

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Diplomová práce

Vliv prosklených ploch na tepelnou bilanci a vnitřní prostředí budov

Bc. Vladimír Křížek

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Vladimír Křížek

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Vliv prosklených ploch na tepelnou bilanci a vnitřní prostředí budov

Název anglicky

Influence of glazed parts of construction on heat balance and indoor environment of buildings

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést analýzu a zhodnocení vlivu prosklených ploch (oken, střešních světlíků apod.) na tepelnou bilanci a vnitřní prostředí budov. Zaměřit se především na vliv rozměrů a konstrukčních provedení prosklených ploch různých druhů budov.

Na základě poznatků z literatury i vlastních měření a výpočtů posoudit vhodnost provedení a velikosti prosklených ploch a jejich vliv na vnitřní prostředí v reálných podmínkách budov během zimního a letního období.

Metodika

Úvod

Cíl práce

Současný stav sledované problematiky

Metodika práce

Výsledky a diskuse

Závěr a doporučení

Seznam použitých zdrojů

Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu

Klíčová slova

Energie; izolace; klimatizace; okna; světlíky; tepelně technické vlastnosti

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace. Klimatizace.

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Petráš, D. et al.: Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. Bratislava 2008, 207 s.

Petráš, D. et al.: Vytápění velkoprostorových a halových objektů. Bratislava 2006, 205 s.

Počinková, M.- Čuprová, D.- Rubinová, O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.

Székyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.

Tywoniak, J.: Nízkoenergetické domy – principy a příklady. Grada, Praha, 2005, 194 s.

Tywoniak, J.: Nízkoenergetické domy 3. Nulové, pasivní a další. Grada, Praha, 2012, 195 s.

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

doc. Ing. Jan Maláček, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci Vliv prosklených ploch na tepelnou bilanci a vnitřní prostředí budov jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Pavlovi Kicovi, DrSc. za odbornou pomoc při zpracování mé diplomové práce a za čas a ochotu, kterou mi věnoval.

Vliv prosklených ploch na tepelnou bilanci a vnitřní prostředí budov

Abstrakt:

Cílem předložené diplomové práce je navrhnout vhodné řešení pro nevyhovující stávající stav zasklení místností vzhledem k tepelným bilancím a vnitřnímu prostředí. Stávající stavy jsou posuzovány u dvou existujících budov nacházejících se v Praze a Liberci, v kterýchž jsou hodnoceny dvě místnosti. Práce se nedříve zabývá teoretickými východisky, které vysvětlují problematiku zasklení v dnešní době a popisující principy výpočtů tepelných bilancí.

Dále se práce věnuje vlastnímu měření a výpočtům, ze kterých vyplívá návrh na zlepšení. Měření se věnuje zkoumání denního osvětlení v místnostech a relativní vlhkosti a teploty vnitřního prostředí. Výpočty se věnují tepelným bilancím pro letní a zimní období a dále jsou tyto výsledky vyhodnoceny pro svůj vyhovující či nevyhovující stav. Pro nevyhovující stavy bylo navrženo řešení s ohledem na momentální možnosti na trhu. Dané řešení bylo ekonomicky vyhodnoceno z pohledu návratnosti.

Klíčová slova: Energie, okna, světlíky, tepelně technické vlastnosti, tepelná bilance

Influence of glazed parts of construction on heat balance and indoor environment of buildings

Abstract:

The aim of the submitted diploma thesis is to propose a suitable solution for the unsatisfactory current condition of the glazing of the rooms with regard to heat balances and the internal environment. Existing conditions are assessed for two existing buildings located in Prague and Liberec, in which two rooms are assessed. The work first deals with the theoretical starting points that explain the issue of glazing today and describe the principles of heat balance calculations.

Furthermore, the work is devoted to its own measurements and calculations, which result in a proposal for improvement. The measurement is dedicated to investigating the daylight in the rooms and the relative humidity and temperature of the indoor environment. Calculations are devoted to heat balances for summer and winter, and these results are further evaluated for their satisfactory or unsatisfactory status. For unsatisfactory conditions, a solution was proposed taking into account the current possibilities on the market. The given solution was economically evaluated from the point of view of return.

Keywords: Energy, windows, skylights, thermal technical properties, heat balance

Obsah

1 Úvod.....	15
2 Cíl práce a metodika	16
2.1 Cíl práce	16
2.2 Metodika	16
3 Teoretická východiska	17
3.1 Prosklené plochy	17
3.1.1 Historie	17
Výhody a nevýhody prosklených ploch.....	18
3.1.2 18	
3.1.3 Konstrukční provedení.....	18
3.1.4 Technologie zasklení	22
3.1.5 Výplň meziskelního prostoru.....	24
3.2 Vliv prosklených ploch na vnitřní prostředí.....	24
3.2.1 Vlhkost.....	25
3.2.2 Akustika	25
3.2.3 Prosvětlenost.....	27
3.2.3.1 Přímý prostup jednovrstvým čirým sklem	28
3.2.3.2 Přímý prostup při dvojitém zasklení	29
3.2.4 Činitel denní osvětlenosti	30
3.3 Tepelná bilance	30
3.3.1 Princip výpočtu tepelných zisků dle ČSN 73 0548	31
3.3.2 Princip výpočtu tepelné bilance pro zimní období dle ČSN 73 0542, 12 831-1	34
3.3.3 Metody snížení tepelných zisků.....	38
4 Vlastní práce	48
4.1 Popis objektů.....	49
4.2 Popis uvažovaných parametrů oken a stínících prvků	50
4.3 Měření denního osvětlení	52
4.4 Dlouhodobé měření.....	58
4.5 Zhodnocení současného stavu.....	63
4.5.1 Zimní tepelná bilance místnost č. 1	64
4.5.2 Ukázka výpočtu prostupu tepla oknem radiací.....	66
4.5.3 Letní tepelná bilance místnost č. 1.....	68
4.5.4 Zimní tepelná bilance místnost č. 2	71
4.5.5 Letní tepelná bilance místnost č. 2.....	73

4.5.6	Zimní tepelná bilance místnost č. 3	73
4.5.7	Letní tepelná bilance místnost č. 3.....	76
4.5.8	Zimní tepelná bilance místnost č. 4	77
4.5.9	Letní tepelná bilance místnost č. 4.....	79
4.6	Vliv zvětšení velikosti prosklení na tepelnou bilanci místnosti č. 3	80
4.6.1	Letní tepelná bilance s větším prosklením.....	80
4.6.2	Zimní tepelná bilance s větším prosklením	81
5	Návrh zlepšení, výsledky a zhodnocení	82
5.1	Návrh okna pro místnost č. 3	82
5.2	Návrh okna pro místnost č. 4	85
5.3	Ekonomické zhodnocení	88
6	Závěr	90
7	Seznam použitých zdrojů	92
8	Přílohy	97

Seznam obrázků

Obr. 1 Celoskleněná fasáda	22
Obr. 2 Schéma uspořádání izolačního dvojskla a trojskla	23
Obr. 3 Průchod zvuku oknem	27
Obr. 4 Odraz a prostup světla čirým sklem	28
Obr. 5 Odraz a prostup světla přes dvojitě zasklení	29
Obr. 6 Závislost směrového přímého činitele prostupu světla.....	29
Obr. 7 Oslunění oken	33
Obr. 8 Poloha Slunce v naší zemi v průběhu roku.....	39
Obr. 9 Úhel Slunce v závislosti na měsících	40
Obr. 10 Horizontální slunolam	44
Obr. 11 Efekt slunolamu u různých světových stran	44
Obr. 12 Exteriérové žaluzie	45
Obr. 13 Markýza	46
Obr. 14 Vnitřní žaluzie	47
Obr. 15 Stará vila v Liberci	50
Obr. 16 Luxmetr Extech Instruments mod. 407026	52
Obr. 17 Vyhodnocení místnosti číslo 1	53
Obr. 18 Vyhodnocení místnosti číslo 2	55
Obr. 19 Vyhodnocení místnosti číslo 3	56
Obr. 20 Vyhodnocení místnosti číslo 4	57
Obr. 21 Datalogger R3120 od společnosti Comet	58
Obr. 22 Náhled oken v konfigurátoru včetně žaluzií pro místnost č. 3	88
Obr. 23 Náhled parametrů v konfigurátoru pro místnost č. 3.....	89

Seznam tabulek

Tab. 1 Hodnoty stínících součinitelů s pro různá provedení oken a různé druhy stínících prostředků	32
Tab. 2 Propustnost slunečního záření zasklení T1 z čirého skla	36
Tab. 3 Globální sluneční záření za měsíc a topné období v závislosti na orientaci oken....	36
Tab. 4 Činitel využití slunečního záření/měsíc v závislosti na orientaci.....	37
Tab. 5 Legenda místností.....	50
Tab. 6 Uvažovaná okna na trhu	51
Tab. 7 Uvažované stínící prvky	51
Tab. 8 Vyhodnocení místnosti číslo 1	53
Tab. 9 Vyhodnocení místnosti číslo 2	55
Tab. 10 Vyhodnocení místnosti číslo 3	56
Tab. 11 Vyhodnocení místnosti číslo 4	57
Tab. 12 Průměrné hodnoty z dlouhodobého měření.....	62
Tab. 13 Dlouhodobý průměr měsíčních teplot	64
Tab. 14 Tepelná bilance oken m.č. 1 za otopné období.....	65
Tab. 15 Tepelná bilance za vytápěcí období m. č. 1.....	66
Tab. 16 Tepelná bilance oken m.č. za otopné období.....	71
Tab. 17 Tepelná bilance za vytápěcí období m. č. 2.....	72
Tab. 18 Tepelná bilance oken m.č. 3 za otopné období.....	74
Tab. 19 Tepelná bilance za vytápěcí období m. č. 3.....	75
Tab. 20 Tepelná bilance oken m.č. 4 za otopné období.....	77
Tab. 21 Tepelná bilance za vytápěcí období m. č. 4.....	78
Tab. 22 Potřeba tepla pro různé velikosti oken a druhy zasklení	81
Tab. 23 Tepelná bilance navržených oken m.č. 3 za otopné období	83
Tab. 24 Tepelná bilance s navrženými okny za vytápěcí období m. č. 3	84
Tab. 25 Tepelná bilance navržených oken m.č. 4 za otopné období	86
Tab. 26 Tepelná bilance s navrženými okny za vytápěcí období m. č. 4	87

Seznam grafů

Graf 1 Průběh relativní vlhkosti, teplot a rosného bodu m.č.1	59
Graf 2 Průběh relativní vlhkosti, teplot a rosného bodu m.č.2	60
Graf 3 Průběh relativní vlhkosti, teplot a rosného bodu m.č.3	61
Graf 4 Průběh relativní vlhkosti, teplot a rosného bodu m.č.4	62
Graf 5 Měsíční tepelná bilance oken m. č.1	65
Graf 6 Vliv oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 1	66
Graf 7 Vliv slunolamu na tepelnou zátěž okny m.č. 1	69
Graf 8 Vliv stínících prvků na tepelnou zátěž okny m.č. 1	70
Graf 9 Měsíční tepelná bilance oken m. č.2	71
Graf 10 Vliv oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 2	72
Graf 11 Vliv stínících prvků na tepelnou zátěž okny m.č. 1	73
Graf 12 Měsíční tepelná bilance oken m. č.3	74
Graf 13 Vliv oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 3	75
Graf 14 Vliv slunolamu na tepelnou zátěž okny m.č. 3.....	76
Graf 15 Měsíční tepelná bilance oken m. č.4	77
Graf 16 Vliv oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 4	78
Graf 17 Tepelná zátěž okny m.č. 1	79
Graf 18 Tepelná zátěž a vliv stínících prvků m.č. 3 při zvětšení oken o 50%.....	80
Graf 19 Tepelná zátěž m.č. 3 s použitím různých zasklení a stínících prvků.....	82
Graf 20 Měsíční tepelná bilance navržených oken m. č. 3	83
Graf 21 Vliv navržených oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 3	84
Graf 22 Tepelná zátěž m.č. 4 s použitím různých zasklení a stínících prvků.....	85
Graf 23 Měsíční tepelná bilance navržených oken m. č. 4.....	86
Graf 24 Vliv navržených oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 4.....	87

Seznam zkratk

- C_m – činitel využití slunečního záření za měsíc [-]
- C_{mp} – průměrná hodnota činitele využití slunečního záření za vytápěcí období[-]
- d – počet dnů vytápěcího období [den]
- d_m – počet dnů za měsíc [den]
- t_{em} – průměrná venkovní teplota za měsíc [°C]
- E_m – průměrná spotřeba tepla zasklení za měsíc [kWh.měs⁻¹]
- E_{gm} – globální sluneční záření za měsíc [kWh.m⁻².měs⁻¹]
- E_{mm} – průměrná spotřeba tepla místnosti za měsíc [kWh.měs⁻¹]
- E_{Zm} – průměrný tepelný zisk ze slunečního záření za měsíc [kWh.měs⁻¹]
- E_{Zmm} – průměrný tepelný zisk místnosti za měsíc [kWh.měs⁻¹]
- W – watt
- s – stínící součinitel [-]
- S – plocha [m²]
- t – teplota [°C]
- V – objemový průtok [m³.s⁻¹]
- z- součinitel znečištění atmosféry [-]
- J- joule
- K- kelvin
- Λ – součinitel tepelné vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹]
- U – součinitel prostupu tepla [W.m⁻¹.K⁻¹]
- P – objemová hmotnost materiálu [kg.m⁻³]
- Q_{or} – tepelná zátěž okny (radiací) [W]
- kWh- kilowatt hodina
- D_n – doba návratnosti investice [roky]
- I – výše investice [Kč]
- Ú – roční úspora [Kč]
- c - hloubka okna vzhledem ke stínící desce [m]
- a – sluneční azimut [°]
- c- korekční činitel [-]
- d – hloubka okna ve stěně [m]
- e- délka stínu [m]

f – vzdálenost okna od svislých slunolamů [m]
 h – výška slunce nad obzorem [°]
 I – intenzita sluneční radiace [W/m^2]
 γ – azimutový úhel normály stěny [°]
 M – hmotnost [kg]
 I_d – intenzita difusního záření [W/m^2]
 T – propustnost slunečního záření [-]
 Q_p – maximální tepelná ztráta místnosti bez zasklení prostupem [W]
 Q_v – maximální tepelná ztráta větráním [W]
 V_{build} – vnitřní objem vzduchu [m^3]

1 Úvod

Prosklené plochy se ve stavebnictví využívají již po staletí. Jejich hlavním úkolem je umožnit prostup světla do interiéru a umožnit výhled ven. V počátcích využívání prosklených ploch bylo využíváno malých oken, z důvodu špatných tepelně izolačních vlastností, a postupem vývoje technologií a zlepšení jejich vlastností se začali používat ve větších formátech. Technologie oken se vyvíjí i ve snaze vyhovět stále přísnějším kritériím na energetickou náročnost budov.

Tato diplomová práce se zabývá vlivem prosklených na vnitřní prostředí a tepelnou bilanci budov. Práce je zaměřena na zkoumání těchto vlivů u dvou budov v Praze a v Liberci. Výběr těchto budov byl zvolen díky jejich rozdílnosti. Každá z budov má jiný typ oken a jejich orientaci na světové strany.

V první části práce se autor zaměřuje na popis teoretických východisek, ze kterých dále vychází ve vlastní práci. Teoretická východiska byla zpracována na základě dostupné odborné literatury a odborných internetových zdrojů. Tato část se zaměřuje také na popis výpočtu zimní energetické bilance a výpočet tepelné zátěže v letním období, dle příslušných norem, dle kterých je proveden výpočet v praktické části. Dále zde byly popsány normové požadavky na činitel denní osvětlenosti a na postup měření příslušným přístrojem.

Ve druhé části autor aplikoval teoretická východiska z první části práce. Byla změřena a vyhodnocena vlhkost a teplota ve všech vybraných místnostech. Dále bylo provedeno měření činitele denní osvětlenosti. Pro tyto místnosti byla dále spočítána zimní tepelná bilance a tepelná zátěž okny v letním období. Tato část práce se nadále zabývá návrhem oken a stínění pro místnosti, kde byl současný stav nevyhovující. Dále byla vyhodnocena varianta v případě zvětšení oken v jedné z místností, která může být zajímavá z hlediska tepelných zisků ze slunce díky své jižní orientaci.

Navržená varianta byla ekonomicky zhodnocena z pohledu nákladů a jejich návratnosti.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je provést analýzu a zhodnocení vlivu současného stavu prosklených ploch a jejich doplňujících funkčních prvků v podobě stínění u různých druhů budov na vnitřní prostředí a tepelnou bilanci. Dílčím cílem bylo provést měření a výpočty na základě kterých byl stav vyhodnocen. Pro nevyhovující stavy bylo cílem navrhnout řešení. Součástí návrhu řešení bylo porovnání s variantou se změnou velikosti prosklené plochy.

2.2 Metodika

Diplomová práce je rozdělena na dvě části. První část se zabývá popisem teoretických východisek a problematik rozebraných a uplatněných v části druhé. Pro zpracování první části – teoretické bylo vycházeno a čerpáno z knižních a internetových zdrojů.

Druhá část se věnuje praktickému měření na již existujících objektech v Liberci a Praze. Prvním měřením bylo provedeno stanovení hodnoty činitele denní osvětlenosti v každé místnosti za pomoci měřícího přístroje luxmetr a nasbíraná data byla vyhodnocena dle požadavků normy. V případě nevyhovujících podmínek bylo zkoumáno jejich možné zapříčinění a bylo navrženo doporučení pro zlepšení. Dalšími měřenými veličinami byla relativní vlhkost, teplota a rosný bod, které byly zjištěny dlouhodobým měřením pomocí dataloggerů umístěných v každé místnosti. Výsledky byly dále vyhodnoceny.

Výpočty letních a zimních tepelných bilancí byly provedeny dle norem. Pro výpočty bylo potřeba zaměřit rozměry konstrukcí a zohlednit vlastnosti materiálů. Tyto výsledky byly vyhodnoceny a porovnány s požadavky současných norem. Pro návrhy zlepšení nevyhovujících stavů byly porovnány různé varianty oken a stínící techniky dostupné na trhu.

3 Teoretická východiska

3.1 Prosklené plochy

Prosklených ploch je v dnešní době mnoho druhů, může se jednat o různé druhy oken, lehkých obvodových plášťů a světlíků. Moderní pojetí architektury často využívá velkorozměrných prosklených ploch zejména pro odlehčení a vzdušnost prostou a jeho propojení s okolím, zejména pokud okolí skýtá zajímavé výhledy.

Prosklené plochy mohou být strategicky voleny nejen pro schopnost přivedení denního osvětlení do prostoru, ale také díky vlastnostem jako jsou například propustnost tepla ze solárního záření skrze skla a tím dosahování pasivního ohřevu interiéru. Technologie prosklených ploch se za poslední dobu velmi posunula, kdy došlo ke zlepšení jednotlivých vlastností a tím se rozšířila využitelnost prosklených ploch v jednotlivých stavebních a konstrukčních případech (Decro, 2023).

3.1.1 Historie

Výroba oken prošla během doby postupným vývojem. Od nejstarších dřevěných oken, které trpěly omezenou životností způsobenou špatnou odolností vůči hnilobě až k oknům hliníkovým a plastovým. Hliníková okna, které tvoří kolem 30% podílu na českém trhu, jsou oblíbená zejména pro svou nenáročnou údržbu, vysokou pevnost (využívanou zvláště u velkoformátových prosklených ploch). V dnešní době je úspěšně řešena i jejich větší tepelná ztráta (daná vodivostí hliníku) použitím moderních izolačních materiálů omezujících tepelné mosty v konstrukčním rámu okna. Jejich hlavní nevýhodou je tak dnes zejména cena, která je ale částečně kompenzována jejich delší životností a nižšími nároky na údržbu. Největší podíl na trhu si udržují plastová okna (60 %), která k nízkým nárokům na údržbu a příznivé ceně poskytují také dobré tepelně izolační vlastnosti. Dřevěná okna, která mají obecně velmi malé tepelné ztráty, se v dnešní době uplatňují při rekonstrukcích historických staveb, ale i v moderních domech díky své nadčasovosti a plnění estetických požadavků. I když jejich obliba díky vysoké kvalitě a puncu prestiže stále stoupá, tvoří dnes na trhu jen kolem 10 %. Vzhledem ke zlepšení povrchové ochrany dosahují dnes dřevěná okna velmi dobré životnosti, která může být při pravidelné údržbě vyšší než u ostatních typů materiálů oken.

Při porovnání charakteristického parametru koeficientu prostupu tepla se v posledních 20 letech tento koeficient posunul z hodnoty $U_n > 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ na současný standardní požadavek $U_n < 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, který je splňován u všech značkových prodejců oken. Doporučená hodnota U_{rec} je $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Svět oken, 2023).

3.1.2 Výhody a nevýhody prosklených ploch

Prosklené plochy mají pozitivní vliv na design a originalitu budovy nebo domu. Další výhodou působivého zasklení je optické zvětšení interiéru a skutečnost, že propouštějí spoustu přirozeného světla. I malý obývací pokoj tak vypadat lehčí a prostornější. Velké průhledové plochy dokážou navíc krásně a neomezeně propojit prostor obývacího pokoje s terasou nebo zahradou. Tyto průhledy jsou dnes velmi žádané a umožňují obyvatelům zažívat krásy přírody a přenést venkovní klid a pohodu i do interiéru.

Skvělý design však není všechno a působivé zasklení způsobuje i značné tepelné ztráty nebo naopak přehřívání interiéru, pokud není tato problematika dostatečně řešena již při návrhu budovy. Velké prosklené plochy také vyžadují řešení spojená s nižším soukromím, ale i s náročnější údržbou.

První designové návrhy domu, kdy uvažujeme o pořízení velkých oken by měly být spojeny s řešením orientace stavby. Nejen u nízkoenergetických staveb je doporučována orientace velkých prosklených ploch k jihu a západu, aby se během zimních měsíců využila absorpce sluneční energie zasklením ke zlepšení tepelné bilance v interiéru podpořením vytápění domu.

V létě, kdy je naopak intenzita slunce nejvyšší je příhodné využít přesah střechy nebo jiný způsob pro dostatečné externí zastínění (Cihlář, Hazucha, 2007).

3.1.3 Konstrukční provedení

Světlíky:

Jedním z mnoha typů prosvětlovacích prvků jsou střešní světlíky, které jsou používány zejména u průmyslových a zemědělských objektů, ale své uplatnění najdou ale i ve stavbách pro bydlení. Nabízejí se dnes v různých designových provedeních například pro prosvětlení vnitřní chodby, koupelny, ale i obytných částí jednopodlažních budov.

Světlíky běžně neumožňují výhled z interiéru na terén, nicméně vzhledem k velkému podílu oblohové složky světla a minimálnímu stínění okolní zástavby dokáží prosvětlit místnost v některých případech i více než okna.

Mezi typy světlíků patří:

- Střešní hřebenové světlíky

Střešní hřebenové světlíky jsou umístěny do hřebene haly v celé délce střechy nebo pouze v části podle potřeby. Světlíky mohou být dodávány s otevíráním elektrickým servomotorem pro efektivní a snadné větrání v hale a s čidlem proti dešti, které zajistí zavření při dešti. Konstrukce světlíku z hliníku bývá opláštěná polykarbonátovými deskami s ochranou proti UV záření a podle tloušťky desek dosahují typických tepelných vlastností $U=2,0$ až $U=1,40$ W/m²K.

- Bodové světlíky

Bodové světlíky se používají na rovné střechy a střechy s mírným sklonem. Jsou vhodné jako osvětlení kuchyněk, toalet, schodišť a skladů v hale nebo prostředních místností obytných prostor, kde je obtížné zajistit dostatečný přísun denního světla okny.

Bodové světlíky je možné také dodat s otevíráním manuálním nebo elektrickým, které slouží pro přirozené větrání a vyrábějí se v různých tvarech (kopule, jehlan).

- Prosvětlovací panely

Levnějším řešením na prosvětlení, než střešní světlíky jsou střešní prosvětlovací panely, snadno se montují a jsou dodávány ve stejném profilu (vlnitý, trapézový) jako střešní panely.

Panely bývají vyrobeny z polykarbonátu, polyesteru nebo tvrzeného PVC v různých rozměrech a různou světelnou propustností (Puškár et al., 2003).

Okna :

Nejtypičtějším prosvětlovacím prvkem jsou okna, které můžeme dělit podle různých způsobů, dle materiálu rámu, způsobu otevírání, počtu skleněných výplní atd.

Základními materiály používaných na výrobu oken jsou plast, dřevo, hliník nebo jejich kombinace používané zejména z důvodu zlepšené ochrany před povětrnostními vlivy.

Z pohledu způsobu otevírání mluvíme o oknech otvíravých, otočných, kyvných, vyklápěcích, posuvných, případně další kombinace způsobu otevírání.

Počet skleněných výplní a jejich provedení mají zásadní význam na tepelně izolační vlastnosti oken a zde rozlišujeme takzvaná dvojskla nebo trojskla, které mohou být navíc osazeny i různou kombinací tepelně-izolačních skel.

Dalšími představiteli oken jsou střešní okna, používaná pro prosvětlení podkroví nebo půdních prostor a stále více používaným prvkem jsou i francouzská okna kdy je spodní hrana okna souběžná s podlahou, používané zejména u novostaveb pro lepší interakci s vnějším prostředím (Popelková, 2020).

Lehké obvodové pláště (prosklené fasády):

Lehký obvodový plášť je konstrukce zhotovená z profilů a výplní z izolačního skla, která bývá doplněna dalšími obkladovými a stínícími prvky.

Profilové systémy bývají zhotoveny nejčastěji z hliníkových profilů ošetřenými práškovými vypalovacími laky nebo eloxovaným povrchem. V případě vyšších nároků na únosnost i z uhlíkové nebo nerezové oceli.

Pro moderní vícepatrové dřevostavby jsou ve vývoji i dřevěné konstrukční systémy. Podle provedení se dělí na dva základní systémy:

- sloupkopříčkové systémy (rastrové), tvořené prefabrikovanými svislými a vodorovnými profily, do kterých se uchycují skleněné tabule.

Tímto způsobem lze realizovat i designově složitější pláště. Výsledná montáž obložení včetně stínících prvků se provádí přímo na stavbě a vyžaduje časově a řemeslně náročnější provedení za použití montážního lešení. Tento způsob přímé montáže nese větší riziko poškození nebo znečištění skleněných výplní při manipulaci a skladování na stavbě.

- modulové systémy, se sestavují z již vyrobených fasádních modulů odpovídajícím velikostně výšce jednoho podlaží, které se připevňují na nosnou konstrukci budovy.

Tyto moduly jsou již z výroby kompletně osazeny vnějším a vnitřním obkladem i případným stíněním.

Pro montáž modulů je nutné použití jeřábu, ale odpadá pracná instalace montážního lešení a celá stavba se tím urychluje, což částečně kompenzuje vyšší výrobní náklady tohoto způsobu realizace. Zároveň je možno udržet vysokou kvalitu provedení, protože vlastní výroba modulů probíhá mimo stavbu a instalace probíhá jednodušším technologickým postupem.

- Skleněné terčové fasády

Tyto fasádní pláště jsou složeny z tabulí jednoduchého nebo izolačního skla, které se uchycují na konstrukci budovy přes otvory ve skle systémem kovových terčů nebo se volí způsob uchycení přes nosiče umístěných ve spárách mezi tabulemi skla. Tento způsob provedení je používán zejména pro předsunuté fasády a není vhodný jako hlavní izolační plášť z důvodu obtížného utěsnění (Šnajdr, 2021).

- Celoskleněné fasády

Celoskleněné fasády představují současný trend v obálkách reprezentativních budov pro svůj moderní a luxusní vzhled. Zároveň skleněné fasády propouštějí světlo až do hloubky budovy a obyvatelům poskytují vizuální interakci s vnějším prostředím.

Hlavní výhodou rozsáhlých zasklených ploch je možnost lépe využívat přirozené osvětlení a snižovat nároky na umělé osvětlení zejména v kancelářských prostorech. Tím se významně snižuje spotřeba energie a přitom se zlepšují pracovní podmínky. K tomu je ale nutno zajistit správnou tepelnou funkci prosklené fasády, aby se využilo prohřátí interiéru slunečními paprsky v zimě, ale eliminovala se nadměrná tepelná zátěž v létě.

Správná skladba skla zabezpečuje potřebné akustické vlastnosti a zároveň dokáže řešit i rozdílné namáhání jednotlivých částí skleněné fasády s ohledem na jejich orientaci ke světovým stranám.

Pro využívání skleněných fasád je proto předpokladem dostupnost skel s velmi dobrými tepelně a zvukově izolačními účinky a bezpečnostními vlastnostmi. Další sofistikované výrobky stojí za tím, že Dnes již i hovoříme o inteligentních nebo aktivních fasádách. K tomu přispívají také samočistící úpravy skel, které snižují potřebu častého a náročného čištění rozsáhlých skleněných ploch (Šnajdr, 2021; Šnajdr, 2018).

Obr. 1 Celoskleněná fasáda



Zdroj: Stavební sklo, 2004

3.1.4 Technologie zasklení

V dnešní době se vyskytuje na trhu mnoho typů a technologií konstrukce oken, mezi základní rozdělení patří technologie dle množství skleněných tabulí – takzvaně dvojskla, trojskla nebo dnes i dokonce čtyřskla.

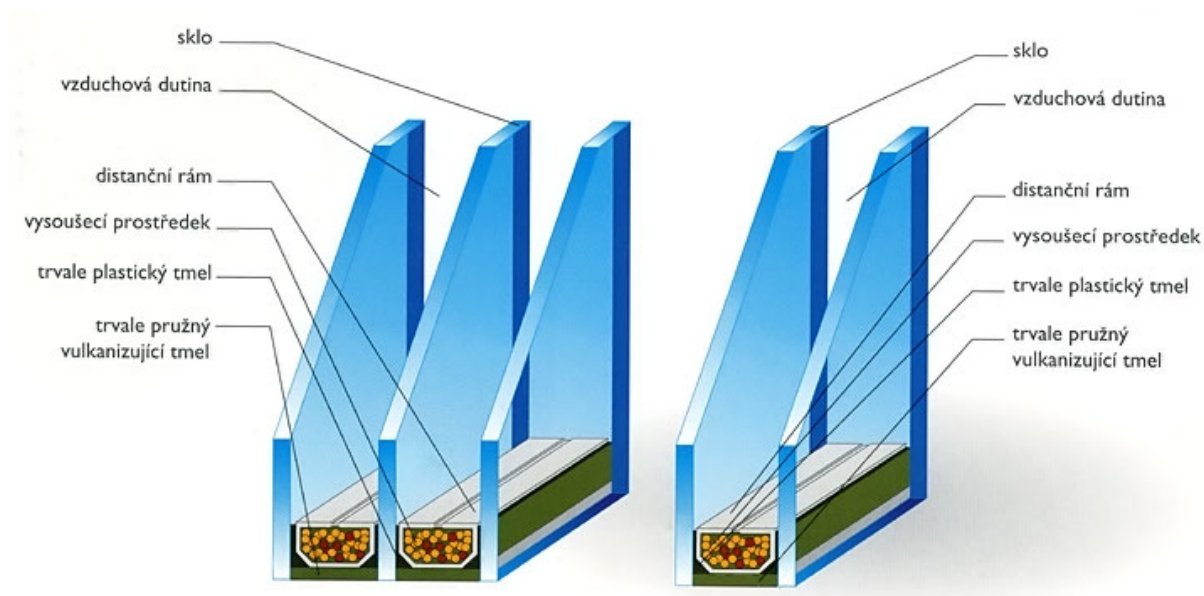
Skladba oken je tvořena rámem, který tvoří hlavní konstrukci okna a zajišťuje osazení do zdi. Do rámu jsou zasazena skla, mezi které je vložen distanční rámeček zajišťující rozestup mezi jednotlivými tabulemi skel a jejich pevné spojení. Po obvodu izolačního skla a rámečku se k utěsnění meziokenního prostoru používá trvale pružný tmel, který zamezuje pronikání vlhkosti. V meziskelním prostoru je umístěn také vysoušecí prostředek, vyrovnávající vlhkost a zabraňující její kondenzaci. Prostor mezi tabulemi skel je vzduchotěsně uzavřen a vyplněn inertním plynem, který zlepšuje tepelně izolační vlastnosti okna.

Izolační dvojskla se skládají z dvou jednoduchých tabulí skla, mezi nimiž je jedna hermeticky uzavřená komora vyplněná inertním plynem. Tato okna jsou lehčí než konstrukčně znásobené varianty trojskel a čtyřskel, poskytují větší tepelné zisky dané lepší prostupností slunečního záření, ale mají omezené tepelně izolační vlastnosti.

Izolační trojsklo je konstrukčně shodné s izolačním dvojsklem, je však přidáno třetí izolační sklo, které vytváří druhou vzduchovou komoru a tím znatelně snižuje tepelné ztráty v porovnání s dvojsklem. Použitím dalšího materiálu dochází k navýšení hmotnosti a tím k vyšším nárokům na nosnost rámu a kování, což vede samozřejmě k nárůstu ceny. Tyto okna jsou tak používaná zejména u staveb s vyššími nároky na snížení tepelné ztráty objektu.

Při zvláštních nárocích na celkové tepelné ztráty, zejména v případě pasivních domů, lze zvolit i speciální variantu s použitím čtyřskla (Saint-Gobain Glass, 2022).

Obr. 2 Schéma uspořádání izolačního dvojskla a trojskla



Zdroj: Oknoland, 2023

3.1.5 Výplň meziskelního prostoru

Snížení tepelných ztrát je možné i omezením prostupu tepla v meziskelním prostoru, kdy vzduch je nahrazen různými druhy inertního plynu.

Při konstrukci okna, s ohledem vzhledem ke kladené nároky, se tak dá použít:

- vzduch (nejlevnější, ale nejhorší vlastnosti)
- argon (zlepšené tepelně izolační vlastnosti)
- krypton (zlepšené tepelně izolační vlastnosti, s nárůstem ceny)
- xenon (lepší tepelněizolační vlastnosti, avšak výrazný nárůst ceny)

Použití některých dříve používaných plynů (např. fluoridu sírového SF₆) je dnes již zakázáno nařízením Evropského parlamentu a komise (ES) 842/2006 z důvodu ochrany životního prostředí (Šubrt, Petřtyl, 2023).

3.2 Vliv prosklených ploch na vnitřní prostředí

Člověk tráví převážnou část svého života v interiérech. V budovách je nutno zajistit příjemné prostředí pro člověka jak pro jeho práci, tak pro odpočinek. Kvalita vnitřního mikroklimatu je tvořena kombinací tepelně vlhkostní, světelné, akustické pohody a kvalitou vzduchu.

Na kvalitu vzduchu v místnosti mají vliv různé faktory mikroklimatu, do kterých spadá spektrum toxicity, mikrobiální spektrum, aerosolové a odérové spektrum.

Do toxického spektra spadají plynné látky, pevný aerosol a kapalný aerosol. Do mikrobiálního spektra se řadí mikrobi, bakterie, viry a plísňe. Pod aerosolové spektrum spadá pevný aerosol a kapalný aerosol. Odérové spektrum jsou pak jakékoliv oděry a pachy detekovatelné čichem.

Mikroklima je také velmi ovlivněno tepelně vlhkostním faktorem, kde se řeší vliv tepla, vodních par a pohyb vzduchu.

Hygienické požadavky na kvalitu vnitřního prostředí jsou stanoveny nařízením vlády č.361/2007 Sb. (se změnami 68/210 a 93/2012), kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci a vyhláškou č. č.6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. Použité materiály při nové výstavbě jsou navrhována tak aby výsledná kvalita vnitřního prostředí odpovídala těmto normám a nařízením.

Velikost, orientace a technické provedení prosklených ploch budov má zásadní vliv na prosvětlenost vnitřního prostředí, akustickou propustnost a funkčnost větrání okny.

S trendem zvětšování prosklených ploch se do hloubky budov dostává větší množství světla, sluneční radiace a zároveň dochází k vyšší tepelným ziskům. Tyto zisky jsou v zimním období žádoucí, avšak nežádoucí v letním období.

Stará okna svou vlastní infiltrací částečně zajišťují výměnu vzduchu v místnosti. U moderních oken, s vysokou těsností, je potřebné častější větrání nebo zajištění větrání vzduchotechnikou. Nedostatečné větrání je příčinou vzniků plísní v interiéru (Schwarzer, Ježek, 2014).

3.2.1 Vlhkost

Při návrhu budovy je nutné vzít v úvahu další faktor působící na lidské zdraví, a to vlhkost v interiéru. Hygienické normy udávají přípustnou vlhkost mezi 30 až 70 %, ideální je 40%. Dlouhodobé pobývání v místnostech s vlhkostí vyšší jak 50 % již může způsobit určité zdravotní komplikace.

Teplý vzduch váže více vlhkosti než studený. Pro porovnání při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 60 % obsahuje jeden čtvereční metr vzduchu v místnosti 10 g vody, při teplotě 8°C klesá vlhkost na 5 g vody. Přebytečná vlhkost se sráží na chladnějších stěnách nebo oknech. Tato místa jsou pak náchylná na tvorbu plísní. Teplota, kdy se začíná vzduch srážet jako kondenzační voda, se nazývá rosný bod. Vzhledem k tomu, že relativní vlhkost vzduchu je rozdílná při různé teplotě tak i výše rosného bodu je rozdílná.

Nadměrnou vlhkost v bytovém prostoru lze snížit větráním. Proto by měla být koncepce větrání zahrnuta již v projektu stavby (Deceuninck, 2023).

3.2.2 Akustika

Při návrhu budovy je nutné věnovat velkou pozornost výběru vhodného skla oken i z pohledu požadavků na akustiku. Fyzikální jev hluk se chová jinak než teplo. Z důvodu hustého osídlení a rozvoji průmyslu žijeme v prostředí s určitou mírou hluku. Míru hluku vyjadřujeme jednotkou dB. Jedná se o akustický tlak.

Pro porovnání uvádím několik zdrojů hluku. Letadlo – 150 dB, siréna – 120 dB, motorová pila – 100 dB, zvuk auta – 90 dB, rozhovor mezi lidmi – 60 dB. Podle toho, jakému

okolnímu hluku jsme v budovách vystaveni se navrhnou okna se zvukově izolačními skly (Saint-Gobain Glass, 2021).

Jak účinně je hluk z vnějšího prostředí izolován se určuje indexem zvukové neprůzvučnosti R_w (dB). Vyšší index zvukové neprůzvučnosti znamená lepší hlukové izolační vlastnosti oken. Tento index je prodejci udáván u konkrétních oken s izolačními skly.

Každý zvuk, je lidským uchem vnímán jinak. Je to z důvodu rozdílného vlnění zvuku a počtu vln. Vyšší zvukové vlny jsou vnímány hlasitěji. Tato zvuková hlasitost se nazývá akustický tlak (dB). Počet zvukových vln za sekundu je udáván jednotkou Hz. Lidské ucho je nejcitlivější na frekvence od 1 000 Hz do 5 000 Hz (Slovaktual, 2023).

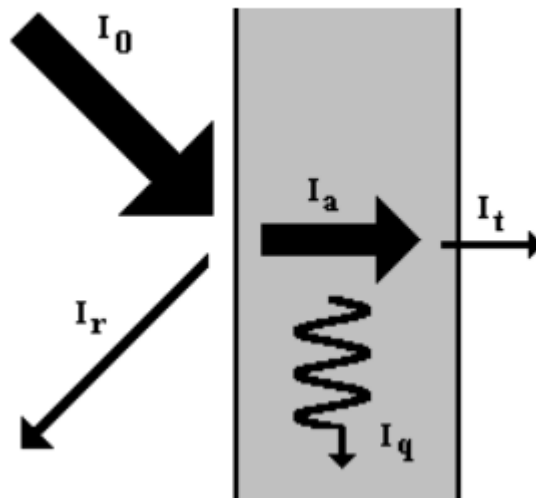
Akustické vlastnosti skla je možné zásadně zlepšit:

- použitím silnějšího skla,
- asymetrickou skladbou izolačního skla,
- použitím vrstveného skla s akustickou fólií,
- vhodnou volbou materiálu a konstrukce okna a správné provedení montáže,
- výběr oken s uvedeným vyšším indexem zvukové neprůzvučnosti

Nutné je nalézt optimální řešení jak z hlediska zvukové izolaci oken, tak i z pohledu propustnosti denního světla. Okna s vyšší zvukovou izolací mohou propouštět méně světla.

Neprůzvučnost skla lze zlepšit zvýšením tloušťky skla. Zvuk se od skla odráží a sklem projde zvuku méně. Po dopadu zvukové vlny na sklo část zvukové energie se odrazí a část pronikne do skla. Část této energie je ve skle pohlcena, část se dostává dále do místnosti nebo mezi skla (Saint-Gobain Glass, 2021).

Obr. 3 Průchod zvuku oknem



Zdroj: Saint-Gobain Glass, 2021

U případu dvojskel nebo trojskel část zvuku je prvním sklem odražena zpět do prostoru a část prostoupí skrze tabuli skla dále, tentokrát do plynové komory. V komoře s plynem se frekvence zvuku zpomalí a zároveň díky tlaku uvnitř tohoto prostoru se dále rozvíjejí přiléhající tabule skla. Tabule si danou vibraci navzájem přenášejí. Větší tloušťka plynové komory má lepší funkčnost pro odhlučnění než úzká komora, kde dochází k větší vibrační synchronizaci tabulí. Vhodným řešením je i použití rozdílné tloušťky skel, kdy každé sklo vibruje jinou frekvencí a tím dochází navzájem k částečnému vyrušení vln. Zbytková nevyrušená zvuková vibrace se dále dostává do místnosti skrze poslední sklo.

Dalším účinným řešením je využití laminovaných skel s akustickou fólií. Fólie se vkládá mezi skla.

Zvuková vlna, procházející plynovou komorou, část energie se odrazí od protějšího skla a vrací se zpět do fólie. Ve fólii se obě vlny setkají a vyruší se. Toto je způsobeno měkčím materiálem fólie s odlišnou vibrací, než má sklo (Saint-Gobain Glass, 2021).

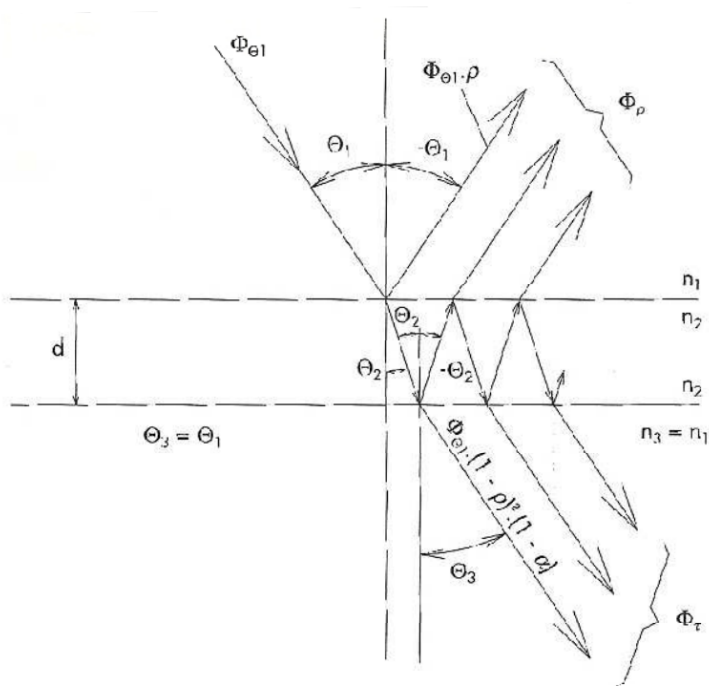
3.2.3 Prosvětlenost

Prostup světla z exteriéru do interiéru je ovlivněn optickými vlastnostmi stavebního skla. Po dopadu světla na okna dochází k těmto jevům: lom světla na povrchu oken, absorpce světla uvnitř skel, rozptyl světla uvnitř skla, dvojlom, polarizace a interference (Rybář, 2002).

3.2.3.1 Přímý prostup jednovrstvým čirým sklem

Prostup světla čirým sklem je téměř bez rozptylu. Částečný rozptyl může být způsoben nedokonalostmi povrchu nebo nehomogenitou vnitřního prostředí. Množství světla procházející sklem je určováno činitelem prostupu τ . (Podíl prostupujícího světla a světla dopadajícího na povrch.) Po dopadu světla na sklo dochází ke změně šíření světla. Při průchodu rozhraním se paprsek láme a zároveň dochází k jeho odrazu. Dochází k závislosti odraz světla na rozhraní vzduch-sklo a sklo-vzduch a pohlcení světla sklem (Rybár, 2002).

Obr. 4 Odraz a prostup světla čirým sklem

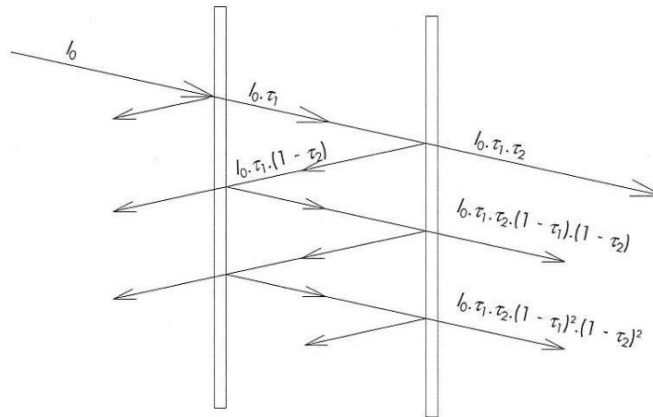


Zdroj: Rybár, 2002

3.2.3.2 Přímý prostup při dvojitém zasklení

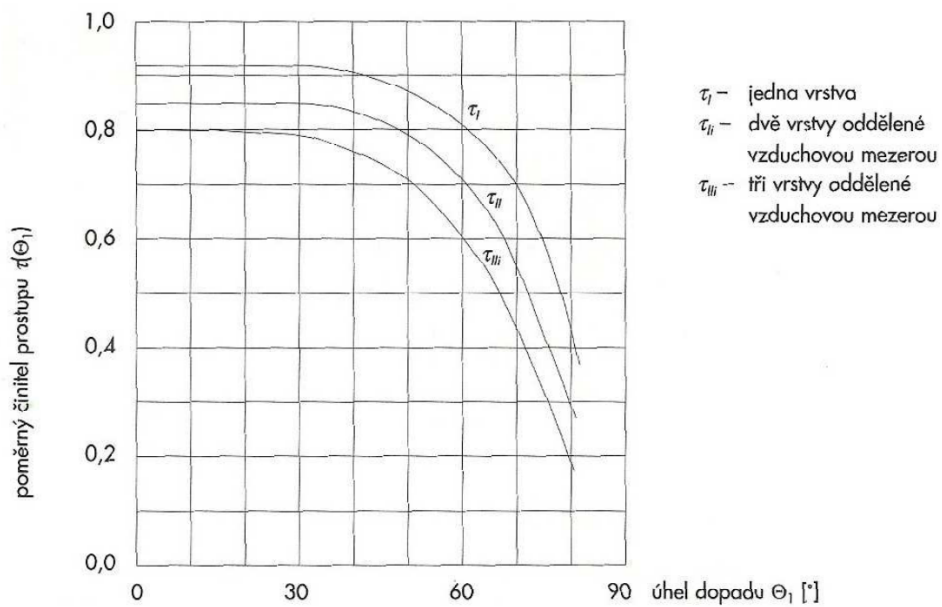
Složitější situace, z pohledu optiky, je u dvojitého zasklení, kde dochází k násobení odrazů mezi skly.

Obr. 5 Odraz a prostup světla přes dvojitě zasklení



Zdroj: Rybár, 2002

Obr. 6 Závislost směrového přímého činitele prostupu světla



Zdroj: Rybár, 2002

3.2.4 Činitel denní osvětlenosti

Měření denního osvětlení

Norma ČSN 73 0580-2 stanovuje pro obytné místnosti požadavek na splnění hodnoty činitele denní osvětlenosti ve dvou kontrolních bodech umístěných v polovině hloubky místnosti, ale nejdále 3 m od okna, vzdálených 1m od vnitřních povrchů bočních stěn nejméně na 0,7% a průměrnou hodnotu těchto dvou bodů na nejméně 0,9%.

Dle ČSN 73 0580-1 je činitel denní osvětlenosti definován vztahem:

$$D = \frac{E}{E_h} * 100 [\%]$$

Kde

E - osvětlenost vnitřního bodu

E_h - osvětlenost venkovní vodorovné necloněné plochy

Postup měření stanovuje ČSN 36 0011-1 a ČSN 36 0011-2. Měření se provádí Luxmetrem při rovnoměrně zatažené obloze. Kontrolní body v místnosti se měří ve výšce 0,85m nad podlahou. Čidlo luxmetru musí být ve vodorovné poloze. Osoba provádějící měření, ani žádná jiná, nesmí například svým stínem nepříznivě ovlivňovat průběh měření. Osvětlenost venkovní vodorovné necloněné plochy se měří na předem vybraném nezastíněném místě, obvykle na střeše budovy, nebo na volném prostranství.

3.3 Tepelná bilance

Tepelná bilance je rozdíl příjmů a výdajů tepla daného prvku nebo celku, například budovy. Tepelná bilance se často řeší u budov při určování energetické náročnosti a při návrhu dané stavby pro vyhovění na energetické požadavky budovy.

Tepelná bilance se řeší zvlášť pro zimní a letní období.

V zimním období dochází k tepelným ztrátám prostupem tepla ven skrze konstrukce, infiltrací okenními netěsnostmi a větráním. Tepelné zisky jsou způsobené slunečním zářením vnikajícím do budovy. Tyto vlivy jsou závislé na klimatických podmínkách dané oblasti (ČSN 73 0542, 1995).

V letním období dochází často k přehřívání způsobeným především sluneční radiací skrze prosklené plochy. Dále také v malé menší míře konvekcí skrze konstrukce, jelikož venkovní teplota může být vyšší, než jaká je uvnitř objektu. Do zisků je také započítávána produkce tepla od lidí, svítidel, strojů (ČSN 73 0548, 1986).

3.3.1 Princip výpočtu tepelných zisků dle ČSN 73 0548

Pro výpočet tepelných zisků platí ČSN 73 0548. Dle ČSN se výpočet provádí pro slunný den 21. července, v odůvodněných případech daných například orientací místnosti je možno výpočet provést pro jiný měsíc. Výpočet se provede pro 21. den příslušného měsíce.

Prostup tepla oknem konvekcí

$$Q_{ok} = U_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i)$$

kde: U_o – součinitel prostupu tepla oknem [$W/m^2 \cdot K$]

S_o – plocha okna včetně rámu [m^2]

$t_e - t_i$ - rozdíl teplot mezi venkovním a vnitřním prostředím [K]

Prostup tepla oknem radiací

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{od}] \cdot s \cdot n_o$$

kde: S_{os} – osluněný povrch okna [m^2]

I_o – celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [W/m^2]

I_{od} – intenzita difusní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [W/m^2]

n_o – počet oken [-]

s – stínící součinitel [-]

c_o – korekce na čistotu atmosféry [-]

Hodnotu I_o a I_{od} lze zjistit z tabulky číslo 10 v ČSN 73 0548.

Korekce na čistotu atmosféry c_o je 1,15 pro venkovskou oblast, 1,00 pro středně čistou oblast, a 0,85 pro oblast průmyslovou.

Stínící součinitel s vyjadřuje, jak velká část radiace projde daným oknem vzhledem ke standardnímu jednoduchému oknu. Pro běžné prostředky, snižující sluneční radiaci vnikající oknem do místnosti, je k dispozici tabulka. Pro jiné druhy stínících prostředků je potřeba hodnoty zjistit od výrobce. Při více stínících vlivech se výsledný spočítá jako jejich součin.

Tab. 1 Hodnoty stínících součinitelů s pro různá provedení oken a různé druhy stínících prostředků

Druh zasklení	s	Stínící prostředky	s
jednoduché sklo	1,00	vnitřní žaluzie lamely 45°, světlé	0,56
dvojitě sklo	0,90	vnitřní žaluzie lamely 45°, střední barvy	0,65
jednoduché determální	0,70	vnitřní žaluzie lamely 45°, tmavé	0,75
vnější determální, vnitřní obyčejné	0,60	vnější žaluzie lamely 45°, světlé	0,15
reflexní sklo jednoduché průměrná jakost	0,70	vnější žaluzie lamely 45°, ven jasné, dovnitř tmavé	0,13
reflexní sklo dvojitě, špičkové výroby	0,24	vnější markýzy, meziprostor větrán	0,30
vnější reflexní sklo průměrné jakosti, vnitřní obyčejné	0,60	meziokenní žaluzie, meziprostor nevětrán	0,50
zdvojené reflexní sklo dobré jakosti	0,30	reflexní záclony světlé (vnější reflexní vrstva)	0,60
barevné vrstvy stříkané světlé	0,80	závěsy: bavlna, umělá vlákna	0,80
barevné vrstvy stříkané střední	0,70	reflexní záclony tmavé (vnější reflexní vrstva)	0,70
reflexní folie tmavá	0,25		
reflexní folie světlá	0,42		
sklo s drátěnou vložkou	0,80		

Zdroj: ČSN 73 0548, 1986

Osluněný povrch okna

$$S_{os} = [L - (e_1 - f)] \cdot [H - (e_2 - g)]$$

kde: L – šířka zasklené části okna [m]

H – výška zasklené části okna [m]

f – odstup vodorovné části okna od slunolamů [m]

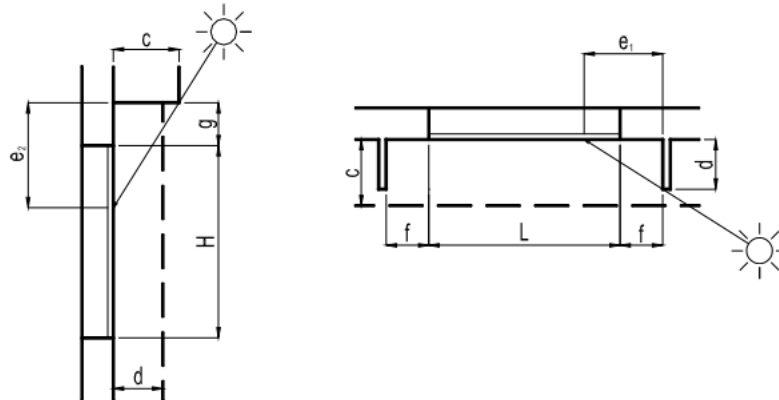
g – odstup svislé části okna od slunolamů [m]

e_1, e_2 – délky stínů v okenním otvoru od okraje slunolamů [m]

c – hloubka okna vzhledem k horní stínící desce [m]

d – hloubka okna [m]

Obr. 7 Oslunění oken



Zdroj: ČSN 73 0548, 1986

Délky stínů v okenním otvoru od okraje slunolamů

$$e_1 = d \cdot |\tan(a - \gamma)|$$

$$e_2 = c \cdot \left| \frac{\tan h}{\cos(a - \gamma)} \right|$$

kde: h – výška slunce [°]

γ – azimut stěny [°]

a – sluneční azimut [°]

Výšku slunce a sluneční azimut lze zjistit z tabulky číslo 4 v normě ČSN 73 0548.

Snížení tepelných zisků od oslunění

Část tepelných zisků od sluneční radiace prostupující okny dopadá na vnitřní povrchy stěn v místnosti a do těchto stěn se akumuluje. Tepelné zisky od oslunění jsou snižovány množstvím tepla naakumulovaného do stěn a vypočítají se jako:

$$\Delta Q = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t$$

kde: ΔQ – snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken [W]

M – hmotnosti obvodových stěn (bez započítání vnější stěny), podlahy a stropu, přicházející do úvahy pro akumulaci [kg]

Δt – maximální přípouštěné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru [K]

Hmotnost uvažovaná pro akumulaci tepla je uvažována poloviční tloušťka vnitřních stěn, podlahy a stropu. Pokud má stěna větší tloušťku než 160 mm, uvažuje se pro akumulaci tloušťka nejvýše 80 mm. Pokud se na podlaze nachází koberec, je uvažovaná tloušťka pouze ¼ hmotnosti podlahy.

Hodnota maximálních tepelných zisků radiací snížena o část, která je akumulována do vnitřních stěn je dále porovnána s průměrem tepelných zisků radiací v době provozu zařízení.

$$Q_{orm} = \frac{\sum Q_{ori}}{n} \quad [W]$$

kde: n – počet hodin provozu [-]

Na základě porovnání výsledků se následně určí hodnota uvažovaná pro další výpočty:

$Q_{or\ max} - \Delta Q < Q_{orm}$ => dále se počítá s Q_{orm}

$Q_{or\ max} - \Delta Q > Q_{orm}$ => dále se počítá s $Q_{or\ max} - \Delta Q$

3.3.2 Princip výpočtu tepelné bilance pro zimní období dle ČSN 73 0542, 12 831-1

Během zimního období dochází k tepelným ztrátám prostupem tepla konstrukcemi a větráním. Tepelné ztráty okny lze snížit využitím slunečního záření pronikajícího do budovy. Jižní orientace zasklených ploch dosahuje největších tepelných zisků. Nejnižších tepelných zisků je dosahováno při orientaci severní. Důležitý je také volný horizont především na jižní straně.

Energetická bilance se skládá z tepelného zisku ze slunečního záření pronikajícího do budovy skrz zasklení a potřeby tepla pro vytápění. Energetická bilance se stanoví samostatně pro zasklení, místnost, budovu, pro jednotlivé měsíce vytápěcího období a celé vytápěcí období.

Ve výpočtu je zahrnut výpočet tepelné ztráty místnosti bez zasklení, skládající se ze ztrát prostupem obvodovými konstrukcemi a tepelnou ztrátou větráním, pro který se norma odkazuje na již zrušenou ČSN 06 0210. Pro určení této ztráty byla tedy využita aktuální norma ČSN EN 12831-1. Energetická bilance je počítána po jednotlivých měsících.

Způsob stanovení energetické bilance:

Výpočet energetické bilance zasklení za měsíc

$$DE_m = E_m - E_{Zm}$$

kde: DE_m - energetická bilance zasklení za měsíc [$\text{kWh} \cdot \text{měs}^{-1}$]
 E_m - Průměrná spotřeba tepla zasklení za měsíc [$\text{kWh} \cdot \text{měs}^{-1}$]
 E_{Zm} - Průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za měsíc [$\text{kWh} \cdot \text{měs}^{-1}$]

Průměrná spotřeba tepla zasklení za měsíc

$$E_m = \frac{Q_{ok} \cdot 0,024}{(t_{aip} - t_e)} \cdot d_m \cdot (t_{aip} - t_{em})$$

Kde: Q_{ok} - maximální tepelná ztráta zasklení [W]
 t_{aip} - výpočtová teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
 t_e - výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]
 d_m - počet dnů za měsíc
 t_{em} - průměrná venkovní teplota za měsíc [$^{\circ}\text{C}$]

Maximální tepelná ztráta zasklení

$$Q_{ok} = k_{ok} \cdot A_{ok} \cdot (t_{aip} - t_e)$$

kde: k_{ok} - součinitel prostupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 A_{ok} - plocha zasklení [m^2]
 t_{aip} - výpočtová teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
 t_e - výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za měsíc

$$E_{Zm} = E_{gm} \cdot A_{okp} \cdot T \cdot c_m \cdot c_n$$

kde: E_{gm} - globální sluneční záření za měsíc [$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{měs}^{-1}$] podle tabulky
 A_{okp} - plocha průsvitné části zasklení [m^2]

$$A_{okp} = A_{ok} - A_n$$

A_n - plocha neprůsvitné části zasklení [m^2]
 T - celková propustnost slunečního záření zasklení [-]

$$T = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3$$

T_1 - propustnost slunečního záření zasklení podle tabulky

T_2 – znečištění zasklení (uvažuje se $T_2 = 0,9$)

T_3 – činitel stínění zasklení

C_m - činitel využití slunečního záření zasklení podle tabulky

C_n – činitel korigující fakt, že sluneční paprsky nedopadají kolmo (uvažuje se $C_n = 0,9$)

Propustnost slunečního záření zasklení lze určit podle počtu skel v okně.

Tab. 2 Propustnost slunečního záření zasklení T1 z čirého skla

Počet skel	1	2	3
Propustnost T1	0,9	0,81	0,73

Zdroj: ČSN 73 0542, 1995

Výše globálního slunečního záření za měsíc je v průběhu roku proměnlivá a také závisí na orientaci oken. Výpočet lze provést za pomoci tabulkových hodnot.

Tab. 3 Globální sluneční záření za měsíc a topné období v závislosti na orientaci oken

Měsíc	H	S	SV, SZ	V Z	JV, JZ	J
X	52,74	10,36	14,06	32,23	57,61	71,57
XI	25,53	5,52	6,98	15,87	31,99	41,07
XII	18,62	4,03	5,09	11,18	23,86	30,95
I	23,06	5,21	6,42	15,01	32,2	41,94
II	36,75	7,26	9,55	22,21	42,17	53,31
III	76,12	15,6	23,25	48,89	76,16	89,73
IV	110,53	24,04	38,3	65,84	84,33	88,42
Egvo	345,35	77,02	103,65	211,23	348,32	416,99

Zdroj: ČSN 73 0542, 1995

Činitel využití slunečního záření také závisí na orientaci oken a období.

Tab. 4 Činitel využití slunečního záření/měsíc v závislosti na orientaci

Měsíc	S	SV, SZ	V Z	JV, JZ	J
X	1	0,95	0,85	0,73	0,67
XI	1	0,98	0,95	0,86	0,81
XII	1	1	1	0,97	0,95
I	1	1	1	0,97	0,95
II	1	1	1	0,97	0,95
III	1	0,98	0,95	0,86	0,81
IV	1	0,95	0,85	0,73	0,67
Cmp	1	0,97	0,91	0,84	0,8

Zdroj: ČSN 73 0542, 1995

Výpočet energetické bilance místnosti za měsíc dle ČSN 73 0542 a ČSN 12 831-1

$$DE_{mm} = E_{mm} - E_{Zm}$$

kde: DE_{mm} – energetická bilance místnosti za měsíc [$\text{kWh} \cdot \text{měs}^{-1}$]

E_{mm} – průměrná spotřeba tepla místnosti za měsíc [$\text{kWh} \cdot \text{měs}^{-1}$]

E_{Zm} – průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za měsíc [$\text{kWh} \cdot \text{měs}^{-1}$]

Průměrná spotřeba tepla místnosti za měsíc

$$E_{mm} = E_{mms} + E_m$$

kde: E_{mms} – průměrná spotřeba tepla místnosti bez zasklení za měsíc [$\text{kWh} \cdot \text{měs}^{-1}$]

E_m – průměrná spotřeba tepla zasklení za měsíc [$\text{kWh} \cdot \text{měs}^{-1}$]

Průměrná spotřeba tepla místnosti bez zasklení za měsíc

$$E_{mms} = \frac{Q_{mms} \cdot 0,024}{t_{aip} - t_e} \cdot d_m \cdot (t_{aip} - t_{em})$$

kde: Q_{mms} – maximální tepelná ztráta místnosti bez zasklení [W]

$$Q_{mms} = Q_p + Q_v$$

kde: Q_p – maximální tepelná ztráta místnosti bez zasklení prostupem [W] dle ČSN 12831-1

Q_v – maximální tepelná ztráta větráním [W] dle ČSN 12831-1

$$Q_p = \sum (A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f) \cdot (\theta_{int,build} - \theta_e)$$

kde: A_k – plocha stavební části [m^2]

U_k – součinitel prostupu tepla stavební části [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

ΔU_{TB} – přírážka na vliv tepelných vazeb [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

f – teplotní redukční činitel [-]

$\theta_{(int,build)}$ - vnitřní výpočtová teplota vytápěné budovy [$^{\circ}C$]

θ_e – venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}C$]

$$Q_v = V_{build} \cdot n_{build} \cdot \rho_a \cdot c_{p,a} \cdot (\theta_{int,build} - \theta_e)$$

kde: V_{build} - vnitřní objem vzduchu [m^3]

n_{build} – intenzita větrání [h^{-1}]

$\rho_a \cdot c_{p,a}$ – součin hustoty a měrné tepelné kapacity vzduchu [$Wh/m^3 \cdot K$]

$\rho_a \cdot c_{p,a} = 0,34$

3.3.3 Metody snížení tepelných zisků

Pro snížení tepelných zisků se využívají různé metody a způsoby, které mají zamezit přehřívání interiéru. Lze je aplikovat pro již postavené objekty, například použitím vhodných stínících prvků nebo technickými opatřeními jako jsou klimatizace. U projektování nových staveb je potřeba vzít v úvahu problematiku tepelných zisků již při architektonickém návrhu a zvolit vhodně konstrukci budovy, její umístění v terénu, orientací stavby vzhledem ke světovým stranám, velikost prosklených ploch, provedení obvodového pláště a vnitřní konstrukce (JOKL, 2004).

- Architektonický návrh objektu

Zahrnutí opatření proti přehřívání interiéru ve fázi projektu přináší nemalé úspory.

U moderních staveb je možno využít pro stínění samotné konstrukce budovy nebo i změnu sklonu stěny na osluněné straně (Jokl, 2004).

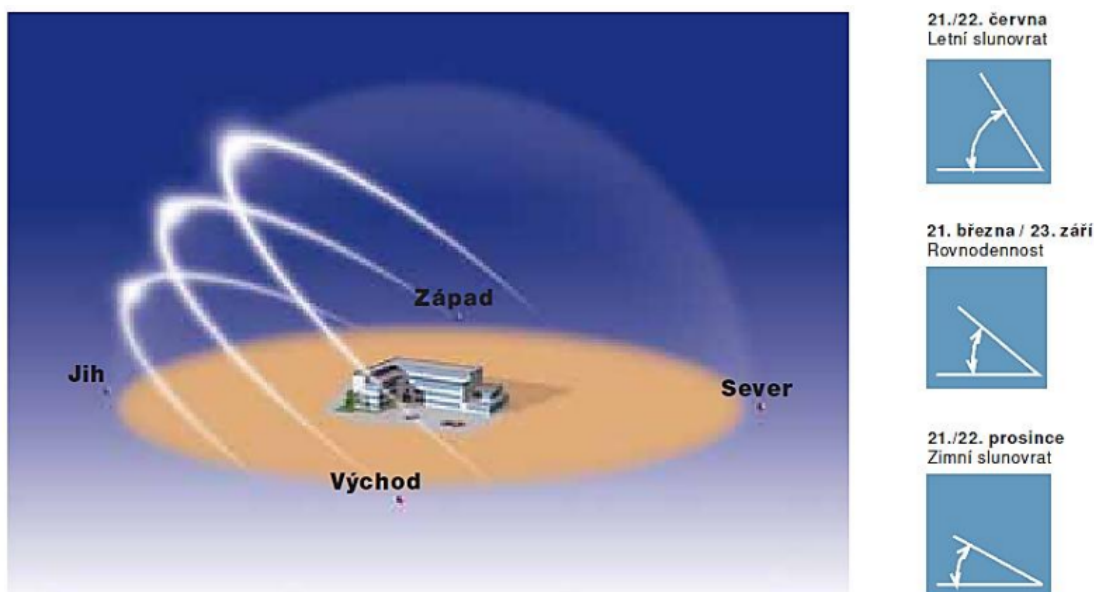
- Orientace ke světovým stranám

Sluneční záření, které dopadá na zemi je jen nepatrná část celkového výkonu, které Slunce vyzáří. Záření se dělí na dvě složky, přímé sluneční záření a difuzní sluneční záření, které zahrnuje sluneční záření rozptýlené v atmosféře a záření ražené od povrchu země v

závislosti na sklonu přijímacího povrchu. Sluneční záření popisujeme veličinou intenzita I , které s definuje jako množství zářivé energie, které za jednotku času dopadne na jednotkovou plochu orientovanou kolmo ke slunečním paprskům. Na hranici zemské atmosféry dopadá na tuto plochu cca $1\,360\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, což představuje tzv. sluneční konstantu I_0 . Celkové sluneční záření dopadající na osluněnou plochu je dáno součtem přímého a difúzního záření.

Intenzita slunečního záření se snižuje přes průchod zemskou atmosférou. Na směr dopadu slunečních paprsků má vliv poloha Slunce k poloze osluněné plochy. Zemskou rotací se poloha Země vůči Slunci mění každý den v roce. Poloha Slunce je dána v každém okamžiku výškou nad obzorem h a azimutem, který představuje úhlovou odchylku od severu. Sluneční deklinace δ ($^\circ$) vyjadřuje změnu polohy Slunce a Země vzhledem k natáčení zemské osy ke Slunci neboli představuje číselně zeměpisnou šířku, kde je ve 12 hodin v poledne Slunce kolmo na obzorem. Během roku hodnota deklinace kolísá, ve dnech rovnodennosti má hodnotu 0° , ve dnech slunovratů $\pm 23,5^\circ$.

Obr. 8 Poloha Slunce v naší zemi v průběhu roku



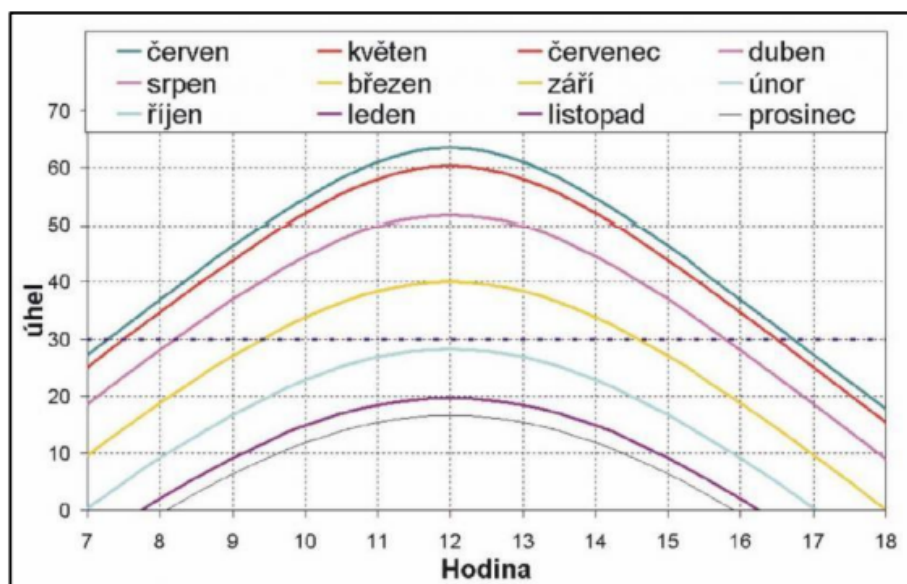
Zdroj: Warema žaluzie, katalog, 2007

Se změnou úhlu dopadu slunečních paprsků se mění také intenzita slunečního záření.

Vhodně zvolenou orientací budovy a uspořádáním vnitřních prostor můžeme ovlivnit účelné využití sluneční energie.

Průměrné rozložení teplot během dne vykazuje harmonické kolísání. V létě se nejnižších teplot dosahuje kolem 4. hodiny ráno, v zimě kolem 8. hodiny. Maximální denní teploty se dosahují mezi 13. a 15 hodinou. Úhel Slunce v závislosti na měsících a denní době je znázorněn na obr. 9 (Gebauer, 2005).

Obr. 9 Úhel Slunce v závislosti na měsících



Zdroj: iMateriály, 2020

Z pohledu minimálních tepelných zisků se jeví neoptimálnější volbou orientace podélné osy budovy ve směru východ – západ. Solární zátěž radiací ze severu a jihu je tak při této orientaci dohromady povětšinou menší než celková zátěž z východu a západu při orientaci opačné (Jokl, 2004).

Výška Slunce nedosahuje v našich zeměpisných šířkách zenitu, tedy rovina dráhy slunce není nikdy kolmá k horizontální rovině. Maximální ozáření plochy bývá tedy na jihu a jihozápadu. Části domu orientované k jihovýchodu a jihozápadu jsou vystaveny nejvíce slunečnímu svitu v květnu a červnu, jižní části nejvíce v období od června do srpna. Orientace velkých prosklených ploch na západ či jihozápad není příliš vhodná z důvodu oslunění této strany z velké části dne. V zimním období, kdy je Slunce nízko nad obzorem, dochází k průniku slunečních paprsků okny hlouběji do interiéru místností. Naopak v letním období je Slunce nad obzorem vysoko a směr paprsků dopadajících na fasádu domu je mnohem menší. Je však nutné počítat s větší intenzitou slunečního záření (Čuprová, 2006).

- Druh a velikost prosklení

Velikost a typ prosklení má podstatný vliv na tepelné zisky. Správný výběr okna má zásadní vliv na výsledek celkové tepelné bilance.

Hlavním požadavkem na zasklení je propustit co nejvíce světla a co nejméně tepla.

Světelné i tepelné záření jsou stejného fyzikálního základu – liší se jen vlnovou délkou. Standardní čiré sklo propouští obě tyto složky záření velmi dobře. To představuje uživatelský problém, protože při potřebné dobré propustnosti světla, propouští zároveň také záření tepelné, což už je nežádoucí. V zimě je třeba zabránit úniku dlouhovlnné radiace odvádějící teplo z místnosti, v létě naopak propouštěním krátkovlnné sluneční radiace proniká do místnosti sluneční teplo, které tak snižuje komfort bydlení. Zvýšením počtu skel v zasklení se snižuje prostup záření minimálně, ztmavení skel zase významně snižuje prosvětlení místnosti (Servis oken a dveří Brno, 2013).

Řešení přinášejí skla s povrchovou úpravou kterou získají schopnost selektovat (třídit) vlnovou délku záření, tzv. selektivní skla. Světelná část se v co největší míře propouští a část tepelná odráží zpět. Tuto vlastnost získá skleněná plocha nanesením, pokovením velmi tenké vrstvy oxidu kovu. Při naplnění dutiny mezi skly inertním plynem (argon), získá takovéto zasklení výrazně lepší tepelně izolační vlastnosti, než dvojskla z běžných čirých skel bez selektivního účinku. Použitím selektivních skel je možné kombinovat řízený prostup sluneční energie s vysokou světelnou propustností. Podle dalších požadavků lze volit i různé kombinace skel do dvojice se sklem selektivním a to např. akustické nebo bezpečnostní (Humm, 1999).

- Technické vlastnosti zasklení

Hlavními parametry zasklení, které mají vliv na tepelnou bilanci, jsou součinitel prostupu tepla U a propustnost slunečního záření g (solární faktor). Čím je vyšší propustnost, tím se dosahuje větších solárních zisků. Ty hrají významnou roli zejména u pasivních domů. Solární faktor závisí do značné míry na typu pokovení jednotlivých tabulí skla a výrobci oken nabízejí okna s různými kombinacemi parametrů jak solárního faktoru tak prostupu tepla (Sázovský, 2010).

Součinitel prostupu tepla U

Jde o základní parametr, který vyjadřuje schopnost bránit únikům tepla přes okenní prostor. Popisuje množství tepla, které projde za jednotku času jednotkovou plochou při tepelném spádu 1 K mezi vnějším a vnitřním prostředím.

Pro okna dělíme prostup tepla sklem U_g a prostup tepla rámem U_f , z kterého potom vychází celkový prostup tepla oknem U_w .

Standartní izolační dvojskla dosahují hodnot koeficientu prostupu $U_g=1,0/1,1$ W/m²K. Pro nové stavby se převážně používají již izolační trojskla s koeficientem prostupu $U_g=0,6$ W/m²K.

Výpočet tepelného prostupu oknem:

$$U_w = \frac{\sum A_g * U_g + \sum A_f * U_f + \sum l_g * \psi_g}{\sum A_g + \sum A_f}$$

kde: U_w - součinitel prostupu tepla okna [W*m²*K⁻¹] A_g - plocha zasklení [m²]

U_g - součinitel prostupu tepla zasklení [W*m²*K⁻¹]

A_f - plocha rámu [m²]

U_f - součinitel prostupu tepla rámu [W*m²*K⁻¹]

l_g - celkový viditelný obvod zasklení [m]

Ψ_g - lineární činitel prostupu tepla způsobený kombinovanými tepelnými vlivy zasklení, distančního rámečku a rámu (pro jednoduché zasklení je $\Psi_g = 0$ W.m⁻¹.K⁻¹) (TT Holding, 2023a).

Solární faktor g

Solární faktor skla určuje množství energie ze slunečního záření, které proniká přes zasklenou plochu do interiéru. Vyšší faktor znamená dosažení vyšších solárních zisků.

U běžných trojskel, používaných zejména pro omezení tepelných ztrát, je hodnota g o 16% nižší než u dvojskel, čímž docházelo na jaře a na podzim ke snížení tepelných zisků a k nutnosti dřívějšího přitápění. Z tohoto důvodu se dnes pro výrobu trojskel používají speciální izolační skla s vylepšeným solárním faktorem, které dosahují i lepších hodnot než běžná dvojskla. V závislosti na orientaci budovy se s výhodou používají i okna s různým solárním faktorem na různé světové strany tak aby se maximálně využilo potenciálu tepelného zisku pro kompenzaci tepelných ztrát (V OKNO, 2010).

Světelná propustnost L_t [%]

Světelná propustnost udává, kolik procent světelného záření sklem projde do interiéru domu. Závisí především na počtu skel a typu použitého pokovení skel.

S tímto parametrem by mělo být počítáno při výběru izolačního zasklení pro ověření dostatečného osvětlení a zamezení zbytečného svícení.

Odrazivost světelného záření L_r [%]

Odrazivost neboli světelná reflexe vyjadřuje procentuální podíl záření, které se odrazí od zasklené plochy zpět do exteriéru. Sleduje se především u staveb s vysokým podílem prosklení, protože podle typu prosklení a pokovení může sklo odrážet nejenom světlo, ale i teplo (Šubrt, Petřtyl, 2023a).

- **Stínící technika**

U budov s velkým podílem prosklených ploch, jak administrativních tak i obytných, je v současné době nepostradatelnou součástí architektonického konceptu i stínící technika.

Pro zimní období se řeší využití ohřevu interiéru slunečním zářením, v letním období je naopak nutno zabránit vhodným řešením riziku přehřívání interiéru. Oproti energeticky náročnému odvodu tepla klimatizačním zařízením je možno eliminovat vznik nežádoucích tepelných zisků pomocí externích nebo interních stínících prvků (Čuprová, 2006; BALOGOVÁ, 2010).

- a) **Vnější stínění**

K neúčinnějším stínícím prvkům patří vnější stínění, které dokáže zároveň plnit i funkci ochrany proti dešti, mrazu či vloupání. Vzhledem k jeho výhodám se na trhu nachází velké množství typů a provedení vnějšího stínění. Mezi nejpoužívanější typy patří venkovní žaluzie, venkovní rolety, screenové rolety, markýzy. Na jejich pořízení je nutno myslet již při návrhu budovy, protože jejich instalace vyžaduje zabudování úchytných prvků do vnější obálky budovy (Čuprová, 2006).

- Slunolamy:

Mezi další velmi používané stínící prvky patří slunolamy, které tvoří výrazné designové prvky fasády a mohou být umístěny horizontálně nebo vertikálně, případně v kombinaci obou. Slunolamy zastavují sluneční paprsky ještě před dopadem na prosklené plochy a účinně tak brání přehřívání místností v létě. Naopak v zimním období, kdy je slunce

níže nebrání využití slunce k tepelným ziskům získaných prostupem slunečního záření přes prosklené plochy.

Slunolamy vyráběné z hliníkových profilů se vyznačují dlouhodobou životností vzhledem k dobré odolnosti vůči povětrnostním podmínkám (v porovnání s ostatními stínícími prvky).

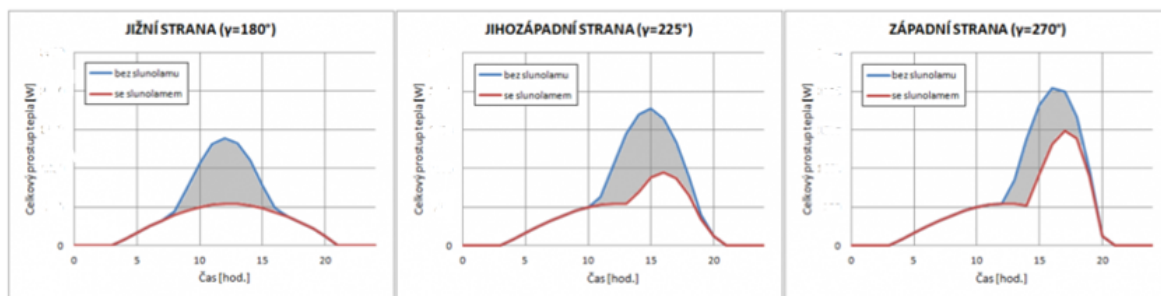
Lamely slunolamu mohou být pevné nebo pohyblivé (s manuálním nebo motorovým ovládáním). Sklonem lamel se dá nastavovat míra zastínění dle slunečních podmínek a okamžitých potřeb uživatelů (Alutech Bohemia, 2023).

Obr. 10 Horizontální slunolam



Zdroj: Batima, 2023

Obr. 11 Efekt slunolamu u různých světových stran



Zdroj: Sun System, 2023

Nejvyšší účinnosti horizontální slunolam dosahuje při jižní orientaci.

Vnější žaluzie:

Vnější žaluzie se řadí k nejpoužívanějším prvkům stínění z důvodu velmi účinné ochrany před tepelným a světelným zářením. Jsou umístěny na venkovní straně prosklené plochy a oddělují ji tak od zdroje záření. Vnější žaluzie, kromě tepelně-izolační funkce, chrání také skleněné plochy a interiér z pohledu bezpečnosti a redukce venkovního hluku. Žaluzie je možné ovládat ručně nebo i automaticky elektromotorem podle nastavených časových a teplotních podmínek. Nejpoužívanějším materiálem na výrobu žaluzií je hliník a jeho slitiny v nejrůznějších odstínech a konstrukčních provedeních, které dokreslují designový a architektonický vzhled fasády.

Obr. 12 Exteriérové žaluzie



Zdroj: Maron, 2023

Rolety:

Předokenní rolety odráží sluneční záření ještě před oknem a přispívají ke snížení světelného záření a tepelných zisků i ztrát. Zlepšují také komfort bydlení snížením hlučnosti, poskytují ochranu před povětrnostními podmínkami a působí i jako zabezpečovací prvek (Čuprová, 2006).

Okenicové systémy:

Okenicové systémy prošly mnohaletým vývojem a jsou jedním z nejčastěji používaným stínícím prvkem. Mohou být vyrobeny v otevíracím, posuvném nebo posuvně skládacím provedení. Nejčastěji používaný materiál je dřevo nebo hliník. Okenice může být

provedena jako plný materiál nebo složená z lamel které mohou být pevné nebo otočné (Čuprová, 2006).

Markýzy:

K nejstarším způsobům stínění se řadí markýzy. Jsou používané už od dob starověku, kdy se tkanými rohožemi stínily tržišťe a balkony obytných domů. V moderní době zažily renezacii použití v několika posledních stoletích jako venkovní látkové zastínění podepřené dřevěnou nebo kovovou konstrukcí. Od ručního stahování se postupně přešlo k mechanismu s kladkou až po současné elektrické vybavené například i čidly počasí pro automatické rozložení a složení (Čuprová, 2006).

Obr. 13 Markýza



Zdroj: MK Rolety, 2023

b) Vnitřní stínění

Vnitřní stínění poskytuje oproti venkovnímu nižší ochranu proti tepelným ziskům radiací a následnému přehřívání interiéru. Dále plní funkci regulace intenzity světla, UV paprsků a zabezpečení interiéru před pohledy z vnějšího prostředí (Čuprová, 2006).

Vnitřní žaluzie:

Mezi nejpoužívanější typy vnitřního stínění se řadí vnitřní žaluzie vzhledem ke své přijatelné ceně a možnosti použití na téměř všechny typy oken. Zároveň dovolují plynulou regulaci nastavení intenzity pronikajícího světla a ochrany soukromí v interiéru (Němcová, 2020).

Obr. 14 Vnitřní žaluzie



Zdroj: Hixon, 2012

Látkové rolety:

Vzhledem k nepřebornému sortimentu látek, dovolují látkové rolety dokonalé sladění s interiérem místnosti a použitím druhu a barvy látky určit intenzitu stínění. Moderním představitelem tohoto stínění jsou rolety den a noc, které dokáží poskytnout plynulou regulaci průchodu světla posouváním střídajících se průhledných a neprůhledných pruhů látky (Němcová, 2020).

Plisé:

Je název pro skládanou látkovou žaluzii ve stylu harmoniky. K použití se hodí také na střešní okna a do zimních zahrad. Výhodou je oboustranná možnost posunu a umístění pruhu látky pro danou potřebu zastínění (Němcová, 2020).

Vertikální žaluzie:

Jsou volné, částečně se překrývající látkové pruhy zavěšené v horním profilu s pojezdem. Používané především pro velké prosklené plochy jako jsou francouzská okna, posuvné dveře a prosklené fasády administrativních budov (Němcová, 2020).

4 Vlastní práce

Vlastní část práce využívá teoretické poznatky a postupy z norem pro zhodnocení vlivu oken u již existujících staveb. Jedna ze staveb je v Liberci, kdy se jedná o starou cihlovou vilu se špaletovými okny, druhá stavba se nachází v Praze a jedná se o panelový dům s plastovými okny s dvojskly. V každé ze staveb byly vybrány dvě místnosti orientované na různé světové strany. U výrazně nevyhovujících stavů současného řešení se práce zabývá návrhem jejich zlepšení.

V práci bylo provedeno měření zaměřující se na parametry, které jsou ovlivněné danými prosklenými plochami. Bylo provedeno měření hodnot činitele denní osvětlenosti a dále teploty, vlhkosti a rosného bodu.

Činitel denního osvětlení byl měřen pomocí Luxmetru postupem dle normy ČSN 36 0011- 1 a ČSN 36 0011-2 a vyhodnocován dle požadavků normy ČSN 73 0580-2.

Dlouhodobé měření relativní vlhkosti, vnitřní a venkovní teploty a rosného bodu bylo provedeno pomocí dataloggerů.

Dále se práce zabývá tepelnými bilancemi u daných objektů, které se rozdělují na letní a zimní období.

V práci byl hodnocen vliv prosklených ploch na tepelné zisky, které představují významnou část tepelné zátěže místností v letním období.

Pro zimní období byla spočítaná tepelná bilance, neboli poměr tepelných zisků a ztrát.

Vlastní práce se dále zabývá u místností, které normám nevyhověli. Práce se zabývá tepelnými bilancemi pro zhodnocení energetické náročnosti místností

4.1 Popis objektů

Praha

Prvním zkoumaným objektem je panelový dům na okraji Prahy. Řešený objekt se nachází v nadmořské výšce 181 m. n. m. Klimatické podmínky přímo ovlivňují tepelné bilance domu. Výpočtová venkovní teplota pro zimní období je $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ s délkou otopného období 216 dní (TOPINFO, 2023).

Panelový dům pochází zhruba z devadesátých let minulého století a má dvanáct pater. Aktuální okna jsou plastová s dvojsklem. Místnosti jsou okny orientované na jihozápad (místnost č. 1) a severovýchod (m.č. 2). Místnosti orientované na jihozápad mají lodžie, ke kterým je vstup zajištěný celoprosklenými balkonovými dveřmi. Lodžie působí jako slunolam a má délku 1,2 m od zdi a výšku pouze 0,15 m od rámu oken. Každé okno je vybaveno bílými vnitřními žaluziemi. Zdi a stěny jsou z železobetonu. Tloušťka zdi v kontaktu s exteriérem je pouze 250 mm. Tloušťka stěn mezi místnostmi v rámci jedné bytové jednotky je 6 cm. Místnosti řešené v této práci se nachází v bytové jednotce ve třetím patře a sousedí s dalšími vytápěnými bytovými jednotkami, tudíž v kontaktu s exteriérem je vždy pouze jedna zeď s okny. Zásobování teplem a teplou vodou je řešeno připojením na teplárnu.

Liberec

Druhým zkoumaným objektem je stará cihlová vila v Liberci. Objekt se nachází v nadmořské výšce 357 m. n. m. Výpočtová teplota je v těchto klimatických podmínkách $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a délka otopného období je 241 dní (TOPINFO, 2023).

Cihlová vila pochází již z roku zhruba 1920 a má čtyři patra. Řešené místnosti jsou rohové a nacházejí se v nejvyšším patře pod nevytápěnou nezateplenou půdou, tudíž mají ve styku s exteriérem dvě zdi a strop k nevytápěné půdě. Okna jsou původní dřevěná špaletová s dvěma čirými skly. První řešená místnost, značená m.č. 3, je okny orientovaná na jih a druhá, značená jako m. č. 4, na východ. M.č. 4 má dále dvě malá okna směřovaná na sever. Na jižní straně přesah střechy působí jako slunolam, je však ve výšce 0,85 m od horních oken. Délka tohoto přesahu od zdi je 1,1 m. Obvodové zdi o tloušťce 450 mm jsou z plných pálených cihel. Vnitřní konstrukce, také z plných pálených cihel, jsou ve tloušťkách 300 mm a 150 mm. Stropy tvoří dřevěné trámy se zásypem ze strusky, záklopem a podbitím z prken. Vytápění je řešeno plynovým kotlem.

Obr. 15 Stará vila v Liberci



Zdroj: Vlastní foto

4.2 Popis uvažovaných parametrů oken a stínících prvků

Tab. 5 Legenda místností

Místnost	Označení místnosti	Orientace oken
Praha ložnice č.1	m.č. 1	Jihozápad
Praha ložnice č.2	m.č. 2	Severovýchod
Liberec ložnice	m.č. 3	Jih
Liberec obývací pokoj + kuchyň	m.č. 4	Sever

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 6 Uvažovaná okna na trhu

Okno	Součinitel prostupu tepla U_w [W/m ² *K]	Solární faktor g [-]
Špaletové okno s dvěma čirými skly	2,5	0,81
Plastové okno s dvojsklem	1,3	0,62
Plastové, trojsklo se zvýšenými solárními zisky	0,8	0,63
Plastové, běžné trojsklo	0,72	0,5
Plastové, protisluneční trojsklo	0,65	0,36

Zdroj: Vlastní zpracování

Ukázka výpočtu plastového okna s běžným trojsklem:

Výpočet je proveden pro okno v místnosti číslo 3.

$$U_w = \frac{(0,7 \cdot 0,5 + 0,19 \cdot 0,8 + 3,4 \cdot 0,04)}{(0,7 + 0,19)} = 0,72 \text{ W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$$

Tab. 7 Uvažované stínící prvky

Stínící prvky	Stínící součinitel s [-]
Vnitřní žaluzie	0,56
Vnější žaluzie	0,14
Slunolamy	-

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3 Měření denního osvětlení

Měřicí přístroj

Pro měření byl použit Luxmetr EXTECH Instruments model 407026, výrobní číslo Q422305.

Popis měřicího přístroje

Přístroj je určený pro měření intenzity osvětlení, a to jak pro umělé osvětlení, tak pro osvětlení denní. Externí měřicí sonda je osazena fotodiódou s předřazeným filtrem.

Obr. 16 Luxmetr Extech Instruments mod. 407026



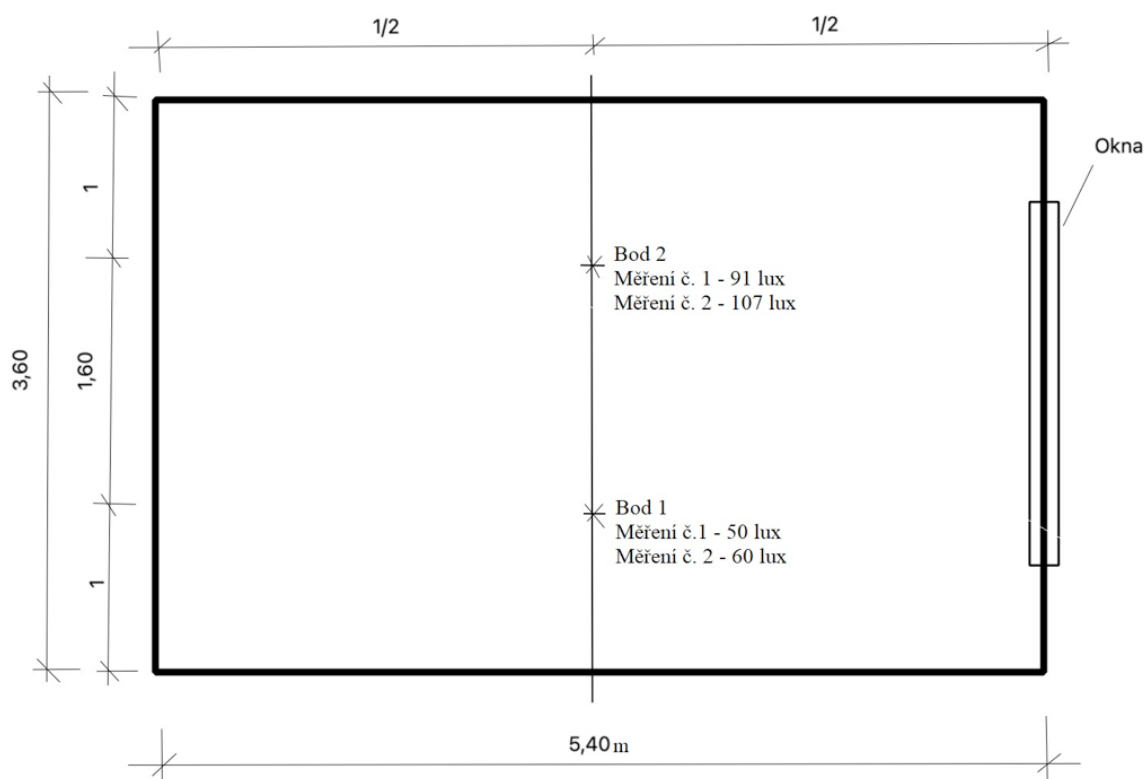
Zdroj: Vlastní foto

Technické parametry přístroje

- Měřicí rozsahy LUX: 0 – 50 000 LUX
- Přesnost $\pm 4\%$ (Extech, 2015).

Vyhodnocení místnosti číslo 1

Obr. 17 Vyhodnocení místnosti číslo 1



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 8 Vyhodnocení místnosti číslo 1

Místnost číslo 1	Bod 1	Bod 2	Průměr hodnot D [%]
Měření č. 1 E [lx]	50	91	0,52
Měření č. 2 E [lx]	60	107	
Střední hodnota E [lx]	55	99	
Měření č. 1 Eh [lx]	13860	13860	
Měření č. 2 Eh [lx]	15600	15600	
Střední hodnota Eh [lx]	14730	14730	
D [%]	0,37	0,67	
Vyhovuje/nevhovuje	Nevyhovuje (<0,7%)	Nevyhovuje(<0,7%)	Nevyhovuje(<0,9%)

Zdroj: Vlastní zpracování

Měření bylo provedeno 23.2.2023 v 11:00 – 12:00. Jelikož místnost č. 1 nevyhověla, bylo dále zkoumáno, zda by mohl být příčinou strom před okny. Postup pro tyto případy popisuje norma 73 0580-1 příloha B, neboli kritérium přístupu denního světla k průčelí

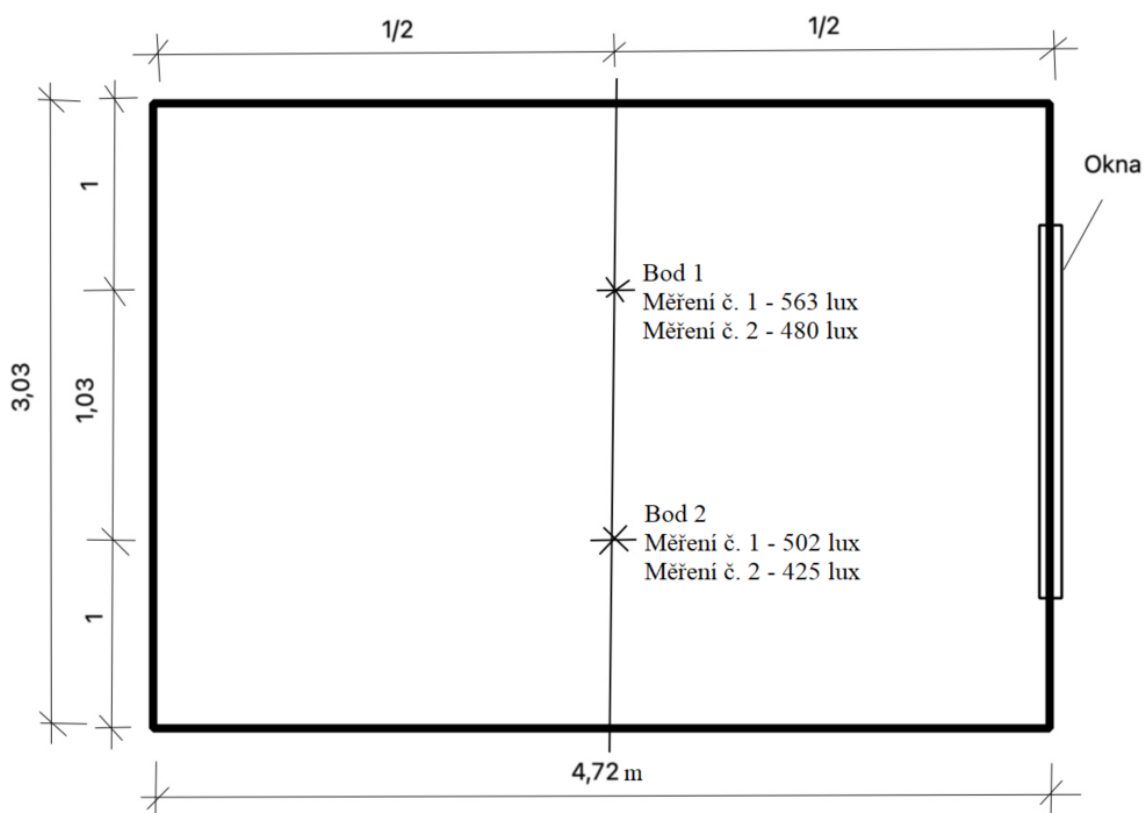
objektu. Jako kritérium slouží činitel denní osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna z vnější strany. Pomocí tohoto parametru se nehodnotí denní osvětlení uvnitř budovy, ale míra zavinění v případě nevyhovujícího stavu hodnoty denního osvětlení venkovním stíněním.

Tabulka B.1 této normy stanovuje minimální požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna. Pro běžné prostory s trvalým pobytem lidí je hodnota stanovena na 32 %.

V rovině vnějšího líce průčelí se v ose okna v polovině jeho výšky volí kontrolní bod vertikální osvětlenosti na rovině vnějšího zasklení okna E_w pro stanovení D_w . V tomto případě se dle normy volí bod v ose okna v uvedené výšce na svislou rovinu vedenou lícem vyložení lodžie, tak aby se vyloučil její vliv stínění. V tomto bodě se změří hodnota E_w a zároveň se změří hodnota osvětlenosti venkovní nezacloněné roviny E_h [lx] za podmínek rovnoměrně zatažené oblohy. Činitel denní osvětlenosti D_w se spočítá jako $D_w = E_w/E_h * 100$. Tedy v tomto případě (měření vlivu stromu provedeno 25.2.2023 ve 12:30-13:30, tedy v jiný den, než měření v místnosti) $D_w = 927/3090 * 100 = 30\%$. Druhé měření $D_w = 910/3400 * 100 = 26,8\%$. Průměr těchto hodnot je menší, než stanovených 32 %, což znamená, že stínění prostoru není vyhovující. Strom by bylo tedy vhodné odstranit

Vyhodnocení místnosti číslo 2

Obr. 18 Vyhodnocení místnosti číslo 2



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 9 Vyhodnocení místnosti číslo 2

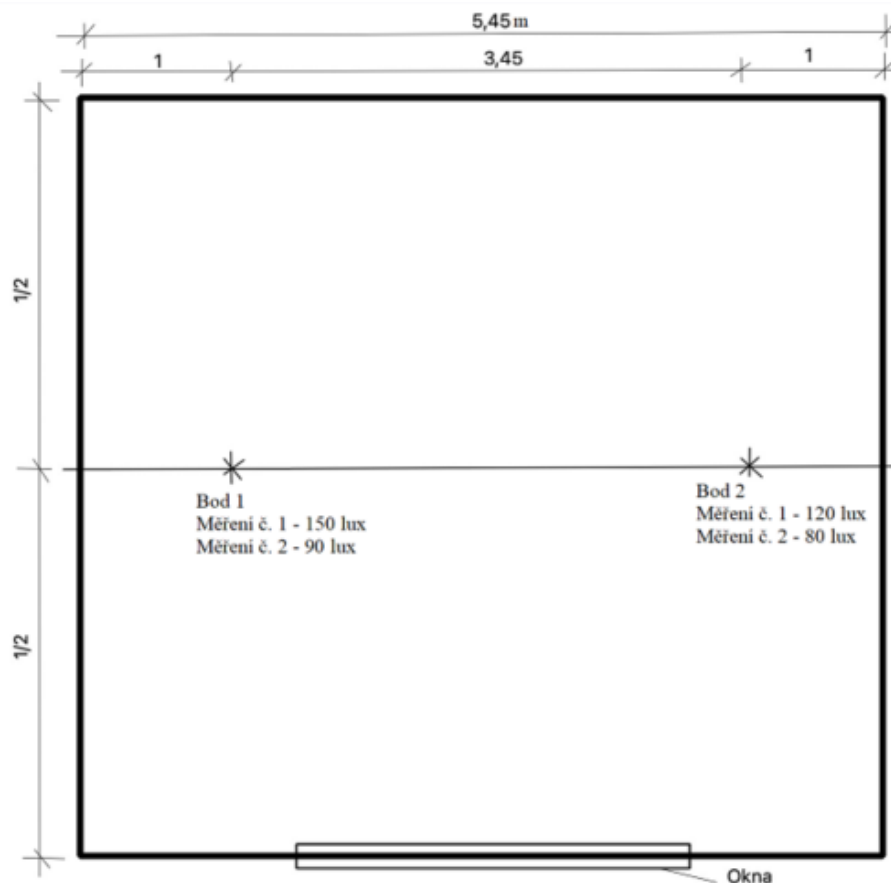
Místnost číslo 2	Bod 1	Bod 2	Průměr hodnot D [%]
Měření č. 1 E [lx]	563	502	3,04
Měření č. 2 E [lx]	480	425	
Střední hodnota E [lx]	522	464	
Měření č. 1 Eh [lx]	17250	17250	
Měření č. 2 Eh [lx]	15120	15120	
Střední hodnota Eh [lx]	16185	16185	
D [%]	3,22	2,86	
Vyhovuje/nevyhovuje	Vyhovuje(>0,7%)	Vyhovuje(>0,7%)	Vyhovuje(>0,9%)

Zdroj: Vlastní zpracování

Měření bylo provedeno 23.2.2023 v 13:00-14:00. Místnost číslo 2 vyhověla ve všech bodech.

Vyhodnocení místnosti číslo 3

Obr. 19 Vyhodnocení místnosti číslo 3



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 10 Vyhodnocení místnosti číslo 3

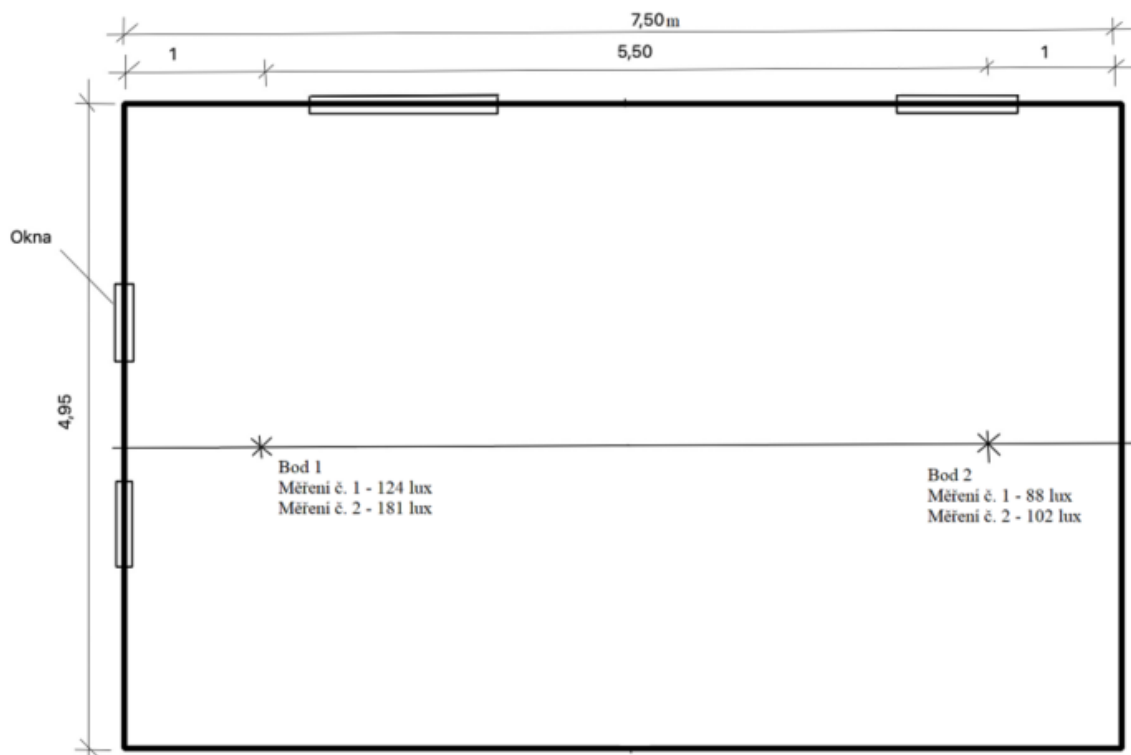
Místnost číslo 3	Bod 1	Bod 2	Průměr hodnot D [%]	
Měření č. 1 E [lx]	150	120		
Měření č. 2 E [lx]	90	80		
Střední hodnota E [lx]	120	100		
Měření č. 1 Eh [lx]	15700	15700		
Měření č. 2 Eh [lx]	8500	8500		
Střední hodnota Eh [lx]	12100	12100		
D [%] (ze středních hodnot)	0,99	0,83		0,91
Vyhovuje/nevyhovuje	Vyhovuje(>0,7%)	Vyhovuje(>0,7%)		Vyhovuje(>0,9%)

Zdroj: Vlastní zpracování

Měření bylo provedeno 24.2. 2023 ve 11:00- 12:00. Místnost číslo 3 vyhověla také.

Vyhodnocení místnosti číslo 4

Obr. 20 Vyhodnocení místnosti číslo 4



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 11 Vyhodnocení místnosti číslo 4

Místnost číslo 4	Bod 1	Bod 2	Průměr hodnot D [%]
Měření č. 1 E [lx]	124	88	
Měření č. 2 E [lx]	181	102	
Střední hodnota E [lx]	153	95	
Měření č. 1 Eh [lx]	11140	11140	
Měření č. 2 Eh [lx]	17580	17580	
Střední hodnota Eh [lx]	14360	14360	
D [%] (ze středních hodnot)	1,06	0,66	
Vyhovuje/nevychovuje	Vyhovuje(>0,7%)	Nevyhovuje(<0,7%)	Nevyhovuje(<0,9%)

Zdroj: Vlastní zpracování

Měření bylo provedeno 24.2.2023 ve 13:00-14:00. Místnost číslo 4 těsně nevyhověla požadavkům. Dostatečného zlepšení by mohlo být docíleno například tím, že místo dvoukřídlých špaletových oken, které mají otevírání uprostřed, by se dala okna nová, která nemají tak velké procento plochy rámu vůči ploše okna a není za potřebí dvou oken v řadě.

4.4 Dlouhodobé měření

Měření bylo provedeno pomocí dataloggerů R3120 od společnosti Comet. Zařízení umožňuje určit relativní vlhkost, teplotu a teplotu rosného bodu.

Obr. 21 Datalogger R3120 od společnosti Comet



Zdroj: MICRONIX, 2013

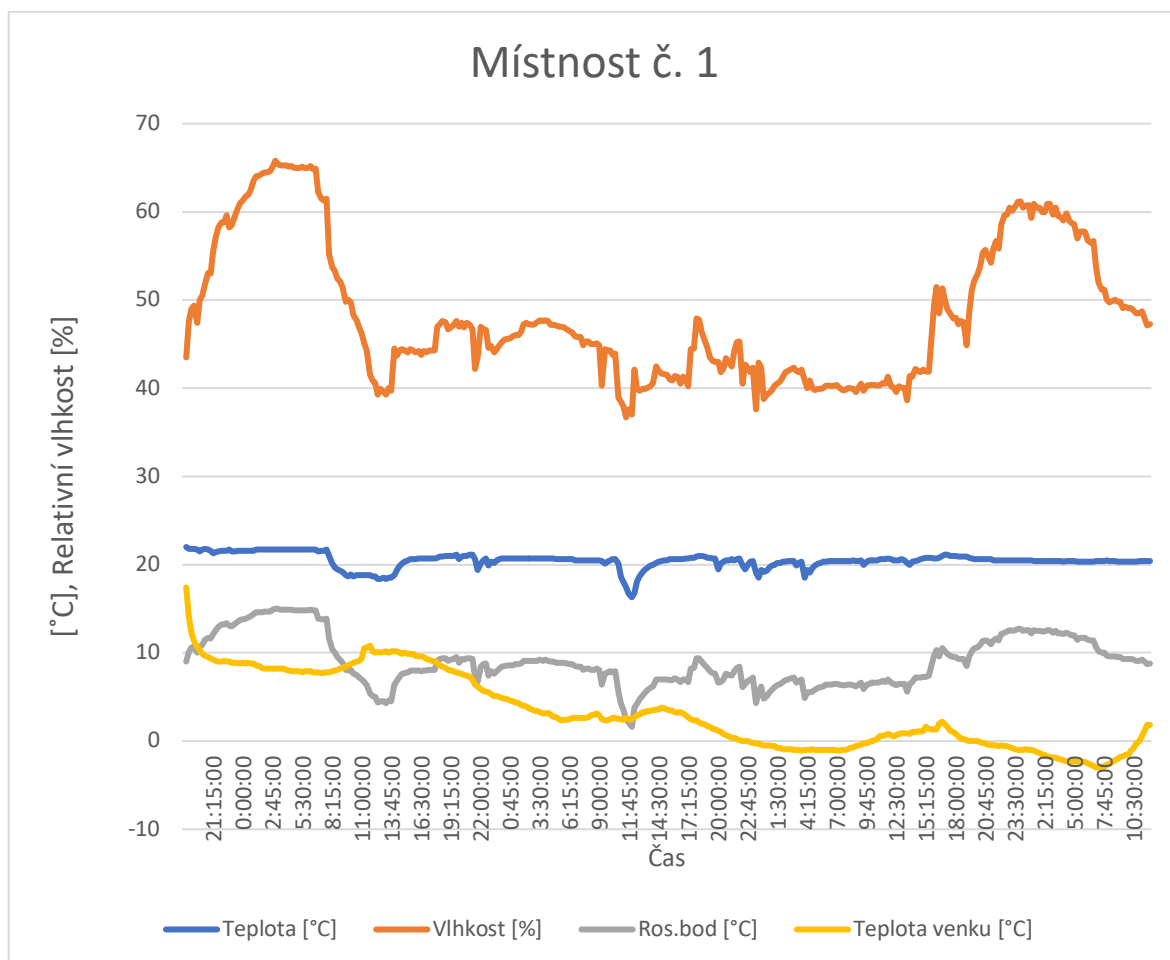
Technické parametry dataloggeru R3120:

- **Vlhkostní čidlo** – přesnost $\pm 2,5$ % (v rozmezí 5 až 95 % při 23 °C), rozsah 0-100 %
- relativní vlhkosti
- **Teplotní čidlo** – Přesnost $\pm 0,4$ °C, rozsah -30 až +80 °C
- **Rosný bod** - přesnost $\pm 1,5$ °C (při teplotě nižší než 25 °C a relativní vlhkosti minimálně 30 %), rozsah -60 až + 70 °C (COMET SYSTEM, 2023)

Zařízení byla umístěna v měřených místnostech na stole ve výšce zhruba 1m nad zemí. Současně bylo provedeno měření venkovních podmínek obou objektů pomocí umístění vždy jednoho dataloggeru na balkon.

Měření v bytě v Praze probíhalo od 23.2. 2023 od 18:45 do 27.2.2023 do 12:00. Měření v bytě v Liberci probíhalo od 23.2.2023 od 23:00 do 27.2.2023 do 9:00. Záznam hodnot byl prováděn v intervalu 15 minut, tedy v Praze bylo na každé zařízení zaznamenáno 358 hodnot a v Liberci 329 hodnot. Takto vysoký počet hodnot umožňuje zaznamenat přesný průběh sledovaných parametrů.

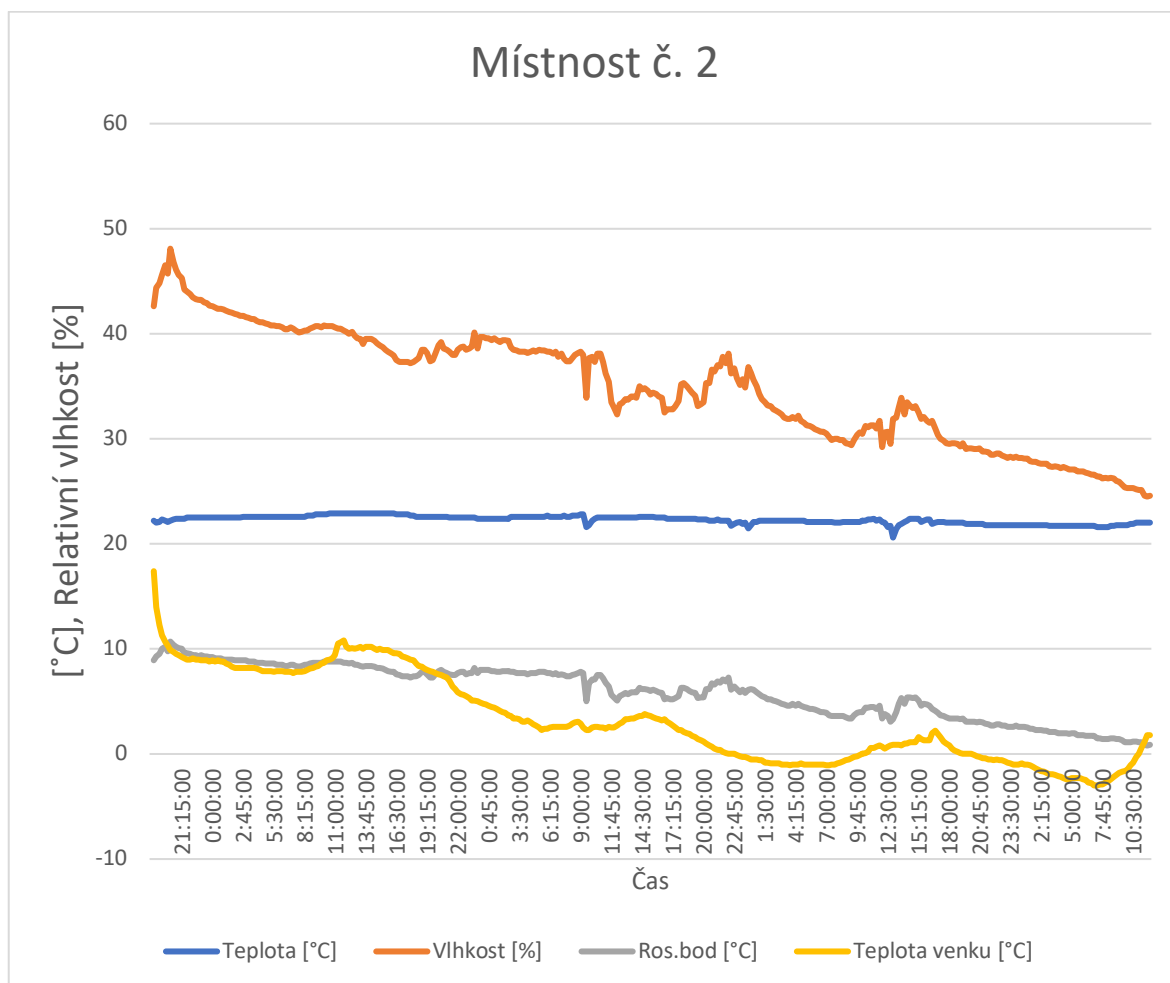
Graf 1 Průběh relativní vlhkosti, teplot a rosného bodu m.č.1



Zdroj: Vlastní zpracování

V místnosti číslo 1 je patrné, že první noc uživatel nevětral a relativní vlhkost tak stoupala až na hodnotu 65,8 %, což byla také maximální hodnota za celé měření ve všech místnostech. Hodnota relativní vlhkosti se takto vysoko držela od 03:15 do 06:45, kdy se uživatel probudil, vyvětral a v místnosti se již nacházel méně. Vlhkost ve 12:30 byla už jen 39,3 %. v průběhu druhé a třetí noci kolem 04:00 pootevřel okno a vlhkost klesala. Dále je patrný vliv vyvětrání během třetího dne, kdy uživatel v 10:45 začal větrat a teplota se snížila z 20,1 °C na 16,3 °C a relativní vlhkost se snížila z 43,9 % na 36,7% a poté obě hodnoty začali zase postupně stoupat.

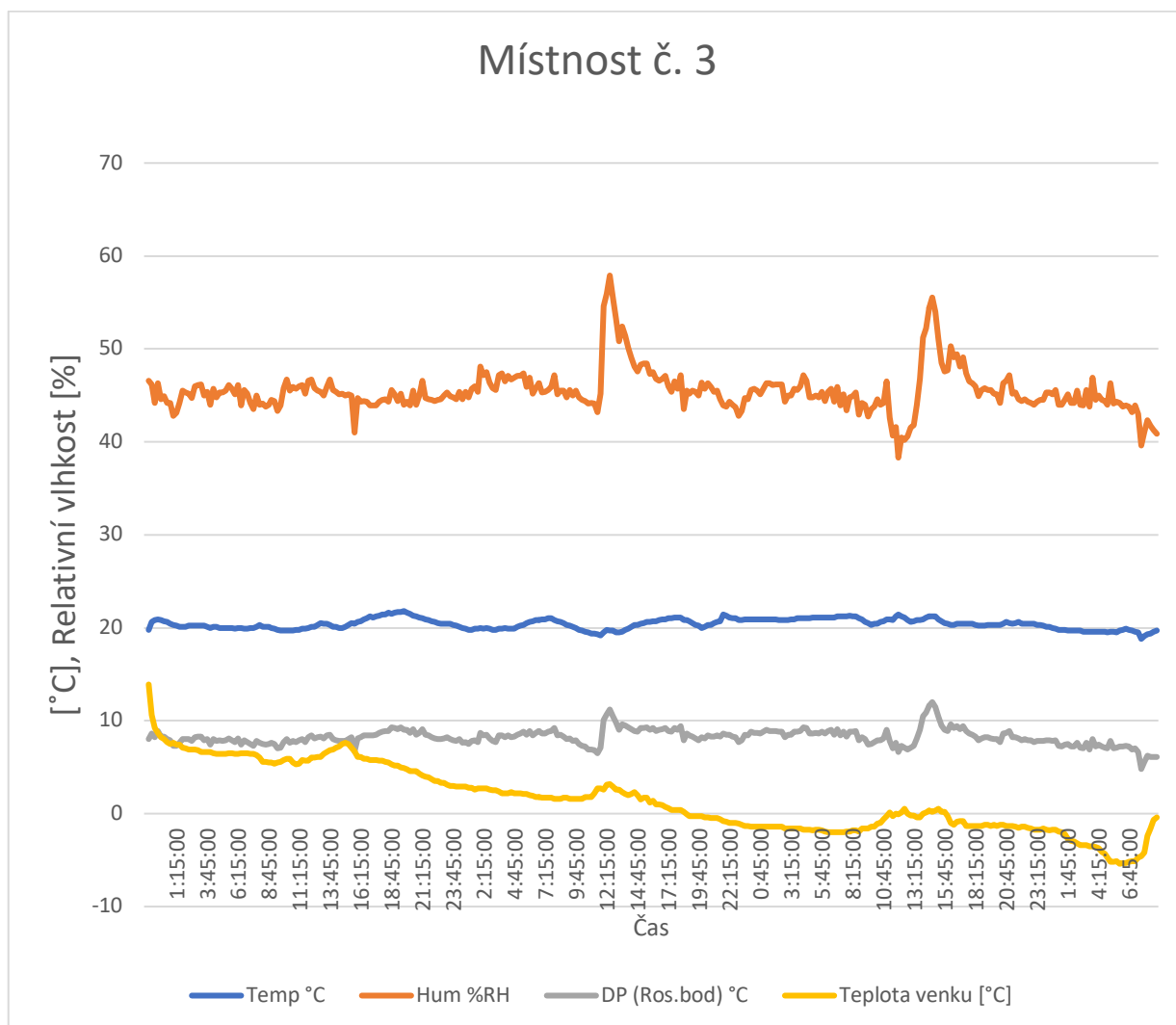
Graf 2 Průběh relativní vlhkosti, teplot a rosného bodu m.č.2



Zdroj: Vlastní zpracování

V místnosti číslo 2 po většinu doby měření nikdo nebyl a je vidět, jak vlhkost postupně klesala. Vzrůstá pouze za přítomnosti uživatele a také jsou patrné okamžiky, kdy uživatel větral, což způsobilo krátkodobý pokles teploty a relativní vlhkosti.

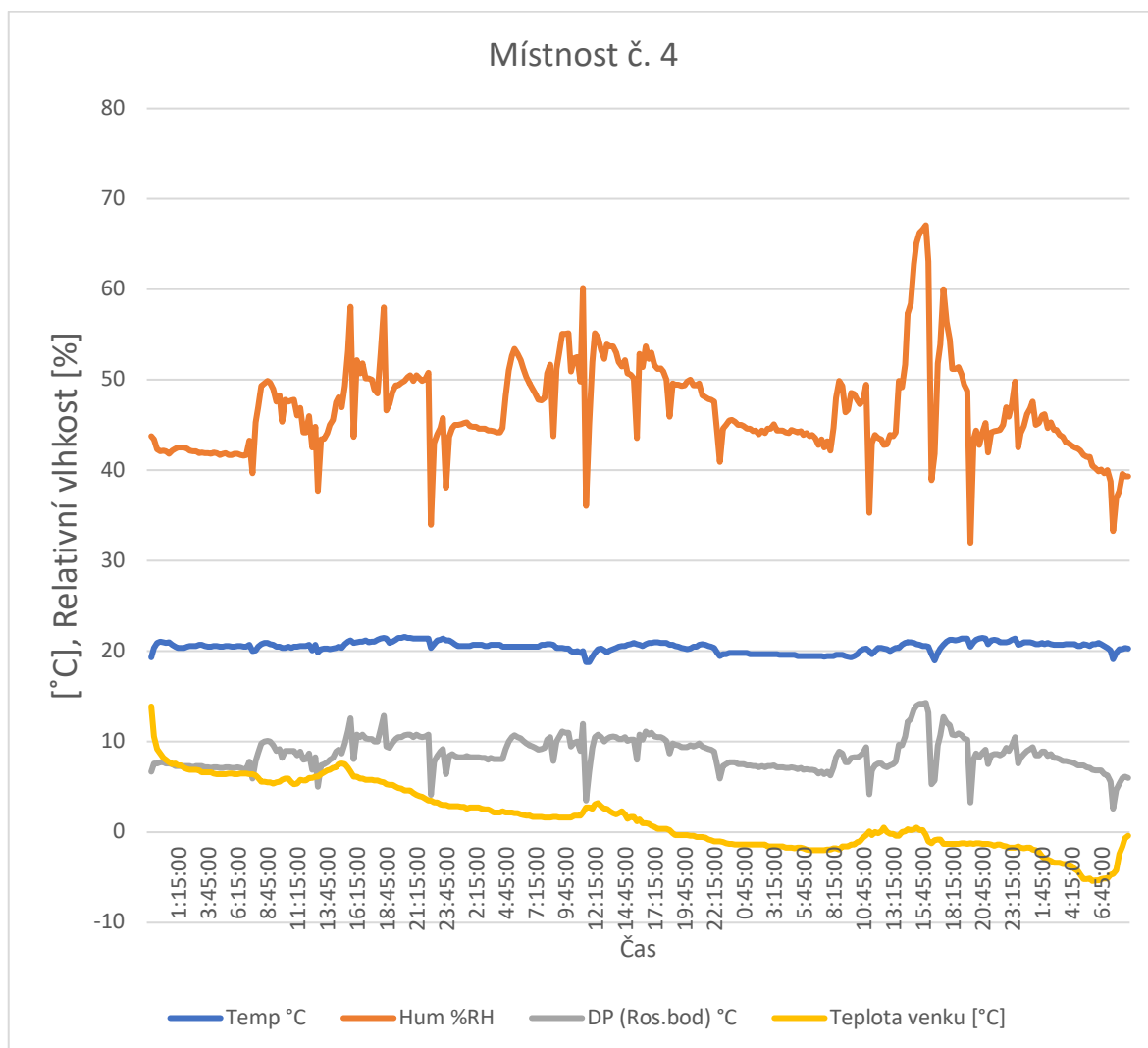
Graf 3 Průběh relativní vlhkosti, teplot a rosného bodu m.č.3



Zdroj: Vlastní zpracování

V místnosti číslo 3 je na první pohled patrný nárůst relativní vlhkosti ve druhém dni kolem 12:30, která dosáhla maxima 57,9% a je pravděpodobně zapříčiněná otevřenými dveřmi do obývacího pokoje, který je propojený s kuchyní, ve které se v tu dobu vařilo a bylo přítomných více osob. Podobná situace nastala i následující den.

Graf 4 Průběh relativní vlhkosti, teplot a rosného bodu m.č.4



Zdroj: Vlastní zpracování

U místnosti číslo 4 je vidět výrazné kolísání relativní vlhkosti, které je pravděpodobně způsobené měněním se počtem osob v místnosti a vařením. Zároveň je vidět časté prudké snížení relativní vlhkosti v důsledku nárazového větrání.

Tab. 12 Průměrné hodnoty z dlouhodobého měření

Průměr hodnot	Teplota [°C]	Relativní vlhkost RH [%]	Rosný bod [°C]
Místnost č. 1	20,5	48,4	9
Místnost č. 2	22,3	35	5,9
Místnost č. 3	20,4	45,5	8,2
Místnost č. 4	20,5	46,7	8,7

Zdroj: Vlastní zpracování

V místnostech č.1, 2 a 3 je patrné, že uživatelé větrají spíše nárazově a ne moc často, což může být zapříčiněno snahou o co nejnižší tepelnou ztrátu, jelikož především místnosti číslo 3 a 4 mají již tak vysoké náklady na vytápění v důsledku starých oken a nezateplených zdí. Žádná z místností však nevykazuje příliš vysokou průměrnou hodnotu relativní vlhkosti.

4.5 Zhodnocení současného stavu

Zhodnocení současného stavu je provedeno pro letní a zimní období na základě jejich výpočtů dle norem.

V zimním období je prostup tepla konstrukcemi a větráním příčinou tepelných ztrát objektů. Vhodným zvolením typu a orientace prosklení je možné optimalizovat tyto ztráty a využít tepelných zisků slunečního záření.

Po jednotlivých měsících je vždy spočítána spotřeba tepla zasklení a tepelný zisk zasklení slunečním zářením, což udává výslednou tepelnou bilanci daného zasklení za otopné období.

Následně je spočítána spotřeba tepla místnosti bez zasklení po jednotlivých měsících za otopné období a sečtena s energetickou bilancí zasklení za otopné období, což udává potřebu tepla na vytápění za vytápěcí období neboli tepelnou bilanci místnosti za vytápěcí období.

V případě výpočtu zimní tepelné bilance místností v Liberci bylo potřeba prodloužit délku otopného období, jelikož se v této lokalitě vytápí déle. Norma měsíc květen již neuvažuje jako otopné období, avšak v Liberci jím stále je. Norma tedy pro měsíc květen neuvádí hodnotu globálního slunečního záření. Při prodloužení délky otopného období o jeden měsíc bylo tudíž potřeba zvolit průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za měsíc E_{zm} , ten byl zvolen dle předchozího měsíce – dubna. Výpočty byly provedeny v programu Excel dle postupu uvedeném v normě ČSN 73 0542 a ČSN 12831-1.

U letní tepelné bilance bylo počítáno dle úvahy, že při návrhu klimatizace místnosti tvoří tepelný zisk okny často nejvýznamnější složku. Tepelné zisky od oslunění oken mohou být sníženy akumulací stěn při připuštění malého zakolísání teplot, v tomto případě o 1 stupeň. V případě snížení tepelných zisků pod tuto hodnotu akumulace již okna nepřináší zvýšenou tepelnou zátěž. Hodnota snížení tepelných zisků od oslunění oken je v každém grafu vyznačena. Pro každou místnost byla určena velikost tepelné zátěže okny pro nejkritičtější den, který se určí dle kombinace maximální teploty a intenzity celkové sluneční

radiace, na kterou má vliv především orientace ke světovým stranám a měsíc v roce. Pro ověření správného zvolení nejkritičtější hodiny byla tepelná zátěž spočítána po jednotlivých hodinách daného dne. Spočítány byly varianty jak současné, tedy včetně stínících prvků, pokud nějaký daná místnost má, tak varianty bez zahrnutí těchto stínících prvků. Výpočty byly z důvodu velkého množství opakujících se výpočtů provedeny v programu excel dle postupu uvedeném v normě ČSN 73 0548.

4.5.1 Zimní tepelná bilance místnost č. 1

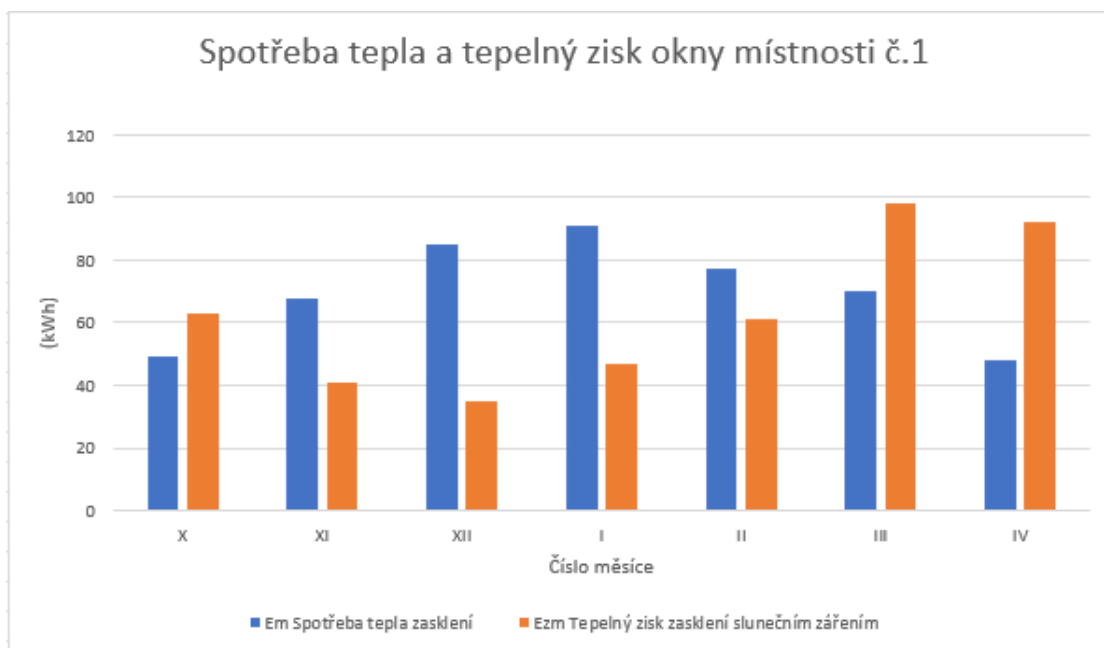
Jelikož norma ČSN 73 0542 uvádí pouze jedny hodnoty průměrných venkovních teplot za měsíc t_{em} [°C] bez ohledu na lokalitu, byly tyto hodnoty dosazovány z dlouhodobých statistik i přes to, že v případě Prahy se hodnoty téměř shodují.

Tab. 13 Dlouhodobý průměr měsíčních teplot

Měsíc	Průměrná teplota °C
Leden	-2
Únor	-0,6
Březen	3,1
Duben	7,9
Květen	12,9
Červen	16
Červenec	17,6
Srpen	17,3
Září	13,3
Říjen	8,2
Listopad	2,9
Prosinec	-0,5

Zdroj: Kurzy.cz, 2023

Graf 5 Měsíční tepelná bilance oken m. č.1



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 14 Tepelná bilance oken m.č. 1 za otopné období

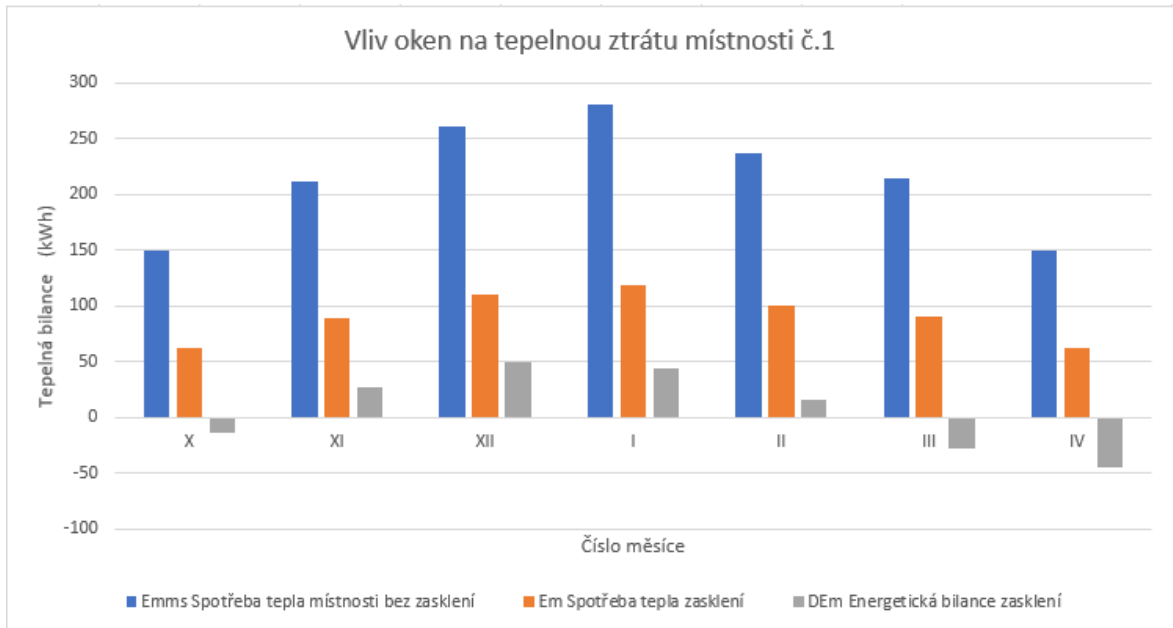
Bilance oken za otopné období	51	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	488	kWh
Zisk zasklení za otopné období	437	kWh

Zdroj: Vlastní zpracování

Plocha prosklení tvoří výrazných 47 % obvodově stěny. Z výsledků lze vidět, že použitá okna s dvojskly, která splňují normou požadovaný součinitel prostupu tepla mají při jihozápadní orientaci poměrné výrazné tepelné zisky. Celková bilance za vytápěcí období je však záporná. Konkrétně tyto okna přispívají k celkové spotřebě tepla místnosti 51 kWh za otopné období.

Pro výpočet spotřeby tepla místnosti bez zasklení za otopné období bylo potřeba určit součinitel prostupu tepla zdi ve styku s venkovním prostředím. Ten byl vypočten na základě tloušťky zdi 250 mm a součinitele tepelné vodivosti 1,01 W/m²*K. Výsledný součinitel prostupu tepla $U = 1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Dále bylo potřeba určit intenzitu větrání, ta byla stanovena na 0,5 h⁻¹.

Graf 6 Vliv oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 1



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 15 Tepelná bilance za vytápěcí období m. č. 1

Spotřeba tepla místnosti bez zasklení za otopné období	1503	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	634	kWh
Energetická bilance zasklení za otopné období	51	kWh
Potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období	1554	kWh

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků lze vidět, že okna sice přináší dodatečnou potřebu tepla na vytápění, hodnota však není příliš vysoká, což je způsobeno kombinací splněním normového požadavku na součinitel prostupu tepla U_w a výraznými tepelnými zisky ze slunečního záření. Okna sice nespĺňujú doporučenou hodnotu U_w , nejedná se však o nedostatek, který by stál za výměnu oken.

4.5.2 Ukázka výpočtu prostupu tepla oknem radiací

Výpočet je proveden pro místnost číslo 1 bez stínících prvků, tedy bez slunolamu a vnitřních žaluzií. Místnost je okny orientovaná na jihozápad.

Rozměry oken včetně rámu jsou 0,76 x 2,24 m pro okno č.1, 1,08 x 1,46 m pro okno č.2 a 0,58 x 1,46 m pro okno č.3. Šířka rámu je 0,08 m u všech tří oken. Stínící součinitel $s = 0,62$.

První je třeba stanovit dobu, pro kterou se výpočet provede. Jako nejvhodnější byl zvolen měsíc srpen, 14 hodin. V tuto dobu je téměř maximální jednak teplota venkovního vzduchu, tedy 29,8 °C, tak i intenzita osálení oken, tedy 599 W/m², viz tab. 1, 2 a 10 normy ČSN 73 0548. Korekce na čistotu atmosféry $C_o = 1,0$, jelikož se jedná o středně čistou oblast.

Sluneční azimut $a = 223^\circ$ (tab. 4 ČSN 73 0548)

Výška slunce $h = 44^\circ$ (tab. 4 ČSN 73 0548)

Azimut stěny $\gamma = 225^\circ$

$|a - \gamma| = |223 - 225| = 2^\circ$

Prostup tepla oknem radiací

$$Q_{or} = [S_{oscelk} \cdot I_o \cdot C_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{od}] \cdot s \cdot n \text{ (W)}$$

Kde:

S_{oscelk} – Osluněný povrch oken (m²)

I_o – Intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením (W/m²)

C_o – korekce na čistotu atmosféry (-)

S_o – plocha oken včetně rámu

I_{od} – Intenzita difuzní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením (W/m²)

n – počet oken (-)

s – stínící součinitel (-)

$$Q_{or} = [2,78 \cdot 599 \cdot 1,0 + ((0,76 \cdot 2,24 + 1,08 \cdot 1,46 + 0,58 \cdot 1,46) - 2,78) \cdot 112] \cdot 0,62 \cdot 1 = 1126 \text{ W}$$

Osluněný povrch oken

$$S_{oscelk} = 1,18 + 1,1 + 0,5 = 2,78 \text{ m}^2$$

$$S_{oscelk} = S_{os1} + S_{os2} + S_{os3}$$

S_{os1} = Osluněný povrch okna 1 (m²)

S_{os2} = Osluněný povrch okna 2 (m²)

Sos3 = Osluněný povrch okna 3 (m²)

$$Sos1 = [0,6 - (0,004 - 0)] \cdot [2,08 - (0,1 - 0)] = 1,18 \text{ m}^2$$

$$Sos2 = [0,92 - (0,004 - 0)] \cdot [1,3 - (0,1 - 0)] = 1,1 \text{ m}^2$$

$$Sos3 = [0,42 - (0,004 - 0)] \cdot [1,3 - (0,1 - 0)] = 0,5 \text{ m}^2$$

$$Sos1 = [L_1 - (e_1 - f)] \cdot [H_1 - (e_2 - g)] \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Sos2 = [L_2 - (e_1 - f)] \cdot [H_2 - (e_2 - g)] \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Sos3 = [L_3 - (e_1 - f)] \cdot [H_3 - (e_2 - g)] \text{ (m}^2\text{)}$$

Kde:

L_1, L_2, L_3 – šířky zasklených částí oken (m)

H_1, H_2, H_3 – Výšky zasklených částí oken (m)

f – odstup vodorovných částí oken od slunolamu (m)

g – odstup svislých částí oken od slunolamů (m)

e_1, e_2 – délky stínů v okenních otvorech od okraje slunolamů

c – hloubky oken vzhledem k horní stínící desce (m)

d – hloubky oken (m)

Délky stínů v okenních otvorech od okraje slunolamů

Délky stínů jsou v tomto případě u každého okna stejná.

$$e_1 = d \cdot | \tan(a - \gamma) | \text{ (m)}$$

$$e_1 = 0,1 \cdot \tan 2^\circ = 0,004 \text{ m}$$

$$e_2 = c \cdot | \tan h / \cos(a - \gamma) |$$

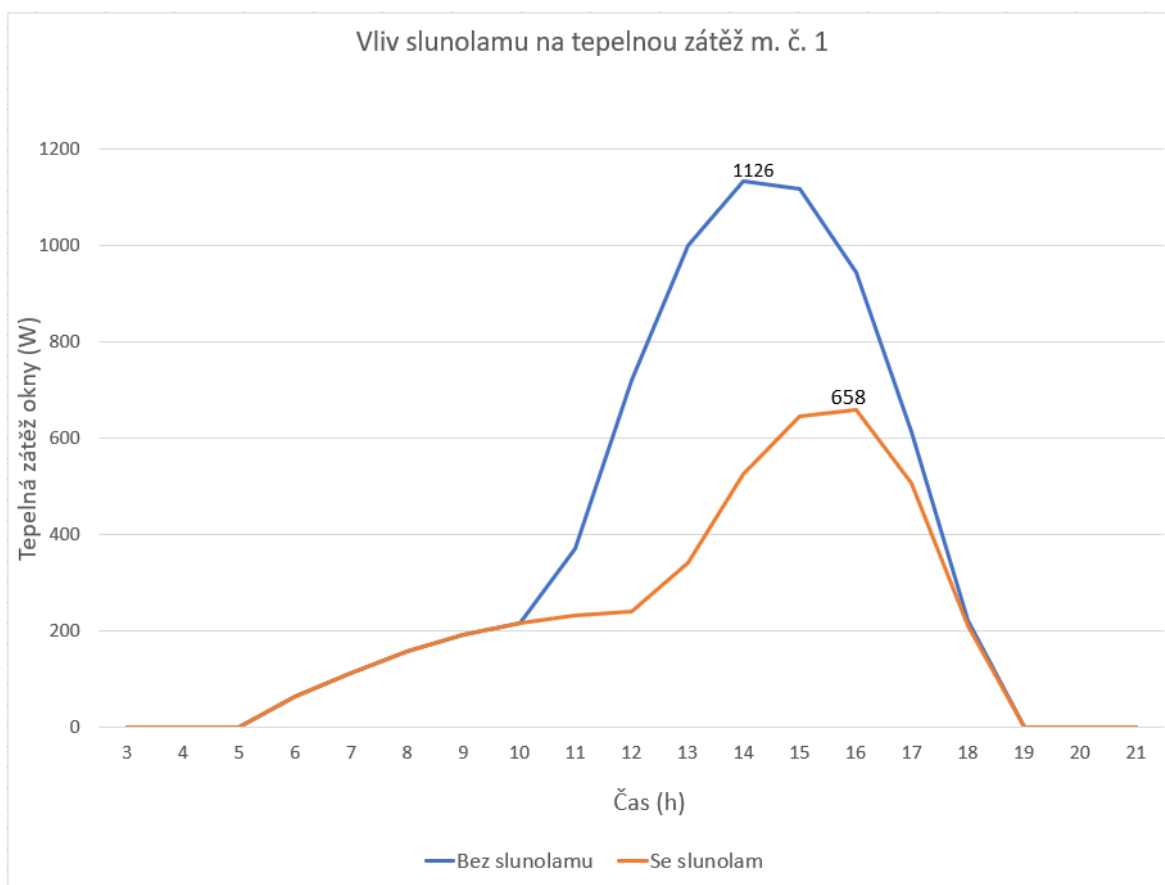
$$e_2 = 0,1 \cdot \tan 44 / \cos 2^\circ = 0,1 \text{ m}$$

4.5.3 Letní tepelná bilance místnost č. 1

V této části zkoumání byl spočítán současný stav pro pokoj v Praze, kde stínění je zajištěno pomocí lodžie a vnitřních žaluzií. Hodnota solárního faktoru g plastového okna s dvojsklem je 0,62. Byly spočítány hodnoty tepelné zátěže jak při využití, tak i nevyužití daných stínících prvků a jejich kombinace.

Nad místností č. 1 je lodžie, která svým stíněním částečně zabraňuje dopadání slunečního záření na okna, což snižuje celkovou tepelnou zátěž.

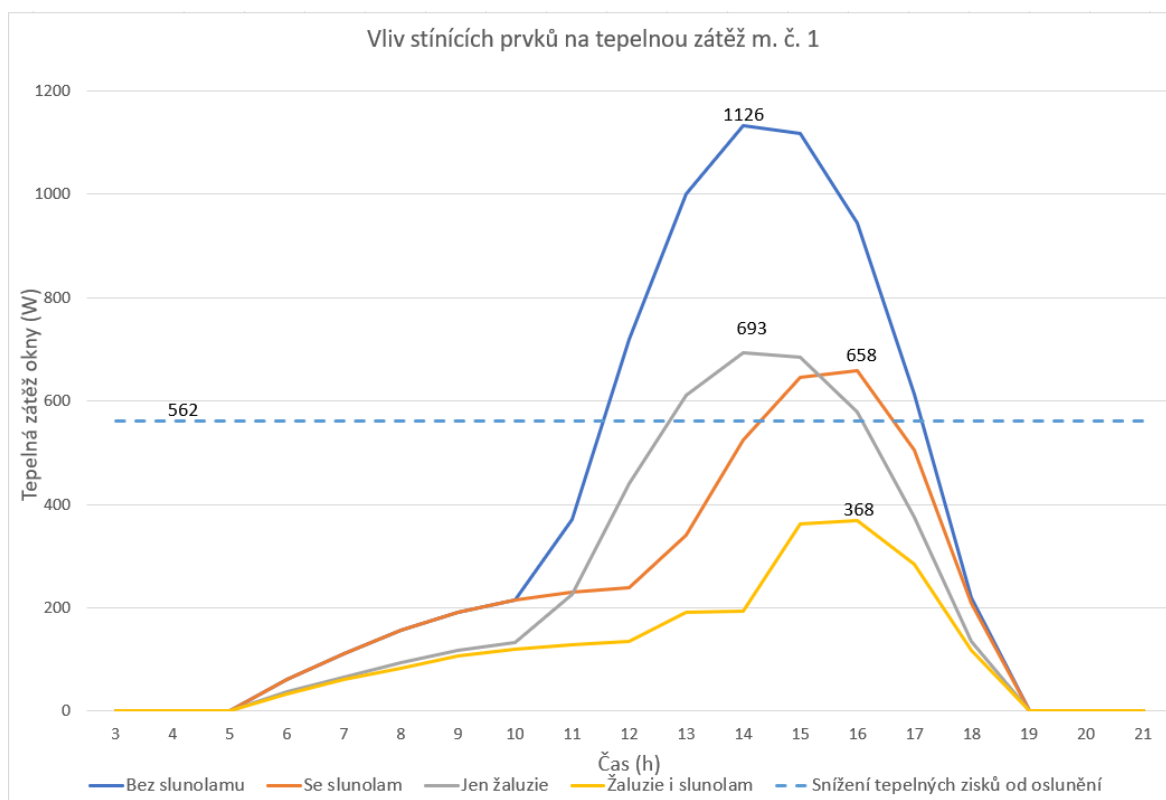
Graf 7 Vliv slunolamu na tepelnou zátěž okny m.č. 1



Zdroj: Vlastní zpracování

K největší tepelné zátěži okny zde dochází v měsíci srpen. Vlivem stínění slunolamu dochází u jihozápadně orientované místnosti ke snížení této zátěže okny z hodnoty 1126 W na 658 W. Na grafu je také vidět, že doba, při které při využití slunolamu dochází k maximální tepelné zátěži nezůstala stejná. Ukazuje se tedy, že v odpoledních hodinách, kdy již slunce není tak vysoko nad horizontem, dochází k podsvícení slunolamu a tím ke snížení efektu slunolamu. Z tohoto grafu tedy vyplívá, že využití slunolamu by bylo ještě efektivnější u jižně orientovaných oken. I přesto však i pro jihozápadní orientaci přináší významný efekt. Je to také dáno tím, že svislá vzdálenost lodžie je pouze 0,15 m od okraje rámu oken.

Graf 8 Vliv stínících prvků na tepelnou zátěž okny m.č. 1



Zdroj: Vlastní zpracování

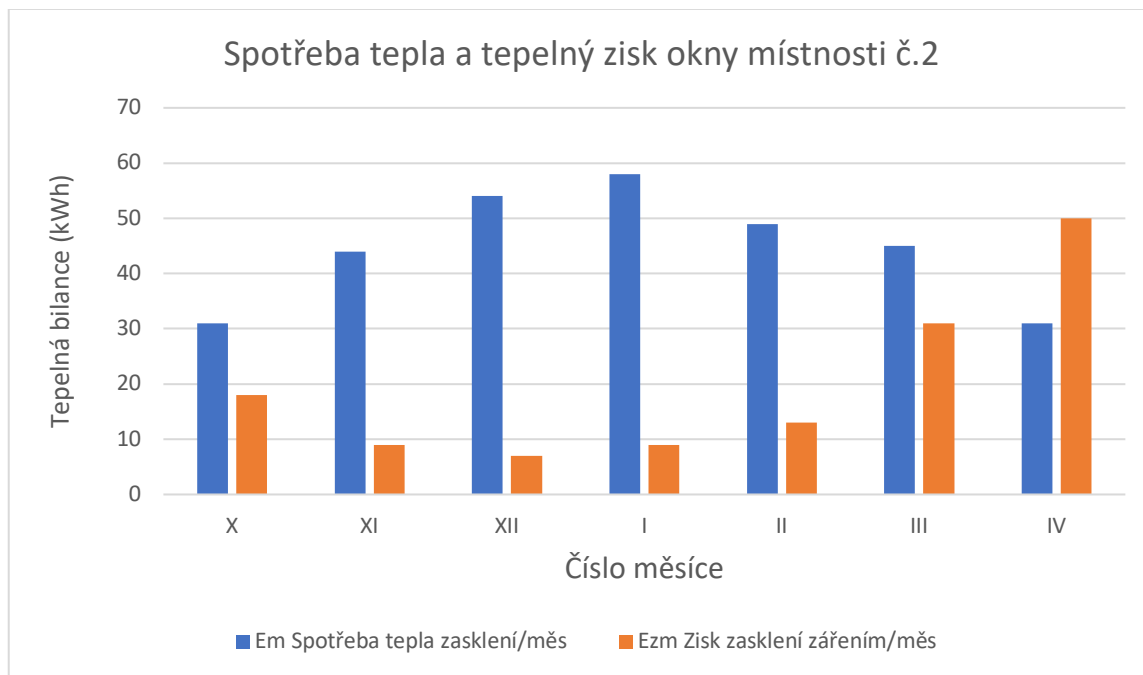
Na tomto grafu je vidět, že okna bez využití stínících prvků znamenají tepelnou zátěž 1126W. Na graf byla vynesena hodnota snížení tepelných zisků od oslunění ΔQ spočítaná na základě maximální možné uvažované tloušťky dle normy ČSN 73 0548 a její objemové hmotnosti. Pro beton byla uvažována hodnota 2300 kg/m^3 .

Na grafu je vidět, že až díky kombinaci žaluzií a slunolamu došlo k dostatečnému snížení tepelné zátěže okny.

4.5.4 Zimní tepelná bilance místnost č. 2

U místnosti č.2 byly použity data dlouhodobých průměrných měsíčních teplot stejná jako u m.č.1.

Graf 9 Měsíční tepelná bilance oken m. č.2



Zdroj: Vlastní zpracování

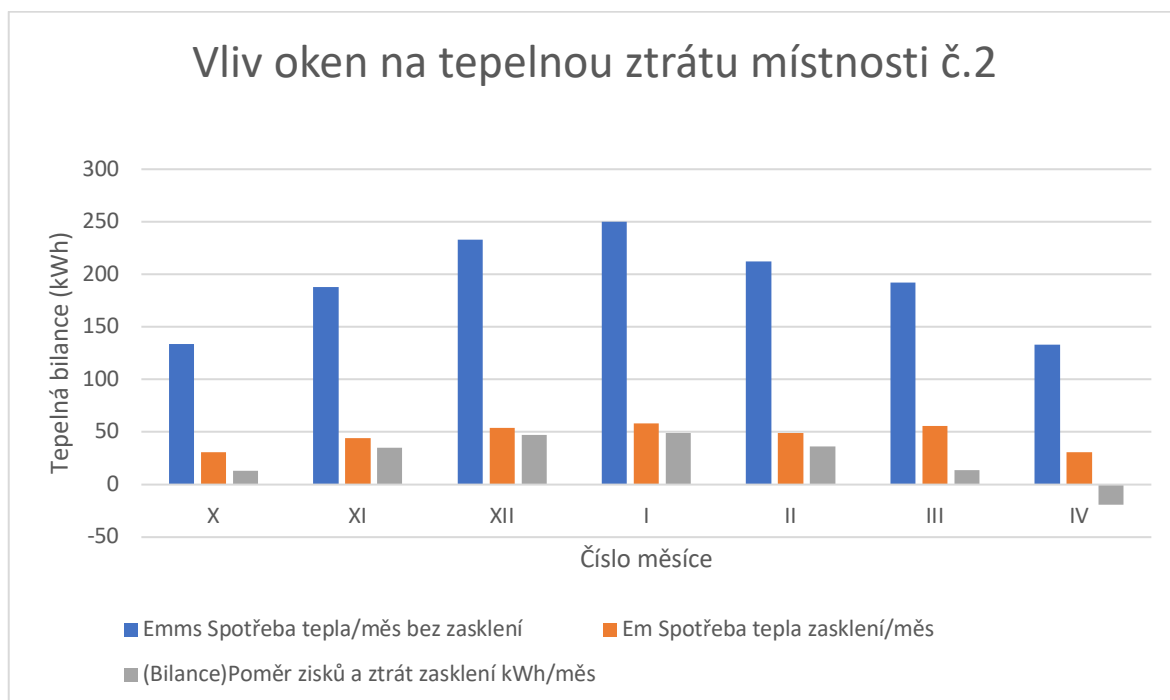
Tab. 16 Tepelná bilance oken m.č. 2 za otopné období

Bilance oken za otopné období	175	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	312	kWh
Zisk zasklení za otopné období	137	kWh

Zdroj: Vlastní zpracování

Plocha oken tvoří 35,7 % plochy obvodové zdi. Z výsledků je vidět, že i přes použití stejných oken, tedy plastových oken s dvojskly, jsou tepelné zisky zasklením ze slunečního záření podstatně nižší. Je to dáno především jejich orientací na severovýchod, na kterou v zimním období nedopadá příliš slunečního záření. Vidíme tedy, že použití oken s poměrně vysokým solárním faktorem, tedy v tomto případě 0,62, nepřináší žádaný efekt tepelných zisků ze slunečního záření v příliš velké míře. Tato světová strana, respektive především východní, naopak může přinášet přebytečnou tepelnou zátěž v období letním.

Graf 10 Vliv oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 2



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 17 Tepelná bilance za vytápěcí období m. č. 2

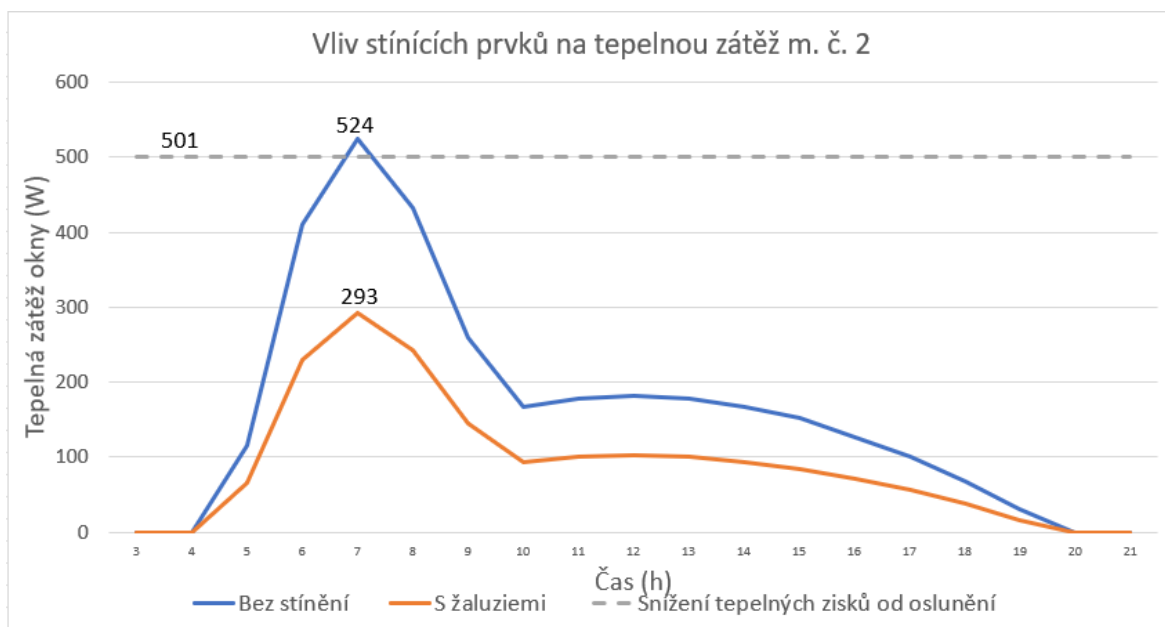
Spotřeba tepla místnosti bez zasklení za otopné období	1342	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	323	kWh
Energetická bilance zasklení za otopné období	175	kWh
Potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období	1517	kWh

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tepelné bilance za celé vytápěcí období je zřejmé, že větším problémem této místnosti jsou tepelné ztráty prostupem tepla zdí

4.5.5 Letní tepelná bilance místnost č. 2

Graf 11 Vliv stínících prvků na tepelnou zátěž okny m.č. 1



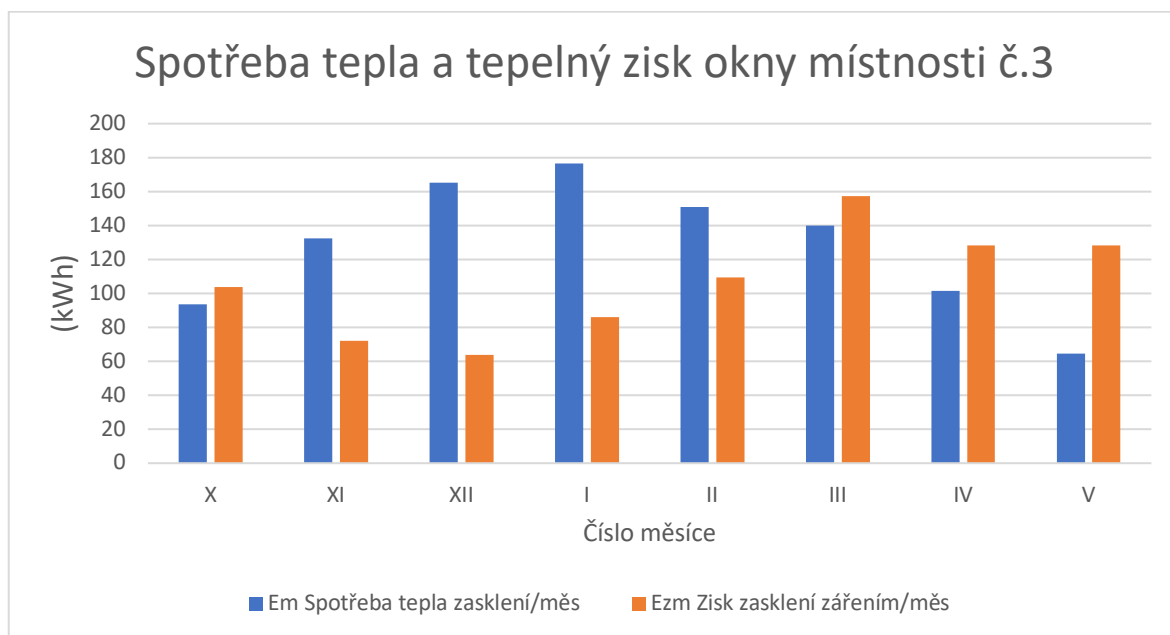
Zdroj: Vlastní zpracování

Na grafu je vidět, že místnost č.2 v červenci, což je v tomto případě měsíc s nejvyšší teplotou vzduchu a intenzitou sluneční radiace, na severovýchodě dosahuje maximálních hodnot tepelné zátěže v sedm ráno, kdy venkovní teplota je, dle normy ČSN 73 0548, 19,5 [°C]. Při použití žaluzií tato hodnota klesne na hodnotu 293 W.

4.5.6 Zimní tepelná bilance místnost č. 3

Prosklení místnosti číslo 3 tvoří 24 % plochy jižní obvodové zdi. Východní obvodová zeď prosklená není. Další konstrukcí této místnosti je strop pod nevytápěnou půdou, pro který byl ve výpočtech tepelných ztrát uvažován činitel teplotní redukce 0,5. Vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla obvodovou zdí, v tomto případě tloušťky 450 mm je $U = 1,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Součinitel prostupu tepla pro strop je uvažovaný $1,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Dále do výpočtu byla zahrnuta část střechy, jelikož dům má sedlovou střechu, která v menší míře tvoří část obvodové konstrukce m. č. 3. Její hodnota byla stanovena na $1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Graf 12 Měsíční tepelná bilance oken m. č.3



Zdroj: Vlastní zpracování

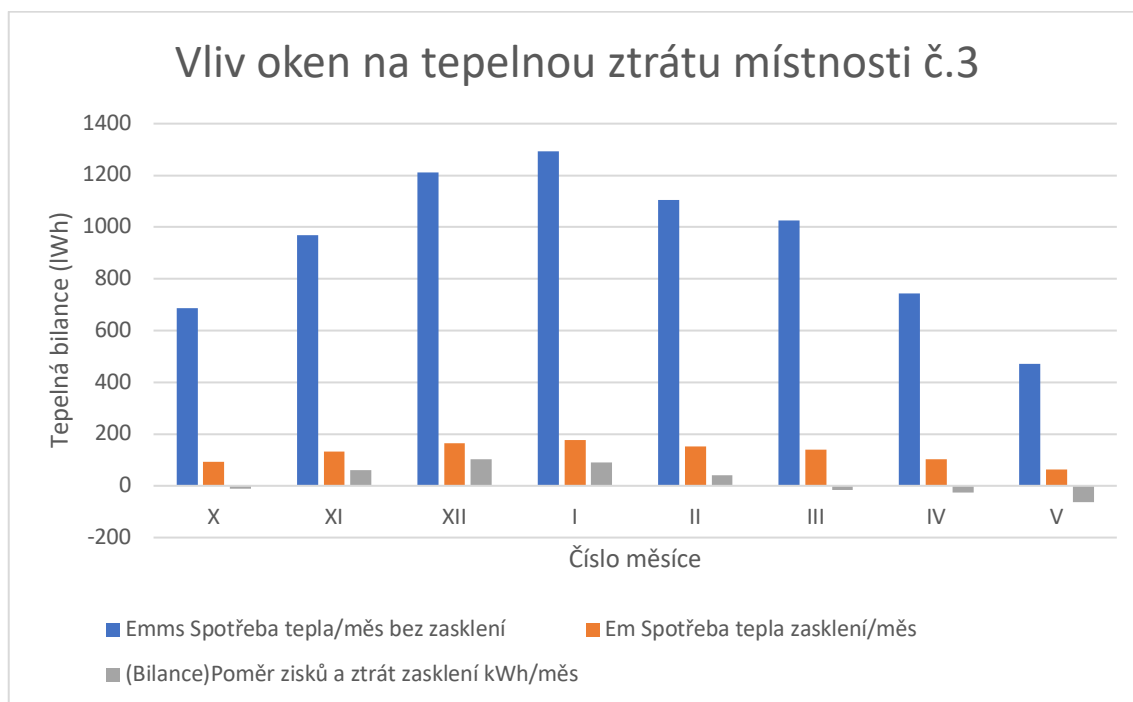
Tab. 18 Tepelná bilance oken m.č. 3 za otopné období

Bilance oken za otopné období	176	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	1024	kWh
Zisk zasklení za otopné období	849	kWh

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků je vidět, že i přes jižní orientaci, tedy orientaci nejvhodnější pro tepelné zisky ze slunečního záření v zimním období, a vysoký solární faktor špaletových oken s dvěma čirými skly, okna přináší vyšší spotřebu tepla, než jaké jsou jejich zisky. Je to dáno především jejich nevyhovujícím součinitelem prostupu tepla o hodnotě $U_w = 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, který nesplňuje doporučenou, ani požadovanou hodnotu.

Graf 13 Vliv oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 3



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 19 Tepelná bilance za vytápěcí období m. č. 3

Spotřeba tepla místnosti bez zasklení za otopné období	7504	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	1024	kWh
Energetická bilance zasklení za otopné období	175	kWh
Potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období	7679	kWh

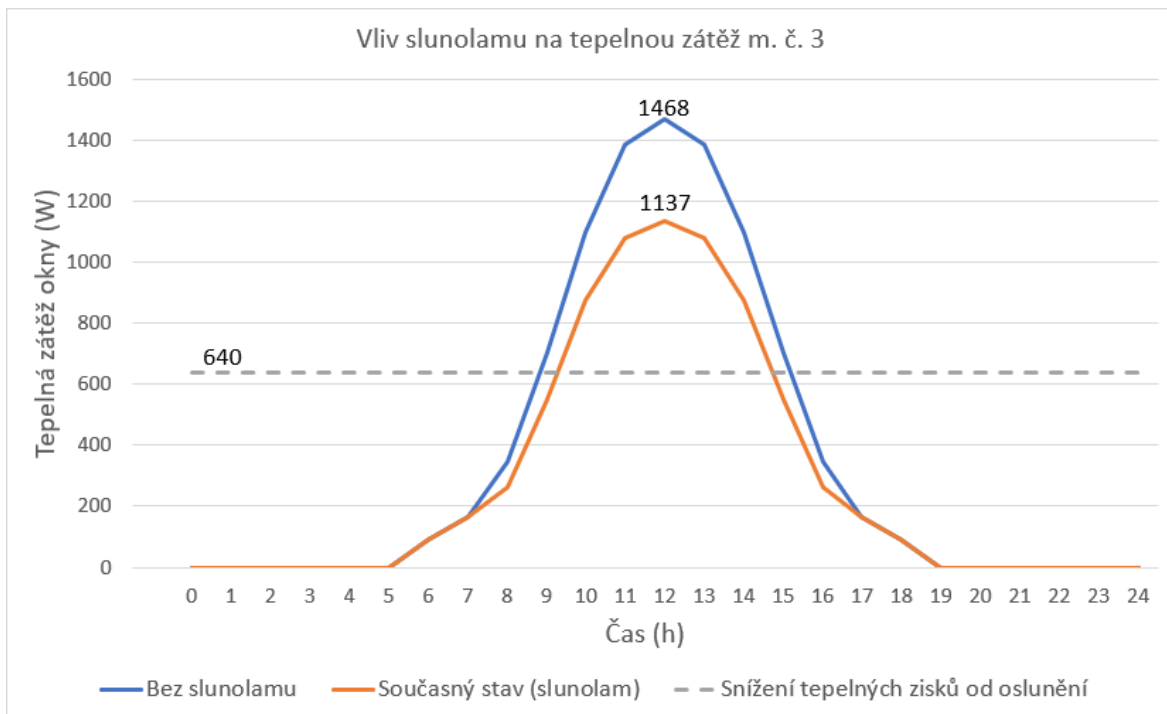
Zdroj: Vlastní zpracování

Kromě nevyhovujících oken je vidět další nedostatek, a to velké tepelné ztráty obvodovými konstrukcemi. Ty jsou dány kromě nevyhovujícího součinitele prostupu tepla obvodových zdí, tedy $U = 1,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, tím, že se jedná o rohový pokoj s velkým množstvím konstrukcí v kontaktu s venkovním prostředím.

Dále se tedy práce bude zabývat návrhem nových oken.

4.5.7 Letní tepelná bilance místnost č. 3

Graf 14 Vliv slunolamu na tepelnou zátěž okny m.č. 3



Zdroj: Vlastní zpracování

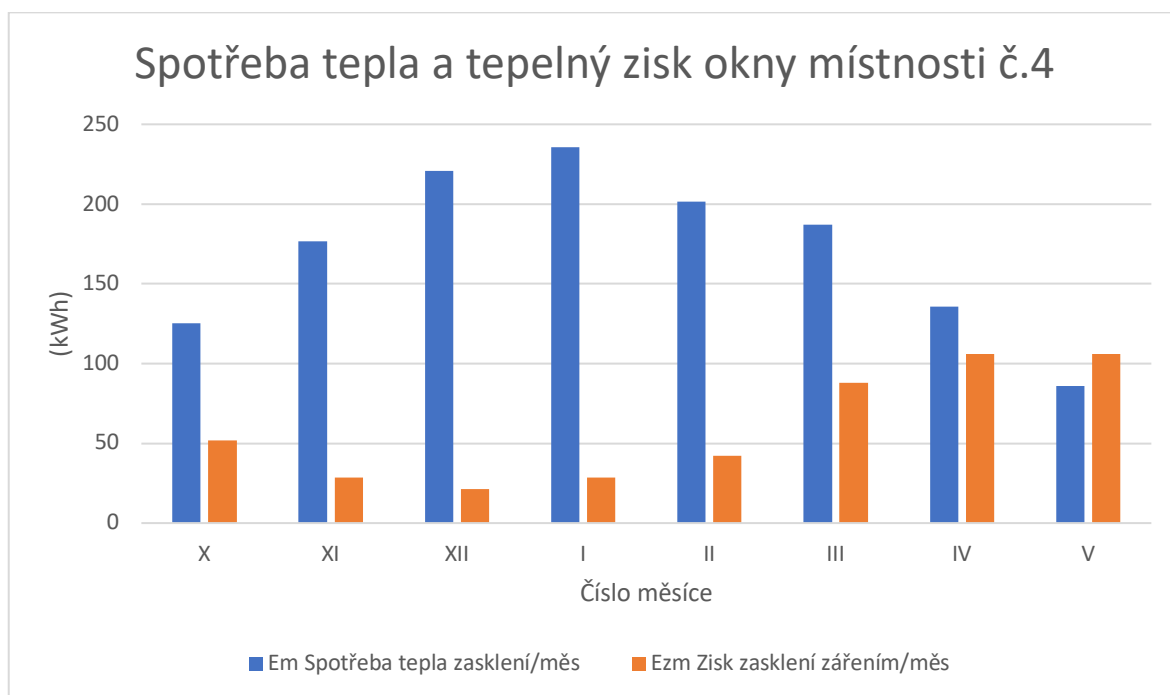
Na grafu vidíme, že těmito jižně orientovanými okny, kterými v zimním období dochází k žádaným tepelným ziskům, dochází v letním období, konkrétně v měsíci srpen, k výrazné tepelné zátěži, která způsobuje přehřívání. Slunolam v tomto případě není účinný stejnou měrou jako v případě m.č. 1. To je způsobeno tím, že je vysoko nad okny, která jsou v této místnosti navíc dvoje nad sebou a tedy stín slunolamu nedokáže zastínit dolní části prosklení. Stále se však ukazuje, že horizontální slunolam je vhodné řešení stínění fasád s jižním prosklením, jelikož u této orientace je dosahováno maximální tepelné zátěže ve 12 hodin, což je doba, kdy je slunce nejvýše nad horizontem a slunolam tedy vrhá nejdelší stín. Tento slunolam však není dostačující a bude potřeba navrhnout opatření.

4.5.8 Zimní tepelná bilance místnost č. 4

Pro místnost č.4 byla použita stejná data dlouhodobých průměrných měsíčních teplot jako pro místnost č. 3.

Plocha prosklení východní stěny je 23 %.

Graf 15 Měsíční tepelná bilance oken m. č.4



Zdroj: Vlastní zpracování

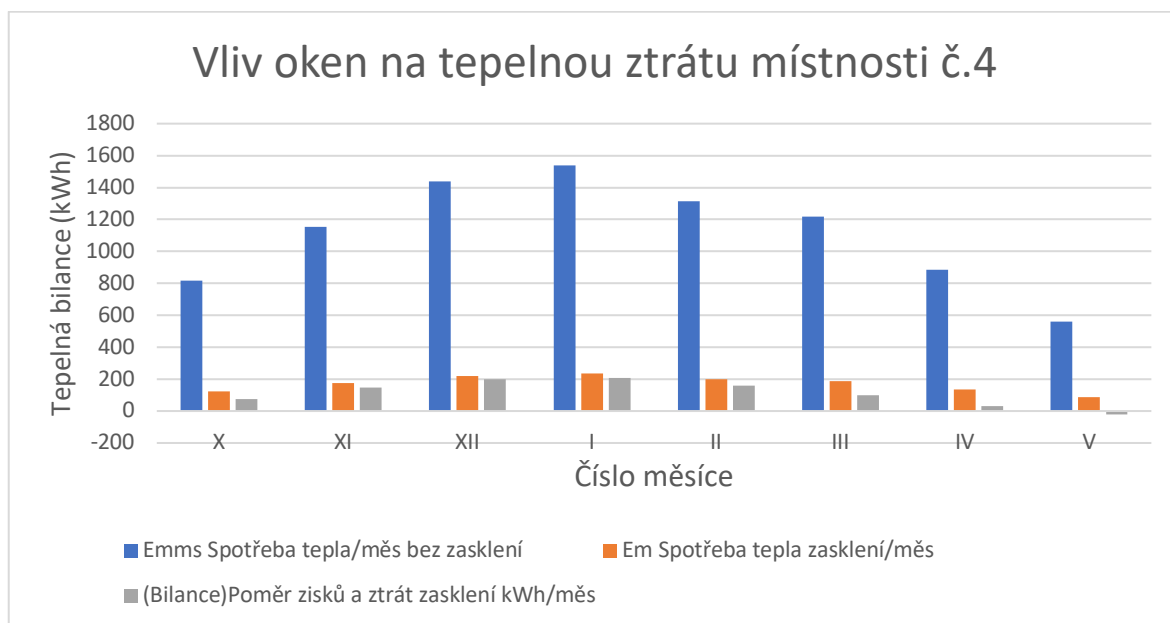
Tab. 20 Tepelná bilance oken m.č. 4 za otopné období

Bilance oken za otopné období	897	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	1369	kWh
Zisk zasklení za otopné období	472	kWh

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků je patrné, že i přes to, že okna mají totožný součinitel prostupu tepla U_w a solární faktor g , jako okna místnosti číslo 3, jejich spotřeba tepla není kompenzována v takové míře, jako okna m. č .3. Je to tedy dáno jejich orientací, která v zimním období nepřináší tak výraznou možnost využití solárních zisků.

Graf 16 Vliv oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 4



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 21 Tepelná bilance za vytápěcí období m. č. 4

Spotřeba tepla místnosti bez zasklení za otopné období	8922	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	1369	kWh
Energetická bilance zasklení za otopné období	896	kWh
Potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období	9818	kWh

Zdroj: Vlastní zpracování

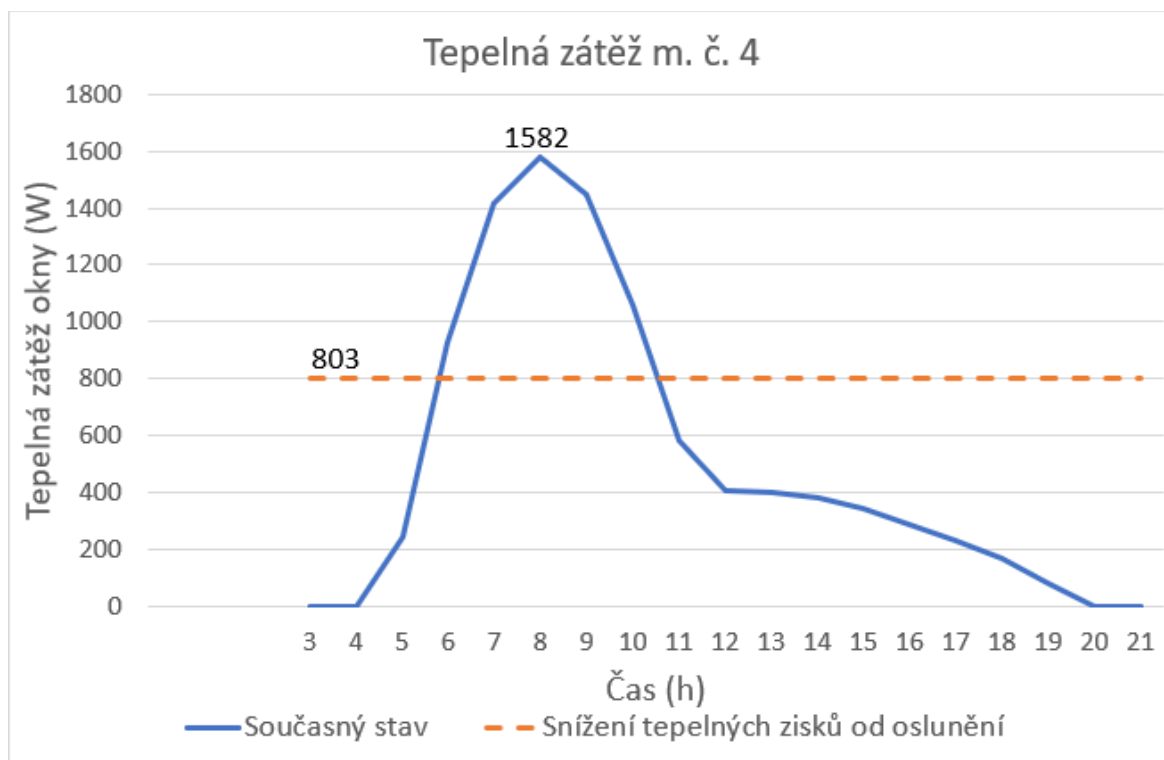
I v tomto případě, stejně jako u m.č. 3., tvoří významnou část tepelných ztrát také ostatní konstrukce, jelikož se jedná o rohovou místnost pod nezateplenou půdou.

Dále se tedy práce bude zabývat i návrhem zlepšení těchto oken.

4.5.9 Letní tepelná bilance místnost č. 4

Největší tepelné zátěže je u této místnosti dosahováno v červenci.

Graf 17 Tepelná zátěž okny m.č. 1



Zdroj: Vlastní zpracování

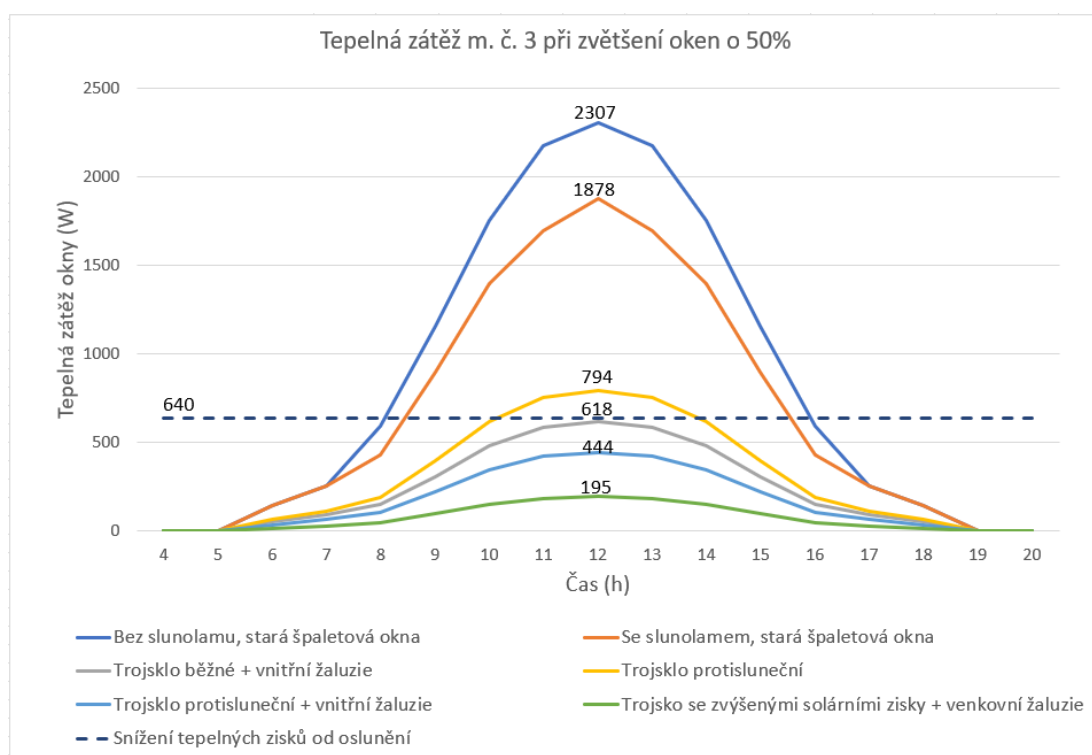
Zde je vidět, že i přes to, že okna orientovaná na východ v zimě nepřinášejí výrazné tepelné zisky, je v létě situace jiná a v tuto dobu již k tepelné zátěži dochází a bude tedy potřeba navrhnout opatře

4.6 Vliv zvětšení velikosti prosklení na tepelnou bilanci místnosti č. 3

V této části je zkoumáno, jaké žádoucí a nežádoucí efekty by přinášelo zvětšení oken místnosti číslo 3 o 50 %, a tedy celková plocha oken se by změnila z hodnoty 4,27 m² na 6,41 m².

4.6.1 Letní tepelná bilance s větším prosklením

Graf 18 Tepelná zátěž a vliv stínících prvků m.č. 3 při zvětšení oken o 50%



Zdroj: Vlastní zpracování

Na grafu je vidět, že tepelná zátěž stoupla z hodnoty 1468 W na 2307 W a je tedy potřeba zvolit, jaká opatření by tuto přebytečnou zátěž snížila, jelikož schopnost stěn snížit tepelné zisky od oslunění zůstala stejná.

Jelikož se jedná o porovnání situace, kdy by stávající místnost měla větší okna, než jaká jsou v současné situaci, je počítáno u všech variant zároveň s přítomností slunolamu.

Na grafu dále je vidět, že použití plastového okna s protislunečním trojsklem s uvažovanou hodnotou solárního faktoru 0,36 stále přináší přílišnou zátěž. V případě použití vnitřních žaluzií s hodnotou stínícího součinitele 0,56 však již tepelná zátěž

nepředstavuje takový problém. Dále můžeme vidět, že v případě kombinace plastového okna s protislunečním trojsklem a vnitřními žaluziemi již tepelná zátěž dále klesla. Nejvhodnější kombinace však je použití venkovních žaluzií, se kterými dokonce ani plastové okno s trojskly se zvýšenými solárními zisky, tedy uvažovanou hodnotou solárního faktoru 0,63, nepředstavuje přílišnou tepelnou zátěž.

4.6.2 Zimní tepelná bilance s větším prosklením

V této části jsou zhodnoceny varianty z předchozí kapitoly z pohledu potřeby tepla na vytápění. Stínící technika se v zimním období neprojeví, jelikož je možné ji v případě vnitřních i vnějších žaluzií regulovat.

Tab. 22 Potřeba tepla pro různé velikosti oken a druhy zasklení

Stávající velikost	Potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období (kWh)
Trojsklo se solárními zisky (vnitřní žaluzie)	7171
Trojsklo běžné (vnitřní žaluzie)	7275
Trojsklo se solárními zisky (venkovní žaluzie)	7171
Okna zvětšené o 50 %	
Trojsklo běžné (vnitřní žaluzie)	6925
Trojsklo protisluneční (vnitřní žaluzie)	7102
Trojsklo se zvýšenými solárními zisky (venkovní žaluzie)	6770

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků je vidět, že při využití moderních oken s dobrou tepelnou bilancí, může přinést zvětšení oken úsporu ve formě nižší potřeby tepla na vytápění, v tomto případě při nejpříznivější variantě na 6770 kWh za vytápěcí období. Aby bylo tohoto možné využít, je nutné vyřešit nadměrné přehřívání. Nejefektivnější varianta se ukazuje použití venkovních žaluzií, které umožňují použití plastového okna s trojsklem i se zvýšenými solárními zisky, aniž by v letním období docházelo k přílišné tepelné zátěži. Toto řešení je však nejdražší a je otázkou, zda by mělo při dlouhé návratnosti v tomto případě smysl.

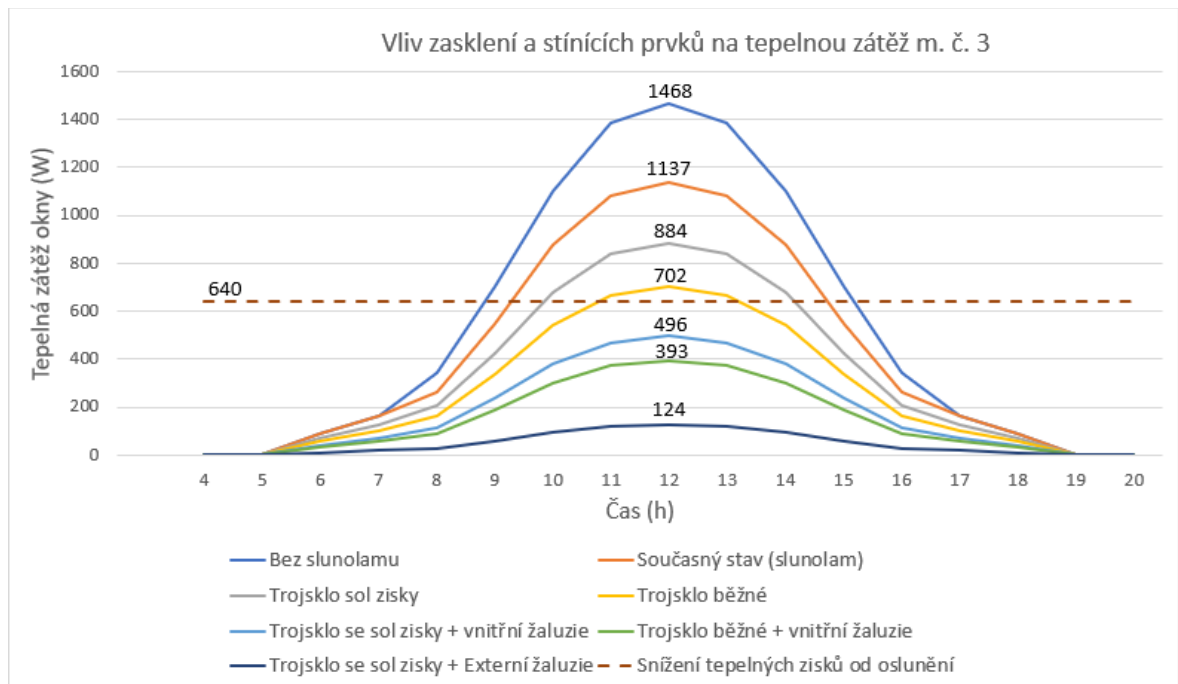
5 Návrh zlepšení, výsledky a zhodnocení

V této kapitole jsou porovnány různé varianty oken a stínících prvků a je vybrána a navržena jako řešení jedna z variant.

5.1 Návrh okna pro místnost č. 3

V následujícím grafu jsou uvedeny uvažované možnosti návrhů.

Graf 19 Tepelná zátěž m.č. 3 s použitím různých zasklení a stínících prvků

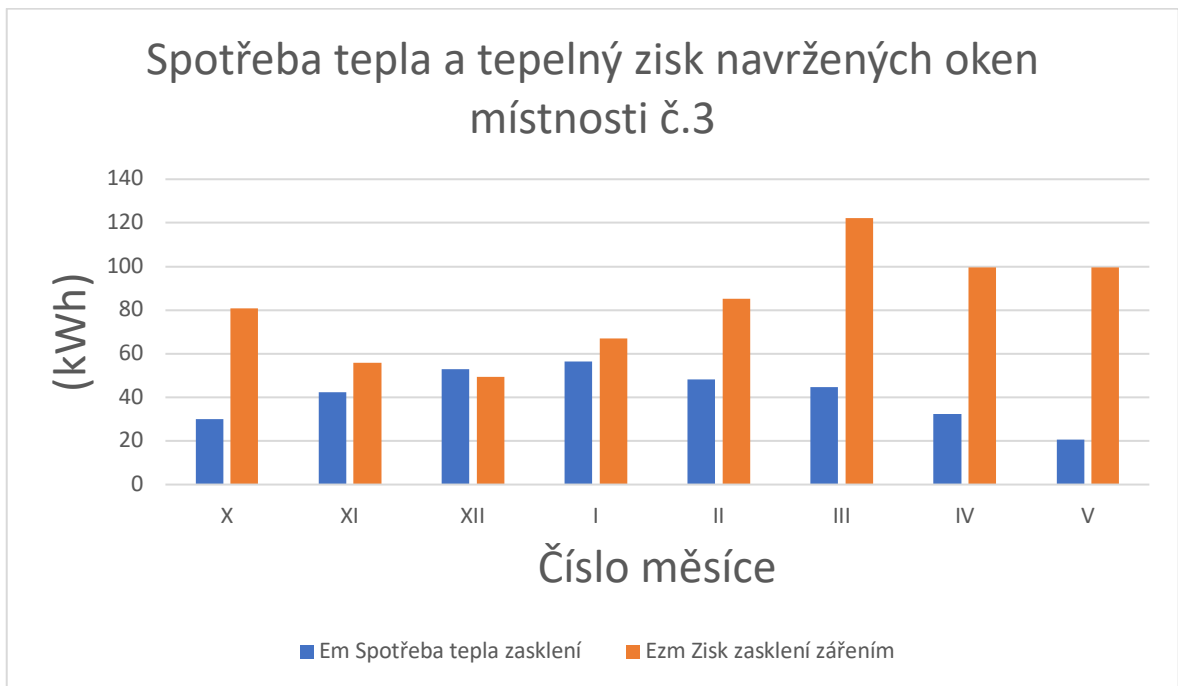


Zdroj: Vlastní zpracování

Jako vyhovující můžeme považovat variantu plastového okna se zvýšenými solárními zisky při použití vnitřních žaluzií, dále možnost plastového okna s běžným trojsklem při použití vnitřních žaluzií a jako nejefektivnější varianta je použití venkovních žaluzií. Venkovní žaluzie jsou však finančně nákladné a má smysl je použít v případě nepřiměřené tepelné zátěže.

Jako vhodný návrh opatření jsou tedy zvoleny plastová okna s trojsklem v kombinaci s vnitřními žaluziemi pro letní komfort. Tato varianta přináší vyšší úsporu než použití plastových oken s běžným trojsklem. Rozdíl úspory mezi běžným trojsklem a trojsklem se zvýšenými solárními zisky je $7275 - 7171 = 104$ kWh/otopné období.

Graf 20 Měsíční tepelná bilance navržených oken m. č. 3



Zdroj: Vlastní zpracování

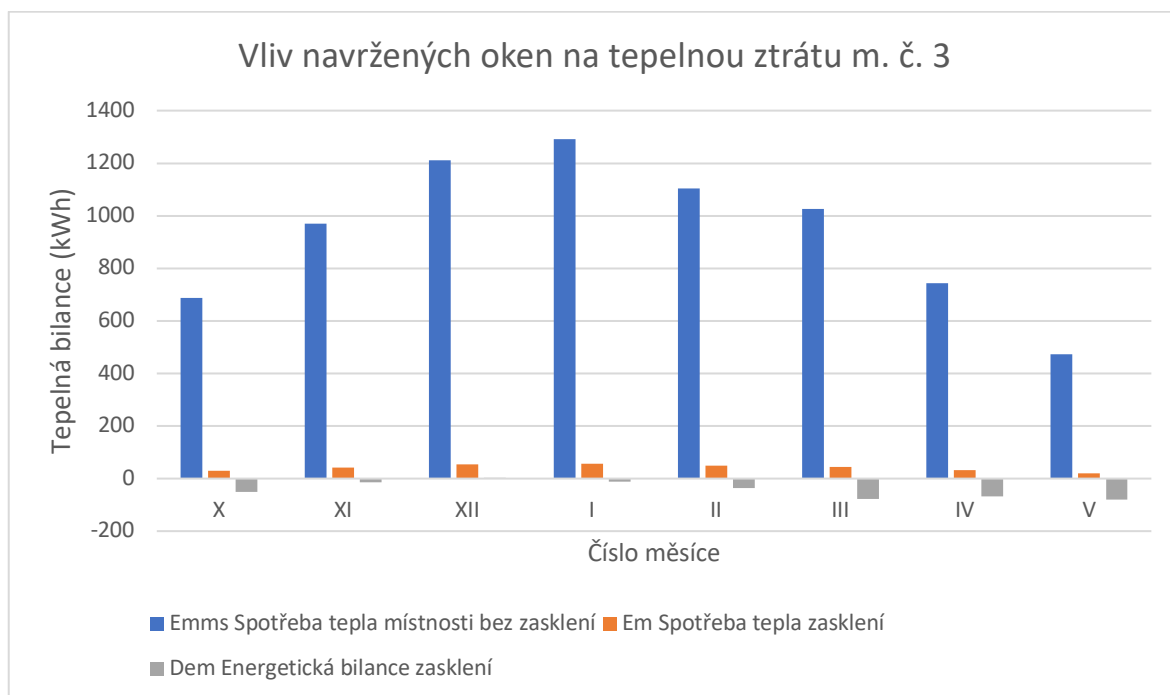
Tab. 23 Tepelná bilance navržených oken m.č. 3 za otopné období

Bilance oken za otopné období	-332	kWh
Spotřeba zasklení za otopné období	328	kWh
Zisk zasklení za otopné období	660	kWh

Zdroj: Vlastní zpracování

Těmito okny je dosaženo kladné tepelné bilance, tedy že okny se více energie získá, než kolik projde prostupem ven.

Graf 21 Vliv navržených oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 3



Zdroj: Vlastní zpracování

V tomto grafu je patrné, že moderní okna při vhodném zvolení podle světové strany již nepředstavují výrazné tepelné ztráty, ale naopak je pomáhají snižovat.

Tab. 24 Tepelná bilance s navrženými okny za vytápěcí období m. č. 3

Spotřeba tepla místnosti bez zasklení za otopné období	7504	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	327	kWh
Energetická bilance zasklení za otopné období	-334	kWh
Potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období	7171	kWh

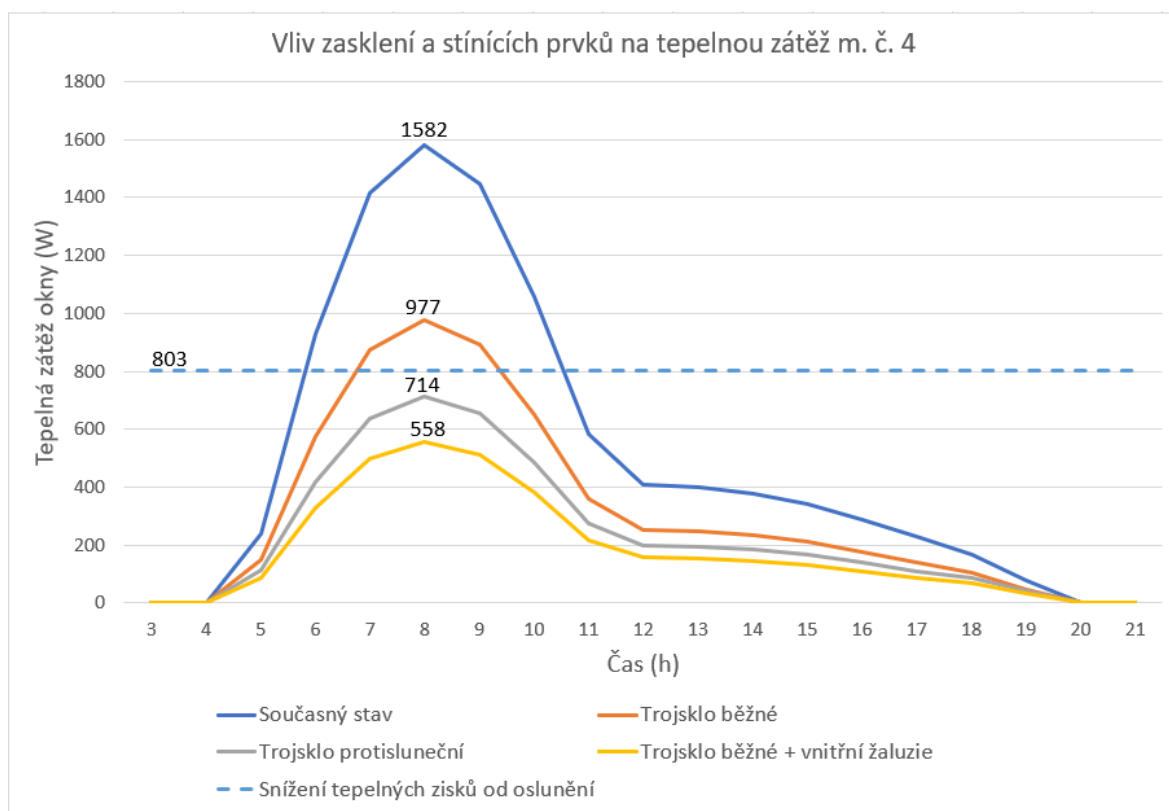
Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledná potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období je 7170 kWh, což oproti původní potřebě 7679 kWh znamená úsporu 509 kWh.

5.2 Návrh okna pro místnost č. 4

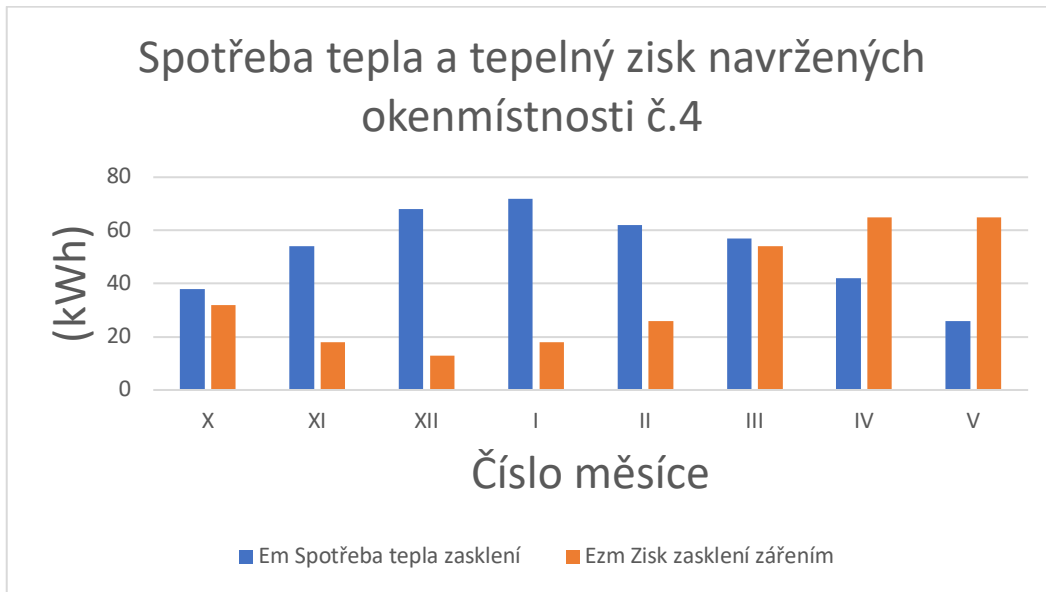
S přihlédnutím na fakt, že činitel denní osvětlenosti pro m.č. 4 těsně nevyhověl normovým požadavkům, je vhodnější volit plastové okno s běžným trojsklem a použití vnitřních žaluzií, které je potřeba použít pouze v dobách nadměrné tepelné zátěže, oproti variantě použití skla protislunečního, které by mělo zároveň nižší stupeň propustnosti světla L_t a tedy by celoročně do místnosti prostupovalo méně světla.

Graf 22 Tepelná zátěž m.č. 4 s použitím různých zasklení a stínících prvků



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 23 Měsíční tepelná bilance navržených oken m. č. 4



Zdroj: Vlastní zpracování

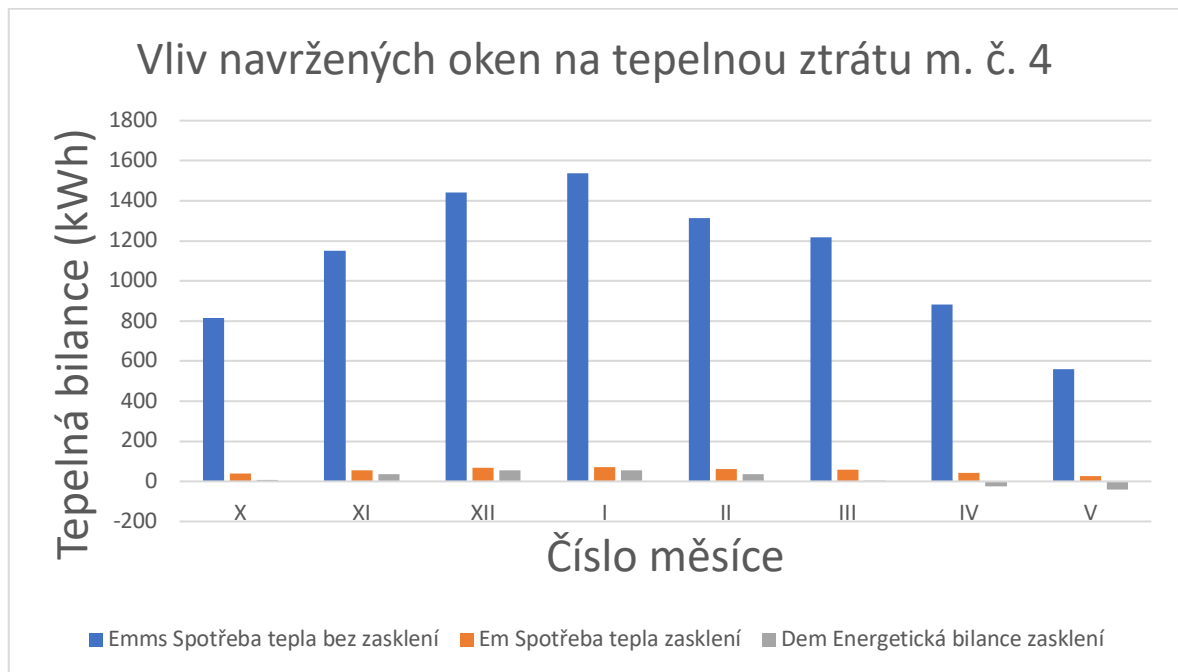
I zde můžeme znovu vidět, že tepelné zisky v zimním období nejsou pro tuto světovou stranu tak výrazné, tudíž by ani nemělo smysl například navrhopvat větší okna, jelikož by se jednalo především o nárůst negativních faktorů, tedy přehřívání.

Tab. 25 Tepelná bilance navržených oken m.č. 4 za otopné období

Bilance oken za otopné období	129	kWh
Spotřeba zasklení za otopné období	419	kWh
Zisk zasklení za otopné období	291	kWh

Zdroj: Vlastní zpracová

Graf 24 Vliv navržených oken na měsíční tepelnou bilanci m. č. 4



Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 26 Tepelná bilance s navrženými okny za vytápěcí období m. č. 4

Spotřeba tepla místnosti bez zasklení za otopné období	8922	kWh
Spotřeba tepla zasklení za otopné období	419	kWh
Energetická bilance zasklení za otopné období	129	kWh
Potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období	9051	kWh

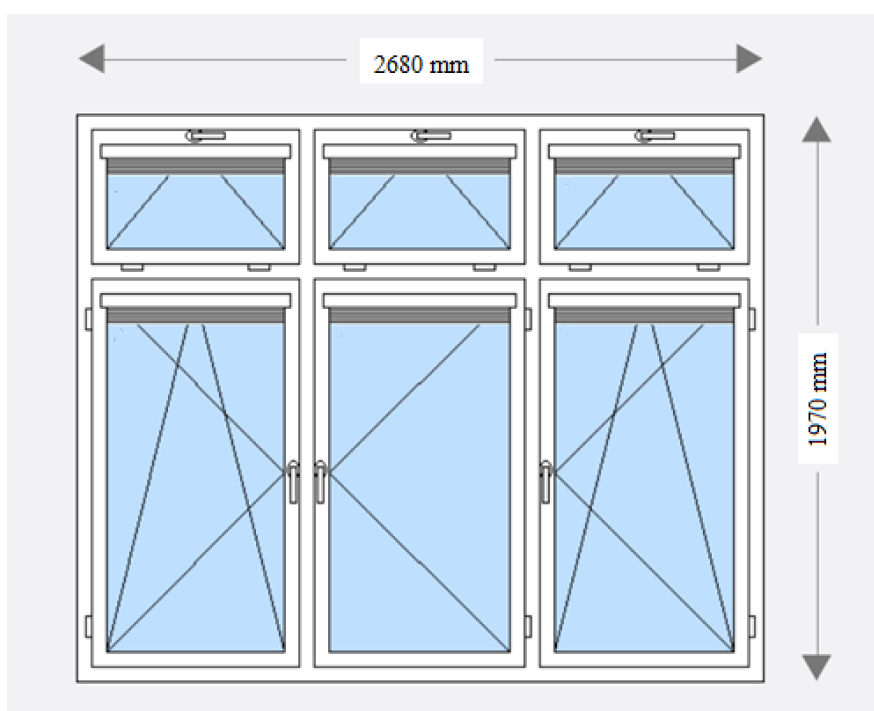
Zdroj: Vlastní zpracování

Potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období byla snížena z 9818 kWh na 9051 kWh, úspora tedy činí 767 kWh.

5.3 Ekonomické zhodnocení

Navržená okna byla nakonfigurována v dostupném on-line konfigurátoru u společnosti Skladová okna, nabízející také výrobu oken na míru. V konfigurátoru je možné zvolit standardní trojsklo použité pro návrh místnosti č. 4, není ale již možné u tohoto prodejce zvolit konkrétní trojsklo s vyšším solárním faktorem použité pro místnost č. 3. Cena by však měla být velmi podobná a je tedy počítáno podle ceny standardního trojskla (TT Holding, 2023).

Obr. 22 Náhled oken v konfigurátoru včetně žaluzií pro místnost č. 3



Zdroj: TT Holding, 202

Obr. 23 Náhled parametrů v konfigurátoru pro místnost č. 3

Souhrn zvolených parametrů						
PROFILY:	Provedení					
	REHAU Synego AD KLASIK					
BARVA:	Vnitřní			Vnější		
	Bílá			Bílá		
SKLA:	Oblast 1	Oblast 2	Oblast 3	Oblast 4	Oblast 5	Oblast 6
	Zvolená výplň: 3TPS/18A/3/20A/3TPS trojsklo (U=0,5)	Zvolená výplň: 3TPS/18A/3/20A/3TPS trojsklo (U=0,5)	Zvolená výplň: 3TPS/18A/3/20A/3TPS trojsklo (U=0,5)	Zvolená výplň: 3TPS/18A/3/20A/3TPS trojsklo (U=0,5)	Zvolená výplň: 3TPS/18A/3/20A/3TPS trojsklo (U=0,5)	Zvolená výplň: 3TPS/18A/3/20A/3TPS trojsklo (U=0,5)
	Rámeček: Teplý meziskelní (distanční) rámeček	Rámeček: Teplý meziskelní (distanční) rámeček	Rámeček: Teplý meziskelní (distanční) rámeček	Rámeček: Teplý meziskelní (distanční) rámeček	Rámeček: Teplý meziskelní (distanční) rámeček	Rámeček: Teplý meziskelní (distanční) rámeček
ŽALUZIE:	Žaluzie pro oblast 1	Žaluzie pro oblast 2	Žaluzie pro oblast 3	Žaluzie pro oblast 4	Žaluzie pro oblast 5	Žaluzie pro oblast 6
	Typ: Žaluzie EURO Style Opal	Typ: Žaluzie EURO Style Opal	Typ: Žaluzie EURO Style Opal	Typ: Žaluzie EURO Style Opal	Typ: Žaluzie EURO Style Opal	Typ: Žaluzie EURO Style Opal
	Barva: 1	Barva: 1	Barva: 1	Barva: 1	Barva: 1	Barva: 1
	<input type="button" value="Smazat"/>	<input type="button" value="Smazat"/>	<input type="button" value="Smazat"/>	<input type="button" value="Smazat"/>	<input type="button" value="Smazat"/>	<input type="button" value="Smazat"/>

Zdroj: TT Holding, 2023

Potřeba tepla na vytápění za vytápěcí období u místnosti č. 3 by se výměnou oken snížila z 7679 kWh/rok na 7171 kWh/rok, tedy o 508 kWh/rok. Při uvažované aktuální ceně 3,3Kč za kWh zemního plynu činí úspora 1680Kč za rok. U místnosti č. 4 se jedná o úsporu z 9818 kWh/rok na 9051 kWh/rok, tedy 767 kWh, což činí 2531Kč za rok. Celkem je úspora 4211 Kč za rok (TOPINFO, 2023).

Výsledná cena všech oken včetně žaluzií pro místnost č. 3 je 28 043Kč a pro místnost č.4 je 39 410Kč. Dohromady tedy 67 453Kč.

Doba návratnosti se spočítá dle následujícího vzorce

$$D_n = \frac{I}{\dot{U}} = \frac{67\,453}{4211} = 16,02 \text{ let}$$

Kde: D_n – doba návratnosti investice [roky]

I – výše investice [Kč]

\dot{U} – roční úspora [Kč]

6 Závěr

Místnost číslo 1 nevyhověla z pohledu činitele denní osvětlenosti. Jako příčina se však dalším měřením prokázalo stínění stromem, který bylo doporučeno odstranit. Místnost č. 2 a 3 z tohoto pohledu vyhověla. Místnost č. 4 částečně nevyhověla, nejedná se však o výrazné nesplnění požadovaných hodnot. Nově navržená okna, která nejsou oproti původním uprostřed dělena rámem, který snižuje propustnost světla, by tento nedostatek mohla odstranit.

Z dlouhodobého měření vyplynulo, že v žádné z místností není průměrná relativní vlhkost nadměrně vysoká. Je však vidět, že přítomnost uživatelů má velký vliv na relativní vlhkost a že preferují spíše nárazové větrání ve snaze snížit náklady na vytápění.

Z výsledků výpočtů tepelných bilancí místnosti č. 1 vyplívá, že současné řešení jihozápadně orientovaných oken přináší spotřebu tepla zasklením za otopné období 488 kWh, kterou jsou však schopny kompenzovat v míře 437 kWh. Je to především díky dostatečnému stínění v podobě lodžie a vnitřních žaluzií, snižující tepelnou zátěž okny z 1126 W na 368 W, které umožnilo zvolit okna s vysokým solárním faktorem, tedy 0,62. Okna však splňují pouze požadovaný, nikoli doporučený součinitel prostupu tepla U_w , díky kterému by okna dosahovala ještě nižší spotřeby tepla za vytápěcí období.

U místnosti č. 2 je i přes použití stejných oken jako m.č. 1 vidět, že nedochází ke kompenzaci spotřeby tepla za vytápěcí období v takové míře, jako u m.č. 1. Je to tedy dáno orientací oken, v tomto případě na severovýchod. Okna s vyšším solárním faktorem tedy u této orientace nepřináší výraznou úsporu.

U místnosti č. 3, která je orientovaná na jih, lze pozorovat výrazný zisk zasklení zářením za otopné období, který je daný nejvyšším solárním faktorem ze všech uvažovaných oken, tedy 0,81. Tato vlastnost je však dosahována pouze díky použití oken s dvěma čirými skly, která však kvůli svému vysokému součiniteli prostupu tepla U_w , přináší spotřebu tepla zasklení za otopné období 1024 kWh. Zároveň tato okna znamenají tepelnou zátěž 1468 W, která je díky stínění přesahem střechy snížena na 1137 W. Svislá vzdálenost střechy od oken je však vysoká, což snižuje účinnost tohoto stínění.

Místnost č. 4 ukazuje, že okna i přes stejně vysoký solární faktor jako u m.č. 3 kompenzují spotřebu tepla zasklení za otopné období pouze o 472 kWh, což oproti ztrátě 1369 kWh neznamena výraznou kompenzaci. Okna naopak v letním období přináší tepelnou

zátěž 1582 W. Okna s takto vysokým solárním faktorem tedy nejsou pro tuto východně orientovanou místnost vhodná.

V případě zvážení varianty m.č. 3 se zvětšením velikosti oken o 50% je vidět, že při použití plastového okna s trojskly se zvýšenými solárními zisky, tedy s hodnotou solárního faktoru $g = 0,63$, a použití venkovních žaluzií se stínícím součinitelem $s = 0,14$, které dovolují použití takového okna aniž by docházelo k přílišné tepelné zátěži, je dosaženo potřeby tepla na vytápění za vytápěcí období 6770 kWh, což je oproti variantě zachování velikosti oken a použití nejvhodnějšího zasklení a stínění, které nepředstavuje nadměrnou tepelnou zátěž, tedy plastové okno s trojskly se zvýšenými solárními zisky a vnitřními žaluziemi, znamenající potřebu tepla na vytápění za vytápěcí období ve výši 7171 kWh, úspora 401 kWh. Vidíme tedy, že tepelná bilance takového zasklení je lepší, než původní cihlové obvodové zdi. Návratnost této investice by však kvůli nutnosti pořízení nákladných vnějších žaluzií a zásahu do zdiva byla pravděpodobně dlouhá.

U varianty se zvětšením okna o 50 % dále také vidíme, že i při použití plastového okna s běžným trojsklem, za použití vnitřních žaluzií, dochází k úspoře na 6925 kWh.

Jako návrh opatření m.č. 3 byla zvoleno ponechat velikosti oken a použít nová plastová okna s trojskly v kombinaci s vnitřními žaluziemi, jelikož oproti variantě s běžným trojsklem přináší úsporu dalších 104 kWh za otopné období.

Tato varianta snižuje potřebu tepla na vytápění z původních 7679 kWh na 7171 kWh. Úspora činí 508 kWh.

Pro m.č. 4 byla zvolena výměna oken za plastová s běžným trojsklem a vnitřními žaluziemi. Spotřeba tepla na vytápění za vytápěcí období byla snížena z 9818 kWh na 9051 kWh, tedy o 767 kWh.

Celková úspora spotřeby tepla činí 1276 kWh, což při současné ceně zemního plynu činí 4211 Kč za vytápěcí období. Náklady na pořízení oken pro m.č. 3 a m.č. 4 včetně vnitřních žaluzií jsou 67 453 Kč, návratnost investice je 16,02 let.

U obou místností dále vyšla najevo také velmi vysoká tepelná ztráta obvodovými konstrukcemi, která by byla možná snížit dodatečným zateplením.

7 Seznam použitých zdrojů

[online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <http://www.imaterialy.cz/Clanky/Alternativni-nizkoenergeticke-chlazení-budov.html>

[online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <http://www.sazovsky.cz/novinky/solarni-faktor-nebo-stinici-koeficient-skla/>].

[online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: http://www.slunce-stin.cz/Files/file/technicke-nakresy/venkovni-zaluzie/venkovni-zaluzie_2007_CZ.pdf

[online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.hixon.cz/files/files/typ_produkty/mini-vnitri-zaluzie-2_1454595530.png

ALUTECH BOHEMIA, 2023. Hliníkové slunolamy. *Alutechbohemia.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.alutechbohemia.cz/hlinikove-slunolamy/?gclid=EAIaIQobChMI4aTNyI7u_QIVVfV3Ch1qQwHSEAAYASAAEgIPOfD_BwE

BALOGO VÁ, R. 2010. Stínící prvky – součást moderní stavby. In: *Asb-portal.cz* [online]. 4. 1. 2010 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/okna-dvere/stinici-prvky-soucast-moderni-stavby>

BATIMA, 2023. Hliníkové slunolamy. *Batima.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://batima.cz/produkty/hlinikove-slunolamy/>

CIHLÁŘ, J. a J. HAZUCHA, 2007. *Pasivní domy* [online]. Brno: Centrum pasivního domu [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/05_zaskleni.pdf

COMET SYSTEM, 2023. Teploměr-vlhkoměr. *Comesystem.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-3-2]. Dostupné z: <https://www.cometsystem.cz/produkty/zaznamniky/reg-r3120>

ČSN 73 0542. *Způsob stanovení energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov*. Praha: Český normalizační institut, 1995. Třídící znak: 730542.

ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Český normalizační institut, 1986. Třídící znak: 730548.

ČUPROVÁ, D., 2006. *Stínící technika*. Brno: ERA. ISBN 80-7366-046-6.

DECEUNINCK, 2023. Vlhkost vzduchu a tvorba plísni. *Deceuninck.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.deceuninck.cz/tipy-fakta/vlhkost-vzduchu-tvorba-plisni>

DECRO, 2023. Velké prosklené plochy jako trend současnosti. *Decro.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.decro.cz/velke-prosklene-plochy-jako-trend-soucasnosti/?fbclid=IwAR0_KtyRqjgs3mNHrJyR1UQvKOY6gWY8Kn0IeX_NglxUBxljwsjj2rsCo9k

GEBAUER, G., 2005. *Vzduchotechnika*. Brno: ERA. ISBN 80-7366-027-X.

HUMM, O., 1999. *Nízkoenergetické domy*. Praha: Grada. ISBN 80-7169-657-9.

JOKL, V. M., 2004. *Přirozená klimatizace*. Brno: ERA. ISBN 80-86517-84-5.

KURZY.CZ, 2023. Počasí statistiky Praha, ČR. *Kurzy.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/pocasi-v-ceske-republice/praha/statistiky/>

MARON, 2023. Venkovní žaluzie. *Maron.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.maron.cz/venkovni-stineni/venkovni-zaluzie>

MICRONIX, 2013. COMET R3120 záznamník vlhkosti a teploty. *Eshop.micronix.cz* [online]. © 2013 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://eshop.micronix.cz/merici-technika/vyprodej/sleva-15/r3120.html>

MK ROLETY, 2023. Markýzy pro vaši terasu i balkon. *Mk-rolety.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.mk-rolety.cz/markyzy/>

NĚMCOVÁ, L., 2020. Jaké funkce má vnitřní stínění oken a čím může obohatit náš interiér. In: *Drevostavby.cz* [online]. 9. 6. 2020 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/bydleni-nejen-v-drevostavbe/ostatni/6057-jake-funkce-ma-vnitri-stineni-oken-a-cim-muze-obohatit-nas-interier>

OKNOLAND, 2023. Dvojsklo, nebo trojsklo? *Oknoland.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://oknoland.cz/dvojsklo-nebo-trojsklo/>

POPELKOVÁ, M., 2020. Není okno jako okno. Některé typy vám dokáží ušetřit peníze. In: *Hobby.instory.cz* [online]. 29. 2. 2020 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://hobby.instory.cz/4273-neni-okno-jako-okno-nektere-typy-vam-dokazi-usetrit-penize.html>

PUŠKÁR, A. et al., 2003. *Okna, dveře, prosklené stěny*. Bratislava: Jaga. ISBN 80-88905-47-8

RYBÁR, P., 2002. *Denní osvětlení a oslunění budov*. Brno: ERA Group. ISBN 80-86517-33-0.

SAINT-GOBAIN GLASS, 2021. Domov jako oáza klidu aneb aby k vám hluk nemohl. In: *Stavba.tzb-info.cz* [online]. 10. 12. 2021 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akusticke-vlastnosti-oken-a-dveri/23202-domov-jako-oaza-klidu-aneb-aby-k-vam-hluk-nemohl>

SAINT-GOBAIN GLASS, 2021. Jak zlepšovat akustické vlastnosti skla a tedy i okna? In: *Stavba.tzb-info.cz* [online]. 30. 8. 2021 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/22725-jak-zlepsovat-akusticke-vlastnosti-skla-a-tedy-i-okna>

SAINT-GOBAIN GLASS, 2022. Dvojsklo nebo trojsklo? Počet skel pro výběr nestačí. In: *Stavba.tzb-info.cz* [online]. 14. 3. 2022 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelnotechnicke-vlastnosti-oken-a-dveri/23561-dvojsklo-nebo-trojsklo-pocet-skel-pro-vyber-destaci>

SERVIS OKEN A DVEŘÍ BRNO, 2013. Co jsou selektivní skla? *Servisoken-brno.cz* [online]. © 2013 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.servisoken-brno.cz/otazky-a-odpovedi-co-jsou-selektivni-skla/>

SCHWARZER, J. a J. JEŽEK, 2014. Vliv prosklených ploch na vnitřní pohodu prostředí. In: *Stavba.tzb-info.cz* [online]. 5. 5. 2014 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelnotechnicke-vlastnosti-oken-a-dveri/11174-vliv-prosklenych-ploch-na-vnitri-pohodu-prostredi>

SLOVAKTUAL, 2023. Jak snížit hluk v budovách? Zvuková izolace oken chrání před hlukem doma i na pracovištích. In: *Slovaktual.cz* [online]. 14. 2. 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.slovaktual.cz/clanky/ako-znizit-hluk-v-budovach-zvukova-izolacia-okien-chrani-pred-hlukom-doma-aj-na-pracovisku/>

STAVEBNÍ SKLO, 2004. Skleněné fasády. *Stavebni-sklo.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <http://www.stavebni-sklo.cz/sklenene-fasady.php>

SUN SYSTEM, 2023. Slunolamy jsou nejen vysoce funkční, ale i estetické. *Sunsystem.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.sunsystem.cz/novinky/rozhovor-slunolamy-alaris/>

SVĚT OKEN, 2023. Okénko do historie plastových oken. *Svet.oken.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.svet-oken.cz/cz/plastova-okna/historie-plastovych-oken.html>

ŠNAJDR, R., 2018. Lehké obvodové pláště. In: *Sklop.cz* [online]. 16. 8. 2018 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.cklop.cz/clanek/33-cz-lehke-obvodove-plaste>

ŠNAJDR, R., 2021. Lehké obvodové pláště – prosklené fasády. In: *Stavba.tzb-info.cz* [online]. 21. 5. 2021 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/22271-lehke-obvodove-plaste-prosklene-fasady>

ŠUBRT, R. a Z. PETR TYL, 2023. Technické vlastnosti zasklení. In: *Stavba.tzb-info.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/242-technicke-vlastnosti-zaskleni>

ŠUBRT, R. a Z. PETR TYL, 2023. Výplň meziskelního prostoru. In: *Stavba.tzb-info.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/244-vypln-meziskelniho-prostoru>

TOPINFO, 2023a. Cena plynu 2023 - srovnání innogy, E.ON, Pražská plynárenská. In: *Tzb-info.cz* [online]. 9. 2. 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/13-prehled-cen-zemniho-plynu>

TOPINFO, 2023b. Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>

TT HOLDING, 2023. Co je součinitel prostupu tepla? *Skladova-okna.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.skladova-okna.cz/soucinitel-prostupu-tepla-oknem/>

TT HOLDING, 2023. Nová plastová okna a dveře levně. *Skladova-okna.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.skladova-okna.cz/>

TT HOLDING, 2023. Volba doplňků a vlastností *Skladova-okna.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.skladova-okna.cz/conf/#/doplňky>

V OKNO, 2010. Okno jak má být. In: *Stavba.tzb-info.cz* [online]. 24. 11. 2010 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/6956-okno-jak-ma-byt>

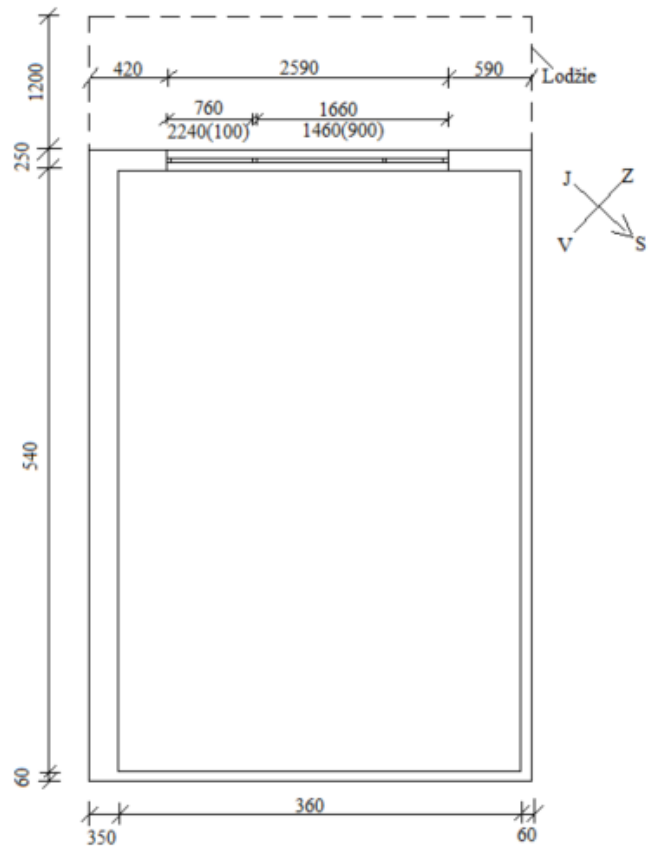
8 Seznam příloh

Příloha č. 1 – Půdorysy, výkresy, fotky

Příloha č. 1 – Půdorysy, výkresy, fotky

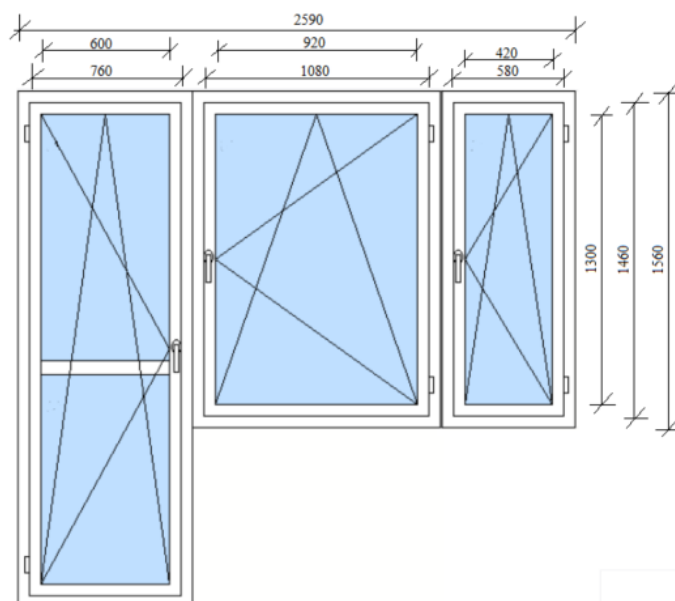
Místnost číslo 1

Obr. Půdorys místnosti č. 1



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. Zakreslení stávajících oken místnosti č. 1



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. Foto místnosti oken č. 1



Zdroj: Vlastní zpracování

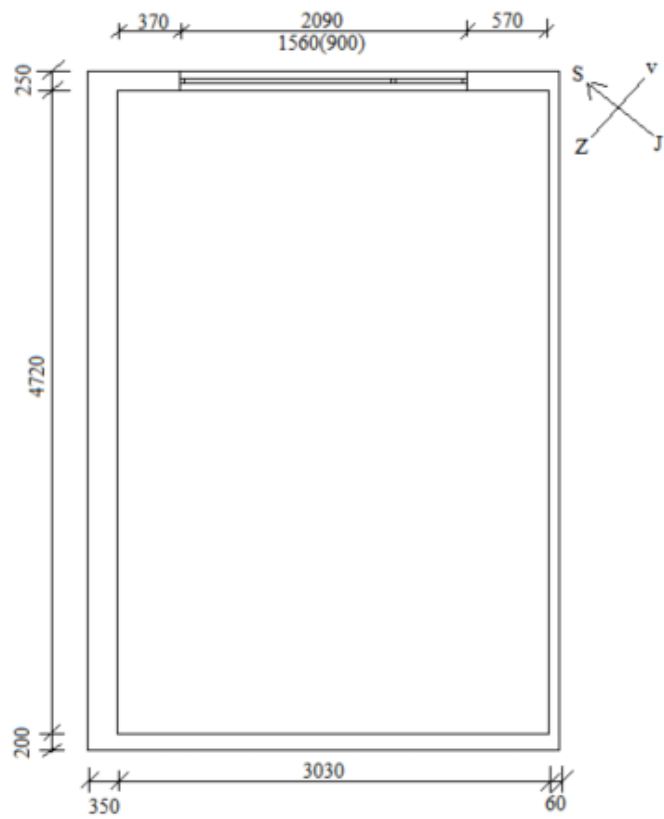
Obr. Foto zvenčí místnosti č. 1



Zdroj: Vlastní zpracování

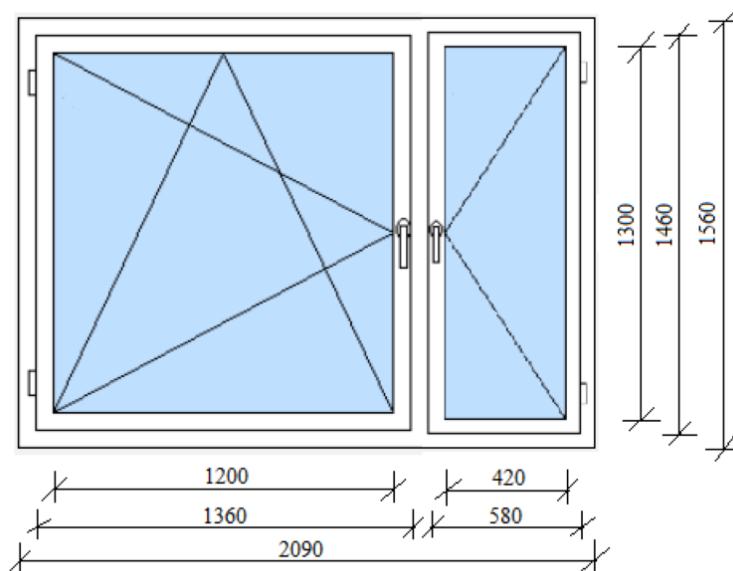
Místnost číslo 2

Obr. Půdorys místnosti č. 2



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. Zakreslení stávajících oken místnosti č. 2



Zdroj: Vlastní zpracování

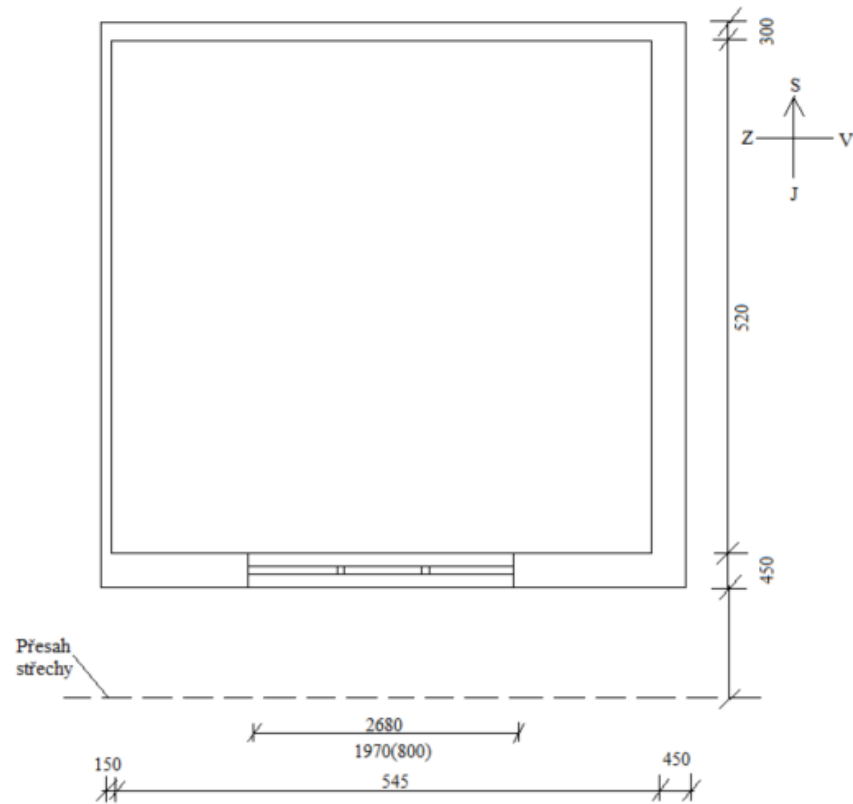
Obr. Foto místnosti oken č. 2



Zdroj: Vlastní zpracování

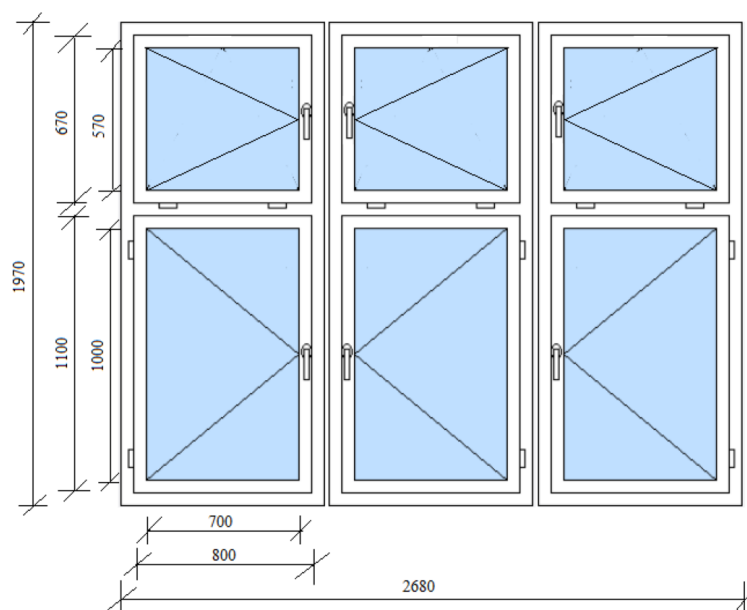
Místnost číslo 3

Obr. Půdorys místnosti č. 3



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. Zakreslení stávajících oken místnosti č. 3



Zdroj: Vlastní zpracování

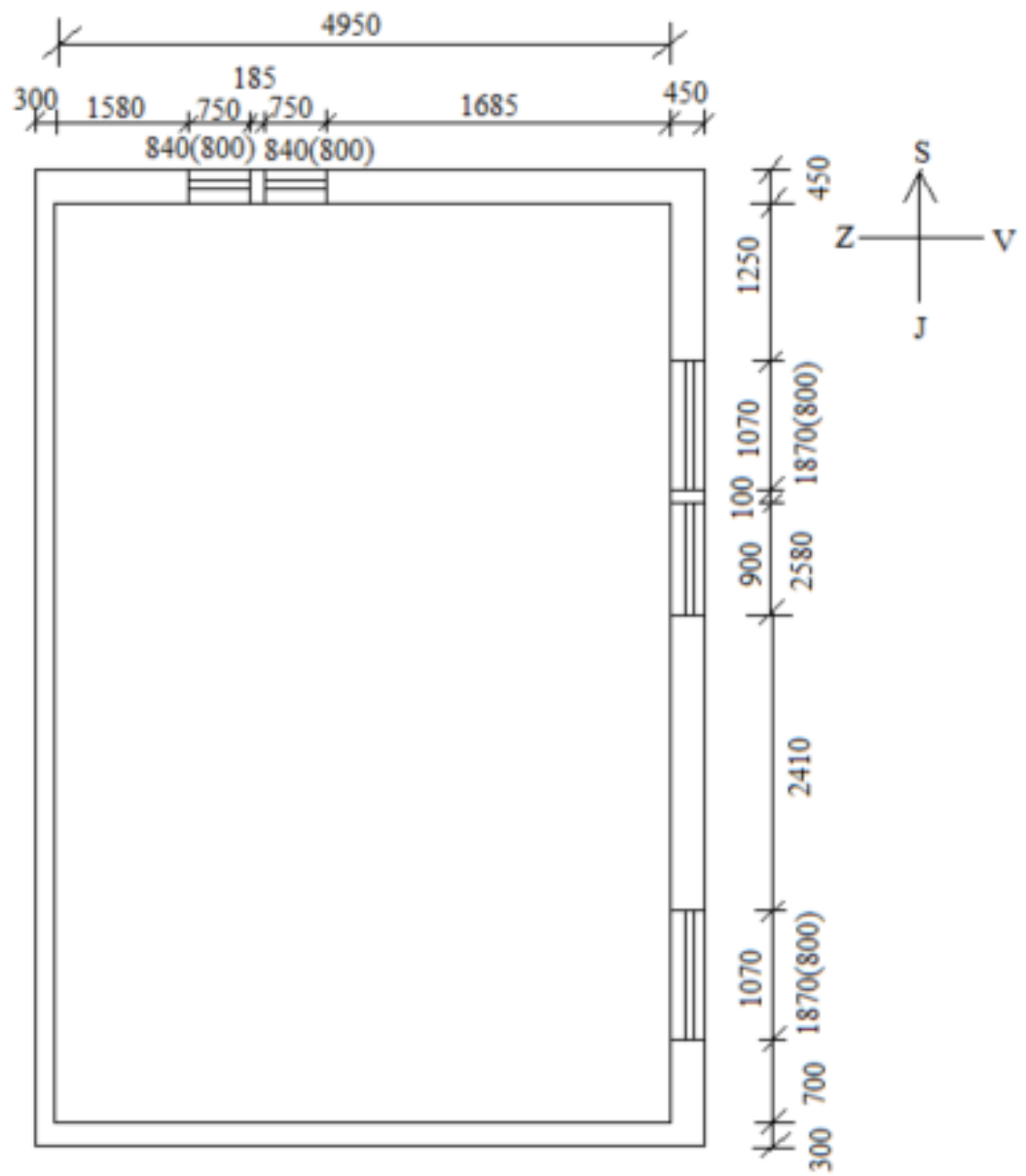
Obr. Foto místnosti oken č. 3



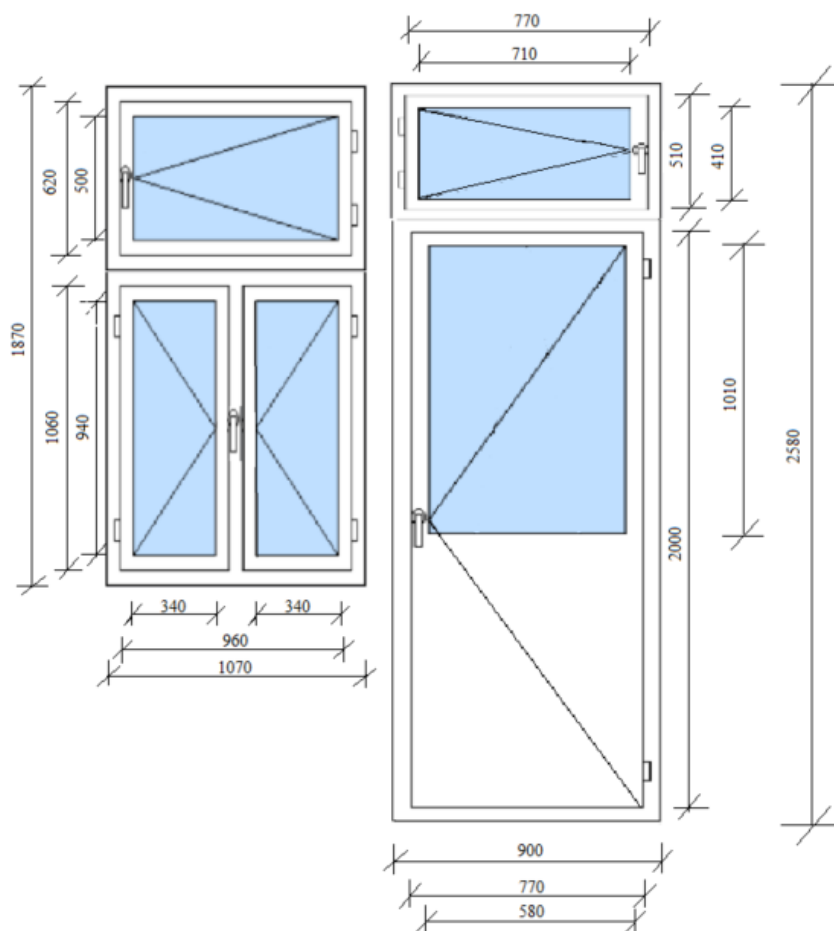
Zdroj: Vlastní zpracování

Místnost číslo 4

Obr. Půdorys místnosti č. 4

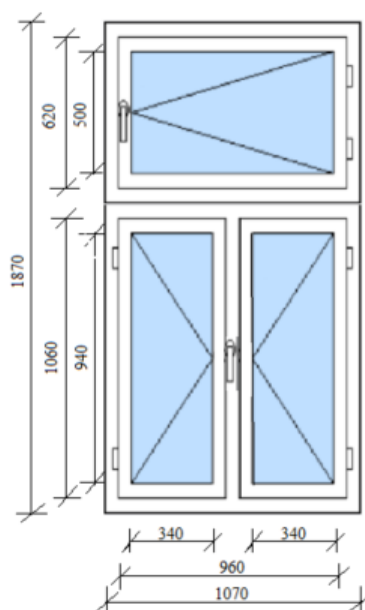


Obr. Zakreslení 1 stávajících oken místnosti č. 4



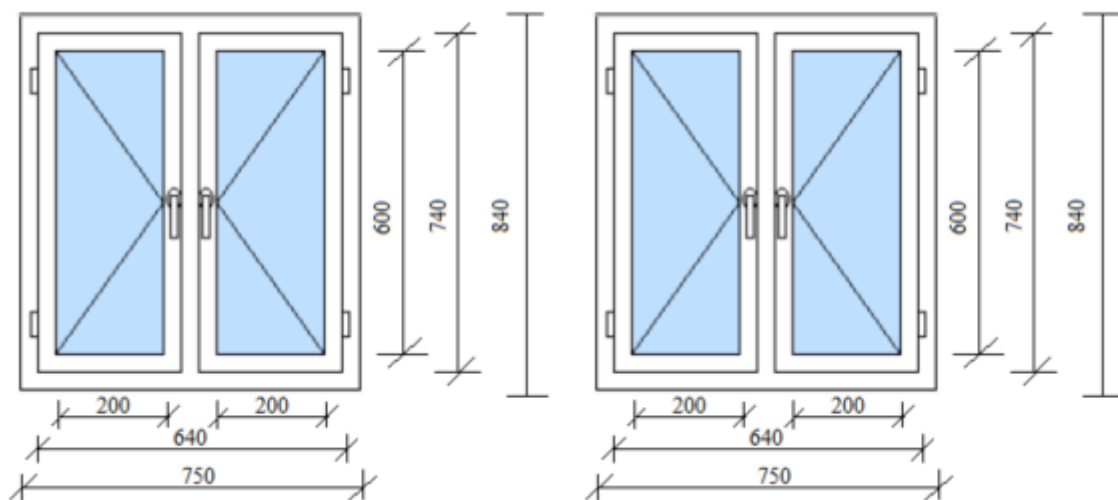
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. Zakreslení 2 stávajících oken místnosti č. 4



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. Zakreslení 3 stávajících oken místnosti č. 4

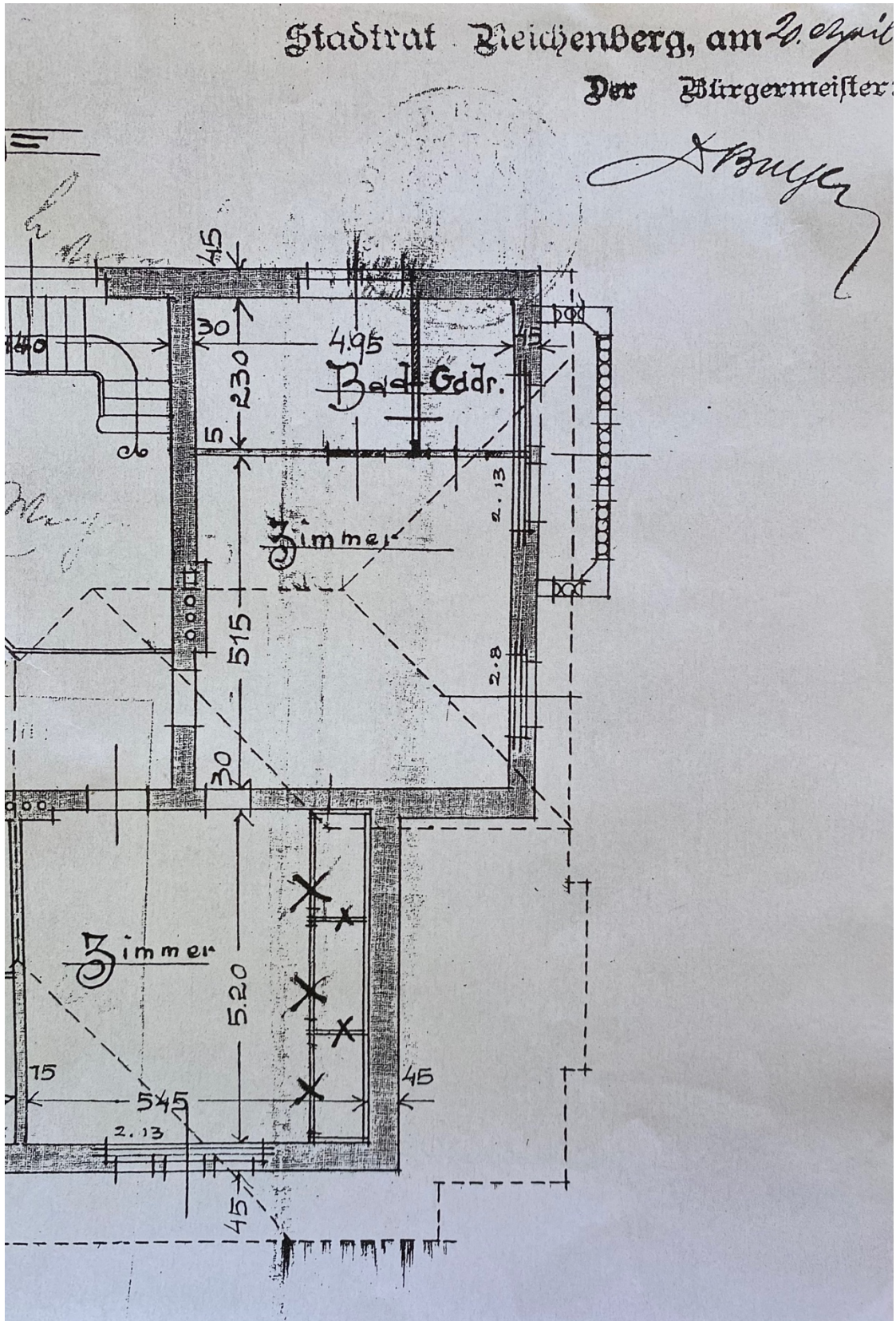


Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. Foto místnosti oken č. 4



Zdroj: Vlastní zpracování



Zdroj: Stavební dokumentace Liberecké vily