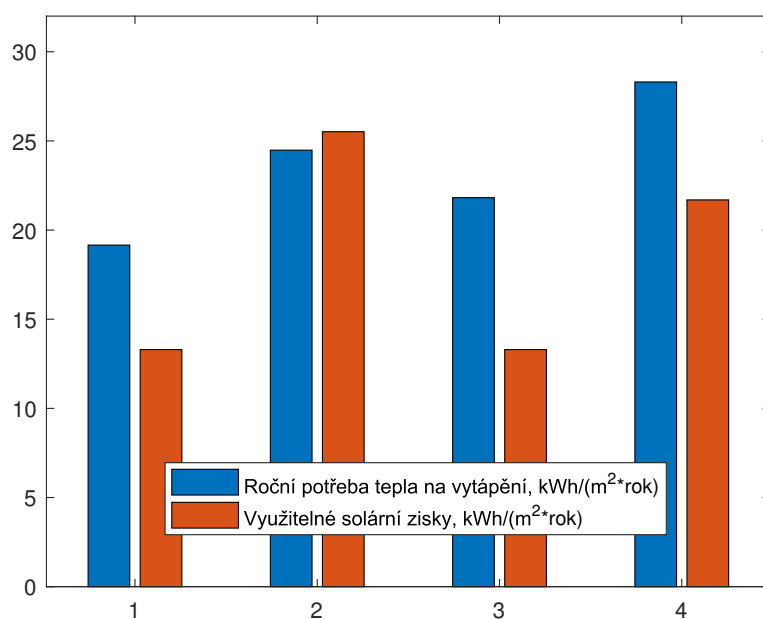
Pro zónu hlavní chodby objektu porovnáváme 4 varianty kombinace rozměru oken a orientace objektu. Na obr. 1.3 architektonická studie je porovnaná s konstrukčním návrhem, z toho je vidět, že v této zóně výška oken se značně zmenšila. Porovnáme hodnoty roční měrné potřeby tepla na vytápění pro původní objekt, pro objekt s rozměrem oken podle studie a taky pro dvě zkoumané orientace, tab. 5.3.

Při variantě 1 normála zasklení většiny oken ve zkoumané zóně má odklon  $52^\circ$  od severu na západ, při orientaci 2 —  $12^\circ$ . Největší využitelné solární zisky a zároveň nejmenší roční měrná potřeba tepla na vytápění je ve variantě 1. — tedy s menšími okny a severozápadní orientací, obr. 5.4. Ale kvůli tomu, že výsledky předchozích kapitol směřují k tomu, že pro objekt je výhodnější situace 2, uvažujeme druhý nejlepší výsledek — variantu 3, s menšími okny a severní orientací.

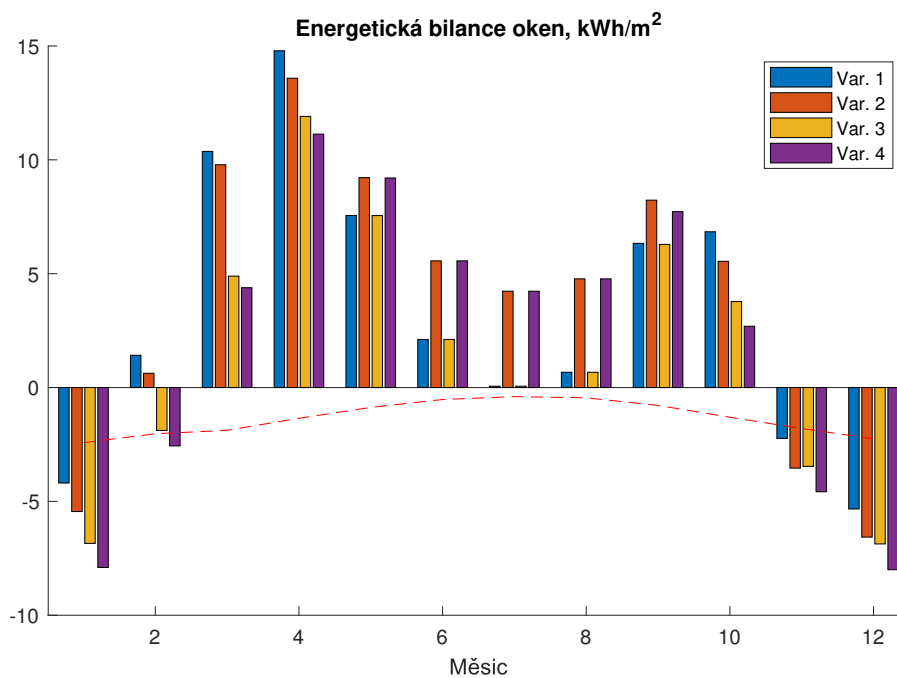
**Tabulka 5.3:** Varianty a příslušné hodnoty roční měrné potřeby tepla na vytápění

Situace	Výška oken, m	
	1,2	2,0
1	Var. 1. = $19,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$	Var. 2. = $24,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
2	Var. 2. = $21,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$	Var. 3. = $28,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Také byla porovnána průměrná energetická bilance oken  $E$  [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ] [23], což je rozdíl mezi využitelným solárním ziskem a tepelnou ztrátou přes okenní plochu vztahenou na  $\text{m}^2$  prosklené plochy, jinými slovy, tato hodnota udává, jestli tepelná energie se přes okna ztrácí, nebo naopak přibývá. Na obr. 5.5 jsou znázorněny energetické bilance čtyř variant pro každý měsíc v roce, kladná hodnota odpovídá ziskům, záporná hodnota — ztrátám. Červenou čárkovanou čarou je vyznačena teoretická ztráta energie, kdyby okenní otvor byl nahrazen stěnou. Z grafu je vidět, že v zimě ve všech variantách teplo uniká přes okna, což vysvětluje příčinu nedosažení požadavku na pasivní domy ani v jedné variantě. To ale představuje problém, který vychází z architektonické studie. Doporučovala bych buď výběr jiného způsobu osvětlení nebo změnu dispozice na kompaktnější tvar, ale to není předmětem této práce.



**Obrázek 5.4:** Porovnání variant z hlediska roční měrné potřeby tepla na vytápění, chodba.



**Obrázek 5.5:** Energetická bilance oken, chodba.

# Kapitola 6

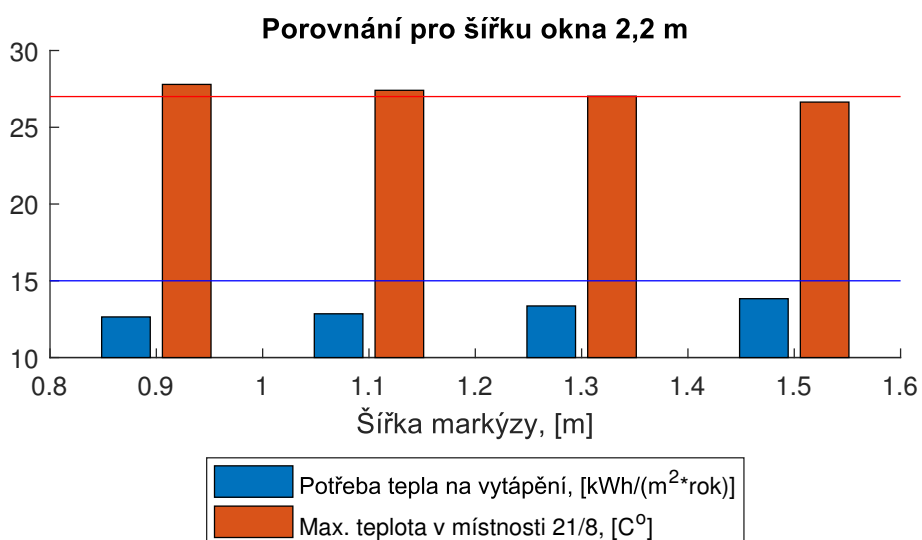
## Stanovení optima

### 6.1 Obytná část 1

Pro obytnou část 1 porovnáme výsledky z 4. kapitoly *Riziko přehřívání v létě* a 5. kapitoly *Potřeba tepla na vytápění*. Je jasné, že oba požadavky, popsané v těchto kapitolách, splní jedině varianta s orientací 2, typ zasklení — trojsklo. Z kapitoly 3. *Denní osvětlení* víme, že okna v této zóně nesmí být užší než 2 m. Na obr. 6.1 vidíme, že se pod mezí obou požadavku nachází několik kombinací: okno šířky 2,1 m s markýzou 1,3 m; okno šířky 2,1 m s markýzou 1,5 m; okno šířky 2,2 m s markýzou 1,3 m; okno šířky 2,2 m s markýzou 1,5 m. Podle tab. 6.1 nejnižší roční měrnou potřebu tepla na vytápění  $13,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  má kombinace okna šířky 2,2 m a markýzy 1,3 m.

**Tabulka 6.1:** Porovnání hodnot pro různé kombinace šířky okna a markýzy, obytná část 1, orientace 2, trojsklo

Šířka markýzy, m	Šířka okna 2,1 m		Šířka okna 2,2 m	
	Potřeba tepla na vytápění, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$	Max. teplota $21/8, \text{ }^\circ\text{C}$	Potřeba tepla na vytápění, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$	Max. teplota $21/8, \text{ }^\circ\text{C}$
0,9	12,9	27,5	12,6	27,8
1,1	13,1	27,2	12,9	27,4
1,3	13,6	26,8	13,4	27,0
1,5	14,1	26,4	13,8	26,6



**Obrázek 6.1:** Porovnání hodnot pro různé kombinace šířky okna a markýzy, obytná část 1, orientace 2, trojsklo

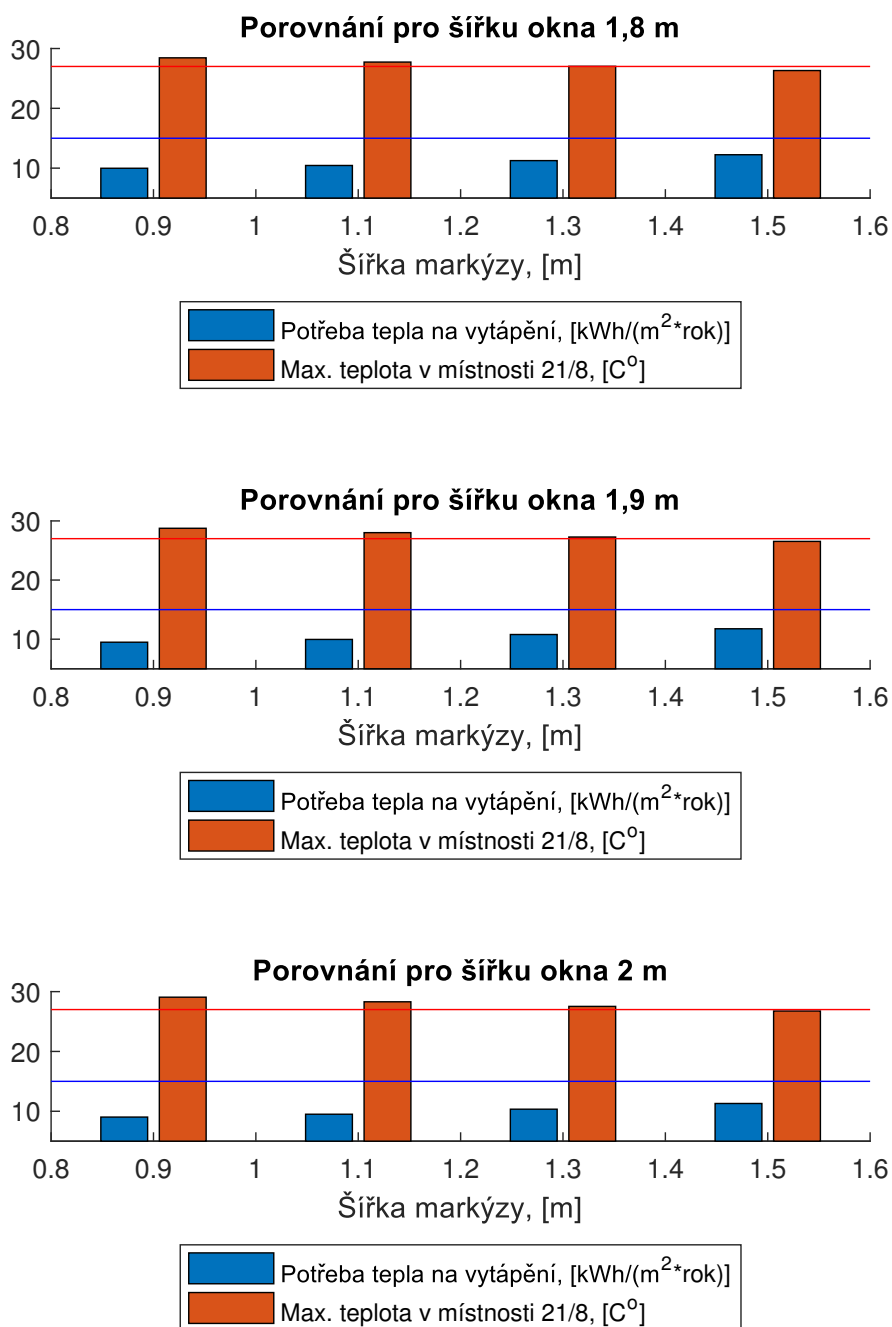
## 6.2 Obytná část 2

Analogicky pro obytnou část 2 porovnáme výsledky z kapitoly 4. a kapitoly 5. Oba požadavky z těchto kapitol potenciálně splní varianta s orientací 2., typ zasklení — trojsklo a varianta s toutéž orientací a dvojsklem. Z kapitoly 3. *Denní osvětlení* víme, že pro trojsklo okna v této zóně nesmí být užší než 1,9 m, pro dvojsklo — 1,7 m. Na obr. 6.2 vidíme, že pro variantu s trojsklem se pod mezí obou požadavku nachází několik kombinací: okno šířky 1,8 m s markýzou 1,5 m; okno šířky 1,9 m s markýzou 1,5 m; okno šířky 2 m s markýzou 1,5 m. Pro variantu s dvojsklem z obr. 6.3 je jasné, že neexistuje žádná kombinace, splňující oba požadavky. Podle tab. 6.2 nejnižší roční měrnou potřebu tepla na vytápění  $11 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  má kombinace okna šířky 2 m a markýzy 1,5 m.

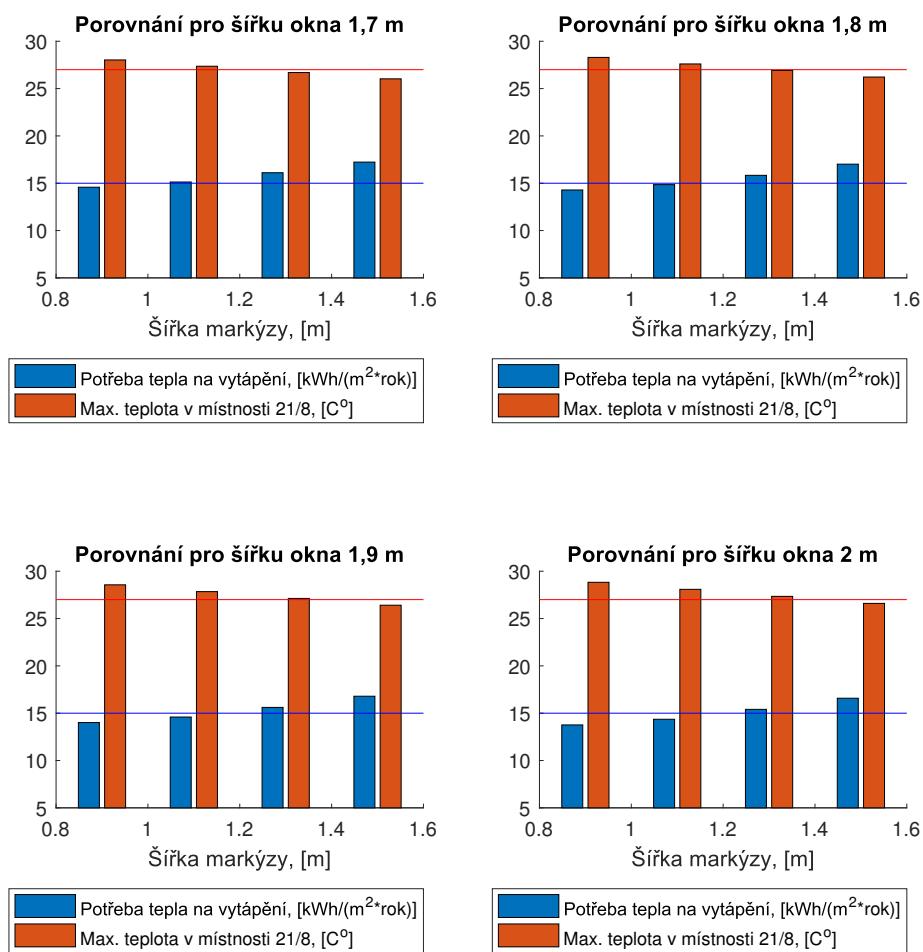
**Tabulka 6.2:** Porovnání hodnot pro různé kombinace šířky okna a markýzy, obytná část 2, orientace 2, trojsklo

Šířka markýzy, m	Šířka okna 1,8 m		Šířka okna 1,9 m		Šířka okna 2 m	
	Potřeba tepla na vytápění, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$	Max. teplota $21/8, ^\circ\text{C}$	Potřeba tepla na vytápění, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$	Max. teplota $21/8, ^\circ\text{C}$	Potřeba tepla na vytápění, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$	Max. teplota $21/8, ^\circ\text{C}$
0,9	10,0	28,4	9,5	28,8	9,5	29,1
1,1	10,4	27,7	10,0	28,0	10,0	28,3
1,3	11,3	27,0	10,8	27,3	10,0	27,5
1,5	12,2	26,3	11,8	26,5	11,0	26,8





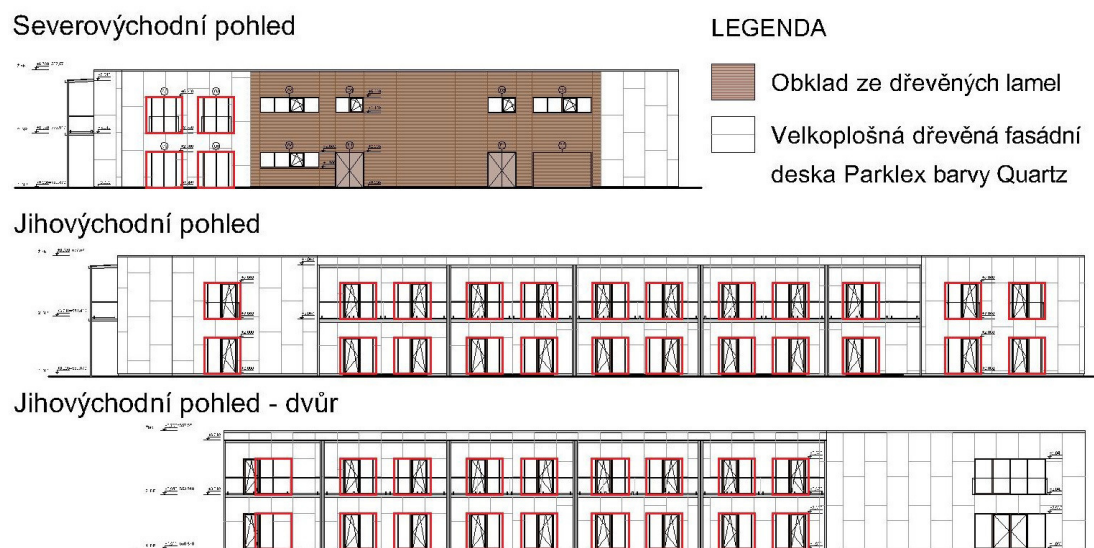
**Obrázek 6.2:** Porovnání hodnot pro různé kombinace šířky okna a markýzy, obytná část 2, orientace 2, trojsklo



**Obrázek 6.3:** Porovnání hodnot pro různé kombinace šířky okna a markýzy, obytná část 2, orientace 2, dvojsklo

## 6.3 Celkový objekt

V této části jsou shrnuty veškeré změny, které byly navrženy v procesu optimalizace. Největší z nich je změna orientace: objekt byl otočen o 42° ve směru hodinových ručiček, viz obr. 1.1 — situace 2. Pak byla zvětšena okna v obytných částech a zmenšena markýza v obytné části 1, obr. 6.4.



**Obrázek 6.4:** Úprava oken na fasádách, vyznačeno červeně

V tab. 6.3 je původní objekt porovnán s objektem po optimalizaci. Původní objekt nesplňoval požadavky na proslunění, denní osvětlení, tepelnou stabilitu v létě ani roční měrnou potřebu na vytápění pro pasivní bytové domy. Po optimalizaci objekt splňuje všechny požadavky s výjimkou potřeby tepla na vytápění, ale i tady došlo k úspoře 1,1 kWh/(m<sup>2</sup> · rok).

**Tabulka 6.3:** Porovnání původního objektu s objektem po optimalizaci

Požadavek	Původní		Optimalizace	
	Hodnota	Splněno	Hodnota	Splněno
Rozměr okna v obytné části 1 (min. $\frac{1}{10}$ plochy místnosti)	1,7x2 m	ano	2,2x2 m	ano
Rozměr okna v obytné části 2 (min. $\frac{1}{10}$ plochy místnosti)	1,7x2 m	ano	2x2 m	ano
Rozměr markýzy v obytné části 1	1,5 m		1,3 m	
Rozměr markýzy v obytné části 2	1,5 m		1,5 m	
Proslunění všech bytů v obytné části 1		ne		ano
Proslunění všech bytů v obytné části 2		ne		ano
$D_m$ v obytné části 1, min. 0,9%	0,67%	ne	0,95%	ano
$D_m$ v obytné části 2, min. 0,9%	0,83%	ne	1,00%	ano
Teplota v kr. místnosti obytné části 1, (max. 27 ° C)	29,4 ° C	ne	27,0 ° C	ano
Teplota v kr. místnosti obytné části 2, (max. 27 ° C)	29,6 ° C	ne	26,8 ° C	ano
Roční měrná potřeba tepla na vytápění, obytná část 1 a 2, (max. 15 kWh/(m <sup>2</sup> rok))	15,7 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne	11,5 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ano
-/-, hospodářský úsek	29 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne	27,5 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne
-/-, chodba	19,2 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne	21,8 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne
-/-, hala	35,9 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne	35,2 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne
-/-, ordinace	25,7 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne	24,3 kWh/(m <sup>2</sup> * rok)	ne
-/-, stravovací úsek	23,3 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne	23,3 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne
-/-, celý objekt.	20,5 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne	19,4 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	ne

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení projektu Domova pro seniory v obci Cejle z hlediska proslunění, osvětlení, rizika přehřívání v létě, potřeby tepla na vytápění a následná optimalizace návrhu oken.

Výsledky ukazují, že pro splnění požadavku na kvalitu vnitřního prostředí z hlediska světelné techniky je nutné ověření těchto požadavků již ve fázi architektonické studie, obzvláště v komplikovaných případech, jakým je objekt, zkoumaný v této práci. Původní objekt nespĺňoval ani jeden ze zmíněných požadavků současné legislativy.

Pro hodnocení původního projektu a optimalizace bylo použito několik softwarů. Ruční výpočet nebyl vhodný zejména kvůli časové náročnosti: pro úlohu proslunění se mělo spočítat celkem 27 kritických bodů, po které odpadla jedna z možných variant orientace objektu, pro úlohu denního osvětlení se hodnotilo 56 variant kritických místností, pro hodnocení tepelné stability kritické místnosti v létě a roční potřeby tepla na vytápění zvláště 224 variant. Dokonce pro urychlení výpočtu roční potřeby tepla zón objektu byla napsána sada vlastních programů umožňující současné vyhodnocení více variant a jejich následné porovnání.

Během optimalizace byly stanoveny podmínky (minimální vodorovný rozměr okna, orientace ke světovým stranám), při kterých budou splněny požadavky světelné techniky. Výpočtem byla prokázána nutnost zvětšení oken obytných místností, ukázalo se také, že pravidlo minimální plochy (plocha zasklení nesmí být menší, než  $\frac{1}{10}$  plochy místnosti) samo o sobě nestačí ke splnění požadavku na denní osvětlení. Dále byla hledána rovnováha protijdoucích požadavků na letní tepelnou stabilitu místností a roční potřebu tepla na vytápění, kde se ukázalo, že kvůli nevhodné architektonické koncepci (rozmístění prosklených ploch, velký poměr ploch ochlazovaných konstrukcí ku objemu vytápěné zóny) bez dalších velkých úprav objekt nespĺní požadavek na pasivní domy. V případě potřeby přísného dodržení tohoto požadavku projektant objektu by měl zvážit, jestli by bylo vhodné zvolit jiné dispoziční řešení. Ale i jenom úpravou oken a orientace

zde došlo k celkové drobné potenciální úspoře  $1,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ , pro některé zóny úspora dosáhla až  $4,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ .

V současnosti projektanti a architekti pozemních staveb mají velký výběr jak placených, tak volně šiřitelných softwarů. Pro specifické úlohy je možné vytvoření vlastních programů v prostředích, nevyžadujících hluboké programátorské znalosti. Proto není důvod nezapojovat znalosti stavební fyziky už na prvních stupních projektu, protože při špatně navržené studii nelze již podstatně ovlivnit spoustu faktorů (zejména udržitelnost) v dalších fázích.

# Literatura

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov ze dne 19. května 2010 (přepracování). Brusel: Úřední věstník Evropské unie 53, 18. 6. 2010.
- [2] Pasivnidomy.cz, 2014, *Co je pasivní dům?* [On-line]. 2014. [Prohlíženo 3. května 2019]. Přístupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [3] TNI 73 0330. *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Bytové domy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 8. 2010.
- [4] KALOUSEK, Miloš; KÚDELA, Pavel; 2007, *Energetická bilance oken, solární zisky a ztráty v pasivních domech* [On-line]. Mezinárodní konference CESB 2007 konaná na ČVUT v Praze. [Prohlíženo 4. května 2019]. Přístupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/4695-energeticka-bilance-oken-solarni-zisky-a-ztraty-v-pasivnich-domech>
- [5] NĚMEČEK, Martin; KALOUSEK, Miloš; 2015, *Vnitřní tepelná akumulace pasivních domů a letní tepelná stabilita* [On-line]. [Prohlíženo 4. května 2019]. Přístupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/13198-vnitri-tepelna-akumulace-pasivnich-domu-a-letni-tepelna-stabilita>
- [6] HRUBÝ, Libor; 2016, *Umístění, tvar a rozvržení místností pasivního domu* [On-line]. Centrum pasivního domu [Prohlíženo 5. května 2019]. Přístupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/13877-umisteni-tvar-a-rozvrzeni-mistnosti-pasivniho-domu>
- [7] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 7.2004
- [8] SVOBODA, Zbyněk; 2017, *Teplo pro Windows verze 2017.0 EDU*. Fakulta stavební ČVUT v Praze.

- [9] ČSN EN 832 (730564). *Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie na vytápění - Obytné budovy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 12.2000, zrušena 10.2009
- [10] VYCHYTIL, Jaroslav; KAŇKA, Jan; *Stavební světelná technika - přednášky*. Praha: Nakladatelství ČVUT v Praze, 176 s. 2016. ISBN 978-80-01-06060-5
- [11] ČSN 73 0580-1 (730580). *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 6. 2007.
- [12] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 10. 2011.
- [13] ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 3. 2018.
- [14] ČSN EN ISO 13788. *Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 8. 2013.
- [15] ČSN 73 0580. *Denní osvětlení budov. Část 2. Denní osvětlení obytných budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 6. 2007.
- [16] KAŇKA, Jan; POLÁŠEK, Jaroslav; SLEZÁK, Jiří; VLASÁK, Emil; 2014, Světlo+ verze 1.28a profi školní. JpSoft s.r.o.
- [17] SVOBODA, Zbyněk; *Simulace pro Windows verze 2018.1a*. Fakulta stavební ČVUT v Praze.
- [18] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov - Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 11.2008., zrušena 11.2009
- [19] *Matlab R2018a for Windows 64-bit*. 1984-2018 MathWorks, Inc.
- [20] ČSN EN ISO 52016-1. *Energetická náročnost budov - Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení -*



- Část 1: Postupy výpočtu.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 3. 2018.
- [21] KAŇKA, Jan; SVOBODA, Zbyněk; *Stavební fyzika 31.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, ISBN 80-01-02861-5.
- [22] HORVÁTH, Josef; 2010, *Solární záření v lokalitě VUT FSI v Brně.* Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [23] ČSN EN ISO 14438 (701027). *Sklo ve stavebnictví - Stanovení hodnoty energetické bilance - Výpočtová metoda.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.2003.
- [24] Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov, ze dne 22. března 2013, Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu