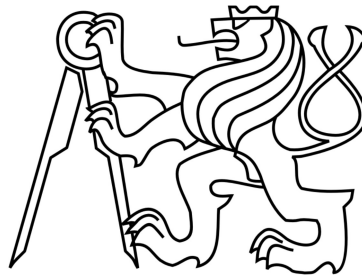


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE
Vliv stínění na tepelnou stabilitu
ekologických domů**

**Šárka Čálková
2018**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Váchal, Arquitecto Técnico

Bibliografická citace VŠKP

ČÁLKOVÁ, Šárka. Vliv stínění na tepelnou stabilitu ekologických domů. Praha, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze

.....
Šárka Čálková

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala celé své rodině za neuvěřitelnou podporu. Velký dík patří především mým rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu studia a poskytli mi vynikající podmínky pro splnění mých cílů. Další velké poděkování patří mému příteli, který mi byl také oporou jak ve studijním, tak v osobním životě a vždy mě podporoval k dalším úspěchům.

Obrovské poděkování patří vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Tomáši Váchalovi, Arquitecto Técnico za vynikající vedení celé práce a hlavně za morální podporu, motivaci, časovou flexibilitu a za strávený čas nad touto diplomovou prací a přípravných pracích.

Další poděkování si zaslouží pan Ing. Kamil Staněk, Ph.D., kterému tímto děkuji za poskytnutí počítačové simulace pro výpočet letní tepelné stability.

Dále nesmím opomenout poděkování všem členům, kteří spolupracovali na výstavbě experimentálního objektu, který byl hrazen z grantu Studentské grantové soutěže. Obdivuji píli všech členů, jelikož víkendové práce byly mnohdy časově velmi náročné.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Čálková	Jméno: Šárka	Osobní číslo: 395682
Zadávací katedra: K122 - Katedra technologie staveb		
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství		
Studijní obor: 3607T045 Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vliv stínění na tepelnou stabilitu ekologických domů	
Název diplomové práce anglicky: The effect of shielding on the thermal stability of ecological houses	
Pokyny pro vypracování: Tepelná stabilita jako obecný pojem Experimentální objekt Počítačová simulace experimentálního objektu Vlastní měření v rámci experimentálního objektu Analýza a porovnání vlastního měření s počítačovým modelem	
Seznam doporučené literatury: G. Minke a F. Mahlke, Stavby ze slámy: jak pořídit z balíků slámy standardní dům R. Wimmer, H. Hohensinner a L. Janish, Haus der Zukunft: Wirtschaftsbezogene Grundlagenforschung ČSN 73 0540-2	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Tomáš Váchal, Arquitecto Técnico	
Datum zadání diplomové práce: 20.2.2018	Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2018 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou tepelné stability v objektech, které jsou šetrné k životnímu prostředí, v letním období. Úvod práce je věnován použití slámy, jakožto stavebního materiálu a historií jejího využívání v tomto oboru a následně obecnému termínu „Letní tepelná stabilita objektů“. Hlavní část této práce je věnována výstavbě experimentálního objektu ze samonosné slámy, měření potřebných dat a jejich porovnání s modelem, který byl zpracován v počítačovém programu. Závěrem práce je vyhodnocení porovnávaných hodnot.

Klíčová slova: teplota, stabilita, sláma, hlína

Abstract

Diploma thesis deals with issues of heat stability in objects, which are environment-friendly, in the summer. The introduction is applied to use of straw as building material and to history of her use in this branch and also to general term 'Summer heat stability of objects'. Main part of this work is dedicated to construction of experimental object made out of self-supporting straw, measurement of needed date and their comparison with model, which was made in computer program. The end of work is the evaluation of compared date.

Keywords: temperature, stability, straw, clay

Obsah

Úvod.....	9
Cíle práce.....	10
1. Sláma.....	11
1.1. Fyzikální vlastnosti	11
1.2. Použití slámy ve výstavbě v historii.....	12
1.3. Použití slámy ve výstavbě v současnosti.....	14
1.4. Možnosti použití slámy ve výstavbě	15
2. Tepelná stabilita konstrukcí.....	18
2.1. Možnosti zvýšení tepelné stability.....	18
2.2. Letní tepelná stabilita	19
2.3. Vliv teploty na tepelnou stabilitu.....	19
2.4. Vliv stínícího prvku na tepelnou stabilitu.....	20
3. Experimentální objekt.....	22
3.1. Plánování a vznik návrhu experimentálního objektu.....	23
3.2. Výstavba experimentálního objektu.....	24
3.3. Zhodnocení výstavby experimentálního objektu.....	32
4. Počítačová simulace experimentálního objektu.....	39
4.1. Výstupy z počítačové simulace	42
5. Vlastní měření na experimentálním objektu	46
5.1. Teoretická příprava	46
5.2. Metodika měření	46
5.3. Měření bez zastiňovacích prvků.....	48
5.4. Měření s částečně stínícím prvkem	50
5.5. Měření s plně stínícím prvkem.....	51
5.6. Vyhodnocení výsledků měření.....	55
6. Analýza a porovnání vlastního měření s počítačovým modelem	56
Závěr	58
Seznam obrázků.....	59
Seznam tabulek.....	60
Seznam příloh	61
Použitá literatura	62

Úvod

V současné době je stále aktuálnějším tématem environmentální pohled na život a stavitelství v tomto směru nezůstává pozadu. Stále větší důraz lidstvo klade na snižování spotřeby energie a zároveň na ochranu životního prostředí. S environmentálně šetrnými přístupy dochází ke stále větší poptávce po přírodních materiálech, jako je sláma, hlína a další. Sláma ve stavebnictví není žádnou novinkou, nicméně lze říci, že v nynější době zažívá největší nárůst spotřeby právě v odvětví stavitelství. První zmínky o projektovaných stavbách ze slámy pochází již z roku 1886 z Nebrasky (USA), která se považuje za rodnou zemi slaměných objektů. Nejvíce staveb ze samonosné slámy zatím pochází právě odtud.

Ekologické stavby na bázi slámy a hlíny nejsou jen šetrné k životnímu prostředí, jsou také finančně výhodnější, časově méně náročné (oproti běžným zděným stavbám) a zároveň jsou velmi dobře snášeny alergiky, tudíž prospívá našemu zdraví. Důležitá je během výstavby ale pracovní morálka, jelikož většina stavitelů na našem území se s takovou stavbou prozatím nesešla.

Široká veřejnost je ale k tomuto druhu staveb skeptická z hlediska letní tepelné stability. Odborná strana veřejnosti samozřejmě ví, že sláma funguje ve stavbě téměř jako dokonalý izolant, tudíž k přehřívání v letním období nepřispívá. Přehřívání v takovýchto objektech způsobují především prosklené konstrukce. V případě, že bude v objektu velké množství prosklených konstrukcí, je možné vytvořit tepelně stabilní objekt pomocí přídatného stínění. Na dnešním trhu je výběr stínění široký. Zákazník může volit stínění buď vnitřní, vnější nebo přímo integrované do prosklené konstrukce. S nejvyšší účinností se setkáváme především u přídatného stínění exteriérového, jelikož nedochází k dopadání tepelné složky slunečního záření do interiéru.

V této diplomové práci bude snahou obeznámit veřejnost environmentálně šetrnými objekty při použití stavebních materiálů, jako jsou sláma a hlína, dále seznámení s problematikou letní tepelné stability a následně proběhne měření ve vystavěném experimentálním objektu a naměřené hodnoty budou

porovnány s počítačovým modelem v programu, který vychází z fungování počítačového programu Simulace 2017 z řady Svoboda Software.

Závěrem práce bude analýza a porovnání hodnot naměřených s hodnotami modelovanými ve zmíněném počítačovém softwaru.

Cíle práce

Cílem této diplomové práce je prokázat dobré chování omítnuté samonosné slaměné konstrukce z hlediska letní tepelné stability. Tato diplomová práce bude založena na všeobecných znalostech, které jsou dostupné z literatury, proběhne několikaměsíční měření na experimentálním objektu, který bude postaven právě ze samonosné slámy a následně vznikne pro porovnání počítačový model, který bude teoreticky vyhodnocovat tepelnou stabilitu v období, kdy bude probíhat praktické měření. Praktické měření vznikne ve třech situacích – bez stínění okna, s markýzou a s úplným vnitřním stíněním okna. Po ukončení měření budou změřené hodnoty porovnány s hodnotami, které budou vykázány počítačovým modelem.

1. Sláma

Termín sláma označuje vymlácené vyschlé stonky a stébla v širším významu ze všech polních plodin a v užším významu pouze z obilnin. Sláma je v omezené míře využívána jako krmivo, ale vedle toho se využívá k podestýlání, jako biopalivo, stavební materiál, surovina pro výrobu aglomerovaných materiálů, materiál pro výrobu domácích ozdobných předmětů, ale může sloužit i pro výrobu papíru, briket apod. V minulosti sláma sloužila i jako výplň do matrací, které se poté nazývaly slamníky. [1]

1.1. Fyzikální vlastnosti

Jednou z podstatných výhod slaměných balíků jsou jejich vynikající tepelně-izolační vlastnosti. V konstrukcích staveb je proto lze používat jako adekvátní náhradu za běžné izolační materiály. U slaměných balíků závisí především na jejich hustotě, vlhkosti a pozici vůči tepelnému toku. Hodnota tepelné vodivosti materiálu udávaná výrobcem nebo laboratořemi je měřena v ideálních a stálých podmínkách, zatímco když je materiál zabudován ve stavbě, hodnota λ se dynamicky mění podle aktuálních okrajových podmínek. V praxi je potřeba počítat spíše s horšími, tedy výpočtovými, hodnotami.

Na tepelnou vodivost balíků slámy má největší vliv jejich objemová hmotnost. Hustota malých balíků slámy se pohybuje přibližně mezi 70 až 130 kg/m³.

Z mnoha provedených zkoušek vyplývá, že pro běžnou pšeničnou slámu je optimální objemová hmotnost okolo hodnoty 90 kg/m³. Lehčí balíky obsahují více mezer mezi vlákny, což způsobuje ztráty tepla konvekcí. Hustší balíky mají příliš mnoho vláken, což odebírá prostor uzavřenému vzduchu, který se na izolačních vlastnostech podílí zásadním způsobem. Při zvyšování hustoty se dostaneme až na 380 kg/m³, jež mají například slámokartony ($\lambda = 0,102 \text{ W/mK}$). Při dalším navyšování hustoty se budeme blížit izolačním vlastnostem dřeva. Pro pšeničné slaměné balíky s měrnou hmotností 90 kg/m³ (průměrná hustota malých balíků pro výstavbu) se $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$. Tuto hodnotu potvrzuje také institut FIW v Mnichově.

Pozice stébel vůči tepelnému toku má vliv na tepelnou vodivost materiálu. Její hodnota je nižší, jde-li tepelný tok kolmo na stébla. Jsou-li balíky ve stěně loženy na výšku, jejich $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$, jsou-li na šířku, lze počítat s

$\lambda = 0,060 \text{ W/mK}$. Tyto výsledky jsou v klimatických podmínkách ČR velmi optimistické, proto se při výpočtech doporučuje držet se německého závazného předpisu pro tepelně-technické posuzování konstrukcí z balíků slámy – Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Baustrohballen. Ten od roku 2006 oficiálně povoluje provádět tepelně-technické výpočty s hodnotami součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,080 \text{ W/mK}$ ve směru rovnoběžném se stébly a $\lambda = 0,052 \text{ W/mK}$ ve směru na stébla kolmém.

Budovy s dostatečnou tepelnou kapacitou v interiéru poskytují vyšší tepelnou stabilitu a tím i komfort pro své obyvatele. Ve zkratce v interiéru nekolísá teplota tak razantně, jako by tomu bylo u budov, které takové vlastnosti nesplňují. Tepelná kapacita materiálu je dána koeficientem c , který vyjadřuje, kolik energie je potřeba k ohřátí jednoho kilogramu materiálu o jeden teplotní stupeň. U slámy se tepelná kapacita pohybuje okolo hodnoty $c = 2 \text{ kJ/kgK}$. [2]

1.2. Použití slámy ve výstavbě v historii

Úplně první zmínka o stavbě, ve které bylo použito slaměných balíků, pochází z USA, kde se výstavba tímto směrem začala rozvíjet. Výstavba souvisela spolu s objevem lisů na balíky v 19. století. První balíkovací lis přišel na svět, podle dostupných zdrojů, v roce 1872, ale nebyl automatizovaný. Ve své době byl poháněn koňskou silou. Dvanáct let poté, v roce 1884, již začaly vznikat modernější balíkovací lisy, které začaly být poháněny parou. [3]

První dokumentace o domu ze slámy pochází z Nebrasky, a to přibližně z roku 1886, kdy vznikla školní budova o jedné místnosti nedaleko sídla Bayard. Prvotní návrhy slaměných objektů byly bez pomoci dřevěných výztuh, střecha byla proto pokládána přímo na stěny z balíků slámy. Popsanému nosnému systému konstrukcí se v literatuře později říkalo „Technika z Nebrasky“. Důvodem, proč se začala technologie stavění ze slámy v Nebrasce používat, byl lokální nedostatek dřeva a jiných stavebních materiálů, neboť stavění z drnů, do té doby zde běžné, představovalo devastaci lučních prostorů. Rozšíření parního stroje s sebou přineslo možnost stlačit seno, slámu nebo jiné přírodní zdroje do kubického tvaru

svázaného provázkem nebo drátem. Od tohoto okamžiku bylo použítí slámy, jakožto stavebního materiálu, jen krůček. [3]

Nejstarší a dodnes obývané slaměné domy s nosným systémem ze slámy vznikaly v období od roku 1900 do roku 1914. V období druhé světové války byly tyto objekty doplněny o nástavby. Dodnes stojí v Nebrasce ve městě Alliance dům zvaný „Burke House“ postavený již v roce 1903, který ovšem není obydlen od roku 1956. K údivu je, že tento dům stojí i přes půl století chátrání. Největšího rozkvětu se slaměná výstavba dočkala v období 1915 - 1930. Z tohoto období pochází asi sedm desítek staveb, z nichž se dodnes dochovalo 11 staveb. Stavby tohoto typu nebyly vhodné pouze pro stavby malých rozměrů, ale v roce 1928 byl postaven ze slámy dokonce kostel, tzv. Pilgrim Holiness Church, opět v Nebrasce. Právě Nebrasce se v tomto oboru stavebnictví velmi dařilo. [3]

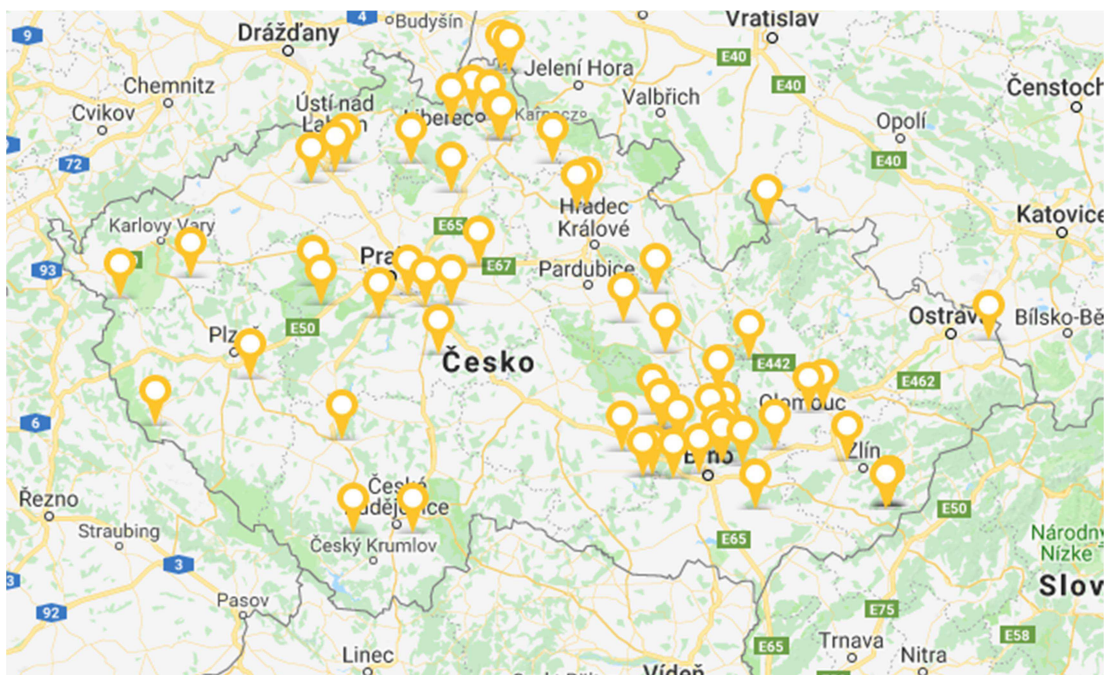


Obr. č. 1 Pilgrim Holiness Church [3]

1.3. Použití slámy ve výstavbě v současnosti

Slaměné stavitelství se zaměřuje na v dnešní době velmi aktuální problematiku využití environmentálně šetrných konstrukcí, a to jak z hlediska technologického a ekonomického, tak z hlediska konstrukčního. Poptávka po šetrných objektech se tedy logicky zvyšuje. Sláma, jako stavební materiál, je v tomto ohledu ideální.

Vzhledem k tomuto trendu vzrůstá poptávka po domech šetrných k životnímu prostředí. V dnešní době je na trhu dostupná vysoká nabídka firem, které takové domy zvládnou obstarat od projekce až po běžnou údržbu. Na základě internetové databáze *Ekologického institutu Veronica* je v České republice nově postaveno 63 rodinných domů ze slámy, které jsou obývány. Jelikož nabídka vzrůstá, očekává se v budoucích letech i vyšší poptávka po slaměných domech.

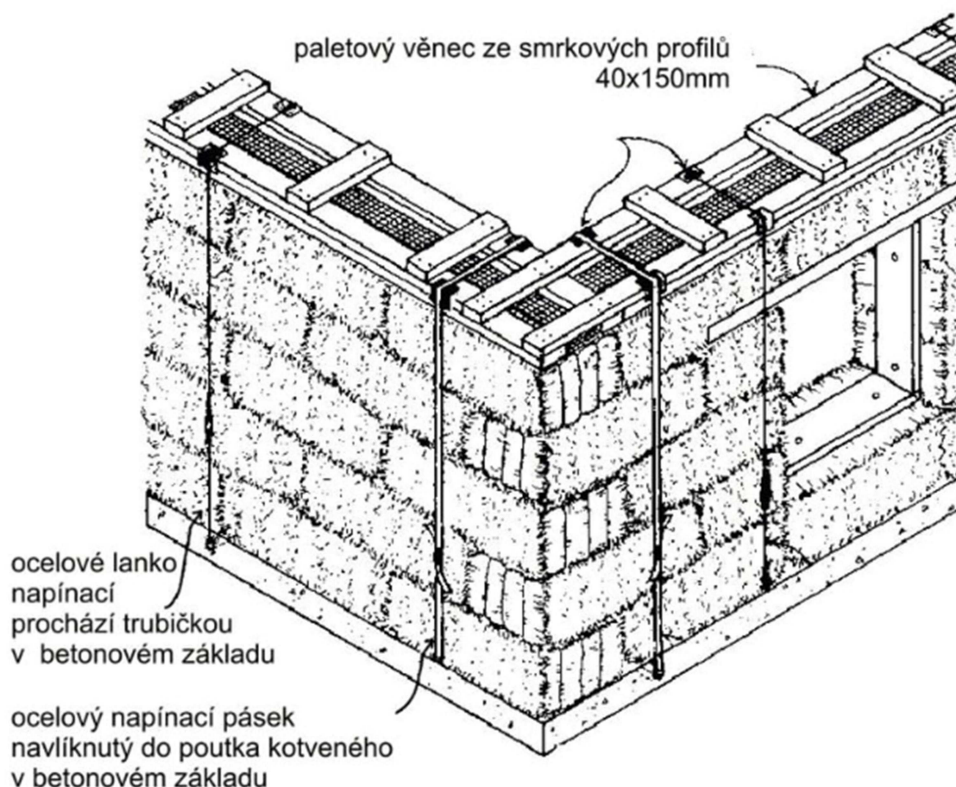


Obr. č. 2 Mapa realizovaných slaměných domů v České republice [8]

1.4. Možnosti použití slámy ve výstavbě

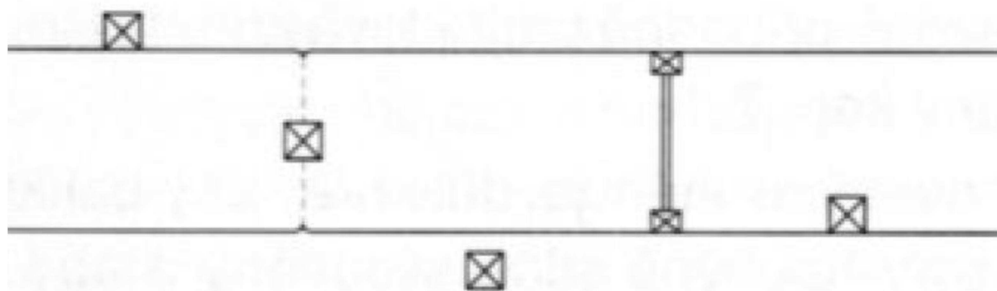
Technologie výstavby ze slaměných balíků se dělí na tři základní skupiny. Slaměné objekty se slámou samonosnou, výplňovou a domy se slámou jako tepelným izolantem.

Slaměné domy se slámou samonosnou se vyznačují tím, že vertikální nosné konstrukce jsou pouze ze slámy bez použití jiných materiálů ve svislém směru. Nejpoužívanějším systémem výstavby stěn ze samonosné slámy spočívá ve vytvoření dvou stejných nosných trámových věnců, z nichž je jeden přikotven k základu stavby a druhý je ložen na navrstvené slaměné balíky. Celá takto vytvořená konstrukce je stažena buď ocelovými nebo polyethylenovými páskami. U tohoto typu technologie výstavby je důležité, aby balíky slámy byly silně slisovány. Ideální objemovou hmotností pro tento typ technologie je 90 – 130 kg/m³. Další důležitou podmínkou pro fungování stavby je dostatečné předepnutí pásek, což se bez statického posouzení samozřejmě neobejde. [3]



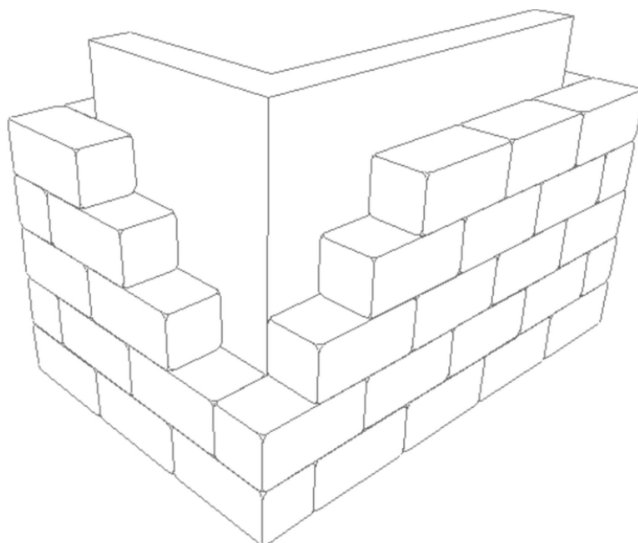
Obr. č. 3 Nosná stěna z balíků slámy s ukotvením pomocí upínacích pásků [4]

Podstatou technologie výstavby slaměných objektů s použitím slámy výplňové je použití dřevěného skeletu (nebo také betonového či ocelového) z trámů, mezi které jsou kladeny slaměné balíky. Slaměné balíky nemají funkci nosnou, pouze plní funkci výplňové zdiva a zároveň funkci tepelné izolace. Neexistuje samozřejmě pouze jedna varianta, kam slaměný balík v závislosti na nosné konstrukci umístit. Balíky mohou být umístěny buď v rovině nosného skeletu, před ním, případně za ním. V každém ze zmiňovaných příkladů je nutné slaměné balíky řádně propojit se skeletovou konstrukcí, aby bylo docíleno dostatečné tuhosti celé konstrukce, která zajistí dostatečnou odolnost vůči horizontálnímu zatížení, například vůči zatížení větrem. [3]



Obr. č. 4 Různé polohy slaměných balíků a skeletových struktur [3]

Pro staré stavby se špatnou tepelnou izolací může dodatečná instalace vnější uzavřené tepelněizolační vrstvy ze slaměných balíků představovat levné a energeticky úsporné řešení. Slaměné balíky musí být ale pevně spojeny se stávající stěnou nebo musí být drženy novou vysunutou sloupkovou konstrukcí. Druhá varianta má tu výhodu, že může sloužit zároveň jako přichycení pro provětrávanou fasádu. Nevýhodou tohoto řešení je skutečnost, že vlivem vzniklé tloušťky stěn narůstají konstrukční náklady. Musí se rozšířit základy, případně se musí řešit složité konzolové nosníky právě u základů. Dalším faktem je, že tímto způsobem vznikají hluboká okenní ostění a zpravidla je třeba zvětšit i přesah střechy. [3]



Obr. č. 5 Schéma stěny s použitím slaměného balíku jako tepelné izolace

Zdroj: archiv autora

Zateplování domů se v dnešní pokrokové době stalo již nutností, a to především z důvodu rostoucích cen energií. Náklady na zateplení jsou obvykle o dost nižší než náklady životního cyklu na vytápění. V předchozím desetiletí bylo zateplení domu slámou spojeno s malou nabídkou tohoto materiálu na trhu, ovšem v dnešní době je dostupnost podobná, jako u polystyrenu nebo minerální vaty. Poptávka po těchto materiálech je vyšší, přičemž nabídka nevzrůstá. Velkou výhodou zateplení slámou je její pořizovací cena, která se u běžného rodinného domu o zastavěné ploše 150 m² pohybuje kolem 20 000Kč na celý dům. Na takovou cenu se bohužel u polystyrenu ani minerální vaty nedostaneme. Při návrhu zateplení slámou nesmíme opomenout kvalitní návrh projektantem či architektem – ideální je volit takového inženýra, který má již několik takových návrhů za sebou.

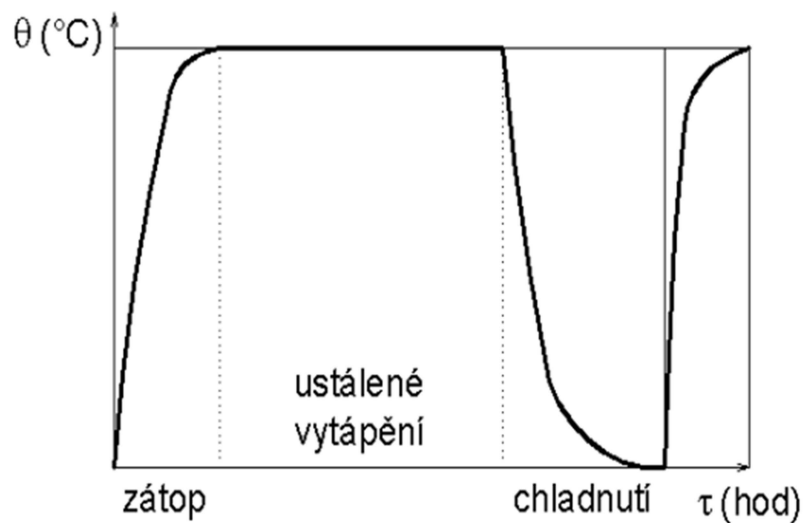
2. Tepelná stabilita konstrukcí

Tepelně stabilní považujeme interiér tehdy, pokud nezmění své tepelné vlastnosti v daném čase mimo dovolené meze. Všechny nově navrhované byty musí být navrženy tak, aby každá místnost splňovala požadavky jak na letní, tak zimní období. Nejvíce tento parametr ovlivňují obalové konstrukce. Abychom tyto požadavky ve všech místnostech objektu splnili, je nutné dimenzování oken a to z toho důvodu, aby nedošlo k předimenzování, tudíž k přehřívání.

2.1. Možnosti zvýšení tepelné stability

Pro zvýšení tepelné stability v letním období lze aplikovat hned několik opatření. Nejdůležitějším opatřením u novostaveb je vhodný architektonický návrh objektu, což znamená zvýšení akumulčních schopností všech obalových konstrukcí dané stavby. Požadavkem na obalové konstrukce je vyšší tepelná jímavost jejich vnitřního povrchu. Tento požadavek znamená vhodnou povrchovou úpravu obalových konstrukcí. Jde především o snížení hodnoty prostupu tepla U a návrh konstrukcí ve světlých povrchových barvách. Mezi další opatření patří správný návrh transparentních obalových konstrukcí, případně jejich redukce, ovšem v ohledu na prosvětlenost interiéru objektu. V případě, že řešitel objektu nechce přistoupit na redukci průsvitných ploch, lze využít stínícího zařízení, díky kterému se interiér nebude přehřívát v takové míře. Pokud není možné ani toto opatření, je na místě užití klimatizačního či chladícího zařízení, což ale znamená značné náklady na elektrickou energii během životního cyklu dané stavby. [5]

Pro zvýšení tepelné stability v období zimním jsou na místě stejná opatření, jako jsou u letní tepelné stability. Oproti těmto opatřením je nutný také návrh ideálního vytápění daného objektu. Jde především o ustálené vytápění bez dlouhých časových období chladnutí. Čím delší je doba chladnutí, tím déle trvá akumulace vychladlé konstrukce. [5]



Obr. č. 6 Cyklus průběhu teplot v místnosti při přerušovaném vytápění [5]

2.2. Letní tepelná stabilita

S rostoucím komfortem života jsou na stavby kladeny čím dál tím vyšší požadavky, co se týče obalových konstrukcí z pohledu tepelně technických vlastností. Obvykle se u některých staveb zapomíná na druhou důležitou složku hodnocení objektů, kterou je tepelná stabilita a s ní spojená tepelná pohoda v objektu. Právě tato vlastnost byla v historii u postavených objektů opomíjena. Požadavky na tepelnou stabilitu najdeme v normě ČSN 73 0540-2 a jejich splnění je závazné dle vyhlášky 268/2009 Sb. o obecných technických požadavcích na výstavbu.

2.3. Vliv teploty na tepelnou stabilitu

Teplota je jednou z důležitých fyzikálních veličin, která charakterizuje kvalitu vnitřního prostředí a s ní související tepelnou pohodu. Tepelná pohoda je jedna z hodnotících veličin, se kterými úzce souvisí tepelná stabilita. Zkrátka, pokud se člověk cítí v interiéru stále stejně dobře, je to jistě lepší, než v případě, kdy je interiérová teplota kolísavého charakteru. Teplota vnějšího prostředí ovlivňuje tepelnou stabilitu nejvýrazněji. V případě nově navrhovaného objektu je potřebné zjištění nejnepříznivější místnosti v celé budově. Nejnepříznivější místnost je taková místnost, u které lze předpokládat nejvyšší výkyv teplot během dne a to nejen v letním období, ale

také v průběhu období zimy. S ovlivněním teploty interiéru souvisí především orientace vzhledem ke světovým stranám, množství průsvitných ploch a jejich případné zastínění během období s největší sluneční aktivitou. Dalším důležitým faktorem, který ovlivňuje tepelnou stabilitu, je schopnost konstrukce akumulovat teplo. Konstrukce s větší akumulační schopností pomáhají snížit teplotu vzduchu v interiéru. Například obvodové konstrukce dřevostaveb mají malou schopnost akumulace tepla, proto jsou mnohem náchylnější na přehřívání a plnění normových požadavků je náročnější. [9]

2.4. Vliv stínícího prvku na tepelnou stabilitu

Jedním z nejjednodušších opatření pro vytvoření tepelně stabilního interiéru je stínící zařízení. Stínící prvek obvykle funguje tak, že nenechá projít sluneční záření do interiéru a odrazí jej zpět do exteriéru. Díky tomuto faktu neproniká do interiéru taková teplota a ten se stává tepelně stabilnější, tudíž výkyvy teplot nejsou tak znatelné.

Druhy stínících prvků

Na nynějším trhu je velká spousta výrobků, které může uživatel objektu pro zlepšení letní tepelné stability volit.

První skupinou stínění je stínění vnitřní, které je v českých domácnostech stále nejoblíbenější, jelikož pořizovací náklady jsou nejnižší. Mezi vnitřní stínící prvky patří hliníkové žaluzie, rolety, vertikální žaluzie, dřevěné žaluzie, látkové rolety, japonské stěny, římské rolety, záclony či závěsy, plisé a další. Tyto typy stínících prvků jsou samozřejmě účinné, ale pro zvýšení právě zmíněné účinnosti z hlediska tepelné stability je lepší, aby byl stínící prvek umístěn na vnější straně prosklené konstrukce, jelikož nedochází k prostupu tepla skrze tuto konstrukci.

Druhou skupinou stínění je tedy stínění venkovní, mezi které patří pergoly, markýzy, ale také venkovní žaluzie a rolety.

Poslední skupinou stínění je stínění, které je umístěno přímo v konstrukci proskleného prvku, mezi jednotlivými skly. V dnešní době je tento typ stínění spíše na ústupu.

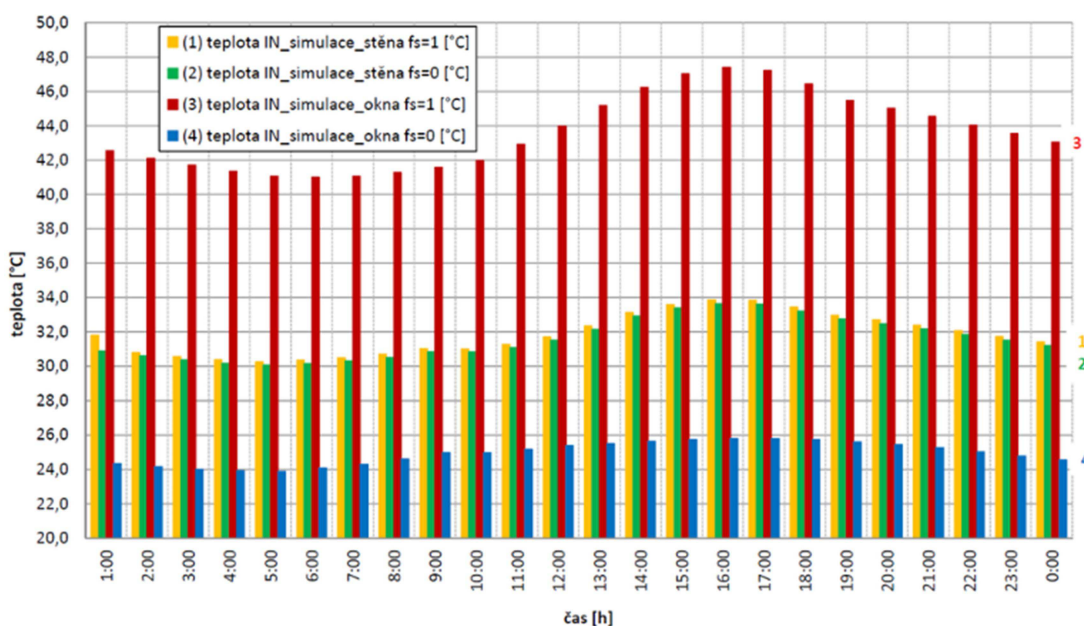
Výhody použití venkovního stínění

Stínění na exteriérové straně skleněné výplně má hned několik výhod. Nejpodstatnější výhodou venkovního stínění je vyšší účinnost, oproti stínění interiérovému. Účinnost vnitřních žaluzií je poměrně dobrá z hlediska stínění viditelné části slunečního záření, horší účinnost je však při ochraně před teplem. Exteriérové stínění odstíní nejen světlo, ale zachytí i velkou část tepelného záření, a to až 80%. Další výhodou je architektonické využití venkovního stínícího prvku. Mezi projektanty a architekty je stále větší oblibou navrhovat venkovní clony, které změň celkový vzhled budovy.

Nevýhody použití venkovního stínění

Nevýhodou použití exteriérového stínění je jeho vyšší pořizovací cena, která vychází z faktu, že venkovní prvek musí být schopen odolávat povětrnostním vlivům po celou dobu jeho životnosti – s tímto faktem se u interiérového stínění nesetkáme. S touto nevýhodou se pojí i fakt, že exteriérové stínění je nutné ve větší míře udržívat a čistit.

Na obrázku č. 7 je viditelný pokles teplot při použití venkovního stínění prosklené konstrukce. Křivka číslo 3 znázorňuje teplotu, která vstupuje do interiéru oknem, které není stíněno, naopak křivka číslo 4 poukazuje na pokles teploty při použití venkovního stínění.



Obr. č. 7 Porovnání teplot interiéru bez stínícího prvku a s ním [5]

3. Experimentální objekt

V rámci studentské grantové soutěže byl schválen grant č. SGS17/009/OHK/1T/11, ze kterého byl financován experimentální objekt. Výstavba tohoto objektu byla započata dne 11. 3. a trvala celé čtyři měsíce, a to včetně všech dokončovacích prací.



Obr. č. 8 Prvotní návrh vzhledu experimentálního objektu

Zdroj: archiv Ing. arch. Bc. Petr Hejtmánek

Projektová dokumentace experimentálního objektu viz příloha č. 1.

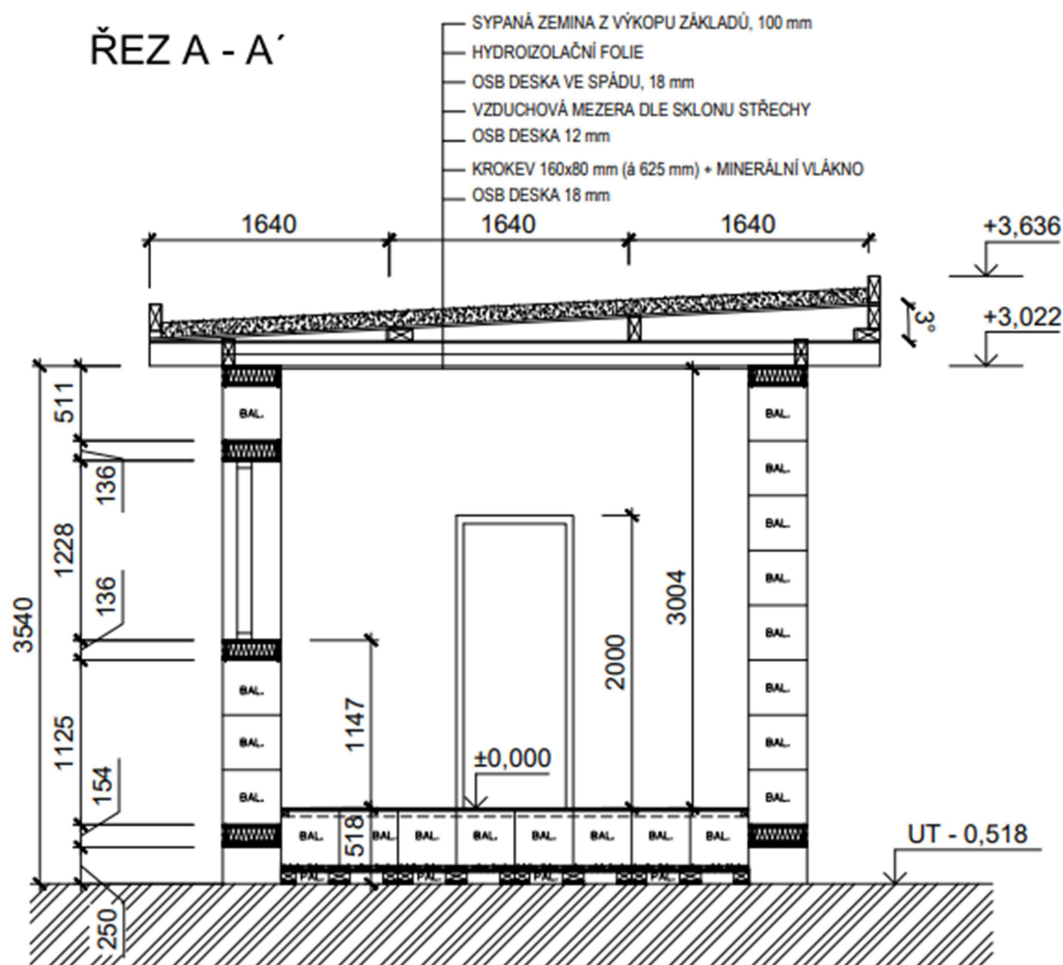
3.1. Plánování a vznik návrhu experimentálního objektu

Ještě zhruba půl roku před započítím realizace experimentálního objektu, byla kompletována projektová dokumentace, dle požadavků všech účastníků projektu.

Hlavními požadavky bylo rozdělení objektu na dvě stejně velké místnosti, které budou mít stejné tepelně izolační vlastnosti. Pro vznik této diplomové práce byla také nutná orientace vzhledem ke světovým stranám. Okna navržená na jižní stranu byla samozřejmostí, vzhledem k nejvyšším tepelným zdrojům v letním období. Tyto požadavky vznikly ze strany účastníků projektu.

Z legislativního pohledu vznikly požadavky, které se týkaly jednoduchosti celé stavby. Aby nemusel být experimentální objekt povolován, případně ohlašován příslušnému stavebnímu úřadu, dle zákona č. 183/2006 Sb., bylo nutné dodržení požadavku o maximální přípustné ploše objektu a jeho výšce. Tyto rozměry představují stavbu o jednom nadzemním podlaží do 25m² zastavěné plochy do 5m výšky, neobsahující obytné ani pobytové místnosti, hygienická zařízení ani vytápění.

Vznikla jednostupňová dokumentace, která sloužila rovnou k samotné realizaci. Objekt byl navržen jako jednopodlažní budova. Půdorysné rozměry byly, na základě modulu slaměných balíků, určeny na délku 6m a šířku 4m. Uprostřed délky byla navržena příčka, která rozdělovala experimentální objekt na dvě shodně velké místnosti. V každé z místností bylo navrženo okno o velikosti 120x80cm, které bylo orientováno na jižní stranu. Dveře z obou místností směřovaly na východ a západ.



Obr. č. 9 Řez A-A' experimentálním objektem

Zdroj: archiv členů SGS ČVUT

3.2. Výstavba experimentálního objektu

Poté, co se domluvily veškeré požadavky na stavbu experimentálního objektu a zároveň byl schválený grant ze Studentské grantové soutěže, mohlo se začít s pracemi, které byly náležitě naplánovány. První důležitou prací byla přeprava slaměných balíků z obce Poruby, kde byly skladovány na paletách venku, zakryté plachtou, která byla ukotvena do země. Po přísném roztřídění slaměných balíků byly vybrány ty, které byly pro účely experimentálního objektu vhodné. Na místě byly balíky tříděny především podle vzhledu, a to na zdravé, suché balíky a balíky, které byly nasáklé vodou. Pro účely experimentu se hodily pouze zdravé, suché balíky.

Po dovezení balíků na místo výstavby, tedy do areálu Univerzitního centra energeticky efektivních budov (UCEEB) ČVUT, byly uskladněny na dřevěných paletách pod plachtou, aby se k nim nedostala nežádoucí vlhkost.



Obr. č. 10 Uskladněné balíky v areálu UCEEB

Zdroj: archiv autora

Dne 10. 3. byly započaty stavební práce. Členové celé pracovní skupiny byly rozděleny na dvě skupiny, přičemž jedna skupina lidí osazovala základové patky, které byly, z důvodu nevelkého zatížení, navrženy jako betonové tvarovky o rozměrech 500 x 400 x 250mm, které byly osazovány na stávající betonovou plochu, která se nachází v experimentálních prostorách UCEEB ČVUT. Ještě za čerstvého stavu betonu byl osazen spodní dřevěný nosný věnec, který spolupůsobil s betonovými patkami díky závitovým tyčím, které tyto dva nosné prvky spojovaly. Nosný dřevěný věnec byl tvořen OSB deskami tloušťky 18mm a latěmi o rozměrech 50 x 40mm. Pro dosažení co nejvyššího spolupůsobení těchto dvou nosných prvků a zároveň pro dostatečnou pevnost betonu, byla výstavba na 14 dní zastavena.



Obr. č. 11 Osazené betonové tvarovky spolu se spodním nosným věncem

Zdroj: archiv autora

Po uplynutí této doby byla zaručena přibližně 70% pevnost betonu, což ale prozatím pro účely další výstavby stačilo. Během následujících dní nebyl beton namáhán žádným značným zatížením, tudíž se mohlo ve výstavbě pokračovat. Po této čtrnáctidenní pauze se do připraveného spodního dřevěného věnce instalovala betonářská výztuž průměru 14mm, která měla za úkol zajistit soudržnost slaměných balíků a již zmíněného nosného dřevěného věnce. Zároveň s instalováním betonářské výztuže byly osazovány kastlíky, které byly určeny jako kastlíky pro osazení dveří. Tyto kastlíky měly podobnou konstrukci jako nosné dřevěné věnce, byly tedy tvořeny z OSB desek tloušťky 18mm a dřevěnými latěmi o rozměrech 50 x 40mm.



Obr. č. 12 Osazené dřevěné kastlíky pro dveře

Zdroj: archiv autora

Po této přípravě se mohlo začít s budováním kompletních svislých slaměných stěn. První řada těchto balíků byla napichována na již připravenou betonářskou výztuž, tudíž byla zajištěna stabilita. Následně byly kladeny další řady slaměných balíků, které byly dále propichovány mezi sebou další betonářskou výztuží, dokud nebylo dosaženo požadované výšky dle návrhu v projektové dokumentaci. Samozřejmě byly vynechány otvory pro okna, do kterých se instalovaly speciální kastlíky, které měly stejnou konstrukci jako kastlíky pro osazení dveří.



Obr. č. 13 Navrstvené slaměné balíky

Zdroj: archiv autora

Důležitým a zároveň nejrizikovějším momentem celé výstavby objektu bylo osazení horního nosného dřevěného věnce. Po obvodu objektu bylo postaveno lešení, ze kterého byly vyzdvihovány jednotlivé dílce nosného ztužujícího věnce a byly ukládány na slaměné stěny, které ještě v tomto okamžiku neměly velkou stabilitu. Po osazení jednotlivých dílců, byl celý věnec kompletně zpevněn vruty, aby fungoval jako celistvý. Aby celá konstrukce objektu fungovala stabilně, bylo nutné páskování stěn. Z důvodu požadavků účastníků z oboru Integrovaná bezpečnost staveb byly zvoleny pásy ocelové, jelikož pásy PE by odolaly účinkům požáru pouze několik minut a poté by došlo ke kolapsu celé konstrukce. Ocelové pásy mají značně lepší požární odolnost. Jednotlivé pásy se napínaly pomocí manuálního páskovacího přístroje. Po instalaci těchto pásků byla již konstrukce připravena pro další realizaci.



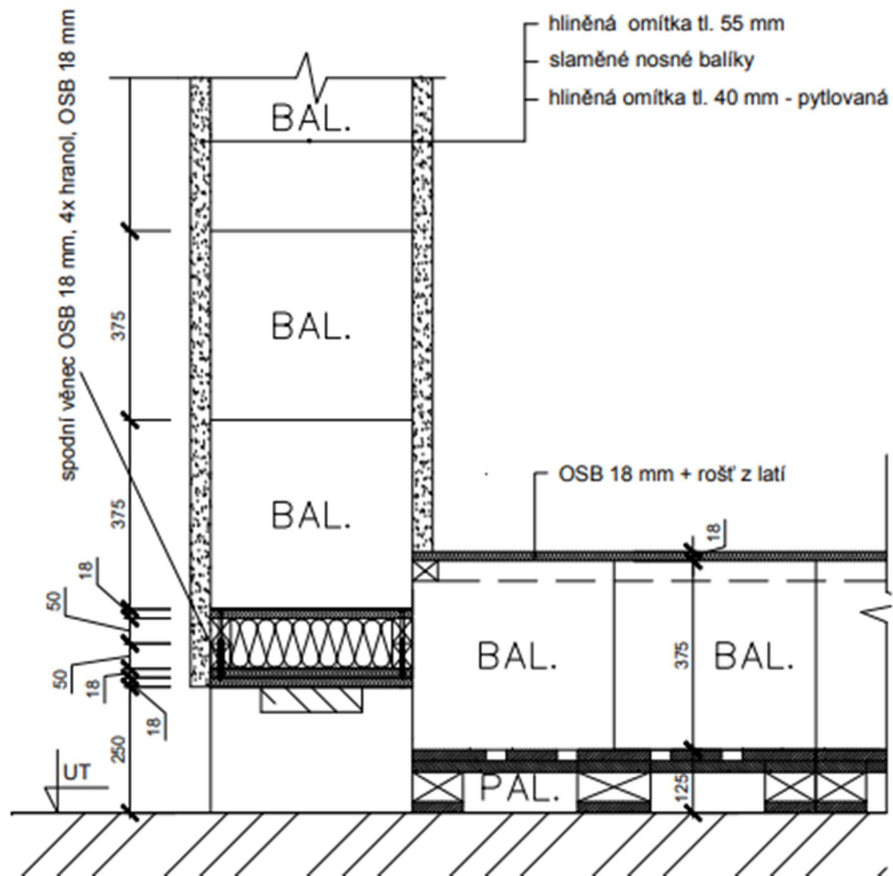
Obr. č. 14 Konstrukce stabilizována ocelovými páskami

Zdroj: archiv autora

Další etapou výstavby byla realizace nosné konstrukce střechy spolu se střešním pláštěm. Z původního plánu realizace zelené střechy se, vzhledem ke značnému zatížení, upustilo. Střecha byla nakonec řešena jako pultová s krytinou z asfaltových pásů.

Po dokončení realizace střechy byla již celá konstrukce opravdu stabilní, a tak se mohlo začít s posledním a nejpracnějším krokem k dokončení výstavby experimentálního objektu.

Dokončovací práce byly započaty 7 týdnů od zahájení stavby. Jednak šlo o osazení oken a dveří a jednak přišla na řadu konstrukce podlahy, která byla řešena na základě požadavků jednotlivých členů pracovní skupiny, přičemž tyto požadavky nebyly vysoké. Skutečná podlaha by byla řešena značně jinak, nicméně pro účely experimentálního objektu byla námi realizovaná podlaha dostatečná.

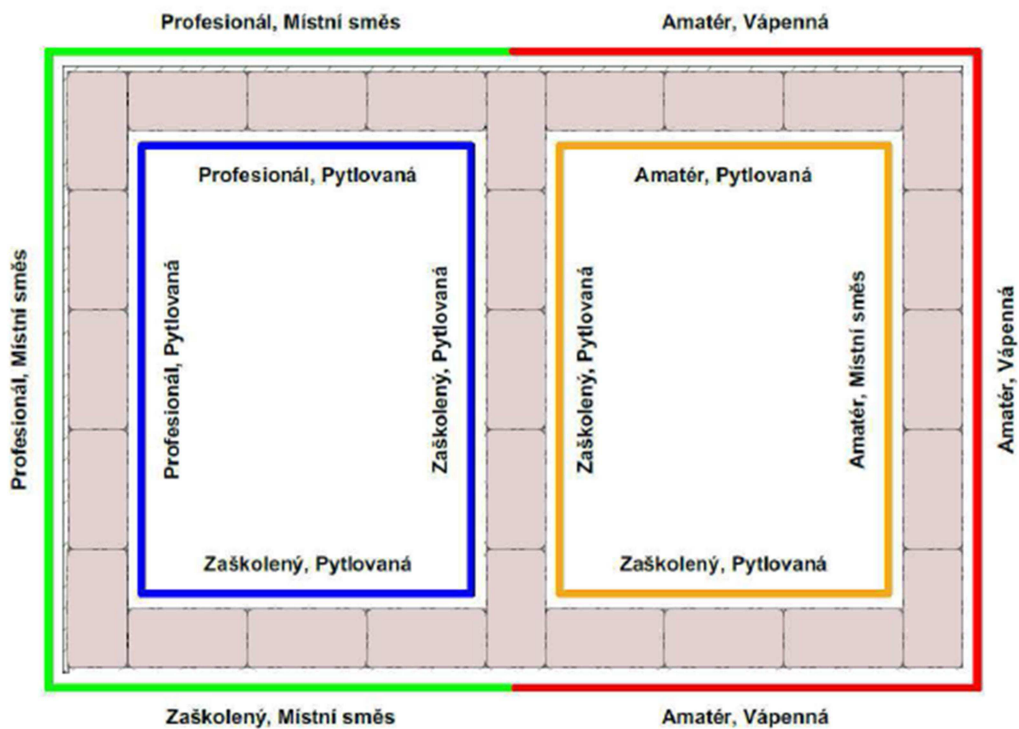


Obr. č. 15 Experimentální řešení konstrukce podlahy

Zdroj: archiv členů SGS ČVUT

Dalším krokem bylo osazení oken a dveří, což zručným studentům nedělalo žádný problém. Okna byla osazena pomocí turbošroubů, které byly instalovány skrze plastový rám.

Poté, co se z experimentálního objektu s krycím jménem „Slamáček“ stala již opravdová hrubá stavba, přišla na řadu nejpracnější část z celé výstavby, a to realizace omítek. Všechny vnitřní omítky byly řešeny jako hliněné, zatímco vnější omítky byly z poloviny hliněné a z poloviny vápenné. Práce na omítkách byly rozděleny dle schématu na Obr. č. 16. Některé stěny měl na starosti profesionální omítač, některé byly přiděleny lidem, kteří prošli školením, jak omítky správně nanášet a zbylé byly realizovány díky široké laické veřejnosti, která se zúčastnila organizovaného workshopu.



LEGENDA:

- | | |
|--|---|
|  Hliněná omítka vnitřní |  Hliněná omítka s polymerem |
|  Vápenná omítka |  Hliněná omítka vnitřní, vyztužená |

Obr. č. 16 Schéma rozdělení pracovníků a použitých druhů omítek

Zdroj: archiv členů SGS ČVUT

Omítky se řešily klasicky ve třech vrstvách, a to špic, vyrovnávací vrstva a vrchní štuková vrstva. Materiálové zdroje omítek byly různé. Jednak šlo o míchanou směs, která byla doručena od společnosti Picaso a jednak byla použita směs míchaná přímo na staveništi z místních zdrojů, tedy z jílu, písku a vody. Omítky použité na vnějších stranách stěn byly ještě obohaceny o polymer, který zajišťoval nenasákavost všech vrstev.



Obr. č. 17 Finální podoba experimentálního objektu

Zdroj: archiv autora

3.3. Zhodnocení výstavby experimentálního objektu

Výstavba experimentálního domu byla závislá na finančních prostředcích z již zmiňovaného grantu ze Studentské grantové soutěže. Původní rozpočet experimentální stavby byl naplánován ve výši 540 000Kč. Z důvodu administrativních problémů spolupůsobení tří kateder fakulty stavební ČVUT, které se na výzkumu podílely, byly finanční prostředky poníženy na částku 342 000Kč, z čehož vyplynuly určité nutné úspory během výstavby. Do schválené částky byly započítány nejen náklady na samotnou výstavbu objektu, ale značnou částku tvořila měřicí technika pro výzkum oboru Integrovaná bezpečnost staveb a následně měřicí technika, která byla potřebná pro sledování vysychání omítek. Měřicí technika potřebná pro zpracování této diplomové práce byla zapůjčena panem Ing. arch. Bc. Petrem Hejtmánkem a panem Ing. Tomášem Váchalem, Arquitecto Técnico, tudíž náklady na tuto měřicí techniku byly nulové.

Díky již zmiňovanému snížení množství finančních nákladů musel být upraven celý návrh experimentálního objektu. Aby bylo reálné tento dům zrealizovat, členové týmu začali shánět sponzorské dary, které by celkovému rozpočtu ulehčily. Sehnání sponzorských darů nebylo ale vůbec jednoduché. Nakonec se podařilo zajistit sponzorský dar od společnosti Stavebniny DEK a.s. v celkové výši 23 000Kč, z čehož byly pořízeny betonové prolévací tvárnice pro založení objektu, pytlovaná betonová směs, skelná a minerální izolace konstrukce střechy, veškerý spojovací materiál a další drobný materiál. Dalším sponzorem se stal pan Tomáš Habel, který je vlastníkem pily v obci Kalovice a postaral se o bezplatnou dodávku latí, které byly potřebné pro nosnou konstrukci experimentálního objektu. Veškerý další materiál, včetně měřicí techniky musel být bohužel zakoupen, jelikož žádný další sponzor sehnán nebyl.

Ještě před samotnou koupí slaměných balíků byl poskytnut jeden slaměný balík pro ujištění, zda jsou právě tyto balíky vhodné pro výstavbu realizovaného experimentálního objektu. Poskytnutý balík splňoval požadavky projektu, a to především díky tomu, že objemová hmotnost balíku byla zhruba 100 kg/m^3 – tato hodnota by měla být pro výstavbu slaměných domů minimální, jinak není zajištěna stabilita objektu. V průběhu výstavby objektu bylo poskytnuto několik vzorků pro změření potřebných fyzikálních vlastností. V průběhu tohoto měření byla naměřena také objemová hmotnost, která se ale pohybovala v maximální hodnotě 88 kg/m^3 , což bylo nemilé zjištění, ale objekt byl v tomto okamžiku již v pokročilé fázi realizace, tudíž bylo rozhodnuto, že se výstavba zastavovat nebude. Díky tomuto faktu bylo celkové sedání nosné slaměné konstrukce vysoké, a to dokonce 180 mm při konstrukční výšce objektu 3 m.

Jednou z úspor na výstavbě experimentálního objektu bylo snížení dimenzí dřevěných prvků, které ale zároveň dle statického výpočtu vyhověly na navržené zatížení. Z důvodu snížení dimenzí došlo k velkým průhybům spodního nosného věnce, který musel být během realizace provizorně podepřen, aby nedošlo ke kolapsu celé konstrukce.



Obr. č. 18 Viditelný průhyb spodního nosného věnce

Zdroj: archiv autora



Obr. č. 19 Provizorní podepření spodního nosného věnce

Zdroj: archiv autora

Dalším problémem, který vznikl během realizace, bylo zařezávání ocelových pásek do dřevěné konstrukce nosných věnců – konkrétně šlo o zařezávání do OSB desek. Jelikož bylo použito manuální páskovačky, díky které s jistotou nebyly pásky předepnuty na maximální navrhovanou hodnotu, lze předpokládat, že za použití automatické páskovačky by došlo k úplnému poškození OSB desek, ze kterých byly konstruovány nosné věnce. Ideální

variantou by tedy byla investice do podložek, které by zamezily opotřebování konstrukce, která je podkladem předepnutých pásek.



Obr. č. 20 Zařezávání ocelové pásky do dřevěné konstrukce nosného věnce

Zdroj: archiv autora

Dle normy pro navrhování geometrické přesnosti ČSN 73 0205 by měly být v projektové dokumentaci stanoveny požadavky geometrickou přesnost hrubých konstrukcí, dokončovacích prací a jejich kontrolu. V případě experimentálního objektu tomu tak naštěstí nebylo. Rovinnost hrubých konstrukcí se pohybovala v hodnotách zhruba 12 cm na 2 m délky, případně výšky. Pokud by se jednalo o běžnou stavební konstrukci, realizace v takové přesnosti by byla nepřijatelná. Tyto nerovnosti hrubých konstrukcí bylo snahou srovnat hrubou vrstvou omítky, ale logicky nebylo dosaženo požadavků, které jsou pro obytné budovy běžné. Podařilo se dosáhnout rovinnosti zhruba 4 cm na 2 m, což byl pro celý realizační tým úspěch. Značná nerovnost je viditelná na pravé hraně stěny, která je vyobrazena na následující fotografii.

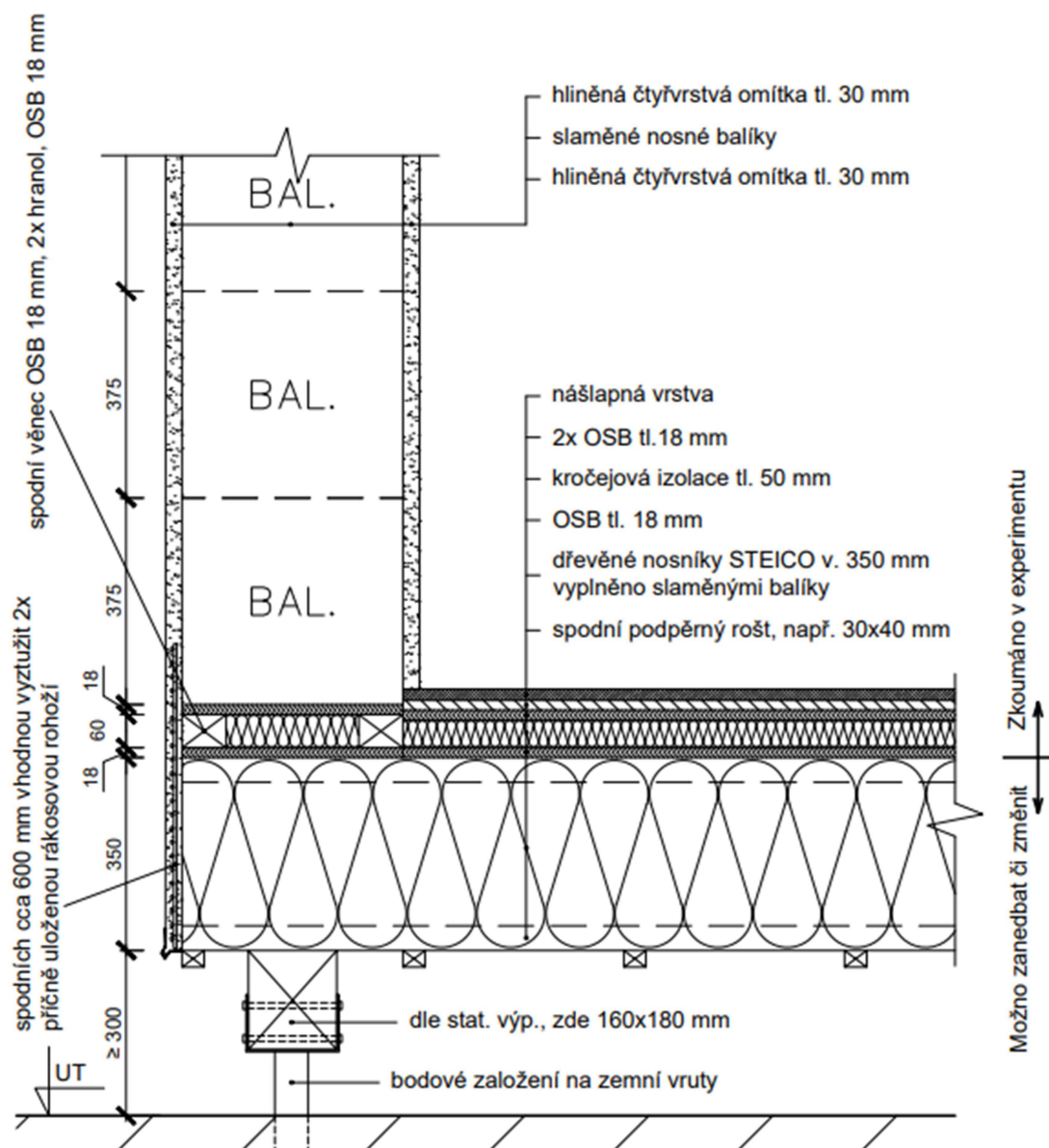


Obr. č. 21 Nerovnost stěny po nanesení hrubé vrstvy omítky

Zdroj: archiv autora

Mezi další neobvyklá konstrukční řešení experimentálního objektu patří podlaha. Jelikož žádný z účastníků experimentu neměl požadavky na kvalitu provedení právě zmíněné podlahy, byla vyřešena tak, aby náklady na její realizaci byly co nejnižší. Její skladba je popsána již na obrázku č. 15. V případě, že by se reálně stavěl dům stejného charakteru, jako byl tento experimentální dům, možné řešení je popsáno na obrázku č. 22.

VZOROVÉ ŘEŠENÍ



Obr. č. 22 Vhodné řešení konstrukce podlahy

Zdroj: archiv členů SGS ČVUT

Z důvodu finanční a časové úspory, případně úspory pracnosti, byl zvolen systém jednodušší, který ovšem nikomu neovlivňoval vlastní měření. Po stránce použitelnosti byla ale podlaha experimentálního objektu provedena správně.

V neposlední řadě je nutné zmínit se o konstrukci střechy. Původní plán, konstruovat střechu zelenou, byl zamítnut v okamžiku, kdy spodní nosný věnec začal vykazovat značné průhyby, a další zatížení bylo tedy vyloučeno.

Po dohodě se všemi účastníky projektu bylo rozhodnuto o realizaci střechy pouze s krytinou z asfaltových pasů. Toto řešení představovalo ideální stav, co se týče dalšího zatížení. Střecha tak byla lehká a nemusely tak vznikat obavy z případného kolapsu objektu. Z hlediska ekologie toto řešení bohužel nebylo úplně vhodné, jelikož se experimentální objekt v září roku 2017 vystavil požáru, ale jiné vhodné, případně vhodnější řešení bohužel nepřipadalo v úvahu.

S přihlédnutím na veškeré špatně vyřešené detaily objektu a značnou finanční úsporu během použití některých materiálů, je nutné konstatovat, že experimentální dům splnil požadavky na požární odolnost u rodinných domů, dokonce je několikanásobně překročil. Ke kolapsu celé konstrukce došlo až několik minut po uplynutí 60 minut rozvinutého požáru.



Obr. č. 23 Experimentální objekt při požáru

Zdroj: archiv autora

4. Počítačová simulace experimentálního objektu

Vstupními daty počítačového modelu, který proběhl v souboru typu excel, který byl zpracován tak, aby pracoval stejně jako program Simulace 2017, který vyhodnocuje odezvu místnosti na tepelnou zátěž, byly svislé obalové konstrukce – tedy konstrukce neprůsvitné a dále vnější průsvitné konstrukce. Simulační soubor, který byl použit pro zpracování této diplomové práce, navrhl a vypracoval pan Ing. Kamil Staněk, Ph.D., který tento soubor poskytuje již několik let svým studentům během výuky stavební fyziky. Jelikož tento soubor pracuje stejně jako počítačový program Simulace 2017, byl použit pro tuto práci právě tento soubor, přičemž hodnoty byly v programu Simulace 2017 ověřeny. Pro zmíněný počítačový program bohužel neexistuje bezplatná studentská licence a dostupnost v rámci učeben ČVUT je časově velmi omezena, proto byl soubor typu .xls pro zpracování vhodnější.

Parametry těchto konstrukcí byly zadány na základě informací od výrobců daných materiálů, u slámy byly zadány hodnoty naměřené v laboratoři. Měření vlastností slaměného balíku proběhlo přímo v laboratoři UCEEB. Ostatní parametry byly zadány do zmíněného programu dle lokace řešeného objektu a dle naměřených venkovních teplot v daném zkoumaném dnu.

Tab. č. 1 Naměřené hodnoty vlastností slaměného balíku

	datum měření	čas měření	měřený materiál	součinite l tepelné vodivosti λ [W/m*K]	objemová tepelná kapacita C [J/m ³ *K]	teplotní vodivost a [m ² /s]
1	15.06.2017	10:53	Strawbale-PL1	0.063762	0.185133	0.344412
2	15.06.2017	11:16	Strawbale-PL1	0.063631	0.185972	0.342153
3	15.06.2017	11:39	Strawbale-PL1	0.063940	0.184989	0.345641
4	15.06.2017	12:48	Strawbale-PL2	0.060569	0.179510	0.337412
5	15.06.2017	13:11	Strawbale-PL2	0.060583	0.179220	0.338034
6	15.06.2017	13:34	Strawbale-PL2	0.060564	0.179599	0.337216
7	15.06.2017	14:12	Strawbale-PL3	0.060734	0.177418	0.342323
8	15.06.2017	14:35	Strawbale-PL3	0.060893	0.175800	0.346376
9	15.06.2017	14:57	Strawbale-PL3	0.060937	0.175890	0.346449
10	15.06.2017	15:57	Strawbale-PS1	0.063823	0.169008	0.377632
11	15.06.2017	16:19	Strawbale-PS1	0.063590	0.169143	0.375956
12	15.06.2017	16:42	Strawbale-PS1	0.063606	0.168024	0.378551
13	15.06.2017	17:21	Strawbale-PS2	0.062529	0.191902	0.325840
14	15.06.2017	17:44	Strawbale-PS2	0.062580	0.190768	0.328045
15	15.06.2017	18:07	Strawbale-PS2	0.062453	0.191352	0.326378
16	20.06.2017	10:24	Strawbale-R1	0.058230	0.166021	0.350741
17	20.06.2017	10:47	Strawbale-R1	0.057925	0.166412	0.348084
18	20.06.2017	11:11	Strawbale-R1	0.058220	0.165759	0.351232
19	20.06.2017	11:48	Strawbale-R2	0.057388	0.139518	0.411335
20	20.06.2017	12:11	Strawbale-R2	0.057478	0.138269	0.415700
21	20.06.2017	12:34	Strawbale-R2	0.057453	0.138428	0.415040
hmotnost [kg]			13,45			
rozměry b [cm]		92	58	35		
objemová [kg/m ³]			72,0			

Zdroj: archiv členů SGS ČVUT

Konstrukce číslo 1 ... vnější jednoplášťová konstrukce					
Označení konstrukce:		Obvodová stěna jih			
Plocha konstrukce:	7.20 m ²	Souč. prostupu tepla U:	0.15 W/(m ² K)		
Šířka konstrukce:	2.40 m	Výška konstrukce:	3.00 m		
Tep.odpor Rsi:	0.00 m ² K/W	Tep.odpor Rse:	0.00 m ² K/W		
Orientace kce:	jih	Činitel oslunění:	1.00		
Pohltivost záření:	0.00				
vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/(mK)]	M.teplo [J/(kgK)]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	hliněná omítka	0.0500	0.760	840.0	1400.0
2	slaměný balík	0.4000	0.060	1050.0	72.0
3	hliněná omítka	0.0500	0.760	840.0	1400.0
Tepelná kapacita C: 65.141 kJ/m ² K					
Konstrukce číslo 3 ... vnější jednoplášťová konstrukce					
Označení konstrukce:		Obvodová stěna východ			
Plocha konstrukce:	12.00 m ²	Souč. prostupu tepla U:	0.15 W/(m ² K)		
Šířka konstrukce:	4.00 m	Výška konstrukce:	3.00 m		
Tep.odpor Rsi:	0.00 m ² K/W	Tep.odpor Rse:	0.00 m ² K/W		
Orientace kce:	východ	Činitel oslunění:	1.00		
Pohltivost záření:	0.00				
vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/(mK)]	M.teplo [J/(kgK)]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	hliněná omítka	0.0500	0.760	840.0	1400.0
2	slaměný balík	0.4000	0.060	1050.0	72.0
3	hliněná omítka	0.0500	0.760	840.0	1400.0
Tepelná kapacita C: 65.141 kJ/m ² K					
Konstrukce číslo 4 ... vnitřní konstrukce					
Označení konstrukce:		Vnitřní příčka			
Plocha konstrukce:	6.40 m ²	Souč. prostupu tepla U:	0.15 W/(m ² K)		
Tep.odpor Rsi:	0.00 m ² K/W	Tep.odpor Rse:	0.00 m ² K/W		
vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/(mK)]	M.teplo [J/(kgK)]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	hliněná omítka	0.0500	0.760	840.0	1400.0
2	slaměný balík	0.4000	0.060	1050.0	72.0
3	hliněná omítka	0.0500	0.760	840.0	1400.0
Tepelná kapacita C: 65.141 kJ/m ² K					

Obr. č. 24 Zadané hodnoty obalových konstrukcí

Zdroj: archiv autora

Zadané vnější průsvitné konstrukce:

Konstrukce číslo 1

Označení konstrukce:	Okno 120x80	Souč. prostupu tepla U:	1.44 W/(m ² K)
Plocha konstrukce:	0.96 m ²	Výška konstrukce:	1.20 m
Šířka konstrukce:	0.80 m	Tep. odpor R _{se} :	0.07 m ² K/W
Tep. odpor R _{si} :	0.13 m ² K/W		
Orientace kce:	jih	Činitel prostupu Tau _E :	0.000
Propustnost záření g:	1.00	Korekční činitel zasklení:	1.00
Terciální činitel Sf3:	0.000	Činitel oslunění:	1.00
Korekční činitel clonění:	1.00	Činitel jímavosti Y:	1.26 W/K
Sekundární činitel Sf2:	0.000		

Obr. č. 25 Zadané vnější průsvitné konstrukce

Zdroj: archiv autora

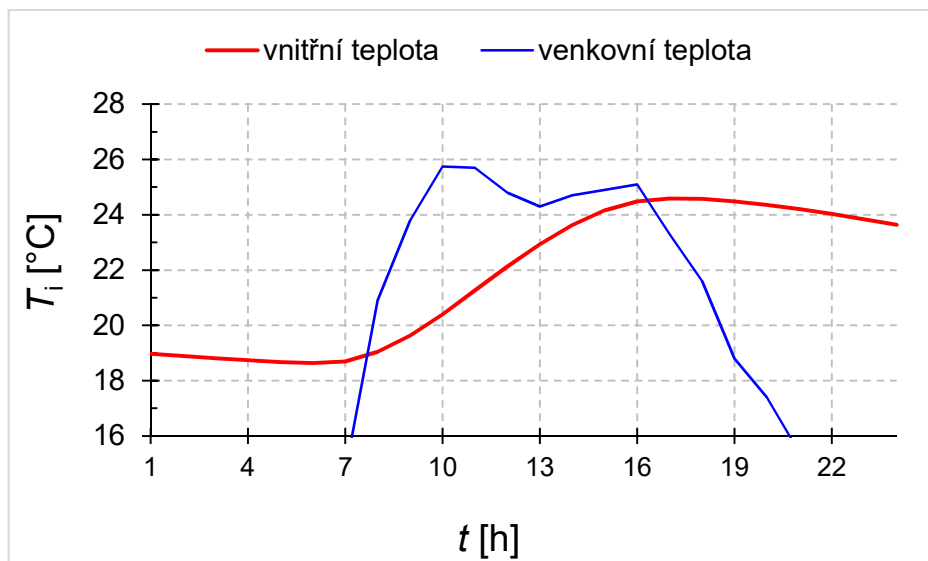
4.1. Výstupy z počítačové simulace

Výpočet bez stínícího prvku

Tab. č. 2 Výpočtové hodnoty v situaci bez stínění

čas	solární zisky					vnitřní zisky Q _i [W]	měr. tep. tok větr. H _v [W/K]	venkovní teplota T _e [°C]	vnitřní teplota T _i [°C]
	Q _s [W]								
t [h]	sever	východ	jih	západ	CELKEM				
1	0	0	0	0	0	0	0	14,3	19,0
2	0	0	0	0	0	0	0	14,2	18,9
3	0	0	0	0	0	0	0	14,4	18,8
4	0	0	0	0	0	0	0	14,7	18,7
5	0	0	0	0	0	0	0	14,6	18,7
6	0	0	23	0	21	0	0	14,4	18,6
7	0	0	64	0	58	0	0	14,7	18,7
8	0	0	162	0	145	0	0	20,9	19,0
9	0	0	262	0	236	0	0	23,8	19,6
10	0	0	345	0	311	0	0	25,8	20,4
11	0	0	399	0	359	0	0	25,7	21,3
12	0	0	418	0	376	0	0	24,8	22,1
13	0	0	399	0	359	0	0	24,3	22,9
14	0	0	345	0	311	0	0	24,7	23,6
15	0	0	262	0	236	0	0	24,9	24,2
16	0	0	162	0	145	0	0	25,1	24,5
17	0	0	64	0	58	0	0	23,3	24,6
18	0	0	23	0	21	0	0	21,6	24,6
19	0	0	0	0	0	0	0	18,8	24,5
20	0	0	0	0	0	0	0	17,4	24,4
21	0	0	0	0	0	0	0	15,4	24,2
22	0	0	0	0	0	0	0	14,1	24,0
23	0	0	0	0	0	0	0	12,8	23,8
24	0	0	0	0	0	0	0	12,6	23,6

Zdroj: archiv autora



Obr. č. 26 Graf znázorňující průběh teplot vypočtený dle hodnot zadaných bez použití stínících prvků

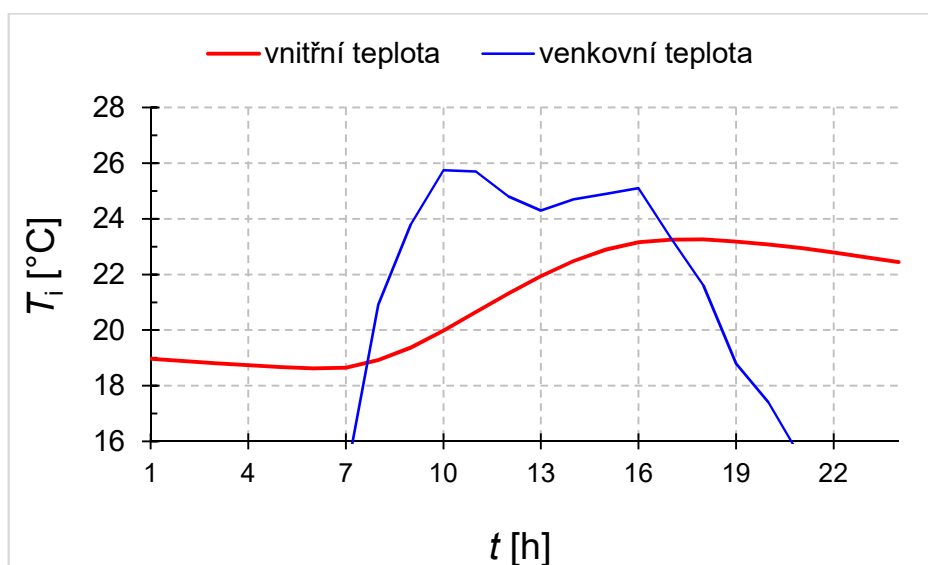
Zdroj: archiv autora

Výpočet s použitím markýzy

Tab. č. 3 Výpočtové hodnoty v situaci s markýzou

čas	solární zisky					vnitřní zisky Q_i [W]	měr. tep. tok větr. H_v [W/K]	venkovní teplota T_e [°C]	vnitřní teplota T_i [°C]
	Q_s [W]								
t [h]	sever	východ	jih	západ	CELKEM				
1	0	0	0	0	0	0	0	14,3	19,0
2	0	0	0	0	0	0	0	14,2	18,9
3	0	0	0	0	0	0	0	14,4	18,8
4	0	0	0	0	0	0	0	14,7	18,7
5	0	0	0	0	0	0	0	14,6	18,7
6	0	0	17	0	15	0	0	14,4	18,6
7	0	0	48	0	43	0	0	14,7	18,7
8	0	0	120	0	108	0	0	20,9	18,9
9	0	0	194	0	175	0	0	23,8	19,4
10	0	0	255	0	230	0	0	25,8	20,0
11	0	0	296	0	266	0	0	25,7	20,6
12	0	0	309	0	278	0	0	24,8	21,3
13	0	0	296	0	266	0	0	24,3	21,9
14	0	0	255	0	230	0	0	24,7	22,5
15	0	0	194	0	175	0	0	24,9	22,9
16	0	0	120	0	108	0	0	25,1	23,2
17	0	0	48	0	43	0	0	23,3	23,3
18	0	0	17	0	15	0	0	21,6	23,3
19	0	0	0	0	0	0	0	18,8	23,2
20	0	0	0	0	0	0	0	17,4	23,1
21	0	0	0	0	0	0	0	15,4	22,9
22	0	0	0	0	0	0	0	14,1	22,8
23	0	0	0	0	0	0	0	12,8	22,6
24	0	0	0	0	0	0	0	12,6	22,4

Zdroj: archiv autora



Obr. č. 27 Graf znázorňující průběh teplot vypočtený dle hodnot zadaných s použitím markýzy

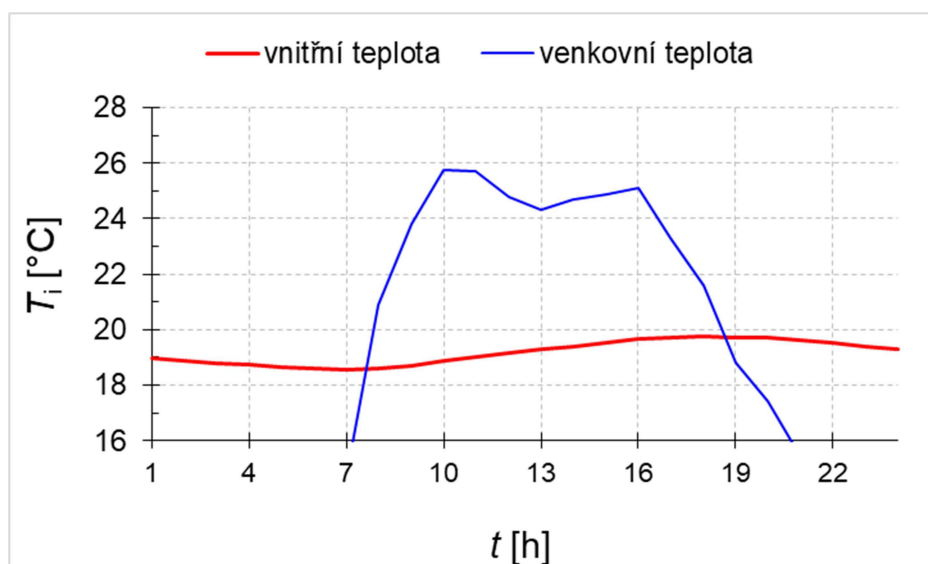
Zdroj: archiv autora

Výpočet s použitím plného vnitřního stínění

Tab. č. 4 Výpočtové hodnoty v situaci s plným vnitřním stíněním

čas	solární zisky					vnitřní zisky	měr. tep. tok větr.	venkovní teplota	vnitřní teplota
	Q_s [W]								
t [h]	sever	východ	jih	západ	CELKEM	Q_i [W]	H_V [W/K]	T_e [°C]	T_i [°C]
1	0	0	0	0	0	0	0	14,3	19,0
2	0	0	0	0	0	0	0	14,2	18,9
3	0	0	0	0	0	0	0	14,4	18,8
4	0	0	0	0	0	0	0	14,7	18,7
5	0	0	0	0	0	0	0	14,6	18,7
6	0	0	1	0	1	0	0	14,4	18,6
7	0	0	3	0	3	0	0	14,7	18,5
8	0	0	8	0	7	0	0	20,9	18,6
9	0	0	13	0	12	0	0	23,8	18,7
10	0	0	17	0	16	0	0	25,8	18,9
11	0	0	20	0	18	0	0	25,7	19,0
12	0	0	21	0	19	0	0	24,8	19,2
13	0	0	20	0	18	0	0	24,3	19,3
14	0	0	17	0	16	0	0	24,7	19,4
15	0	0	13	0	12	0	0	24,9	19,5
16	0	0	8	0	7	0	0	25,1	19,6
17	0	0	3	0	3	0	0	23,3	19,7
18	0	0	1	0	1	0	0	21,6	19,7
19	0	0	0	0	0	0	0	18,8	19,7
20	0	0	0	0	0	0	0	17,4	19,7
21	0	0	0	0	0	0	0	15,4	19,6
22	0	0	0	0	0	0	0	14,1	19,5
23	0	0	0	0	0	0	0	12,8	19,4
24	0	0	0	0	0	0	0	12,6	19,3

Zdroj: archiv autora



Obr. č. 28 Graf znázorňující průběh teplot vypočtený dle hodnot zadaných s použitím plného vnitřního stínění

Zdroj: archiv autora

5. Vlastní měření na experimentálním objektu

5.1. Teoretická příprava

Pro porozumění problematice, kterou se tato diplomová práce zabývá, bylo prvotně nutné se s danou problematikou seznámit. Jelikož jsme se v žádném z předchozích předmětů s problematikou přímo letní tepelné stability nesetkali, bylo nutné vyhledání materiálů, které by danou problematiku vysvětlily. Tomuto nastudování napomohli vyučující z FSV ČVUT, a to především pan doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, který zájem o tuto problematiku, jakožto odborník v tomto oboru, uvítal.

5.2. Metodika měření

Vlastní měření na experimentálním objektu probíhalo téměř tři měsíce, a to od 25. června 2017 do 4. září 2017. Vzhledem k načasování měření ostatních účastníků nebylo možné měření v delším časovém intervalu. K dispozici bylo 10 čidel pro měření teploty, ústředna, která zaznamenávala naměřené hodnoty a notebook, do kterého ústředna hodnoty převáděla do klasické podoby poznámkového bloku. Pro větší využití množství čidel, které bylo k dispozici, byla čidla rozmístěna na více místech, než bylo pro tuto diplomovou práci potřebné. Pro vznik této práce bylo nutné měření exteriérové teploty prostorovým čidlem a dalšími dvěma čidly stejného typu měření teploty interiérové v obou místnostech experimentálního objektu. Právě pro vyšší využití jak ústředny, která byla k dispozici, tak pro využití všech čidel, byla sledována i povrchová teplota konstrukcí. Tyto hodnoty byly využitelné v jiných diplomových pracích.

Potřebné zařízení (notebook, ústředna, čidla) bylo propůjčeno panem Ing. arch. Bc. Petrem Hejtmánkem z Univerzitního centra energeticky efektivních budov (UCEEB) v Buštěhradu. Zařízení potřebné pro porovnání měřícího zařízení propůjčil vedoucí této diplomové práce pan Ing. Tomáš Váchal, Arquitecto Técnico z Fakulty stavební ČVUT.

Nejprve byla změřena jak exteriérová teplota, tak teplota uvnitř objektu oběma čidly a naměřené teploty se vzájemně porovnaly, posléze proběhlo porovnání s meteostanicí, která je umístěna v areálu Univerzitního centra

v Buštěhradu. Jelikož zařízení nevykazovala značné odchytky od naměřených hodnot kalibrovanou meteostanicí, měření mohlo začít.



Obr. č. 29 Čidla měřící teplotu experimentálního objektu

Zdroj: archiv autora



Obr. č. 30 Ústředna pro zaznamenávání naměřených dat

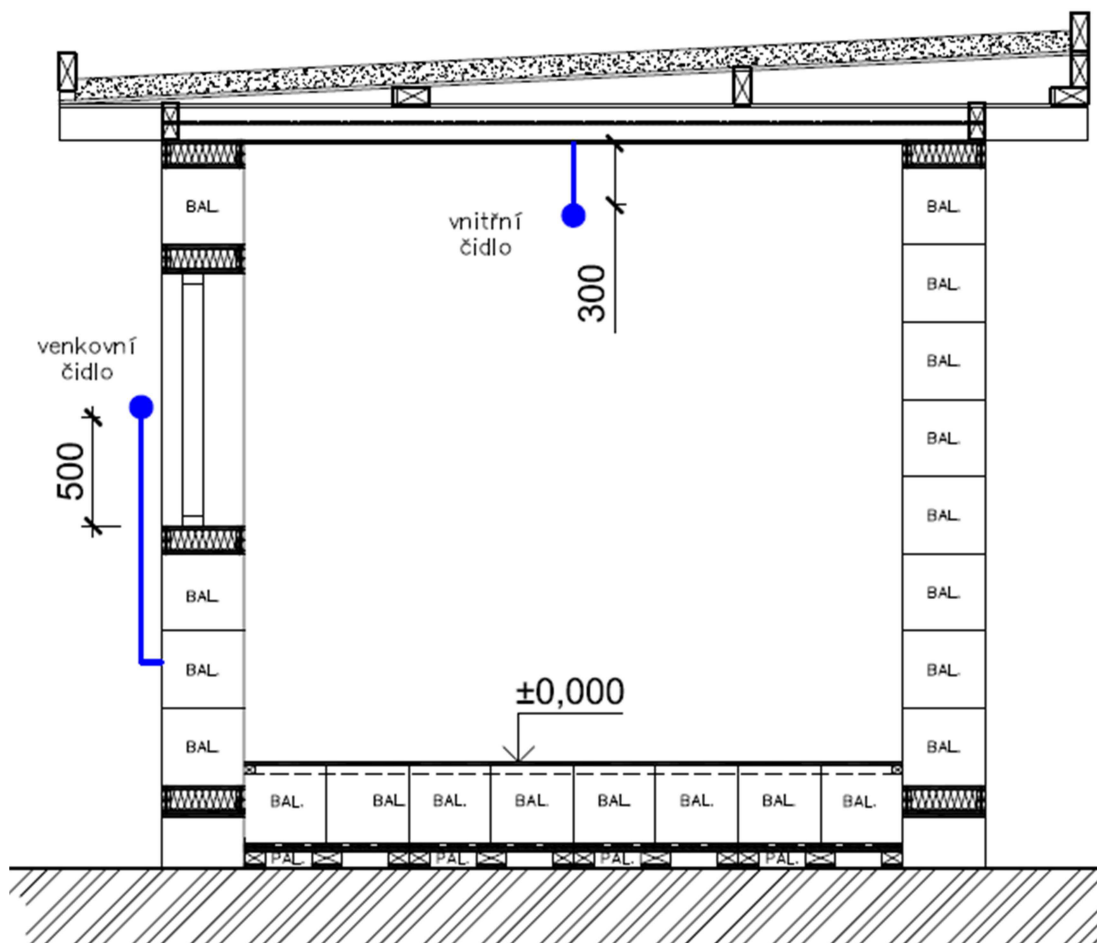
Zdroj: archiv autora

5.3. Měření bez zastiňovacích prvků

Prvním způsobem měření bylo měření bez zastiňovacích prvků, aby bylo ověřeno, že se obě místnosti chovají stejně a další měření má smysl. Nejprve byla nainstalována dvě měřící čidla na stranu exteriéru pro ověření správnosti měření obou čidel a následně byla nainstalována dvě čidla do interiéru každé z místností. Obě čidla měla stejnou polohu vzhledem k místnosti, a to jak půdorysně, tak výškově. Na exteriérové straně experimentálního objektu bohužel dlouho obě čidla nevydržela. Přibližně za tři hodiny od počátku měření bylo jedno z čidel poničeno neznámým vandalem a část čidla odcizena. Z tohoto důvodu byla venkovní teplota měřena pouze jedním měřícím čidlem, což ale pro naše účely stačilo, vzhledem k poloze vůči světovým stranám. Po této nepříjemné zkušenosti bylo na objekt umístěno světlo s pohybovým čidlem, které mělo za úkol případné nechtěné návštěvníky odradit. Umístění měřících čidel je zřejmé na obrázku č. 31. Jak již bylo zmíněno dříve, instalovaných čidel bylo v experimentálním objektu více, nicméně pro účely této práce nebyla potřebná.

Jelikož čidla, která jsme měla půjčená, vykazovala v některých časech chyby, pro vyhodnocení naměřených dat byl použit den, během kterého nebyla naměřena žádná chyba. Tato první, srovnávací, varianta probíhala po 14 dní v první polovině měsíce července 2017.

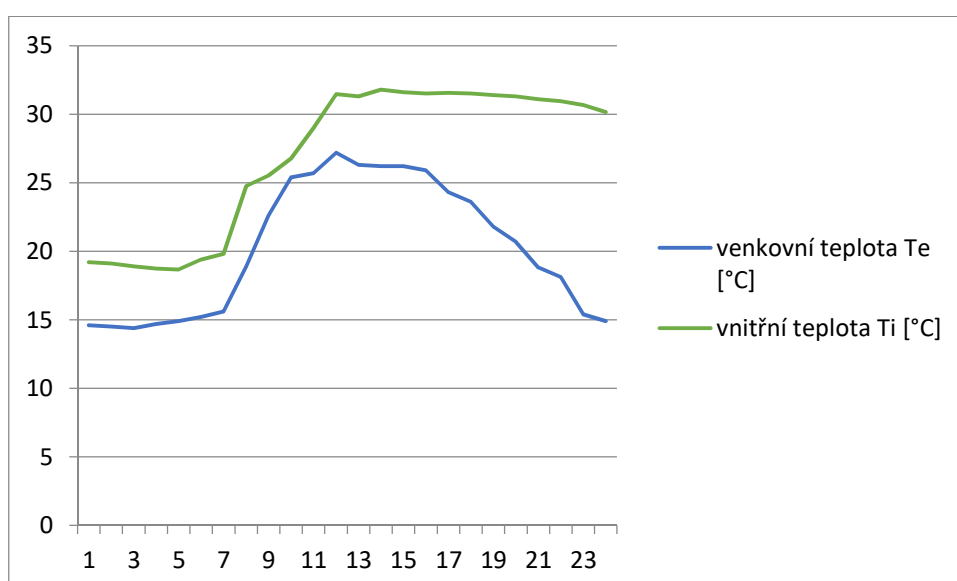
Měření čidly bylo nastaveno tak, aby zaznamenávala teplotu vždy jednou za 7 vteřin. Pro množství dat byly hodnoty redukovány, a to průměrově na jednu hodnotu za hodinu. Pro tuto diplomovou práci bylo takové množství hodnot dostatečné.



Obr. č. 31 Řez s naznačenou polohou měřících čidel

Zdroj: archiv autora

Naměřené hodnoty

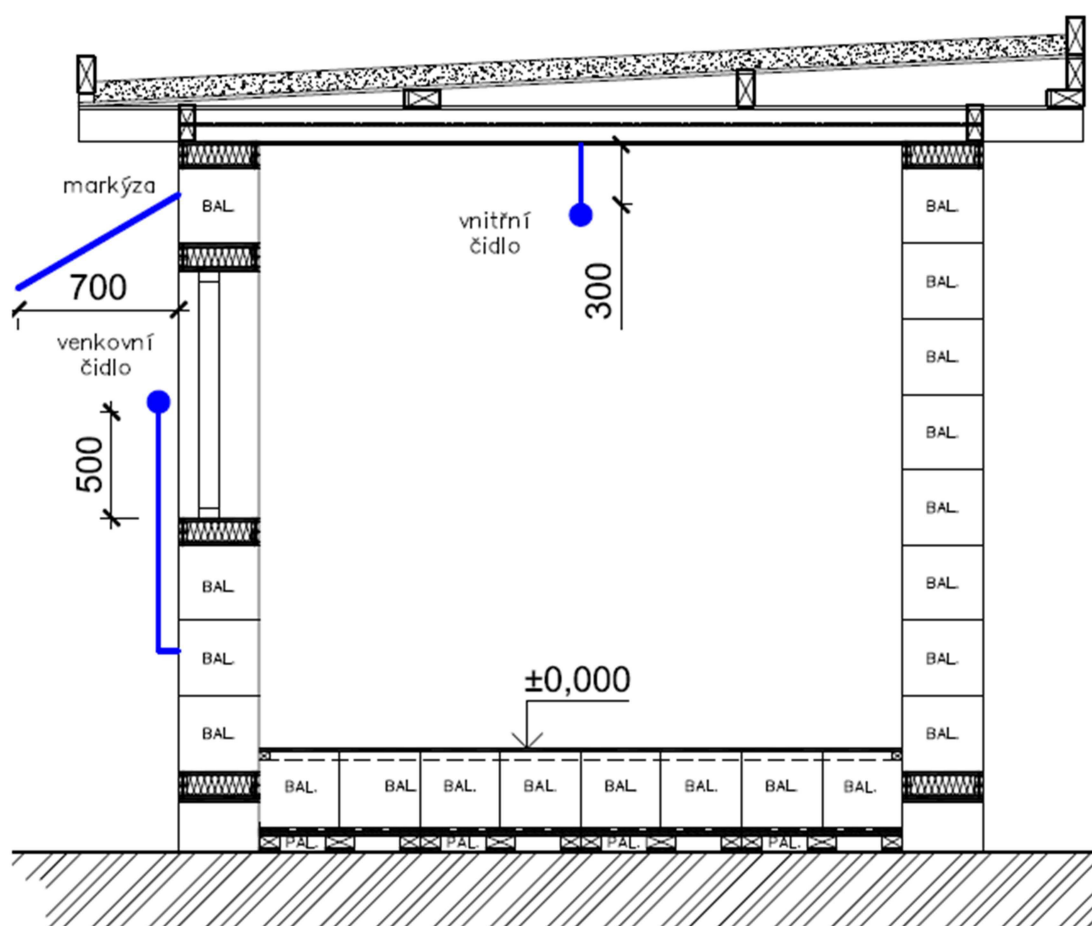


Obr. č. 32 Graf znázorňující naměřené hodnoty teploty bez stínících prvků

Zdroj: archiv autora

5.4. Měření s částečně stínícím prvkem

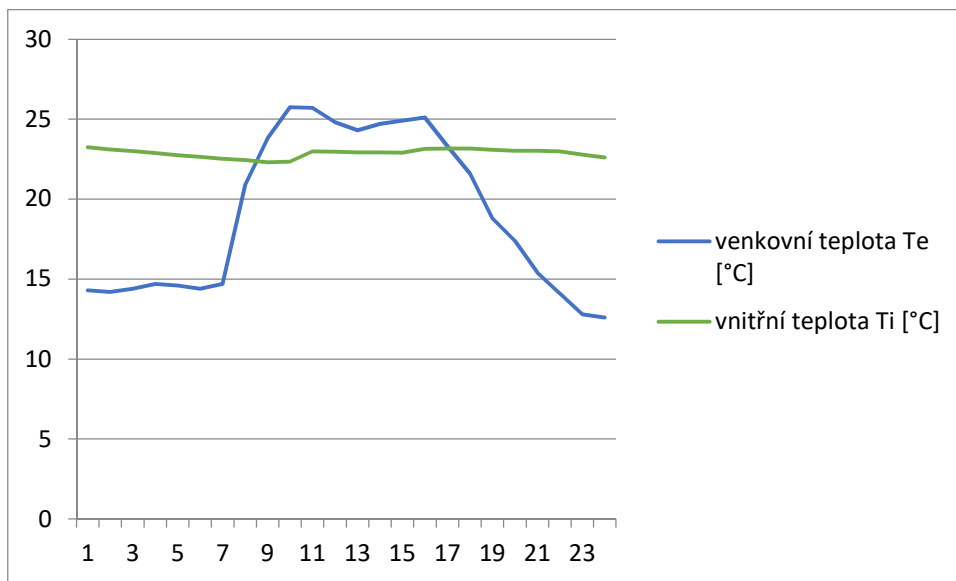
Další variantou měření byla varianta, kdy byla k jednomu oknu instalována markýza s půdorysným přesahem 700 mm. Měřicí technika zůstala stále na stejných místech, stejně jako ve variantě bez stínění, což je viditelné na obrázku č. 33. Obdobně jako u varianty měření bez stínících prvků vykazovala čidla jisté odchylky měření (chyby), proto byl vybrán jeden ze dnů, kdy k chybě nedošlo – nebo alespoň nebyla zřetelná, jako tomu bylo v průběhu jiných dnů, kdy měření probíhalo. Měření s částečným stínícím prvkem probíhalo opět 14 dní, a to v druhé polovině měsíce července roku 2017. Použitá markýza je viditelná již na fotografii na obrázku č. 17.



Obr. č. 33 Řez s naznačenou markýzou u okna

Zdroj: archiv autora

Naměřené hodnoty



Obr. č. 34 Graf znázorňující naměřené hodnoty teploty s instalovanou markýzou

Zdroj: archiv autora

5.5. Měření s plně stínícím prvkem

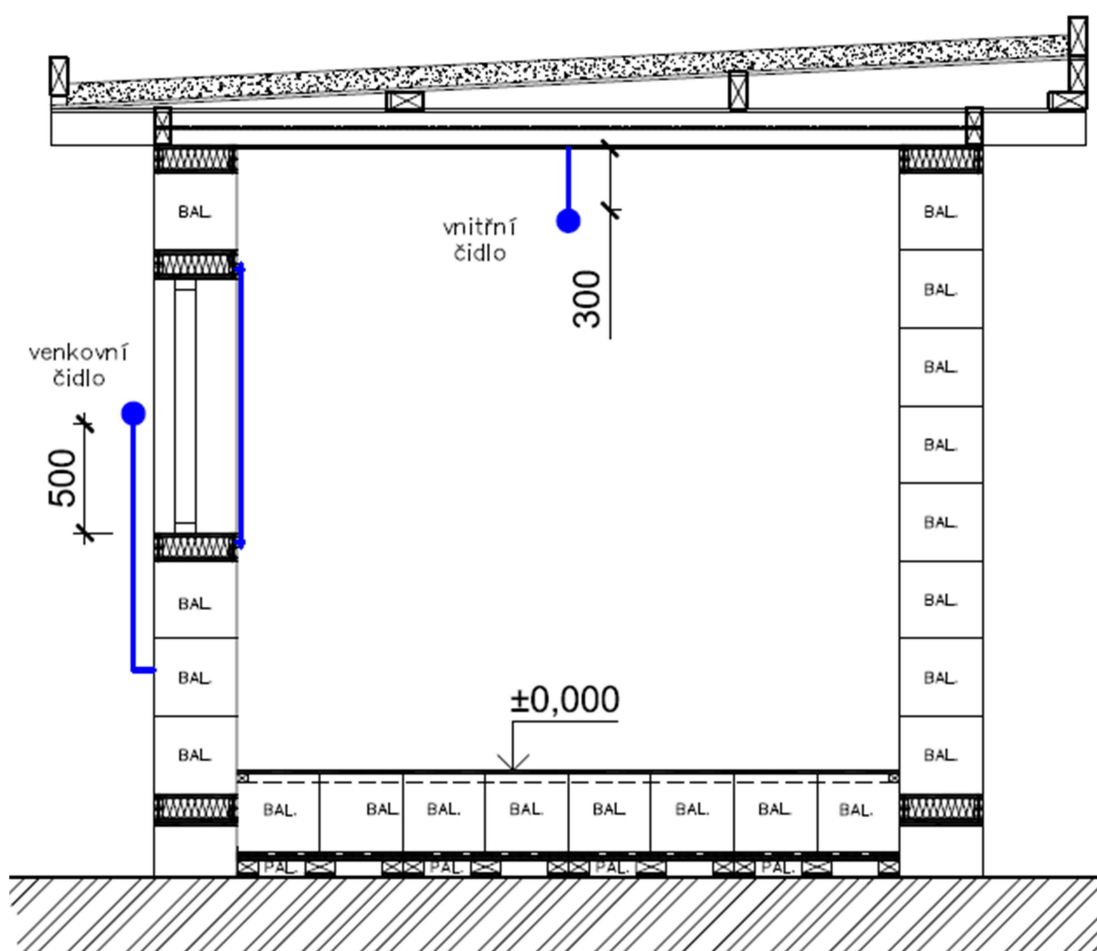
Další a zároveň poslední variantou měření bylo měření, během kterého bylo do jedné z místností instalováno úplně stínění okna. Pro stínění byla použita černá látka ve čtyřech vrstvách, aby bylo zajištěno nepropustnosti slunečního záření. Pocitově teplota v interiéru, oproti předchozím dvěma variantám, značně poklesla. I tato varianta měření byla měřena po 14 dní, a to v průběhu první poloviny srpna.

Po ukončení tohoto měření byla již nutná příprava experimentální zkoušky pro skupinu požárníků, kteří potřebovali instalovat požární zatížení ve formě dřevěných hranic z latí.



Obr. č. 35 Stínící prvek třetí varianty

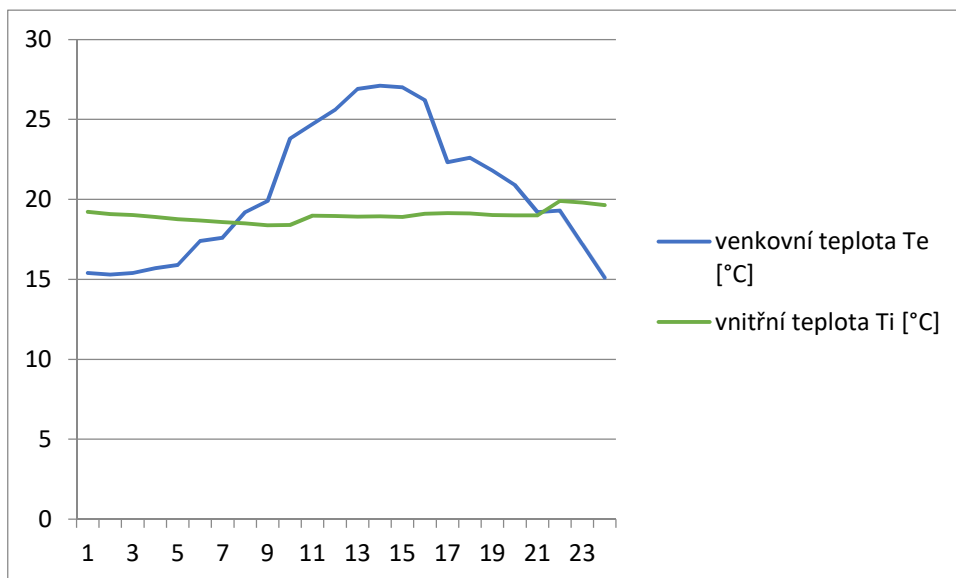
Zdroj: archiv autora



Obr. č. 36 Řez s naznačeným stínícím prvkem

Zdroj: archiv autora

Naměřené hodnoty



Obr. č. 37 Graf znázorňující naměřené hodnoty teploty s plným stínícím prvkem

Zdroj: archiv autora

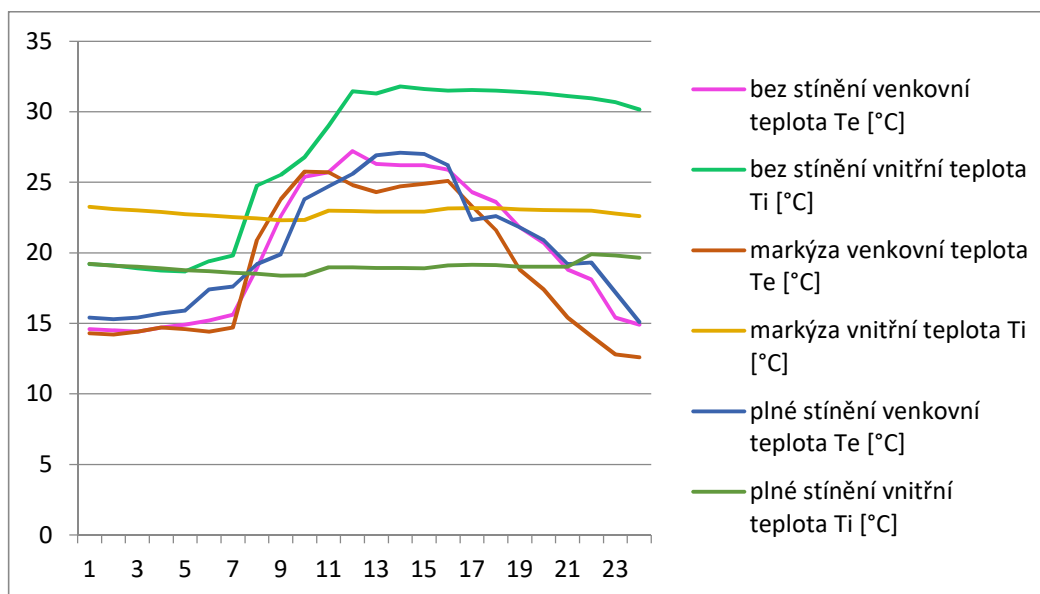
Během všech variant měření bylo zajištěno, aby nedocházelo k větrání obou místností. Pokud by se výplně otvorů (okna, ale i dveře) otevíraly nekontrolovaně, byly by výsledky měření nepoužitelné pro porovnání se softwarovým modelem.

Hodnoty naměřené během dlouhodobého prováděného měření byly zprůměrovány tak, že byla zjištěna vždy hodnota pro konkrétní časový hodinový úsek zpracovaného dne. Tyto údaje jsou uvedeny v následující tabulce Tab. č. 5 Hodnoty naměřené během experimentálního měření.

Tab. č. 5 Hodnoty naměřené během experimentálního měření

čas	venkovní teplota	vnitřní teplota	čas	venkovní teplota	vnitřní teplota	čas	venkovní teplota	vnitřní teplota
t [h]	Te [°C]	Ti [°C]	t [h]	Te [°C]	Ti [°C]	t [h]	Te [°C]	Ti [°C]
1	14,6	19,2	1	14,3	23,3	1	15,4	19,2
2	14,5	19,1	2	14,2	23,1	2	15,3	19,1
3	14,4	18,9	3	14,4	23,0	3	15,4	19,0
4	14,7	18,7	4	14,7	22,9	4	15,7	18,9
5	14,9	18,7	5	14,6	22,7	5	15,9	18,8
6	15,2	19,4	6	14,4	22,6	6	17,4	18,7
7	15,6	19,8	7	14,7	22,5	7	17,6	18,6
8	18,9	24,8	8	20,9	22,4	8	19,2	18,5
9	22,6	25,5	9	23,8	22,3	9	19,9	18,4
10	25,4	26,8	10	25,75	22,3	10	23,8	18,4
11	25,7	29,0	11	25,7	23,0	11	24,7	19,0
12	27,2	31,5	12	24,8	23,0	12	25,6	19,0
13	26,3	31,3	13	24,3	22,9	13	26,9	18,9
14	26,2	31,8	14	24,7	22,9	14	27,1	18,9
15	26,2	31,6	15	24,9	22,9	15	27	18,9
16	25,9	31,5	16	25,1	23,1	16	26,2	19,1
17	24,3	31,6	17	23,3	23,2	17	22,32	19,1
18	23,6	31,5	18	21,6	23,2	18	22,6	19,1
19	21,8	31,4	19	18,8	23,1	19	21,8	19,0
20	20,7	31,3	20	17,4	23,0	20	20,9	19,0
21	18,8	31,1	21	15,4	23,0	21	19,2	19,0
22	18,1	30,9	22	14,1	23,0	22	19,3	19,9
23	15,4	30,7	23	12,8	22,8	23	17,2	19,8
24	14,9	30,2	24	12,6	22,6	24	15,1	19,7

Zdroj: archiv autora

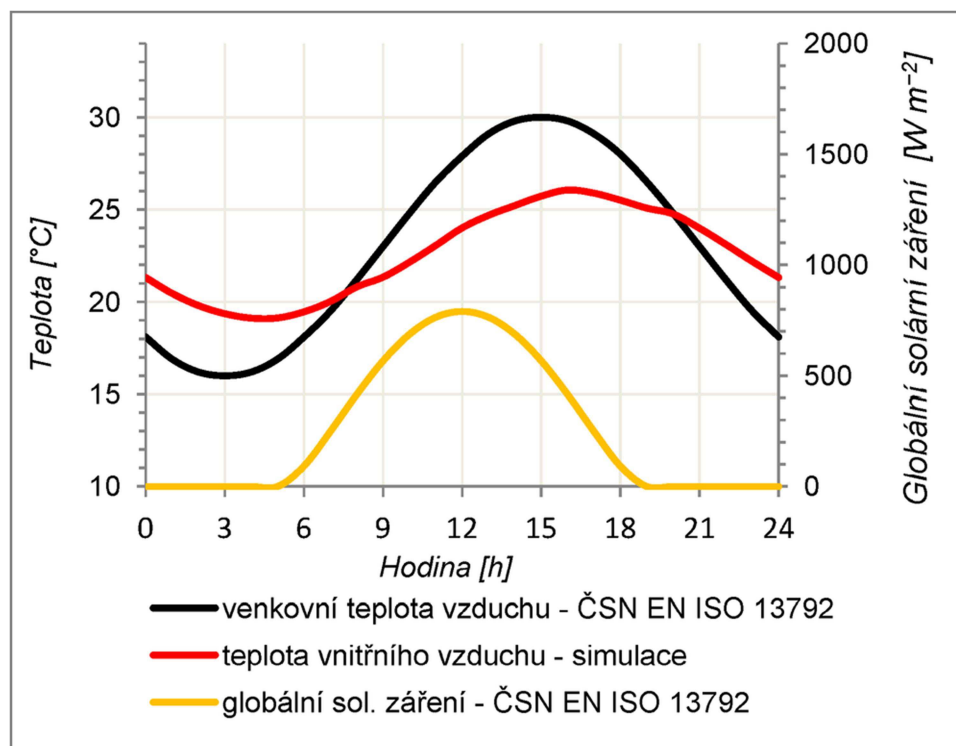


Obr. č. 38 Graf znázorňující průběhy teplot ve všech variantách měření

Zdroj: archiv autora

5.6. Vyhodnocení výsledků měření

Na obrázku č. 39 je viditelný průběh vnitřní a vnější teploty dle ČSN EN ISO 13 792. Tento průběh teplot byl uvažován jako předpokládaný průběh teplot, který by měl skutečný stav přibližně kopírovat.



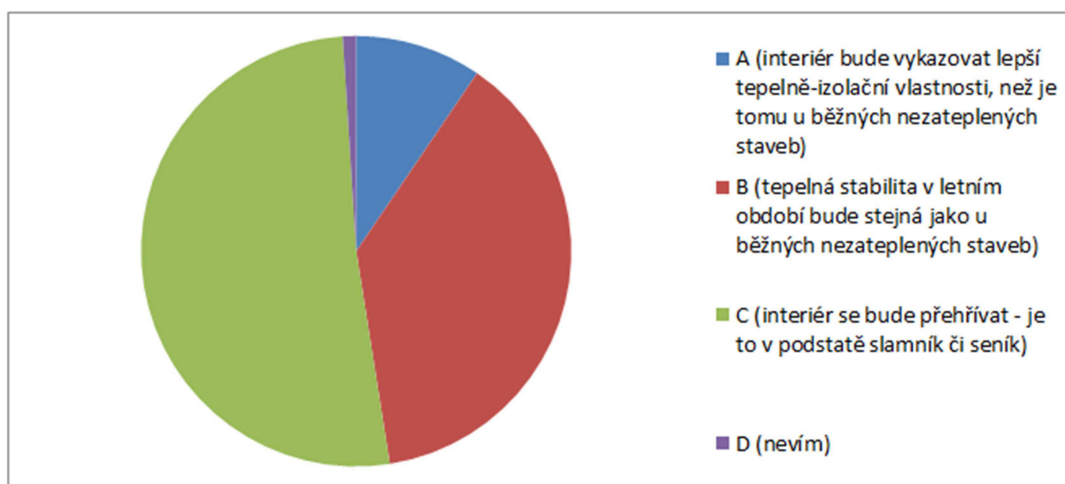
Obr. č. 39 Předpokládaný závěr měření [10]

Dle grafů, které vycházejí z měření v experimentálním objektu, je zřejmé, že venkovní teplota se svým průběhem přibližovala normovému průběhu, který je viditelný na obrázku č. 39. Normový průběh teplot je uvažován v objektu bez stínících prvků. Měření bez stínících prvků v experimentálním objektu dokonce přesahovalo exteriérové teploty, což ale může být způsobeno faktem, že zkoumaná stavba nebyla po dobu měření větrána, což by v reálných podmínkách bylo určitě jinak, jelikož by se změnil měrný tepelný tok větráním.

6. Analýza a porovnání vlastního měření s počítačovým modelem

Základní hypotézou, ze které vychází tato diplomová práce, byla myšlenka široké veřejnosti, která si slámu představuje jako materiál, který v interiéru způsobí extrémní přehřívání a nebude fungovat stejně jako ostatní druhy izolantů. Většinu lidí při myšlence použití slámy ve výstavbě napadne představa slamníku či seníku, ve kterých je bez pochyby během letního období neuvěřitelné teplo.

Pro tyto účely byl proveden průzkum široké veřejnosti. Aby bylo dosaženo co největší pravděpodobnosti, že se jedná o názor laický, průzkumu se zúčastnilo 200 respondentů z řad studentů prvních ročníků Fakulty stavební ČVUT v Praze. Více než 50% dotazovaných odpovědělo, že dle jejich názoru bude interiér objektu, který je postaven především ze slámy, přehříván tak, jak jsme zvyklí u seníků či slamníků. Pouze 10% dotazovaných odpovědělo, že zkoumaný objekt bude vykazovat lepší tepelně izolační vlastnosti, než je tomu u běžných nezateplených staveb. Za běžnou stavbu, která byla porovnávána v průzkumu, je považován starší nezateplený rodinný dům.



Obr. č. 40 Graf znázorňující průzkum mezi širokou veřejností

Zdroj: archiv autora

Při porovnání grafů na obrázcích č. 26 a č. 32 je viditelná značná odchylka v hodnotách, které byly vymodelovány v programu, který fungoval stejně jako počítačový software Simulace 2017, a které byly naměřeny

v experimentálním objektu bez stínícího zařízení, ačkoliv byly zadány hodnoty, které odpovídaly skutečnému stavu měřeného domu. Důležitou hodnotou bylo nulové větrání. Nejspíš především díky nevětrání byly výsledky praktického měření takové, jaké jsou zaneseny v grafu na obrázku č. 32.

Ve zbylých dvou variantách se téměř shodují naměřené hodnoty s vymodelovanými hodnotami počítačovým softwarem, ačkoliv k větrání interiéru opět nedocházelo. Lze předpokládat, že pokud by byl interiér větrán během měření varianty 3 (s plným stíněním), interiér by se proudem teplého vzduchu spíše oteploval.

Závěr

Závěrem je nutné uvést, že návrh a celé zpracování experimentální slaměné stavby bylo, vzhledem k časovým a finančním možnostem, značně zjednodušeno, ale i přesto byl výsledek výstavby považován za povedený.

Cílem diplomové práce bylo prokázání dobrého chování objektů ze samonosné slámy omítnuté hliněnou, případně vápennou, omítkou z hlediska letní tepelné stability. Lze tvrdit, že použité materiály, které jsou šetrné k životnímu prostředí, nemají zásadní vliv na letní tepelnou stabilitu.

Další důležitou částí diplomové práce byla samotná realizace experimentálního objektu, která byla časově nejnáročnější.

Posledním cílem diplomové práce bylo naměření hodnot na experimentálním objektu, vytvoření modelu v počítačovém programu, který pracuje stejně jako program Simulace 2017, a následné porovnání těchto hodnot.

Při porovnání hodnot naměřených s vymodelovanými došlo ke značné odchylce u hodnot bez stínících prvků. Lze říci, že naměřené hodnoty s plným stíněním a markýzou odpovídají hodnotám, které byly výsledkem počítačové simulace. Vysvětlením pro neodpovídající si hodnoty bez stínících prvků může být chyba v zadávání hodnot, ačkoliv tyto hodnoty byly několikrát konzultovány s odborníky v oboru stavební fyziky, případně je možné, že software pracuje s obecnou chybou zpracování dat. Posledním vysvětlením, které by se nabízelo, byla nemožnost zpracování posuzované stavby v takovémto počítačovém softwaru.

Dle oficiálního zadání práce jsem splnila všechny body, které byly zadány.

Seznam obrázků

Obr. č. 1 Pilgrim Holiness Church [3]	13
Obr. č. 2 Mapa realizovaných slaměných domů v České republice [8]	14
Obr. č. 3 Nosná stěna z balíků slámy s ukotvením pomocí upínacích pásků [4]	15
Obr. č. 4 Různé polohy slaměných balíků a skeletových struktur [3]	16
Obr. č. 5 Schéma stěny s použitím slaměného balíku jako tepelné izolace	17
Obr. č. 6 Cyklus průběhu teplot v místnosti při přerušovaném vytápění [5] .	19
Obr. č. 7 Porovnání teplot interiéru bez stínícího prvku a s ním [5].....	21
Obr. č. 8 Prvotní návrh vzhledu experimentálního objektu.....	22
Obr. č. 9 Řez A-A' experimentálním objektem.....	24
Obr. č. 10 Uskladněné balíky v areálu UCEEB	25
Obr. č. 11 Osazené betonové tvarovky spolu se spodním nosným věncem	26
Obr. č. 12 Osazené dřevěné kastlíky pro dveře	27
Obr. č. 13 Navrstvené slaměné balíky	28
Obr. č. 14 Konstrukce stabilizována ocelovými páskami	29
Obr. č. 15 Experimentální řešení konstrukce podlahy.....	30
Obr. č. 16 Schéma rozdělení pracovníků a použitých druhů omítek	31
Obr. č. 17 Finální podoba experimentálního objektu.....	32
Obr. č. 18 Viditelný průhyb spodního nosného věnce.....	34
Obr. č. 19 Provizorní podepření spodního nosného věnce	34
Obr. č. 20 Zařezávání ocelové pásky do dřevěné konstrukce nosného věnce	35
Obr. č. 21 Nerovnost stěny po nanesení hrubé vrstvy omítky	36
Obr. č. 22 Vhodné řešení konstrukce podlahy	37
Obr. č. 23 Experimentální objekt při požáru	38
Obr. č. 24 Zadané hodnoty obalových konstrukcí	41
Obr. č. 25 Zadané vnější průsvitné konstrukce	42

Obr. č. 26 Graf znázorňující průběh teplot vypočtený dle hodnot zadaných bez použití stínících prvků.....	43
Obr. č. 27 Graf znázorňující průběh teplot vypočtený dle hodnot zadaných s použitím markýzy	44
Obr. č. 28 Graf znázorňující průběh teplot vypočtený dle hodnot zadaných s použitím plného vnitřního stínění	45
Obr. č. 29 Čidla měřící teplotu experimentálního objektu	47
Obr. č. 30 Ústředna pro zaznamenávání naměřených dat.....	47
Obr. č. 31 Řez s naznačenou polohou měřících čidel.....	49
Obr. č. 32 Graf znázorňující naměřené hodnoty teploty bez stínících prvků	49
Obr. č. 33 Řez s naznačenou markýzou u okna	50
Obr. č. 34 Graf znázorňující naměřené hodnoty teploty s instalovanou markýzou	51
Obr. č. 35 Stínící prvek třetí varianty.....	52
Obr. č. 36 Řez s naznačeným stínícím prvkem.....	52
Obr. č. 37 Graf znázorňující naměřené hodnoty teploty s plným stínícím prvkem	53
Obr. č. 38 Graf znázorňující průběhy teplot ve všech variantách měření....	54
Obr. č. 39 Předpokládaný závěr měření [10]	55
Obr. č. 40 Graf znázorňující průzkum mezi širokou veřejností.....	56

Seznam tabulek

Tab. č. 1 Naměřené hodnoty vlastností slaměného balíku	40
Tab. č. 2 Výpočtové hodnoty v situaci bez stínění	42
Tab. č. 3 Výpočtové hodnoty v situaci s markýzou	44
Tab. č. 4 Výpočtové hodnoty v situaci s plným vnitřním stíněním	45
Tab. č. 5 Hodnoty naměřené během experimentálního měření	54

Seznam příloh

Příloha č. 1 Projektová dokumentace experimentálního objektu

Příloha č. 2 Výstup z počítačového modelu – bez stínění

Příloha č. 3 Výstup z počítačového modelu – markýza

Příloha č. 4 Výstup z počítačového modelu – plné stínění

Použitá literatura

- [1] Wikipedie: Sláma. Wikipedie: Sláma [online]. 2017, 4.10.2017 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/SI%C3%A1ma>
- [2] Ekodům. Ekodům [online]. Sdružení Ekodům, 2013 [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <http://www.sdruzeni-ekodum.cz/zakladni-vlastnosti-slamenych-baliku>
- [3] MINKE, Gernot. Stavby ze slámy: Jak pořídit z balíků slámy standardní dům. Hel, 2009. ISBN 9788086167312.
- [4] TZB-info: Použití slámových balíků pro pasivní dřevostavbu. TZB-info: Použití slámových balíků pro pasivní dřevostavbu [online]. 2012, 21.5.2012 [cit. 2018-01-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8615-pouziti-slamovych-baliku-pro-pasivni-drevostavbu>
- [5] BANTOVÁ, Sylva a Danuše ČUPROVÁ. Tepelná technika budov. Ústav stavební ekonomiky a řízení [online]. Brno, 2017 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/PST/bantova.s/BH059/BH059_Prednaska5b_Bantova_Cuprova.pdf
- [6] TZB-info: Stanovení střední radiální teploty. TZB-info: Stanovení střední radiální teploty [online]. 2006, 20.2.2006 [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/3072-stanoveni-stredni-radiacni-teploty-i>
- [7] STAVEBNIKOMUNITA: TEPELNÁ STABILITA V LETNÍM OBDOBÍ. STAVEBNIKOMUNITA: TEPELNÁ STABILITA V LETNÍM OBDOBÍ [online]. 2015, 14.6.2015 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/m/blogpost?id=6453524%3ABlogPost%3A47121>

- [8] Veronica: Ekologický institut. Veronica: Ekologický institut [online]. 2018, 26.3.2018 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <http://www.veronica.cz/databaze-slamenych-domu>
- [9] ŠTEFFEK, Libor, Milan OSTRÝ a Zbyněk SVOBODA. TZB-info: Vliv činitele oslunění na tepelnou stabilitu místnosti a jeho určení. TZB-info: Vliv činitele oslunění na tepelnou stabilitu místnosti a jeho určení [online]. 2013, 2.9.2013 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/10294-vliv-cinitele-osluneni-na-tepelnou-stabilitu-mistnosti-a-jeho-urceni>
- [10] NĚMEČEK, Martin, Miloš KALOUSEK a Jozef HRAŠKA. TZB-info: Vnitřní tepelná akumulace pasivních domů a letní tepelná stabilita. TZB-info: Vnitřní tepelná akumulace pasivních domů a letní tepelná stabilita [online]. 2015, 14.9.2015 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/13198-vnitri-tepelna-akumulace-pasivnich-domu-a-letni-tepelna-stabilita>