

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Studijní obor: Budovy a prostředí (zaměření Konstrukce budov)



**Vliv stínění a větrání na letní tepelnou stabilitu
jednopodlažních rodinných domů**

Diplomová práce

2022

Autor: Bc. Lukáš Pantoflíček

Vedoucí práce: Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE


I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Pantoflíček</u>	Jméno: <u>Lukáš</u>	Osobní číslo: <u>468309</u>
Zadávající katedra: <u>K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí - zaměření Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Vliv stínění a větrání na letní tepelnou stabilitu jednopodlažních rodinných domů</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>The effect of shading and ventilation on summer thermal stability of single-storey family houses</u>	
Pokyny pro vypracování: 1) Na základě průzkumu literatury diplomant popíše očekávané dopady klimatických změn na vystavěné prostředí a budovy samotné (v klimatickém kontextu České republiky). Budou shrnuty možné strategie pro adaptaci nebo zmírnění dopadů klimatických změn, které jsou relevantní pro vystavěné prostředí a budovy samotné. 2) Diplomant zdokumentuje historickou změnu tepelně technických vlastností stavebních prvků umístěných v obálce budovy a stavebních prvků umístěných uvnitř budovy. Na základě dynamického simulačního výpočtu vybrané zjednodušené modelové budovy nebo místnosti vyhodnotí, jak změna vlastností stavebních prvků ovlivňuje tepelnou bilanci modelové budovy nebo místnosti během letního modelového dne. 3) Diplomant provede průzkum typických projektů jednopodlažních rodinných domů, zdokumentuje jejich dispoziční řešení, konstrukční systém, tepelně technické vlastnosti obálky budovy a vybere vhodný modelový objekt pro případovou studii. 4) Diplomant na modelovém objektu provede analýzu letního přehřívání kritické místnosti. Případová studie zohlední různé varianty obálky budovy (dle projektu, na úrovni pasivního domu), různé vlastnosti letního modelového dne (minulost, nedávná minulost, blízká budoucnost). Bude vyhodnocena závislost teploty vnitřního vzduchu na druhu stínících prvků, intenzitě a režimu větrání. Seznam doporučené literatury: 	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>29.9.2021</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>2.1.2022</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<p><i>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“.</i></p>	
<p><u>29.9.2021</u></p> <p>Datum převzetí zadání</p>	

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv stínění a větrání na letní tepelnou stabilitu jednopodlažních rodinných domů vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Pavla Kopeckého, Ph.D. s použitím uvedených zdrojů a literatury.

V Soběslavi dne 3. 1. 2022

Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Pavlu Kopeckému, Ph.D. za odborné vedení, rady, pomoc a čas, který mi během zpracování diplomové práce věnoval. Dále děkuji panu Ing. Kamilu Staňkovi, Ph.D. za poskytnutí softwaru pro výpočet letního přehřívání v Microsoft Excel a za výpočetní model stínících prvků v programu Matlab Simulink.

Abstrakt

Stále častěji se setkáváme s problematikou letního přehřívání budov. Hlavními důvody přehřívání staveb jsou solární zisky okny a dobře izolovaná obálka budovy. Cílem této práce je popsat závislost vnitřní teploty vzduchu na druhu stínících prvků, intenzitě a režimu větrání u jednopodlažních rodinných domů. V první fázi je proveden průzkum očekávaných dopadů klimatických změn, ze kterého vyplývá zvyšování venkovní teploty vzduchu. Následně je zdokumentován historický vývoj tepelně technických vlastností stavebních prvků v obálce budovy a je provedena analýza tepelné bilance modelové místnosti během letního modelového dne. Na vybraném objektu rodinného domu je počítána teplota vnitřního vzduchu modelové místnosti. Teplota je vypočítána pro různé varianty stínících prvků a režimů větrání, které jsou vzájemně kombinovány. Pro vybrané varianty je stanovena teplota vnitřního vzduchu v předpokládané blízké budoucnosti. Na základě těchto výpočtů je stanovena celková potřeba tepla na chlazení vybraných variant v blízké budoucnosti. Z těchto výpočtů vyplývá, že pro dosažení tepelné pohody uvnitř místnosti by v blízké budoucnosti mohla nastat potřeba doplnit stínící prvky strojním chlazením.

Klíčová slova

Letní přehřívání, stínění, větrání, teplota vnitřního vzduchu, jednopodlažní rodinný dům

Abstract

We are increasingly encountering the issue of summer overheating of buildings. The main reasons for overheating are solar gain through windows and a well-insulated building envelope. The aim of this work is to describe the dependence of the indoor air temperature on the type of shading elements, intensity and ventilation mode in single-storey family houses. A survey of the expected impacts of climate change, which shows an increase in the outdoor air temperature, is done in the first stage. Subsequently, the historical evolution of thermal technical properties of building elements in the building envelope is documented and the analysis of the thermal balance of the model room during the summer model day is performed. The indoor air temperature of the model room is calculated on the selected object of the family house. The temperature is calculated for different variants of shading elements and ventilation modes, which are combined with each other. For the selected variants, the indoor air temperature in the foreseeable near future is determined. Based on these calculations, the total heat demand for cooling of selected variants in the near future is determined. These calculations show that in order to achieve thermal comfort inside the room, it might be necessary in the near future to supplement the shading elements with mechanical cooling.

Key words

Summer overheating, shading, ventilation, indoor air temperature, single-storey family house

Obsah

1	Úvod.....	- 9 -
2	Historický vývoj tepelně technických vlastností budov	- 11 -
2.1	Úvod.....	- 11 -
2.2	Struktura bytového fondu.....	- 13 -
2.3	Vývoj výstavby obytných budov	- 13 -
2.4	Porovnání výstavby obytných budov	- 15 -
2.4.1	Rozdělení výstavby budov dle časového období.....	- 15 -
2.4.2	Porovnání tepelně technických vlastností budov	- 16 -
2.4.3	Porovnání energetické náročnosti budov	- 17 -
2.5	Teplota modelové místnosti během modelového dne.....	- 19 -
2.5.1	Popis modelové místnosti	- 19 -
2.5.2	Porovnání letního přehřívání	- 20 -
3	Jednopodlažní rodinné domy	- 21 -
3.1	Úvod.....	- 21 -
3.2	Průzkum projektů jednopodlažních rodinných domů	- 21 -
3.2.1	První objekt.....	- 22 -
3.2.2	Druhý objekt	- 23 -
3.2.3	Třetí objekt.....	- 24 -
3.2.4	Čtvrtý objekt	- 25 -
3.2.5	Pátý objekt	- 26 -
3.2.6	Šestý objekt.....	- 27 -
3.3	Porovnání jednotlivých objektů	- 28 -
4	Stručný popis použitých výpočtových modelů.....	- 29 -
4.1	Tepelný model místnosti	- 29 -
4.2	Model pro výpočet činitele stínění.....	- 30 -
5	Případová studie.....	- 33 -
5.1	Výběr objektu.....	- 33 -
5.2	Parametry objektu	- 34 -
5.3	Výběr modelové místnosti	- 35 -
5.3.1	Dětský pokoj	- 36 -

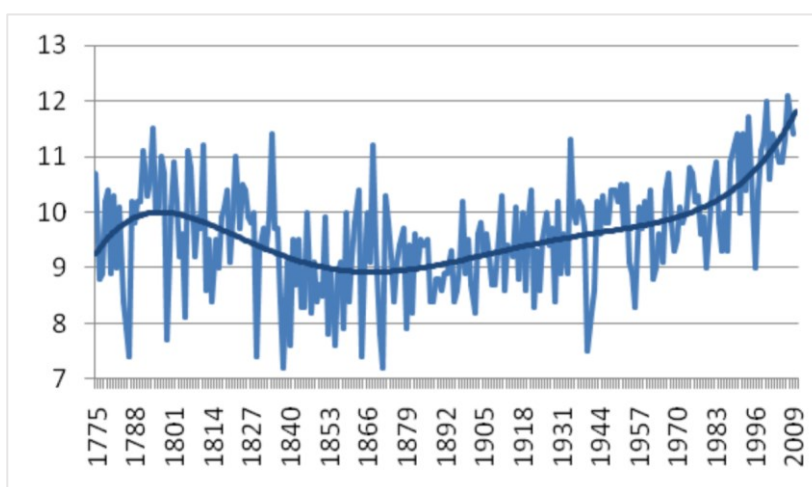
5.3.2	Obývací pokoj.....	- 37 -
5.3.3	Porovnání letního přehřívání	- 38 -
5.4	Korekční činitele stínění	- 40 -
5.4.1	Okno 1.....	- 40 -
5.4.2	Okno 2.....	- 42 -
5.4.3	Okno 3 a 4.....	- 44 -
5.4.4	Okno 5.....	- 46 -
5.4.5	Souhrn vypočtených korekčních činitelů stínění	- 47 -
5.5	Varianty výpočtu.....	- 50 -
5.5.1	Varianty větrání	- 50 -
5.5.2	Varianty stínění.....	- 50 -
5.6	Teplota vnitřního vzduchu	- 51 -
5.6.1	Vliv větrání	- 51 -
5.6.2	Vliv stínění.....	- 54 -
5.6.3	Souhrnný vliv větrání a stínění	- 55 -
5.6.4	Změna vlastností modelového dne	- 59 -
5.7	Potřeba energie na chlazení.....	- 60 -
5.7.1	Potřebný výkon chlazení.....	- 61 -
5.7.2	Odhad nákladů na chlazení	- 64 -
6	Závěr	- 67 -
7	Seznam literatury	- 69 -
8	Seznam grafů, tabulek a obrázků	- 70 -
8.1	Grafy	- 70 -
8.2	Tabulky	- 70 -
8.3	Obrázky	- 71 -
9	Přílohy.....	- 73 -



1 Úvod

V posledních několika desítkách let dochází ke změnám klimatu [1]. Změny klimatu probíhaly vždy, ale v poslední době jsou rychlejší než v minulosti. Tento efekt je zapříčiněn především činností člověka, který svým působením na Zemi výrazně přispívá ke globální změně klimatických systémů na naší planetě. Lidé mění své okolí od nepaměti, ale od druhé poloviny 19. století je jejich vliv na přírodu mnohonásobně větší, a to z důvodu vynalezení parního stroje a začátku průmyslové revoluce.

Globální oteplování je způsobeno tzv. skleníkovým efektem, kdy se sluneční záření, které prochází atmosférou k povrchu, odráží a zpětně ohřívá atmosféru. Následně se část tepelné energie opět vrací k zemskému povrchu. Za tento efekt jsou zodpovědné tzv. skleníkové plyny jako např: vodní pára, oxid uhličitý a metan. Tyto plyny se sice vyskytují v přírodě přirozeně, ale lidé svým působením na Zemi výrazně zvyšují jejich koncentraci v ovzduší. Nejvýrazněji přispívá ke zvyšování koncentrace skleníkových plynů spalování fosilních paliv jako např: ropy, uhlí, zemního plynu a petroleje. Tento jev má za následek zvyšování teploty ovzduší a povrchu Země. Přibližně před 30 lety byla průměrná teplota v České republice přibližně o 1,5 až 2,0 °C nižší [2], [3], než je průměrná teplota dnes. Předpokládá se, že pokud bude tento trend nárůstu teploty pokračovat, může být průměrná teplota v České republice v roce 2050 o dalších 1,5 až 2,0 °C vyšší, než je dnes.



Obrázek 1: Průběh průměrných ročních teplot vzduchu (°C) v období 1775–2010 na stanici Praha – Klementinum)



1 Úvod

V souvislosti s obytnými budovami je jeden z možných důsledků změny klimatu přehřívání místností v letním období. Lidé stráví uvnitř budov velkou část svého života, a proto by vnitřní prostředí objektů mělo být příjemné a tepelný komfort by měl být zajištěn během celého roku. Letní přehřívání obytných budov může také souviset s tím, že v dnešní době je kladen velký důraz na tepelnou izolaci obálky budovy, přístup denního světla a co nejnižší provozní náklady objektu. Staví se tzv. pasivní domy, nízkoenergetické domy a domy s téměř nulovou spotřebou, které na rozdíl od historických budov, mají nízké součinitele prostupu tepla stavebních prvků, nižší tepelnou kapacitu konstrukcí a rozsáhlé prosklené plochy.

Tepelný komfort člověka závisí na mnoha parametrech jako např. pohlaví, věk, množství oblečení a rychlosti proudění okolního vzduchu. Z hlediska navrhování obytných budov je zjednodušeně stanovena požadovaná teplota na 27 °C [4], a ta nemá být překročena. Tato hodnota může být u obytných budov překročena, ale nejvýše o 2 °C a nejvíce na dvě hodiny, a to pouze pokud s tím bude souhlasit stavebník.

Letní přehřívání obytných budov lze řešit buď pasivně nebo aktivně. Pasivní metodu může například představovat použití různých stínících prvků v kombinaci s přirozeným větráním. Aktivní metodu může například představovat nucené větrání v kombinaci se zdrojem chladu. Snižování teploty uvnitř budovy pomocí strojního chlazení zatím není v obytných budovách České republiky běžně instalováno a používáno.

Tato diplomová práce se zabývá problematikou letního přehřívání obytných jednopodlažních rodinných domů. Na jednoduchém modelovém objektu je zkoumána teplota vnitřního vzduchu v závislosti na konfiguraci stínících prvků a časově proměnlivé intenzitě větrání. Cílem této práce je popsat jakým způsobem lze i v budoucích klimatických podmínkách zajistit přijatelnou teplotu vnitřního vzduchu bez nutnosti strojního chlazení. Použité klimatické údaje vycházejí z dostupných historických klimatických údajů meteorologických stanic.



2 Historický vývoj tepelně technických vlastností budov

2.1 Úvod

V posledním století prošly obytné budovy výraznou změnou, a to zejména v požadavcích na tepelně technickou kvalitu obálky budovy. Důvodem pro neustálé zlepšování tepelně izolačních vlastností budovy je snaha docílit co nejnižších nákladů na vytápění a snížení environmentálních dopadů spojených s využitím fosilních paliv. V průběhu let se začaly používat nové materiály se zlepšenými tepelně izolačními vlastnostmi, jako např. tvárnice z lehčeného betonu, vylehčené keramické tvárnice a sendvičové konstrukce s tepelně izolační vrstvou. Tyto materiály plně nahradily původní kámen či plnou pálenou cihlu, které nemají dostatečné tepelně izolační vlastnosti. Konstrukční systém se na rozdíl od materiálů v průběhu let tolik nezměnil. Stále se u většiny staveb setkáme se stěnovým systémem, kde obvodové stěny tvoří obálku budovy a vnitřní nosné stěny slouží jako akustické stěny.

Podkladem pro zpracování druhé kapitoly diplomové práce byl projekt TABULA [5]. Tento projekt popsal typologii obytných budov v České republice, pomohl s rozdělením výstavby a zvolením typických konstrukcí pro jednotlivá časová období. Příručka poskytuje jednoduchý přehled materiálových a tepelně technických vlastností jednotlivých konstrukcí v příslušném časovém období. Na obrázku 2 je zobrazena typologie bytového fondu s fotografiemi jednotlivých typů budov v příslušných časových obdobích.



2 Historický vývoj tepelně technických vlastností budov

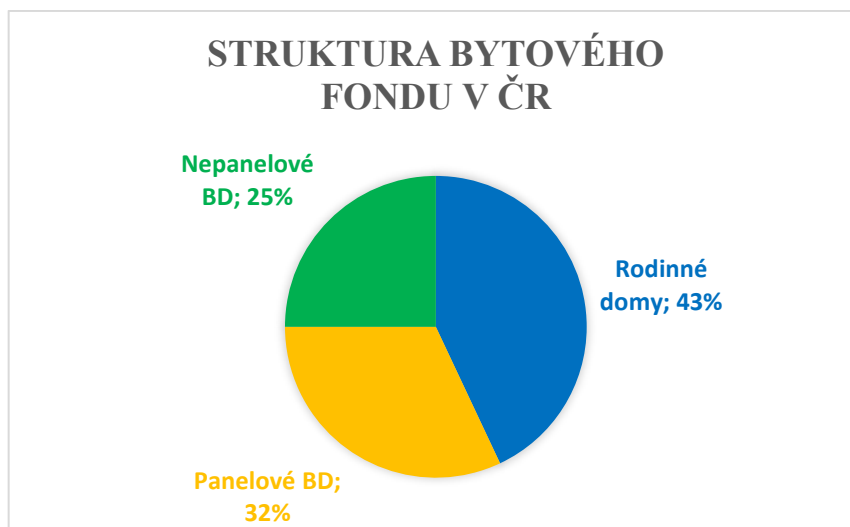
Období	Rodinný dům	Řadový dům	Malý bytový dům	Vícepodlažní dům
	SFH	TH	MFH	AB
Do roku 1920	 CZ.N.SFH.01.Gen	 CZ.N.TH.01.Gen	 CZ.N.MFH.01.Gen	 CZ.N.AB.01.Gen
Období 1921 - 1945	 CZ.N.SFH.02.Gen	 CZ.N.TH.02.Gen	 CZ.N.MFH.02.Gen	 CZ.N.AB.02.Gen
Období 1946 - 1960	 CZ.N.SFH.03.Gen	 CZ.N.TH.03.Gen	 CZ.N.MFH.03.Gen	 CZ.N.AB.03.Gen
Období 1961 - 1980	 CZ.N.SFH.04.Gen	 CZ.N.TH.04.Gen	 CZ.N.MFH.04.Gen	 CZ.N.AB.04.Gen
Období 1981 - 1994	 CZ.N.SFH.05.Gen	 CZ.N.TH.05.Gen	 CZ.N.MFH.05.Gen	 CZ.N.AB.05.Gen
Období 1994 - 2010	 CZ.N.SFH.06.Gen	 CZ.N.TH.06.Gen	 CZ.N.MFH.06.Gen	 CZ.N.AB.06.Gen
Od roku 2011	 CZ.N.SFH.07.Gen	 CZ.N.TH.07.Gen	 CZ.N.MFH.07.Gen	

Obrázek 2: Matice typologií bytového fondu



2.2 Struktura bytového fondu

Na obrázku je znázorněna bytová výstavba dle technologie provedení.



Obrázek 3: Struktura bytového fondu v ČR podle druhu a technologie výstavby

Z obrázku 3 je patrné, že 57 % bytového fondu v České republice tvoří byty v bytových domech a zbylých 43 % tvoří rodinné domy.

2.3 Vývoj výstavby obytných budov

Na počátku 20. století se využívalo systému nosného masivního zdiva, který byl postupně nahrazen rozdělením funkce stěn na nosnou a výplňovou. Stěny prvotních domů byly stavěny ze zdiva smíšeného z cihel a lomového kamene. Později se začalo využívat plných pálených cihel, tvárnic ze škvárobetonu a tvárnic ze struskové pemzy. Střešní konstrukce byla řešena jako sedlová s dřevěným krovem a keramickou krytinou nebo krytinou z dřevěných šindelů. Podlahy na úrovni terénu byly prováděny z dusané hlíny s keramickou nebo kamennou dlažbou. Stropní konstrukce byla nejčastěji řešena jako dřevěná trámová, se záklopem, šterkovým či suťovým zásypem a dřevěnou podlahou.

V první polovině 20. století se přešlo z neobytných půdních prostor na obytná vytápěná podkroví. Podlahy na úrovni terénu se postupně začaly dělat betonové nebo dřevěné tesařské na polštářích. Stropní konstrukce se stále prováděly jako dřevěné trámové stropy se záklopem a násypem, ale již se začaly objevovat stropy železobetonové monolitické a keramické stropy z desek Hurdis. Používala se dřevěná špaletová okna.



2 Historický vývoj tepelně technických vlastností budov

V polovině 20. století se začaly ve velkém stavět vyzdívané bytové domy. Obvodové zdivo bylo nejčastěji z plných pálených cihel o tloušťkách 450 nebo 600 mm. Při použití dutinových cihel na obvodové zdivo, byla jejich tloušťka 375 mm. Nejčastěji se prováděly šikmé střešní konstrukce s dřevěným krovem a keramickou krytinou. Půdní prostor byl ve většině případů nevytápěný a sloužil jako sklad. V tomto období se začaly ve větší míře používat ploché střechy. Tepelná izolace a zároveň spádová vrstva těchto plochých střech byla nejčastěji zhotovena z lehčených betonů. Dřevěnou stropní konstrukci začaly doplňovat stropy z „I“ nosníků s keramickými vložkami, železobetonové stropy a stropy ze železobetonových dutinových panelů. V konstrukci podlahy se jako nášlapné vrstvy používaly například dřevěné parkety, dřevěné palubky a keramická dlažba. Špaletová dřevěná okna se postupně začala nahrazovat okny zdvojenými.

V roce 1962 byla zpracována první tepelně technická norma, která uváděla požadavky na hodnotu tepelného odporu konstrukcí. Tato první norma neřešila difúzi a kondenzaci vodní páry v konstrukcích. Norma byla v roce 1964 a následně v roce 1979 upravena tak, aby byly zpřísněny požadavky na tepelný odpor konstrukcí. Zároveň se objevily požadavky na prostup vodní páry obvodovou konstrukcí.

V druhé polovině 20. století začala rozsáhlá výstavba panelových bytových domů typu G57. Obvodové stěny byly jednak jednovrstvé tak i vícevrstvé s tepelně izolačním materiálem uvnitř vrstveného panelu. Stěny panelů se prováděly z lehčených betonů a jako izolační materiály uvnitř panelu se začaly používat pěnové polystyreny či pěnové sklo. Nepanelové domy byly stavěny z pórobetonových tvárnic, cihelných kvádrů a příčně děrovaných cihel. Stropní konstrukce rodinných domů byly keramické nebo železobetonové. Střešní konstrukce byla u rodinných domů řešena jako dřevěný krov s keramickou krytinou nebo jako jednoplášťová plochá střecha. Na výplně otvorů byla používána zdvojená okna.

Na počátku 90. let minulého století postupně upadala výstavba panelových bytových domů. V roce 1994 byla vydána nová revize tepelně technické normy, která výrazně zpřísnila požadavky na konstrukce obvodových stěn. To vedlo k vývoji a používání nových materiálů s lepšími tepelně technickými vlastnostmi. Na konci 20. století se začaly obvodové stěny vyzdívat z keramických děrovaných tvárnic typu Porotherm. Prefabrikované železobetonové konstrukce byly nahrazeny monolitickými.



2 Historický vývoj tepelně technických vlastností budov

Velké objekty se začaly stavět jako železobetonový skelet s vyzdívaným obvodovým pláštěm. Obvodové stěny byly často dodatečně zateplovány nebo obloženy fasádními obklady. Stropní konstrukce byly řešeny jako železobetonové desky nebo stropy z keramických desek Hurdis. Okna byla zasklená izolačním dvojsklem. Střešní konstrukce se oproti předchozímu období moc nezměnila, stále se stavěly objekty s dřevěným krovem nebo jednoplášťovou plochou střechou.

V průběhu posledních desítek let se také přišlo s konceptem tzv. pasivního domu. Pasivní dům má předepsané vlastnosti, které musí budova dodržet. Jedním z těchto parametrů je například měrná potřeba tepla na vytápění, která nesmí překročit 15 kWh/m²a. Z tohoto důvodu se u těchto staveb ještě více zlepšuje tepelně izolační schopnost obálky budovy. Užívá se více izolace na obvodové stěny, podlahy na terénu a střechy objektů. Okna jsou zasklena izolačním trojsklem.

2.4 Porovnání výstavby obytných budov

Pro zjednodušení je vývoj obytných budov rozdělen do pěti časových období, z čehož poslední období (od roku 2011) je ještě rozděleno na dvě skupiny. Pro každé období jsou vybrány charakteristické vnitřní a vnější konstrukce. Rozdělení popisuje vývoj budov od historických konstrukcí až po dnešní pasivní domy.

Podklady použité pro výpočty viz. Příloha č. 1 – Historický vývoj materiálů konstrukcí.

2.4.1 Rozdělení výstavby budov dle časového období

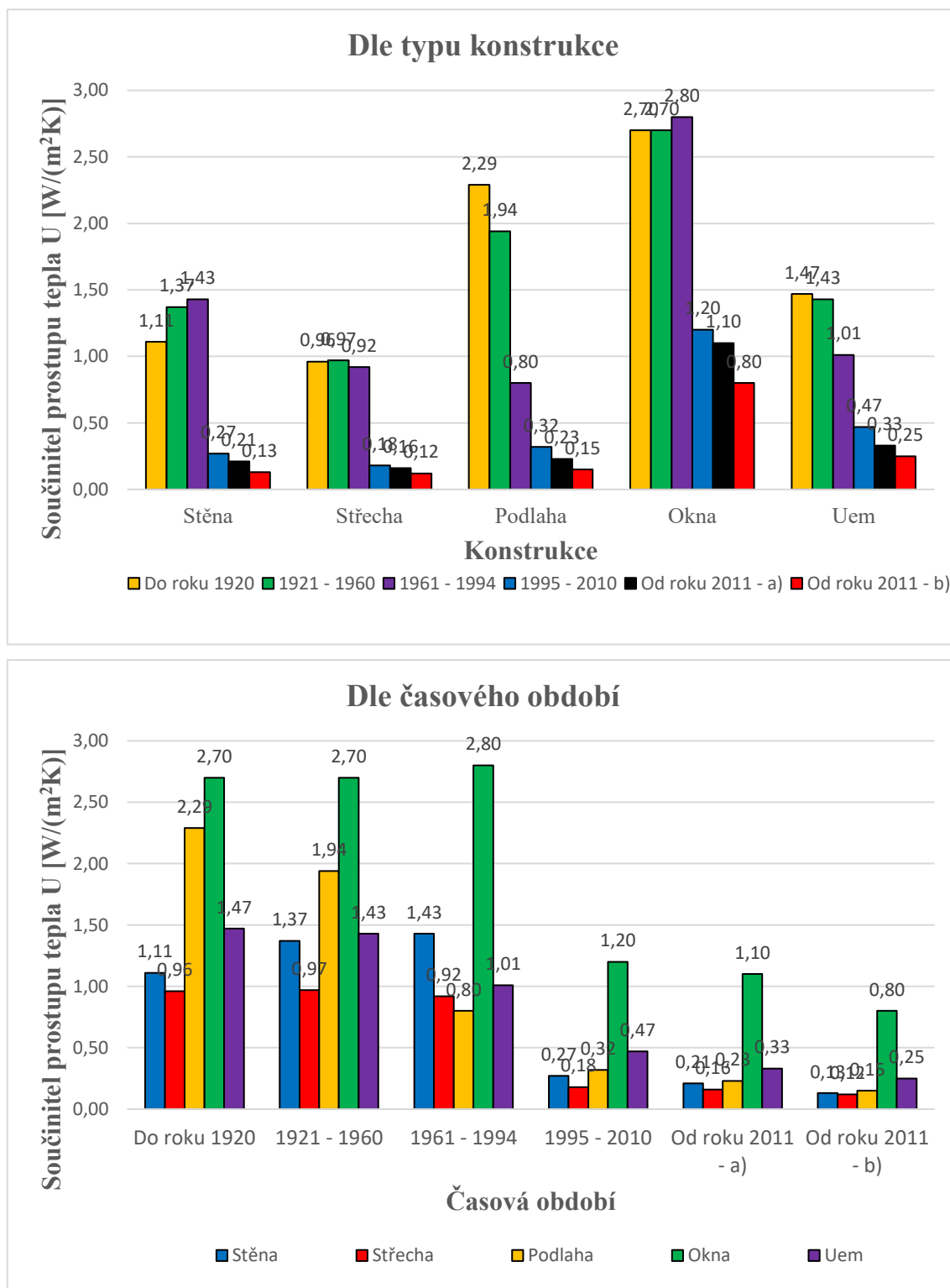
- I. Počátek 20. století (do roku 1920)
- II. Polovina 20. století (od roku 1921 do roku 1960)
- III. Druhá polovina 20. století (od roku 1961 do roku 1994)
- IV. Přelom 20. a 21. století (od roku 1995 do roku 2010)
- V. Počátek 21. století (od roku 2011)
 - a) Typická výstavba
 - b) Pasivní domy



2 Historický vývoj tepelně technických vlastností budov

2.4.2 Porovnání tepelně technických vlastností budov

V grafu 1 byly porovnány typické hodnoty součinitelů prostupu tepla pro časová období od roku 1920 do roku 2011 a doporučené hodnoty pro pasivní domy dle normy.



Graf 1: Historický vývoj součinitelů prostupu tepla

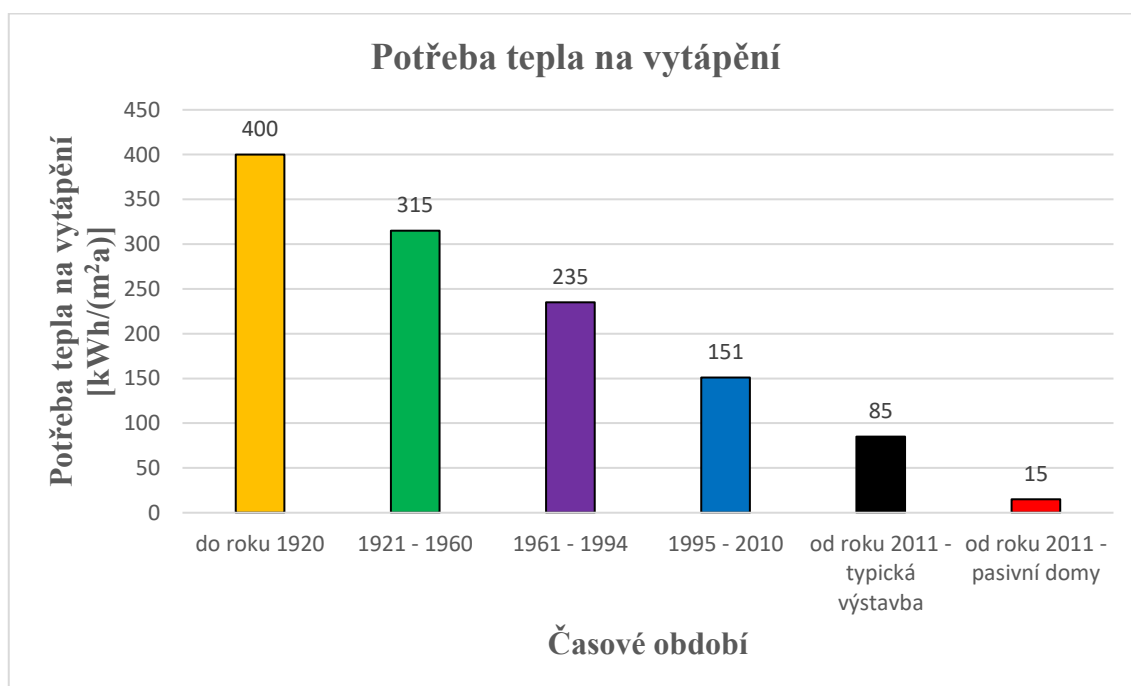


2 Historický vývoj tepelně technických vlastností budov

Z grafu 1 je patrné, že v průběhu posledního století byl kladen velký důraz na snížení energetické náročnosti budov jak při jejich výstavbě, tak při jejich provozu. Dále je z grafu vidět, jak se měnily tepelně izolační vlastnosti jednotlivých konstrukcí. Během prvních třech časových období k příliš velkému zlepšení tepelně izolační schopnosti budovy nedošlo. Průměrný součinitel prostupu tepla se snížil z 1,47 na 1,01 W/m²K. Velká změna nastává až u staveb po roce 1994. Průměrný součinitel prostupu tepla se snížil na 0,47 W/m²K. Typické domy z počátku 21. století a pasivní domy mají vlastnosti konstrukcí ještě lepší.

2.4.3 Porovnání energetické náročnosti budov

Potřeba tepla na vytápění klesla velmi výrazně až v průběhu minulých desítek let (viz Graf 2). Potřeba se průměrně snížila z původních 400 kWh/m² za rok na průměrných 85 kWh/m² za rok a pokud jde o pasivní domy jejich potřeba tepla na vytápění je pouze 15 kWh/m² za rok.

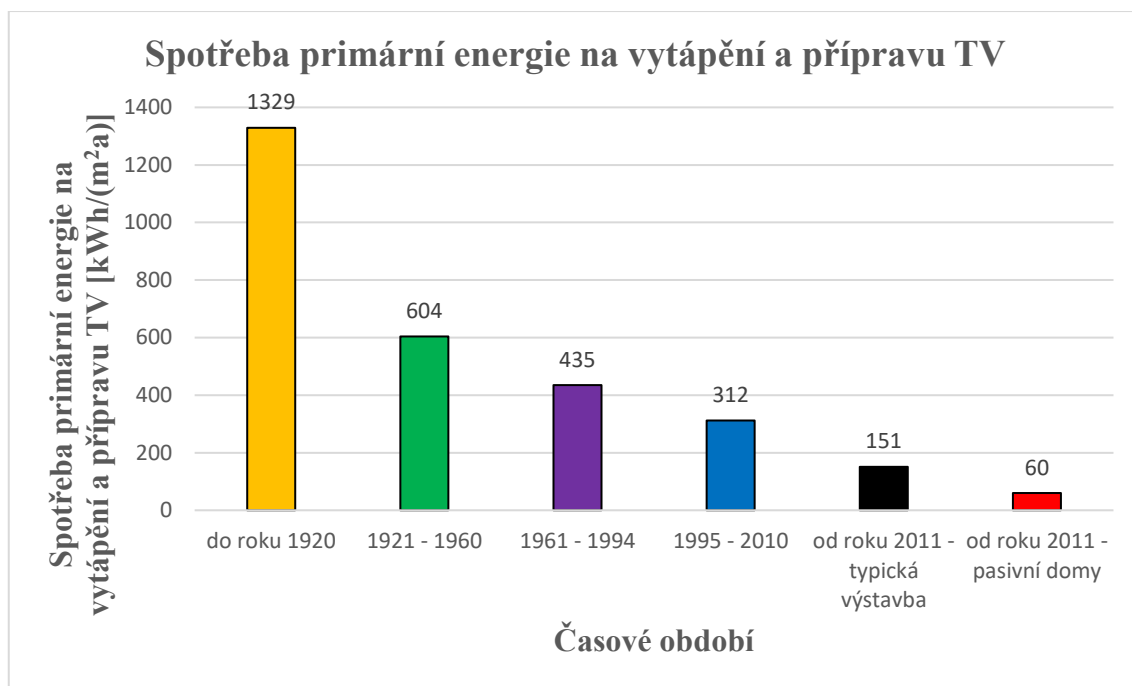


Graf 2: Historický vývoj potřeby tepla na vytápění

Graf 3 ukazuje spotřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění a přípravu teplé vody. Zde je vidět snaha, co nejméně zatěžovat životní prostředí a snížit spotřebu primární energie na co nejnížší možnou hodnotu.



2 Historický vývoj tepelně technických vlastností budov



Graf 3: Historický vývoj spotřeby primární energie na vytápění a přípravu TV



2.5 Teplota modelové místnosti během modelového dne

Pro modelovou místnost byl proveden výpočet letní tepelné stability pro různá časová období od historických konstrukcí po současné konstrukce s velmi dobrými tepelně technickými vlastnostmi.

Jako výpočetní model byl použit software Excel – Letní přehřívání [6] (popis modelu viz. kapitola 4.1).

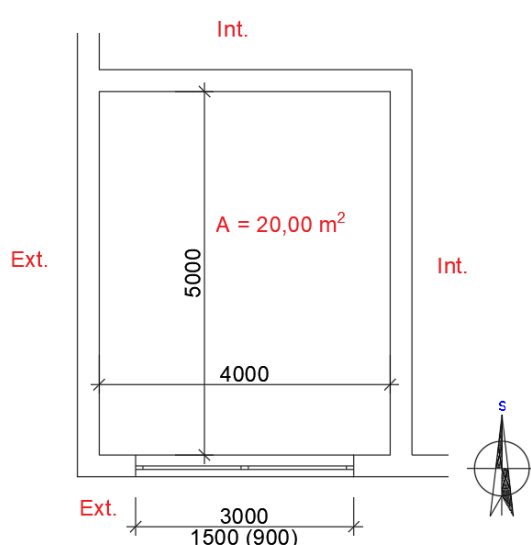
2.5.1 Popis modelové místnosti

Modelová místnost je obdélníkového tvaru o rozměrech 5,0 m x 4,0 m. Světla výška objektu je 2,6 m. V modelové místnosti se nachází pouze jedno okno, které je situováno na jižní stranu, je umístěno na kratší stěně a jeho rozměry jsou 3,0 m x 1,5 m. S exteriérem sousedí jižní a západní stěna. S interiérem sousedí severní a východní stěna. Podlaha na terénu a střešní konstrukce rovněž sousedí s exteriérem a tvoří tak společně se stěnami obálku celé místnosti. (viz Obrázek 4 a Tabulka 1)

Vstupní parametry:

Počáteční teplota vnitřního vzduchu byla nastavena na 23 °C. Efekt stínění okenního otvoru byl zanedbán a hodnota činitele stínění okna 0,9 byla zvolena jako konstantní po celý den. Násobnost větrání byla taktéž pevně zvolena během celého dne na hodnotu 0,5 h⁻¹. Vnitřní zisky byly ve výpočtu zanedbány (0 W v průběhu celého dne).

Rozměry místnosti:



Obrázek 4: Půdorys modelové místnosti

Podlahová plocha	20 m ²
Vnitřní objem	52 m ³
Plocha fasády	18,9 m ²
Plocha příček	23,4 m ²
Plocha podlahy	20 m ²
Plocha střechy	20 m ²
Plocha okna	4,5 m ²
Plocha zasklení	4,05 m ²
Energetická propustnost okna	0,7
Činitel stínění okna	0,9

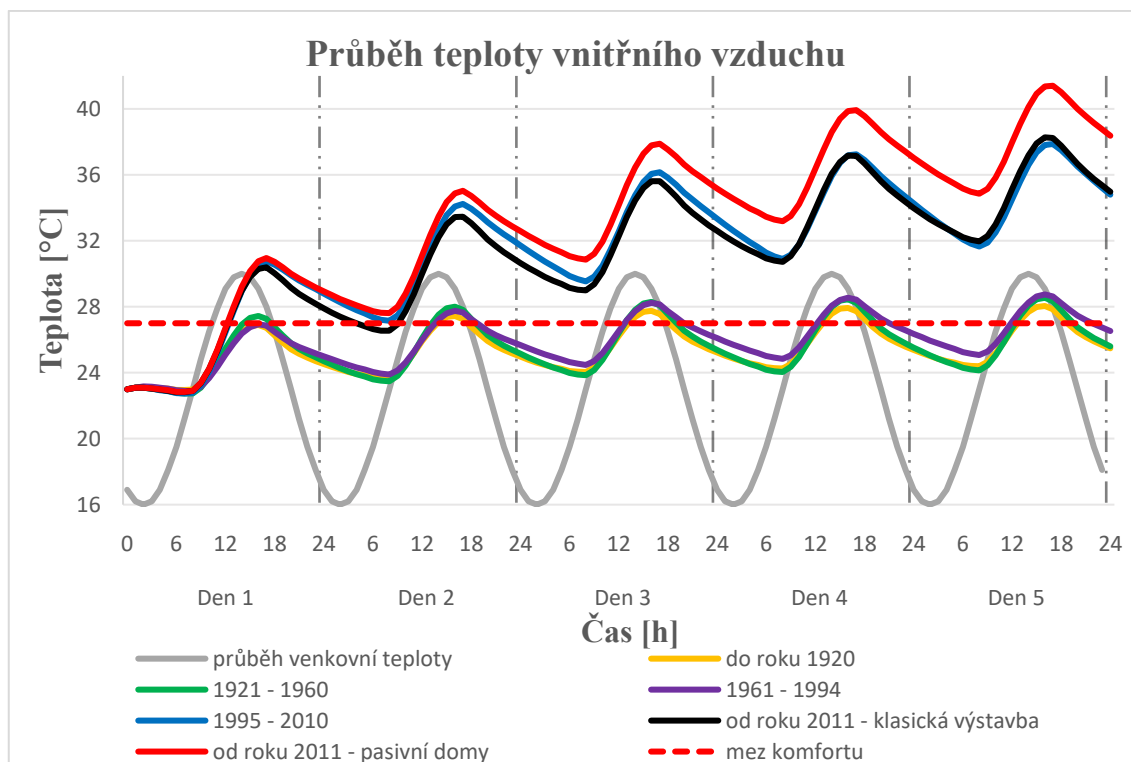
Tabulka 1: Vstupní parametry modelové místnosti



2 Historický vývoj tepelně technických vlastností budov

2.5.2 Porovnání letního přehřívání

Pro porovnání průběhu vnitřní teploty byly zvoleny typické konstrukce pro rodinné domy v průběhu pěti časových období, které vycházejí z příručky typologií obytných budov.



Graf 4: Porovnání průběhu teploty vnitřního vzduchu modelové místnosti

Z grafu 4 je zřejmé, že starší budovy na rozdíl od těch novodobých neměly s letním přehříváním problém. Teploty u pasivních domů a novodobých staveb naproti tomu dosahují u modelové místnosti teplot okolo 38 až 42 °C.

Budovy před rokem 1994 měly oproti dnešním budovám výrazně horší tepelně technické vlastnosti obálky budovy, a to je zřejmě hlavní důvod, proč se nepřehřivaly. Dnešní budovy kvůli tepelné izolaci v obálce budovy udržují teplo přivedené solárními tepelnými zisky. Dalším aspektem je akumulace tepla do hmotných materiálů objektu. Historické konstrukce, zejména obvodové stěny, byly masivní a měli velmi dobrou akumulaci tepla. Novodobé konstrukce se dělají z odlehčených materiálů, které nemají tak dobré akumulační vlastnosti.



3 Jednopodlažní rodinné domy

3.1 Úvod

V posledních letech je populární stavět jednopodlažní rodinné domy tzv. bungalovy. Lidé upustily od výstavy vícepatrových rodinných domů s obytným podkrovím a podsklepením, jak bylo v minulosti zvykem. Podkroví využívají pouze jako úložný prostor.

Materiálové řešení u těchto jednopodlažních rodinných domů je různorodé. Rodinné domy se na rozdíl od bytových domů ve větší míře staví i jako dřevostavby. I když v dnešní době nejsou rodinné domky jako dřevostavby výjimkou, pořád převládají zděné konstrukce. Zdivo se na rodinné domy používá přibližně v 85 % [7] % případů, ať už se jedná o keramické cihly či pórobetonové tvárnice.

Tato diplomová práce se zabývá pouze zděnými jednopodlažními rodinnými domy.

3.2 Průzkum projektů jednopodlažních rodinných domů

V diplomové práci bude porovnáno několik příkladů jednopodlažních rodinných domů [8], [9], odlišných z hlediska dispozičního řešení, konstrukčního systému, tepelně technických vlastností obálky budovy. Z těchto rodinných domů bude vybrán vhodný objekt pro případovou studii.



3 Jednopodlažní rodinné domy

3.2.1 První objekt



Obrázek 5: Vizualizace objektu

Půdorys objektu je obdélníkového tvaru o rozměrech 13,50 x 10,00 m. Dispozičně je domek rozdělen na čtyři obytné místnosti a kuchyňský kout. Zastavěná plocha je 151 m² a užitná plocha je 112 m². Objekt je bez garáže. Sklon střechy je 25°. Konstruktivní systém objektu je stěnový. Objekt má na jižní straně zastřešenou terasu.



Obrázek 6: Půdorys objektu



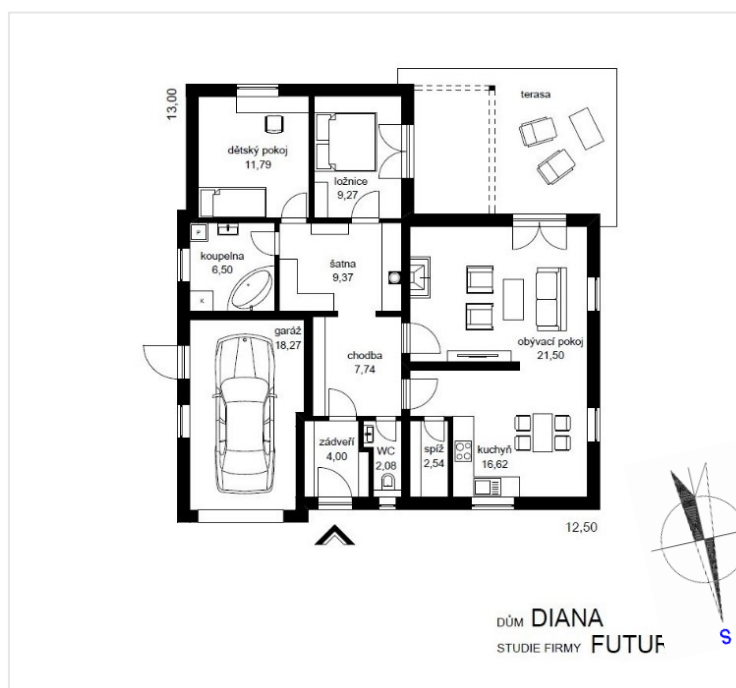
3 Jednopodlažní rodinné domy

3.2.2 Druhý objekt



Obrázek 7: Vizualizace objektu

Půdorys objektu je obdélníkového tvaru o rozměrech 13,00 x 12,50 m. Dispozičně je domek rozdělen na tři obytné místnosti a kuchyňský kout. Zastavěná plocha je 147 m² a užitná plocha je 110 m². V objektu je integrovaná garáž pro jeden automobil. Sklon střechy je 25°. Konstrukční systém objektu je stěnový. Objekt má na jižní straně zastřešenou terasu.



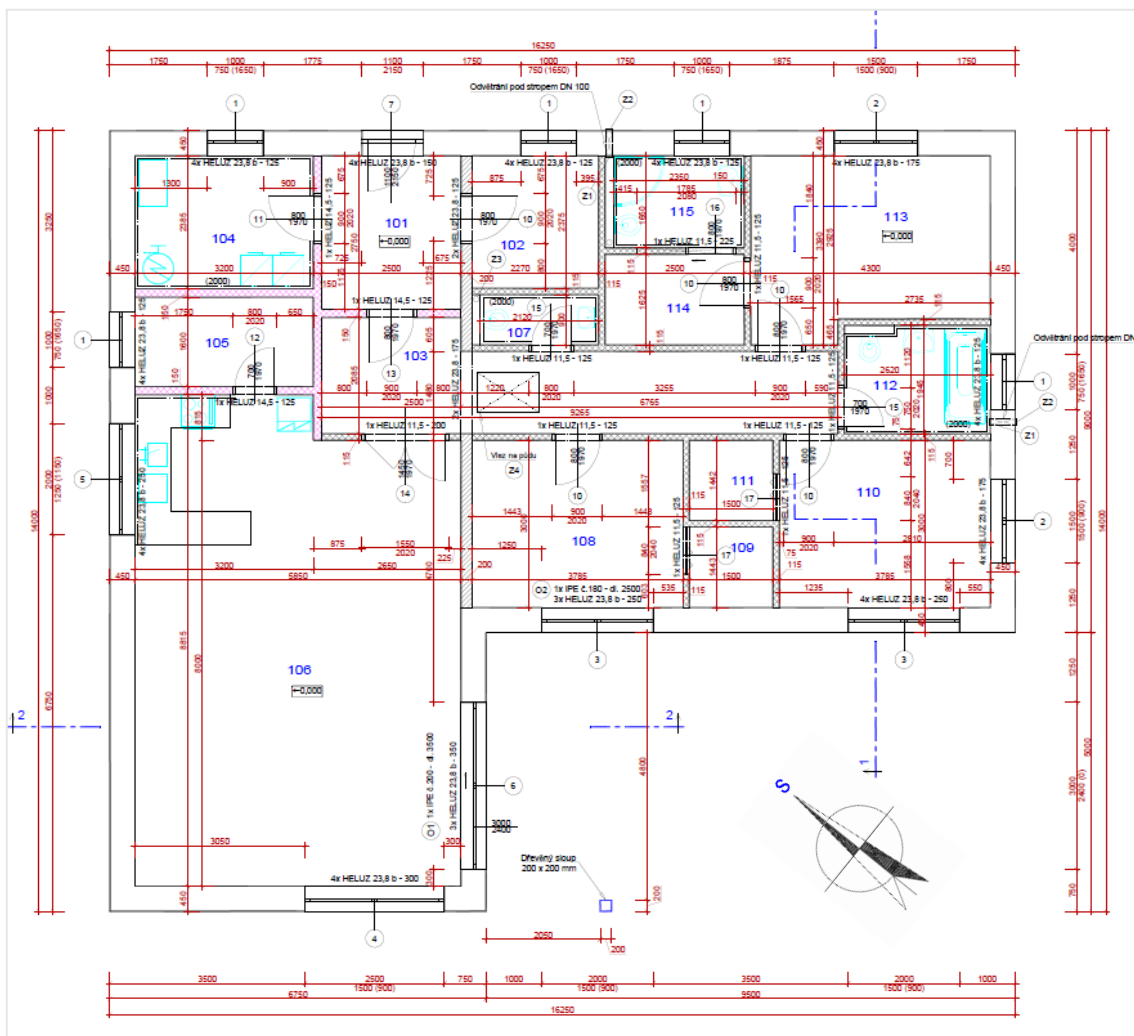
Obrázek 8: Půdorys objektu



3 Jednopodlažní rodinné domy

3.2.3 Třetí objekt

Půdorys objektu je tvaru „L“ o rozměrech 16,25 x 14,00 m. Dispozičně je domek rozdělen na čtyři obytné místnosti. Zastavěná plocha je 180 m² a užitná plocha je 125 m². Objekt je bez garáže. Sklon střechy je 25°. Konstrukční systém objektu je stěnový. Objekt má na jihovýchodní straně zastřešenou terasu.



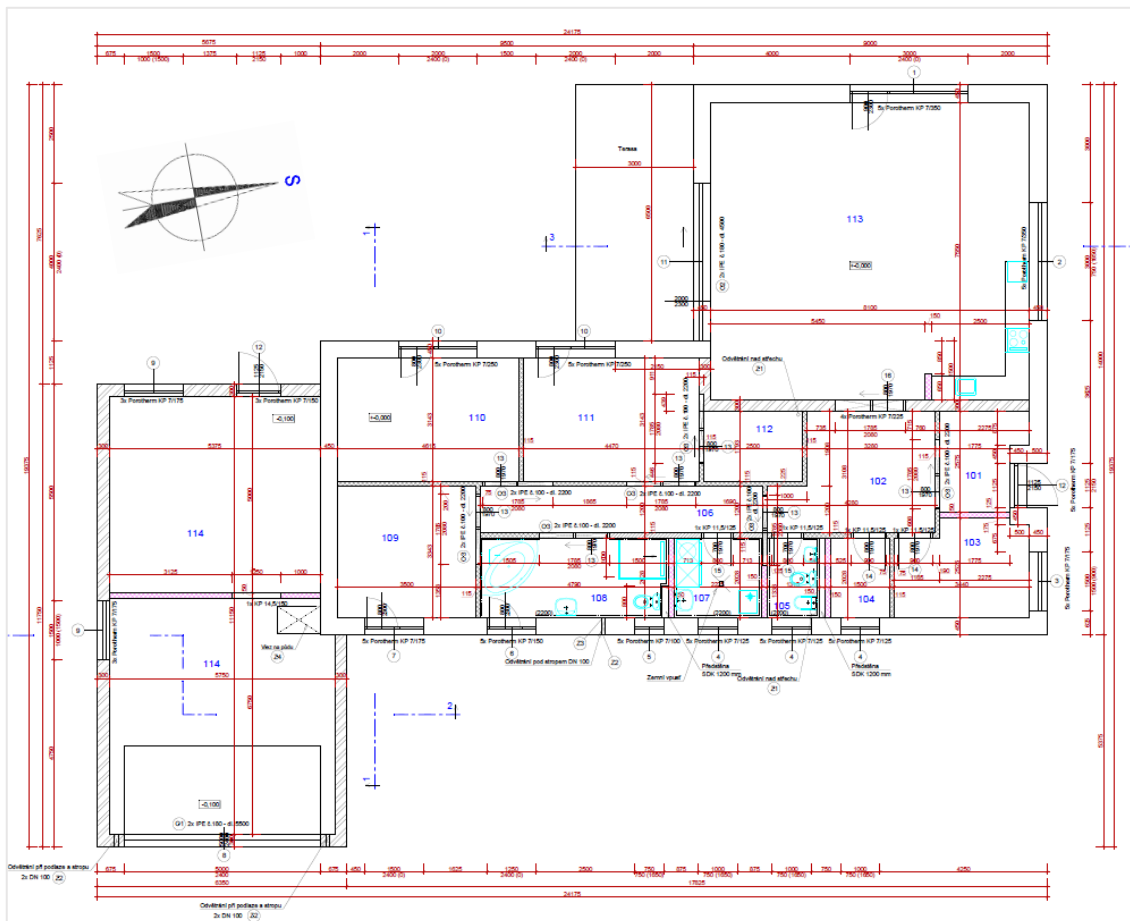
Obrázek 9: Půdorys objektu



3 Jednopodlažní rodinné domy

3.2.4 Čtvrtý objekt

Půdorys objektu je tvaru „Z“ o rozměrech 24,175 x 19,375 m. Dispozičně je domek rozdělen na pět obytných místností. Zastavěná plocha je 268 m² a užitná plocha je 210 m². Součástí rodinného domu je garáž. Sklon střechy je 25°. Konstrukční systém objektu je stěnový. Objekt má na jižní straně zastřešenou terasu.



Obrázek 10: Půdorys objektu



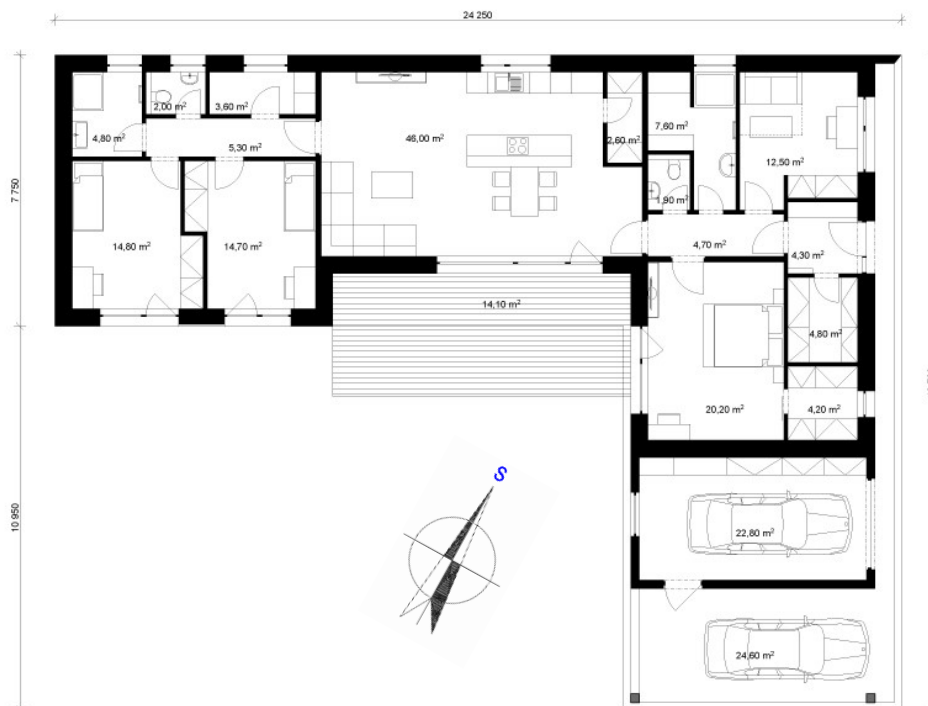
3 Jednopodlažní rodinné domy

3.2.5 Pátý objekt



Obrázek 11: Vizualizace objektu

Půdorys objektu je tvaru „L“ o rozměrech 24,25 x 18,70 m. Dispozičně je domek členěn na pět obytných místností a kuchyňský kout. Zastavěná plocha je 273 m² a užitná plocha je 201 m². Součástí rodinného domu je garáž a parkovací stání. Domek má plochou střechu. Konstrukční systém objektu je sťenový. Objekt má na jihovýchodní straně zastřešenou terasu.



Obrázek 12: Půdorys objektu



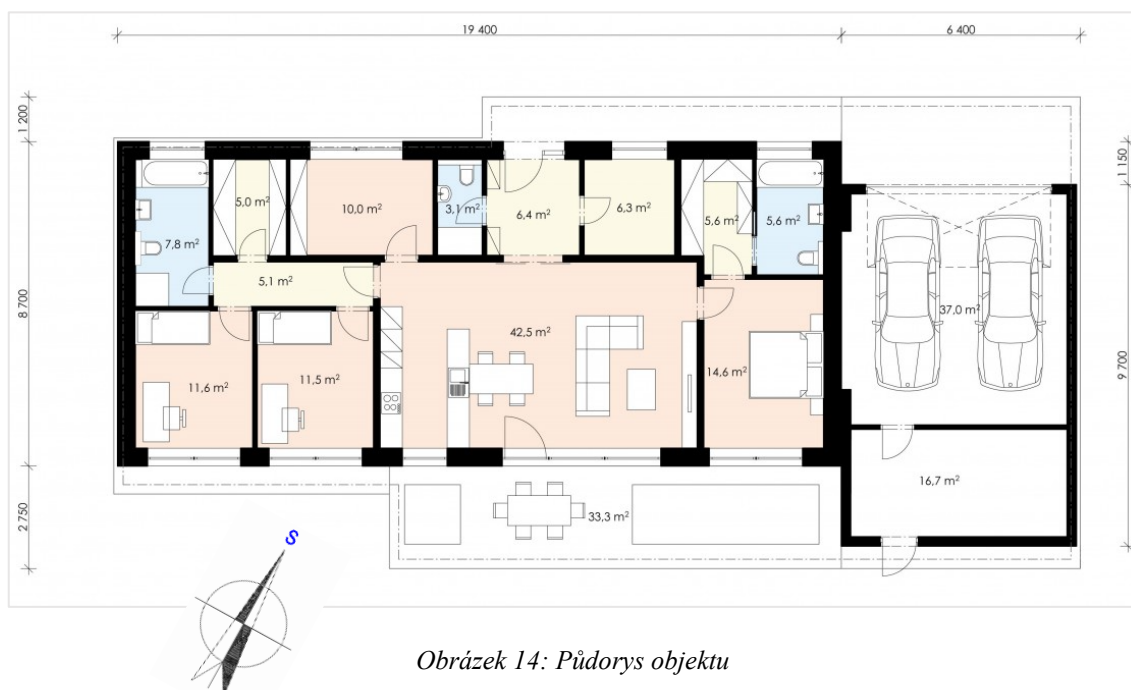
3 Jednopodlažní rodinné domy

3.2.6 Šestý objekt



Obrázek 13: Vizualizace objektu

Půdorys objektu je obdélníkového tvaru o rozměrech 25,80 x 11,45 m. Dispozičně má domek pět obytných místností. Zastavěná plocha je 231 m² a užitná plocha je 189 m². Součástí rodinného domu je garáž pro dva automobily. Domek má plochou střechu. Konstrukční systém objektu je stěnový. Rodinný dům má na jihovýchodní straně zastřešenou terasu.



Obrázek 14: Půdorys objektu



3.3 Porovnání jednotlivých objektů

Při porovnání jednotlivých objektů je patrné, že v dnešní době existuje velké množství možností, jak postavit jednopodlažní rodinný dům. Domy se liší jak materiálově, tak dispozičně.

Staví se domy z keramických tvárnic, pórobetonu či dřevostavby. Dispozičně mají rodinné domy různé tvary. Nejčastěji se využívá obdélníkového tvaru, tvaru písmene „L“ či tvaru písmene „Z“. Konstrukčně se jednopodlažní rodinné domy staví typicky stěnovým systémem. Skeletový systém nedává příliš smysl, jelikož nepotřebujeme rozlehlé prostory. Navíc stěny objektu slouží jak oddělení dispozice, tak i jako akustické bariéry. Střecha objektů bývá nejčastěji šikmá sedlová s mírným sklonem nebo je střecha řešená jako pultová.

U jednopodlažních rodinných domů se často využívá přesahu střechy jako prvku stínění a jako konstrukce přístřešku u objektu. Tepelně technické vlastnosti objektů jsou v dnešní době na podobné úrovni.

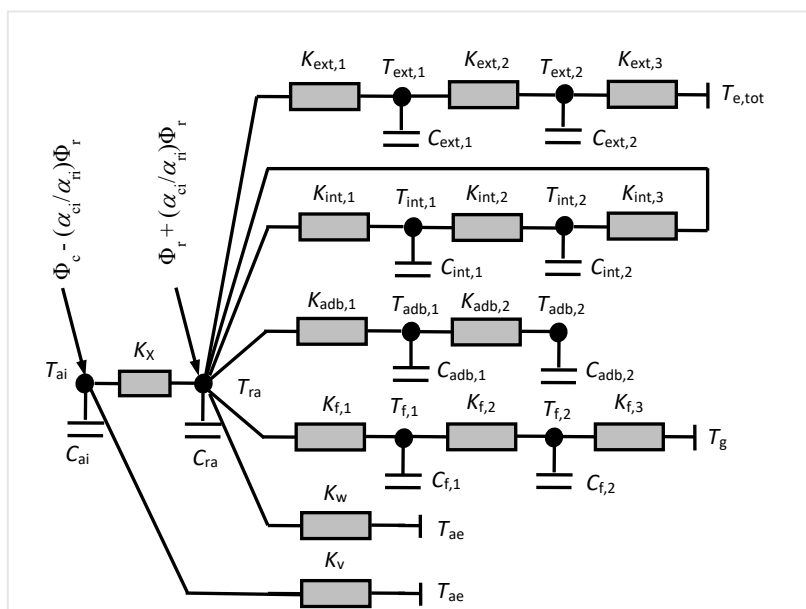
V poslední době se spíše staví domky co nejjednodušší a co nejlevnější, jelikož začínající rodiny nemají mnoho finančních prostředků. K tomu je navíc, v současné době, velký problém s cenami materiálů a čekací lhůta dodávky je také velmi dlouhá [10].



4 Stručný popis použitých výpočtových modelů

4.1 Tepelný model místnosti

Model [6] lze graficky znázornit elektrickým schématem, viz Obrázek 15. Neznámými veličinami jsou teploty zobrazené jako uzly. Každý uzel má svoji tepelnou kapacitu označenou jako C . Cesta mezi jednotlivými teplotami je popsána tepelnými vodivostmi K .



Obrázek 15: Elektrické schéma dynamického tepelného modelu

Obvodové konstrukce, ve styku s venkovním prostředím, jsou modelovány pomocí dvou teplotních uzlů. Dalším prvkem modelu jsou konstrukce, které se plně nacházejí uvnitř posuzované zóny. Tyto konstrukce ovlivňuje pouze teplota vnitřního vzduchu a jejich tepelný model je opět dvouuzlový. Třetí větev modeluje vstup konstrukcemi, které nesousedí s exteriérem, ale jsou v kontaktu s vedlejší zónou. Čtvrtá větev modeluje vstup tepla podlahou na zemi. Tato část výpočtu opět využívá dvouuzlového modelu. Poslední dvě části modelu popisují vstup tepla okny a tepelný tok větráním a netěsnostmi. Všechny větve popisující konstrukce jsou napojeny na uzel T_{ra} , který představuje výslednou teplotu vnitřního prostředí místnosti. Větev popisující větrání je napojena na teplotu vnitřního vzduchu T_{ai} .



4 Stručný popis použitých výpočtových modelů

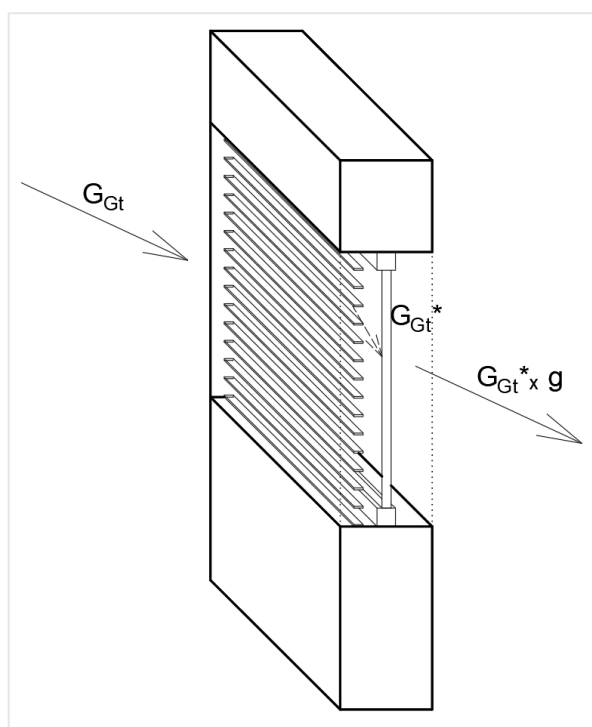
Na uzel T_{ra} má vliv tepelný tok sdílený zářením a na uzel T_{ai} má vliv tepelný tok sdílený prouděním. Výpočty byly provedeny tak, že solární tepelné zisky byly rozděleny v poměru 80 % (uzel T_{ra}) na 20 % (uzel T_{ai}). Chlazení bylo modelováno jako záporné vnitřní tepelné zisky rozdělené v poměru 60 % (uzel T_{ra}) na 40 % (uzel T_{ai}). Vnitřní tepelné zisky od osob a spotřebičů nebyly uvažovány.

4.2 Model pro výpočet činitele stínění

Před výpočtem tepelné stability objektu je potřeba vypočítat časový průběh korekčního činitele stínění F_{sh} . Korekční činitel stínění udává poměr mezi energií procházející až na rovinu příjemce (tj. za stínící překážkou; rovinou příjemce je v našem případě vnější rovina zasklení) a energií dopadající na totožně orientovanou rovinu před stínící překážkou, viz Obrázek 16.

$$F_{sh} = \frac{G_{Gt}^*}{G_{Gt}}$$

kde G_{Gt}^* [W/m^2] je globální ozáření roviny příjemce, a G_{Gt} [W/m^2] je globální solární ozáření roviny umístěné před stínící překážkou.



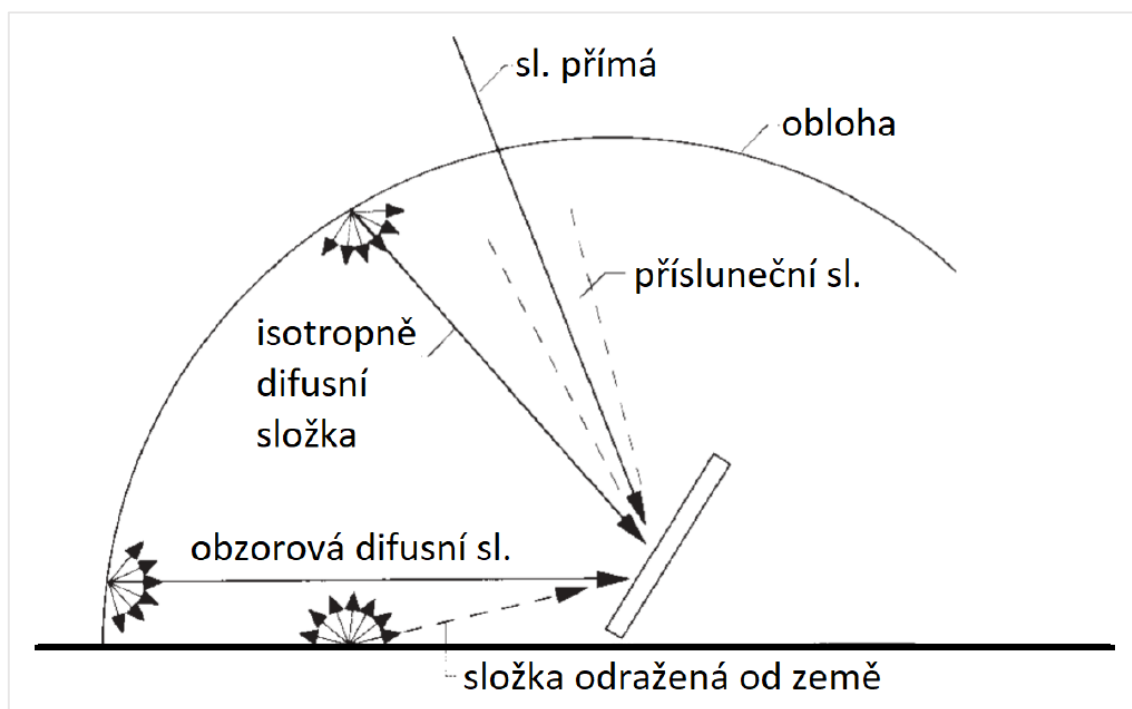
Obrázek 16: Výpočet činitele stínění - ozáření výplně otvoru



4 Stručný popis použitých výpočtových modelů

Ozáření roviny příjemce obsahuje souhrnný vliv všech modelovaných stínících překážek, typicky okenního ostění a nadpraží, rámu okna, vodících lišt žaluzií, předsazených markýz a žaluzií. Činitel nabývá hodnot od 0 (dokonalé stínění) do 1 (žádné stínění).

Numerický model pro výpočet korekčního činitele stínění byl vytvořen Ing. Kamilem Staňkem Ph.D. v programu Matlab [11]. Model počítá s pěti složkami slunečního záření, viz Obrázek 17. Jedná se o složku přímého záření, a čtyři složky difúzního záření – obzorovou, izotropní a přísluneční, a složku odraženou od země. Tyto jednotlivé složky pak dávají dohromady celkovou sluneční energii dopadající na svislou rovinu posuzovaného okenního otvoru.



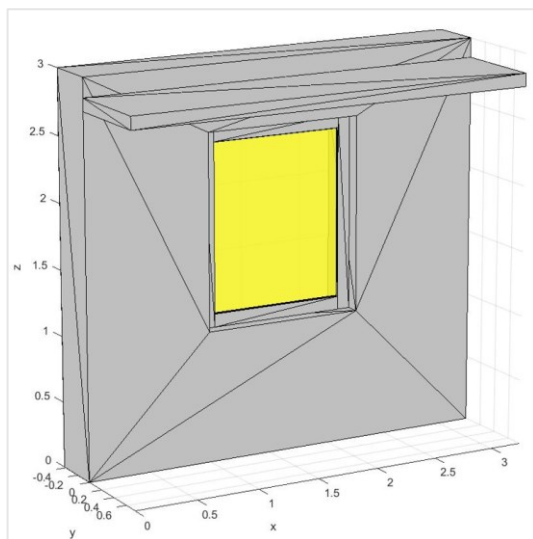
Obrázek 17: Složky slunečního záření používané v modelu stínění



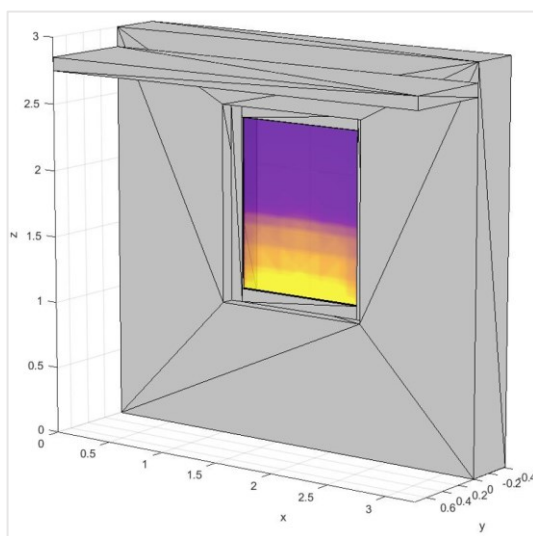
4 Stručný popis použitých výpočtových modelů

Posuzovaná prosklená plocha je v modelu rozdělena na malé trojúhelníkové plochy. V těchto trojúhelníkách je vypočteno množství celkových tepelných zisků. Model sčítá tepelné zisky těchto trojúhelníků do celkového solárního tepelného zisku dopadajícího na příjemce.

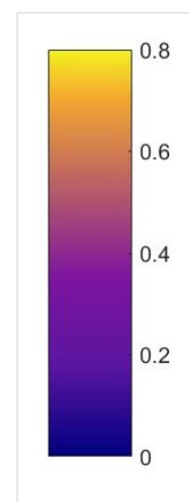
Na obrázcích 18 a 20 jsou zobrazeny dva příklady prostorového rozložení korekčního činitele stínění F_{sh} markýzy pro jižně orientované okno, průměrné hodnoty pro měsíc leden a srpen. Z obrázků je zřejmé, že při použití jednoduché markýzy (přesah střechy) jako stínícího prvku nemá stínící překážka v zimních měsících žádný vliv. Naopak v letních měsících markýza výrazně přispívá ke stínění. Tento fakt souvisí s polohou Slunce, kdy v zimních měsících je nízko a v letních měsících vysoko na obloze.



Obrázek 18: Stínící faktor F_{sh} v lednu



Obrázek 20: Stínící faktor F_{sh} v srpnu



Obrázek 19: Stupnice hodnot stínícího faktoru F_{sh}



5 Případová studie

5.1 Výběr objektu

Pro případovou studii byl zvolen rodinný dům číslo jedna ze třetí kapitoly.



Obrázek 21 a Obrázek 22: Vizualizace objektu



5.2 Parametry objektu

Objekt je materiálově řešen jako výstavba s běžnými tepelně technickými parametry viz Tabulka 2. Obvodové stěny z keramických tvárnic jsou opatřeny kontaktním zateplovacím systémem z pěnového polystyrenu. Podlaha je betonová s nášlapnou vrstvou z podlahového linolea. Střešní konstrukce je z dřevěných sbíjených vazníků, na kterých je zavěšen sádrokartonový podhled zateplený minerální vlnou. Vnitřní stěny jsou z keramických tvárnic. Okna jsou zasklena izolačním trojsklem.

Druh konstrukce					
Název materiálu	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Součinitel prostupu tepla
	d [mm]	λ [W/(m·K)]	c [J/kg·K]	ρ [kg/m ³]	U [W/m ² ·K]
Obvodová stěna					
VC omítka	10	0,99	790	2000	0,21
EPS	120	0,04	1270	21	
Keramická tvárnice	300	0,21	1000	800	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	440				
Střecha					
Betonová taška	-	-	-	-	0,17
Latě	-	-	-	-	
Kontalatě	-	-	-	-	
Difúzní folie	-	-	-	-	
Sbíjené vazníky + podstřešní prostor	-	-	-	-	
Minerální vlna - mezi vazníky	140	0,058	990	198	
Prkenný rošt	-	-	-	-	
Minerální vlna - pod vazníky	140	0,042	800	148	
Nosná konstrukce SDK	-	-	-	-	
Parotěsná zábrana	-	-	-	-	
SDK podhled	12,5	0,22	1060	750	
Σ	292,5				



5 Případová studie

Podlaha na terénu					
Podlahové linoleum	5	0,17	1400	1200	0,24
Betonová mazanina	50	0,7	750	1600	
EPS	150	0,04	1270	21	
Podkladní beton	150	1,23	1020	2100	
1x Asfaltový pás	-	-	-	-	
Štěrkový podsyp	150	-	-	-	
Zemina	100	1,5	2000	1500	
Σ	605				
Vnější výplně otvorů - okna					
Izolační trojsklo					0,80
Σ					
Nosná vnitřní stěna					
VC omítka	10	0,99	790	2000	-
Keramická tvárnice	300	0,21	1000	800	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	320				
Příčka					
VC omítka	10	0,99	790	2000	-
Keramická tvárnice	115	0,26	1000	850	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	135				

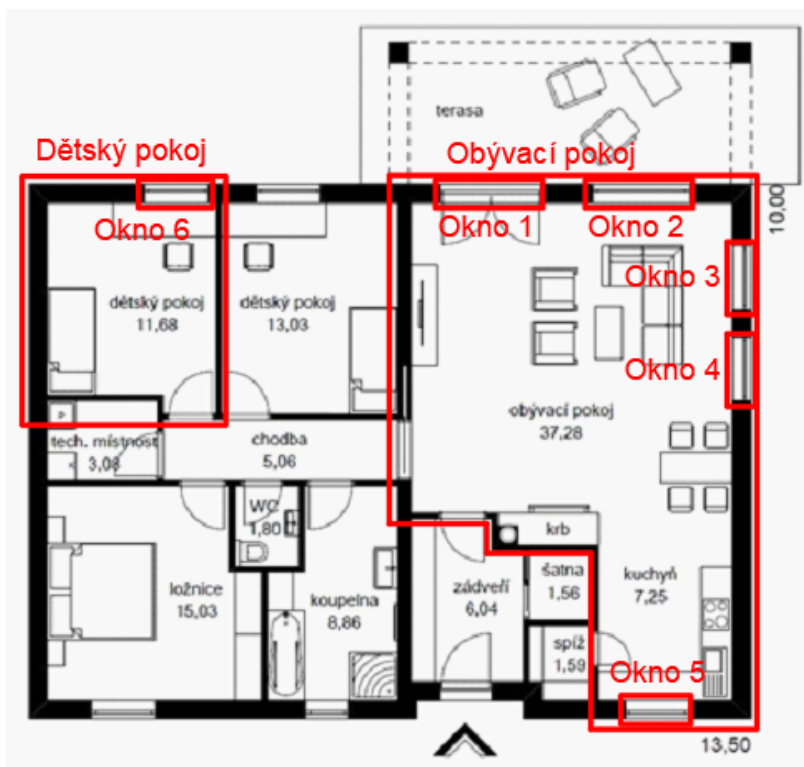
Tabulka 2: Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí

5.3 Výběr modelové místnosti

Byly porovnány dvě místnosti z hlediska letního přehřívání. Jedná se o místnost obývacího pokoje a dětského pokoje. Vstupní parametry byly pro obě místnosti stejné. Vnitřní zisky byly pro celý den konstantní 0 W. Násobnost větrání byla 2,00 h⁻¹ od 20:00 do 6:00 a 0,15 h⁻¹ od 6:00 do 20:00. Stínící prvky byly namodelovány podle původního návrhu architektonické studie.



5 Případová studie



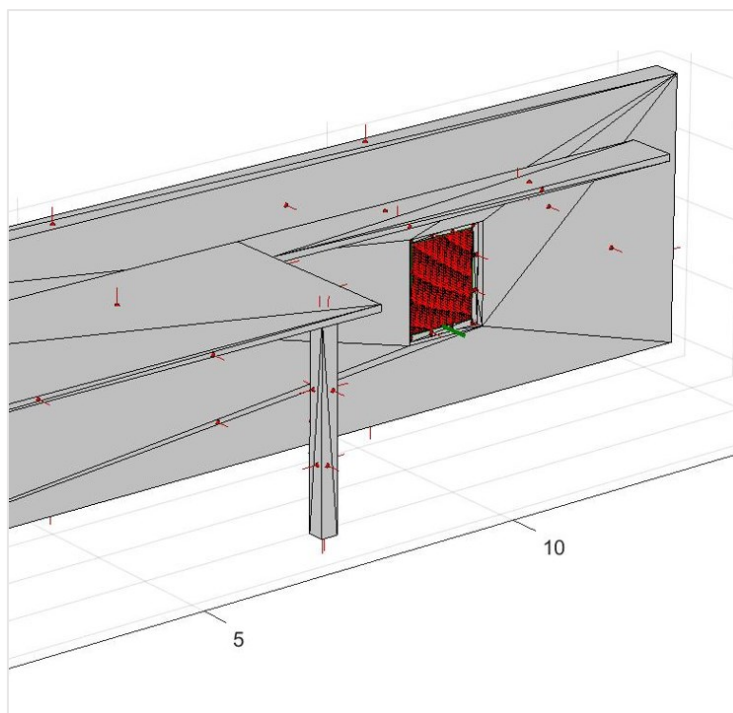
Obrázek 23: Půdorys objektu

5.3.1 Dětský pokoj

Jedná se o obdélníkovou místnost o rozměrech 3,00 m a 4,00 m. Výjimkou z obdélníkového tvaru je malý výklenek u vstupu do místnosti. Celková plocha místnosti je 11,68 m². Obálku místnosti tvoří dvě obvodové stěny, strop a podlaha, které oddělují zónu od exteriéru. Od interiéru je místnost oddělena dvěma vnitřními stěnami.



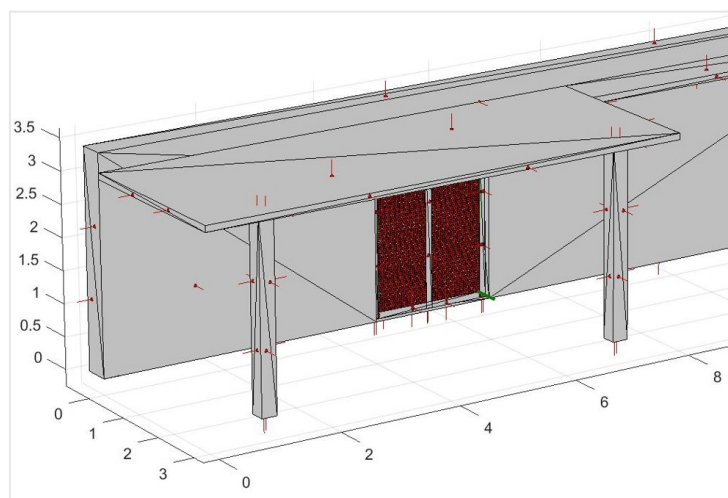
5 Případová studie



Obrázek 24: Stínící prvky okna 6

5.3.2 Obývací pokoj

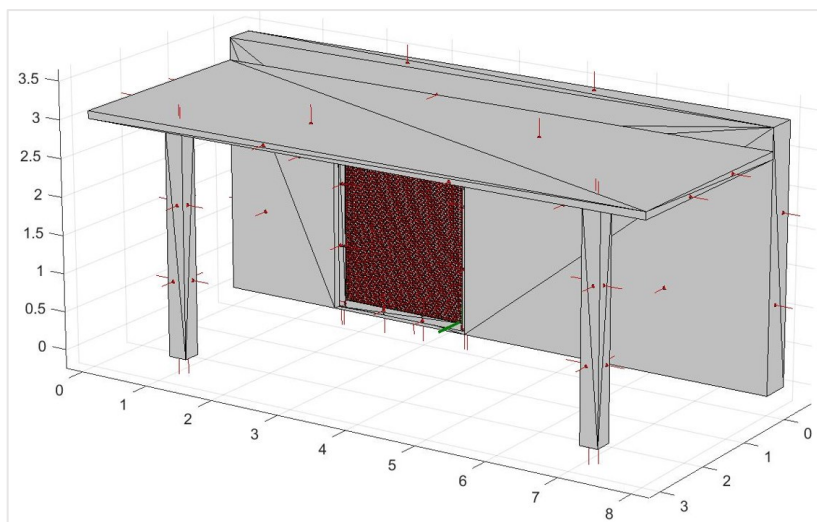
Jedná se o obdélníkovou místnost o rozměrech 8,90 m a 6,00 m. Výjimkou z obdélníkového tvaru je výklenek u prostoru kuchyňského koutu. Celková plocha místnosti je 44,83 m². Obálku místnosti tvoří tři obvodové stěny, strop a podlaha, které oddělují zónu od exteriéru. Od interiéru je místnost oddělena jednou nosnou stěnou a vnitřními příčkami v místě vstupu do objektu.



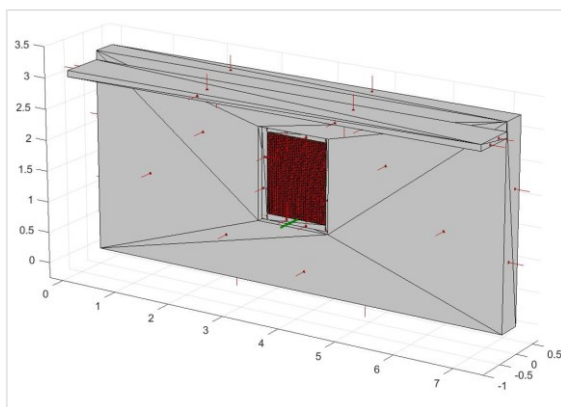
Obrázek 25: Stínící prvky okna 1



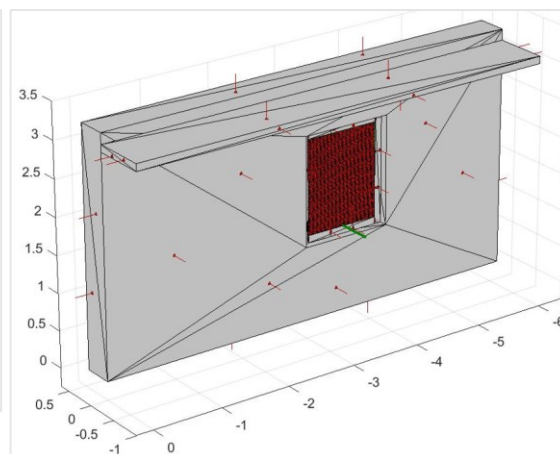
5 Případová studie



Obrázek 26: Stínící prvky okna 2



Obrázek 27: Stínící prvky okna 3 a 4



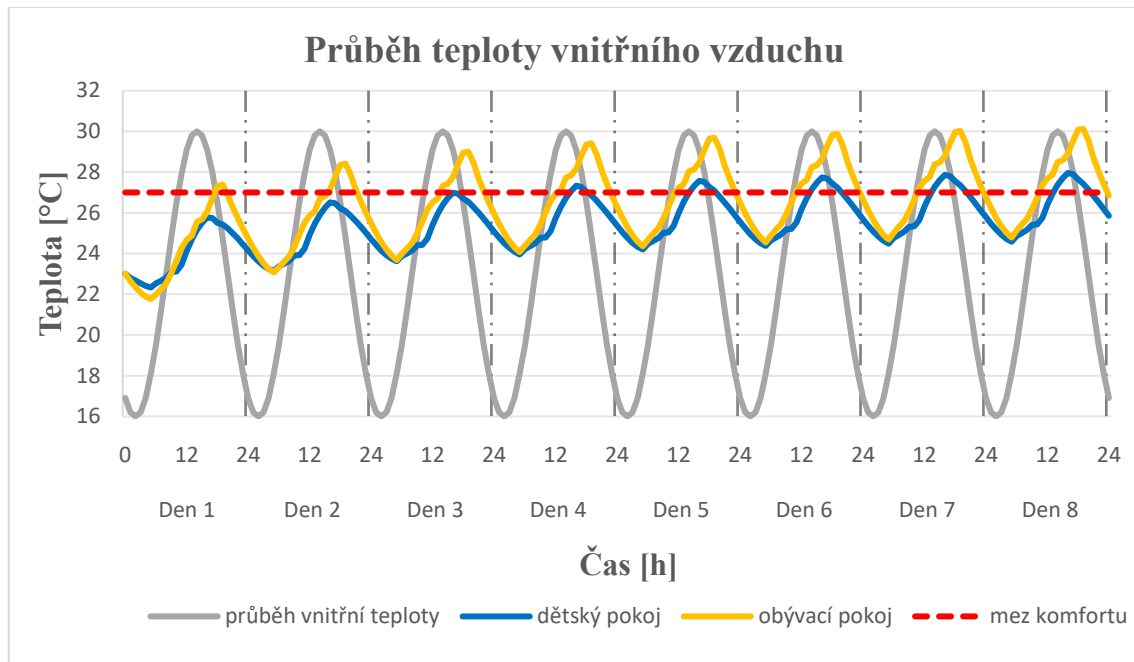
Obrázek 28: Stínící prvky okna 5

5.3.3 Porovnání letního přehřívání

Výpočet teploty vnitřního vzduchu byl proveden pro časový úsek osmi dní. Počáteční teplota uvnitř místnosti byla nastavena na 23 °C. Solární zisky jsou pro všechny dny uvažovány stejné a odpovídají hodnotám 21. srpna za jasné nezatažené oblohy. Z grafu 5 je zřejmé, že při posouzení letního přehřívání s původními stínícími prvky navrženými v architektonické studii vychází jako horší místnost, z hlediska tepelné stability, obývací pokoj. Obě místnosti překračují mez komfortu, dětský pokoj ovšem pouze o 0,96 °C ale obývací pokoj o 3,12 °C.



5 Případová studie



Graf 5: Průběh teploty vnitřního vzduchu

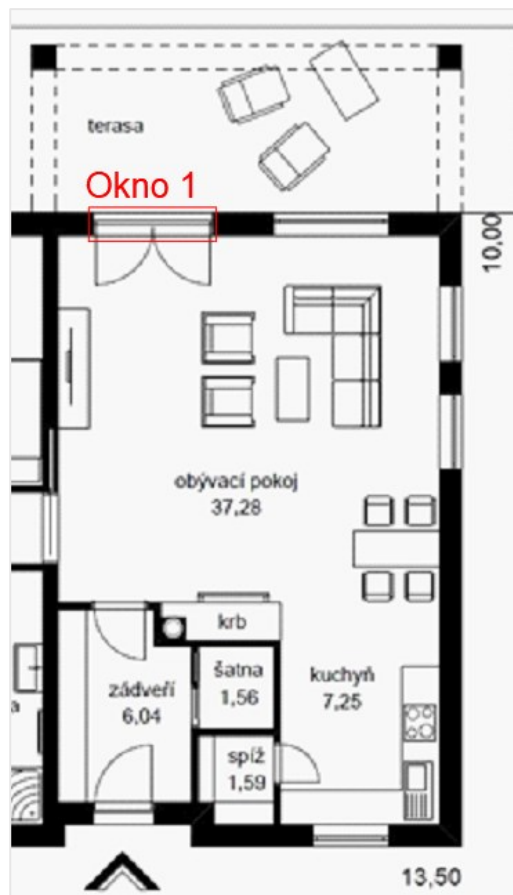
Pro další posuzování tepelné stability objektu byla k řešení vybrána jako modelová místnost obývací pokoj, na které budou demonstrovány různé varianty stínění a větrání.



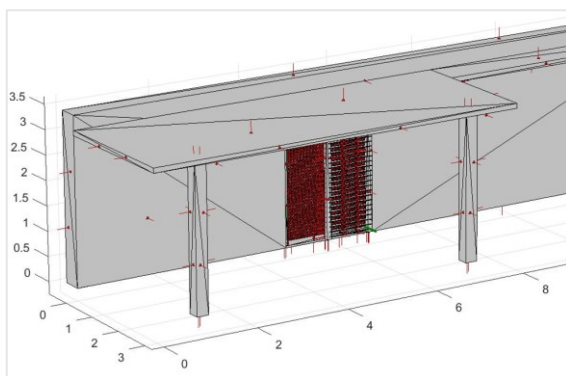
5.4 Korekční činitele stínění

5.4.1 Okno 1

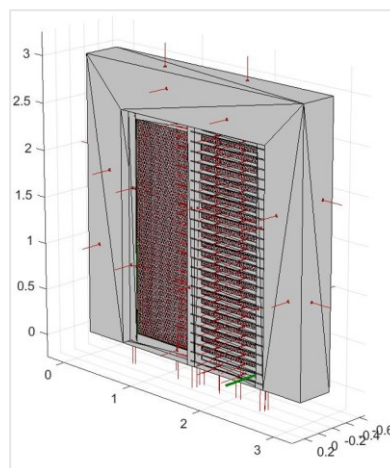
- orientace: jih
- šířka: 2,0 m
- výška: 2,5 m
- výška parapetu: 0 m
- zapuštění okna: 0,12 m
- šířka rámu: 0,1 m
- předsazení rámu: 0,015 m
- kastlík na žaluzie zapuštěn ve fasádě
- počet žaluziových lamel: 25 ks
- šířka jedné lamely: 0,1 m
- velikost bočních žeber: 0,1 x 0,1 m
- přesah střechy (terasy): 3,0 m
- sklon střechy: 0°



Obrázek 29: Okno 1 v půdorysu



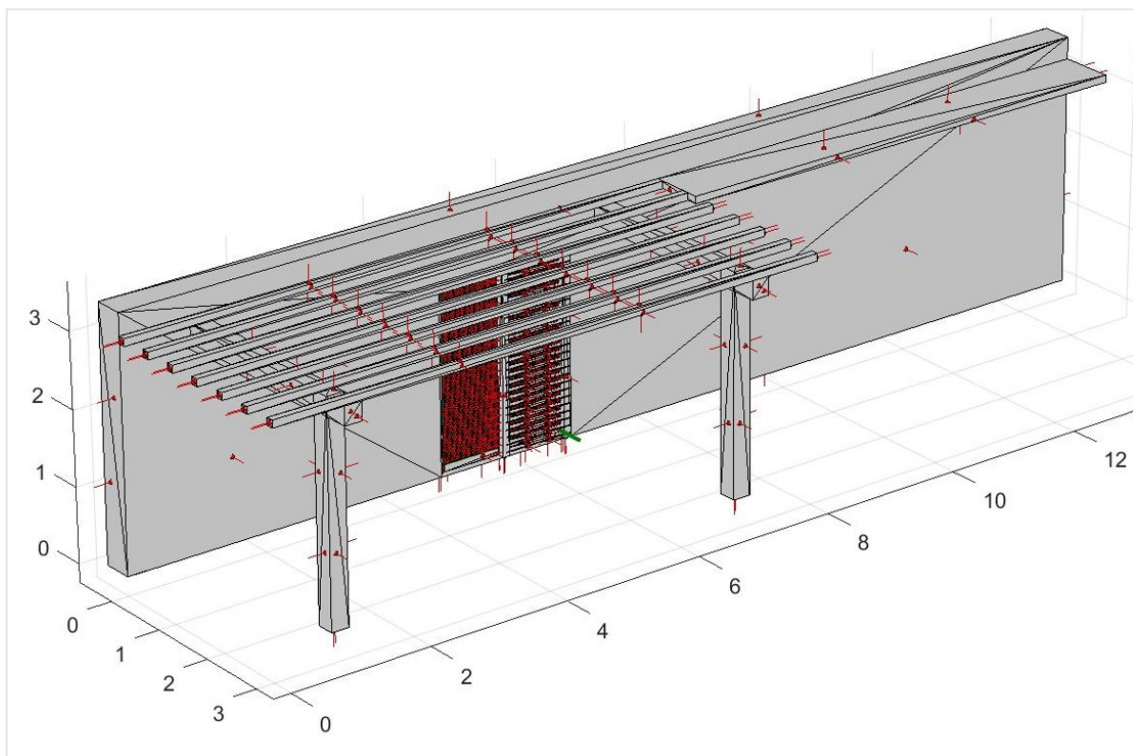
Obrázek 30: Okno 1 s přesahem střechy



Obrázek 31: Okno 1 bez přesahu střechy



5 Případová studie



Obrázek 32: Okno 1 s konstrukcí terasy

Varianty stínění okna 1

- 1) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy (Výchozí stav)
- 2) Stínění rámem a ostěním okna
- 3) Stínění rámem a ostěním okna + konstrukcí terasy
- 4) Stínění rámem a ostěním okna + konstrukcí terasy + vnějšími žaluziemi 0°
- 5) Stínění rámem a ostěním okna + konstrukcí terasy + vnějšími žaluziemi 45°
- 6) Stínění rámem a ostěním okna + konstrukcí terasy + vnějšími žaluziemi 90°
- 7) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem + vnějšími žaluziemi 0°
- 8) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem + vnějšími žaluziemi 45°
- 9) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem + vnějšími žaluziemi 90°
- 10) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 0°
- 11) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 45°
- 12) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 90°



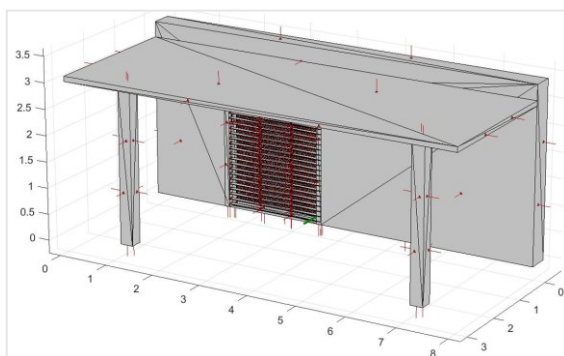
5 Případová studie

5.4.2 Okno 2

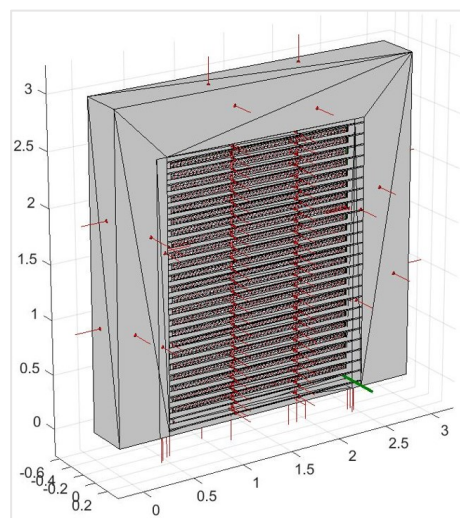
- orientace: jih
- šířka: 2,0 m
- výška: 2,5 m
- výška parapetu: 0 m
- zapuštění okna: 0,12 m
- šířka rámu: 0,1 m
- přesazení rámu: 0,015 m
- kastlík na žaluzie zapuštěn ve fasádě
- počet žaluziových lamel: 25 ks
- šířka jedné lamely: 0,1 m
- velikost bočních žeber: 0,1 x 0,1 m
- přesah střechy: 3,0 m
- sklon střechy: 0°



Obrázek 33: Okno 2 v půdorysu



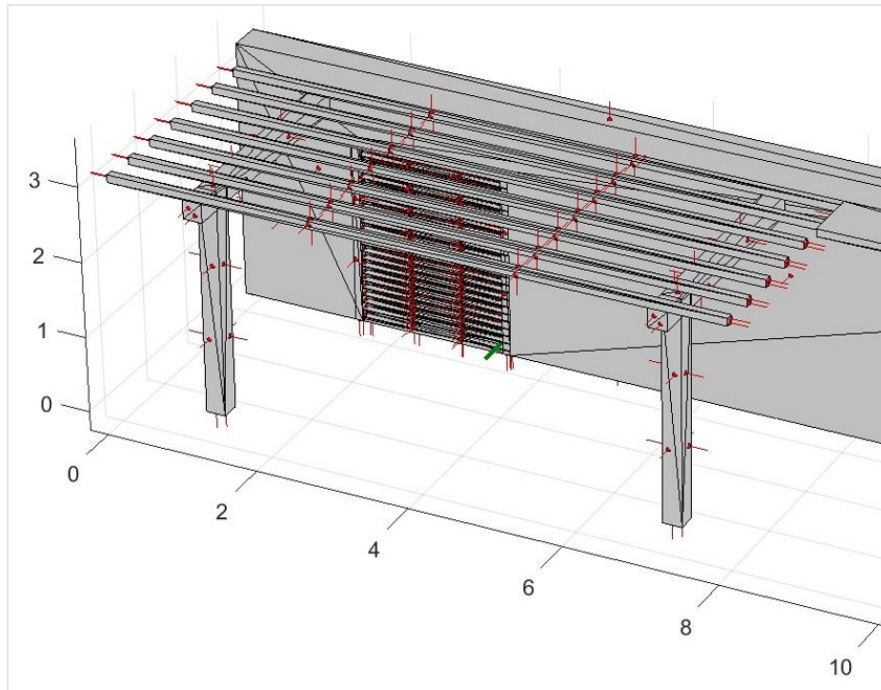
Obrázek 34: Okno 2 s přesahem střechy



Obrázek 35: Okno 2 bez přesahu střechy



5 Případová studie



Obrázek 36: Okno 2 s konstrukcí terasy

Varianty stínění okna 2

- 1) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy (Výchozí stav)
- 2) Stínění rámem a ostěním okna
- 3) Stínění rámem a ostěním okna + konstrukcí terasy
- 4) Stínění rámem a ostěním okna + konstrukcí terasy + vnějšími žaluziemi 0°
- 5) Stínění rámem a ostěním okna + konstrukcí terasy + vnějšími žaluziemi 45°
- 6) Stínění rámem a ostěním okna + konstrukcí terasy + vnějšími žaluziemi 90°
- 7) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem + vnějšími žaluziemi 0°
- 8) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem + vnějšími žaluziemi 45°
- 9) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem + vnějšími žaluziemi 90°
- 10) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 0°
- 11) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 45°
- 12) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 90°



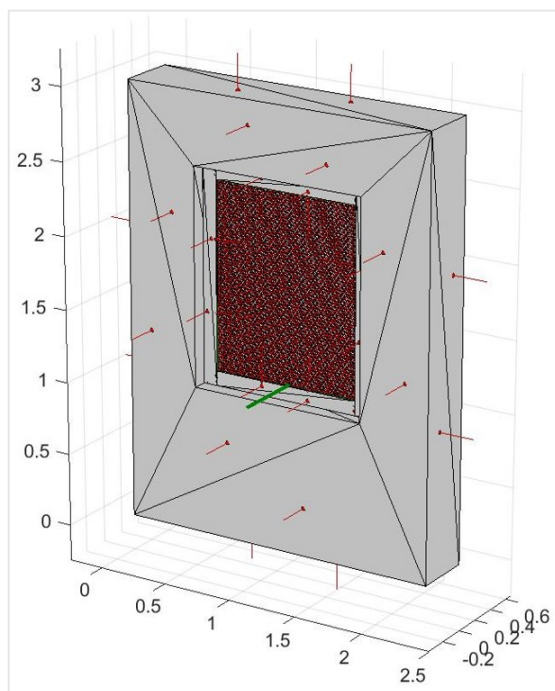
5 Případová studie

5.4.3 Okno 3 a 4

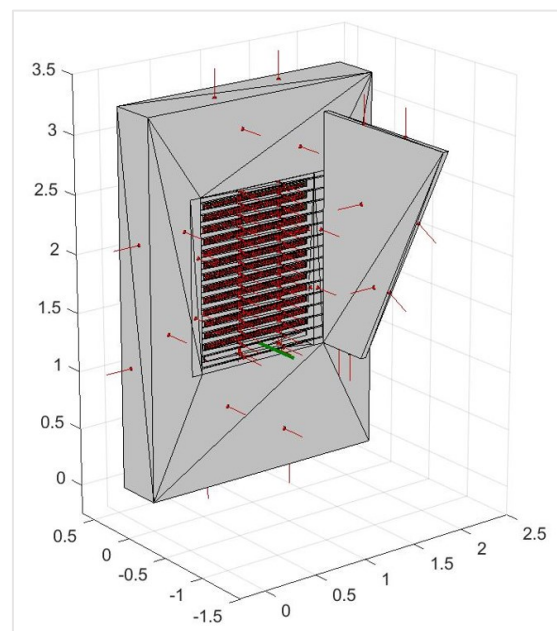
- orientace: západ
- šířka: 1,25 m
- výška: 1,5 m
- výška parapetu: 1,0 m
- zapuštění okna: 0,12 m
- šířka rámu: 0,1 m
- předsazení rámu: 0,015 m
- kastlík na žaluzie zapuštěn ve fasádě
- počet žaluziových lamel: 15 ks
- šířka jedné lamely: 0,1 m
- velikost bočních žeber: 0,1 x 0,1 m
- přesah střechy: 0,75 m
- sklon střechy: 0°



Obrázek 37: Okno 3 a 4 v půdorysu



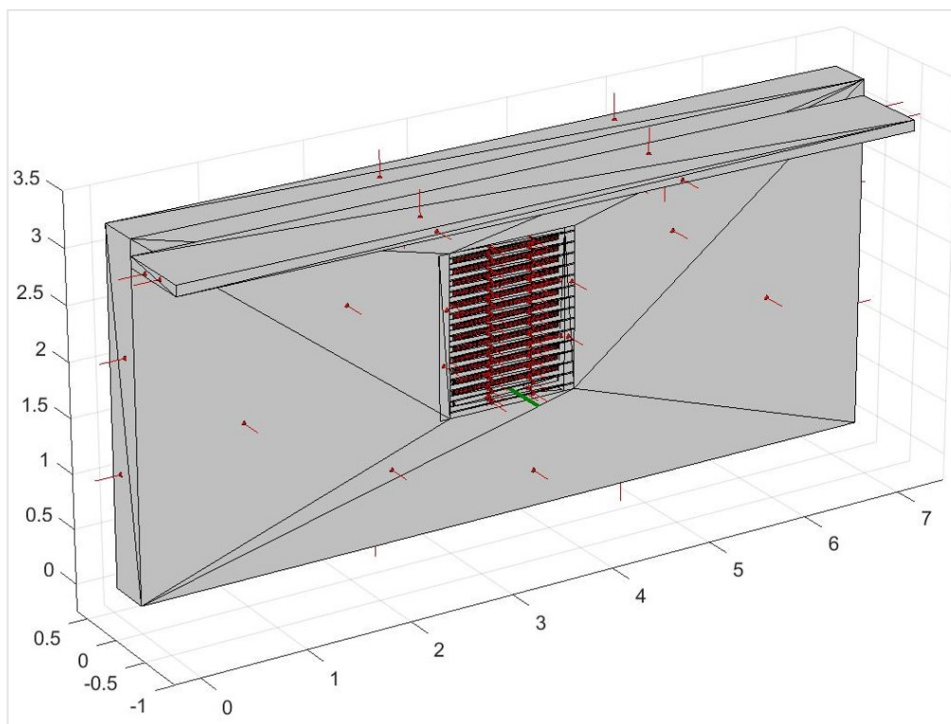
Obrázek 38: Okno 3 a 4 bez přesahu střechy



Obrázek 39: Okno 3 a 4 s bočním stíněním



5 Případová studie



Obrázek 40: Okno 3 a 4 s přesahem střechy

Varianty stínění okna 3 a 4

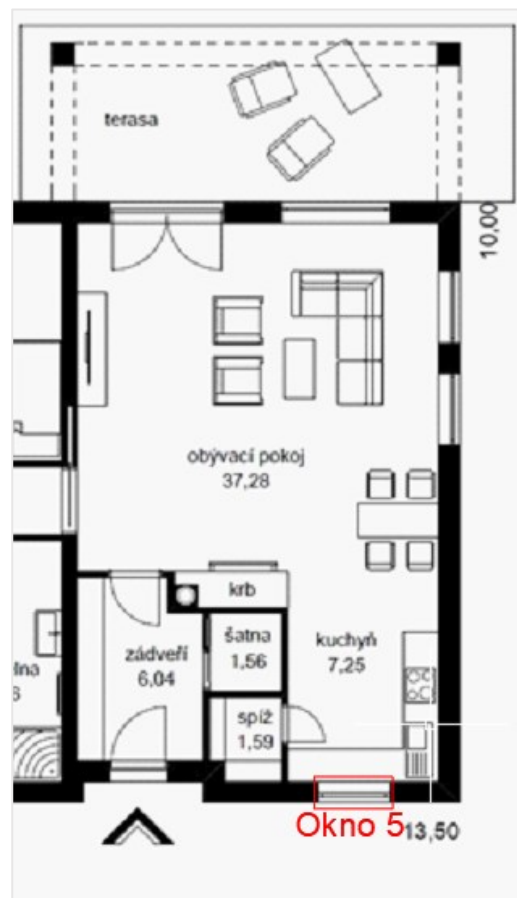
- 1) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy (**Výchozí stav**)
- 2) Stínění rámem a ostěním okna
- 3) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 0°
- 4) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 45°
- 5) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 90°
- 6) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy + vnějšími žaluziemi 0°
- 7) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy + vnějšími žaluziemi 45°
- 8) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy + vnějšími žaluziemi 90°
- 9) Stínění rámem a ostěním okna + boční stínění
- 10) Stínění rámem a ostěním okna + boční stínění + vnějšími žaluziemi 0°
- 11) Stínění rámem a ostěním okna + boční stínění + vnějšími žaluziemi 45°
- 12) Stínění rámem a ostěním okna + boční stínění + vnějšími žaluziemi 90°



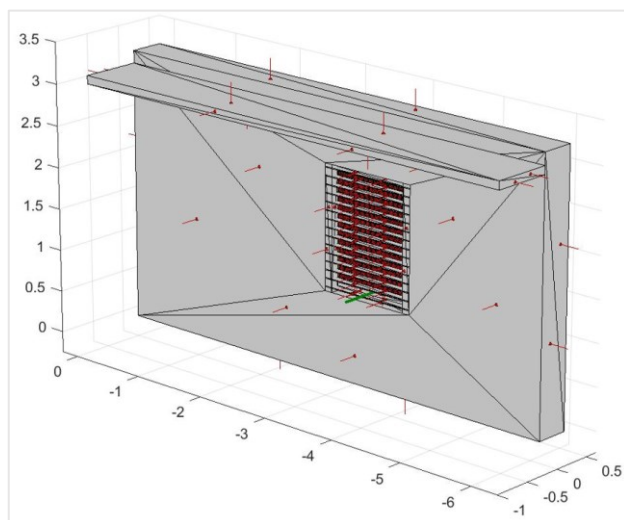
5 Případová studie

5.4.4 Okno 5

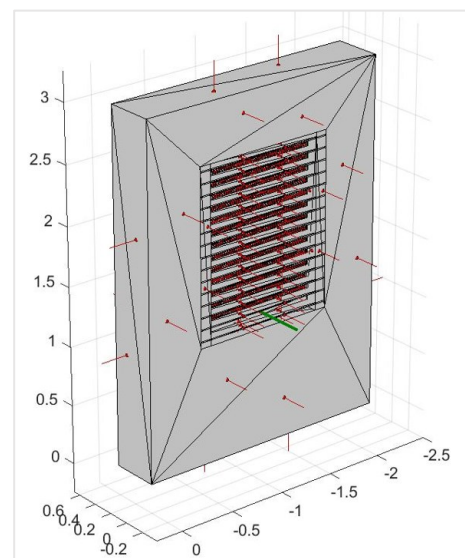
- orientace: sever
- šířka: 1,25 m
- výška: 1,5 m
- výška parapetu: 1,0 m
- zapuštění okna: 0,12 m
- šířka rámu: 0,1 m
- přesazení rámu: 0,015 m
- kastlík na žaluzie zapuštěn ve fasádě
- počet žaluziových lamel: 15 ks
- šířka jedné lamely: 0,1 m
- velikost bočních žeber: 0,1 x 0,1 m
- přesah střechy: 0,75 m
- sklon střechy: 0°



Obrázek 41: Okno 5 v půdorysu



Obrázek 42: Okno 5 s přesahem střechy



Obrázek 43: Okno 5 bez přesahu střechy



Varianty stínění okna 5

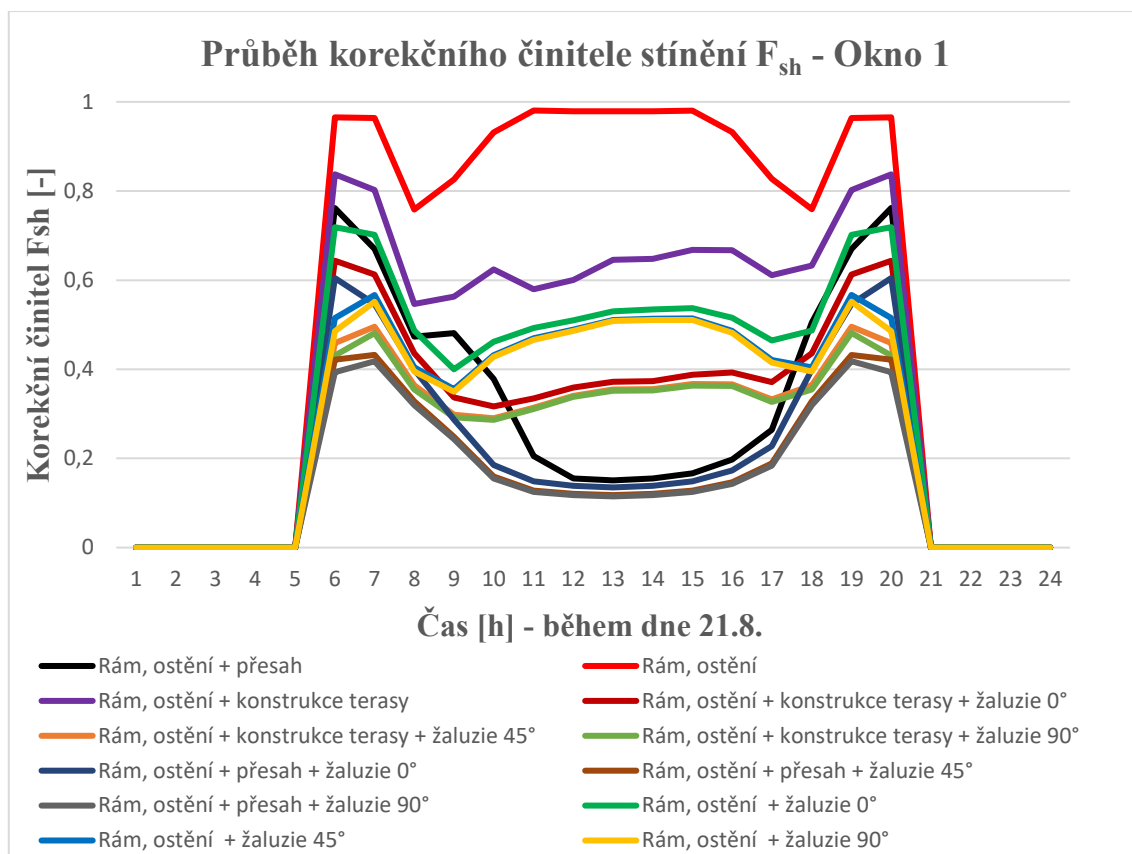
- 1) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy (Výchozí stav)
- 2) Stínění rámem a ostěním okna
- 3) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 0°
- 4) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 45°
- 5) Stínění rámem a ostěním okna + vnějšími žaluziemi 90°
- 6) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy + vnějšími žaluziemi 0°
- 7) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy + vnějšími žaluziemi 45°
- 8) Stínění rámem a ostěním okna + přesahem střechy + vnějšími žaluziemi 90°

5.4.5 Souhrn vypočtených korekčních činitelů stínění

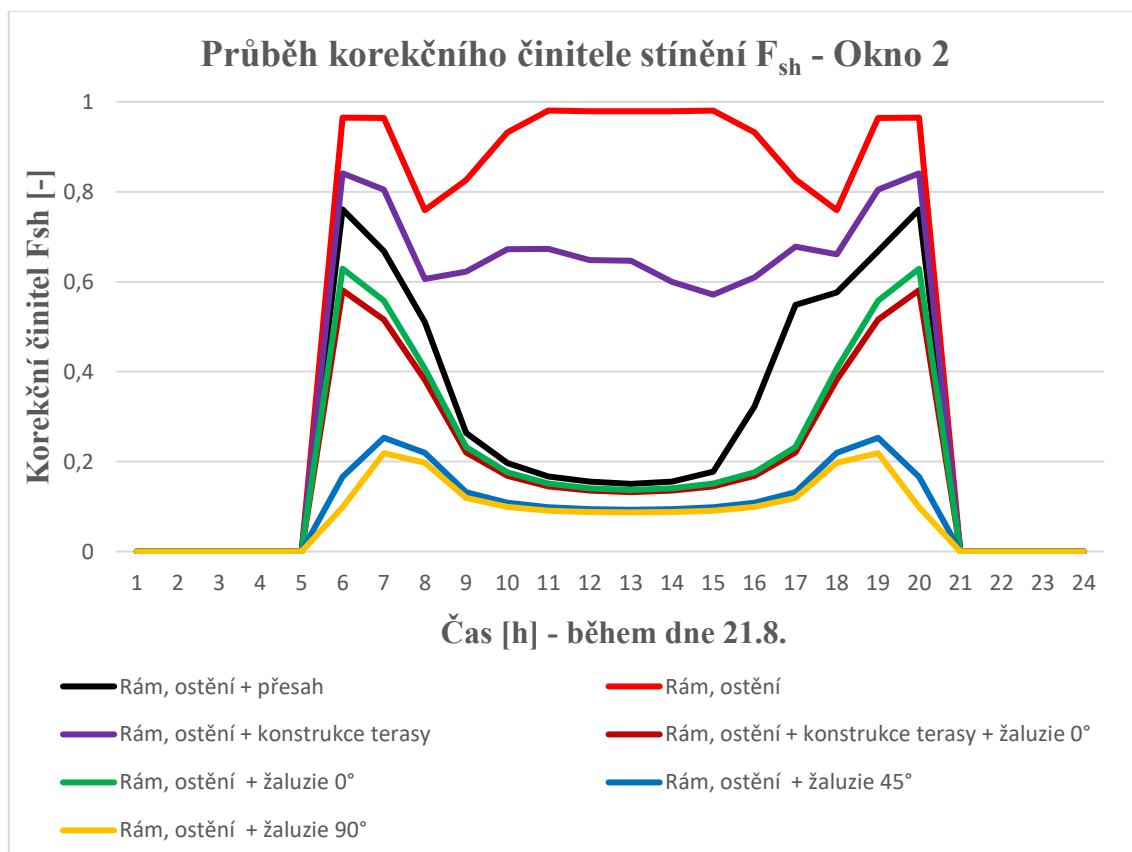
V grafech 6, 7, 8 a 9 jsou vyneseny průběhy hodnot korekčního činitele stínění na všech oknech posuzované modelové místnosti během dne 21. srpna. Z grafů je patrné, že vliv ostění a rámu na stínění nemá velký vliv. Hodnoty korekčního činitele s vlivem ostění a rámu se pohybují od 0,8 do 1,0. Větší vliv má přesah střechy či konstrukce terasy, které na jižní straně objektu snižují hodnotu na 0,2 resp. 0,6. Na západní a severní straně nemá přesah střechy téměř žádný vliv, jelikož sluneční paprsky dopadají pod nízkých úhlem. Z tohoto důvodu nejsou průběhy s přesahem střechy na severní a západní straně zakresleny do grafů, jelikož se jejich průběhy překrývají s dalšími variantami. Nejvyšší účinnost stínění mají vnější žaluzie, které fungují i proti nízkému Slunci, pokud jsou v poloze 45° nebo 90°. Nejnižšího korekčního činitele stínění dosahují plně uzavřené žaluzie (90°), ale je to na úkor denního světla v místnosti.



5 Případová studie



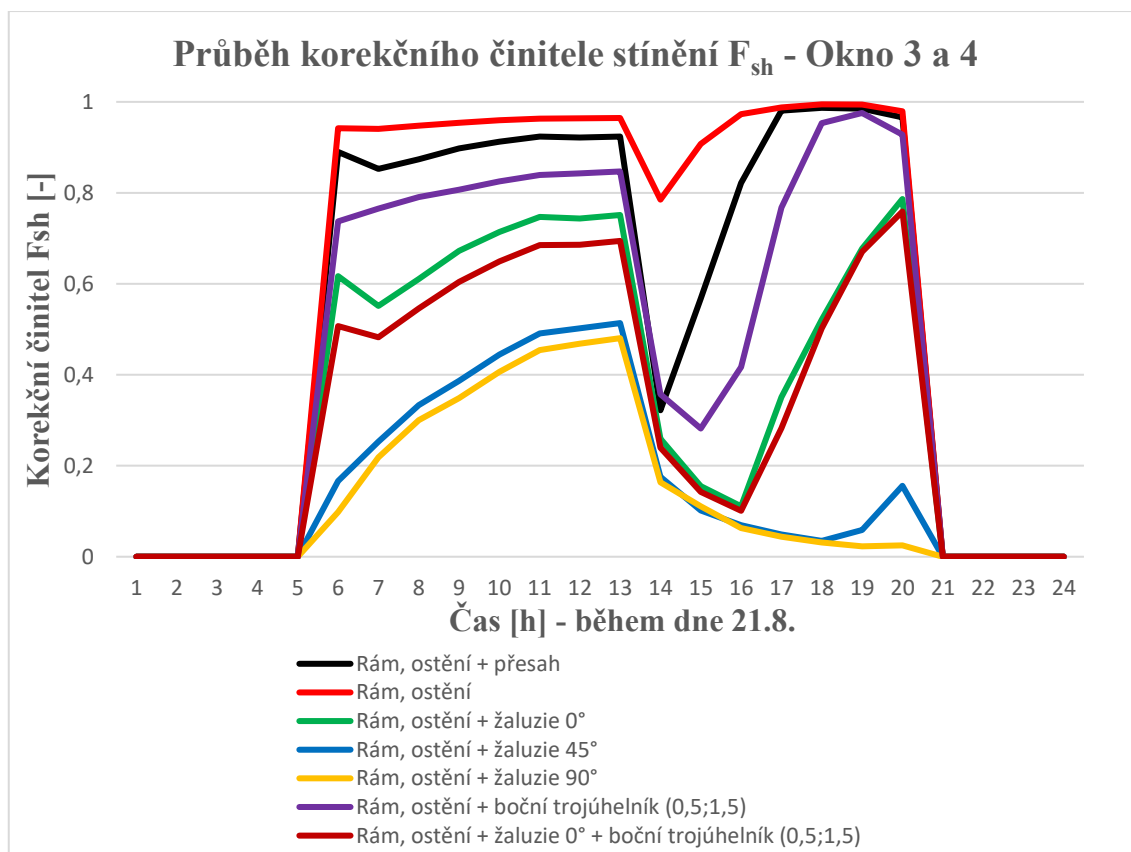
Graf 6: Průběh korekčního činitele stínění F_{sh} během dne 21.8. - Okno 1



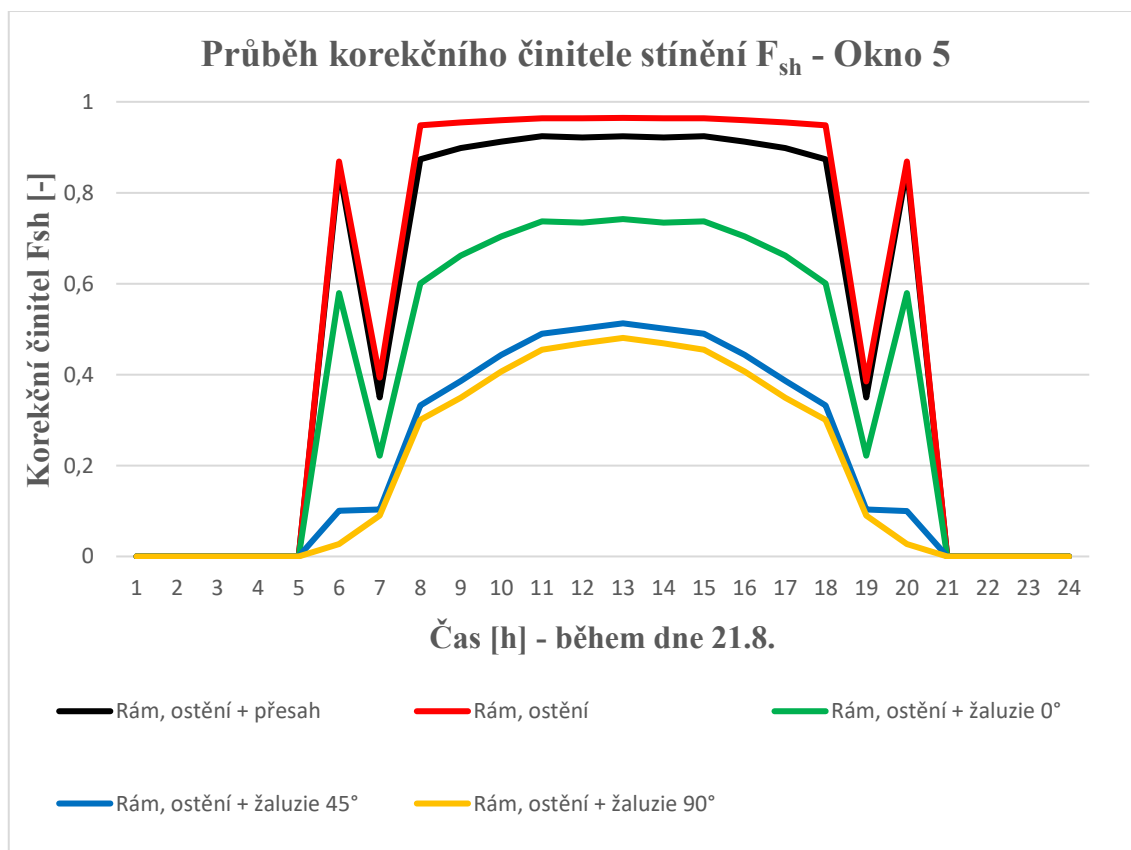
Graf 7: Průběh korekčního činitele stínění F_{sh} během dne 21.8. - Okno 2



5 Případová studie



Graf 8: Průběh korekčního činitele stínění F_{sh} během dne 21.8. - Okno 3 a 4



Graf 9: Průběh korekčního činitele stínění F_{sh} během dne 21.8. - Okno 5



5.5 Varianty výpočtu

5.5.1 Varianty větrání

1) Výchozí varianta

Ve výchozí variantě byla teplota vnitřního vzduchu počítána podle původního návrhu objektu. Násobnost větrání byla $2,00 \text{ h}^{-1}$ od 21:00 do 6:00 a $0,15 \text{ h}^{-1}$ od 6:00 do 21:00. Stínící prvky byly namodelovány podle původního návrhu architektonické studie.

2) Varianta 2

Ve variantě 2 byla zvětšena násobnost nočního větrání. Násobnost větrání byla $5,00 \text{ h}^{-1}$ od 21:00 do 6:00 a $0,15 \text{ h}^{-1}$ od 6:00 do 21:00.

3) Varianta 3

Ve variantě 3 byla ještě zvětšena násobnost nočního větrání. Násobnost větrání byla $10,00 \text{ h}^{-1}$ od 21:00 do 6:00 a $0,15 \text{ h}^{-1}$ od 6:00 do 21:00.

5.5.2 Varianty stínění

1) Výchozí varianta

Ve výchozí variantě byly stínící prvky namodelovány podle původního návrhu architektonické studie.

2) Varianta 1 – bez stínění

Varianta 1 počítá pouze s ostěním a rámem oken.

3) Varianta 2 – jižní konstrukce terasy

Varianta 2 počítá s konstrukcí terasy na jižní straně objektu.

4) Varianta 3 – jižní přesah střechy

Ve variantě 3 je počítáno s přesahem střechy 3,0 m.

5) Varianta 4 – jižní žaluzie 0°

Ve variantě 4 je použito venkovních žaluzií na jižní straně rodinného domu pod úhlem 0° .

6) Varianta 5 – jižní žaluzie 45°

Varianta 5 počítá s částečně zataženými venkovními žaluziemi na jižní straně pod úhlem 45° .



7) Varianta 6 – jižní žaluzie 90°

Ve variantě 6 jsou venkovní žaluzie na jižní straně rodinného domu plně zataženy (úhel 90°).

8) Varianta 7 – jižní a západní žaluzie 0°

Varianta 7 počítá s venkovními žaluziemi na jižní a západní straně pod úhlem 0°.

9) Varianta 8 – jižní a západní žaluzie 45°

Ve variantě 8 jsou venkovní žaluzie na jižní a západní straně staženy do polohy 45°.

10) Varianta 9 – jižní a západní žaluzie 90°

Ve variantě 9 je počítáno s plným zatažením (90°) venkovních žaluzií na jižní a západní straně.

11) Varianta 10 – všechny žaluzie 0°

Varianta 10 uvažuje stažené žaluzie všech oken v řešené místnosti pod úhlem 0°.

12) Varianta 11 – všechny žaluzie 45°

Ve variantě 11 jsou veškeré žaluzie místnosti sklopeny pod úhlem 45°.

13) Varianta 12 – všechny žaluzie 90°

Ve variantě 12 je počítáno s plným zatažením (90°) venkovních žaluzií všech oken v místnosti.

5.6 Teplota vnitřního vzduchu

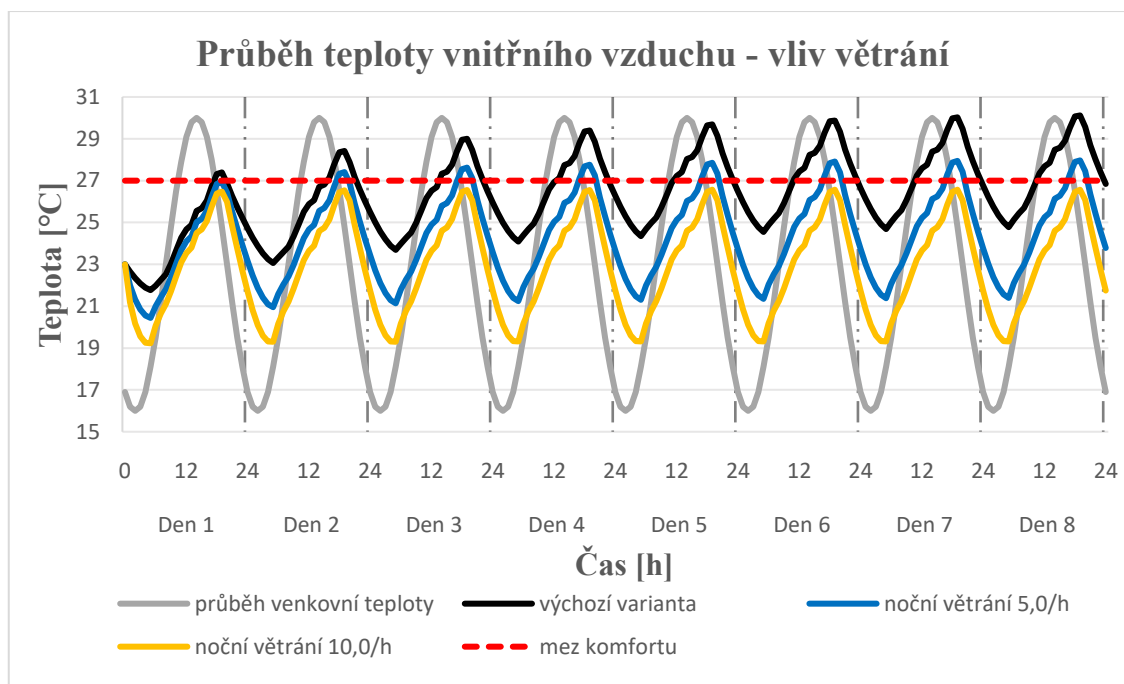
5.6.1 Vliv větrání

Vliv větrání byl počítán s výchozí variantou stínění podle původní architektonické studie.

Ve výchozí variantě bylo počítáno s násobností výměny vzduchu 2,00 h⁻¹ od 21:00 do 6:00 a 0,15 h⁻¹ od 6:00 do 21:00. Z grafu 10 je patrné, že tato výměna vzduchu nevedla k dosažení přijatelné teploty uvnitř místnosti. Denní maximální teplota této varianty dosahuje hodnoty 30,1 °C. Při zvýšení intenzity nočního větrání na 5,0 h⁻¹ maximální hodnota teploty vnitřního vzduchu klesne na 28,0 °C. Pokud bude noční násobnost výměny vzduchu 10,0 h⁻¹, teplota vnitřního vzduchu dosáhne hodnoty 26,6 °C.



5 Případová studie



Graf 10: Průběh teploty vnitřního vzduchu během modelového období - vliv větrání

Docílení potřebné intenzity větrání

Pro dosažení potřebné vysoké intenzity větrání během nočních hodin je nutné vytvořit systém přirozeného větrání. Na rozdíl od bytových domů nelze větrat účinně pomocí šachet. Jednopodlažní rodinné domy nemají potřebnou výšku, aby nastal dostatečný tlak. V modelové místnosti (obývací pokoj) lze takto velké intenzity větrání docílit příčným provětráním místnosti. K tomu jsou zapotřebí dva otvory, které mají dostatečnou dimenzi, aby jimi mohlo projít požadované množství vzduchu.



5 Případová studie



Obrázek 44: Možnosti příčného provětrání modelové budovy

V případě obývacího pokoje by připadalo v úvahu využít severního okna (okno č. 5) a jižních terasových dveří (okno č. 1) s tím, že v obou případech by stažené vnější žaluzie chránily otvory proti cizímu vniknutí do objektu. Uživatelé by museli zajistit ruční otevření oken, nebo by muselo být zajištěno jejich automatické otevírání a zavírání v průběhu nočních hodin.

Bohužel může nastat situace, kdy vítr nebude mít dostatečnou sílu, aby provětral místnost na požadovanou intenzitou. S tím se ovšem nic udělat nedá. Bylo by potřeba vyhodnotit, jak často k takové situaci může dojít.

Zajistit potřebnou zvýšenou výměnu vzduchu nuceným větráním nicméně technicky nedává smysl. Větrací jednotka a rozvody vzduchotechnického potrubí by musely být navrženy tak, aby zajistily potřebnou výměnu $10,0 \text{ h}^{-1}$. Při snaze o co nejnižší konstrukční výšku a udržení přiměřených investičních a provozních nákladů, by nebyla varianta nuceného větrání výhodná.

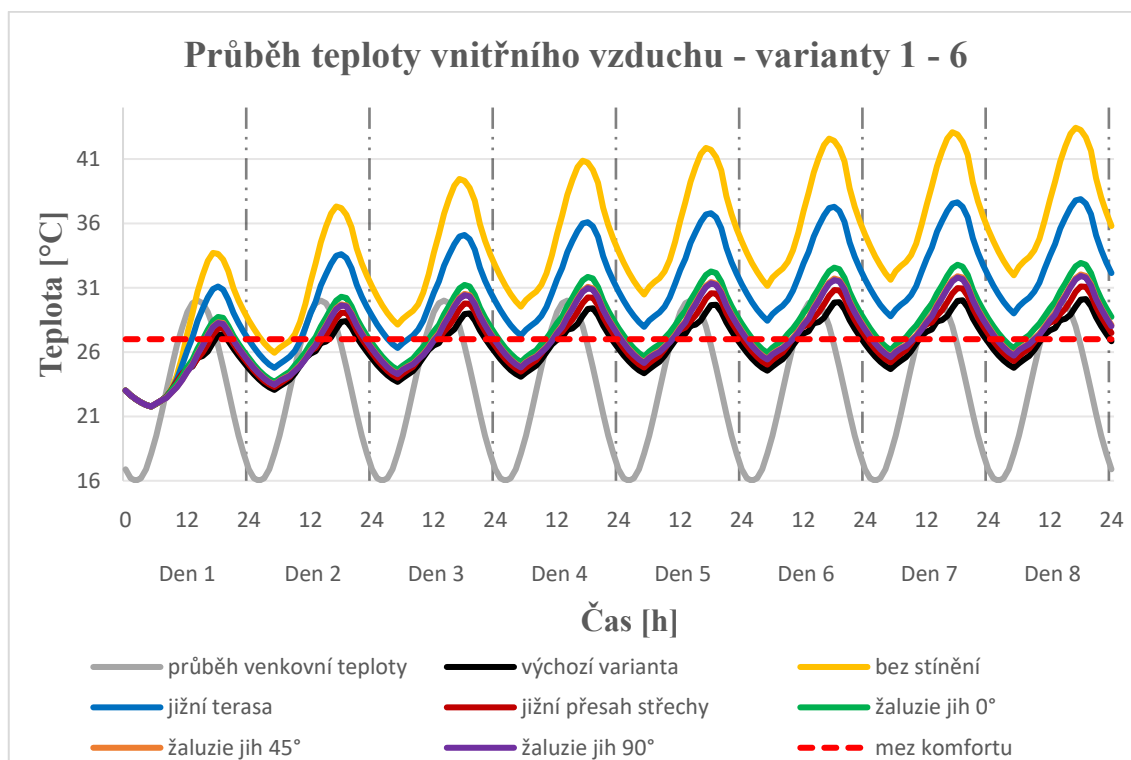


5 Případová studie

5.6.2 Vliv stínění

Vliv stínění byl počítán s výchozí variantou větrání, která předpokládá výměnu vzduchu $2,00 \text{ h}^{-1}$ od 21:00 do 6:00 a $0,15 \text{ h}^{-1}$ od 6:00 do 21:00.

V grafu 11 jsou zobrazeny výsledky varianty 1 – 6. Tyto varianty řeší pouze stínění na jižní straně objektu.



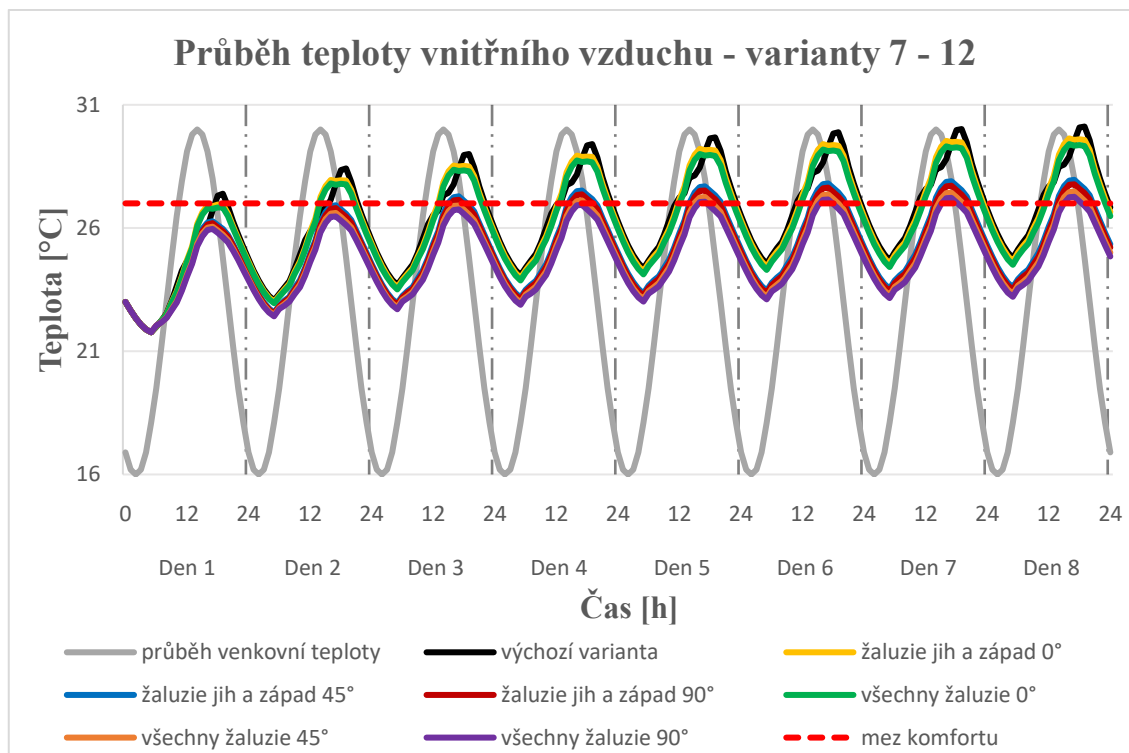
Graf 11: Průběh teploty vnitřního vzduchu během modelového období - vliv stínění (varianty 1 - 6)

Z grafu 11 je patrné, že varianta bez stínění a varianta s jižní konstrukcí terasy výrazně převyšují mez komfortu. Ostatní varianty mají podobný průběh, opět ale nedosahují potřebných 27 °C .



5 Případová studie

V grafu 12 jsou znázorněny varianty stínění 7 – 12. Tyto varianty, oproti předchozím variantám, řeší navíc i stínění na západní straně domu. Při použití žaluzií na západní straně objektu se průběhy teploty vzduchu uvnitř místnosti přibližují požadované teplotě.



Graf 12: Průběh teploty vnitřního vzduchu během modelového období - vliv stínění (varianty 7 - 12)

5.6.3 Souhrnný vliv větrání a stínění

V této kapitole byly vytvořeny některé kombinace stínění a režimů větrání. Z kombinací byly vyřazeny varianty, které nejsou v praxi reálně použitelné nebo jejich vliv stínění se neliší od jiných variant. Příkladem vyřazené varianty jsou veškeré případy stínění, kdy jsou žaluzie plně zavřeny (90°). V takto stíněné místnosti by nebylo možno dodržet požadavek na denní osvětlení.

Pro výpočet kombinací bylo nakonec vybráno osm variant stínění. Tyto varianty byly zkombinovány se třemi možnými variantami větrání. Celkem se tedy jedná o $8 \times 3 = 24$ varianty průběhu teplot vnitřního vzduchu.

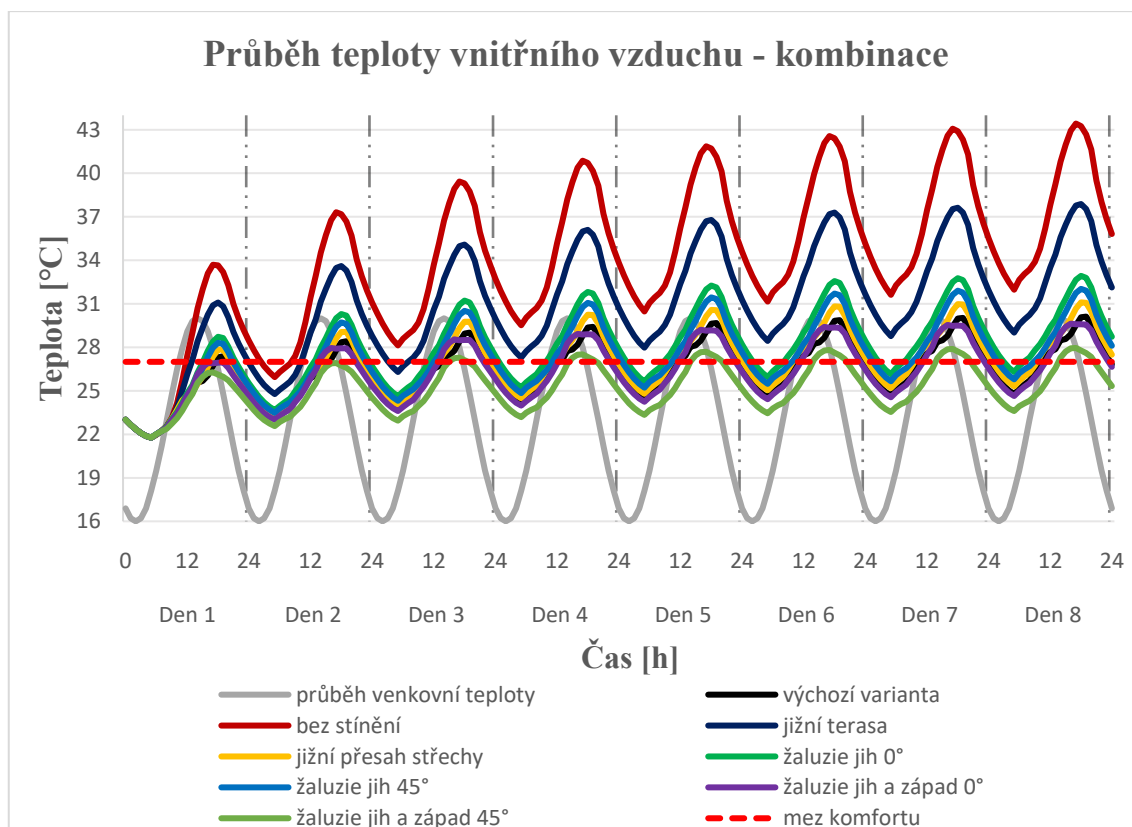


5 Případová studie

Vybrané varianty:

- 1) Výchozí varianta – stínění jako v architektonické studii
- 2) Varianta 1 – stínění pouze ostěním a rámem
- 3) Varianta 2 – stínění konstrukcí terasy na jižní straně
- 4) Varianta 3 – stínění jižních oken přesahem střechy (3,0 m)
- 5) Varianta 4 – stínění jižních oken žaluziemi 0°
- 6) Varianta 5 – stínění jižních oken žaluziemi pod úhlem 45°
- 7) Varianta 7 – stínění jižních a západních oken žaluziemi 0°
- 8) Varianta 8 – stínění jižních a západních oken žaluziemi pod úhlem 45°

V grafu 13 jsou již napočítané hodnoty pro výchozí variantu větrání, která je $2,00 \text{ h}^{-1}$ od 21:00 do 6:00 a $0,15 \text{ h}^{-1}$ od 6:00 do 21:00. Z grafu je zřejmé, že i při použití velice účinných stínících prvku, se průběhy teplot při takto nízké intenzitě nočního větrání pohybují nad požadovanou teplotou.

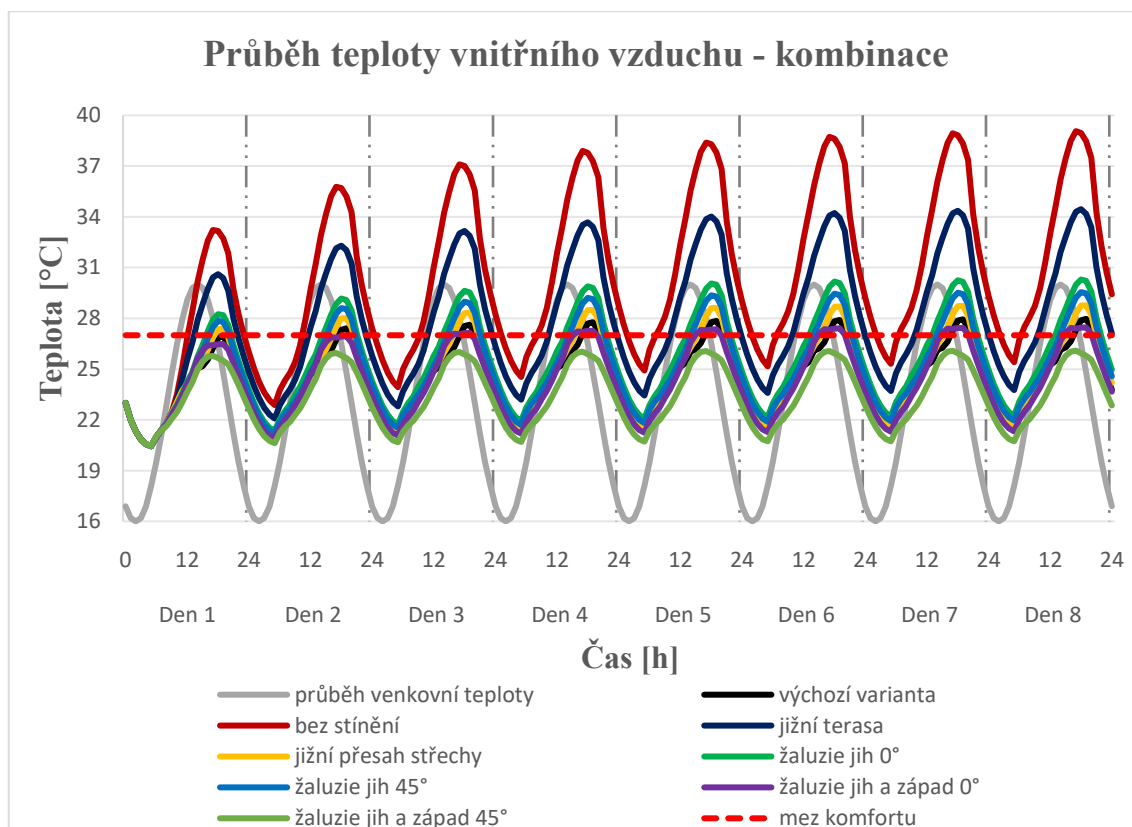


Graf 13: Průběh teploty vnitřního vzduchu během modelového období - kombinace (větrání $2,00 \text{ h}^{-1}$ od 21:00 do 6:00 a $0,15 \text{ h}^{-1}$ od 6:00 do 21:00)



5 Případová studie

V grafu 14 jsou vyneseny průběhy teplot vnitřního vzduchu při zvětšeném větrání. Režim větrání pro tuto kombinaci je $5,00 \text{ h}^{-1}$ od 21:00 do 6:00 a $0,15 \text{ h}^{-1}$ od 6:00 do 21:00. Na grafu můžeme vidět, že při použití účinných stínících prvků, se průběhy teplot dostanou pod požadovanou teplotu. Pokud nebude použito kvalitních stínících prvků, teplota vnitřního vzduchu značně přesáhne požadovanou teplotu.

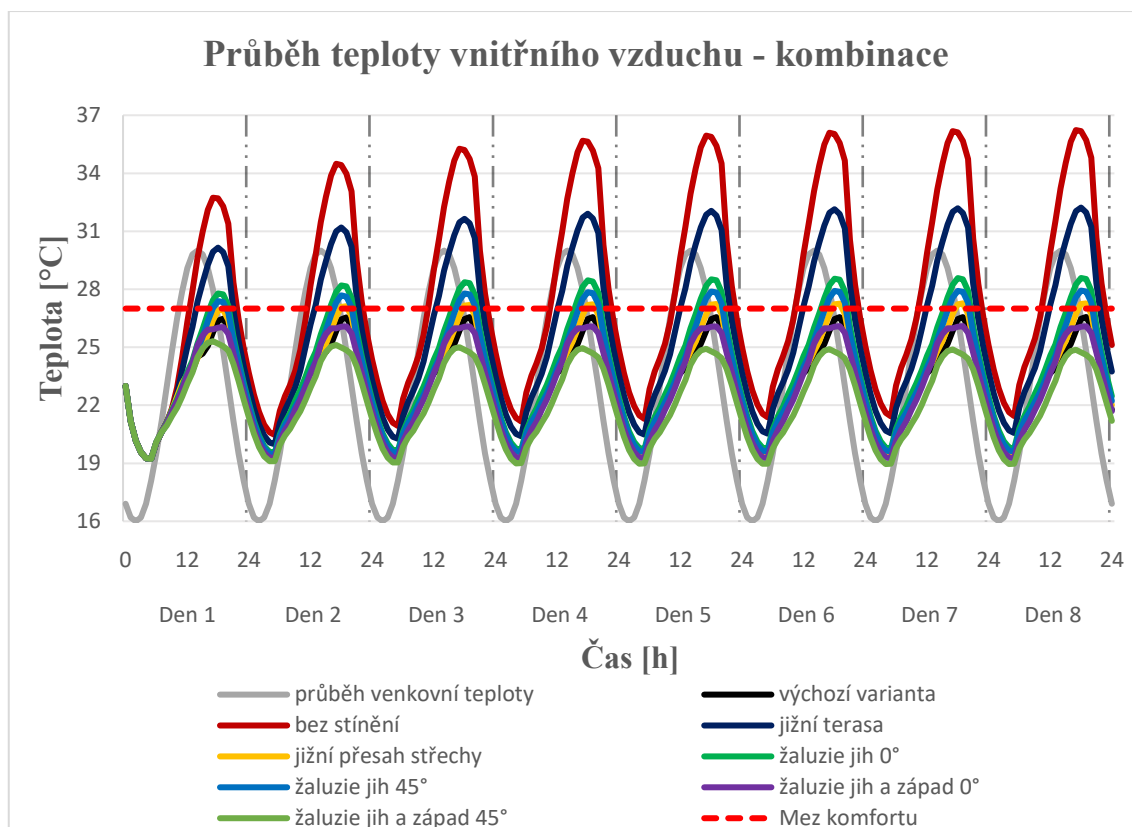


Graf 14: Průběh teploty vnitřního vzduchu během modelového období - kombinace (větrání $5,00 \text{ h}^{-1}$ od 21:00 do 6:00 a $0,15 \text{ h}^{-1}$ od 6:00 do 21:00)

V grafu 15 jsou vyneseny průběhy teplot vnitřního vzduchu při velmi vysokém nočním větrání. Režim větrání pro tyto varianty je $10,00 \text{ h}^{-1}$ od 21:00 do 6:00 a $0,15 \text{ h}^{-1}$ od 6:00 do 21:00. Na grafu lze vidět, že při takto vysokém větrání se průběhy teplot v kombinaci s rozumnými variantami stínění s přehledem dostanou pod hranici meze komfortu. Dokonce i výchozí varianta (stínění podle architektonické studie) se při tomto režimu větrání dostane pod požadovaných 27 °C .



5 Případová studie



Graf 15: Průběh teploty vnitřního vzduchu během modelového období - kombinace (větrání 10,00 h⁻¹ od 21:00 do 6:00 a 0,15 h⁻¹ od 6:00 do 21:00)

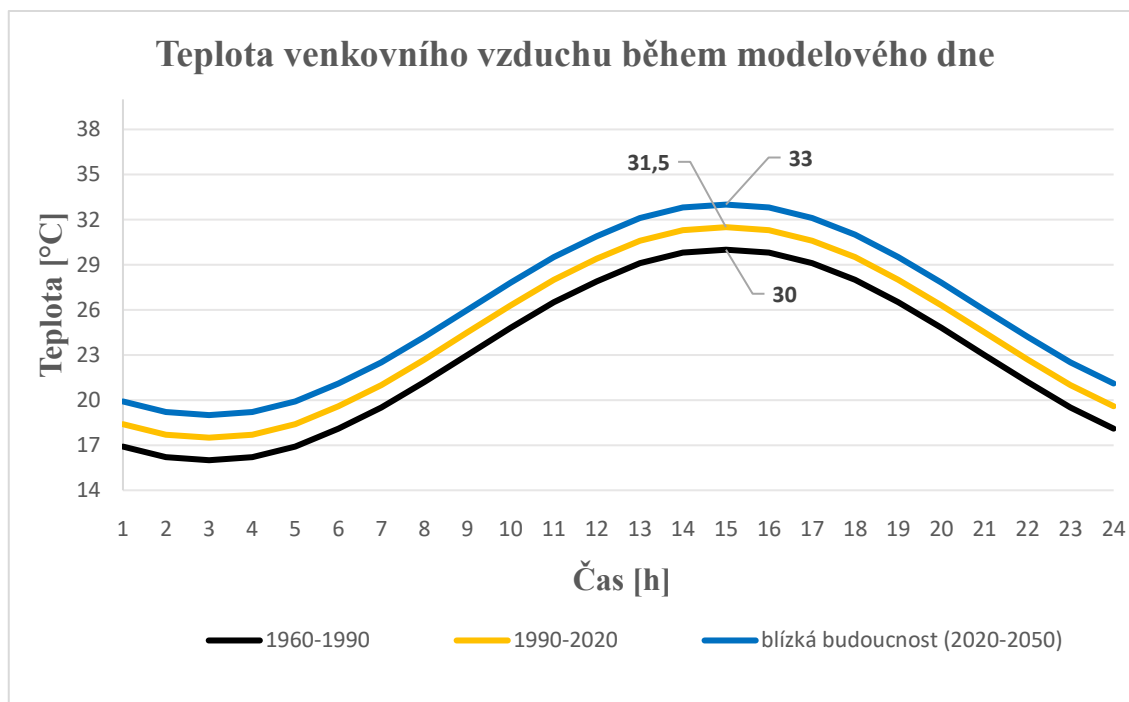
Z grafů 13, 14 a 15 je zřejmé, že při zvětšení intenzity větrání se nám průběhy vnitřních teplot modelové místnosti skokově posunují směrem dolů. Také je z grafů patrné, že čím lepší stínící prvky jsou ve variantách použity, tím menší vliv má zvětšení intenzity nočního větrání. Například pokud budeme uvažovat variantu bez stínění, tak se maximální teplota vnitřního vzduchu, při změně intenzity větrání z 2,0 h⁻¹ na 10,0 h⁻¹, zmenší o 7,2 °C z původních 43,4 °C na 36,2 °C. Pokud budeme zkoumat výchozí variantu, která má již velmi kvalitní stínící prvky, tak zjistíme, že maximální teplota klesla o 3,5 °C z původních 30,1 °C na 26,6 °C. Při stínění nejlepší variantou, kdy uvažujeme stínění žaluziemi pod sklonem 45 ° na jižní a západní straně, se maximální hodnota teploty vnitřního vzduchu sníží o 2,7 °C z původních 28,0 °C na 25,3 °C.



5 Případová studie

5.6.4 Změna vlastností modelového dne

Průběh teploty vnitřního vzduchu v modelové místnosti byl vypočten pro modelový den, který se považuje za charakteristický v odhadované blízké budoucnosti 2020 - 2050. Doposud prezentované výsledky byly vypočteny za předpokladu modelového dne podle normy [12], který dobře odpovídá teplotám dosahovaným v časovém období 1960 a 1990 [2].



Graf 16: Vývoj teploty venkovního vzduchu během modelového dne

Denní maximální teplota venkovního vzduchu v současné době je o 1,5 °C vyšší, než je denní maximum modelového dne, který se v současné době používá pro posouzení letní tepelné stability. Pokud budeme předpokládat lineární průběh nárůstu venkovní teploty, tak se průběh teploty venkovního vzduchu, během následujících 30 let, opět zvětší o 1,5 °C.

Průběhy teplot vnitřního vzduchu, pro blízkou budoucnost, byly počítány pro nejlepší variantu větrání ($10,0 \text{ h}^{-1}$). Pro výpočet byly vybrány čtyři varianty, které při posuzování podle normového dne splňovaly podmínku meze komfortu nebo se k této mezi alespoň přiblížily.

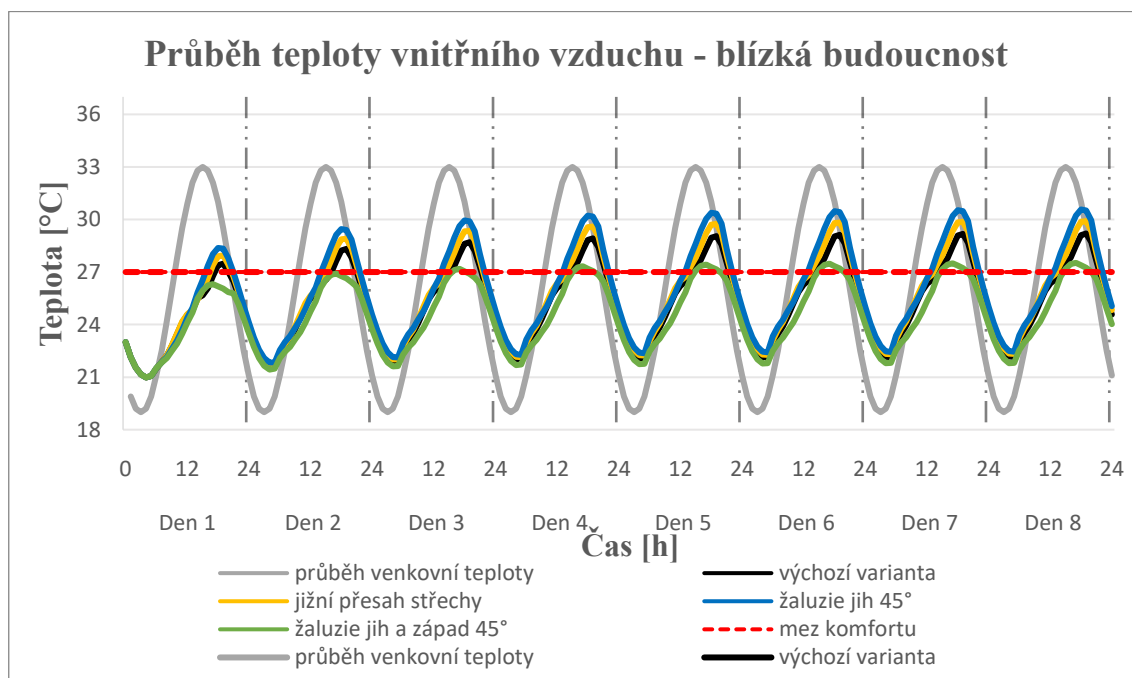


5 Případová studie

Vybrané varianty:

- 1) Výchozí varianta – stínění jako v architektonické studii
- 2) Varianta 3 – stínění jižních oken přesahem střechy (3,0 m)
- 3) Varianta 5 – stínění jižních oken žaluziemi pod úhlem 45°
- 4) Varianta 8 – stínění jižních a západních oken žaluziemi pod úhlem 45°

Na grafu 17 můžeme vidět průběh čtyř variant stínění při použití nočního větrání $10,0 \text{ h}^{-1}$. Graf zobrazuje průběhy teplot vnitřního vzduchu při zvětšení teploty venkovního vzduchu o $3,0 \text{ °C}$ oproti průběhu normového dne. Z grafu je patrné, že v blízké budoucnosti budou, i při použití velmi kvalitního stínění, teploty přesahovat mez komfortu 27 °C .



Graf 17: Průběh teploty vnitřního vzduchu - blízká budoucnost (větrání $10,0 \text{ h}^{-1}$)

5.7 Potřeba energie na chlazení

V předchozí kapitole bylo poukázáno na to, že v blízké budoucnosti bude patrně obtížné dosáhnout požadované teploty 27 °C . Pro vybrané varianty byla proto spočtena potřeba energie na chlazení tak, aby byla dosažena požadovaná teplota vnitřního vzduchu místnosti.



5.7.1 Potřebný výkon chlazení

Průběhy výkonů chlazení pro vybrané varianty:

- 1) Výchozí varianta – výkon na chlazení 750 W od 8:00 do 11:00 a od 14:00 do 17:00
- 2) Varianta 3 – výkon na chlazení 1000 W od 11:00 do 17:00
- 3) Varianta 5 – výkon na chlazení 1000 W od 9:00 do 17:00
- 4) Varianta 8 – výkon na chlazení 250 W od 9:00 do 14:00

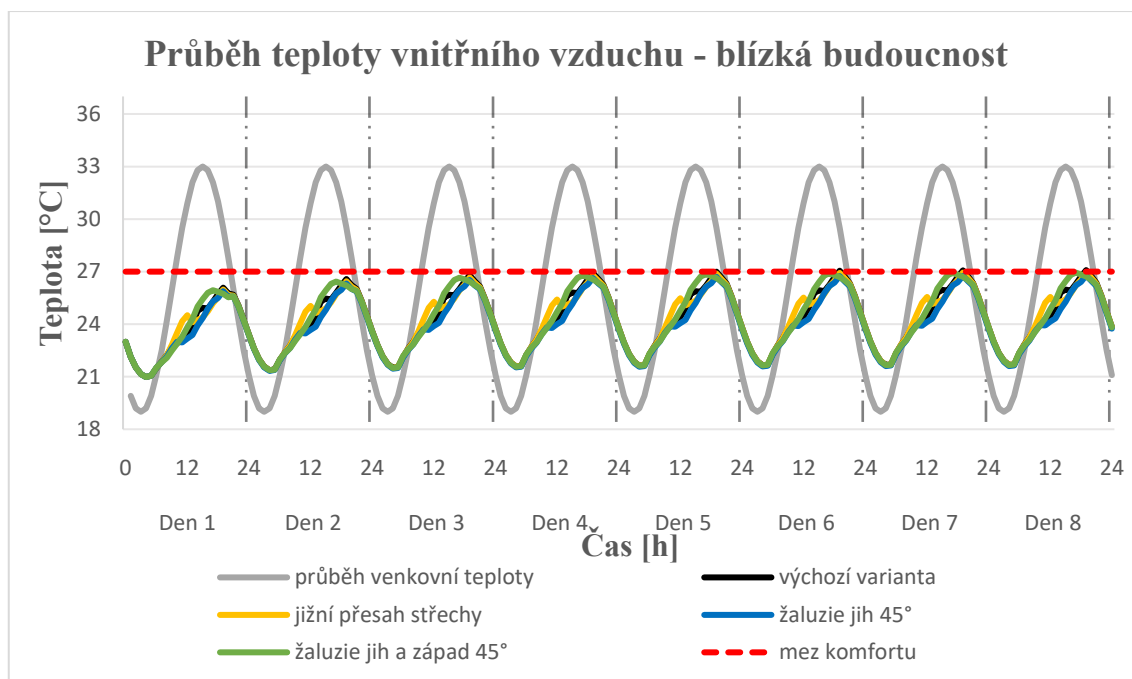
Noční chlazení není ani v jedné variantě uvažováno, jelikož v nočních hodinách jsou nulové solární zisky. Noční chlazení by sice přispělo k tepelné stabilitě místnosti, ale ne tak výrazně jako chlazení během dne.

V grafu 18 můžeme vidět, co se stane s průběhy teplot vnitřního vzduchu, pokud ve výpočtu uvažujeme strojní chlazení dle scénářů 1) – 4). Všechny průběhy vnitřních teplot se posunuly pod požadovanou teplotu nebo ji jen minimálně přesahují.

Ve výchozí variantě došlo ke snížení maximální teploty vnitřního vzduchu z původních 29,2 °C na 27,1 °C. Ve variantě 3, s jižním přesahem střechy, se teplota vnitřního vzduchu snížila o 2,9 °C, a to z původních 29,9 °C na 27,0 °C. Teplota ve variantě 5, uvažující s jižními žaluziemi, se posunula během uvažovaného období z maximální hodnoty 30,6 °C na 26,8 °C. U varianty 8, která počítá s jižními a západními žaluziemi, se maximální hodnota teploty snížila z 27,5 °C na 26,9 °C.



5 Případová studie



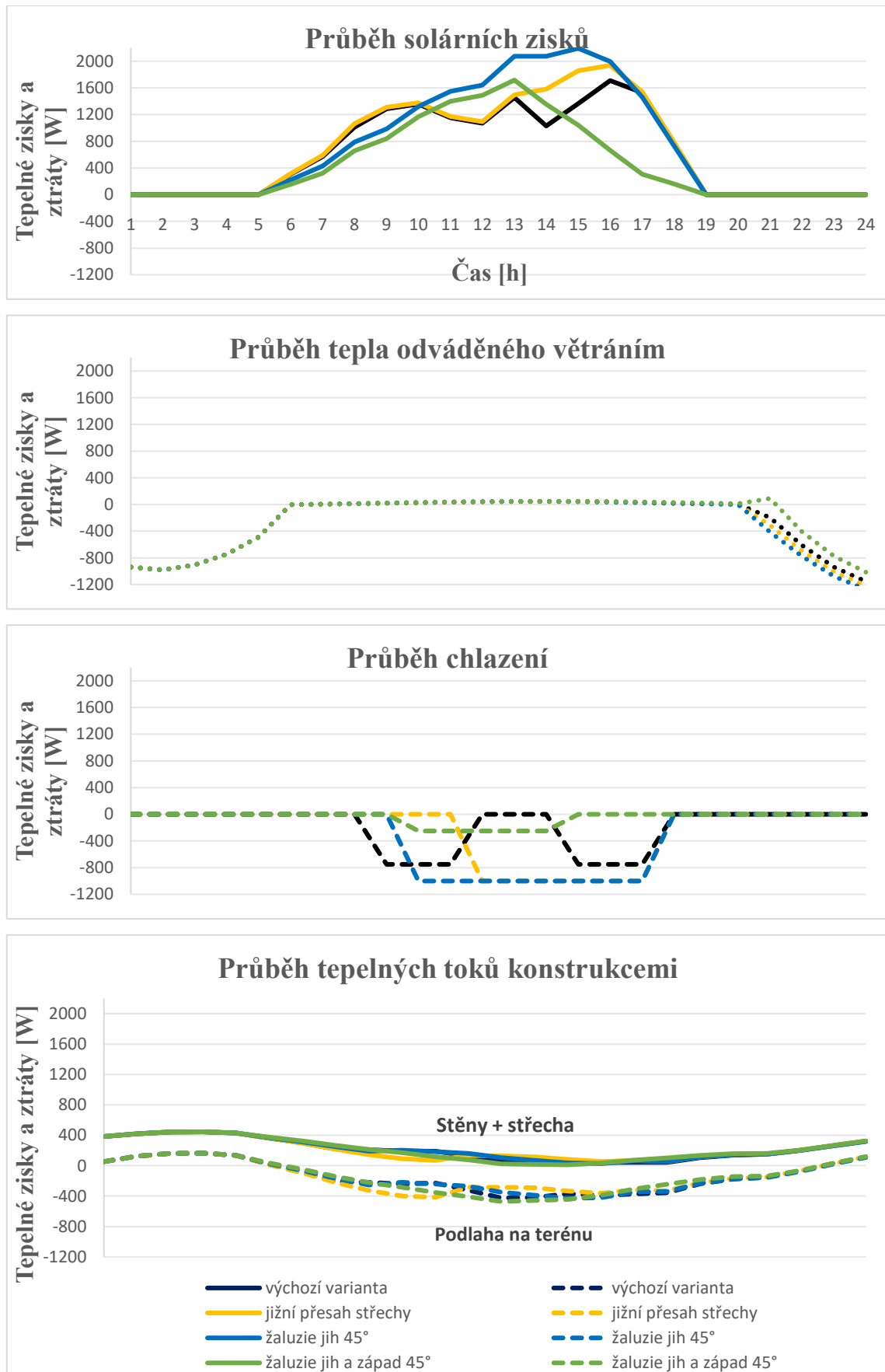
Graf 18: Průběh teploty vnitřního vzduchu při využití chlazení - blízká budoucnost (větrání 10,0 h-1)

Z grafu průběhu vnitřních teplot je patrné, že čím účinnější stínění v modelové místnosti použijeme, tím menší bude potřeba chladícího výkonu. Každá varianta stínění vyžadovala jiný výkon chladící jednotky.

V grafu 19 jsou zobrazeny průběhy rozhodujících složek tepelné bilance místnosti. Graf zobrazuje solární zisky okny v průběhu modelového dne, teplo odváděné větráním, průběh výkonu chlazení a tepelné toky konstrukcemi místnosti (stěnami + střechou a podlahou na terénu). Z grafu je patrný různý průběh solárních zisků během dne v závislosti na typu stínících prvků jednotlivých variant. Z grafu vyplývá, že není potřeba pokrývat veškeré solární zisky strojním chlazením. Chlazení pokryje pouze část tepelné zátěže. Zbylou tepelnou zátěž vyrovnává větrání, tepelné toky přes konstrukce a akumulace tepla v obálce místnosti. Je patrné, že průběhy tepla odváděného větráním se u vybraných variant příliš nemění. Pouze ve večerních hodinách od 20:00 je vidět malá odchylka od jinak stejného průběhu. Dále byly v grafu vyneseny možné průběhy strojního chlazení tak, aby bylo dosaženo meze komfortu 27 °C. Tyto průběhy byly vytvořeny na základě průběhů solárních zisků tak, aby pokrývaly největší zátěž během modelového dne. Pod mez komfortu se lze dostat i jinými průběhy výkonu chlazení, ale zde bylo uvažováno s reálnými dimenzemi chladícího zařízení a rozumnými režimy větrání.



5 Případová studie



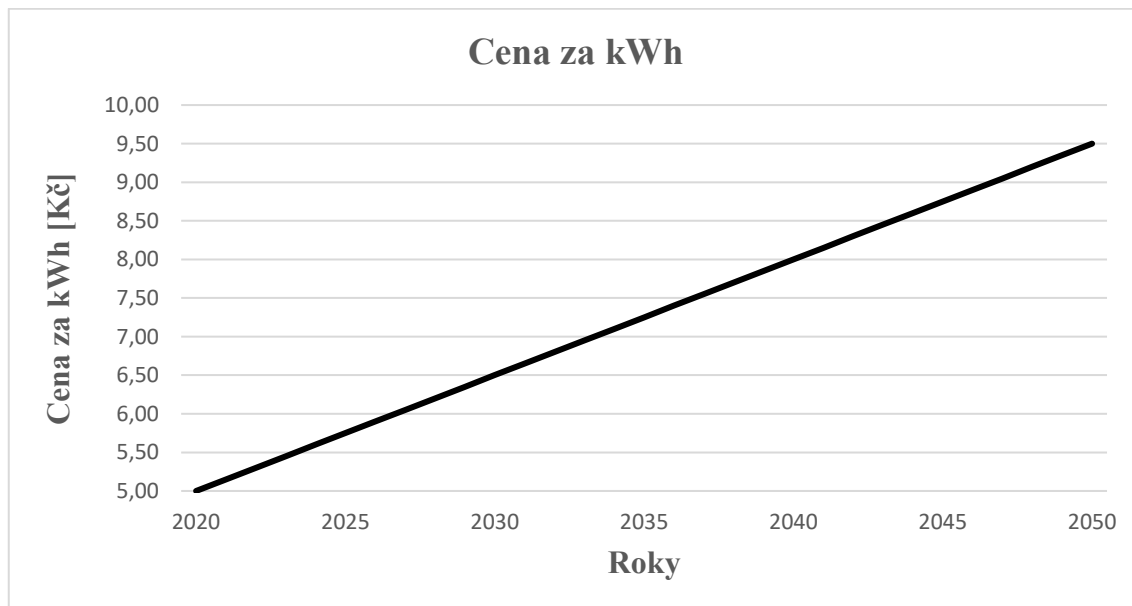
Graf 19: Od shora: Solární tepelné zisky, Teplo odváděné větráním, Výkon chlazení, Tepelné toky konstrukcemi



5 Případová studie

5.7.2 Odhad nákladů na chlazení

V dnešní době se cena elektrické energie za jednu kWh pohybuje, resp. v nedávné minulosti pohybovala okolo 5 Kč. V grafu 20 vidíme předpokládaný vývoj ceny elektrické energie v blízké budoucnosti. Předpokládá se, že cena elektrické energie poroste lineárně o 3 % ročně.



Graf 20: Předpokládaný vývoj ceny elektrické energie za kWh

Pro srovnání možných ročních nákladů zjednodušeně uvažujeme, že modelový den nastane 21krát během jednoho roku (tj. během roku bude 21 obdobných velmi teplých dnů). Tato situace nemusí nakonec být nereálná, podobná situace nastala například v roce 2018 [13].

Celkové potřeby tepla na chlazení jednotlivých variant za jeden modelový den:

- 1) Výchozí varianta – celková potřeba na chlazení **4,5 kWh**
- 2) Varianta 3 – celková potřeba na chlazení **6,0 kWh**
- 3) Varianta 5 – celková potřeba na chlazení **8,0 kWh**
- 4) Varianta 8 – celková potřeba na chlazení **1,25 kWh**

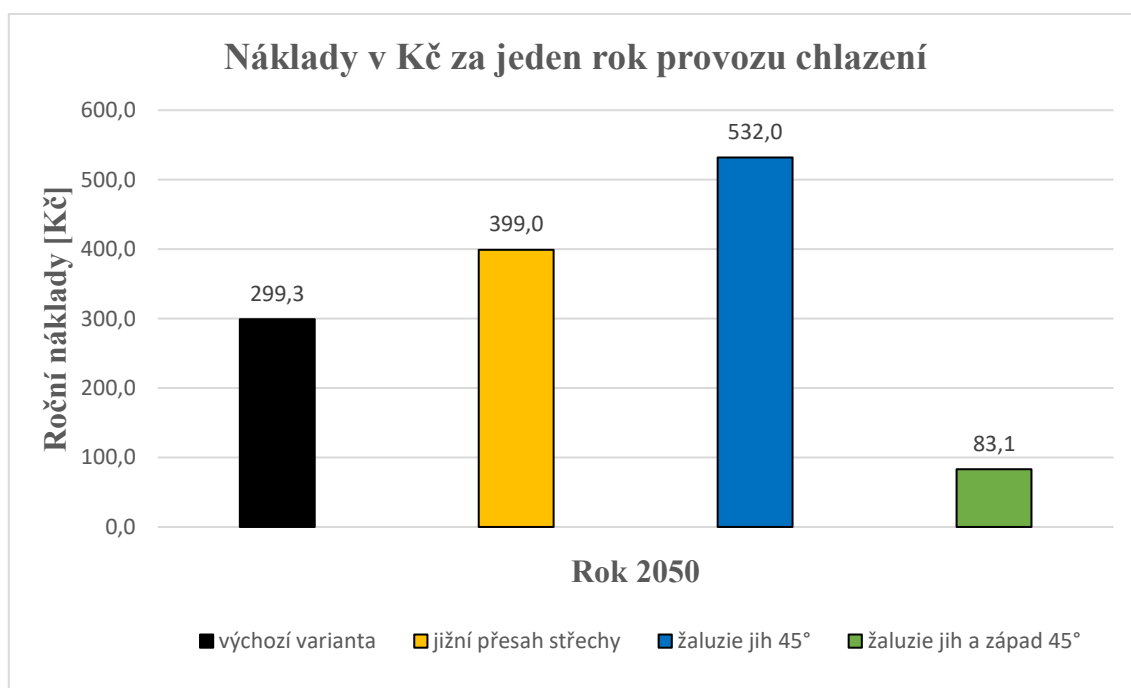
Tyto potřeby musí být zredukovány chladicím faktorem [14]. Každé chladicí zařízení má svůj vlastní chladicí faktor (COP), který určuje, kolik elektrické energie zařízení skutečně spotřebuje. Pokud například má zařízení chladicí faktor 3 (jako se předpokládá v našem případě), je spotřebovaná elektrická energie pouze třetinová.



5 Případová studie

$$COP = \frac{\text{Chladicí výkon}}{\text{Příkon}}$$

Pokud tedy v blízké budoucnosti bude cena za kWh 9,50 Kč, a budeme předpokládat, že teplých dnů bude během roku jednadvacet a chladicí faktor našeho zařízení bude 3, můžeme spočítat celkové roční náklady. Graf 21 porovnává celkové náklady jednotlivých variant za jeden rok provozu chlazení. Z grafu je patrné, že čím menší je potřeba energie na chlazení, tím nižší budou roční náklady na provoz chlazení v blízké budoucnosti. Nejlépe vychází varianta s jižními a západními žaluziemi. Nejhůře potom varianta pouze s jižními žaluziemi. Z grafu je vidět, že i při vyšší ceně za kWh, než je dnes, nejsou náklady na chlazení vysoké. Toto je ovšem způsobeno výběrem poměrně dobrých variant z hlediska stínění a vysokou násobností výměny vzduchu $10,0 \text{ h}^{-1}$.

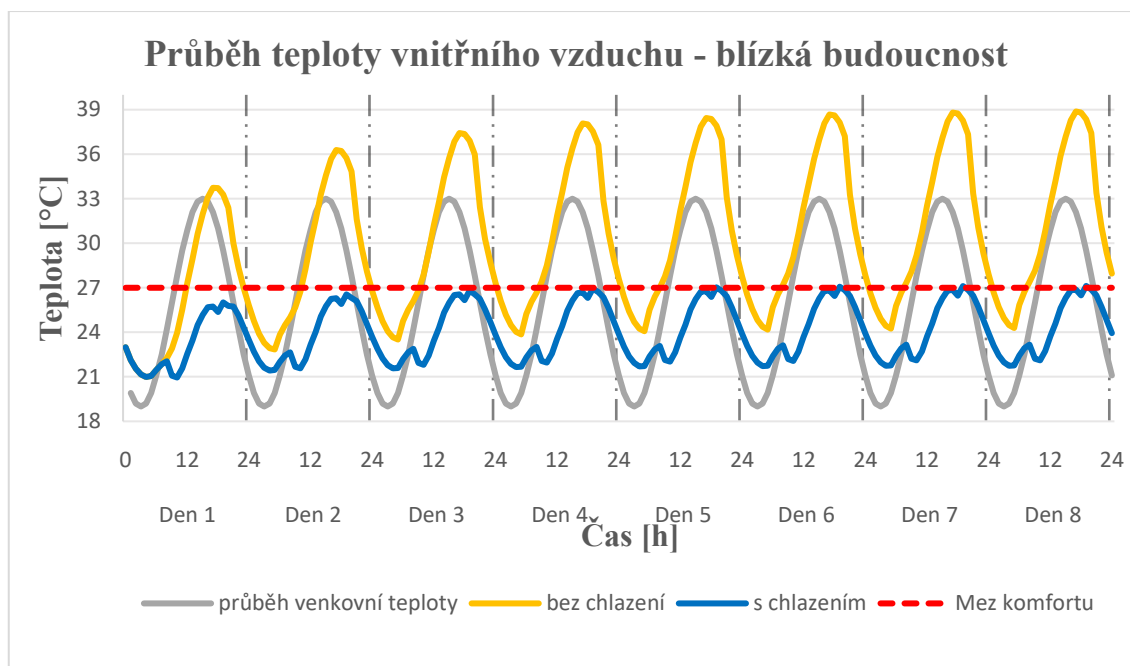


Graf 21: Náklady v Kč za jeden rok

Pokud bychom uvažovali nejhorší variantu, která by byla stíněná pouze ostěnými a rámy oken, bude potřeba tepla na chlazení výrazně vyšší. V grafu 22 vidíme průběhy teplot vnitřního vzduchu při stínění pouze ostěnými a rámy oken. Teplotní průběhy představují variantu bez použití chlazení a variantu s chlazením o výkonu 2500 W od 8:00 do 18:00.



5 Případová studie



Graf 22: Průběh teploty vnitřního vzduchu, stínění jen ostěnými a rámy - blízká budoucnost (větrání 10,0 h-1)

Celková potřeba tepla na chlazení, varianty bez stínění za jeden modelový den, je 25 kWh. Pokud budeme uvažovat v budoucnosti cenu za kWh opět 9,50 Kč, stejný počet teplých dnů během roku a stejný chladicí faktor, dostaneme se na celkové roční náklady na provoz chlazení v hodnotě 1663 Kč.

Pokud tedy nepoužijeme stínících prvků, budeme muset v budoucnu zaplatit za chlazení výrazně více než při jejich využití. Tato částka je samozřejmě pouze teoretická. Problémem může být kolísání ceny elektřiny v závislosti na poptávce po elektrické energii. Pokud budou všechny domácnosti v teplém období chladit své rodinné domky, lze předpokládat, že cena za elektrickou energii může být v těchto situacích vysoká.

Velmi dobrým a jednoduchým řešením je využití fotovoltaické elektrárny jako zdroje pro výrobu chladu. Fotovoltaická elektrárna je výhodná z důvodu souladu její plné výkonosti a potřeby chladit objekt. Pokud bude v letních měsících hodně sluneční energie, je velmi pravděpodobné, že bude potřeba odvádět tepelnou zátěž chlazením, a to bude v době, kdy má fotovoltaická elektrárna největší výkonost.



6 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala teplotou vnitřního vzduchu v modelovém jednopodlažním rodinném domě během velmi teplého období. Byla zkoumána zejména závislost na parametrech stínění a režimu větrání. Na jednoduchém objektu je popsána problematika letního přehřívání a jakým způsobem lze docílit meze komfortu modelové místnosti.

Nejprve byla popsána problematika globálního oteplování Země a byl proveden průzkum historických dat meteorologických stanic a možné klimatické změny pro budoucnost. Z tohoto průzkumu bylo zjištěno, že za posledních 30 let se průměrná venkovní teplota vzduchu zvýšila o 1,5 °C a během následujících let bude tento nárůst pokračovat.

V první části byl proveden stručný popis historického vývoje budov a konstrukcí od roku 1920 až do současnosti. Byly porovnány používané materiály a jejich tepelně technické parametry. Typy konstrukcí byly rozděleny do jednotlivých časových období. Pro tyto období byly porovnány součinitele prostupu tepla konstrukcí, potřeby tepla na vytápění a spotřeby primární energie na vytápění a přípravu teplé vody. Následně byla spočítána tepelná stabilita modelové místnosti pro jednotlivá období a porovnány průběhy vnitřní teploty vzduchu.

Ve druhé části byl proveden průzkum typických projektů jednopodlažních rodinných domů. Průzkum byl zaměřen na dispoziční řešení, konstrukční systém a tepelně technické vlastnosti obálky budovy. Byl vybrán objekt pro případovou studii letní tepelné stability.

Nejrozsáhlejší částí práce je případová studie letní tepelné stability modelové místnosti – obývacího pokoje. Bylo zohledněno stínění všech okenních otvorů modelové místnosti a byly vypočteny hodinové hodnoty korekčního činitele stínění pro různé varianty stínění. Následně byly stanoveny různé varianty stínících prvků a různé režimy intenzity větrání, a vypočteny průběhy teplot vnitřního vzduchu pro jednotlivé varianty a jejich některé vzájemné kombinace. V další části byly vybrány přiměřené kombinace stínění a větrání, a přepočítány s parametry odpovídající klimatickým změnám v blízké budoucnosti. Z této analýzy bylo zjištěno, že pokud chceme v blízké budoucnosti zajistit teplotu vnitřního vzduchu pod 27 °C, budeme patrně potřebovat strojní chlazení.



6 Závěr

V závěru diplomové práce byla, pro čtyři vybrané varianty, zjištěna potřeba tepla na chlazení pro dosažení požadované teploty 27 °C. Dále byl proveden jednoduchý odhad ročních nákladů na chlazení pro jednotlivé vybrané varianty se stíněním a dále také pro variantu bez stínění.

Z výsledků diplomové práce je patrné, že zásadní vliv na tepelnou stabilitu místnosti mají stínící prvky a intenzita větrání. V blízké budoucnosti by mohla pro dosažení požadované teploty nastat potřeba tyto prvky doplnit strojním chlazením. Chlazení má nevýhody v podobě stálých nákladů na provoz, nákladů na údržbu a zatěžování životního prostředí, pokud není elektřina pro jeho pohon vyrobena obnovitelnými zdroji energie. Pro dosažení, co nejnižší možné potřeby tepla na chlazení je nutno použít kvalitních stínících prvků a zvýšené intenzity větrání během nočních hodin.

Možné další činnosti:

V případě dalšího zkoumání tepelné stability místnosti by mohla být řešena změna geometrie výplní otvorů a jejich závislost na průběhu vnitřní teploty vzduchu. Dále by mohla být řešena náhrada materiálů konstrukcí za jiné, a jak tyto úpravy ovlivní teplotu uvnitř místnosti. Zajímavé by mohlo být otočení orientace objektu vůči světovým stranám. Tato změna by pravděpodobně velmi snížila teplotu vnitřního vzduchu v letním období. Na druhou stranu by ale vzrostla potřeba tepla na vytápění v zimním období.



7 Seznam literatury

- [1] Historická data ČHMÚ o dopadech změny klimatu. Český hydrometeorologický ústav [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zmena-klimatu/zakladni-informace>
- [2] KOPECKÝ, Pavel. Letní tepelná stabilita obytných budov: teplota venkovního vzduchu během modelového dne. Vytápění a větrání instalace, číslo 5 2021.
- [3] IPCC – Intergovernmental panel on climate change [online]. Dostupné z: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1>
- [4] ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2011.
- [5] Příručka typologií obytných budov. Episcopo: Building Typology [online]. Dostupné z: <https://episcopo.eu/building-typology/country/cz/>
- [6] KOPECKÝ, Pavel, STANĚK, Kamil a SOJKOVÁ Kateřina. Aplikace Letní přehřívání: Microsoft Excel. Praha: ČVUT Fakulta stavební
- [7] Drevoastavby.cz [online]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/doporucujeme/6068-dle-statistik-je-kazdy-sedmy-rodinny-dum-drevostavba>
- [8] Futur.cz [online]. Dostupné z: <https://www.futur.cz/>
- [9] Projektydomu.cz [online]. Dostupné z <http://www.projektydomu.cz/>
- [10] Ceskestavby.cz [online]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/narustcen-stavebnich-materialu-doma-i-ve-svete-co-za-tim-stoji-a-kdy-to-skonci-29626.html>
- [11] STANĚK Kamil, Model pro výpočet korekčního činitele stínění. Program Matlab Simulink.
- [12] ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2005.
- [13] Historická data ČHMÚ . Český hydrometeorologický ústav [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb>
- [14] Celkové chladicí faktory klimatizačních systémů a jejich zlepšování [online]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8797-celkove-chladici-faktory-klimatizacnich-systemu-a-jejich-zlepsovani>



8 Seznam grafů, tabulek a obrázků

8.1 Grafy

GRAF 1: HISTORICKÝ VÝVOJ SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA	- 16 -
GRAF 2: HISTORICKÝ VÝVOJ POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	- 17 -
GRAF 3: HISTORICKÝ VÝVOJ SPOTŘEBY PRIMÁRNÍ ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TV	- 18 -
GRAF 4: POROVNÁNÍ PRŮBĚHU TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU MODELOVÉ MÍSTNOSTI	- 20 -
GRAF 5: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU	- 39 -
GRAF 6: PRŮBĚH KOREKČNÍHO Činitele STÍNĚNÍ FSH BĚHEM DNE 21.8. - OKNO 1	- 48 -
GRAF 7: PRŮBĚH KOREKČNÍHO Činitele STÍNĚNÍ FSH BĚHEM DNE 21.8. - OKNO 2	- 48 -
GRAF 8: PRŮBĚH KOREKČNÍHO Činitele STÍNĚNÍ FSH BĚHEM DNE 21.8. - OKNO 3 A 4	- 49 -
GRAF 9: PRŮBĚH KOREKČNÍHO Činitele STÍNĚNÍ FSH BĚHEM DNE 21.8. - OKNO 5	- 49 -
GRAF 10: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU BĚHEM MODELOVÉHO OBDOBÍ - VLIV VĚTRÁNÍ	- 52 -
GRAF 11: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU BĚHEM MODELOVÉHO OBDOBÍ - VLIV STÍNĚNÍ (VARIANTY 1 - 6)	- 54 -
GRAF 12: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU BĚHEM MODELOVÉHO OBDOBÍ - VLIV STÍNĚNÍ (VARIANTY 7 - 12)	- 55 -
GRAF 13: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU BĚHEM MODELOVÉHO OBDOBÍ - KOMBINACE (VĚTRÁNÍ 2,00 H-1 OD 21:00 DO 6:00 A 0,15 H-1 OD 6:00 DO 21:00)	- 56 -
GRAF 14: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU BĚHEM MODELOVÉHO OBDOBÍ - KOMBINACE (VĚTRÁNÍ 5,00 H-1 OD 21:00 DO 6:00 A 0,15 H-1 OD 6:00 DO 21:00)	- 57 -
GRAF 15: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU BĚHEM MODELOVÉHO OBDOBÍ - KOMBINACE (VĚTRÁNÍ 10,00 H-1 OD 21:00 DO 6:00 A 0,15 H-1 OD 6:00 DO 21:00)	- 58 -
GRAF 16: VÝVOJ TEPLoty VENKOVNÍHO VZDUCHU BĚHEM MODELOVÉHO DNE	- 59 -
GRAF 17: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU - BLÍZKÁ BUDOUCNOST (VĚTRÁNÍ 10,0 H-1)	- 60 -
GRAF 18: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU PŘI VYUŽITÍ CHLAZENÍ - BLÍZKÁ BUDOUCNOST (VĚTRÁNÍ 10,0 H-1)	- 62 -
GRAF 19: OD SHORA: SOLÁRNÍ TEPELNÉ ZISKY, TEPLo ODVÁDĚNÉ VĚTRÁNÍM, VÝKON CHLAZENÍ, TEPELNÉ TOKY KONSTRUKCEMI	- 63 -
GRAF 20: PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ CENY ELEKTRICKÉ ENERGIE ZA KWH	- 64 -
GRAF 21: NÁKLADY V Kč ZA JEDEN ROK	- 65 -
GRAF 22: PRŮBĚH TEPLoty VNITŘNÍHO VZDUCHU, STÍNĚNÍ JEN OSTĚNÍMI A RÁMY - BLÍZKÁ BUDOUCNOST (VĚTRÁNÍ 10,0 H-1)	- 66 -

8.2 Tabulky

TABULKA 1: VSTUPNÍ PARAMETRY MODELOVÉ MÍSTNOSTI	- 19 -
TABULKA 2: TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ	- 35 -



8.3 Obrázky

OBRÁZEK 1: PRŮBĚH PRŮMĚRNÝCH ROČNÍCH TEPLOT VZDUCHU (°C) V OBDOBÍ 1775–2010 NA STANICI PRAHA – KLEMENTINUM) ..	- 9 -
OBRÁZEK 2: MATICE TYPOLOGIÍ BYTOVÉHO FONDU	- 12 -
OBRÁZEK 3: STRUKTURA BYTOVÉHO FONDU V ČR PODLE DRUHU A TECHNOLOGIE VÝSTAVBY	- 13 -
OBRÁZEK 4: PŮDORYS MODELOVÉ MÍSTNOSTI	- 19 -
OBRÁZEK 5: VIZUALIZACE OBJEKTU	- 22 -
OBRÁZEK 6: PŮDORYS OBJEKTU.....	- 22 -
OBRÁZEK 7: VIZUALIZACE OBJEKTU	- 23 -
OBRÁZEK 8: PŮDORYS OBJEKTU.....	- 23 -
OBRÁZEK 9: PŮDORYS OBJEKTU.....	- 24 -
OBRÁZEK 10: PŮDORYS OBJEKTU.....	- 25 -
OBRÁZEK 11: VIZUALIZACE OBJEKTU	- 26 -
OBRÁZEK 12: PŮDORYS OBJEKTU.....	- 26 -
OBRÁZEK 13: VIZUALIZACE OBJEKTU	- 27 -
OBRÁZEK 14: PŮDORYS OBJEKTU.....	- 27 -
OBRÁZEK 15: ELEKTRICKÉ SCHÉMA DYNAMICKÉHO TEPELNÉHO MODELU	- 29 -
OBRÁZEK 16: VÝPOČET ČINITELE STÍNĚNÍ - OZÁŘENÍ VÝPLNĚ OTVORU.....	- 30 -
OBRÁZEK 17: SLOŽKY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ POUŽÍVANÉ V MODELU STÍNĚNÍ	- 31 -
OBRÁZEK 18: STÍNÍČÍ FAKTOR FSH V LEDNU	- 32 -
OBRÁZEK 19: STUPNICE HODNOT STÍNÍČÍHO FAKTORU FSH	- 32 -
OBRÁZEK 20: STÍNÍČÍ FAKTOR FSH V SRPNU	- 32 -
OBRÁZEK 21 A OBRÁZEK 22: VIZUALIZACE OBJEKTU.....	- 33 -
OBRÁZEK 23: PŮDORYS OBJEKTU.....	- 36 -
OBRÁZEK 24: STÍNÍČÍ PRVKY OKNA 6	- 37 -
OBRÁZEK 25: STÍNÍČÍ PRVKY OKNA 1	- 37 -
OBRÁZEK 26: STÍNÍČÍ PRVKY OKNA 2	- 38 -
OBRÁZEK 27: STÍNÍČÍ PRVKY OKNA 3 A 4	- 38 -
OBRÁZEK 28: STÍNÍČÍ PRVKY OKNA 5	- 38 -
OBRÁZEK 29: OKNO 1 V PŮDORYSU	- 40 -
OBRÁZEK 30: OKNO 1 S PŘESAHEM STŘECHY	- 40 -
OBRÁZEK 31: OKNO 1 BEZ PŘESAHU STŘECHY	- 40 -
OBRÁZEK 32: OKNO 1 S KONSTRUKCÍ TERASY.....	- 41 -
OBRÁZEK 33: OKNO 2 V PŮDORYSU	- 42 -
OBRÁZEK 34: OKNO 2 S PŘESAHEM STŘECHY	- 42 -
OBRÁZEK 35: OKNO 2 BEZ PŘESAHU STŘECHY	- 42 -
OBRÁZEK 36: OKNO 2 S KONSTRUKCÍ TERASY.....	- 43 -
OBRÁZEK 37: OKNO 3 A 4 V PŮDORYSU.....	- 44 -



8 Seznam grafů, tabulek a obrázků

OBRÁZEK 38: OKNO 3 A 4 BEZ PŘESAHU STŘECHY	- 44 -
OBRÁZEK 39: OKNO 3 A 4 S BOČNÍM STÍNĚNÍM	- 44 -
OBRÁZEK 40: OKNO 3 A 4 S PŘESAHEM STŘECHY	- 45 -
OBRÁZEK 41: OKNO 5 V PŮDORYSU	- 46 -
OBRÁZEK 42: OKNO 5 S PŘESAHEM STŘECHY	- 46 -
OBRÁZEK 43: OKNO 5 BEZ PŘESAHU STŘECHY	- 46 -
OBRÁZEK 44: MOŽNOSTI PŘÍČNÉHO PROVĚTRÁNÍ MODELOVÉ BUDOVY	- 53 -



9 Přílohy

Příloha č. 1 – Historický vývoj materiálů konstrukcí

RD DO ROKU 1920

Druh konstrukce					
Název materiálu	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Součinitel prostupu tepla
	d [mm]	λ [W/(m·K)]	c [J/kg·K]	ρ [kg/m ³]	U [W/m ² ·K]
Obvodová stěna					
Omítka vápenná	15	0,87	840	1600	
Cihla plná pálená	600	0,86	900	1800	
Omítka vápenná	15	0,87	840	1600	
Σ	630				
Střecha - dřevěný trámový strop					
Dřevěná podlaha	30	0,22	2510	600	
Škvárový zásyp	160	0,27	750	750	
Dřevěný záklop	25	0,22	2510	600	
Dřevěné trámy	260	-	-	-	
Σ	475				0,96
Podlaha na terénu					
Kamenná dlažba	80	1,4	1000	2000	
Dusaná zemina	100	0,7	750	1600	
Zemina	100	1,5	2000	1500	
Σ	280				2,29
Vnější výplně otvorů - okna					
Dřevěná špaletová					
Σ					
Příčka					
Omítka vápenná	15	0,87	840	1600	-
Cihla plná pálená	150	0,86	900	1800	
Omítka vápenná	15	0,87	840	1600	
Σ	180				



9 Přílohy

RD 1921 – 1960

Druh konstrukce					
Název materiálu	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Součinitel prostupu tepla
	d [mm]	λ [W/(m·K)]	c [J/kg·K]	ρ [kg/m ³]	U [W/m ² ·K]
Obvodová stěna					
Omítka vápenná	15	0,87	840	1600	
Cihla plná pálená	450	0,86	900	1800	
Omítka vápenná	15	0,87	840	1600	
Σ	480				
Střecha					
Pálené tašky	25	-	-	-	
Dřevěné trámy	260	-	-	-	
Tep. izolace - lignopor	40	0,056	1800	500	
Dřevěný podhled	25	0,22	2510	600	
Σ	350				0,97
Podlaha na terénu					
Dřevěná podlaha	30	0,22	2510	600	
Beton	100	0,7	750	1600	
Zemina	100	1,5	2000	1500	
Σ	230				
Vnější výplně otvorů - okna					
Dřevěná špaletová					
Σ					
Příčka					
Omítka vápenná	15	0,87	840	1600	-
Cihla plná pálená	150	0,86	900	1800	
Omítka vápenná	15	0,87	840	1600	
Σ	180				



9 Přílohy

RD 1961 - 1994

Druh konstrukce					
Název materiálu	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Součinitel prostupu tepla
	d [mm]	λ [W/(m·K)]	c [J/kg·K]	ρ [kg/m ³]	U [W/m ² ·K]
Obvodová stěna					
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Cihla příčně děrovaná	375	0,69	960	1450	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	395				
Střecha					
Hydroizolace	-	-	-	-	
Cementový potěr	30	0,57	1200	1550	
Plynosilikálové desky	150	0,23	840	680	
Σ	180				
Podlaha na terénu					
Dřevěná podlaha	30	0,22	2510	600	
Betonová mazanina	50	0,7	750	1600	
EPS	25	0,038	1270	21	
Podkladní beton	100	1,23	1020	2100	
Zemina	100	1,5	2000	1500	
Σ	305				
Vnější výplně otvorů - okna					
Dřevěná špaletová					
Σ					
Příčka					
VC omítka	10	0,99	790	2000	-
Cihla plná pálená	150	0,86	900	1800	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	170				



RD 1994 - 2010

Druh konstrukce					
Název materiálu	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Součinitel prostupu tepla
	d [mm]	λ [W/(m·K)]	c [J/kg·K]	ρ [kg/m ³]	U [W/m ² ·K]
Obvodová stěna					
VC omítka	10	0,99	790	2000	
EPS	80	0,038	1270	21	
Keramická tvárnice	300	0,21	1000	800	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	400				
Střecha					
Hydroizolace	-	-	-	-	
Minerální vlna	200	0,04	800	148	
Strop MIAKO	250	0,83	850	960	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	460				
Podlaha na terénu					
Podlahové linoleum	5	0,17	1400	1200	
Betonová mazanina	50	0,7	750	1600	
EPS	100	0,038	1270	21	
Podkladní beton	150	1,23	1020	2100	
Zemina	100	1,5	2000	1500	
Σ	405				
Vnější výplně otvorů - okna					
Izolační dvojsklo					
Σ					
Příčka					
VC omítka	10	0,99	790	2000	-
Keramická tvárnice	115	0,26	1000	850	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	135				



RD OD ROKU 2011 – typická výstavba

Druh konstrukce					
Název materiálu	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Součinitel prostupu tepla
	d [mm]	λ [W/(m·K)]	c [J/kg·K]	ρ [kg/m ³]	U [W/m ² ·K]
Obvodová stěna					
VC omítka	10	0,99	790	2000	
EPS	120	0,038	1270	21	
Keramická tvárnice	300	0,21	1000	800	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	440				
Střecha					
Hydroizolace	-	-	-	-	
Minerální vlna	240	0,04	800	148	
ŽB dutinový panel	250	1,2	840	1200	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	500				
Podlaha na terénu					
Podlahové linoleum	5	0,17	1400	1200	
Betonová mazanina	50	0,7	750	1600	
EPS	150	0,038	1270	21	
Podkladní beton	150	1,23	1020	2100	
Zemina	100	1,5	2000	1500	
Σ	455				0,23
Vnější výplně otvorů - okna					
Izolační trojsklo					
Σ					
Příčka					
VC omítka	10	0,99	790	2000	-
Keramická tvárnice	115	0,26	1000	850	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	135				



RD OD ROKU 2011 – pasivní domy

Druh konstrukce					
Název materiálu	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Součinitel prostupu tepla
	d [mm]	λ [W/(m·K)]	c [J/kg·K]	ρ [kg/m ³]	U [W/m ² ·K]
Obvodová stěna					
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Mínerální vlna	200	0,04	800	148	
Tvárnice Ytong	300	0,108	1000	400	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	520				
Střecha					
Hydroizolace	-	-	-	-	
Mínerální vlna	320	0,04	800	148	
ŽB dutinový panel	250	1,2	840	1200	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	580				
Podlaha na terénu					
Podlahové linoleum	5	0,17	1400	1200	
Betonová mazanina	50	0,7	750	1600	
EPS	240	0,038	1270	21	
Podkladní beton	150	1,23	1020	2100	
Zemina	100	1,5	2000	1500	
Σ	545				
Vnější výplně otvorů - okna					
Izolační trojsklo					
Σ					
Příčka					
VC omítka	10	0,99	790	2000	-
Tvárnice Ytong	100	0,108	1000	400	
VC omítka	10	0,99	790	2000	
Σ	120				