

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Pasivní solární systémy a energeticky úsporný provoz budovy**

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal STANĚK**  
Osobní číslo: **E18B0099P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**  
Téma práce: **Pasivní solární systémy a energeticky úsporný provoz budovy**  
Zadávací katedra: **Katedra výkonové elektroniky a strojů**

### Zásady pro vypracování

1. Vysvětlete základní principy pasivních solárních systémů.
2. Proveďte dlouhodobé měření pasivních solárních systémů na modelovém objektu.
3. Vyhodnoťte činnost sledovaných systémů a navrhnete opatření vedoucí ke zvýšení efektivity jejich provozu.

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Škorpil, Kasářík: Obnovitelné zdroje energie I, ZČU, 2000.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Bělík, Ph.D.**  
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2021**

---

**Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**  
děkan

---

**Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.**  
vedoucí katedry

**Dodatek k zadání Diplomové práce**  
**Fakulty elektrotechnické ZČU v Plzni v akademickém roce 2020/2021**

V souvislosti s krizovým opatřením vyhlášeným dle krizového zákona a mimořádným opatřením vydaným podle zvláštního zákona, na základě kterých došlo k omezení osobní přítomnosti studentů v prostorách vysoké školy a s ohledem na nutnost využití infrastruktury FEL při vypracování kvalifikační práce v období tohoto omezení a v plné míře s přihlédnutím k realizovatelnosti práce po dobu trvání tohoto omezení se v intencích čl. 54 odst. 4 Studijního a zkušebního řádu Západočeské univerzity v Plzni upravuje zadání práce takto:

1. Vysvětlíte základní principy pasivních solárních systémů.
2. Analyzujete dlouhodobé měření pasivních solárních systémů na modelovém objektu.
3. Vyhodnotíte činnost sledovaných systémů a navrhnete opatření vedoucí ke zvýšení efektivity jejich provozu.

V Plzni dne 6.4.2021



.....  
Vedoucí práce: Ing. Milan Bělík, Ph.D.

Beru na vědomí a souhlasím.

V Plzni dne 6.4.2021



.....  
Student: Michal Staněk

V Plzni dne



.....  
prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.

děkan Fakulty elektrotechnické  
Západočeské univerzity v Plzni

## **Abstrakt**

Cílem předkládané bakalářské práce je popsat základní principy pasivních solárních systémů a jejich praktické využití. Teoretická část práce se zaměřuje na samotnou podstatu solární energie a na slabá místa v tepelně izolačních vlastnostech budov a omezení jejich tepelných ztrát. Dále jsou v teoretické části popsány základní principy pasivních solárních systémů a jejich funkce v tzv. solární architektuře. Praktická část se věnuje zhodnocení teplotních dat získaných měřeními na dvou různých modelových objektech. Data jsou zhodnocena z hlediska místa měření, času měření, ročního období, okolní teploty a orientace měřeného systému vůči světové straně. V závěru bakalářská práce uvádí nedostatky a přednosti měřeného solárního systému a návrh možných doporučení na zlepšení tepelně technických vlastností měřených objektů.

## **Klíčová slova**

Pasivní solární systémy, tepelná izolace, Trombeho stěna, solární komín, solární energie, tepelný most, pasivní dům, solární architektura, tepelné ztráty...

## **Abstract**

The aim of the present bachelor thesis is to describe the basic principles of passive solar systems and their practical application. The theoretical part focuses on the very nature of solar energy as well as weak points in thermal insulation characteristics of buildings and their heat loss reduction. The theoretical part also describes the basic principles of passive solar systems and their function in the so called solar architecture. The practical part is devoted to evaluating the thermal data obtained from measurements performed on two different model objects. The data are evaluated in terms of the measurement place, measurement time, season, surrounding temperature and orientation of the measured system in relation to cardinal directions. The conclusion of the bachelor thesis outlines the weaknesses as well as strengths of the measured solar system and offers possible recommendations to improve the thermal and technical characteristics of the measured objects.

## **Key words**

Passive solar systems, thermal insulation, Trombe wall, solar chimney, solar energy, thermal bridge, passive house, solar architecture, heat loss...

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této bakalářské práce je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 26.5.2021

Michal Staněk

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Milanu Bělíkovi, Ph.D., za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.



# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>9</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 SOLÁRNÍ ENERGIE</b> .....	<b>11</b>
1.1 ZDROJ SOLÁRNÍ ENERGIE.....	11
1.2 DŮVOD VYUŽÍVÁNÍ SOLÁRNÍ ENERGIE .....	12
1.3 INTENZITA SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ .....	12
1.4 DOSTUPNOST SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ .....	14
1.4.1 Délka slunečního svitu.....	14
1.4.2 Energie slunečního záření .....	15
1.5 ZPŮSOBY VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE .....	16
1.5.1 Aktivní solární systém.....	16
1.5.2 Pasivní solární systém .....	17
<b>2 PASIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY</b> .....	<b>18</b>
2.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY PRO SPRÁVNOU FUNKCI .....	18
2.2 TEPELNÁ IZOLACE BUDOV .....	19
2.2.1 Stavební konstrukce .....	19
2.2.2 Otvorové výplně.....	21
2.2.3 Tepelné mosty .....	23
2.3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY PASIVNÍCH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ .....	24
2.3.1 Okno .....	24
2.3.2 Trombeho stěna .....	27
2.3.3 Solární komín.....	30
2.3.4 Systémy protisluneční ochrany .....	31
<b>3 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT</b> .....	<b>39</b>
3.1 MĚŘENÍ NA FEL ZČU .....	39
3.1.1 Měření vlivu stínících prvků na tepelný zisk interiéru .....	39
3.1.2 Měření jednotlivých pater.....	44
3.2 MĚŘENÍ NA RODINNÉM DOMĚ RD1 .....	46
<b>4 ZÁVĚR</b> .....	<b>57</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>58</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>1</b>

## Úvod

Žijeme v době, kdy je třeba počítat s tím, že tlak na využívání obnovitelných zdrojů energie bude stále narůstat, ať už z ekonomických nebo environmentálních důvodů. Je proto potřeba se tomuto „nátlaku“ přizpůsobit pokud možno ve všech možných ohledech, jako je například výroba elektrické energie či výroba/akumulace tepla. Jako jeden z nejvyužívanějších obnovitelných zdrojů energie je energie solární, jejímž takzvaným pasivním využíváním se tato práce zabývá.

V rámci architektury a koncepce stavby budovy lze solární energii efektivně využívat například na vytápění interiéru. Tato problematika se nazývá solární architektura. Solární architektura se zaměřuje zejména na co největší tepelný zisk interiéru ze slunečního záření, a zároveň co nejnižší tepelné ztráty, a tedy i vhodnou tepelnou izolaci budovy. Solární architektura však nesmí opomíjet i letní období, ve kterém by se díky této koncepci budovy mohl přehřívat interiéru. Z toho důvodu je potřeba budovu vybavit vhodnými stínícími prvky, které zabraňují nadměrnému průniku slunečního záření do interiéru, a tedy i přehřívání.

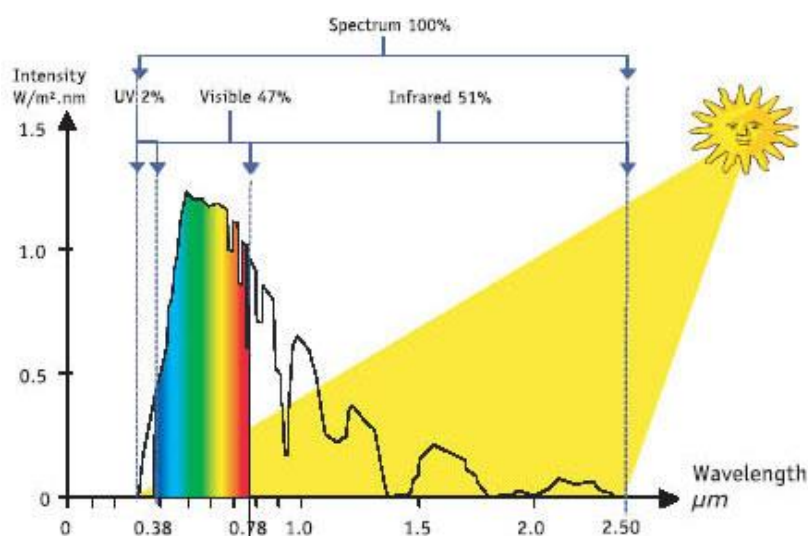
Cílem této práce je zhodnotit modelový objekt z hlediska jeho souladu s koncepcí nízkoenergetické budovy, případně koncepcí solární architektury. Vyhodnocení sledovaných pasivních solárních systémů modelového objektu spočívá zejména v analýze naměřených hodnot teplot v závislosti na čase, místě měření, orientaci budovy vůči světovým stranám, výšce budovy, využití různých druhů stínících prvků oken či vlivu prvků samotné budovy na stínění, i když jejich primární vlastností stínění být nemusí.

# 1 SOLÁRNÍ ENERGIE

## 1.1 Zdroj solární energie

Země je součástí planetární soustavy, jejíž středem je Slunce. Slunce jakožto nám nejbližší a nejdůležitější hvězda je pro naši planetu trvalým zdrojem energie. [1]

Jako solární energie je označována energie, která dopadá na Zemi ve formě slunečního záření. Tato energie je uvolňována ze Slunce termonukleárními reakcemi a na Zemi se dostane ve formě elektromagnetického záření. Slunce vyzařuje kromě viditelného spektra také spektrum vlnových délek, které jsou pro lidský zrak neviditelné. Nejvýznamnější je však z hlediska energie právě viditelné spektrum vlnových délek, které se pohybuje v rozsahu přibližně od 400 nm do 650 nm vlnové délky. V tomto rozsahu na Zemi dopadá největší množství energie, a to přibližně tři čtvrtiny z celého spektra vlnových délek záření vyzařované Sluncem. Další významné spektrum záření z hlediska energie je tzv. blízké infračervené záření v oblasti od 650 nm do 2000 nm vlnových délek. Naopak ultrafialové záření (hlavně pod 280 nm vlnové délky) je pohlceno ozónem ve stratosféře, tudíž se na povrch Země nedostane. Atmosférou je také zadržováno dlouhovlnné infračervené záření (přibližně nad 3000 nm vlnové délky). Na hranici zemské atmosféry je hustota energie dopadajícího záření přibližně  $1,37 \text{ kW/m}^2$  a tato hodnota se nazývá solární konstanta. [2]



Obr. 1: Intenzita slunečního záření v závislosti na vlnové délce. [12]

## 1.2 Důvod využívání solární energie

Solární energie je využívána ze tří hlavních důvodů. Prvním z důvodů je, že solární energie je považována za obnovitelný zdroj energie, a tudíž je k dispozici v neomezeném množství (je nevyčerpatelná), což je na rozdíl od fosilních paliv značná výhoda.

Využívání solární energie nemá negativní vliv na životní prostředí. Naopak je snaha jejím efektivním využíváním snížit odběr energie z konvenčních zdrojů (např. uhelné elektrárny, zemní plyn, atd.).

Jako další uvažujeme hledisko ekonomické. Sluneční energie je zdarma a můžeme ji přeměňovat na energii elektrickou, nebo akumulovat teplo z ní získané. Pokud je tedy stavba uzpůsobena správným způsobem pro co nejlepší využití solární energie, může to majiteli značně snížit náklady např. na elektrickou energii, nebo na vytápění.

Nevýhodou solární energie je nemožnost její regulace. Výkon solární energie je závislý na počasí, které je proměnlivé a někdy nepředvídatelné. Z toho důvodu je třeba přemýšlet nad efektivním ukládáním nejen solární energie, ale i energie z ostatních obnovitelných zdrojů.

Je třeba předpokládat, že využívání obnovitelných zdrojů energie se bude do budoucna postupně zdokonalovat a zefektivňovat. Kombinace ekologie a úspory nákladů na energii zaručí velkou pravděpodobnost čím dál většího růstu poptávky po systémech využívajících obnovitelných zdrojů energie.

## 1.3 Intenzita slunečního záření

Intenzita záření není na celém povrchu Země stejná, ale je závislá na zeměpisné šířce, ročním období, místním klimatu/oblačnosti, a sklonu a orientaci plochy, na niž sluneční záření dopadá. Největší množství slunečního záření dopadá na Zemi v oblastech okolo rovníku a nejméně u severního a jižního pólu. Roční období se na intenzitě slunečního záření projevuje tak, že v zimě je den kratší a slunce je na obloze nízko, a

tudíž sluneční paprsky dopadají pod menším úhlem vůči Zemi než v létě, což se spolu s častějším výskytem oblačnosti výrazně projevuje na energetickém zisku solárních zařízení. Při průchodu záření zemskou atmosférou je část záření odražena a část pohlcena. Pokud je jasná obloha bez mraků, tak na povrch Země dopadá přibližně 75% záření, což odpovídá přibližně 1 kW/m<sup>2</sup>. Při zatažené obloze však na povrch Země dopadá pouze 15% záření, odpovídající výkonu cca 0,2 kW/m<sup>2</sup>, tedy výkonu 5x menšímu než za jasné oblohy. [2]

Při jasné, bezmračné obloze dopadá na povrch Země největší část záření přímo, aniž by měnilo směr. Toto přímé záření lze soustřeďovat (koncentrovat) např. zrcadly nebo čočkami. Za oblačné oblohy dochází k rozptylu tohoto přímého záření a vzniká takzvané difúzní záření (záření oblohy), které na povrch Země dopadá ze všech směrů. Difúzní záření nelze koncentrovat, a tudíž se snižuje jeho využitelnost některými solárními systémy. [3]

Souhrn přímého a difúzního záření se označuje jako globální záření. Difúzní záření tvoří v létě přibližně 50% záření globálního (měsíční průměr), a v zimě je tudíž podíl difúzního záření ještě vyšší díky ještě více oblačnému počasí. Z hlediska celoročního průměru difúzní záření tvoří přibližně 60% globálního záření, a proto se musí použít technologie, které dobře využijí i difúzního záření. [3]

Intenzita záření je při popisu přímého slunečního záření základní veličinou, která je definována jako množství zářivé energie dopadající za jednotku času na jednotkovou plochu orientovanou kolmo ke slunečním paprskům. [4]

Solární konstanta udává intenzitu slunečního záření na hranici (vně) zemské atmosféry ve střední vzdálenosti mezi Sluncem a Zemí. Vzhledem k tomu, že Země obíhá Slunce po eliptické dráze, se během roku mění i vzdálenost mezi Sluncem a Zemí. Z toho důvodu se intenzita solárního záření na hranici atmosféry spočte následovně [4]:

$$I_0 = I_K \cdot \frac{R_0^2}{R^2} \quad (1)$$

kde:

- $I_K$  je solární konstanta ( $\text{W/m}^2$ )
- $R_0$  je střední vzdálenost Země od Slunce (km)
- $R$  je okamžitá vzdálenost Země od Slunce (km)
- $I_0$  je intenzita slunečního záření na hranici atmosféry ( $\text{W/m}^2$ )

Pokud chceme znát intenzitu slunečního záření na zemském povrchu, je třeba do rovnice (1) zahrnout i propustnost zemské atmosféry pro přímé sluneční záření, které je označeno písmenem  $P$ . Z toho poté vyplývá následující rovnice [4]:

$$I = I_K \cdot \frac{R_0^2}{R^2} \cdot P = I_0 \cdot P \quad (2)$$

kde:

- $I$  je intenzita přímého slunečního záření na zemském povrchu na jednotkovou plochu orientovanou kolmo ke slunečním paprskům ( $\text{W/m}^2$ )
- $I_K$  je solární konstanta ( $\text{W/m}^2$ )
- $R_0$  je střední vzdálenost Země od Slunce (km)
- $R$  je okamžitá vzdálenost Země od Slunce (km)
- $P$  je propustnost zemské atmosféry pro přímé sluneční záření (-)

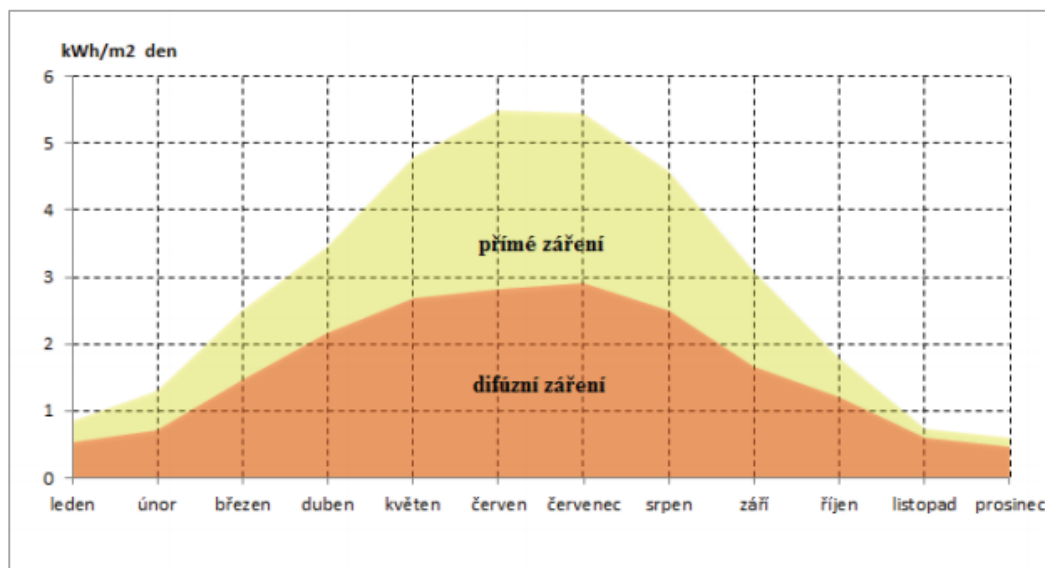
## 1.4 Dostupnost slunečního záření

Pro technické navrhování solárních systémů je zapotřebí znát délku slunečního svitu měřenou v hodinách za měsíc nebo v hodinách za rok a dále denní nebo měsíční sumy energie slunečního záření (globálního záření) vyzářené na vodorovnou plochu měřené ve  $\text{Wh/m}^2$ . [3]

### 1.4.1 Délka slunečního svitu

Délka slunečního svitu udává počet hodin za den, měsíc nebo rok, po které přímé sluneční záření dosahovalo zemského povrchu. Trvání slunečního svitu závisí na délce dne (ročním období), na výskytu oblačnosti a mlh a na překážkách v okolí místa pozorování. [5]

Doba slunečního svitu určuje časový interval, po který dosahoval sluneční svit zemského povrchu bez přerušení (např. mraky). Jedná se tudíž o časové intervaly, které se měří vždy během jednoho dne. Doba slunečního svitu se měří tzv. slunoměrem (heliografem). [5]



**Obr. 2: Sluneční energie dopadající na 1 m<sup>2</sup> v závislosti na ročním období. [6]**

Z grafu na obr. 2 lze vypočítat, že nejméně sluneční energie dopadá na Zem v listopadu, prosinci, lednu a únoru, tedy v zimním období. Naopak v letním období dopadá na zem nejvíce sluneční energie.

#### 1.4.2 Energie slunečního záření

Z grafu na obr. 2 jsme schopni odhadnout, kolik energie slunečního záření můžeme získat za určitý měsíc nebo celý rok. Celkové množství solární energie v určité lokalitě je tedy známo s určitou přesností, aby bylo možné správně nadimenzovat solární systém. [2]

Abychom dosáhli co nejvyššího energetického zisku daným solárním systémem, je důležité, aby jeho plocha byla správně orientována vůči slunečnímu záření. Pro nejvyšší energetický zisk je nutné plochu solárního systému natočit a umístit tak, aby sluneční paprsky dopadaly na tuto plochu kolmo. Slunce se však vůči Zemi pohybuje, tudíž by se musel pohybovat i solární systém. Takové řešení se v praxi téměř vůbec nevyskytuje, a to buď z finančních důvodů, nebo z důvodu jeho obtížné realizovatelnosti. Zpravidla se tedy

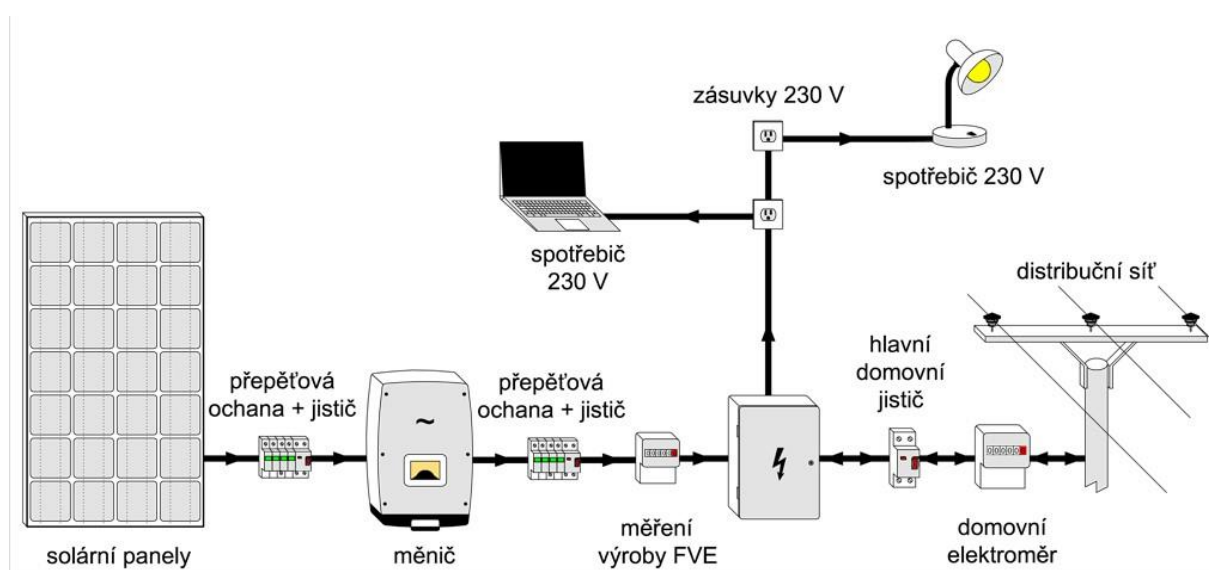
solární kolektory nebo fotovoltaické panely osazují se sklonem přibližně 45° k jihu. Tato poloha solárního kolektoru nebo fotovoltaického panelu vůči slunci v severní polokouli Země zaručuje dobrý celoroční zisk. Pro zvýšení zisku v zimě je možné zvýšit sklon na 60°, protože je slunce položené níže. Naopak v létě je slunce položené výš a paprsky tudíž dopadají na povrch Země „více kolmo“, a je tedy vhodné snížit sklon přibližně na 30°. Nehledě na sklon je energetický zisk v letním období výrazně vyšší, než v období zimním. [2]

## 1.5 Způsoby využití solární energie

Jako prostředek pro co nejefektivnější využití solární energie, zejména pro obytné stavby, využíváme takzvané solární systémy. Tyto solární systémy se dále dělí na pasivní a aktivní.

### 1.5.1 Aktivní solární systém

Aktivní solární systém lze rozdělit na dva základní principy – solární panely (kolektory) a fotovoltaické panely. Solární panely slouží k přímému ohřevu vody, která se dále využívá. Fotovoltaické panely pomocí fotovoltaického jevu převádějí solární energii přímo na energii elektrickou. Aktivní solární systém lze instalovat dodatečně na jakoukoliv stavbu. [7]



Obr. 3: Schéma zapojení fotovoltaické elektrárny. [9]





*Obr. 4: Fotovoltaické panely + solární kolektor umístěné na střeše rodinného domu. [10]*

### 1.5.2 Pasivní solární systém

Pasivní solární systémy ke své funkci v nejjednodušším případě nepotřebují žádná speciální zařízení jako v případě aktivních solárních systémů. Jedná se v podstatě o bezprostřední využití skleníkového jevu. Problematikou pasivního využití sluneční energie k vytápění, případně k chlazení budov se zabývá zvláštní obor solární architektura. Pasivní solární systémy jsou tedy závislé na architektuře budovy. [8]



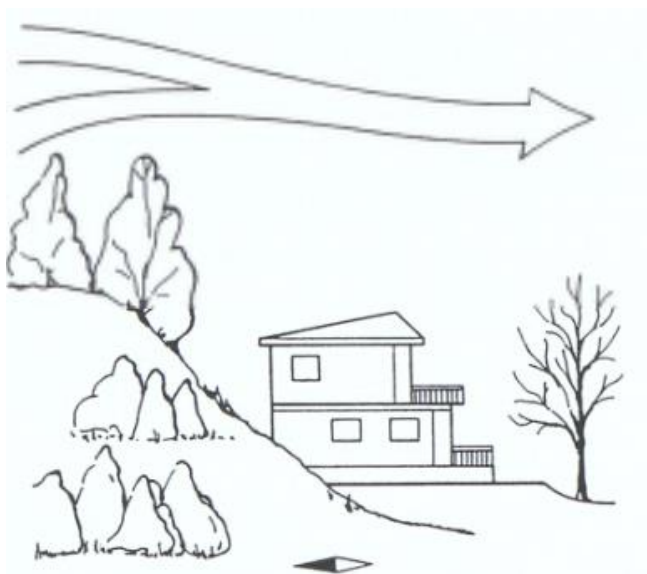
*Obr. 5: Využití solární architektury k zachycení co nejvíce slunečního záření. [8]*

## 2 PASIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY

Na vytápění interiéru budovy je vhodné zachycovat energii slunečního záření především stavbou. Jde o takzvané pasivní sluneční vytápění, které využívá zasklenou plochu na maximálně osluněné jižní straně budovy. Umístění a situování stavby však musí odpovídat požadavkům sluneční architektury, aby byl co nejvíce omezen nepříznivý vliv okolního prostředí, jako je třeba sluneční záření v létě (nežádoucí vytápění), účinky větru, apod. Naopak sluneční architektura chce využít co nejvíce příznivého vlivu okolního prostředí, a to hlavně slunečního záření v zimě. [11]

### 2.1 Základní požadavky pro správnou funkci

Pro zajištění správné funkce pasivního domu musí být splněny určité základní požadavky. Stavba musí být vhodně umístěná v krajině, tj. otevřený výhled na jih nezastíněný okolními domy nebo stromy, aby stavba mohla zachytit co nejvíce slunečního záření. Orientace na jih nemusí být zcela přesná, protože s odchylkou  $\pm 30^\circ$  od jižního směru na východ nebo na západ se tepelné zisky ze slunečního záření zmenšují jen nepatrně. Naopak ze strany severní s převládajícími větry musí být stavba chráněna svahelem nebo alespoň lesem. Dále se musí brát ohled na správné uspořádání místností v budově. Trvale obývané místnosti (obývací pokoj, kuchyň, atd.) musí být na jižní straně a pomocné místnosti (spíž, technická místnost, chodba, atd.) na straně severní. Stavba musí být dokonale tepelně izolovaná a její obvodový plášť dobře utěsněný. Množství zachycené energie slunečního záření musí odpovídat akumulaci schopnosti stavby. Stavba musí být vybavena i tradičním vytápěním, které bude zajišťovat teplo pro dny bez slunečního záření a pro nejchladnější období roku. Zasklené plochy pasivního otopného systému musí být v letních měsících chráněné proti nadměrnému oslunění, které by způsobovalo nežádoucí vytápění a přehřívání interiéru. Umístění vstupu do domu by mělo být na straně severní, aby v přízemí nezmenšoval plochu slunečních oken, a měl by být chráněn uzavřeným přístřeškem proti vnikání chladného vzduchu do budovy. [11]



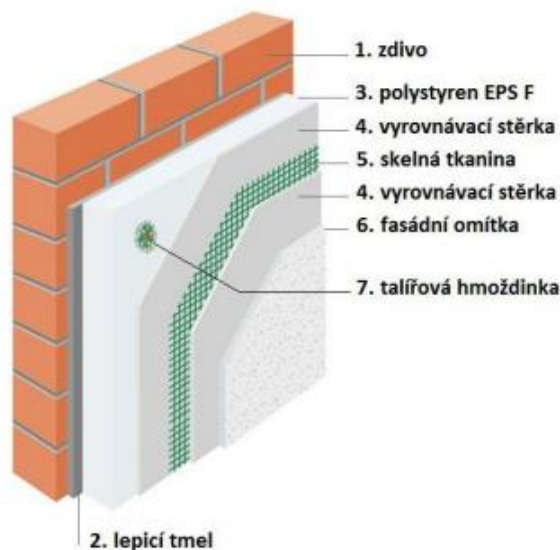
*Obr. 6: Optimální umístění budovy v krajině při pasivním solárním systému. [11]*

## 2.2 Tepelná izolace budov

K rozhodujícím tepelně technickým vlastnostem budov patří tepelný odpor (resp. tepelná vodivost), popř. součinitel prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí – vnějších svislých a vodorovných a vnitřních svislých a vodorovných a otvorových výplní. Zvláště se v rámci tepelně technických vlastností uvažují takzvané “tepelné mosty”, které vznikají na stycích jednotlivých konstrukcí tvořících obvodový plášť budov (tepelné mosty na stycích vnitřních konstrukcí jsou většinou zanedbatelné). [14]

### 2.2.1 Stavební konstrukce

Čím menší je součinitel prostupu tepla, tím menší je tepelná ztráta budov. Součinitel prostupu tepla vyjadřuje tepelnou ztrátu prostupem konstrukcí o ploše  $1 \text{ m}^2$  při rozdílu vnitřní a vnější teploty  $1 \text{ K}$ . Chceme-li tedy mít tepelnou ztrátu budovy co nejmenší, měl by být co nejmenší také součinitel prostupu tepla. [14]

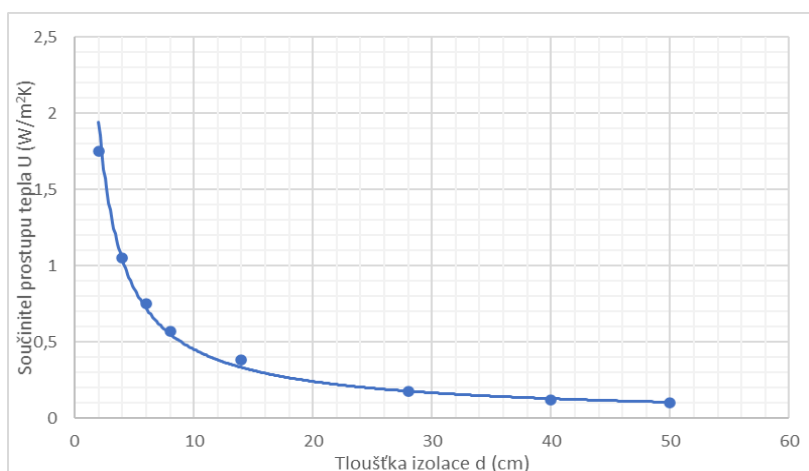


**Obr. 7: Standardní zateplení obvodové stěny – schéma uspořádání materiálových vrstev. [22]**

Ideální součinitel prostupu tepla tedy nabývá nulové hodnoty. Toho však v realitě nelze dosáhnout, protože by byla potřeba nekonečně velká tloušťka konstrukce. Je tedy potřeba najít kompromis mezi tloušťkou konstrukce a součinitelem prostupu tepla. Ke zvolení vhodné tloušťky konstrukce slouží průběh součinitele prostupu tepla  $U$  ( $W/(m^2K)$ ) v závislosti na tloušťce konstrukce  $d$  ( $m$ ), přičemž se uvažuje součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,05$   $W/(m.K)$ . Kritérium sloužící pro rozhodnutí o přijatelnosti určité tloušťky nebo součinitele přestupu tepla konstrukce se nazývá „výtežnost tepelně izolačního efektu konstrukce“ VIE (%), která je definována vztahem

$$VIE = \frac{U_0 - U_{x=d}}{U_0} \cdot 100 \quad (3)$$

kde  $U_0$  je vztažná hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce ( $W/(m^2K)$ ); jako taková byla zvolena hodnota  $U_0 = 1,761$   $W/(m^2K)$ , která odpovídá konstrukci o tloušťce 0,02 m při dané hodnotě součinitele tepelné vodivosti.  $U_{x=d}$  je hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce ( $W/(m^2K)$ ) při hodnocené tloušťce  $d$  ( $m$ ). [14]



**Obr. 8: Průběh součinitele prostupu tepla v závislosti na tloušťce konstrukce. [14]**

Z průběhu křivky na obr. 7 lze vypočítat, že při zvětšující se tloušťce tepelné izolace v intervalu od 2 cm do cca 15 cm součinitel prostupu tepla prudce klesá. V intervalu od 15 cm a výše se součinitel prostupu tepla příliš nemění. Tento pokles hodnoty součinitele prostupu tepla v závislosti na tloušťce konstrukce lze charakterizovat výtěžností  $\nu$ . Jestliže se uvažuje výtěžnost tepelně izolačního efektu konstrukce změnou tloušťky z 20 mm na 40 mm, pak je výtěžnost  $\nu$  mnohem větší ( $\nu \approx 40\%$ ), než při stejné změně tloušťky ze 480 mm na 500 mm ( $\nu \approx 0,2\%$ ). To znamená, že od určité tloušťky izolace se výtěžnost příliš nemění, a není tudíž nutné dále přidávat na tloušťce. [14]

### 2.2.2 Otvorové výplně

Konstrukční prvek, který má nejhorší tepelně izolační vlastnosti, je okno. Plocha okenního otvoru má vždy 3 – 4x horší tepelně izolační schopnosti oproti sousedícímu plnému plášti budovy. Nejslabším prvkem konstrukce okna z hlediska tepelné ochrany je okenní rám. Proto je výhodné navrhovat menší počet větších oken než opačně. Tím zajistíme menší tepelné ztráty budovy. [13]

Součinitel prostupu tepla oken je podstatně vyšší než u neprůsvitné části obvodového pláště. Tloušťka skla nemá na změnu součinitele přestupu tepla tak velký vliv jako u stavební konstrukce obvodového pláště. Snížení tepelné ztráty oken se docílí tím, že se použijí dvě skleněné tabule a mezi nimi tedy vznikne určitá vzduchová vrstva o určité tloušťce, která má určitý tepelný odpor. Při dalším zvyšování vzduchových vrstev se snižuje součinitel prostupu tepla. [14]

Tab. 1: Součinitel prostupu tepla zasklení  $U_z$  ( $W/(m^2K)$ ) v závislosti na počtu vzduch. mezer  $n$ . [14]

Počet vrstev $n$	0	1	2	3	4	5	6	7
$U_z$ ( $W/(m^2K)$ )	5,95	3,73	2,72	2,14	1,76	1,50	1,30	1,15
Počet vrstev $n$	8	9	10	11	12	13	14	15
$U_z$ ( $W/(m^2K)$ )	1,03	0,94	0,86	0,79	0,73	0,68	0,64	0,60

Výtěžnost tepelně izolačního efektu zasklení VIE v závislosti na počtu vzduchových vrstev je vztažena v tomto případě k hodnotě součinitele prostupu tepla s jedním sklem - tedy bez vzduchové vrstvy. Uvažujeme-li výtěžnost 70 %, 80 % a 90 %, pak součinitel prostupu tepla oken odpovídá následujícím hodnotám [14]:

- Výtěžnost  $v = 70\%$  → součinitel prostupu tepla zasklení  $U_z = 1,76 W/(m^2K)$  → 4 vzduchové vrstvy [14]
- Výtěžnost  $v = 80\%$  → součinitel prostupu tepla zasklení  $U_z = 1,15 W/(m^2K)$  → 7 vzduchových vrstev [14]
- Výtěžnost  $v = 90\%$  → součinitel prostupu tepla zasklení  $U_z = 0,60 W/(m^2K)$  → 15 vzduchových vrstev [14]

Z hodnot součinitele prostupu tepla je zřejmé, že by byl potřeba pro realizaci oken se zlepšenou tepelně izolační úrovní velký počet vzduchových vrstev, což není vhodný a reálný prostředek ke zmenšení tepelných ztrát obvodového pláště budov. [14]

Dalším řešením pro snížení tepelných ztrát oken je výměna plynu, který vyplňuje vzduchovou mezeru mezi skly. Místo vzduchu se použijí jiné plyny s menší tepelnou vodivostí, než má vzduch. Patří k nim zejména argon, krypton, popř. xenon. [14]

Tab. 2: Součinitel tepelné vodivosti vzduchu a některých plynů jako výplně mezi skly (platí pro klidový stav plynů). [14]

Plyn	$\lambda$ ( $W/m.K$ )
Vzduch	0,0258
Xenon	0,0054
Argon	0,0173
Krypton	0,0093

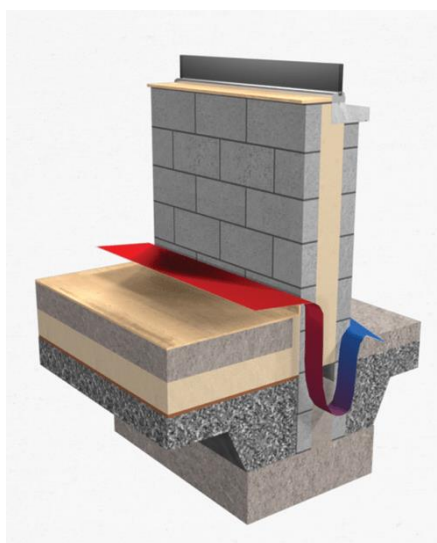
Ještě významnějšího zmenšení hodnoty součinitele prostupu tepla zasklení se dosáhne zmenšením emisivity povrchu skel. [14]

Okna se kromě zasklení skládají z rámu a křídel, z čehož vyplývá, že na součinitel prostupu tepla mají kromě zasklení vliv i tyto části oken. Jejich součinitel prostupu tepla je závislý na materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Rámy a křídla jsou obvykle z kovů (ocel, hliník), dřeva, plastů. Součinitel tepelné vodivosti oceli je  $58 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , hliníku  $204 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , plastů a dřeva  $0,16 - 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Z toho plyne, že zejména kovové rámy zvětšují tepelné ztráty oken. Z toho důvodu se okna, zvláště s kovovými rámy, realizují s přerušeným tepelným mostem, popř. se kombinují s plastem. [14]

### 2.2.3 Tepelné mosty

Tepelný most je místo, kde v konstrukci vlivem jiné geometrie stavebního detailu nebo užitím jiných stavebních materiálů dochází ke zvýšenému tepelnému toku vztaženo na jednotku plochy konstrukce. Je to tedy každé místo, v němž dochází ke zvýšenému tepelnému toku; ostatní tato místa, tedy napojení jednotlivých konstrukcí (stěna a okno, stěna a podlaha apod.), se pak nazývají tepelnou vazbou. Tepelný most zvyšuje tepelnou ztrátu a tím i potřebu tepla na vytápění. [15]

Typickými tepelnými mosty jsou styky, spáry a spoje mezi jednotlivými konstrukcemi v obvodovém plášti a vzájemné styky dvou, popř. tří konstrukcí (kouty místností). [14]



**Obr. 9: Únik tepla skrz tepelný most – styk dvou konstrukcí. [23]**

## 2.3 Základní principy pasivních solárních systémů

### 2.3.1 Okno

Okno je jedno z nejzranitelnějších míst co se tepelných ztrát týče, ale zároveň nezbytnou součástí pro průchod slunečního záření do interiéru, a tedy i pro správnou funkci přímého pasivního vytápění slunečním zářením. Je tedy důležité zajistit, aby tepelné ztráty okna byly co nejmenší při dobrém průchodu slunečního záření.

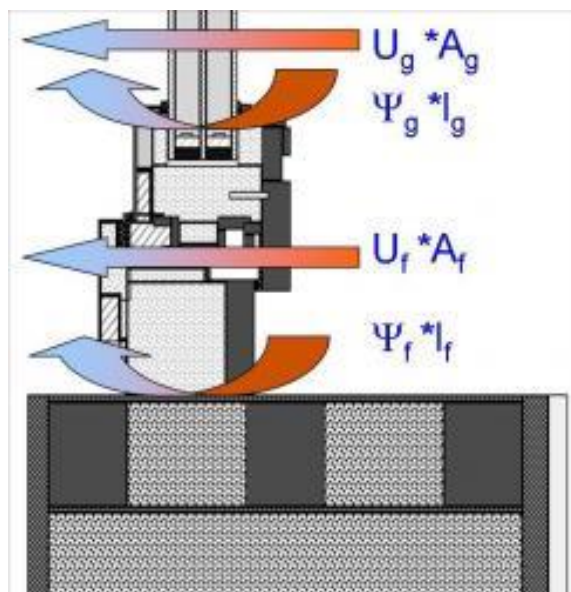
#### Princip

Funkce okna zajišťuje, aby mohl probíhat tzv. skleníkový efekt. To znamená, že skrz okno projdou sluneční paprsky o určité vlnové délce, které jsou pohlceny interiérem. Interiér tedy začne emitovat teplo do prostoru o jiné vlnové délce, kterou už sklo nepustí ven. Interiér začne akumulovat teplo a prostor se tedy bude zahřívat.

#### Tepelné parametry

Nejdůležitějším parametrem pro výběr okna je součinitel prostupu tepla  $U_w$ . Je to hodnota pro celé okno, tedy zasklení včetně rámu. Požadovaná hodnota  $U_w$  pro pasivní domy je max.  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Tuto hodnotu součinitele prostupu tepla splňují zateplené rámy s použitím izolačních trojskel. Součinitel prostupu tepla okna  $U_w$  se skládá ze součinitele prostupu tepla okenního rámu  $U_f$  a zasklení  $U_g$ . Okna s vynikajícím zasklením a nevhodným rámem mohou splňovat hodnotu  $U_w$  celého okna, ale po osazení do konstrukce vzniká v místě styku značný tepelný most, který výrazně zhorší výsledný součinitel prostupu tepla osazeného okna [16]. Proto je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla zabudovaného okna nižší než  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . [16][17]





Obr. 10: Parametry ovlivňující celkový součinitel prostupu tepla okna  $U_w$ . [16]

Platí vztah:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \psi_g + I_{osazení} \cdot \psi_{osazení}}{A_g + A_f} \quad (4)$$

kde:

- $A_g$  je plocha zasklení ( $m^2$ )
- $U_g$  je součinitel prostupu tepla zasklení ( $W/(m^2.K)$ )
- $A_f$  je plocha rámu ( $m^2$ )
- $U_f$  je součinitel prostupu tepla rámu ( $W/(m^2.K)$ )
- $I_g$  je délka uložení zasklení do rámu (m)
- $\Psi_g$  je lineární činitel prostupu tepla v uložení zasklení do rámu ( $W/(m.K)$ )
- $I_{osazení}$  je délka osazení rámu do stěny (m)
- $\Psi_{osazení}$  je lineární činitel prostupu tepla v osazení rámu do stěny ( $W/(m.K)$ )
- $U_w$  je součinitel prostupu tepla celého okna ( $W/(m^2.K)$ )

Ze vztahu (4) lze vypočítat, které veličiny a jak ovlivňují celkový součinitel prostupu tepla okna  $U_w$ . Mezi nejvýznamnější veličiny patří plocha zasklení  $A_g$ , součinitel prostupu tepla zasklení  $U_g$ , plocha rámu  $A_f$ , a součinitel prostupu tepla rámu  $U_f$ .

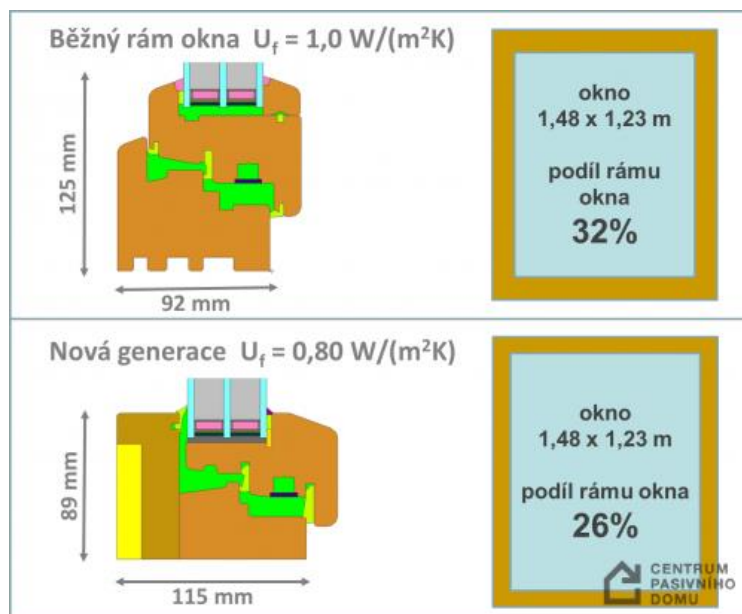
## Omezení tepelných ztrát

Na součinitel prostupu tepla zasklení  $U_g$  má vliv počet vzduchových mezer mezi skly, druh plynu vyplňující vzduchovou mezeru mezi skly a emisivita povrchu skla. Plocha zasklení by měla být dostatečně velká, aby byly solární zisky optimální, ale ne příliš velká, aby v létě nedocházelo ke zbytečnému přehřívání interiéru (byla by potřeba dražších zastiňujících prvků).

Na součinitel prostupu tepla rámu  $U_f$  má vliv hlavně materiál, ze kterého je rám vyroben. Rámy mohou být vyrobené ze dřeva, plastu nebo hliníku. Z hlediska tepelně izolačního i funkčního nelze žádný z materiálů preferovat. Nejproblematictější materiálem z hlediska tepelných ztrát je však hliník, jelikož má největší hodnotu součinitele prostupu tepla, proto je nutné tepelnou vodivost hliníku přerušovat jinými tepelně izolačními vrstvami. Plocha rámu  $A_f$  se snižuje tím, že se použije rám s nižším a širším profilem na rozdíl od profilu klasických rámu, který je spíše úzký a vysoký (viz. obr. 12). [16]



**Obr. 11: Dřevěný, dřevo–hliníkový a plastový okenní rám. [21]**

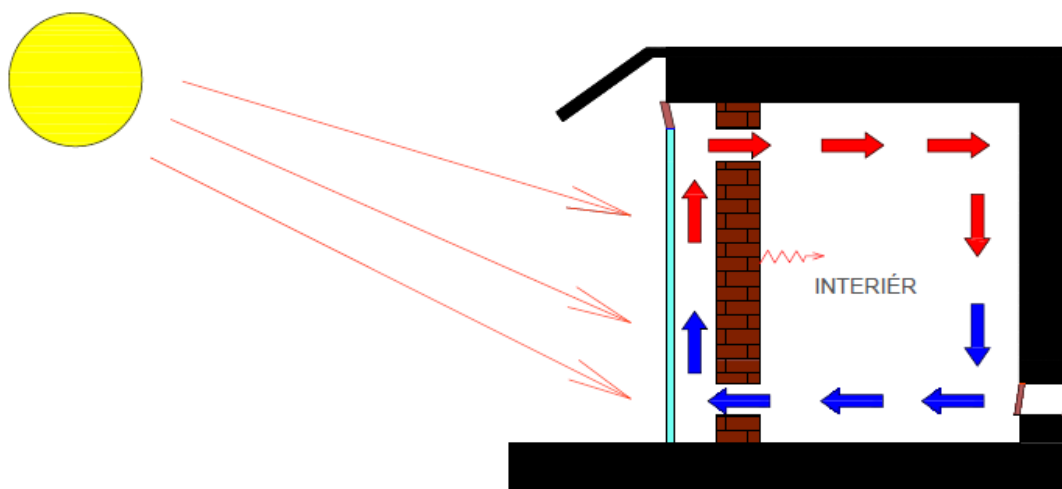


**Obr. 12:** Porovnání běžného okenního rámu a rámu s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi. [16]

### 2.3.2 Trombeho stěna

Trombeho stěna je stavební prvek, který zajišťuje vytápění interiéru pomocí solární energie. Na rozdíl od okna se jedná o nepřímý pasivní solární systém, protože sluneční záření neproniká do místnosti přímo přes zasklení, ale je nejprve přes zasklení naakumulováno do stěny. Stěna se tedy začne zahřívat, čímž začne předávat teplo do jejího okolí. Podle způsobu dopravy tepla do interiéru může být Trombeho stěna ventilovaná nebo klasická (neventilovaná).

ZIMNÍ POLOHA SLUNCE



**Obr. 13:** Princip vytápění interiéru pomocí ventilované Trombeho stěny – zimní režim. [autor]

## Princip

Na obr. 13 je naznačen základní princip vyhřívání interiéru pomocí ventilované Trombeho stěny. Sluneční záření proniká skrz zasklení a je pohlceno stěnou. Díky tomu se stěna začíná zahřívát, a tím ohřívá i vzduch v prostoru mezi zasklením a stěnou. Zahřátý vzduch má menší hustotu než studený vzduch; v tom případě začne stoupat vzhůru. Otvorem v horní části stěny se pak přivádí zahřátý vzduch do místnosti, kterou následně ohřeje. Tím zahřátý vzduch odevzdá teplo (vykoná práci), tudíž se ochladí a klesne zpět dolů. V dolní části stěny je otvor, kterým se přivádí nezahřátý vzduch do prostoru mezi zasklením a stěnou. Zahřátá stěna však vyzařuje teplo jak do prostoru mezi zasklením a stěnou, tak přímo do místnosti, kde také ohřívá vzduch (s určitým časovým zpožděním).

Neventilovaná Trombeho stěna nemá otvory pro proudění vzduchu do místnosti, tudíž vyhřívá místnost pouze její radiací do prostoru.

## Účinnost

Aby stěna pohltila co nejvíce slunečního záření, je nutné, aby byl její povrch ze strany exteriéru co nejtmavší, tzn., aby se hodnota emisivity povrchu stěny blížila hodnotě 1 ( $\varepsilon \rightarrow 1$ ). Z toho důvodu je stěna zvenčí natřena tmavou barvou.

Nejdůležitější pro účinnost Trombeho stěny je materiál, ze kterého je postavena zeď. Zeď by měla dostatečně dobře akumulovat a uvolňovat teplo. Jako ideální se jeví klasické pálené cihly, které relativně dobře izolují a dobře akumulují teplo. [19]

Optimální šířka vzduchové mezery mezi zasklením a stěnou je 15 cm, kdy se tepelná účinnost stěny pohybuje od 38% do 60%. Při šířce vzduchové mezery větší než 15 cm už ale tepelná účinnost stěny klesá. [18]

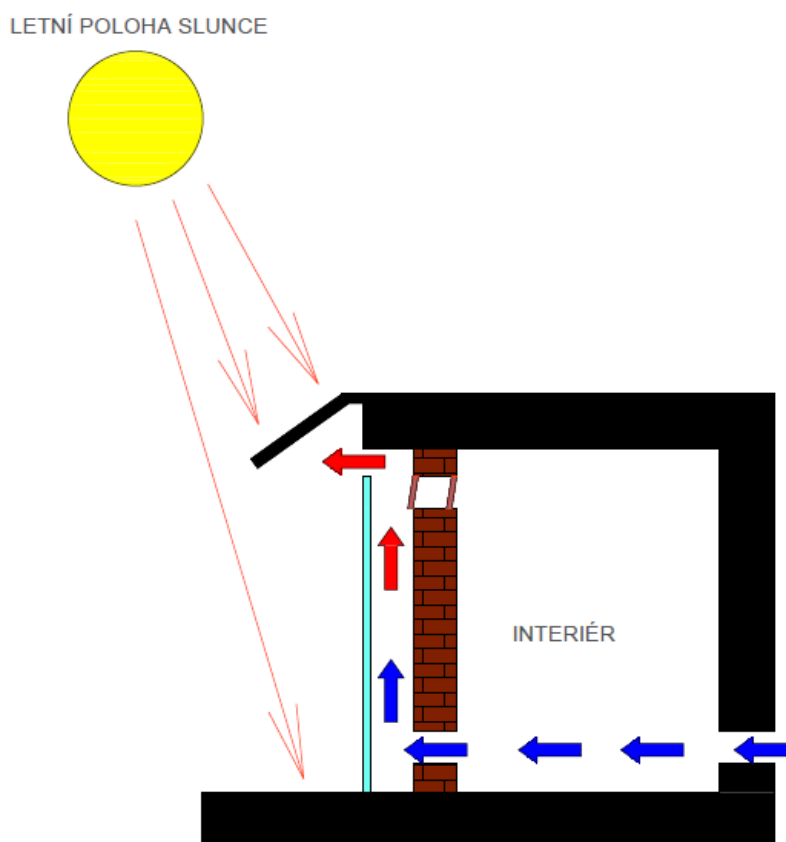
Jako zasklení se doporučuje izolační dvojsklo se součinitelem prostupu tepla  $U = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , což odpovídá běžným oknům doporučených normou. Sklo by mělo být zasazené do dřevěného nebo plastového rámu pro co nejlepší omezení tepelných ztrát do okolí. [19]

## Letní režim

Trombeho stěna má tu výhodu, že se dá použít i pro ventilaci studeným vzduchem. Může pracovat v takzvaném zimním nebo letním režimu. Tyto režimy se nastavují pomocí uzavíratelných ventilačních otvorů.

Letní režim je naznačen na obr. 14. a pracuje na principu fyzikálního jevu - komínového efektu. Do prostoru je přiváděn studený vzduch, který se dostane otevřeným otvorem do prostoru mezi zasklením a stěnou. Vzduch se v tomto prostoru ohřeje a stoupá vzhůru. Ohřátý vzduch je odváděn ventilačním otvorem ven a vzniká tedy “tah”, který umožňuje proudění studeného vzduchu a ochlazování prostoru.

Omezení nechtěného vyhřívání v letním období se realizuje zastíněním Trombeho stěny. Zastínění využívá letní polohy Slunce na obloze. V letním období dopadají paprsky na Zem kolměji než v zimním období, tudíž lze zastínění realizovat přístřeškem nad stěnou (viz. obr. 14).



**Obr. 14: Princip ventilace interiéru studeným vzduchem za použití Trombeho stěny + zastínění přístřeškem – letní režim. [autor]**

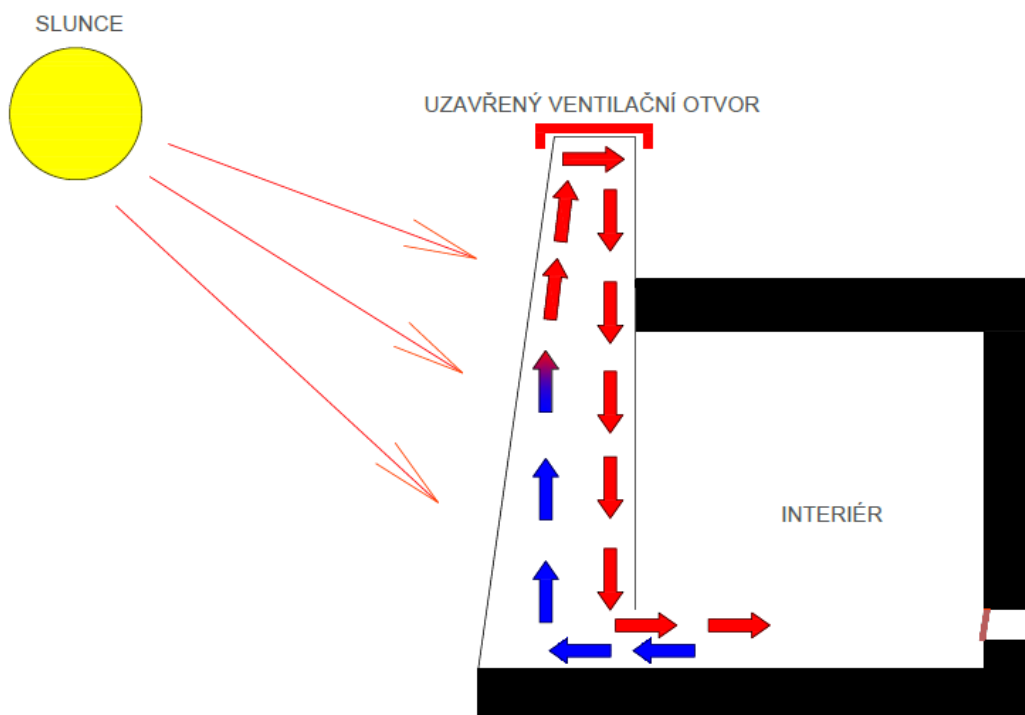
### 2.3.3 Solární komín

Solární komín je typ pasivního solárního vytápěcího a chladicího systému, který může být použit jak pro ventilaci, tak pro regulaci teploty v budově. Solární komíny jsou v podstatě duté kontejnery, které spojují vnitřní část budovy s vnější částí budovy. [20]

Solární komín musí mít povrch z tmavé barvy, aby byl schopen absorbovat co nejvíce slunečního záření, a tím využít co nejvíce svého potenciálu. Podle základních požadavků pro pasivní solární systémy by měl být umístěn na jižní straně budovy. [20]

#### Vyhřívání interiéru

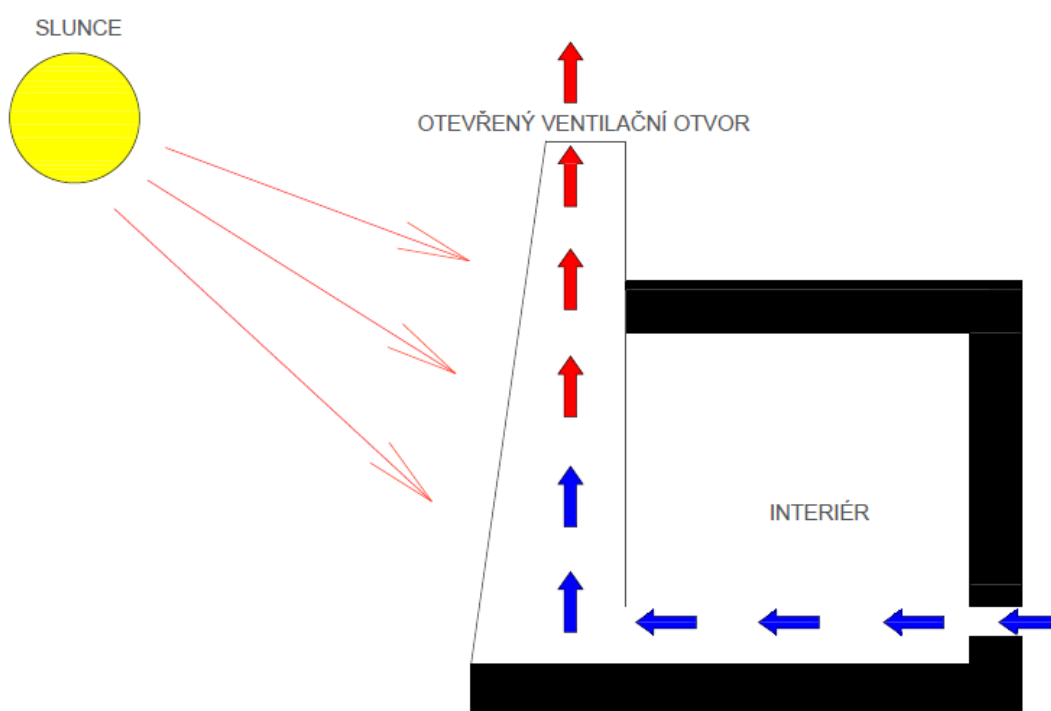
Sluneční záření je pohlceno povrchem komínu. Komín následně začne předávat teplo do svého okolí. Pokud je vršek komínu uzavřený, začne se v něm akumulovat ohřátý vzduch. Ohřátý vzduch nemůže díky uzavřenému vršku komínu unikat ven, tudíž je donucen proudit směrem do interiéru a tím ho vyhřívát. Tento princip je naznačen na obr. 15. [20]



*Obr. 15: Princip vyhřívání interiéru pomocí solárního komínu. [autor]*

## Ventilace – chlazení interiéru

Pro chlazení interiéru jsou zapotřebí dva otevřené ventilační otvory. První ventilační otvor je na opačné spodní straně budovy a zajišťuje přísun čerstvého vzduchu. Druhý ventilační otvor je vršek solárního komínu. Čerstvý vzduch je prvním ventilačním otvorem přiveden do interiéru a dostane se do solárního komínu, kde se ohřeje a stoupá vzhůru, až se dostane ven. Tím vzniká stejně jako u Trombeho stěny v letním režimu tzv. komínový efekt, díky kterému vzniká „tah“ zajišťující stálý přísun čerstvého vzduchu a odvod tepla z interiéru. Tento princip je naznačen na obr. 16. [20]



*Obr. 16: Princip chlazení interiéru pomocí solárního komínu. [autor]*

### 2.3.4 Systémy protisluneční ochrany

V letním období je vyhřívání interiéru nežádoucí, proto je třeba zamezit průniku slunečního záření dovnitř budovy. Toho se dá docílit různými protislunečními ochranami nebo jejich kombinacemi.

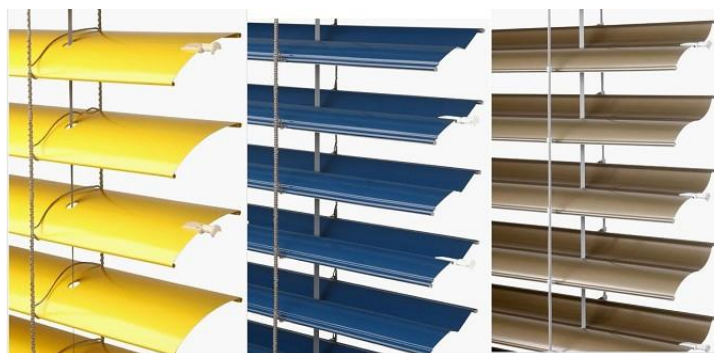
## Venkovní žaluzie

Žaluzie regulují množství světla pomocí pohyblivých lamel. Lamely umožňují částečné nebo úplné zatemnění místnosti, případně mohou odrazet přímé sluneční paprsky do stropu tak, aby vzniklo příjemně rozptýlené světlo. Venkovní žaluzie účinně zabraňují přehřívání místnosti. [24]



*Obr. 17: Venkovní žaluzie.*

Existují tři základní tvary lamel – typ Z („zetta“), typ S („setta“) a typ C („cetta“). Ideální typ pro zastínění pasivního domu je typ Z, protože při dovršení do sebe lamely přesně zapadají a pustí do místnosti jen minimum světla. Velmi podobné vlastnosti mají i lamely typu S. [34]



*Obr. 18: Žaluzie cetta (vlevo), zetta (uprostřed) a setta (vpravo). [33]*



## Ovládání

Ovládání venkovních žaluzií může být mechanické – kliky a šňůry, elektromotory, elektromotory s čidly a spínači - nebo mohou být žaluzie ovládány pomocí solárního pohonu (chytré žaluzie). [36]

Kliky s převodovkou se používají v případě větších a těžších žaluzií; šňůra s brzdou se naopak používá v případě menších a lehčích žaluzií. Toto mechanické ovládání je ze všech typů nejlevnější. Používá se v místech, do kterých investor nechce zbytečně investovat, nebo tam, kde nelze zapojit elektroinstalaci, či tam, kde by bylo elektrické ovládání zbytečné (např. komory, dílny, garáže apod.). [36]

V případě elektricky ovládaných žaluzií se elektromotory instalují do horní části, kde je chráněn kryt a zespoda paket žaluzií. Elektromotor se ovládá pomocí tlačítka na zdi nebo pomocí dálkového ovládání. Tlačítkem nebo ovladačem lze ovládat i několik žaluzií naráz. [36]

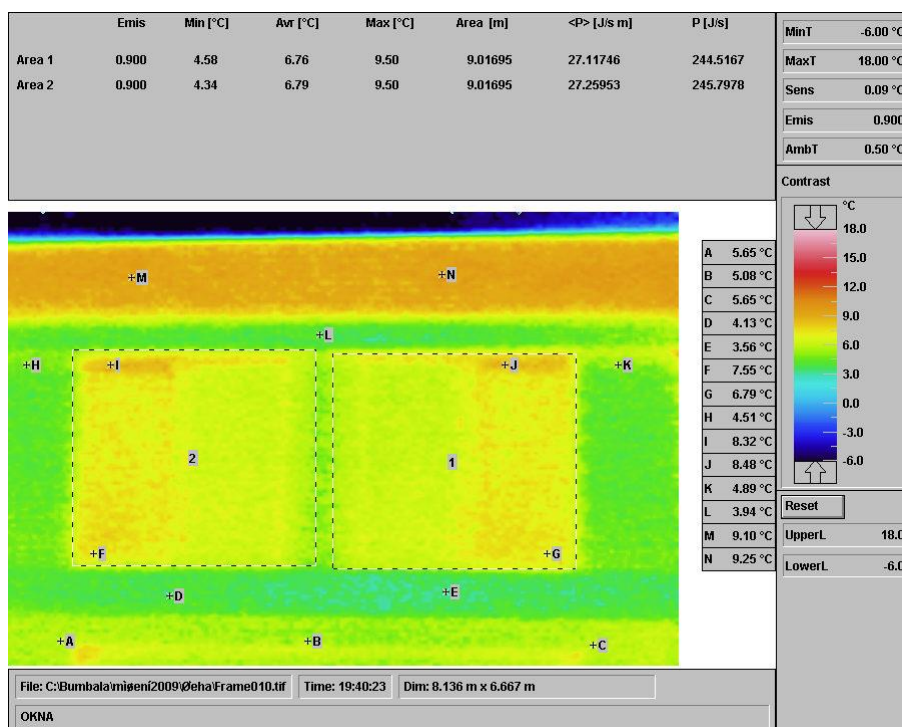
Pro ještě větší automatizaci je možno spojením elektromotorů, čidel a spínačů docílit chytrého zařízení, které ovládá žaluzie podle změn počasí. Čidla reagují například na sluneční záření, vítr, déšť a teplotu interiéru. [36]

Na trhu existují i takzvané žaluzie na solární pohon. Lamely těchto žaluzií jsou v podstatě fotovoltaické panely, které kromě ochrany interiéru před slunečním zářením navíc vyrábí elektrickou energii. Lamely se automaticky otáčejí za slunečním zářením. Celý systém je tedy složen z žaluzií, elektromotorů a střídače, skrz který je elektrická energie posílána do sítě. Ovládání je možné skrz chytrý telefon/domácnost nebo jiným dálkovým ovládáním. Nejedná se však už o čistě pasivní solární systém. [37]

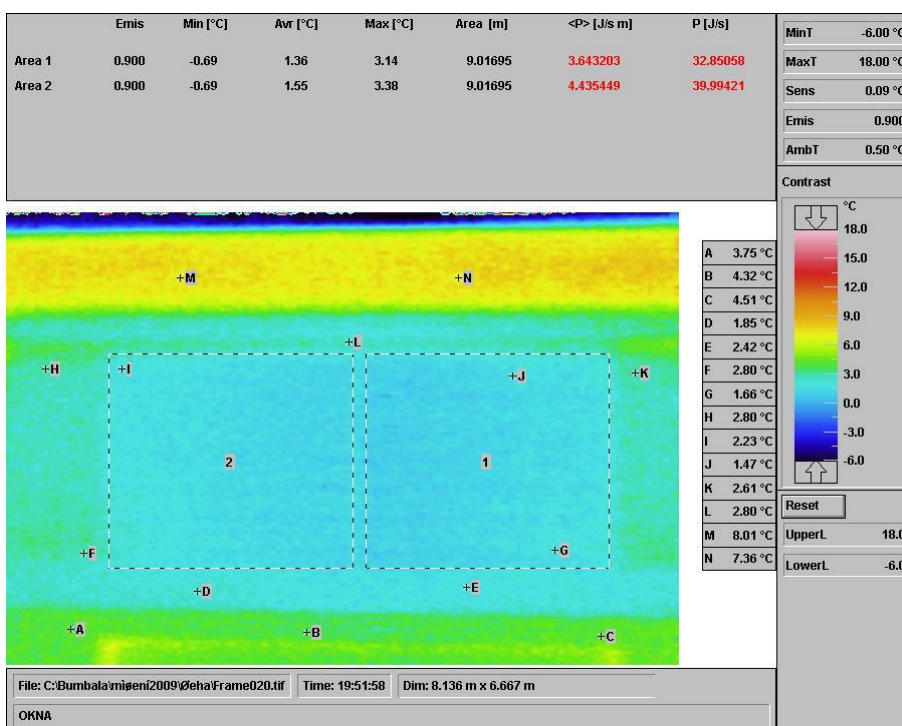
## Tepelné úniky

Použití venkovních žaluzií (a obecně stínící techniky) výrazně snižuje tepelné úniky z interiéru. Případné tepelné úniky se vyhodnocují na základě termovizního měření, které znázorňuje rozložení povrchové teploty pomocí měření hustoty infračerveného záření z povrchu před použitím a následně s použitím exteriérové stínící techniky. Jako příklad

lze uvést porovnání termogramů s použitou stínící technikou ISOTRA Zetta 70 na obr. 19 a obr. 20. Měření bylo provedeno za okolní teploty, která se pohybovala od 0 °C do 1 °C za bezvětří. Vnitřní teplota objektu byla 23 °C. Termogramy před použitím a následně s použitím stínící techniky byly vytvořeny s 15 minutovým odstupem. [35]



Obr. 19: Termovizní měření – bez stínící techniky. [35]



Obr. 20: Termovizní měření – se stínící technikou. [35]

Z termogramu na obr. 19 a obr. 20 lze vypočítat, že průměrná teplota povrchu označená  $A_{vr}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) klesla se stínící technikou přibližně o  $5^{\circ}\text{C}$  za daných teplotních a klimatických podmínek. Průměrný vyzařovaný výkon  $P$  ( $\text{J/s}$ ) se z daného povrchu (area 1 + area 2) snížil z hodnoty cca  $490$  ( $\text{J/s}$ ) na hodnotu cca  $73$  ( $\text{J/s}$ ). Tepelný ztrátový výkon vyzařovaný do exteriéru se tedy za pomoci žaluzií typu zetta snížil přibližně o 85 % za daných teplotních a klimatických podmínek.

### Venkovní rolety

Rolety v první řadě chrání před větrem, hnaným deštěm, sněhem, cizím vniknutím atd. Při úplném zatažení dokonale zatemňují interiér. [24]



*Obr. 21: Venkovní rolety.*

### Slunolamy

Slunolamy jsou konzolovité konstrukce s lamelami, které mohou být pevné nebo nastavitelné. Zabraňují nadměrnému pronikání světla na fasádu, především v nejteplejší fázi dne. Slunolamy jsou navrženy tak, aby využívaly denního světla v maximální možné míře a zároveň snižovaly tepelné hodnoty a oslnění. [24][28]



*Obr. 22: Vertikální slunolam (vlevo) a horizontální slunolam (vpravo). [27]*

### **Protisluneční okenní fólie**

Protisluneční okenní fólie jsou tenké fólie, které se lepí přímo na sklo. Jejich základ představuje polyester opatřený tenkou, nejčastěji kovovou mikrovrstvou [29].

Část tepelné sluneční energie je fólií absorbována a část odražena. Veškeré absorbované a odražené teplo fólií je odděleno od interiéru, tudíž nedochází k přehřívání místnosti. [30]

Protisluneční fólie mohou být interiérové nebo exteriérové. Interiérové fólie jsou nalepeny ze strany interiéru, naopak exteriérové ze strany exteriéru. Interiérové jsou vhodné na výlohy a ostatní jednoduchá skla. Exteriérové jsou vhodné pro střešní okna, prosklené budovy, fasády obchodních domů atd. Účinnější jsou zejména exteriérové, které mohou zredukovat přibližně až 80 % sluneční energie. Platí, že čím účinnější fólie je, tím méně světla propouští (je tmavší). [31]



**Obr. 23: Protisluneční okenní fólie – různá světelná propustnost. [32]**

### **Chytré protisluneční fólie**

Chytré fólie lze rozdělit na pasivní (fotochromické, termochromické) a aktivní (elektrochromické, PDLC, SPD). U pasivních fólií nelze libovolně nastavovat míru ztmavení, u aktivní naopak míru ztmavení nastavovat lze. [38]

Fotochromické fólie mění své optické parametry na základě množství absorbovaného světla. Se zvyšující se intenzitou dopadajícího slunečního záření dochází uvnitř materiálu k chemické reakci a fólie se postupně ztmavuje. Tato schopnost je způsobena přítomností organických či anorganických sloučenin fungujících jako fotocitlivé médium. Fotocitlivé médium mohou být halogenidy kovů (chlorid a bromid stříbrný). [39]

Termochromické fólie mění své optické parametry na základě změny teploty okolního prostředí. Je využito tepelně aktivních gelů, které obsahují termochromní látky skládající se ze dvou složek s rozdílnými indexy lomu. Při nízké teplotě vytváří obě složky homogenní a transparentní materiál. Pokud dojde ke zvýšení teploty na určitou limitní hodnotu (20 až 50 °C), tak se složky oddělují do velmi malých částic (s rozměry blízké se vlnové délce světla), což způsobí silný rozptyl dopadajícího záření. [39]

Elektrochromická skla jsou založena na fyzikálním jevu elektrochromizmus. Změna optických vlastností se projevuje při průchodu elektrického proudu daným elektrochromickým materiálem. Při absenci elektrického proudu je materiál čirý a propouští maximum dopadajícího světelného záření. Zvyšováním napětí mezi

elektrodami, které jsou ve formě průhledných vrstev, se docílí postupného ztmavení materiálu po určitou maximální úroveň (dáno technologií a uspořádáním vrstev). [38][39]

Technologie PDLC fólií (*Polymer Dispersed Liquid Crystal*) funguje na základě vrstvy tekutých krystalů v polymerové matici umístěné mezi dvěma tenkými vrstvami složenými z oxidů india a cínu, neboli tzv. ITO filmy. Na obou stranách fólie jsou měděné elektrody. Pokud na elektrody připojíme střídavý zdroj elektrického napětí, vznikne mezi nimi orientované elektrické pole, které uspořádá molekuly tekutých krystalů ve směru pole, a tím se fólie stává plně transparentní. Po odpojení napětí zanikne, elektrické pole a molekuly tekutých krystalů přejdou do neuspořádaného stavu, čímž se fólie stává neprůhlednou. [40]

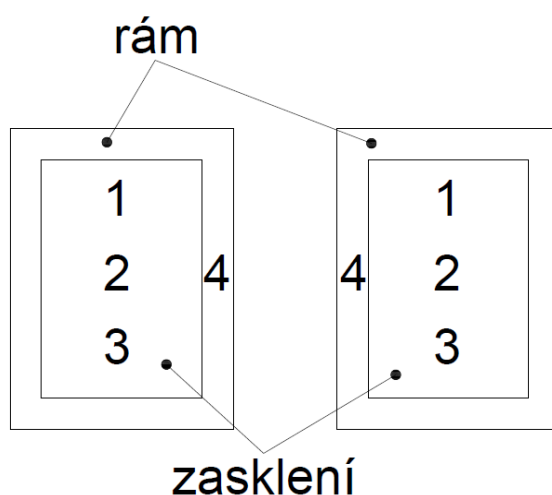
Technologie SPD (*Suspended Particle Devices*) se využívají ke změně optických vlastností, tzv. suspenzi pevných částic. Stejně jako elektrochromické a PDLC fólie se skládají z 3 – 5 vrstev. Aktivní vrstva obsahuje částice tyčinkového tvaru rozptýlené v organické kapalině nebo gelu a je laminována mezi dvěma transparentními vrstvami s elektronovou vodivostí. Připojením elektrického napětí se částice uspořádají ve směru vzniklého elektrického pole a fólie se stává plně transparentní. [38][41]

### 3 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT

#### 3.1 Měření na FEL ZČU

##### 3.1.1 Měření vlivu stínících prvků na tepelný zisk interiéru

Měření bylo zaměřeno na sběr dat o teplotě v určitých místech oken s různými stínícími prvky. Každé okno bylo měřeno ve 4 určitých bodech s tím, že body označené 1 – 3 je zasklení (pro analýzu zprůměrovány) a bod 4 je vždy rám okna (viz. obr. 24). Měřená okna jsou na obr. 25 a obr. 26 (pozn.: okno D se nachází napravo od okna C). Hodnoty byly naměřeny 3. 7. 2015 v časovém intervalu 10:00 až 13:15 v interiéru jižní strany FEL ZČU. Venkovní teplota vzrostla lineárně z 27 °C na 28 °C v daném časovém intervalu.



*Obr. 24: Vlevo – měřené body okna A, okna B, okna D. Vpravo – měřené body okna C, okna E, okna F. Pohled z interiéru.*

Měřená okna:

- Okno A – zavřené, zatemněné venkovní žaluzie (viz. obr. 25).
- Okno B – zavřené, venkovní žaluzie stažené dolů, ale naklopeny pro vpouštění části slunečního záření (viz. obr. 25).
- Okno C – zavřené, zatemněné vnitřní žaluzie (viz. obr. 25).
- Okno D – zavřené, bez stínících prvků (viz. obr. 26).
- Okno E – zavřené, závěs jako stínící prvek (viz. obr. 26).
- Okno F – otevřené, bez stínících prvků (viz. obr. 26).

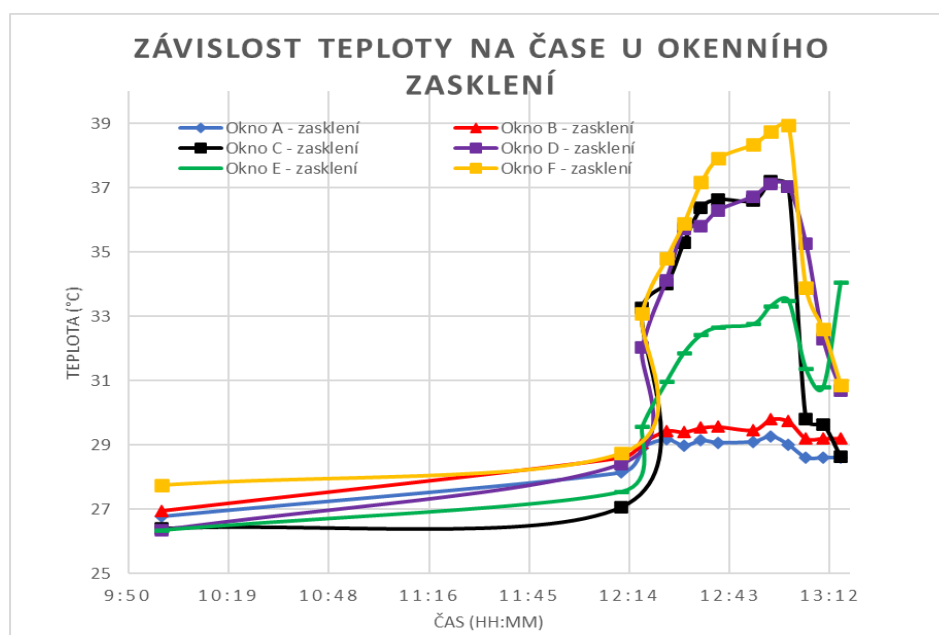


***Obr. 25: Měření na FEL ZČU – okno A (vlevo), okno B (uprostřed), okno C (vpravo).***

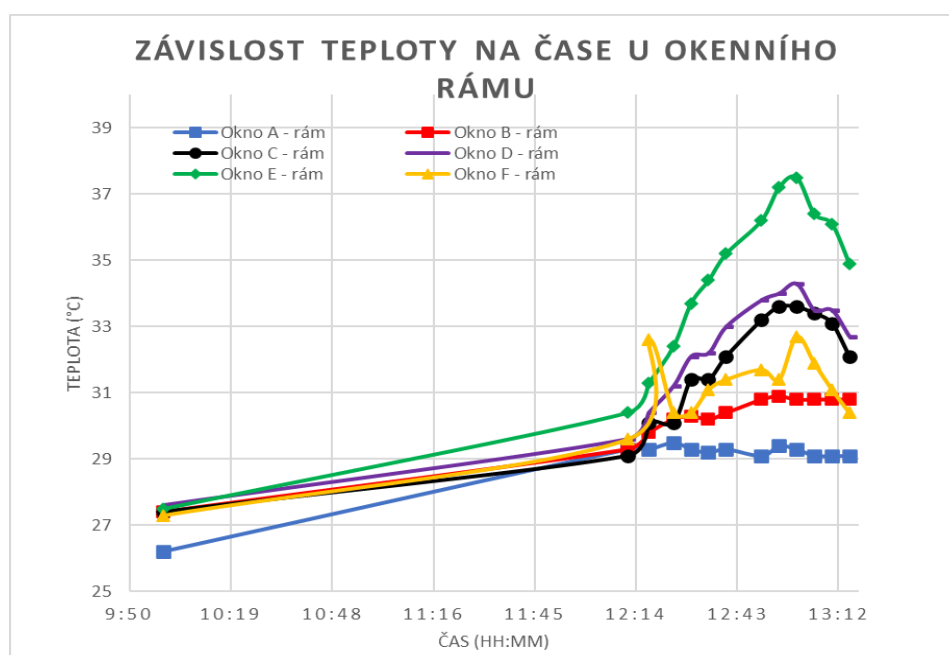


***Obr. 26: Měření na FEL ZČU – okno D (vlevo), okno E (uprostřed), okno F (vpravo).***





**Obr. 27:** Naměřené hodnoty - závislost teploty na čase okenního zasklení pro okna A, B, C, D, E a F.



**Obr. 28:** Naměřené hodnoty - závislost teploty na čase okenního rámu pro okna A, B, C, D, E a F.

Okno A je celé zatemněné venkovními žaluziemi, které z velké části překrývají i rám okna. Z toho důvodu se zasklení a rám okna z vnitřní strany příliš neoteplují. Za celou dobu měření stoupla teplota zasklení o 2,5 °C, a teplota rámu o 3,3 °C. Větší oteplení rámu je z důvodu jeho většího součinitele prostupu tepla a vystavení okolní teplotě.

Okno **B** má stažené venkovní žaluzie dolů s lamelami naklopenými pro vpouštění světla. Za celou dobu měření stoupla teplota zasklení o 2,9 °C a teplota rámu o 3,5 °C. Lamely žaluzií vpouští do prostoru pouze část přímého slunečního záření, tudíž se prostor (zasklení, rám) příliš neotepluje. Část slunečního záření byla vpuštěna skrz zasklení, tudíž je lehce větší oteplení než u okna A. Větší oteplení rámu je taktéž dáno jeho větším součinitelem prostupu tepla a vystavením okolní teplotě.

Okno **C** je zatemněné pouze vnitřními žaluziemi, tudíž se sluneční záření bez problému dostane skrz zasklení. Teplota zasklení (resp. vnitřních žaluzií) stoupla za celou dobu měření o 10,8 °C a teplota rámu o 6,2 °C. Žaluzie umístěné z vnitřní strany absorbují přímé sluneční záření skrz zasklení a následně sálají do prostoru teplo. Okenní rám se nejspíše oteplil hlavně díky sálání vnitřních žaluzií, vystavení přímému slunečnímu záření a vlivu okolní teploty.

Okno **D** je zavřené bez stínících prvků, tudíž můžou paprsky plnohodnotně procházet skrz zasklení do interiéru. Teplota zasklení stoupla za celou dobu měření o 10,8 °C a teplota rámu o 6,7 °C. Slunečním paprskům není bráněno v pronikání skrz zasklení, z toho důvodu se zasklení výrazně oteplilo. Rám se oteplil hlavně z důvodu vystavení přímému slunečnímu záření a vlivu venkovní teploty.

Okno **E** zastíňuje závěs z vnitřní strany. Teplota zasklení (resp. závěsu) stoupla za celou dobu měření o 7,7 °C a teplota rámu o 10 °C. Větší oteplení rámu je z důvodu jeho většího součinitele prostupu tepla.

Okno **F** je otevřené bez stínících prvků. Teplota zasklení stoupla za celou dobu měření o 11,2 °C a teplota rámu o 5,4 °C. Kolem rámu může lépe proudit vzduch a částečně odvádět teplo z rámu, tudíž se rám neoteplil tak jako u okna D, které bylo zavřené.

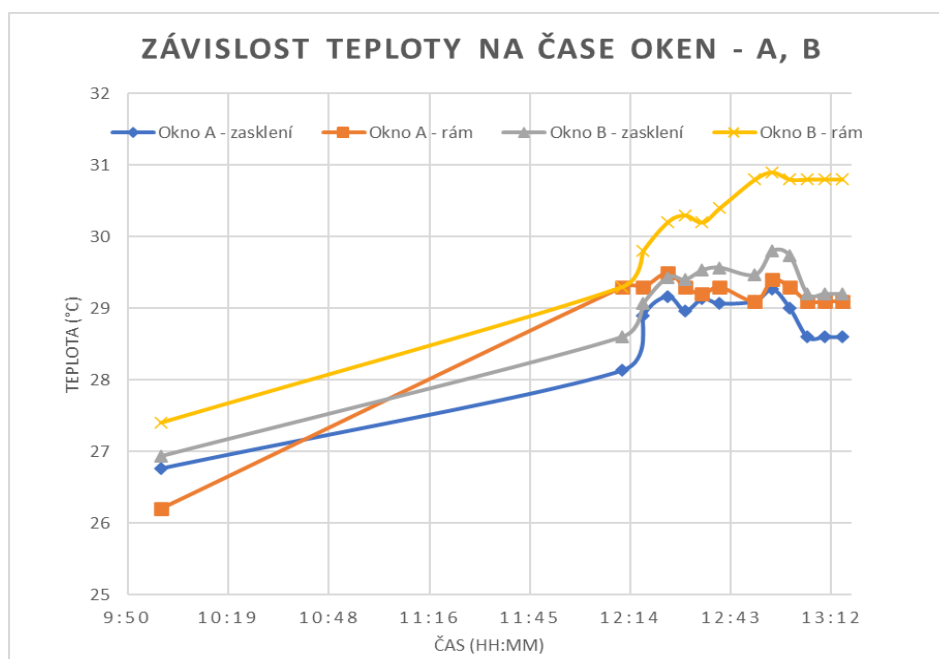
Dále lze z grafů na obr. 27 a 28 vypožorovat, že kolem 13. hodiny dochází ke značnému poklesu teploty. To lze vysvětlit zastíněním nějakým prvkem budovy v důsledku pohybu slunce.

## Porovnání vlastností okna A a okna B

Jedná se v podstatě o porovnání okna s úplně zatemněnými venkovními žaluziemi a okna s lamelami venkovních žaluzií naklopenými pro vpouštění světla do interiéru.

V letních měsících je zapotřebí omezit tepelný zisk ze slunečního záření, čehož lze docílit venkovními žaluziemi. Úplným zatemněním však nepouštíme světlo do interiéru, což může být nevýhodné. Je třeba tedy analyzovat vliv naklonění lamel venkovních žaluzií na oteplování interiéru. V zimních měsících mohou zatemněné venkovní žaluzie snižovat tepelné ztráty oken (např. přes noc).

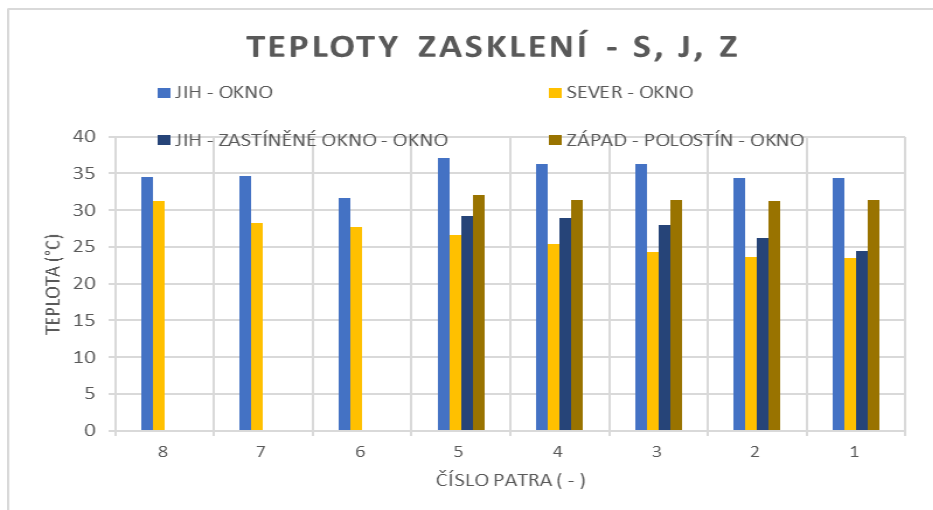
Z grafu na obr. 29 lze vyzorovat, že větší teplotní rozdíl vyvolává hlavně rám okna. Maximální teploty zasklení jsou rozdílné cca o 0,5 °C, kdežto maximální teploty rámu o 1,4 °C. Větší oteplení rámu je z důvodu jeho většího součinitele prostupu tepla. Teplotní rozdíl však není významně rozdílný, z čehož vyplývá, že je v létě výhodné používat venkovní žaluzie s naklopenými lamelami pro vpouštění světla (pokud je světlo v interiéru zapotřebí).



Obr. 29: Naměřené hodnoty – závislost teploty na čase okna A a okna B.

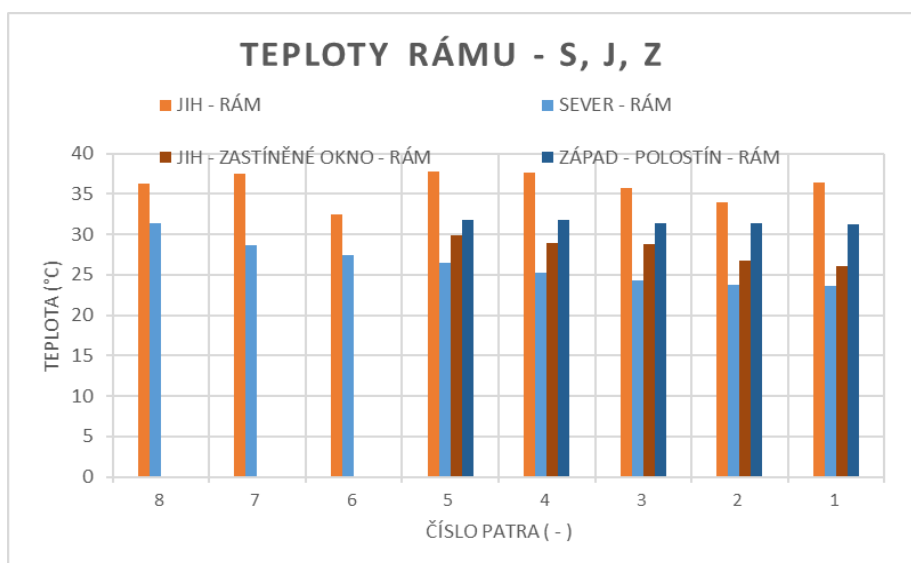
### 3.1.2 Měření jednotlivých pater

Měření jednotlivých pater bylo provedeno na jižní, severní a západní straně interiéru FEL ZČU téměř ve stejném čase.

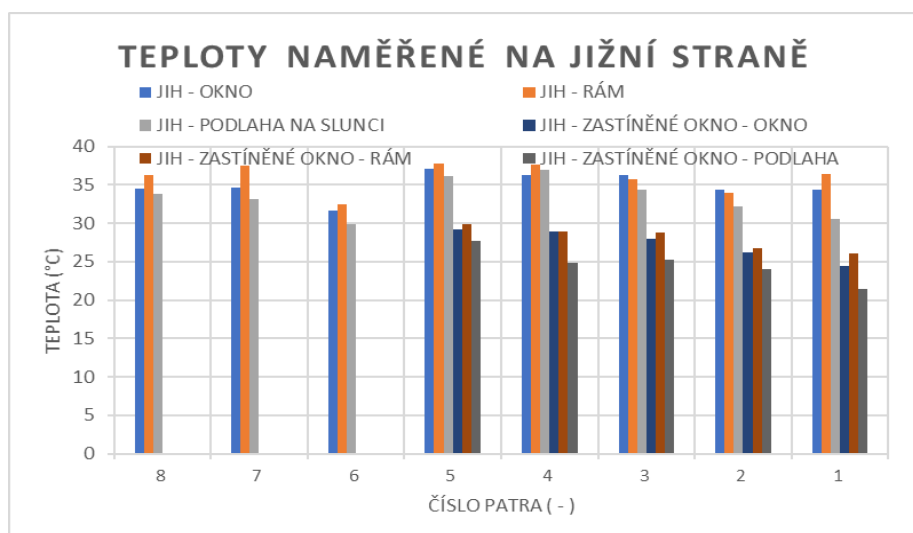


**Obr. 30:** Naměřené teploty zasklení oken v různých patrech budovy (západní část má pouze 5 pater).

Z grafu na obr. 30 lze vypočítat, že největší naměřené teploty zasklení byly na jižní osluněné straně ve všech osmi patrech. Na jižních zastíněných oknech byla naměřena výrazně nižší teplota než na osluněných oknech jižní strany, z čehož plyne, že vliv stínění je značný. Na severní straně byly naměřeny nejnižší teploty. Dalo by se říct, že teploty zasklení na západní straně odpovídají vyššímu průměru teplot ze severních a jižních - osluněných oken. Obdobný graf je na obr. 31, který se týká okenních ráků – naměřené teploty jsou o něco vyšší z důvodu většího součinitele prostupu tepla.

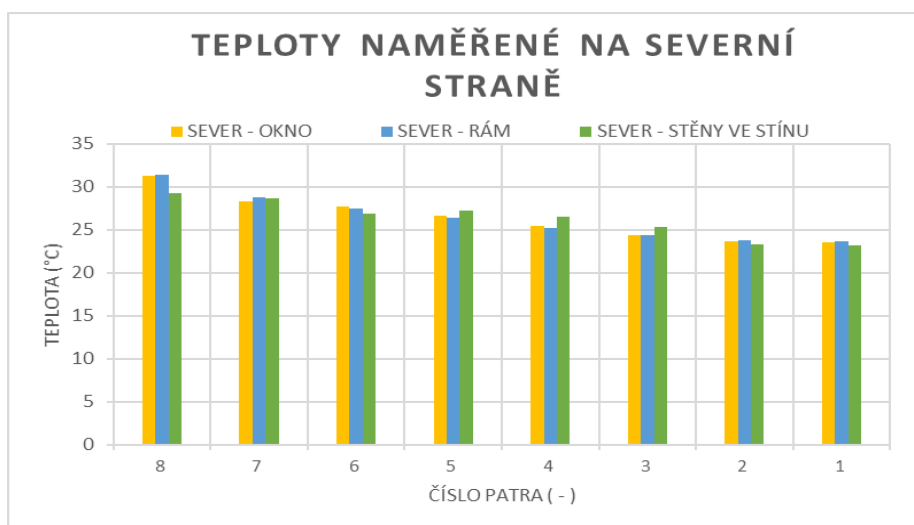


**Obr. 31:** Naměřené teploty ráků oken v různých patrech budovy.



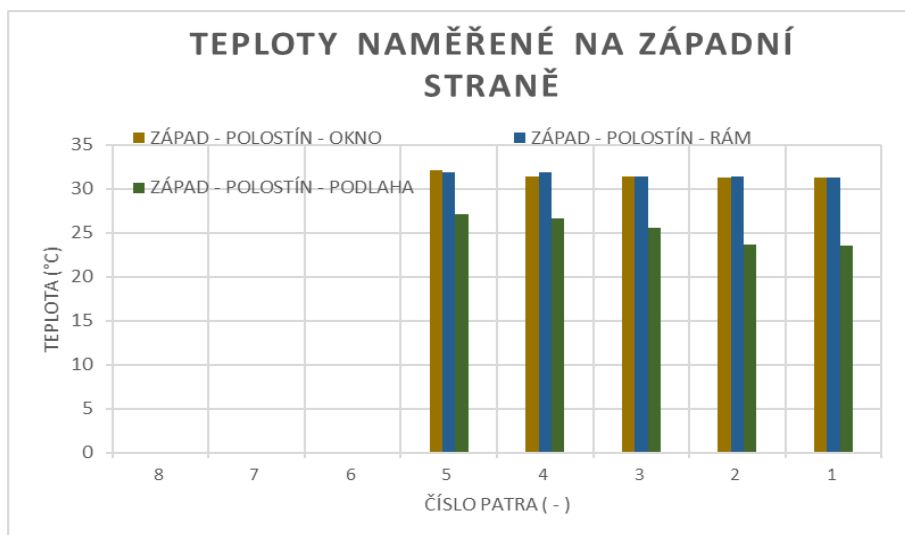
**Obr. 32: Veškeré naměřené teploty na jižní straně.**

Z grafu na obr. 32 je vidět rozdíl mezi osluněnými a zastíněnými jižními okny. Teplotní rozdíl je značný, a to až 10 °C jde – li pouze o zasklení. Největší teplotní rozdíl jde vidět na podlaze ve čtvrtém patře nabývající hodnoty cca 12 °C. Stínění má tedy značný vliv na oteplování interiéru.



**Obr. 33: Veškeré naměřené teploty na severní straně.**

Lze předpokládat, že na severní straně budou naměřeny nižší teploty. Architektura budovy však ovlivnila místa měření, a z toho důvodu bylo osmé patro severní strany měřeno ve stejné chodbě jako strana jižní. Tato skutečnost má vliv na naměřené teploty, z toho důvodu jsou naměřené teploty severní strany v osmém patře relativně vyšší. Naměřené teploty severní strany lze vidět z grafu na obr. 33.

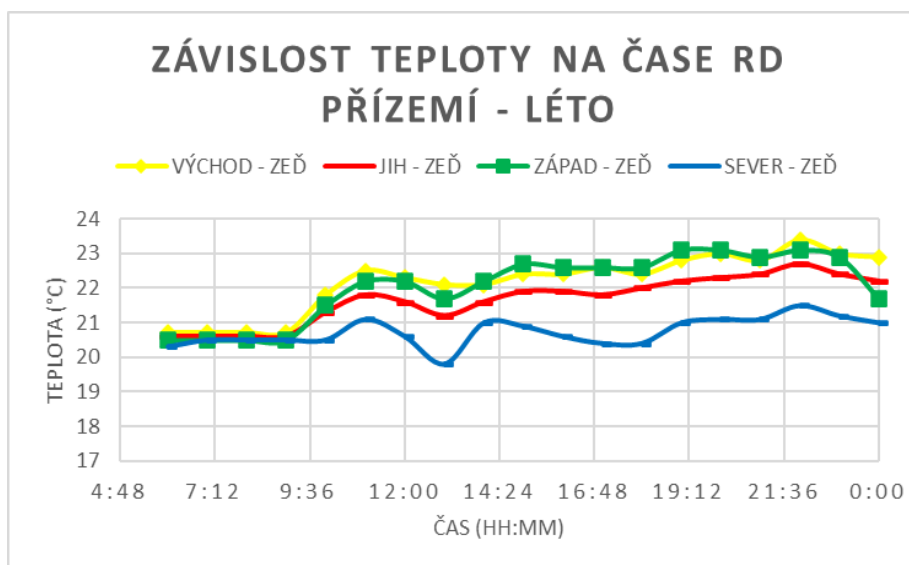


**Obr. 34: Veškeré naměřené teploty na západní straně.**

Naměřené hodnoty západní strany jsou uvedeny na obr. 34. Lze si všimnout, že v pátém patře byla naměřena teplota zasklení vyšší než teplota rámu. Případně ve třetím a prvním patře nabývají rám a zasklení stejné hodnoty. To mohlo být způsobeno tím, že okno je v polostínu, tudíž zasklení může být osluněné, ale rám nikoliv.

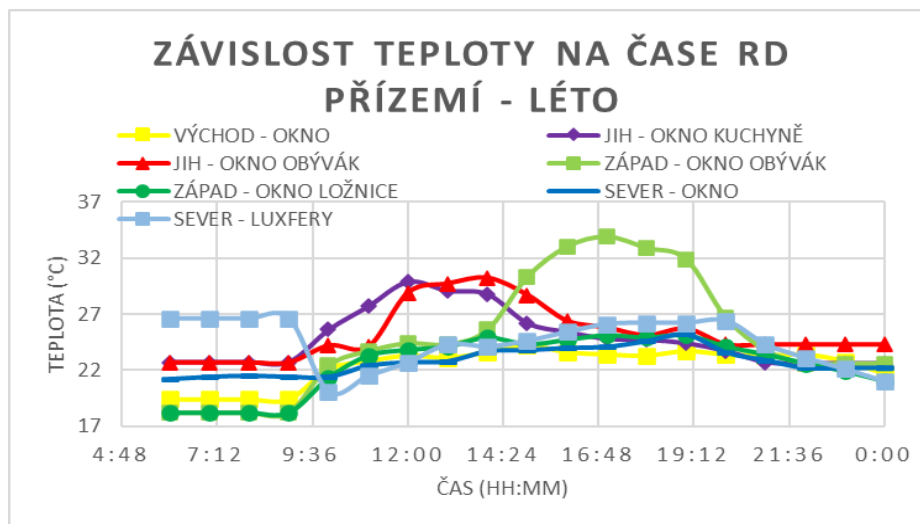
### 3.2 Měření na rodinném domě RD1

Měření na rodinném domě RD1 bylo provedeno v létě i zimě na všech světových stranách. Měření byla prováděna ve sklepě, přízemí a v prvním nadzemním podlaží. Teploty byly měřeny po celý den.



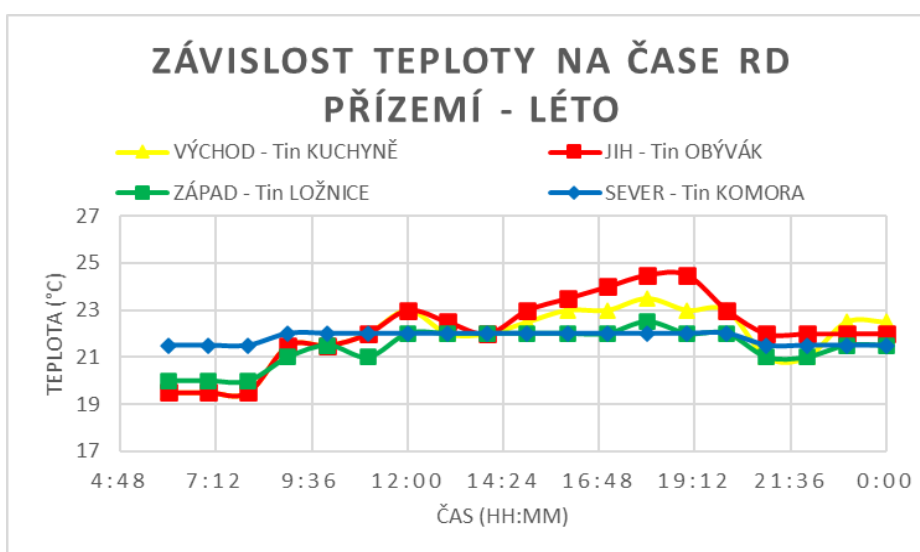
**Obr. 35: Naměřené hodnoty na RD v létě – zdi v přízemí.**

Graf na obr. 35 zobrazuje průběh teploty v čase u zdí v přízemí v letním období. Největší oteplení nastalo u východní a západní zdi. O něco nižší oteplení nastalo u jižní zdi a nejméně se oteplila zeď severní.



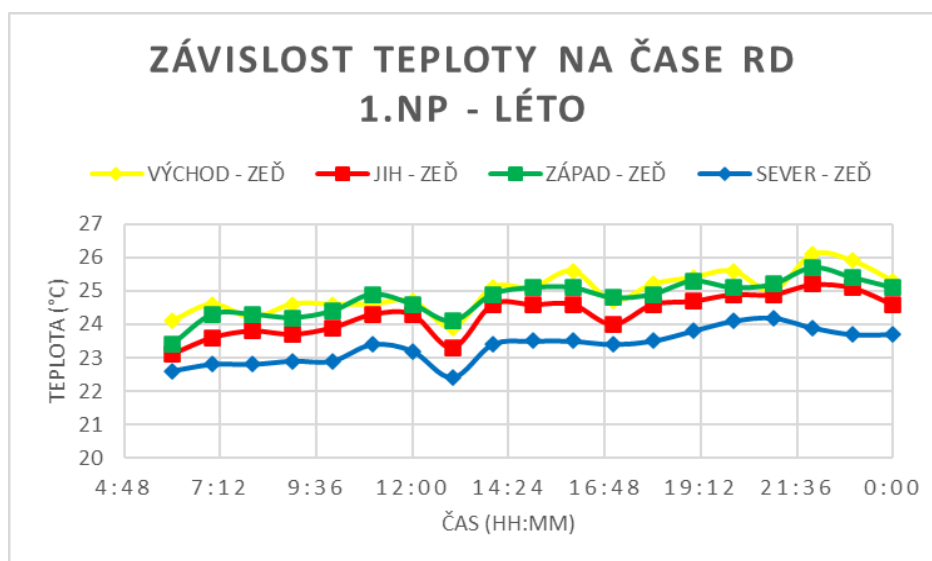
**Obr. 36: Naměřené hodnoty na RD v létě – okna v přízemí.**

Graf na obr. 36 se týká teploty oken v přízemí měřené v letním období. Nejvyšší zaznamenané teploty jsou v čase mezi 15:00 – 20:00 u západně orientovaného okna v obývací místnosti, které bylo zavřené a bez stínící techniky. Západně orientované okno v ložnici však mělo zatažené venkovní žaluzie, tudíž je zde vidět patřičný rozdíl. Jižní okno v kuchyni bylo v časovém rozmezí 13:00 – 18:00 zastíněno balkónem, který se nachází nad ním.



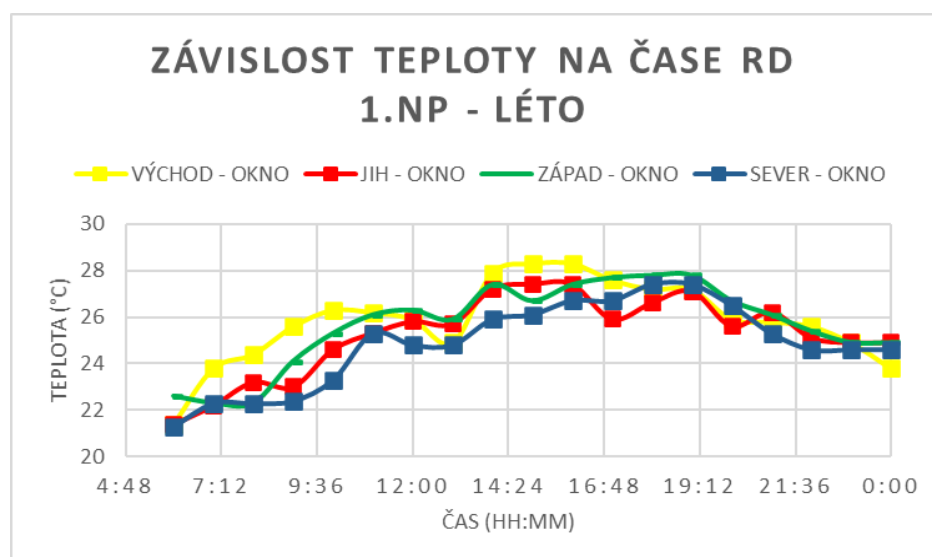
**Obr. 37: Naměřené hodnoty na RD v létě – vnitřní teploty v přízemí.**

Průběhy vnitřní teploty přízemí v létě jsou vidět na obr. 37. Nejvíce se oteplila jižní část domu. Teplota severní části domu se držela přibližně na konstantní hodnotě po celý den.



Obr. 38: Naměřené hodnoty na RD v létě – zdi v 1. nadzemním podlaží.

Z grafu na obr. 38 lze vypočítat, že největší oteplení zdí v prvním nadzemním podlaží nastalo na východní a západní straně. O něco nižší oteplení nastalo u jižní zdi a nejméně se oteplila zeď severní.

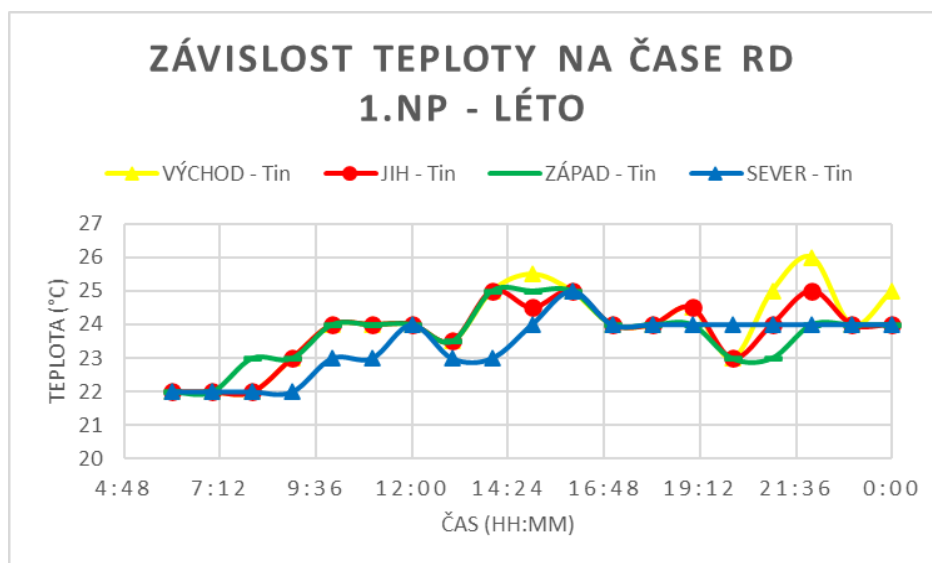


Obr. 39: Naměřené hodnoty na RD v létě – okna v 1. nadzemním podlaží.

Na obr. 39 je znázorněn graf týkající se průběhu teplot oken v prvním nadzemním podlaží v létě. Východní okno mělo do 12:00 zatažené venkovní rolety, které byly po 12:00 roztaženy, tudíž je zde vidět náhlý teplotní vzrůst. Jižní okno mělo do 16:00 zatažené venkovní žaluzie. Západní okno mělo od 14:00 do 20:00 zatažené venkovní žaluzie.

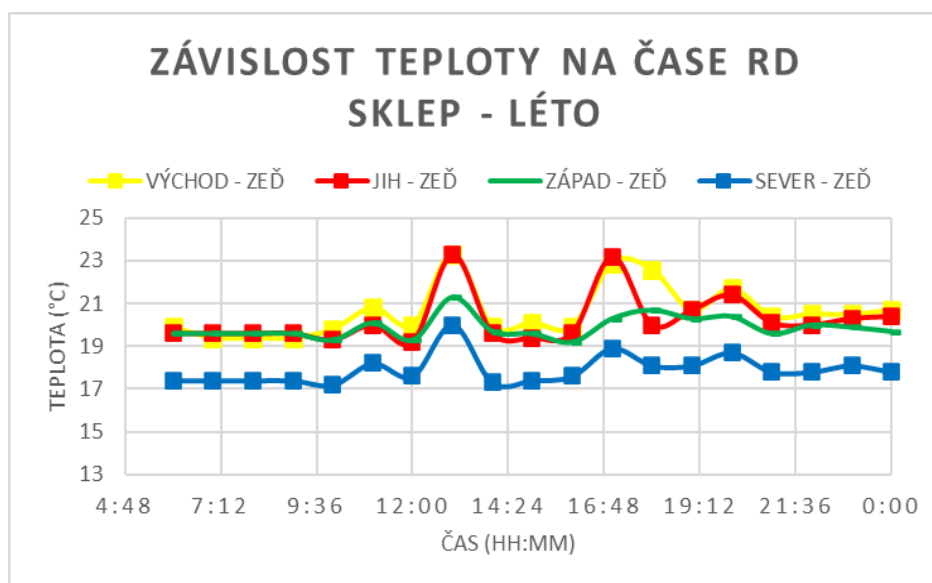


Severní okno bylo po většinu času zavřené a bez stínící techniky.



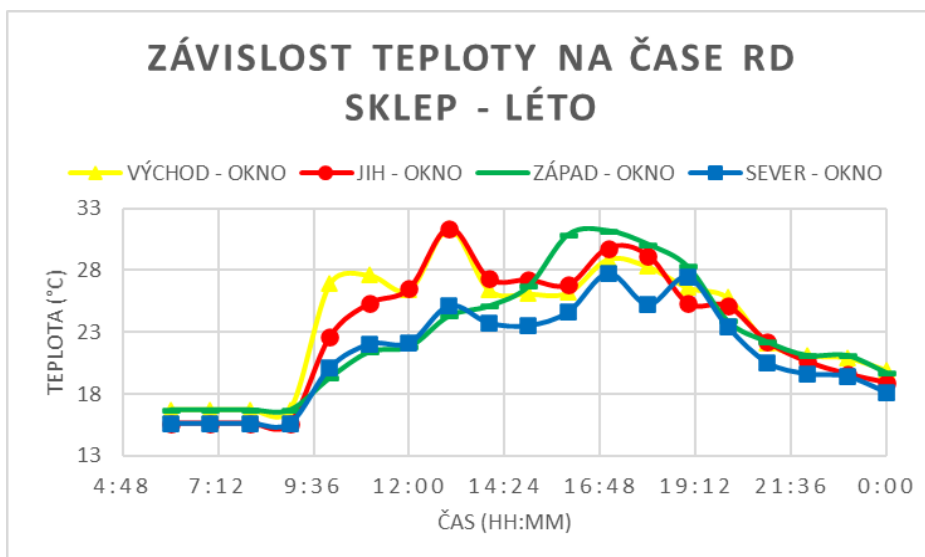
**Obr. 40:** Naměřené hodnoty na RD v létě – vnitřní teploty v 1. nadzemním podlaží.

Graf na obr. 40 se týká průběhu vnitřních teplot v prvním nadzemním podlaží v letním období. Průběhy teplot jižní, západní a východní části jsou si velmi podobné. Teplota severní části se po 16:00 ustálila na konstantní hodnotu 24 °C.



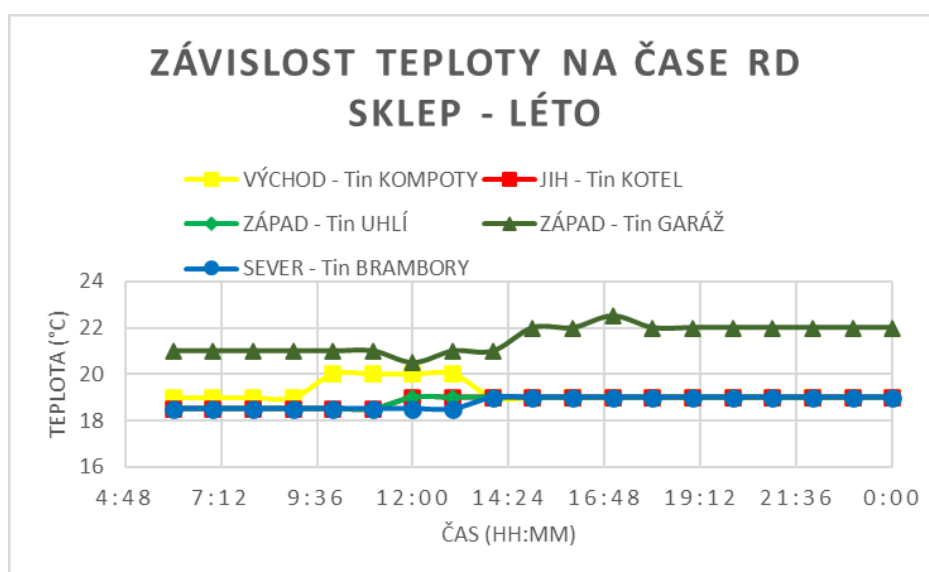
**Obr. 41:** Naměřené hodnoty na RD v létě – zdi ve sklepě.

Průběhy teplot zdí ve sklepě v letním období jsou znázorněny na obr. 41. Nejvíce se oteplila zeď jižní a východní. O něco méně se oteplila zeď západní a nejméně zeď severní. Největší nárůst teploty nastal kolem 13:00 a pak kolem 17:00.



Obr. 42: Naměřené hodnoty na RD v létě – okna ve sklepě.

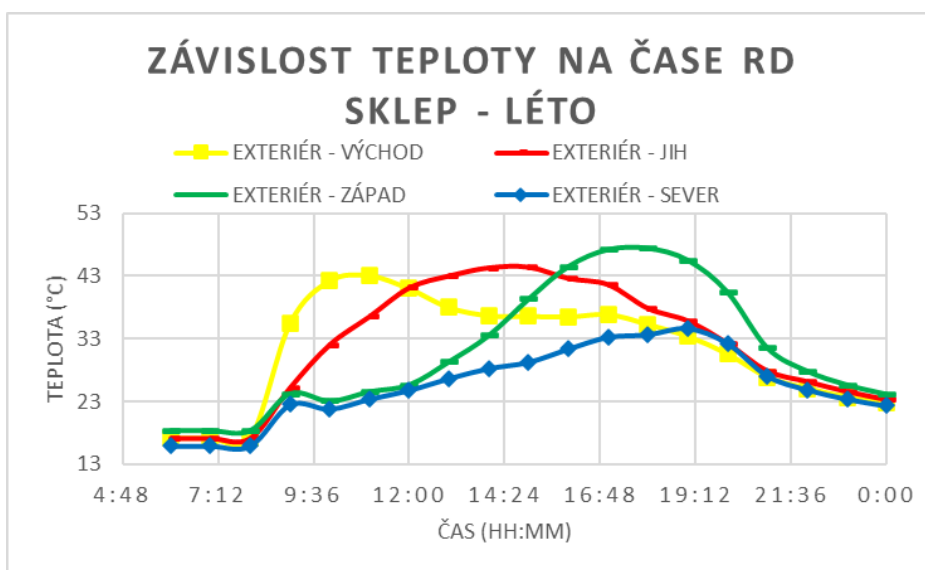
Ve sklepě se nejvíce oteplilo západní okno. Průběhy teplot východního a jižního okna si jsou velmi podobné. Průběh teploty severního okna byl do 13:00 téměř totožný se západním oknem, poté teplota klesla. Teploty se cca od 20:00 ztotožnily. Tyto průběhy jsou zobrazeny na obr. 42 a jsou naměřeny v letním období.



Obr. 43: Naměřené hodnoty na RD v létě – vnitřní teploty ve sklepě.

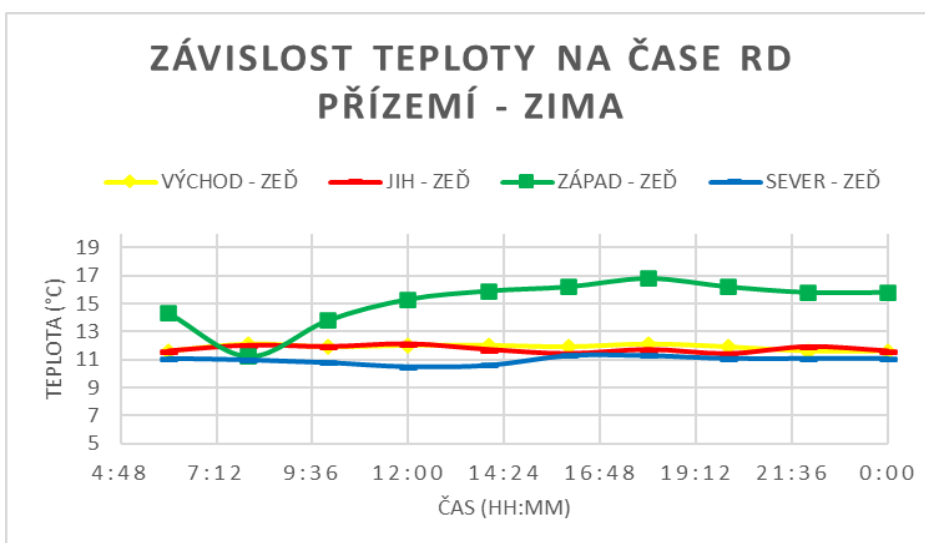
Průběhy vnitřních teplot ve sklepě v letním období jsou zobrazeny na obr. 43. Teploty jsou po celou dobu měření téměř konstantní. Průběhy teplot jižní, severní a západní strany jsou téměř totožné a zároveň jsou to nejnižší naměřené teploty pohybující se kolem 18,5 °C až 19 °C. Teplota východní strany začla stoupat v 9:00 z hodnoty 19 °C na 20 °C a ve 13:00 začla klesat opět na hodnotu 19 °C. Nejvyšší teploty byly naměřeny na

západní straně, ve 12:00 teplota začla stoupat z hodnoty 20,5 °C a ustálila se v 18:00 na hodnotě 22 °C.



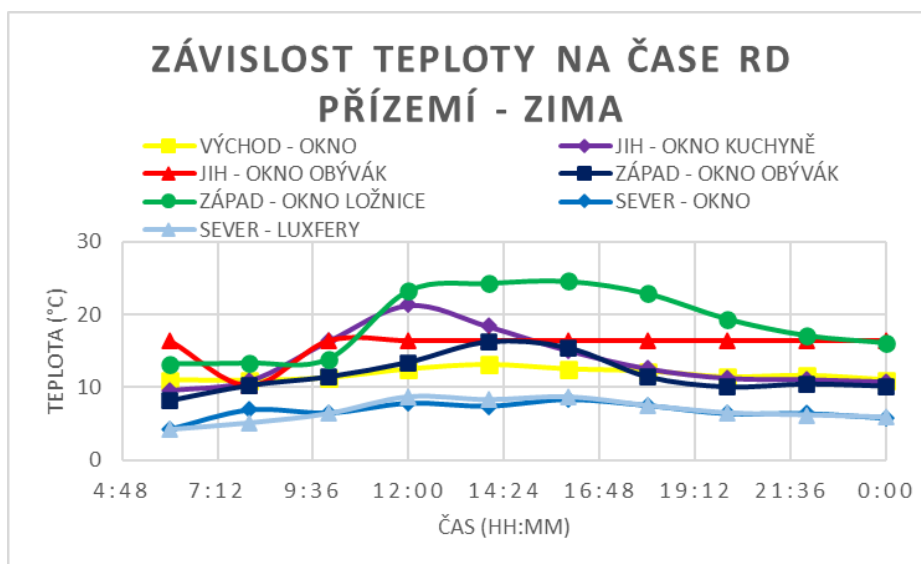
**Obr. 44:** Naměřené hodnoty na RD v létě – teploty exteriéru.

Graf na obr. 44 se týká teplot naměřených na venkovních stěnách domu. Z grafu lze částečně vypočítat, jak se pohybovalo Slunce po obloze. Nejmenší nárůst teploty nastal na severní straně a teplota vzrůstala téměř lineárně. K největšímu nárůstu teploty došlo na západní straně domu, kdy se teplota přiblížila hodnotě 50 °C. Teploty na východní a jižní straně dosáhly přibližně stejné maximální hodnoty, a to cca 44 °C.



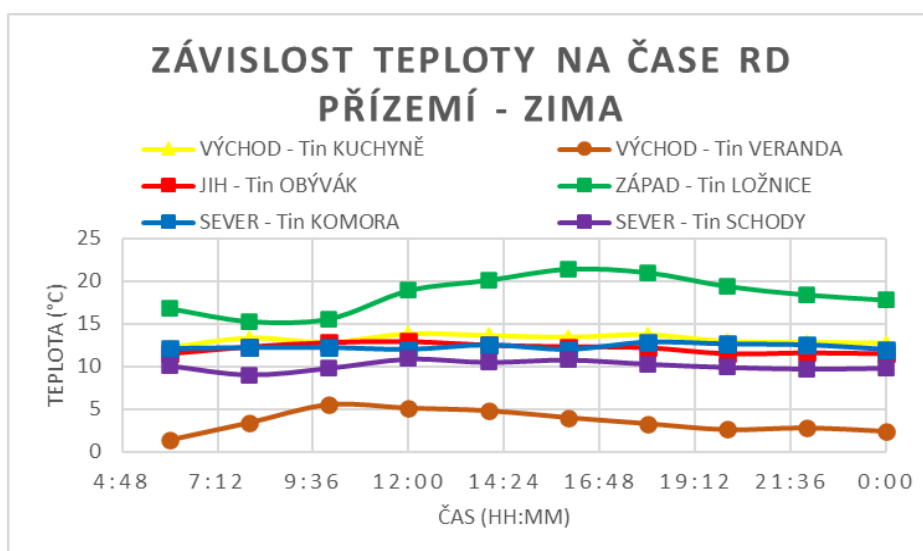
**Obr. 45:** Naměřené hodnoty na RD v zimě – zdi v přízemí.

Obr. 45 znázorňuje průběhy teplot zdí v přízemí rodinného domu naměřené v zimním období. Z grafu lze vypožorovat, že teploty na jižní, východní a severní zdi se držely přibližně na konstatních úrovních po celou dobu měření. Teplota východní a jižní části byla po celou dobu přibližně 12 °C a severní části 11 °C. Nejvíce se se oteplila západní zeď, a to na hodnotu 17 °C.



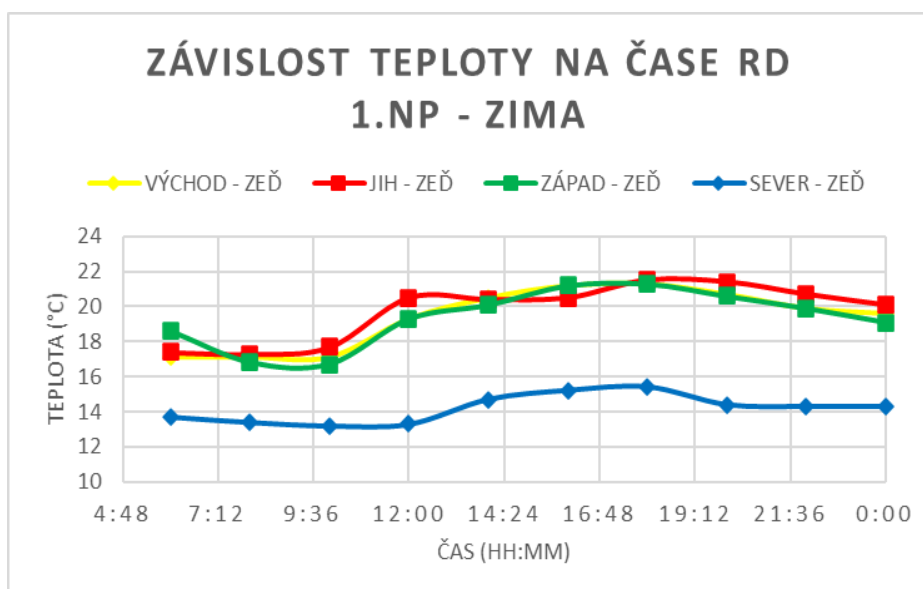
**Obr. 46: Naměřené hodnoty na RD v zimě – okna v přízemí.**

Graf na obr. 46 se týká průběhu teplot oken rodinného domu v přízemí měřených v zimním období. Největší oteplení nastalo u západně orientovaného okna, které mělo od 10:00 do 16:00 roztažené vekovní žaluzie, tudíž mohlo sluneční záření prostupovat do prostoru. Ostatní okna byla zavřená a neměla žádné stínící prvky. Jižní okno v obývací bylo zastíněno balkónem do 8:00 a pak začla jeho teplota stoupat, než se ustálila v 10:00 na konstantní hodnotě 16,4 °C. Teplota jižního okna v kuchyni začala klesat kolem 12:00 z důvodu zastínění balkónem, který se nachází nad ním.



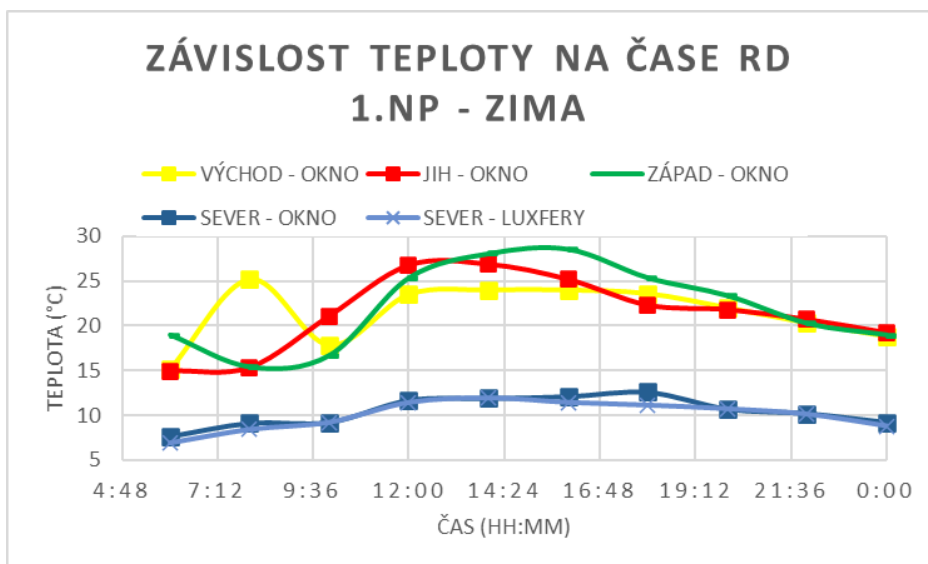
Obr. 47: Naměřené hodnoty na RD v zimě – vnitřní teploty v přízemí.

Na obr. 47 jsou uvedeny průběhy vnitřních teplot v přízemí rodinného domu naměřené v zimním období. Teploty naměřené na severní, jižní a východní jsou si velmi podobné a po celou dobu měření nabývají přibližně konstantní hodnotu 12 °C. Nejvyšší naměřená vnitřní teplota byla na východě ve verandě z důvodu horší tepelné izolace. Nejvyšší naměřená teplota byla na západní straně v ložnici.



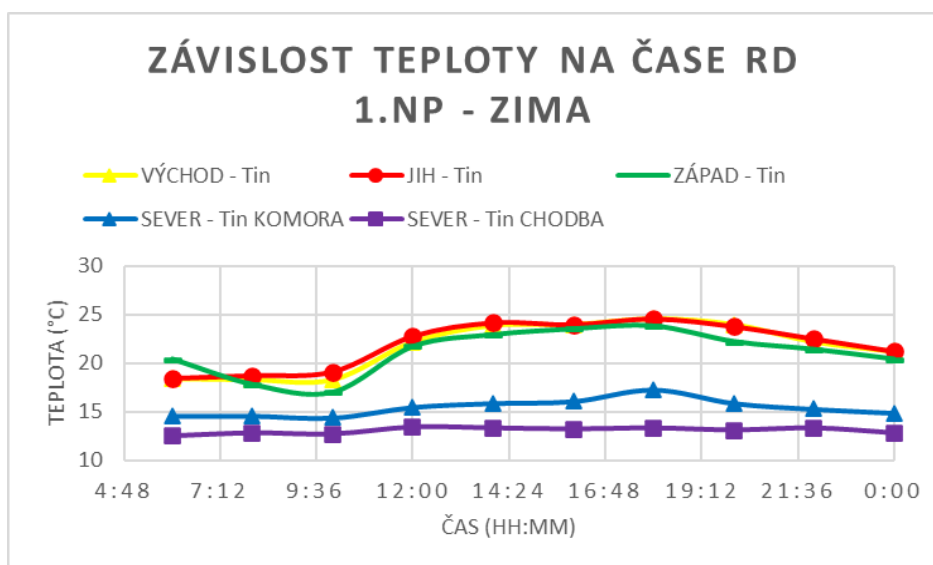
Obr. 48: Naměřené hodnoty na RD v zimě – zdi v 1. nadzemním podlaží.

Obr. 48 znázorňuje průběhy teplot zdí v prvním nadzemním podlaží naměřené v zimním období. Průběhy teplot východní, západní a jižní zdi jsou téměř totožné. Maximální naměřená teplota byla necelých 22 °C. Nejmenší naměřené teploty byly na zdi severní, kde se teplota vyšplhala maximálně na 15,5 °C.



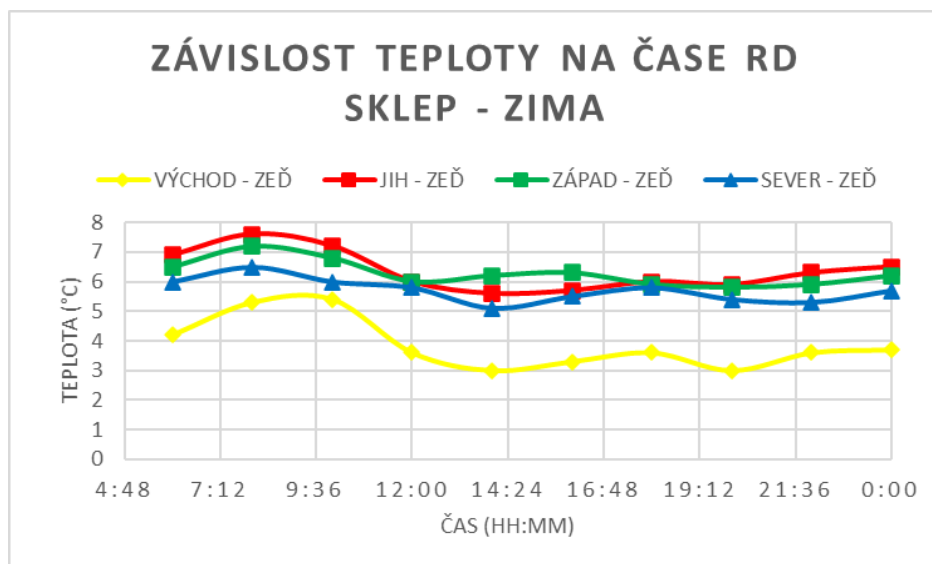
Obr. 49: Naměřené hodnoty na RD v zimě – okna v 1. nadzemním podlaží.

Na obr. 49 jsou uvedeny průběhy teplot oken v prvním nadzemním podlaží naměřené v zimním období. Východně, jižně a západně orientované okno mělo do 8:00 zatažené venkovní žaluzie, poté je mělo opět zatažené až po 20:00. Severně orientované okno bylo zavřené a bez stínící techniky.



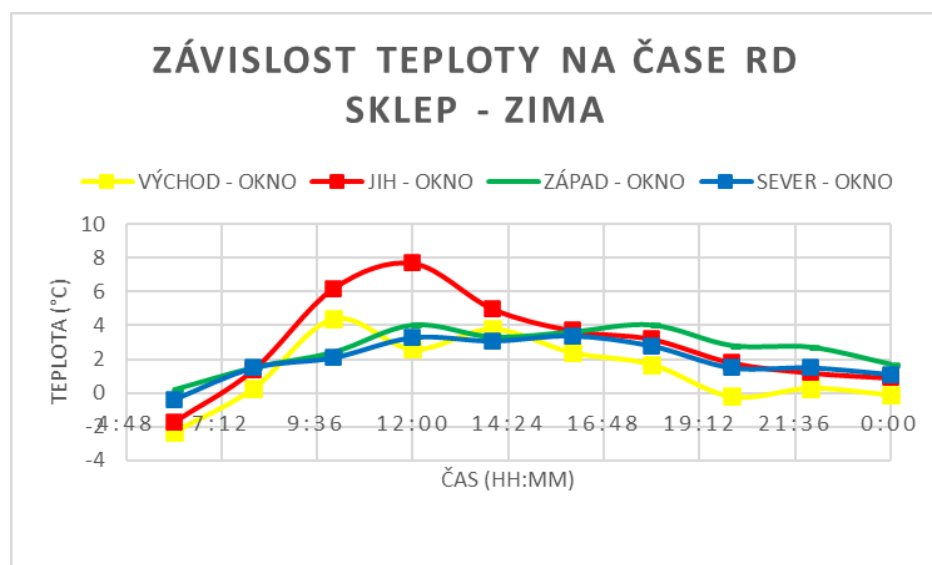
Obr. 50: Naměřené hodnoty na RD v zimě – vnitřní teploty v 1. nadzemním podlaží.

Na obr. 50 jsou zobrazeny průběhy vnitřních teplot v prvním nadzemním podlaží naměřené v zimním období. Průběhy teplot na jižní, východní a západní straně rodinného domu jsou téměř totožné. V severní části byly naměřeny nejnižší teploty, a to hlavně na chodbě.



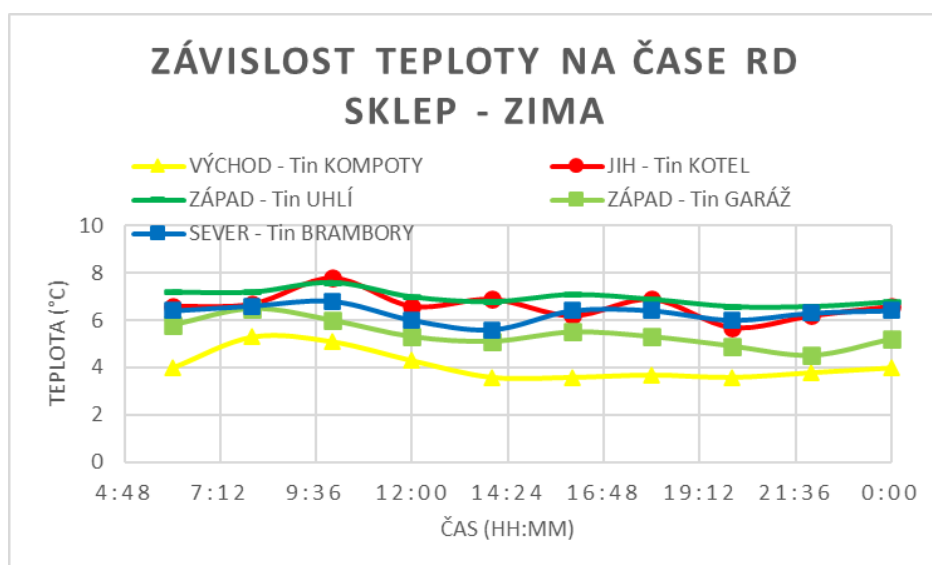
**Obr. 51: Naměřené hodnoty na RD v zimě – zdi ve sklepě.**

Na obr. 51 jsou znázorněny průběhy teplot zdí ve sklepě naměřené v zimním období. Jižní a západní zdi mají velmi podobné průběhy. Nejnížší naměřené hodnoty byly zaznamenány na východní straně sklepa.



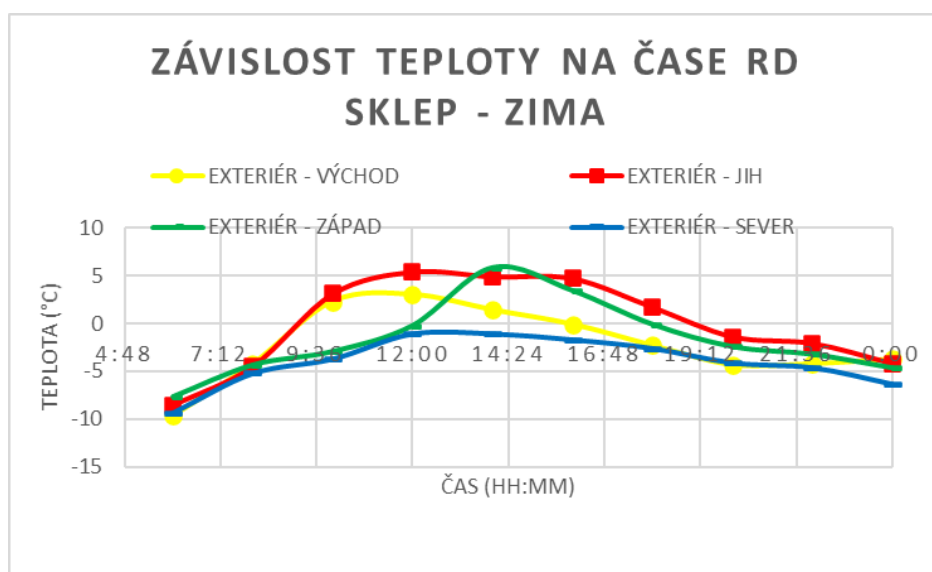
**Obr. 52: Naměřené hodnoty na RD v zimě – okna ve sklepě.**

Obr. 52 ilustruje průběhy teplot oken ve sklepě naměřené v zimním období. Nejvíce se oteplilo jižní okno, a to ve 12:00. Severně orientované okno vykazuje společně se západně orientovaným oknem velmi podobný průběh. Na východně orientovaném okně teploty kolísají více než u ostatních oken.



Obr. 53: Naměřené hodnoty na RD v zimě – vnitřní teploty ve sklepě.

Na obr. 53 jsou znázorněny průběhy vnitřních teplot ve sklepě naměřené v zimním období. Nejnížší teploty byly naměřeny na východní straně a nejvyšší na straně západní a jižní. Na západní straně v garáži byla naměřena nižší teplota než na západní straně, kde je uhlí, protože vraty v garáži uniká více tepla.



Obr. 54: Naměřené hodnoty na RD v zimě – teploty exteriéru.

Obr. 54 ilustruje průběhy teplot exteriéru naměřené v zimním období. Nejnížší teploty byly naměřeny ze strany severní. Na jižní straně se teplota držela poměrně dlouho na konstantní hodnotě 5 °C, než začla klesat kolem 16:00.



## 4 ZÁVĚR

Z měření stínících prvků oken vyplynulo, že jako nejvýhodnější stínící prvek se jeví venkovní žaluzie, které mají tu výhodu, že při správném natočení lamel může v létě pronikat světlo do prostoru a zároveň ho příliš nepřehřívát. Naopak se neukázal příliš velký rozdíl mezi oknem s vnitřními žaluziemi a oknem bez stínícího prvku, z čehož plyne, že vnitřní žaluzie jsou pro regulaci teploty místnosti nevýhodné.

Z měření na budově FEL ZČU vyplynulo, že jižně orientovaná strana budovy se v létě zbytečně moc přehřívá. Teplotní rozdíl mezi zastíněným a osluněným oknem na této straně je markantní a pohybuje se zhruba okolo 10 °C. Z toho lze vyvodit závěr, že by se tomuto zbytečnému přehřívání budovy dalo předejít, a to instalací vhodných stínících prvků, například slunolamů. Jako další nevýhodou jsou kovové rámy oken, které nemají příliš dobré tepelně izolační vlastnosti a zároveň na budově tvoří relativně velkou plochu, což způsobuje nežádoucí tepelné ztráty, a to zejména v otopné sezóně. Výhodou je velká prosklená plocha budovy na jižně orientované straně, která umožňuje zachytit co nejvíce slunečního záření pro ohřev interiéru v zimním období.

Analýza naměřených teplotních dat na rodinném domě potvrzuje výhodu používání venkovních žaluzií, případně rolet. V letním období umožnily tyto stínící prvky zamezit přílišnému průniku slunečního záření přes zasklení do interiéru, a tím i jeho přehřívání, a v zimním období jsou vhodné pro snížení tepelných ztrát oken (použité v neosluněné části dne a v noci).

Bakalářská práce byla zpracována mimo jiné za účelem přípravy materiálů pro výuku předmětu „Solární energetické systémy“ (KEE/SENS) na katedře elektroenergetiky fakulty elektrotechnické západočeské univerzity v Plzni.

## Seznam obrázků

OBR. 1: INTENZITA SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ V ZÁVISLOSTI NA VLNOVÉ DÉLCE. [12].....	11
OBR. 2: SLUNEČNÍ ENERGIE DOPADAJÍCÍ NA 1 M <sup>2</sup> V ZÁVISLOSTI NA ROČNÍM OBDOBÍ. [6] .....	15
OBR. 3: SCHÉMA ZAPOJENÍ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY. [9] .....	16
OBR. 4: FOTOVOLTAICKÉ PANELE + SOLÁRNÍ KOLEKTOR UMÍSTĚNÉ NA STŘEŠE RODINNÉHO DOMU. [10] .....	17
OBR. 5: VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ARCHITEKTURY K ZACHYCENÍ CO NEJVÍCE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ. [8] .....	17
OBR. 6: OPTIMÁLNÍ UMÍSTĚNÍ BUDOVY V KRAJINĚ PŘI PASIVNÍM SOLÁRNÍM SYSTÉMU. [11] .....	19
OBR. 7: STANDARTNÍ ZATEPLENÍ OBVODOVÉ STĚNY – SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ MATERIÁLOVÝCH VRTEV. [22].....	20
OBR. 8: PRŮBĚH SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA V ZÁVISLOSTI NA TLOUŠŤCE KONSTRUKCE. [14] .....	21
OBR. 9: ÚNIK TEPLA SKRZ TEPELNÝ MOST – STYK DVOU KONSTRUKCÍ. [23] .....	23
OBR. 10: PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ CELKOVÝ SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA OKNA U <sub>w</sub> . [16].....	25
OBR. 11: DŘEVĚNÝ, DŘEVO – HLINÍKOVÝ A PLASTOVÝ OKENNÍ RÁM. [21] .....	26
OBR. 12: POROVNÁNÍ BEŽNÉHO OKENNÍHO RÁMU A RÁMU S LEPŠÍMI TEPELNĚ – IZOLAČNÍMI VLASTNOSTMI. [16].	27
OBR. 13: PRINCIP VYTÁPĚNÍ INTERIÉRU POMOCÍ VENTILOVANÉ TROMBEHO STĚNY – ZIMNÍ REŽIM. [AUTOR] .....	27
OBR. 14: PRINCIP VENTILACE INTERIÉRU STUDENÝM VZDUCHEM ZA POUŽITÍ TROMBEHO STĚNY + ZASTÍNĚNÍ PŘÍSTŘEŠKEM – LETNÍ REŽIM. [AUTOR] .....	29
OBR. 15: PRINCIP VYHŘÍVÁNÍ INTERIÉRU POMOCÍ SOLÁRNÍHO KOMÍNU. [AUTOR] .....	30
OBR. 16: PRINCIP CHLAZENÍ INTERIÉRU POMOCÍ SOLÁRNÍHO KOMÍNU. [AUTOR] .....	31
OBR. 17: VENKOVNÍ ŽALUZIE .....	32
OBR. 18: ŽALUZIE CETTA (VLEVO), ZETTA (UPROSTŘED) A SETTA (VPRAVO). [33] .....	32
OBR. 19: TERMOVIZNÍ MĚŘENÍ – BEZ STÍNÍCÍ TECHNIKY. [35] .....	34
OBR. 20: TERMOVIZNÍ MĚŘENÍ – SE STÍNÍCÍ TECHNIKOU. [35] .....	34
OBR. 21: VENKOVNÍ ROLETY. ....	35
OBR. 22: VERTIKÁLNÍ SLUNOLAM (VLEVO) A HORIZONTÁLNÍ SLUNOLAM (VPRAVO). [27] .....	36
OBR. 23: PROTISLUNEČNÍ OKENNÍ FÓLIE – RŮZNÁ SVĚTELNÁ PROPUSTNOST. [32].....	37
OBR. 24: VLEVO – MĚŘENÉ BODY OKNA A, OKNA B, OKNA D. VPRAVO – MĚŘENÉ BODY OKNA C, OKNA E, OKNA F. POHLED Z INTERIÉRU. ....	39
OBR. 25: MĚŘENÍ NA FEL ZČU – OKNO A (VLEVO), OKNO B (UPROSTŘED), OKNO C (VPRAVO). ....	40
OBR. 26: MĚŘENÍ NA FEL ZČU – OKNO D (VLEVO), OKNO E (UPROSTŘED), OKNO F (VPRAVO). ....	40
OBR. 27: NAMĚŘENÉ HODNOTY - ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE OKENNÍHO ZASKLENÍ PRO OKNA A, B, C, D, E A F. ....	41
OBR. 28: NAMĚŘENÉ HODNOTY - ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE OKENNÍHO RÁMU PRO OKNA A, B, C, D, E A F. ....	41
OBR. 29: NAMĚŘENÉ HODNOTY – ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE OKNA A A OKNA B. ....	43
OBR. 30: NAMĚŘENÉ TEPLoty ZASKLENÍ OKEN V RŮZNÝCH PATRECH BUDOVY (ZÁPADNÍ ČÁST MÁ POUZE 5 PATER). .....	44
OBR. 31: NAMĚŘENÉ TEPLoty RÁMŮ OKEN V RŮZNÝCH PATRECH BUDOVY. ....	44
OBR. 32: VEŠKERÉ NAMĚŘENÉ TEPLoty NA JIŽNÍ STRANĚ. ....	45
OBR. 33: VEŠKERÉ NAMĚŘENÉ TEPLoty NA SEVERNÍ STRANĚ. ....	45
OBR. 34: VEŠKERÉ NAMĚŘENÉ TEPLoty NA ZÁPADNÍ STRANĚ. ....	46
OBR. 35: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – ZDI V PŘÍZEMÍ. ....	46
OBR. 36: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – OKNA V PŘÍZEMÍ. ....	47
OBR. 37: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – VNITŘNÍ TEPLoty V PŘÍZEMÍ. ....	47
OBR. 38: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – ZDI V 1. NADZEMNÍM PODLAŽÍ. ....	48
OBR. 39: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – OKNA V 1. NADZEMNÍM PODLAŽÍ. ....	48
OBR. 40: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – VNITŘNÍ TEPLoty V 1. NADZEMNÍM PODLAŽÍ. ....	49
OBR. 41: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – ZDI VE SKLEPĚ. ....	49
OBR. 42: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – OKNA VE SKLEPĚ. ....	50
OBR. 43: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – VNITŘNÍ TEPLoty VE SKLEPĚ. ....	50
OBR. 44: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V LÉTĚ – TEPLoty EXTERIÉRU. ....	51
OBR. 45: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – ZDI V PŘÍZEMÍ. ....	51
OBR. 46: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – OKNA V PŘÍZEMÍ. ....	52
OBR. 47: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – VNITŘNÍ TEPLoty V PŘÍZEMÍ. ....	53
OBR. 48: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – ZDI V 1. NADZEMNÍM PODLAŽÍ. ....	53
OBR. 49: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – OKNA V 1. NADZEMNÍM PODLAŽÍ. ....	54
OBR. 50: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – VNITŘNÍ TEPLoty V 1. NADZEMNÍM PODLAŽÍ. ....	54
OBR. 51: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – ZDI VE SKLEPĚ. ....	55
OBR. 52: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – OKNA VE SKLEPĚ. ....	55
OBR. 53: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – VNITŘNÍ TEPLoty VE SKLEPĚ. ....	56
OBR. 54: NAMĚŘENÉ HODNOTY NA RD V ZIMĚ – TEPLoty EXTERIÉRU. ....	56

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] MATUŠKA, Tomáš a Odborná sekce Alternativní zdroje energie. *Solární tepelné soustavy*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2009. ISBN 978-80-02-02186-5. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:a806a1d0-fe3b-11e4-8ded-5ef3fc9ae867>
- [2] MURTINGER, Karel a TRUXA, Jan. *Solární energie pro váš dům*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-3241-8. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:a0e67580-50da-11e7-b03f-005056827e52>
- [3] LADENER, Heinz a SPÄTE, Frank. *Solární zařízení*. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0362-9. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:4476fe20-6350-11e4-8214-005056827e51>
- [4] EKOWATT, *Metody hodnocení vhodnosti a výtěžnosti OZE*. Dostupné také z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/008165.pdf>
- [5] Webové stránky meteocentrum. *Sluneční svit* [online]. [cit. 4.7.2021]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/slunecni-svit>
- [6] KATTAUER, Jakub. *Návrh fotovoltaické elektrárny na střeše rodinného domu*. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=87309](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=87309)
- [7] Článek. *Aktivní a pasivní solární systém* [online]. [cit. 4.7.2021]. Dostupné z: <https://www.lepebydlet.cz/aktivni-pasivni-solarni-system>
- [8] Článek. *Topení ze Slunce* [online]. [cit. 4.7.2021]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k22.htm>
- [9] Článek. *Jak funguje střechní fotovoltaická elektrárna?* [online]. [cit. 4.7.2021]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-stresni-fotovoltaicka-elektrarna/>
- [10] Článek. *Jak na fotovoltaiku: Jaká jsou PRO a PROTI solárních panelů?*. [online]. [cit. 4.7.2021]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/solarni-panely-pro-a-proti>
- [11] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. ISBN 978-80-8076-069-4. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:d0412e50-a7e9-11e6-b707-005056827e51>
- [12] Článek. *Red Light Therapy vs Sunlight* [online]. [cit. 4.7.2021]. Dostupné z: <https://redlightman.com/blog/red-light-therapy-vs-sunlight/>

- [13] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetického a pasivního domu*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [14] ŘEHÁNEK, Jaroslav; JANOUŠ, Antonín; KUČERA, Petr; KUČERA, Vlastimil; ŠAFRÁNEK, Jaroslav; VÁCLAVÍK, Vladimír. *4 x E o tepelné izolaci budov*. Praha: ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-25-9
- [15] ŠUBRT, Roman; ZVÁNOVCOVÁ, Pavlína; ŠKOPEK, Martin. *Katalog tepelných mostů 1 – Běžné detaily*. České Budějovice: Energy Consulting, s.r.o., 2008. ISBN 978-80-254-2715-6
- [16] Článek. *Okna a dveře pro pasivní domy* [online]. [cit.4.7.2021]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/okna-a-dvere-pro-pasivni-domy/t385?chapterId=1838>  
<https://www.pasivnidomy.cz/webove-infoly-04-okna-dvere/f2524>
- [17] Článek. *Pasivní dům – jaké hodnoty se měří?* [online]. [cit. 4.7.2021]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2317.pasivni-dum-jake-hodnoty-se-meri>
- [18] ABBAS, Ehsan F. *Effect of Air Gap Width on the Evaluation of the Trombe Wall Efficiency*. Kirkuk University: Praise Worthy Prize, 2019. ISSN 1970-8734.  
Dostupné také z: [https://www.researchgate.net/publication/339882947\\_Effect\\_of\\_Air\\_Gap\\_Width\\_on\\_the\\_Evaluation\\_of\\_the\\_Trombe\\_Wall\\_Efficiency](https://www.researchgate.net/publication/339882947_Effect_of_Air_Gap_Width_on_the_Evaluation_of_the_Trombe_Wall_Efficiency)
- [19] Publikace. *Trombeho stěna – Nejjednodušší využití solární energie*. Krajský úřad Plzeňského kraje: ENVIC, a.s., 2009. Dostupné také z: [http://www.envic.cz/dokumenty/Trombeho\\_stena\\_brozura\\_nahled.pdf](http://www.envic.cz/dokumenty/Trombeho_stena_brozura_nahled.pdf)
- [20] J.M.K.C. Donev et al. (2020). Energy Education - Solar chimney [Online]. Available: [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Solar\\_chimney](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Solar_chimney). [Accessed: April 10, 2021].
- [21] Článek. *Okna v pasivních domech* [online]. [cit. 16.4.2021]. Dostupné z: <https://www.asting.cz/okna-v-pasivnich-domech.php>
- [22] JANÍČEK, Vít. *Studium vlhkostně – transportních vlastností polymer – cementových stěrek pro vnější kontaktní zateplovací systémy budov*. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, 2019, str. 14.
- [23] Článek. *How Important Is Thermal Bridging?* [online]. [cit. 17.4.2021]. Dostupné z: <https://www.mannokbuild.com/important-thermal-bridging/>
- [24] Článek. *Stínící prvky – součást moderní stavby* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/okna-dvere/stinici-prvky-soucast-moderni-stavby>

- [25] Článek. *Venkovní žaluzie vs. rolety* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: [https://www.bydlenimagazin.cz/rubriky/inspirace/venkovni-zaluzie-vs-rolety\\_5554.html](https://www.bydlenimagazin.cz/rubriky/inspirace/venkovni-zaluzie-vs-rolety_5554.html)
- [26] Katalog. *Venkovní rolety* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://www.kvalitnizastineni.cz/exterier/venkovni-rolety>
- [27] Katalog. *Vertikální slunolamy* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://www.batima.cz/produkty/stineni-a-pristresky/hlinikove-slunolamy/vertikalni-slunolamy>
- [28] Článek. *Co je třeba zvážit při návrhu systému solárního zastínění?* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://www.coltinfo.cz/slunolamy-reseni-namiru-prakticke-a-designove.html>
- [29] Článek. *Ochrání nás protisluneční fólie před horkem?* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/ochrani-nas-protislunecni-folie-pred-horkem-27087.html>
- [30] Článek. *Protisluneční solární fólie na okna* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://www.hanitafolie.cz/folie/protislunecni-solarni-folie-na-okna/>
- [31] Článek. *Sluneční fólie na okna budov* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://www.glassgarant.cz/folie/folie-na-budovy/slunecni-folie-na-okna-budov/>
- [32] Článek. *Protisluneční fólie* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://sunpro.cz/tonovani-autoskel/protislunecni-folie/>
- [33] Katalog. *Venkovní žaluzie* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <http://www.alurey.cz/zaluzie-venkovni/>
- [34] Článek. *Jak vybrat stínění pro pasivní a nízkoenergetické domy* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://www.neva.eu/rady-a-navody/jak-vybrat-stineni-pro-pasivni-a-nizkoenergeticke-domy/>
- [35] Katalog/magazín. *RTS magazín – žaluzie – rolety vrata* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: [https://www.svst.cz/images/svt-magazin/rts-magazin/rts\\_02\\_2011.pdf](https://www.svst.cz/images/svt-magazin/rts-magazin/rts_02_2011.pdf)
- [36] Článek. *Stačí k ovládní venkovních žaluzií klika, nebo se vyplatí připlatit za motor?* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/staci-k-ovladani-venkovnich-zaluzii-klika-nebo-se-vyplati-priplatit-za-motor-28430.html>
- [37] Katalog/článek. *How does solargaps work?* [online]. [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://solargaps.com/about-product/>
- [38] BORTEL, Lukáš. *Řízení průhlednosti elektrochromických fólií a jejich aplikace.*

Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta aplikované informatiky, 2019. Dostupné z:

[https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/44458/bortel\\_2019\\_dp.pdf?sequence=1](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/44458/bortel_2019_dp.pdf?sequence=1)

- [39] MOHELNÍKOVÁ, J., *Fasádní skla a jejich tepelně a světelně technické vlastnosti*, článek Vytápění, větrání, instalace, ISSN 1210-1389, ČVUT, Praha, 2007
- [40] BONSOR, Kevin. *How Smart Windows Work*. In: *How Stuff Works* [online]. Atlanta, 2001 [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: <https://home.howstuffworks.com/home-improvement/construction/green/smart-window.htm>
- [41] MOSKOWITZ, Jay. *INTELLIGENT SPD CONTROL APPARATUS WITH SCALABLE NETWORKING CAPABILITIES FOR WINDOW AND MULTIMEDIA APPLICATIONS*. 2006. EP 1 929 701 B1. Dostupné také z: <http://www.spdcontrols.com/images/European%20Patent%20Published%202018-08-01%20EP1929701B1.pdf>