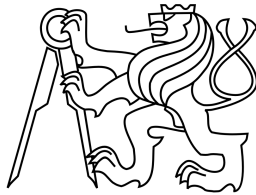


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



Klimaticky neutrální rodinný dům

Climate-neutral single family house

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Antonín Lupíšek, Ph. D.

Zpracovala: Bc. Jaroslava Shata

Praha 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou magisterskou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením Ing. Antonína Lupíška, Ph. D. s použitím všech uvedených zdrojů, které jsem použila v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 8.3.2019

.....

Jaroslava Shata

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu mé magisterské práce Ing. Antonínu Lupíškovi, Ph. D. za odborné vedení, poskytnutí odborných rad, připomínek a čas strávený při konzultacích, které vedly k tvorbě této práce. Dále děkuji svému muži Amaru Shatovi a mamince Jiřině Svobodové za hlídání mé dcery během tvorby této práce, bez kterých by vůbec nedošlo k jejímu dokončení. Za připomínky a podporu děkuji svému otci, Jiřímu Svobodovi a bratru Janu Svobodovi.

ZADÁNÍ PRÁCE - OSKENOVANÉ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební


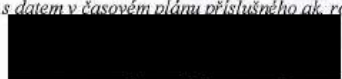
Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

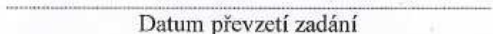

Příjmení: <u>Shata</u>	Jméno: <u>Jaroslava</u>	Osobní číslo: <u>410107</u>
Zadávající katedra: <u>Katedra pozemních staveb</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Klimaticky neutrální rodinný dům</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Climatic neutral single family house</u>	
Pokyny pro vypracování: Cílem práce je vypracovat stručnou rešerši klimatický cílů, aplikovat je na podmínky ČR ana základě toho stanovit emisní požadavky na novostavbu rodinného domu ve dvou konstrukčních variantách. Následně navrhnout energetický koncept domu tak, aby požadavek splnil, nebo se mu alespoň přibližoval. Může se jednat o existující návrh, nebo může návrh vzniknout v rámci práce. 1. Rešerše klimatický cílů a závazků 2. Stanovení emisních požadavků na typický rodinný dům 3. Studie rodinného domu 4. Energetický koncept domu ve dvou konstrukčních variantách 5. Vypracování základní výkresové dokumentace 6. Porovnání variant a diskuze, zda je možné dosáhnout klimatických cílů a co to bude znamenat pro výstavbu rodinných domů v ČR	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>18.2.2019</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>19.5.2019</u> <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(ly)

ANOTACE

Hlavním tématem této diplomové práce je návrh rodinného domu, který bude neutrální k životnímu prostředí z hlediska změny klimatu, tj. klimaticky neutrální. K dosažení cíle je zaveden pojem tak zvaného uhlíkového rozpočtu, který je na počátku práce daný do souvislosti s klimatickými změnami a dále stanoven pro jeden rodinný dům. Další část práce se zabývá stavebně energetickým konceptem rodinného domu a následným zhodnocením ve dvou fázích (fáze výstavby a provozu), zda navržený dům vyhoví stanovenému uhlíkovému rozpočtu. Dále jsou navržena opatření vedoucí ke snížení uhlíkové stopy objektu. Na konci práce je provedeno zhodnocení navržených opatření a zvolena nejvýhodnější varianta, která nejlépe vyhoví jak uhlíkovému rozpočtu, tak budoucím uživatelům objektu. Dále je pro zvolenou variantu zpracována základní výkresová dokumentace.

Klíčová slova: Klimaticky neutrální, Uhlíkový rozpočet, Potenciál globálního oteplování, Obnovitelné zdroje energie, Environmentální posouzení, Fáze provozu, Fáze výstavby

ABSTRACT

The main topic of this master's thesis is a design of a single family house, which should be neutral to the environment from the climate change perspective, that means it should be climatic neutral. To reach this goal there will be introduced a notion of so-called carbon budget. At the beginning of this thesis there is shown a context between the carbon budget and the environment and the carbon is calculated for one single family house. In the next part of the thesis is designed a building and its energy concept. It is assessed in two phases (construction and operation) if this concept suits to the carbon budget. Measures to reduce the carbon footprint of the designed object are designed. In the end of this thesis is an evaluation of the designed variants and there will the most favourable variant that will suit both the carbon budget and the future users of the object is selected. The final part of the thesis dedicated to construction drawings of the chosen variant.

Keywords: Climate-neutral, Carbon budget, Global warming potencial, Renewable resources of energy, Environmental assesment, Construction phase, Service phase, Carbon budget, buildings, single family house

OBSAH

Obsah	6
0 Úvod	9
1 Cíl práce.....	10
2 Metodika.....	11
2.1 Shrnutí problematiky	11
2.2 Stanovení požadavků	11
2.3 Návrh rodinného domu	11
2.4 Environmentální posouzení a vyhodnocení	12
2.5 Návrh opatření a jeho environmentální posouzení a vyhodnocení.....	12
2.6 Vyhodnocení a závěr	12
3 Klimatické cíle České republiky promítající se do stavebního inženýrství	13
3.1 Závazek daný Pařížskou dohodou	13
3.2 Globální uhlíkový rozpočet	13
3.3 Uhlíkový rozpočet a jeho aplikace ve stavebním průmyslu	14
3.3.1 Energetický štítek budov	15
3.3.2 Potřeba neobnovitelné energie.....	15
3.3.3 Klimaticky neutrální budovy	16
4 Uhlíkový rozpočet stanovený pro typický rodinný dům v ČR.....	17
5 Návrh rodinného domu.....	19
5.1 Studie rodinného domu.....	19
5.1.1 Popis objektu	19
5.1.2 Dispoziční výkresy objektu	19
5.2 Energetický koncept budovy	22
5.2.1 Střední součinitel prostupu tepla objektu	22
5.2.2 Měrná potřeba tepla na vytápění a chlazení objektu	28
5.3 Návrh skladeb konstrukcí	37
5.3.1 Podlaha na zemině.....	37

5.3.2	Obvodový plášť	37
5.3.3	Střecha	38
5.3.4	Strop mezi podlažími.....	38
5.3.5	Příčky nenosné.....	38
5.3.6	Otvory	39
5.4	Koncept výroby energií v objektu	39
5.4.1	Zdroje tepelné energie v objektu	39
5.4.2	Potřeba TUV v objektu.....	40
5.4.3	Potřeba tepla na vytápění objektu.....	40
5.4.4	Zdroje elektrické energie v objektu	40
5.4.5	Potřeba elektrické energie v objektu	40
5.5	Environmentální posouzení návrhu	40
5.5.1	Fáze výstavby	41
5.5.2	Fáze provozu.....	43
6	Vyhodnocení návrhu a navržená opatření	44
6.1	Vyhodnocení návrhu.....	44
6.2	Návrh opatření	46
6.2.1	Opatření pro fázi výstavby	46
6.2.2	Opatření pro fázi provozu.....	47
6.3	Environmentální posouzení opatření	48
6.3.1	Fáze výstavby	48
6.3.2	Fáze provozu.....	50
6.4	Vyhodnocení opatření.....	51
7	Porovnání variant návrhu a celkové vyhodnocení.....	53
8	Základní výkresová dokumentace	55
9	Závěr.....	56
9.1	Shrnutí výsledků	56
9.2	Diskuze	56

10	Seznam použité literatury	58
11	Seznam obrázků.....	60
12	Seznam tabulek.....	60
13	Seznam grafů	61
14	Seznam použitých softwarů.....	62
15	Seznam příloh.....	62

0 ÚVOD

V posledních letech se čím dál více dostává do popředí našeho vnímání snaha o ochranu klimatu. Tě můžeme i jako budoucí stavební inženýři výrazně pomoci snížením produkce skleníkových plynů, neboť z evropských vědeckých výzkumů vyplývá, že až 40 % celkové spotřebované energie a tím i produkovaných skleníkových plynů připadá na stavebnictví. Klíčovou roli v tomto problému hrají samotné budovy. V důsledku se jedná jak o samotnou výstavbu budov, jako je např. technologie výroby použitých materiálů, tak o celkovou spotřebu energie za celé období životnosti stavby a dále také o následné naložení se stavbami a jejich konstrukcemi po jejich dosloužení.

1 CÍL PRÁCE

Diplomová práce si klade za cíl stanovit teoretické limitní množství produkovaných skleníkových plynů (oxidu uhličitého) na výstavbu jednoho rodinného domu a na základě toho vytvořit koncept návrhu rodinného domu ve dvou variantách tak, aby se jednotlivé varianty co nejvíce přibližovaly klimatickým cílům, ke kterým se Česká republika zavázala podpisem Pařížské dohody, a to aby nebyl v příštích letech překročen nárůst průměrné globální teploty o více než 2 °C. Závěrem bude provedena diskuze nad zpracovanými variantami a zobecnění možnosti řešení klimaticky neutrálních rodinných domů v České republice.

2 METODIKA

2.1 Shrnutí problematiky

Kapitola bude stručně popisovat klimatické cíle České republiky, které plynou ze závazků daných podpisem Pařížské dohody. Kapitola bude dále pojednávat o vztahu mezi stavebním průmyslem a zmíněnými klimatickými cíli a také o způsobech, jimiž je možno přispět k jejich plnění či úplnému naplnění.

2.2 Stanovení požadavků

V kapitole budou stanoveny požadavky na typický rodinný dům v České republice, který by odpovídal klimaticky neutrálnímu rodinnému domu. Tedy takovému, který dodrží určité množství skleníkových plynů při své výstavbě i provozu, a nebude mít podíl na zvýšení globální teploty nad 2 °C – z pohledu Pařížské klimatické dohody bude neutrální vůči klimatu – klimaticky neutrální.

2.3 Návrh rodinného domu

Kapitola se bude věnovat návrhu rodinného domu na základě studie původního návrhu objektu v běžném standardu bez zohlednění vlivu na klimatické změny.

Na začátku návrhu bude na základě známých ploch konstrukcí budovy stanoven střední součinitel prostupu tepla budovy U_{em} , který bude odpovídat pasivnímu standardu rodinného domu. Během výpočtu U_{em} budou optimalizovány součinitelé prostupu tepla jednotlivých konstrukcí (U), tudíž po nalezení vyhovujícího U_{em} budou známé výchozí U pro návrh skladeb konstrukcí.

Pro stanovené U konstrukcí bude provedena energetická bilance, která stanoví potřebu tepla na vytápění a chlazení. Pokud nastane situace, kdy bude potřeba snížit potřebu tepla na vytápění kvůli snížení uhlíkového rozpočtu, budou se hodnoty U dále měnit.

Dalším krokem návrhu bude volba materiálů do skladeb konstrukcí s ohledem na redukci množství produkováných skleníkových plynů a zároveň s ohledem na zachování tepelně technických vlastností.

Dále bude navržen koncept výroby tepelné a elektrické energie pro rodinný dům, který bude zvolen pokud možno tak, aby se jednalo o obnovitelný zdroj energie (OZE).

Pro rodinný dům bude vypracována základní výkresová dokumentace, která bude zahrnovat půdorysy, řez, pohledy a základní detaily.

2.4 Environmentální posouzení a vyhodnocení

V kapitole bude dle metodiky SBToolCZ proveden výpočet potenciálu globálního oteplení (GWP), který zahrne jak fázi výstavby (roční svázané emise) tak fázi provozu (provozní emise). Dále bude provedeno vyhodnocení, která fáze a které její jednotlivé složky mají nejvyšší podíl na GWP. V závěru se vyhodnotí, zda navrhovaný dům s danými skladbami konstrukcí a danými zdroji energií splňuje vypočtený uhlíkový rozpočet pro rodinný dům.

2.5 Návrh opatření a jeho environmentální posouzení a vyhodnocení

Na základě výsledků předchozí kapitoly bude navrženo opatření, které se bude snažit zmenšit celkový GWP. Dále proběhne opět posouzení a vyhodnocení pro obě fáze a bude rozhodnuto, zda daný návrh splňuje vypočtený uhlíkový rozpočet pro rodinný dům.

2.6 Vyhodnocení a závěr

Kapitola bude porovnávat kombinace variant návrhu rodinného domu a na základě toho vyhodnotí, zda je možné dosáhnout klimatických cílů a bude se snažit zobecnit budoucí význam takové výstavby v ČR.

3 KLIMATICKÉ CÍLE ČESKÉ REPUBLIKY PROMÍTAJÍCÍ SE DO STAVEBNÍHO INŽENÝRSTVÍ

3.1 Závazek daný Pařížskou dohodou

Reálné snahy zemí světa o snížení produkce skleníkových plynů vychází z podepsání Pařížské dohody v prosinci 2015 (která nabyla platnosti téměř rok po podepsání, a to 4. listopadu roku 2016), v níž se signifikující státy zavázaly mimo jiné ke snaze chránit klima takovým způsobem, aby průměrný přírůstek globální teploty v žádném případě nepřekročil hranici 2 °C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí a dále také k usilování o to, aby přírůstek globální teploty nedosáhl ani hodnoty 1,5 °C. Česká republika se touto dohodou spolu s dalšími členskými státy EU zavázala k tomu, že do roku 2030 sníží emise skleníkových plynů o 40 % ve srovnání s rokem 1990 [1]. Jakým způsobem jednotlivé státy dospějí k dodržení těchto závazků nebylo v dohodě ustanoveno. Jisté cesty k naplnění Pařížské dohody jsou však již teoreticky popsány. Jak je nyní uvést do praxe stavebního inženýrství, zůstává zatím otázkou.

3.2 Globální uhlíkový rozpočet

Klíčovým problémem v souvislosti s klimatickou změnou je čím dál více se zvyšující podíl skleníkových plynů v atmosféře, což je způsobeno lidskou činností – tedy skrze technologie, které jsou námi denně běžně využívány, aniž by došlo k uvědomění si dopadu tohoto jednání na životní prostředí. Zjednodušeně řečeno, čím více skleníkových plynů bude v příštích letech do atmosféry emitováno, tím rychleji se bude měnit klima. I před námi jakožto budoucími stavebními inženýry se tedy nachází nyní velký úkol – najít způsoby, jakými omezit produkci skleníkových plynů do atmosféry při výstavbě nových obytných budov.

Jedna z praktických možností užívaných po celém světě včetně ČR, jak by mohl být naplněn stanovený cíl maximálního přírůstku globální průměrné teploty o 2 °C, je dodržení tak zvaného uhlíkového rozpočtu. Pokud totiž mluvíme o skleníkových plynech, jedná se ve stavebním průmyslu především o problém emisí oxidu uhličitého (CO₂).

Dle vědeckých studií bylo vypočteno maximální množství CO₂, které je možné vypustit do atmosféry, aby byl zachován limit vzrůstu teploty 2 °C. Toto vypočtené maximální množství se dá prezentovat dvěma způsoby - globálním uhlíkovým rozpočtem a ročními svázanými emisemi.

Globální uhlíkový rozpočet vyjadřuje, kolik uhlíku už celé lidstvo ze zemských sedimentů zoxidovalo a kolik ještě zoxidovat smí, aby bylo pravděpodobné, že globální oteplení nepřesáhne úroveň 2 °C. Vyjadřuje hmotnost CO₂ a nebere v potaz další látky přispívající k negativním dopadům na životní prostředí. [2]

Uhlíkový rozpočet zajišťující, že průměrná globální vzrůst teploty nepřekročí 2 °C, udávají pro jednotlivá období limitní hodnoty [3] uvedené v tabulce 3.2.1:

Tab. 3.2.1: Globální uhlíkový rozpočet pro jednotlivé roky pro cíl nepřekročení 2 °C

Období	Globální uhlíkový rozpočet [Gt CO ₂ /rok]
2020	52
2025	48
2030	42
2050	23

Druhým termínem, který se váže k nepřekročení vzrůstu globální teploty o 2 °C, je stanovení tak zvaných ročních emisí skleníkových plynů, které vyjadřují emise skleníkových plynů pro jednotlivé roky v daném období a vyjadřují se v CO_{2ekv}, neboť pro účel této práce nebude stejně jako pro uhlíkový rozpočet brán v potaz vliv dalších skleníkových plynů.

3.3 Uhlíkový rozpočet a jeho aplikace ve stavebním průmyslu

Podle Global Alliance for Buildings and Construction jsou budovy, jejich konstrukce a provoz (především se jedná o vytápění a chlazení, dále však také potřebu elektrické energie) zodpovědné až za 40 % světových emisí CO₂, přičemž do roku 2050 by mohlo být dosaženo až 50 %. [4]

Po předložení těchto faktů je jasné, že je třeba přijít se změnou v navrhování budov – ať už se jedná o konstrukci samotnou nebo o způsob, jakým bude provozována.

Praktickou odpovědí, jak vyřešit otázku dodržení uhlíkového rozpočtu, by mohlo být například využití více materiálů biologického původu, které mohou mít nižší dopad na životní prostředí, což však bude nejspíše znamenat značné investice v oblasti materiálového inženýrství pro zkoumání těchto materiálů. Dalšími možnostmi, jak omezit uhlíkovou stopu, by měla být také změna provozního režimu budov – tedy menší spotřeba energie na vytápění a chlazení. Jak však omezit spotřebu energie a zároveň zachovat komfort, na který jsou uživatelé zvyklí? To je otázka, kterou by mohlo řešit využití obnovitelných zdrojů energie. Je však možné, že budou muset být vyvinuty inovativní metody a technologie pro ještě efektivnější výrobu energie nebo dokonce bude muset dojít ke snížení nároků na pohodu vnitřního prostředí budov. Dále by také mohlo stát za zmínku omezení velikosti budov, čímž by se přirozeně snížila potřeba provozní energie i energie svázané s výstavbou budovy.

Všechna tato opatření by však musela být řízena státními orgány, neboť budoucí investoři, resp. uživatelé budou muset vynaložit větší obnos peněz na výstavbu budov. Co by však mohlo pomoci k tomu, aby společnost změnila pohled na tento problém, je dostatečná informovanost. I v dnešní

době velmi lehce dostupných informací je stále možné říci, že lidé si následky svého jednání neuvědomují, neboť nejsou dostatečně a často informováni o tom, jak velký dopad mají procesy výroby a lidské spotřeby na životní prostředí, a jak velké emise CO₂ v důsledku těchto procesů vznikají.

Mnohé snahy o změnu přístupu v navrhování budov lze vidět již nyní – jedná se například o využívání energetických štítků budov nebo energetické certifikace budov, jejichž hlavním úkolem je možnost porovnání variant kvality budov z různých pohledů na environmentální problematiku – z hlediska spotřeby energie, materiálů, vody a záboru půdy při současném snížení dopadů provozu budov na životní prostředí a lidské zdraví. [5]

3.3.1 Energetický štítek budov

Energetický štítek budov (oficiálně nazývaný jako Průkaz energetické náročnosti budov - PENB [6]) je jeden z finančně nejefektivnějších nástrojů využívaných ve světě, kterými lze snížit emise plynoucí z užívání budov. Využívá se jak při výstavbě nových budov, tak již v existujících budovách tak, že skrze posuzování energetické přeměny energonositele se snaží najít optimální energetické řešení vhodné pro danou budovu tak, aby byl zároveň co nejmenší dopad na životní prostředí. Samostatné využívání energetických štítků budov může snížit dopad jejího užívání na životní prostředí díky snížení emisí CO₂, avšak nevede k dodržení uhlíkového rozpočtu, neboť od něho není přímo odvozen a pracuje pouze s provozní energií.

3.3.2 Potřeba neobnovitelné energie

Dalším nástrojem, který slouží ke snížení emisí skleníkových plynů, je hodnocení budov z hlediska potřeby neobnovitelné energie pro svůj provoz. Z tohoto pohledu se dělí budovy na pasivní, nulové či aktivní [7].

Pasivní budovy jsou takové, které mají velmi nízkou potřebu energie na vytápění a chlazení, zároveň mají velmi nízké tepelné ztráty a optimalizované tepelné zisky.

Nulové budovy mají minimální potřebu dodávky energie, která je pokryta skrze vyprodukovanou obnovitelnou energií danou budovou.

Aktivní budovy jsou budovy, které produkují více obnovitelné energie, než samy potřebují. Jejich potenciál je ve využívání těchto budov jakožto zdrojů energie pro sousední budovy.

Hodnocení budov z hlediska potřeby neobnovitelné energie se jeví jako nástroj, který by mohl v konečném důsledku vést k podstatnému snižování emisí CO₂, avšak nemusí stále vést k dodržení

uhlíkového rozpočtu, neboť se zabývá pouze provozní energií, nikoliv pak energií svázanou s konstrukcemi budovy.

3.3.3 Klimaticky neutrální budovy

Z předchozích řádků je zřejmé, pokud bychom chtěli navrhnout budovu, která bude svázána s minimálním množstvím emisí, je nutno myslet nejen na samotný provoz budov, ale i na konstrukce samotné tak, aby v ideálním případě nebylo vůbec využito fosilních paliv při jejich výrobě. Klíčovým cílem tak zvané klimaticky neutrální budovy bude tedy dodržení uhlíkového rozpočtu jak při návrhu konstrukcí, tak při návrhu provozu. Možnosti toho, jak řešit problém klimaticky neutrálních budov se budou lišit v závislosti na různých faktorech, jako jsou například zeměpisná poloha (podnebí, klimatické podmínky), životní úroveň a požadavky na bydlení obyvatel nebo pokročilost ve znalostech a praktických zkušenostech s výstavbou z nových klimaticky příznivých materiálů. Je třeba si také uvědomit, že pokud se bavíme o klimaticky neutrálních budovách, je nutno se soustředit především na rozvinuté a rychle se rozvíjející země, které jsou také největším problémem v otázce globálního oteplování. Soustředit se na rozvinuté země je dle mého názoru nutné z toho důvodu, že je zde vysoká poptávka po výstavbě a tyto země mají oproti těm chudším výrazně vyšší spotřebu provozní energie a mají také vyšší požadavky na uživatelský komfort či estetiku budovy. Zároveň je třeba se soustředit na rychle se rozvíjející země, neboť zde často většině obyvatel chybí dostupné finance k tomu, aby mohly být stavěny ekologicky šetrné budovy a proto staví svá obydlí často svépomocí bez základních tepelně-technických znalostí se snahou ušetřit, avšak výsledkem je přesný opak, neboť v průběhu životního cyklu spotřebují ve výsledku více energie, která se projeví jak na jejich financích, tak hlavně na celkovém negativním dopadu na životní prostředí v podobě vysokých emisí skleníkových plynů. V těchto zemích by tedy měla být alespoň mezi těmi, kteří se nachází v příznivější finanční situaci, šířena osvěta týkající se změny klimatu a toho, jak lze docílit samotnou výstavbou snižování jak tepelných ztrát tak i emisí skleníkových plynů. Díky edukaci a především zkušenostem se zlepšením tepelného komfortu i kvality ovzduší by tak mohlo dojít k rozšíření ekologicky šetrnější výstavby. To by mohlo být také podpořeno například udělováním dotací na zelenější výstavbu, která funguje v rozvinutých zemích.

4 UHLÍKOVÝ ROZPOČET STANOVENÝ PRO TYPICKÝ RODINNÝ DŮM V ČR

K tomu, abychom se dostali k objemu uhlíkového rozpočtu připadající na typický rodinný dům v ČR, bude třeba stanovit uhlíkový rozpočet platný pro ČR a dále zohlednit procento připadající na provoz budov z celkové produkce emisí CO₂. V této práci bude uvažováno prosté přerozdělení emisí skleníkových plynů na počet obyvatel, tj. nedojde k zohlednění typu státu dle dalších kritérií jako je rozloha, ekonomická a průmyslová úroveň rozvoje a podobně.

Z údajů World population data sheet 2016 [8] lze zjistit, že celkový počet obyvatel světa dosahoval na 7418 milionu. V této práci nezohledňuji v dalších letech přírůstek obyvatel. Z reportu Šance pro budovy plyne, že celkem 23 % celkového uhlíkového rozpočtu připadá na sektor bydlení. [9]

Z uvedených údajů v této kapitole a z Tab. 3.2.1 o globálním uhlíkovém rozpočtu byly vypočteny roční emise skleníkových plynů připadající na jednu osobu a poté dílčí roční emise skleníkových plynů, které zahrnují 23 % z celkových ročních emisí skleníkových plynů, a které se týkají bydlení.

Tab. 5.1: Celkové roční emise skleníkových plynů a roční emise skleníkových plynů připadající na bydlení v jednotlivých letech pro jednu osobu pro klimatický cíl 2 °C

Období	Celkové roční emise skleníkových plynů na jednu osobu [t CO _{2ekv} /rok]	Roční emise skleníkových plynů na jednu osobu připadající na bydlení [t CO _{2ekv} /rok]
2020	7,010	1,612
2025	6,471	1,489
2030	5,662	1,302
2050	3,101	0,713

Pro zjištění ročních emisí skleníkových plynů, které připadají na jeden typický rodinný dům, beru v úvahu, že průměrná česká domácnost se skládá ze 4 osob. Roční emise skleníkových plynů pro typický rodinný dům pro jednotlivá období je vypočten v následující tabulce.

Tab. 5.2: Roční emise skleníkových plynů pro typický rodinný dům v ČR pro jednotlivá období

Období	Roční emise skleníkových plynů na jednu osobu připadající na bydlení [t CO _{2ekv} /rok]	Roční emise skleníkových plynů pro typický rodinný dům v ČR [kg CO _{2ekv} /rok]
2020	1,612	6449
2025	1,489	5953
2030	1,302	5209
2050	0,713	2852

Pro návrh rodinného domu budu uvažovat jako nejvíce vypovídající hodnotu ročních emisí skleníkových plynů tu z roku 2050, neboť se jedná o návrh novostavby, u které se předpokládá životnost více než 50 let a nejvíce se tedy její funkční období blíží tomuto roku a také proto, že hodnota je tou nejnižší, tudíž zajistí nejvíce příznivé řešení z hlediska produkovaných emisí.

Hodnota maximálních ročních emisí skleníkových plynů pro rodinný dům je 2852 kg CO_{2ekv}/rok.

5 NÁVRH RODINNÉHO DOMU

5.1 Studie rodinného domu

5.1.1 Popis objektu

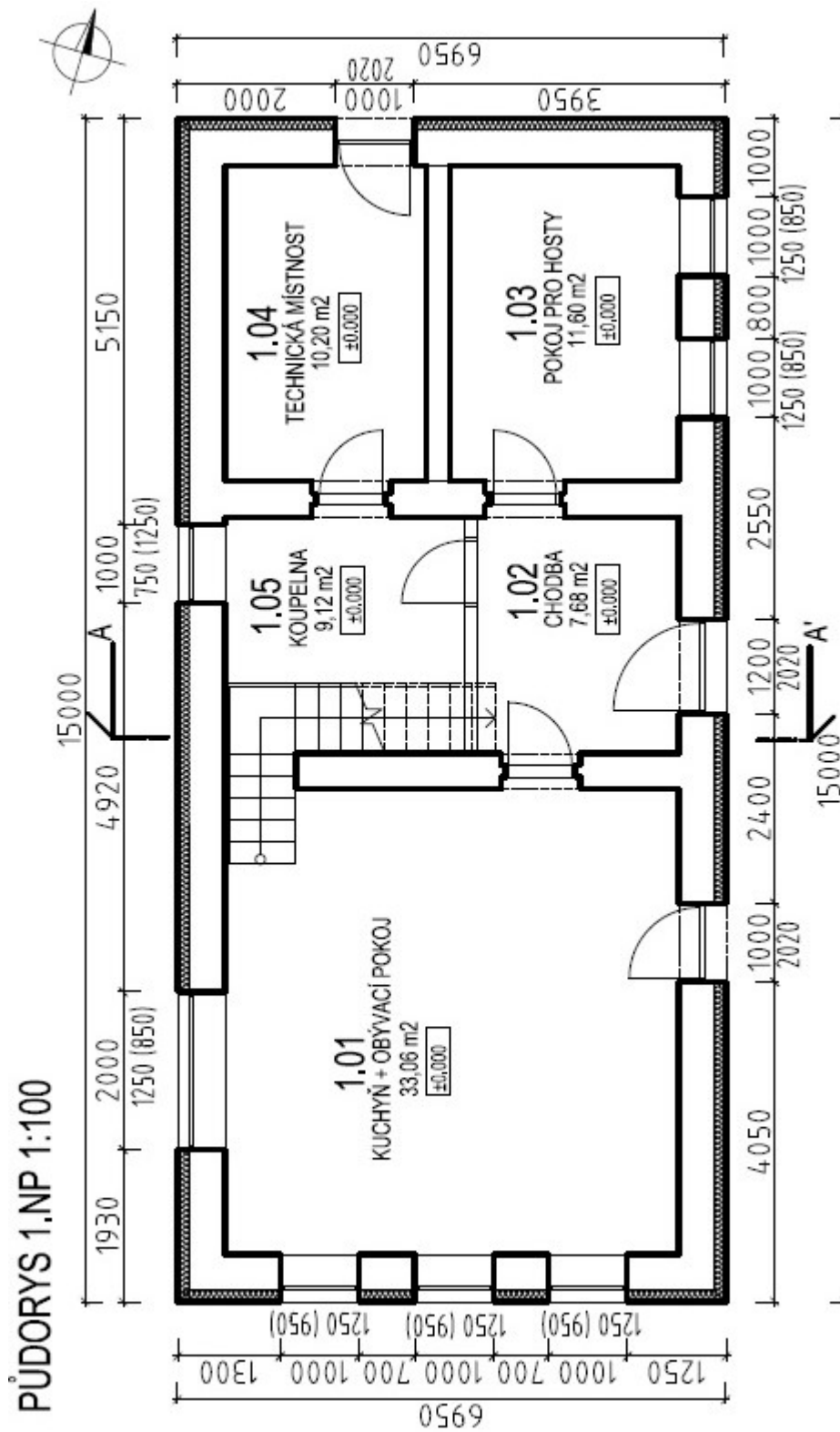
Referenčním objektem je rodinný dům v Novém Strašecí u Prahy postavený v 30. letech 20. století a zrekonstruovaný v roce 2012. Objekt čítá dvě nadzemní podlaží a podkrovní prostor, je nepodsklepený. Celková podlahová plocha je 104,25 m². V prvním nadzemním podlaží (1. NP) se nachází kuchyň s obývacím pokojem, koupelna, pokoj pro hosty, technická místnost a chodba, která schodištěm spojuje obě podlaží. V druhém nadzemním podlaží (2. NP) se dále nachází dětský pokoj, ložnice a koupelna. Střecha je sedlová.

Dle původního návrhu byl objekt navržen jako zděný - svislé nosné konstrukce byly navrženy z plných pálených cihel tl. 450 mm, příčky ve 2. NP taktéž zděné tl. 100 mm. Během rekonstrukce proběhlo zateplení objektu polystyrenovými deskami tl. 150 mm, stará dřevěná okna byla vyměněna za plastová, byly navrženy nové skladby podlah v 1. NP i ve 2. NP a byl navržen nový dřevěný krov s novou skladbou střechy.

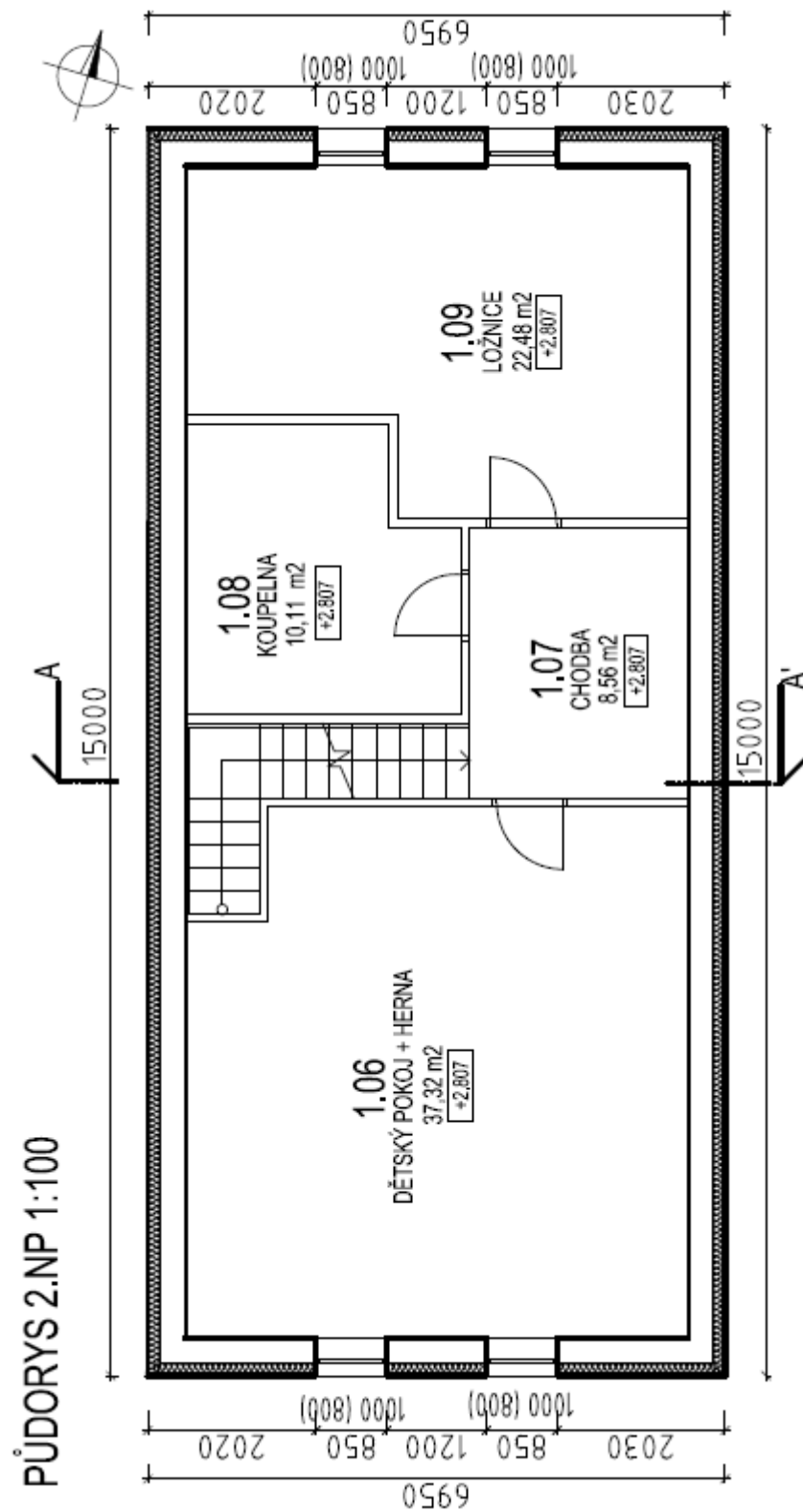
K účelům této diplomové práce poslouží především navržená dispozice objektu, neboť všechny skladby konstrukcí budou navrženy jako nové tak, aby splňovaly nejen tepelně technické požadavky, ale také emisní. Po vypracování této práce bude možno na projekt navázat podrobnější výkresovou dokumentací a případnou výstavbou.

5.1.2 Dispoziční výkresy objektu

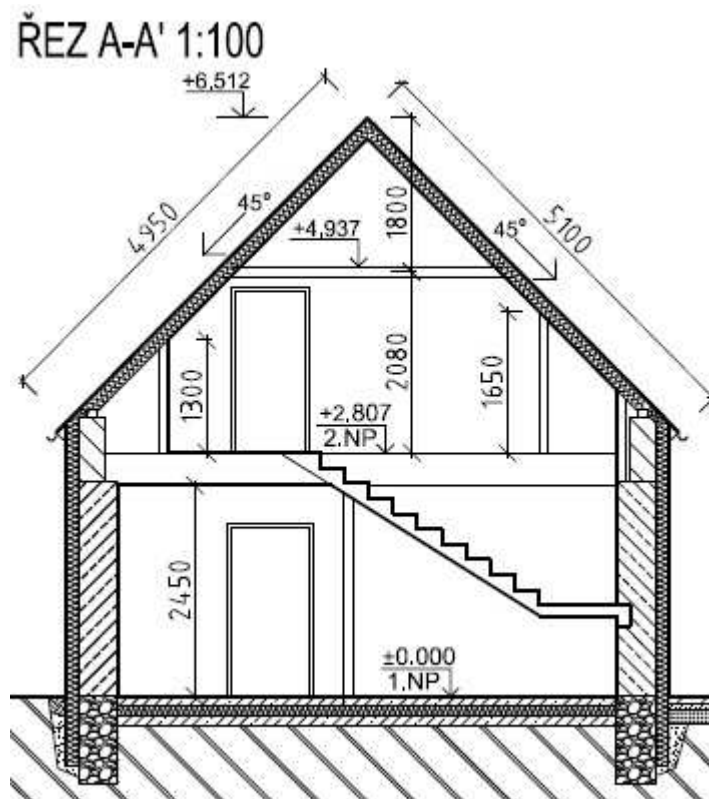
Na základě zaměření objektu a poskytnuté dokumentace sloužící původně jako podklad pro rekonstrukci byly vypracovány základní výkresy půdorysů obou nadzemních podlaží a jeden příčný řez objektem s vyznačením vnějších rozměrů, zakreslením otvorů, schodiště, příček a nosných stěn. Dále byly do výkresů zaneseny názvy místností, jejich vypočtená podlahová plocha a jejich výšková poloha.



Obrázek 6.1.2a - Půdorys 1.NP 1:100



Obrázek 6.1.2b - Půdorys 2.NP 1:100



Obrázek 6.1.2c - Řez objektem A-A' 1:100

5.2 Energetický koncept budovy

V následující kapitole je ve dvou variantách navržen energetický koncept objektu. Bude provedena optimalizace středního součinitele prostupu tepla $U_{em} [W/m^2/K]$ tak, aby byla splněna hodnota U_{em} pro obytné pasivní budovy. Spolu s tím bude snaha o dosažení nejvyšší energetické třídy proto, aby byly hned na začátku návrhu co nejvíce eliminovány tepelné ztráty a tím pádem i uhlíková stopa plynoucí z vytápění objektu. Dále bude provedeno stanovení měrné potřeby tepla objektu na vytápění $E_a [kWh/m^2]$.

5.2.1 Střední součinitel prostupu tepla objektu

Prvním krokem pro návrh je výpočet středního součinitele tepla $U_{em} [W/m^2/K]$. Na základě známých ploch konstrukcí a otvorů je vypočten měrný tepelný tok konstrukcemi (resp. otvory) $H_T [W/K]$, díky čemuž může být poté vypočten střední součinitel prostupu tepla $U_{em} [W/m^2/K]$:

$$U_{em} = H_T / A, \text{ kde: } H_T \dots \text{měrný tepelný tok budovou } [W/K]$$

$$A \dots \text{plocha obálky budovy } [m^2]$$

V tabulce 6.2.1 jsou pro budovu vypočteny jednotlivé plochy konstrukcí, které vychází z půdorysů a řezu z kapitoly 6.1.2.

Tabulka 6.2.1 - Tabulka ploch konstrukcí

TABULKA PLOCH KONSTRUKCÍ						
ORIENTACE	TYP KONSTRUKCE	POČET PRVKŮ n [-]	ŠÍŘKA b [m]	VÝŠKA h [m]	PLOCHA KCE A = n x b x h [m ²]	
	Okna 2NP	2	0,85	1,00	1,70	
	Stěna vnější 1NP	1	6,95	2,74	19,04	vč. oken
	Stěna vnější 2NP (trojúhelník. tvar)	0,5	6,95	3,77	13,10	vč. oken
Jih (J)	Okna 1NP	3	1,25	1,00	3,75	
	Okna 2NP	2	0,85	1,00	1,70	
	Stěna vnější 1NP	1	6,95	2,74	19,04	vč. oken
	Stěna vnější 2NP (trojúhelník. tvar)	0,5	6,95	3,77	13,10	vč. oken
Východ (V)	Okna 1NP	2	1,00	1,25	2,50	
	Dveře_1 1NP	1	1,10	1,95	2,15	
	Dveře_2 1NP	1	0,90	1,95	1,76	
	Okna 2NP střešní	4	0,80	1,00	3,20	
	Stěna vnější 1NP	1	15,00	2,74	41,10	vč. oken
	Střecha šikmá 2NP	1	15,00	3,77	56,55	vč. oken
Západ (Z)	Okno_1 1NP	1	0,75	1,00	0,75	
	Okno_2 1NP	1	2,00	1,25	2,50	
	Okna 2NP střešní	2	0,80	1,00	1,60	
	Stěna vnější 1 NP	1	15,00	2,74	41,10	vč. oken
	Střecha šikmá 2NP	1	15,00	3,77	56,55	vč. oken
	Podlaha na terénu	1	-	-	62,54	
CELKEM		-	-	-	322,13	

5.2.1.1 Referenční varianta středního součinitele tepla

Pro výpočet měrného tepelného toku a dále tedy středního součinitele tepla byly uvažovány plochy konstrukcí uvedené v tabulce 6.2.1. Hodnoty součinitelů prostupu tepla konstrukcí $U[W/m^2/K]$ byly uvažovány takové, které odpovídají požadovaným hodnotám U pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540.

Tabulka 6.2.1.1 - Výpočet měrného tepelného toku H_T [W/K] pro referenční variantu

TYP KONSTRUKCE	PLOCHA KCE A [m ²]	ČINITEL TEPLOTNÍ REDUKCE b [-]	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA U [W/m ² K]	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK H_T [W/K]
okna S	1,7	1,0	0,85	1,5
stěna vnější S	30,4	1,0	0,18	5,6
okna J	5,5	1,0	0,85	4,7
stěna vnější J	26,7	1,0	0,18	4,9
okna V	5,7	1,0	0,85	4,9
vstupní dveře V	3,9	1,0	0,90	3,6
stěna vnější V	34,7	1,0	0,18	6,3
okna Z	3,3	1,0	0,85	2,9
stěna vnější Z	37,9	1,0	0,18	6,9
podlaha na zemině	62,5	0,7	0,20	8,9
střecha V	53,4	1,0	0,15	8,1
střešní okna V	3,2	1,0	0,85	2,8
střecha Z	55,0	1,0	0,15	8,3
střešní okna Z	1,6	1,0	0,85	1,5
CELKEM	322,2	-	-	71,0

V dalším kroku je již vypočten střední součinitel prostupu tepla U_{em} [W/m²/K]:

$$U_{em} = H_T/A \rightarrow U_{em} = 73,3/331,2 = 0,221 \text{ [W/m}^2\text{/K]}$$

Dle ČSN 730542 mluvíme v případě rodinných domů o pasivní budově, pokud platí:

$$U_{em} \leq 0,22 \text{ [W/m}^2\text{/K]}$$

$$U_{em} = 0,221 > 0,22 \text{ [W/m}^2\text{/K]} \rightarrow \text{Budova není klasifikována jako pasivní.}$$

Budova není klasifikována jako pasivní, resp. i kdybychom uvažovali hodnotu U_{em} zaokrouhleně jako 0,22, bude se budova sice řadit mezi pasivní budovy, ale bude těsně na vyhovující hranici - energetická třída C. V dalším kroku bude následovat optimalizace U jednotlivých konstrukcí tak, aby bylo dosaženo v ideálním případě třídy A (velmi úsporná), čímž lze zajistit snížení provozní energie a tím i snížení emisí skleníkových plynů.

5.2.1.2 Varianta sníženého středního součinitele tepla 1

Tato varianta se od referenční liší použitím oken, které mají lepší tepelně technické vlastnosti. Hodnoty U oken byly vypočteny dle podílu zasklených ploch a ploch rámu v daném otvoru, pro vchodové dveře byla uvažována hodnota $U = 0,67 \text{ W/m}^2\text{/K}$ daná výrobcem, přičemž byly uvažovány sendvičové dřevěné vchodové dveře Slavona Progression Trend bez zasklení.

V následující tabulce 6.2.1.2a je proveden výpočet $U_w [W/m^2/K]$ pro jednotlivé okenní otvory dle ČSN 73 0540, přičemž výpočet vychází ze vzorce $U_w = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + I_g \times \Psi_g}{A_g + A_f}$. Významy jednotlivých značek a indexů jsou uvedeny též v tab. 6.2.1.2a. U všech okenních otvorů se předpokládá použití dřevěných oken Slavona SOLID COMFORT SC92 s izolačním trojsklem, pro které je ve výpočtu uvažováno s lineárním činitelem prostupu tepla zasklívací spáry jako s $\Psi_g = 0,06 W/(mK)$.

Tabulka 6.2.1.2a - Výpočet součinitelů prostupu tepla $U_w [W/m^2/K]$ pro jednotlivé okenní otvory dle ploch rámu a zasklených ploch

ORIENTACE	OZNAČENÍ OKNA	PLOCHA RÁMU	U RÁMU	PLOCHA ZASKLENÍ	U ZASKLENÍ	OBVOD ZASKLENÍ	U OKNA
		Af [m ²]	Uf [W/m ² K]	Ag [m ²]	Ug [W/m ² K]	Ig [m]	Uw [W/m ² K]
Sever (S)	Okna 2NP	0,175	0,7	0,675	0,5	3,3	0,77
Jih (J)	Okna 1NP	0,215	0,7	1,035	0,5	4,1	0,73
	Okna 2NP	0,175	0,7	0,675	0,5	3,3	0,77
Východ (V)	Okna 1NP	0,215	0,7	1,035	0,5	4,1	0,73
	Okna 2NP	0,166	0,7	0,598	0,5	3,1	0,79
Západ (Z)	Okno_1 1NP	0,165	0,7	0,585	0,5	3,1	0,79
	Okno_2 1NP	0,315	0,7	2,185	0,5	6,1	0,67
	Okna 2NP	0,166	0,7	0,598	0,5	3,1	0,79

V tabulce 6.2.1.2b je dále vypočten stejně jako pro referenční variantu měrný tepelný tok budovou:

Tabulka 6.2.1.2b - výpočet měrného tepelného toku $H_T [W/K]$ pro variantu 1

TYP KONSTRUKCE	PLOCHA KCE A [m ²]	ČINITEL TEPLTNÍ REDUKCE b [-]	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA U [W/m ² K]	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK H _T [W/K]
okna S	1,7	1,0	0,77	1,4
stěna vnější S	30,4	1,0	0,18	5,6
okna J 1NP	3,8	1,0	0,73	2,8
okna J 2NP	1,7	1,0	0,77	1,4
stěna vnější J	26,7	1,0	0,18	4,9
okna V 1NP	2,5	1,0	0,73	1,9
vstupní dveře V	3,9	1,0	0,67	2,7
stěna vnější V	34,7	1,0	0,18	6,3
okno_1 Z 1NP	0,8	1,0	0,79	0,7
okno_2 Z 1NP	2,5	1,0	0,67	1,8
stěna vnější Z	37,9	1,0	0,18	6,9
podlaha na zemině	62,5	0,7	0,20	8,9
okna V 2NP (střešní)	3,2	1,0	0,79	2,6
střecha V	53,4	1,0	0,15	8,1
okna Z 2NP (střešní)	1,6	1,0	0,79	1,4
střecha Z	55,0	1,0	0,15	8,4
CELKEM	322,2	-	-	65,8

Stejně jako pro referenční variantu je nyní vypočten střední součinitel prostupu tepla $U_{em}[W/m^2/K]$:

$$U_{em} = H_T/A \rightarrow U_{em} = 65,8/322,2 = 0,204 [W/m^2/K]$$

Dle ČSN 730542 mluvíme v případě rodinných domů o pasivní budově, pokud platí:

$$U_{em} \leq 0,204 [W/m^2/K]$$

$$U_{em} = 0,204 < 0,22 [W/m^2/K] \rightarrow \text{Budova je klasifikována jako pasivní.}$$

Klasifikace třídy budovy je dle ČSN 730540-2 (2007) provedena porovnáním redukovaných normových požadovaných a doporučených hodnot U_{em} s hodnotou vypočtenou. Normové hodnoty U_{em} udává norma v závislosti na vypočteném objemovém faktoru budovy A/V , kde A je plocha obálky budovy [m^2] a V je objem vytápěné zóny z vnějších rozměrů [m^3].

Objem vytápěné zóny je vypočten v tabulce 6.2.1.2c:

Tabulka 6.2.1.2c - Výpočet objemu jednotlivých podlaží objektu

PODLAŽÍ	PŮDORYS. ŠÍŘKA a [m]	PŮDORYS. DÉLKA b [m]	KČNÍ VÝŠKA h [m]	OBJEM NP	
				VÝPOČET	V [m^3]
1NP	6,95	15	2,9	$V = a \times b \times h [m^3]$	302,3
2NP	6,95	15	3,9	$V = a \times b \times h / 2 [m^3]$	203,3
CELKOVÝ OBJEM VYTÁPĚNÉ ZÓNY				$V = V(1NP) + V(2NP)$	505,6

Pro objemový faktor budovy $A/V = 322,2/506 = 0,64 [m^2/m^3]$ byly stanoveny normové hodnoty $U_{em(pož)} = 0,53 [W/m^2/K]$ a $U_{em(dop)} = 0,40 [W/m^2/K]$. V tabulce 6.2.1.2d je na základě těchto hodnot provedena klasifikace objektu.

Tabulka 6.2.1.2d - Klasifikace objektu pro variantu 1

KLASIFIKACE objektu dle ČSN 730540-2 (2007)		
A: $U_{em} < 0,3 \times U_{em_{pož}}$	$0,198 > 0,159$	velmi úsporná
B: $0,3 \times U_{em_{pož}} < U_{em} < 0,6 \times U_{em_{pož}}$	$0,159 < 0,198 < 0,24$	úsporná
C: $0,6 \times U_{em_{pož}} < U_{em} < U_{em_{pož}}$	$0,24 > 0,198 < 0,53$	vyhovující

BUDOVA JE KLASIFIKOVÁNA JAKO ÚSPORNÁ (B)

Z výpočtu plyne, že budova se nyní již může řadit mezi pasivní budovy a je klasifikována jako úsporná (tedy energetická třída B). Tímto je zdánlivě vyřešen úkol, který měl za cíl posunout se do pasivních hodnot U a zároveň se zařadit do energetické třídy A nebo B. Avšak porovnáme-li hodnoty U z referenční varianty ($U_{em} = 0,221 [W/m^2/K]$) a hodnoty U z varianty 1 ($U_{em} = 0,204 [W/m^2/K]$), zjistíme, že jsou velmi podobné. Tudiž jsme se energeticky až o tolik nezlepšili. Z tohoto

důvodu bude vytvořena další varianta výpočtu U_{em} s cílem zjistit, kam se jeho hodnota posune při uvažování doporučených hodnot U konstrukcí pro pasivní budovy.

5.2.1.3 Varianta sníženého středního součinitele tepla 2

Tato varianta pracuje se stejnými okenními i dveřními otvory jako varianta 1, avšak místo požadovaných hodnot U pro pasivní budovy uvažuje dolní hranici doporučených hodnot pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2.

Výpočet měrného tepelného toku $H_T [W/K]$ zobrazuje tabulka 6.2.1.3a.

Tabulka 6.2.1.3a - Výpočet měrného tepelného toku $H_T [W/K]$ pro variantu 2

TYP KONSTRUKCE	PLOCHA KCE A [m ²]	ČINITEL TEPLTNÍ REDUKCE b [-]	SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA U [W/m ² K]	MĚRNÝ TEPELNÝ TOK H _T [W/K]
okna S	1,7	1,0	0,77	1,4
stěna vnější S	30,4	1,0	0,12	3,8
okna J 1NP	3,8	1,0	0,73	2,8
okna J 2NP	1,7	1,0	0,77	1,4
stěna vnější J	26,7	1,0	0,12	3,3
okna V 1NP	2,5	1,0	0,73	1,9
vstupní dveře V	3,9	1,0	0,67	2,7
stěna vnější V	34,7	1,0	0,12	4,3
okno_1 Z 1NP	0,8	1,0	0,79	0,7
okno_2 Z 1NP	2,5	1,0	0,67	1,8
stěna vnější Z	37,9	1,0	0,12	4,6
podlaha na zemině	62,5	0,7	0,15	6,7
okna V 2NP (střešní)	3,2	1,0	0,79	2,6
střecha V	53,4	1,0	0,10	5,4
okna Z 2NP (střešní)	1,6	1,0	0,79	1,4
střecha Z	55,0	1,0	0,10	5,6
CELKEM	322,2	-	-	50,4

Stejně jako pro předchozí varianty je nyní vypočten střední součinitel prostupu tepla $U_{em} [W/m^2/K]$:

$$U_{em} = H_T/A \rightarrow U_{em} = 50,4/322,2 = 0,159 [W/m^2/K]$$

Dle ČSN 730542 mluvíme v případě rodinných domů o pasivní budově, pokud platí, že $U_{em} \leq 0,22 [W/m^2/K]$:

$$U_{em} = 0,159 < 0,22 [W/m^2/K] \rightarrow \text{Budova je klasifikována jako pasivní.}$$

Tabulka 6.2.1.3b zobrazuje klasifikaci objektu dle energetických tříd na základě stejných výpočtů a stejných předpokladů jako pro variantu 1 v kapitole 6.2.1.2.

Tabulka 6.2.1.3b - Klasifikace objektu pro variantu 2

KLASIFIKACE objektu dle ČSN 730540-2 (2007)		
A: $U_{em} < 0,3 \times U_{em_{pož}}$	0,159 = 0,159	velmi úsporná
B: $0,3 \times U_{em_{pož}} < U_{em} < 0,6 \times U_{em_{pož}}$	0,159 = 0,159 < 0,24	úsporná
C: $0,6 \times U_{em_{pož}} < U_{em} < U_{em_{pož}}$	0,24 > 0,159 < 0,53	vyhovující

BUDOVA JE KLASIFIKOVÁNA JAKO VELMI ÚSPORNÁ (A)

Z výpočtů vyplývá, že pokud se budeme snažit navrhnout skladby konstrukcí tak, aby splňovaly dolní hranici doporučených hodnot U pro pasivní budovy, energeticky dosáhneme na hranici mezi úspornou a velmi úspornou pasivní budovou.

Při porovnání hodnot U_{em} z varianty 1 ($U_{em-var1} = 0,206 [W/m^2/K]$) a hodnoty U z varianty 2 ($U_{em-var2} = 0,159 [W/m^2/K]$) zjistíme, že jsme si výrazně polepšili a lze předpokládat, že budova bude energeticky mnohem méně náročná než v předchozích variantách návrhu. Ráda bych se tedy při výpočtu měrné potřeby tepla objektu a při návrhu skladeb konstrukcí držela této varianty, čili varianty 2.

5.2.2 Měrná potřeba tepla na vytápění a chlazení objektu

Na základě U konstrukcí, které vychází z kapitoly 6.2.1.3 bude vypočtena měrná potřeba tepla objektu na vytápění a chlazení (E_a / E_{chl}) a porovnána s hodnotami vyhovujícími pasivnímu rodinnému domu.

5.2.2.1 Tepelné ztráty prostupem

Výpočet tepelných ztrát prostupem uvádí tabulka v příloze č.18 - Výpočet tepelných ztrát prostupem. Hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí $U [W/m^2/K]$ uvažují z varianty 2 (kap. 6.2.1.3). Teplotu v interiéru uvažují $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ a v exteriéru $\theta_e [^\circ\text{C}]$ proměnlivě dle měsíce v roce pro Nové Strašecí u Prahy, které zeměpisně spadá pod stanici Praha - Ruzyně. [10] Časový krok $t [h]$ uvádí počet hodin v daném měsíci. Tepelné ztráty prostupem $Q_p [kWh]$ závisí na výše zmíněných veličinách: $Q_p = Ht \times (\theta_i - \theta_e) \times t [kWh]$.

$$\text{Roční tepelné ztráty prostupem } Q_p = 5364,2[kWh].$$

5.2.2.2 Tepelné ztráty větráním

Pro výpočet tepelných ztrát větráním je nutné znát objemový tok větrání $H_v [W/K]$, který se vypočte dle vzorce:

$$H_v = \rho \times c_p \times V_d [W/K]$$

Vysvětlení jednotlivých veličin a jejich předpokládanou hodnotu uvádí tabulka 6.2.2.2a.

Tabulka 6.2.2.2a - výchozí předpoklady pro výpočet tepelných ztrát větráním

měrná tepelná kapacita vzduchu		$c_p =$	0,281	Wh/kg K
hustota vzduchu		$\rho =$	1,2	kg/m ³
objemový tok větracího vzduchu		$V_a =$	$n \times 25 \times \text{occup}$	m ³ /h
počet osob v zóně		n	4	os
součinitel obsazenosti budovy		occup	0,7	-
přídavný tok netěsnostmi		$V_x =$	$V \times n' \times e$	m ³ /h
objem vzduchu v dané zóně		V	505,6	m ³
násobnost výměny vzduchu		n'	0,5	x/hod
souč. větrné expozice		e	0,07	-
návrhový objemový tok		$V_d =$	$V_a \times (1-\eta) + V_x$	m ³ /h
účinnost rekuperace		η	0,9	-

Předpoklady:

- Výpočet provádím pro rodinný dům jako celek, čili uvažuji, že se jedná o jednu zónu
- Předpokládaný počet osob v rodinném domě jsou 4 osoby.
- Součinitel obsazenosti budovy je vzhledem k tomu, že se jedná o rodinný dům, uvažován 0,7.
- Objem vzduchu v rodinném domě vychází z hodnoty vypočtené v kapitole 6.2.1.2.
- Násobnost vzduchu v obytných prostorách dle ČSN EN 15665/Z1 uvažuji jako 0,5⁻¹/hod.
- Součinitel větrné expozice pro rodinný dům ve Strašicích u Prahy má hodnotu 0,07.
- Účinnost rekuperace uvažuji 90 %.

Tabulka 6.2.2.2b uvádí vypočtené hodnoty dílčích toků a měrného toku vedoucích k výpočtu Q_v [kWh].

Tabulka 6.2.2.2b - vypočtené hodnoty dílčích toků a měrného toku

veličina	jednotka	hodnota
objemový tok větracího vzduchu V_a	[m ³ /h]	70,0
přídavný tok netěsnostmi V_x	[m ³ /h]	17,7
návrhový objemový tok V_d	[m ³ /h]	24,7
měrný tepelný tok větráním H_v	W/K	8,3

V tabulce 6.2.2.2c jsou vypočteny pro jednotlivé měsíce v roce tepelné ztráty větráním Q_v [kWh]:

$$Q_v = H_v \times (\theta_i - \theta_e) \times t \text{ [kWh]},$$

Pro teploty v interiéru a exteriéru a pro časový krok byly uvažovány stejné hodnoty jako při výpočtu tepelných ztrát prostupem Q_p [kWh].

Tabulka 6.2.2.2c - výpočet Q_v [kWh]:

MĚSÍC V ROCE	TEPLOTA INTERIÉR	TEPLOTA EXTERIÉR	ČASOVÝ KROK	TEP. ZTRÁTA VĚTRÁNÍM
-	Θ_i [°C]	Θ_e [°C]	t [h]	Q_v [kWh]
leden	20	-2,1	744	136,71
únor	20	-0,9	672	116,77
březen	20	3,1	744	104,54
duben	20	7,6	720	74,23
květen	20	12,6	744	45,78
červen	20	15,4	720	27,54
červenec	20	17,2	744	17,32
srpen	20	16,6	744	21,03
září	20	13	720	41,90
říjen	20	8,4	744	71,76
listopad	20	3	720	101,77
prosinec	20	0	744	123,72
CELKEM Q_v [kWh]				883,06

5.2.2.3 Celkové tepelné ztráty

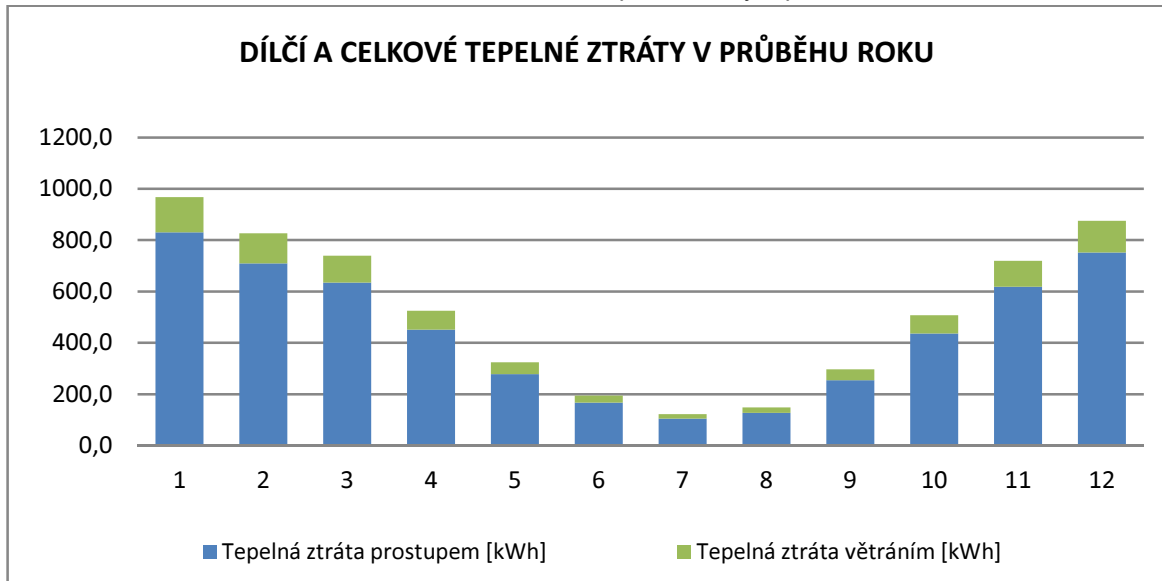
V tabulce 6.2.2.3a jsou uvedeny tepelné ztráty prostupem Q_p [kWh] a větráním Q_v [kWh] pro jednotlivé měsíce a jejich celkové roční sumy. Graf 6.2.2.3b zobrazuje dílčí a celkové tepelné ztráty v průběhu roku.

Tabulka 6.2.2.3a - Tepelné ztráty Q_p [kWh] a Q_v [kWh] pro jednotlivé měsíce roku

MĚSÍC V ROCE	TEP. ZTRÁTA PROSTUPEM	TEP. ZTRÁTA VĚTRÁNÍM
-	Q_p [kWh]	Q_v [kWh]
leden	830,4	136,7
únor	709,3	116,8
březen	635,0	104,5
duben	450,9	74,2
květen	278,1	45,8
červen	167,3	27,5
červenec	105,2	17,3
srpen	127,8	21,0
září	254,6	41,9
říjen	435,9	71,8
listopad	618,2	101,8
prosinec	751,5	123,7
CELKEM	5364,2	883,1

Celkové tepelné ztráty za rok jsou: $5364,2 + 883,1 = 6247,3$ kWh.

Graf 6.2.2.3b - Dílčí a celkové tepelné ztráty v průběhu roku



5.2.2.4 Dílčí tepelné zisky

Celkové tepelné zisky, které budu zahrnovat do výpočtu, se skládají ze zisků solárních Q_{sol} [kWh] a vnitřních Q_{int} [kWh].

Solární zisky

Solární zisky plynou z dávky solárního záření H [kWh/m²], která dopadne na dané plochy oken budovy A_w [m²]:

$$Q_{sol} = \sum H \times \sum A \text{ [kWh]}.$$

V tabulce 6.2.2.4a jsou uvedeny měsíční hodnoty dávek slunečního záření H [kWh/m²] pro stanici Praha - Ruzyně, kam spadá zeměpisně Strašecí u Prahy. [11]

Tabulka 6.2.2.4a - Dávka slunečního záření v jednotlivých měsících H [kWh/m²] pro Prahu

MĚSÍC	DÁVKA H [kWh/m ²]			
	JIH	SEVER	ZÁPAD	VÝHOD
1	37,0	8,6	15,6	14,4
2	55,1	14,5	26,2	26,3
3	70,8	23,4	44,4	45,1
4	84,4	35,5	66,6	67,7
5	85,5	46,6	75,7	72,0
6	87,3	49,7	81,3	81,0
7	94,0	51,2	85,2	89,1
8	89,0	41,1	75,6	79,6
9	84,1	26,9	52,5	53,3
10	66,8	19,2	34,2	36,6
11	37,3	10,4	18,0	16,6

12	25,4	6,7	10,7	10,2
CELKEM	816,7	333,8	586,0	591,9

Tabulka 6.2.2.4b uvádí plochy oken v rodinném domě, které vychází z vypočtených ploch v kapitole 6.2.1. a redukované plochy oken tak, aby byly zahrnuty různé vlivy na solární zisky.

Tabulka 6.2.2.4b - Plochy a redukované plochy oken v budově [m^2]

	JIH	SEVER	ZÁPAD	VÝCHOD
$A_w [m^2]$	5,5	1,7	4,9	8,9
$A [m^2]$:	2,53	0,78	2,25	4,09

Korekce okenních ploch proběhla následovně:

$$A = A_w \times g \times F_w \times F_s \times F_c \times F_f \quad [12]$$

kde $g[-]$ je celková energetická propustnost zasklení při normálovém dopadu slunečních paprsků a výrobce udává pro navrhovaná okna s izolačním trojsklem hodnotu 0,63 [13],

$F_w[-]$ je korekční činitel pro zvýšené ztráty odrazem při větších úhlech dopadu slunečního záření, dle uvažovat $F_w = 0,9 [-]$, [12]

$F_c[-]$ je korekční činitel clonění, při prvotním návrhu neuvažují stínění žaluziemi, proto $F_c = 1 [-]$.

$F_f[-]$ je korekční činitel rámu počítaný jako poměr plochy zasklení k celkové ploše prvku. Hodnoty součinitele vypočteny zvlášť pro jednotlivé velikostní typy oken v tabulce 6.2.2.4c:

Tabulka 6.2.2.4c - Výpočet korekčního součinitele rámu

TYP OKNA DLE VELIKOSTI	POČET OKEN V RD	$A_{gl} [m^2]$	$A_w [m^2]$	$A_{gl}/A_w [-]$
1. typ	2	0,675	0,85	0,79
2. typ	2	1,035	1,25	0,83
3. typ	3	0,598	0,76	0,78
4. typ	1	2,185	2,50	0,87

Výsledná hodnota F_f je spočtena jako vážený průměr výše spočtených hodnot. $F_f = 0,81 [-]$

$F_s[-]$ je korekční činitel stínění, který plyne z dílčích činitelů (stínění horizontem, markýzou, bočními žebry). Zde uvažují hodnotu $F_s = 1 [-]$, neboť žádným takovým stíněním nepočítám.

Celkové solární zisky jsou vypočteny v tabulce 6.2.2.4d. Jako zimní měsíce jsou uvažovány říjen až březen a jako letní měsíce jsou uvažovány duben až září.

Tabulka 6.2.2.4d - Solární zisky v jednotlivých měsících roku

MĚSÍC	TEPELNÉ ZISKY [kWh]	FAKTOR VYUŽITELNOSTI [-]	REDUKOVANÉ TEP. ZISKY [kWh]
1	399	0,99	395
2	521	0,95	498
3	686	0,85	586
4	872	0,58	505
5	921	0,35	322
6	978	0,20	195
7	1 038	0,12	123
8	957	0,16	149
9	774	0,38	294
10	615	0,74	454
11	415	0,97	401
12	340	0,99	337
CELKEM	8 515	-	4 259

Roční solární zisky jsou 6062 kWh.

Vnitřní zisky

Roční vnitřní tepelné zisky Q_{int} [kWh] se spočítají jako $Q_{int} = n \times H_{os} \times occup \times t$ [12]

kde n [os] je počet osob v budově, uvažuji $n = 4$ os

H_{os} [kW] je tepelný výkon jedné osoby, uvažuji $H_{os} = 0,1$ kW

$occup$ [-] zohledňuje obsazenost budovy $occup = 0,7$

t [h] je výpočtový krok, zde $t = 365 \times 24 = 8760$ h

Roční vnitřní tepelné zisky $Q_{int} = 2453$ kWh, měsíční vnitřní tepelné zisky $Q_{intM} = 204,4$ kWh.

5.2.2.5 Celkové tepelné zisky

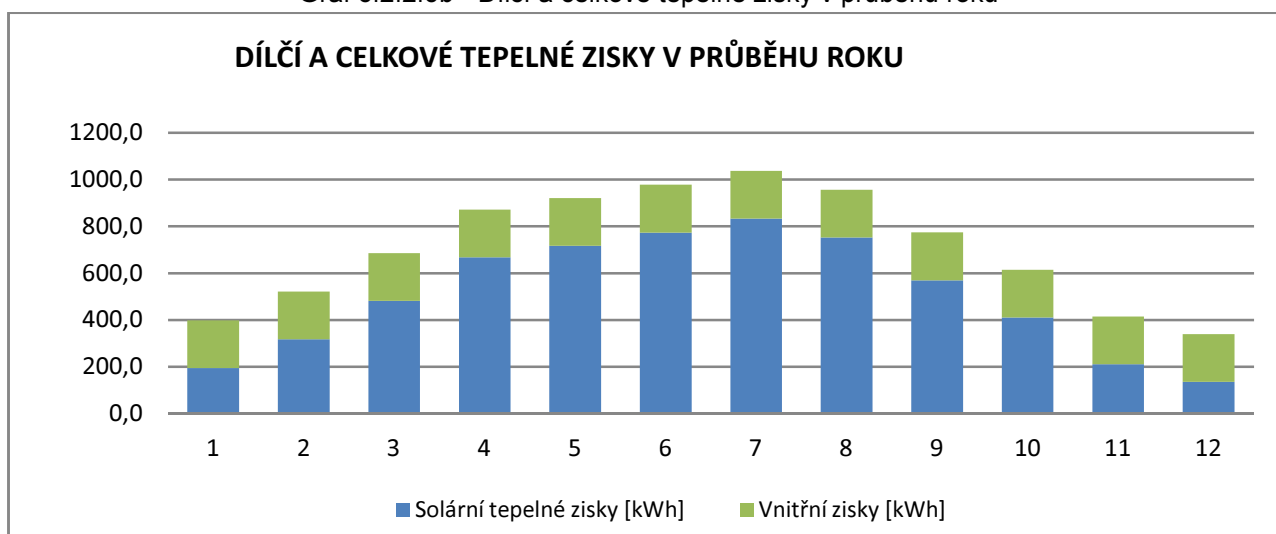
Tabulka 6.2.2.5b zobrazuje měsíční hodnoty solárních tepelných zisků Q_{sol} [kWh], vnitřních tepelných zisků Q_{int} [kWh] a celkovou hodnotu tepelných zisků Q_{gain} [kWh] v jednom roce a celkové sumy těchto tepelných zisků. Graf 6.2.2.5b zobrazuje dílčí a celkové tepelné zisky v průběhu roku.

Tabulka 6.2.2.5a - Tepelné zisky Q_{sol} [kWh] a Q_{int} [kWh] pro jednotlivé měsíce roku

MĚSÍC V ROCE	SOLÁRNÍ TEPELNÉ ZISKY	VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY	CELKOVÉ MĚSÍČNÍ TEP. ZISKY
-	Q_{sol} [kWh]	Q_{int} [kWh]	Q_{gain} [kWh]
leden	194,1	204,4	398,6
únor	317,0	204,4	521,4
březen	481,4	204,4	685,8
duben	667,5	204,4	871,9

květen	717,0	204,4	921,4
červen	773,4	204,4	977,8
červenec	833,4	204,4	1037,8
srpen	752,4	204,4	956,8
září	569,4	204,4	773,9
říjen	410,3	204,4	614,7
listopad	210,7	204,4	415,1
prosinec	135,2	204,4	339,6
CELKEM	6061,7	2452,9	8514,6

Graf 6.2.2.5b - Dílčí a celkové tepelné zisky v průběhu roku



Do celkové bilance tepelných ztrát a tepelných zisků však nebudu zahrnovat celou hodnotu tepelných zisků. Jedná se o tzv. využitelné tepelné zisky, které zohledňují, zda v daném měsíci je dost velká tepelná ztráta na to, aby využila daný tepelný zisk. Dalším faktorem, který se podílí na redukci tepelných zisků je tepelná kapacita budovy, která plyne z použitých materiálů ve skladbách konstrukcí. Faktor využitelnosti tepelných zisků je vypočten v příloze 2 - Výpočet faktoru využitelnosti tepelných zisků. Přepočet z celkových na redukované tepelné zisky zobrazuje tabulka 6.2.2.6b.

Tabulka 6.2.2.5c - Celkové a redukované tepelné zisky v průběhu roku

MĚSÍC	TEPELNÉ ZISKY [kWh]	FAKTOR VYUŽITELNOSTI [-]	REDUKOVANÉ TEP. ZISKY [kWh]
1	399	0,99	395
2	521	0,95	498
3	686	0,85	586
4	872	0,58	505
5	921	0,35	322
6	978	0,20	195
7	1 038	0,12	123
8	957	0,16	149
9	774	0,38	294
10	615	0,74	454
11	415	0,97	401
12	340	0,99	337
CELKEM	8 515	-	4 259

5.2.2.6 Bilance tepelných ztrát a tepelných zisků a výpočet měrných potřeb tepla

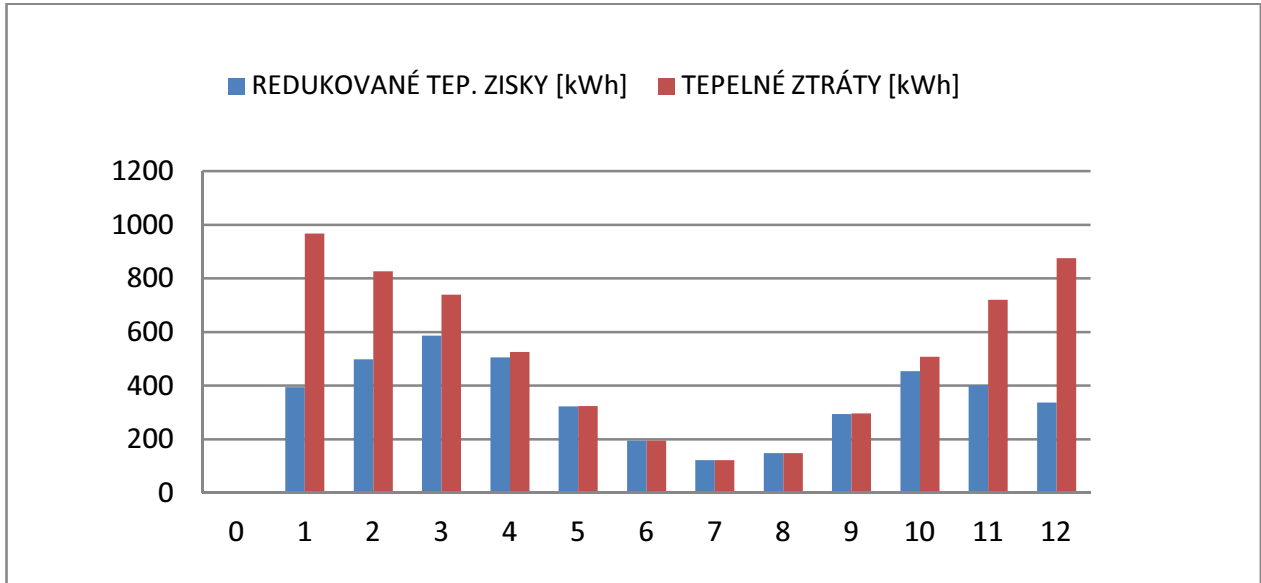
Tabulka 6.2.2.6a zobrazuje bilanci hodnot tepelných redukováných tepelných zisků a tepelných ztrát v průběhu roku, která zahrnuje potřebu energie na vytápění a chlazení a dále měrné potřeby tepla (na vytápění a chlazení). Pro výpočet měrné potřeby tepla jsem použila plochu, která je rovna celkové podlahové ploše v budově, tj. $71,66 \times 2 = 143,32 \text{ m}^2$.

Tabulka 6.2.2.6a - Bilance tepelných zisků a ztrát v průběhu roku vč. hodnot měrných potřeb tepla

MĚSÍC	REDUKOVANÉ TEP. ZISKY [kWh]	TEPELNÉ ZTRÁTY [kWh]	POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ [kWh]	POTŘEBA ENERGIE NA CHLAZENÍ [kWh]	MĚRNÁ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ E_a [kWh/m ²]	MĚRNÁ POTŘEBA TEPLA NA CHLAZENÍ E_{chl} [kWh/m ²]
1	395,0	967,2	572,2	-	4,0	-
2	497,8	826,1	328,3	-	2,3	-
3	586,3	739,6	153,3	-	1,1	-
4	505,0	525,1	20,2	-	0,1	-
5	322,3	323,8	1,5	-	0,0	-
6	194,7	194,8	0,1	-	0,0	-
7	122,5	122,5	0,0	-	0,0	-
8	148,8	148,8	0,0	-	0,0	-
9	294,5	296,5	2,0	-	0,0	-
10	453,8	507,6	53,8	-	0,4	-
11	401,5	720,0	318,5	-	2,2	-
12	337,2	875,2	538,1	-	3,8	-
CELKEM	4 259	6 247	1 988	-	13,87	-

Graf 6.2.2.6b znázorňuje srovnání redukováných tepelných zisků a tepelných ztrát v průběhu roku.

Graf 6.2.2.6b - Bilance tepelných zisků a ztrát v průběhu roku



Z výše uvedeného plyne, že nebude potřeba v budově řešit chlazení, neboť v letních měsících jsou tepelné ztráty a zisky vyrovnané. Dále je z tabulky patrné, že s měrnou potřebou tepla na vytápění jsem se dostala na hodnotu, která dle předpisu TNI 730329 vyhovuje požadavkům pro pasivní obytnou budovu. Neboť platí, že $13,87 \leq 15,00 \text{ kWh/m}^2$.

5.3 Návrh skladeb konstrukcí

V následující kapitole budou popsány jednotlivé skladby konstrukcí v souladu s vypočtenými hodnotami $U [W/m^2K^{-1}]$ z předchozí kapitoly. Na počátku návrhu se zdálo být nejlepším řešením z hlediska ekologie navrhnout objekt ze dřeva, což se však neprojevovalo jako správné řešení, protože rozpětí stropních nosníků je 6,5m a tudíž by vznikly přílišné dimenze nosníků, čímž by se výrazně zmenšila světlá výška, která by nemusela být příjemná uživatelům a zároveň už by nevyhovovala normové hodnotě světlé výšky pro obytné místnosti. Primárně z tohoto důvodu je objekt navržen jako zděný, se stropními nosníky Miako, které umožní daný rozpon při zachování vyhovující světlé výšky. Dalším důvodem, proč bude objekt navržen jako zděný je to, že z větší části se při výstavbě využívá právě zdivo a tak bude z výpočtu možno zjistit, zda i se zděnou stavbou lze dodržet limit ročních emisí skleníkových plynů. Jako tepelně izolační materiál bude použita minerální vata. Objekt má sedlovou střechu, kterou tvoří dřevěný krov. Založení objektu je na základových pasech z prostého betonu, jako ochrana proti vodě a radonu je použit asfaltový pás ve dvou vrstvách kvůli střednímu radonovému indexu. Schodiště v objektu je řešeno jako železobetonové monolitické.

5.3.1 Podlaha na zemině

- keramická dlažba tl. 10 mm
- lepidlo na dlažbu tl. 10 mm
- penetrace tl. 5 mm
- betonová mazanina vyztužená tl. 50 mm
- separační folie tl. 2 mm
- zvuková a tepelná podlahová minerální vláknitá deska tl. 220 mm
- hydroizolační asfaltový pás tl. 2 x 4 mm
- podkladní beton tl. 150 mm
- štěrkový podsyp tl. 150 mm

Součinitel prostupu tepla podlahy na zemině má hodnotu $U = 0,147 W/m^2/K$.

5.3.2 Obvodový plášť

- jemná štuková omítka tl. 10 mm
- hrubá štuková omítka tl. 15 mm
- cihly lehčené pálené HELUZ FAMILY tl. 300 mm
- cementová lepicí hmota
- tepelná izolace minerální vláknitá tl. 200 mm
- stěrka s vyztuženou tkaninou tl. 5 mm
- penetrační nátěr tl. 0,5 mm

- fasádní silikátová omítka tl. 3 mm

Součinitel prostupu tepla obvodového pláště má hodnotu $U = 0,116 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

5.3.3 Střecha

- podhled dřevovláknitá deska tl. 10 mm
- parozábrana Bitalbit tl. 3 mm
- záklop OSB deska tl. 12,5 mm
- krokev / minerální tepelná izolace tl. 200 mm
- nadkroevní minerální tepelná izolace tl. 150 mm
- difúzní folie (hydroizolační) tl. 2 mm
- kontralatě tl. 60 mm
- střešní latě tl. 40 mm
- podklad krytiny OSB deska tl. 12,5 mm
- střešní krytina - šindel tl. 5 mm

Součinitel prostupu tepla obvodového pláště má hodnotu $U = 0,096 \text{ W/m}^2/\text{K}$, v konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

5.3.4 Strop mezi podlažími

- jemná štuková omítka tl. 10 mm
- hrubá štuková omítka tl. 15 mm
- nosník Miako tl. 230 mm
- betonová mazanina tl. 100 mm
- separační PE folie tl. 2 mm
- kročejová izolace tl. 50 mm
- separační PE folie tl. 2 mm
- cementový potěr s rozptýleným vláknem tl. 50 mm
- separační PE folie tl. 2 mm
- laminované MDF desky ve vrstvách po 4 mm, celková tl. 20 mm

Součinitel prostupu tepla konstrukce není posuzován.

5.3.5 Příčky nenosné

- jemná štuková omítka tl. 10 mm
- hrubá štuková omítka tl. 15 mm
- cihly lehčené pálené Heluz AKU tl. 115 mm
- hrubá štuková omítka tl. 15 mm
- jemná štuková omítka tl. 10 mm

Součinitel prostupu tepla konstrukce není posuzován.

5.3.6 Otvory

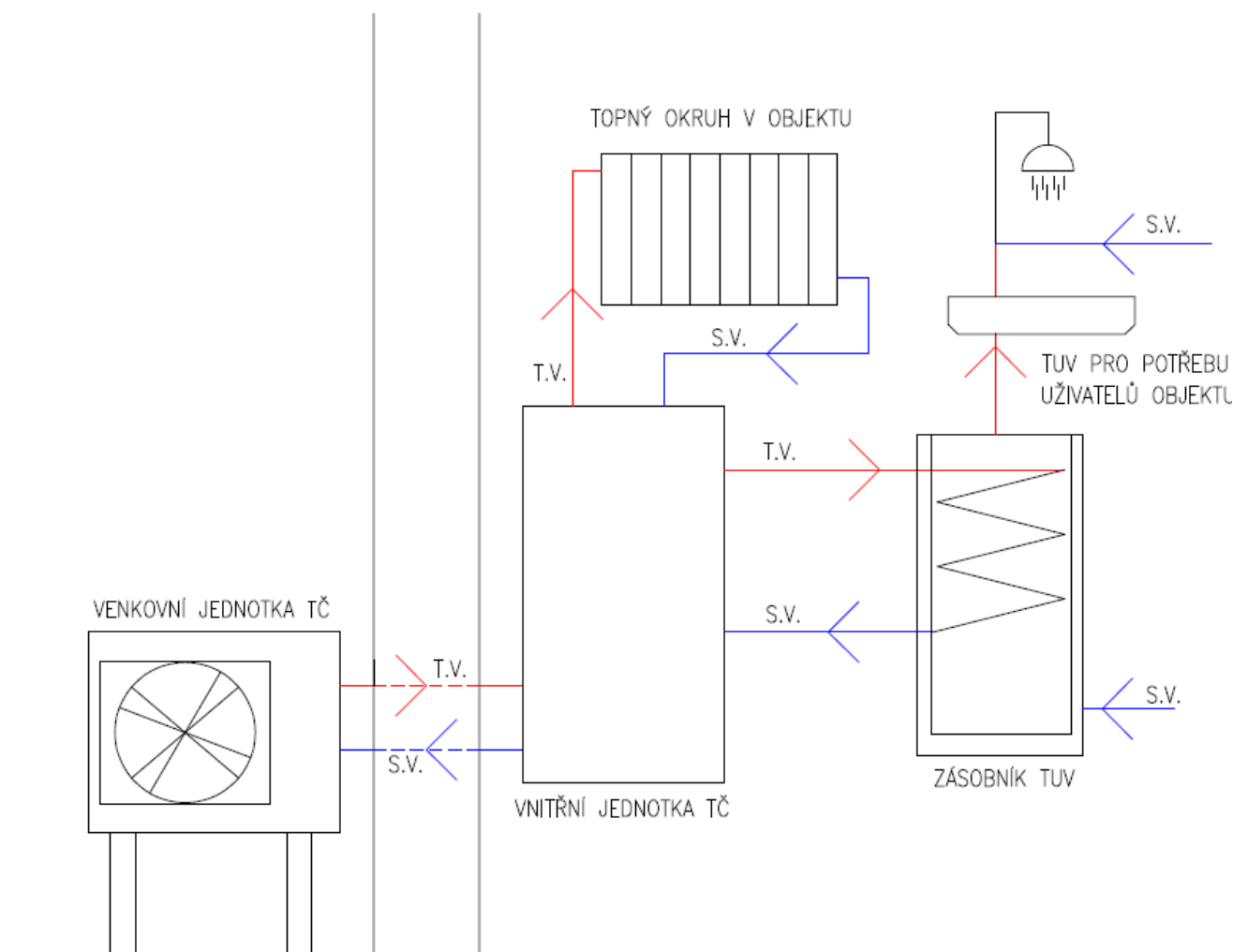
- okna: dřevěná Slavona SOLID COMFORT SC92 s izolačním trojsklem
- vchodové dveře: sendvičové dřevěné Slavona Progression Trend bez zasklení
- vnitřní dveře: dřevěné smrkové Slavona bez zasklení

Hodnoty U [W/m^2K^{-1}] jsou detailněji popsány resp. vypočteny v kapitole 6.2.1.

5.4 Koncept výroby energií v objektu

5.4.1 Zdroje tepelné energie v objektu

Jako tepelný zdroj pro přípravu TUV a vytápění jsem zvolila tepelné čerpadlo vzduch-voda, protože oproti jiným tepelným zdrojům (např. kotel na zemní plyn nebo elektrokotel) se mi jeví jako ekologicky příznivý. Distribuce tepla bude přes zásobník TUV a skrze otopná tělesa. Schéma otopné soustavy zobrazuje Obrázek 5.4.1.



Obrázek 5.4.1 - Schéma otopné soustavy v objektu

5.4.2 Potřeba TUV v objektu

Pro potřebu TUV v navrhovaném objektu byla uvažována hodnota potřeby TUV pro jednu osobu jako 550 kWh/rok dle TNI 73 0329. [14]

Pro rodinný dům s předpokládanými 4 osobami potřeba TUV $550 \times 4 = 2200 \text{ kWh/rok}$.

5.4.3 Potřeba tepla na vytápění objektu

Protože navržené skladby odpovídají hodnotám $U [W/m^2K^{-1}]$ skladeb, se kterými jsem počítala při výpočtu tepelných ztrát v kapitole 6.2.2, lze hodnoty převzít.

Celkové tepelné ztráty za rok činí $6478,1 \text{ kWh}$, celkové redukované roční tepelné zisky činí 4329 kWh a potřeba tepla na vytápění objektu činí 2149 kWh/rok .

5.4.4 Zdroje elektrické energie v objektu

Objekt bude napojen na místní distribuční síť elektrické energie.

5.4.5 Potřeba elektrické energie v objektu

5.4.5.1 Potřeba energie na osvětlení

Výpočet potřeby elektrické energie $W_L [kWh/rok]$ na osvětlení plyne z TNI 73 0329. Pro rodinný dům platí, že $W_L = W_{LA} \times A_f$, [15]

kde W_{LA} je měrná roční spotřeba elektřiny na osvětlení, $W_{LA} = 4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$ [15]

A_f je podlahová plocha objektu, $A_f = 143,32 \text{ m}^2$.

Roční potřeba elektrické energie na osvětlení $W_L = 4,5 \times 143,32 = 644,94 \text{ kWh/rok}$.

5.4.5.2 Doplnková potřeba energie pro provoz zařízení

V objektu je uvažováno s mechanickým rovnotlakým větráním s rekuperací o účinnosti 90%. Pro provoz vzduchotechnické jednotky a tepelného čerpadla je počítáno s hodnotou 100 kWh/rok . [15]

5.5 Environmentální posouzení návrhu

Pro environmentální posouzení návrhu je třeba rozlišit dvě fáze - fázi výstavby a provozu.

Fáze výstavby v sobě nese emise navázané na použité materiály ve skladbách konstrukcí. K posouzení poslouží potenciál globálního oteplování (GWP) daného materiálu, který je uváděn v $\text{kg CO}_2/\text{kg}$ materiálu. Pro zjišťování GWP daných materiálů jsem využila databáze Envimat.

Fáze provozu zahrnuje dodanou energii budově a způsob přeměny energonositele na danou energii. K posouzení poslouží vypočtené hodnoty potřeb energií z kapitoly 6.4 a podklady z cvičení Integrované navrhování budov.

5.5.1 Fáze výstavby

Pro posouzení fáze výstavby bylo provedeno krok za krokem následující:

- výpočet výměry jednotlivých prvků a materiálů v konstrukci
- vyhledání jejich objemové hmotnosti
- výpočet tíhy jednotlivých prvků, resp. materiálů
- vyhledání jejich GWP v databázi Envimat
- přepočet GWP na hmotnost daného prvku, resp. materiálu
- určení referenční životnosti daného prvku, resp. materiálu
- stanovení ročního GWP daného prvku, resp. materiálu

Tabulka 6.5.1 zobrazuje výpočet GWP pro fázi výstavby:

Tabulka 6.5.1 – Výpočet GWP 1. varianty pro fázi výstavby

	tloušťka materiálu [m]	výměra materiálu [m ²]	objemová hmotnost materiálu [kg/m ³]	tíha použitého materiálu [kg]	GWP materiálu [kgCO ₂ /kg] [18]	celkový GWP [kg CO ₂ ekv]
Základová konstrukce vč. HI						
Železobeton	1	21,6	2385	51516,0	0,11	5666,76
Hydroizolace asfaltový pás A330H	0,008	105	1220	1024,8	0,66	676,37
XPS zateplení soklu	0,12	48,4	25	145,2	3,82	554,66
Ostatní vrstvy podlahy 1.NP						
Tepelná izolace minerální vlna	0,22	83,4	32	587,14	1,13	663,46
Separáční folie PE celkem 2x	0,006	83,4	960	480,38	1,95	936,75
Betonová mazanina	0,05	83,4	2380	9924,60	0,11	1091,71
Penetrační nátěr	0,0005	83,4	1800	75,06	2,74	205,66
Lepidlo na dlažbu	0,01	38,8	1200	465,60	0,47	218,83
Keramická dlažba	0,01	38,8	2000	776,00	0,78	605,28
laminovaná MDF deska	0,02	44,6	780	695,76	0,64	445,29
Svislé nosné obvodové kce						
Cihla lehčená pálená	0,3	212,85	600	38313	0,24	9195,12
Svislé nenosné obvodové kce (od int)						
Omítka sádrová jemná + hrubá	0,03	212,85	1800	11493,90	0,08	919,51
Cementová lepicí hmota	0,05	212,85	2380	25329,15	0,11	2786,21
Minerální vata	0,2	212,85	32	1362,24	1,13	1539,33
Penetrační nátěr	0,0005	212,85	1800	191,57	2,74	524,89
Omítka vnější silikátová	0,005	212,85	1800	1915,65	0,213	408,03

Vodorovné nosné kce (bez střechy) vč. povrchu						
Strop Miako 160/230, os. vzd. 0,5m	0,23	80,18	800	14753,12	0,26	3835,81
Betonová mazanina	0,1	80,18	2380	19082,84	0,11	2099,11
Omítka sádrová jemná + hrubá	0,04	80,18	1800	5772,96	0,08	461,84
Vodorovné nenosné kce (bez střechy)						
Kročejová izolace MV	0,05	80,18	32	128,29	1,13	144,97
Separáční folie PE celkem 3x	0,009	80,18	960	692,76	1,95	1350,87
Cement. potěr s rozptýleným vláknem	0,05	80,18	2200	8819,80	0,17	1499,37
laminovaná MDF deska	0,02	69,90	780	1090,44	0,64	697,88
Lepidlo na dlažbu	0,01	10,28	1200	123,36	0,47	57,98
Keramická dlažba	0,01	10,28	2000	205,60	0,78	160,37
Nosná kce střechy vč. povrchu						
Krokev 140/200 smrk, 30ks	0,2	25,20	400	2016,00	0,19	383,04
Vaznice a pozednice 160/240 smrk, 5ks	0,2	18,00	400	1440,00	0,19	273,60
Nosný sloupek 160/160 smrk, 3ks	0,16	1,30	400	82,94	0,19	15,76
Kleštiny 120/80 smrk, 30ks	0,12	6,00	400	288,00	0,19	54,72
Pásky 100/160 smrk, 18ks	0,16	1,80	400	115,20	0,19	21,89
Záklop OSB	0,0125	162,00	650	1316,25	0,48	631,80
Parozábrana Bitalbit	0,0035	162,00	960	544,32	1,94	1055,98
Podhled dřevovláknitá deska	0,01	128,34	300	385,02	0,19	73,15
Nenosná kce střechy (od nosníku)						
Tepelná izolace MV mezi a nad krokve	0,35	162	32	1814,40	1,13	2050,27
Difúzní folie	0,005	162	960	777,60	1,95	1516,32
Kontralatě a střešní latě	0,1	64,8	400	2592,00	0,19	492,48
OSB deska – podklad pro krytinu	0,0125	162	650	1316,25	0,48	631,80
Střešní krytina	0,005	162	1220	988,20	0,66	652,21
Příčky nenosné						
Omítka sádrová jemná + hrubá	0,025	220,51	1800	9922,95	0,08	793,84
Cihly lehčené pálené	0,115	220,51	32	811,48	0,24	194,75
Omítka sádrová jemná + hrubá	0,025	220,51	1800	9922,95	0,08	793,84
SDK deska	0,0125	75,36	1000	942,00	0,35	329,70
Stojky s minerální vatou	0,1	75,36	4,534	34,17	19,71	1485,35
OSB deska	0,0125	75,36	650	612,30	0,19	116,34
SDK deska	0,0125	75,36	1000	942,00	0,35	329,70
Schodiště a zábradlí						
Nosná kce schodiště ŽB monolit	1	1,04	2385	2489,94	0,11	273,89
Betonová mazanina	0,05	6,96	2380	828,24	0,11	91,11
Kročejová izolace minerální	0,1	4,80	32	15,36	1,13	17,36
Dřevěná konstrukce schodiště	0,02	4,80	400	38,40	0,19	7,30
separační folie PE celkem 2x	0,0008	4,80	960	3,69	76,46	281,86
Dřevěná konstrukce zábradlí	1	0,79	400	316,80	0,19	60,19

Otvory							
Okna dřevěná s trojskly	17	ks	29kg/ks	493	1,89	931,77	
Dveře vnější dřevěno-hliníkové	2	ks	77kg/ks	154	2,24	344,96	
Dveře vnitřní dřevěné	7	ks	68kg/ks	476	1,33	633,08	
Celkem [kg CO_{2ekv}]							51284,11

Pro výpočet roční hodnoty GWP uvažují referenční životnost materiálů 50 let, proto vypočtená hodnota celkového GWP uvedená v tabulce 6.5.1 bude přepočtena na roční GWP:

$$51284,11/50 = 1026 \text{ kgCO}_{2ekv}$$

Tato hodnota bude považována pro fázi výstavby jako konečná a nebudou do ní zahrnuty systémy TZB, protože nebyly dosud stanoveny a uznány přesné hodnoty svázaných emisí, které by bylo možno použít pro výpočet potenciálu globálního oteplování.

Pro fázi výstavby bude roční potenciál globálního oteplování (GWP) 1026 kgCO_{2ekv}.

5.5.2 Fáze provozu

Jak již bylo řečeno na začátku kapitoly 6.5, pro výpočet fáze provozu posloužily hodnoty potřeb energií z kapitoly 6.4. Protože se jedná o tepelnou energii, která bude vyráběna pomocí tepelného čerpadla, bude počítáno s přeměnou elektrické energie na tepelnou. Účinnost přeměny uvažují 95% a jmenovitý výkon čerpadla 3 COP dle vyhlášky 73/2013-ČSN EN14511-2. Dle tabulky Emisních a konverzních faktorů [17] byla uvažována výroba elektrické energie s emisním faktorem 0,211 kg CO_{2ekv}/MJ.

Tabulka 6.5.2 – Výpočet GWP 1. varianty pro fázi provozu

FÁZE PROVOZU 1.VARIANTY - VÝPOČET GWP							
Pro výrobu elektrické energie (mix ČR) = 0,211 kg CO _{2ekv} /MJ							
Typ energie	Zdroj	Potřeba tepelné energie [kWh]	Účinnost přeměny el. [-]	Jmenovitý tep. výkon čerpadla [COP]	Dodaná elektrická energie [kWh]	Dodaná elektrická energie [MJ]	GWP [kgCO _{2ekv} /rok]
Vytápění	TČ (mix ČR)	2149	0,95	3	754,035	2714,55	572,77
TUV	TČ (mix ČR)	2200	0,95	3	771,930	2778,95	586,36
Osvětlení	mix ČR	-	-	-	645	2322,02	489,95
Pomocné	mix ČR	-	-	-	100	360,00	75,96
Celkem							1725,04

Pro fázi provozu bude roční potenciál globálního oteplování (GWP) 1725 kgCO_{2ekv}.

6 VYHODNOCENÍ NÁVRHU A NAVRŽENÁ OPATŘENÍ

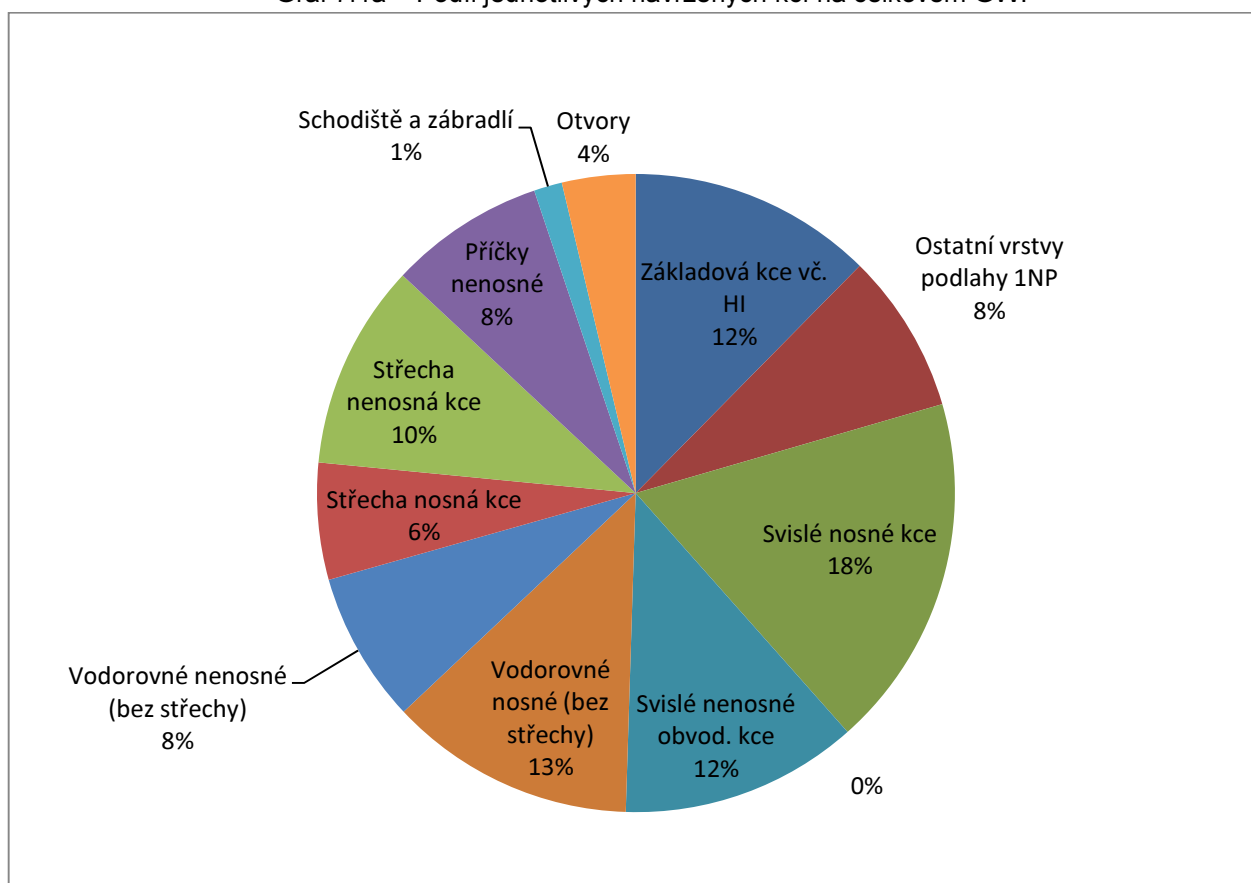
6.1 Vyhodnocení návrhu

Výsledky výpočtů z kap. 6.5 jsou v této kapitole graficky znázorněny a popsány, dále budou hodnoty porovnány s limitními hodnotami stanovenými na počátku práce.

- Fáze výstavby: $1026 \text{ kgCO}_{2ekv}/\text{rok}$

Graf 7.1a zobrazuje podíl jednotlivých navržených konstrukcí na celkové hodnotě GWP. Z grafu lze vidět, že největší podíl na GWP mají svislé nosné konstrukce obvodové, které jsou ze zdiva a vodorovné nosné konstrukce (bez střechy), kterými jsou Miako nosníky. Dále podobně velký podíl mají i svislé nenosné obvodové konstrukce, kde je pro lepení tepelné izolace použita cementová lepicí hmota, která má poměrně vysoký GWP na kg použitého materiálu. Lze vidět, že železobetonová základová konstrukce má také spíše větší podíl na celkové hodnotě GWP. Ostatní části konstrukcí mají srovnatelný podíl na celkovém GWP, a to pod 10%.

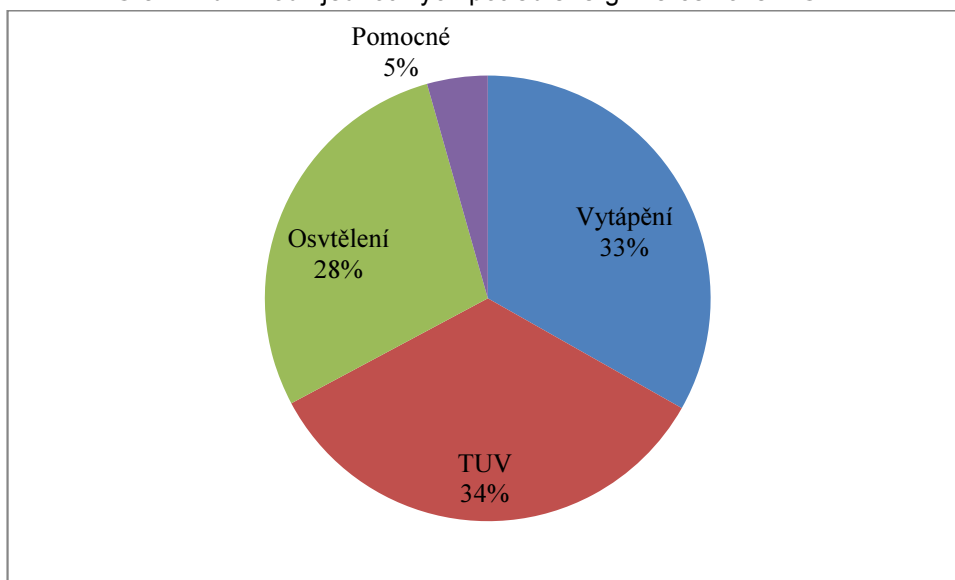
Graf 7.1a – Podíl jednotlivých navržených kcí na celkovém GWP



- Fáze provozu: $1725 \text{ kgCO}_{2ekv}/\text{rok}$

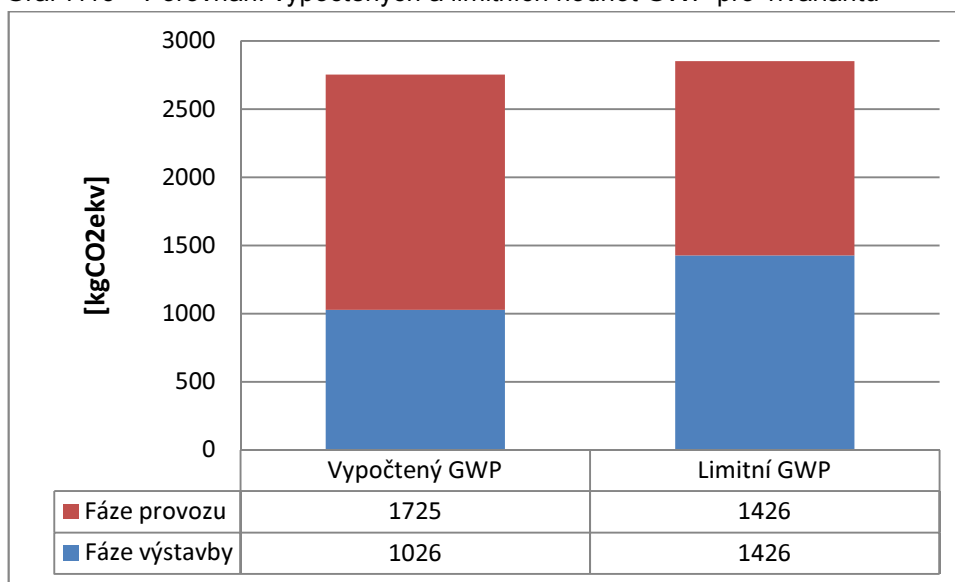
Graf 7.1b zobrazuje podíl jednotlivých potřeb energií na celkové hodnotě GWP. Potřeba TUV, na vytápění i osvětlení mají téměř stejný podíl, z čehož lze usoudit, že se v prvotním návrhu podařilo značně minimalizovat tepelné ztráty (tj. potřebu tepla na vytápění), což bylo cílem energetické optimalizace v kapitole 6.2.

Graf 7.1b – Podíl jednotlivých potřeb energií na celkovém GWP



Vypočtené dílčí hodnoty GWP jsou nyní sečteny a porovnány s hodnotami GWP, které jsou limitní pro rodinný dům, graf 7.1c zobrazuje výsledky graficky:

Graf 7.1c – Porovnání vypočtených a limitních hodnot GWP pro 1.variantu



- Celková hodnota GWP: $1026 + 1725 = 2751 \text{ kg } CO_{2ekv}/rok$
- Stanovený limit ročních emisí skleníkových plynů: $2852 \text{ kg } CO_{2ekv}/rok$
- Rozdíl limitní hodnota - vypočtená hodnota = $2852 - 2761 = +101 \text{ kg } CO_{2ekv}/rok$

Z výše uvedeného plyne, že v prvotním návrhu je sice dodržen roční limit emisí skleníkových plynů pro rodinný dům, avšak s minimální rezervou, která činí 3,5%. Abychom se však skutečně přiblížili reálnému návrhu, je třeba počítat s nepřesnostmi ve výpočtu celkového GWP navrhovaného objektu. Tyto nepřesnosti se týkají hlavně doplňkových prvků, které plynou ze zpracování výkresové dokumentace (obzvláště detailů) a které nebyly ve výpočtu uvažovány. Do výpočtu dále nebyly ani dle dané metodiky zahrnuty systémy TZB, které v sobě také jisté emise. V následující kapitole budou proto navržena opatření, která budou mít za cíl dále snížit GWP a tím vytvořit dostatečnou emisní rezervu, která pokryje nepřesnosti výpočtu uvedené podrobněji v závěru práce.

Vzhledem k výsledkům prezentovaným v kapitole 6.1 je na místě využít více ekologičtějších materiálů pro nosné konstrukce a tím případně docílit větší emisní rezervy pro fázi výstavby. Pro fázi provozu bude zjišťováno, zda a o kolik se změní GWP v případě využití jiného OZE.

6.2 Návrh opatření

6.2.1 Opatření pro fázi výstavby

Při vyhodnocení návrhu v kapitole 6.1 bylo zjištěno, že velký podíl na celkové hodnotě GWP pro fázi provozu mají nosné konstrukce (svislé i vodorovné) a nenosné konstrukce, které byly navrženy původně jako zděné. Je tedy na místě zvolit jako nosnou konstrukci jiný ekologicky příznivější materiál, kterým je dřevo. Nad dřevostavbou bylo již v počátku návrhu uvažováno, ale s ohledem na rozpony stropů byla zvolena zděná konstrukce, která se jevila jako ekonomičtější variantou díky menší spotřebě materiálu. Do dispozice obývacího pokoje v půdorysu 1.NP bude tedy přidán dřevěný sloup 200/200 a průvlak 300/200, čímž se zmenší rozpon stropu z původních 7m na 3,5m. Ostatní rozpony mají maximálně 3,6m, takže navržený průřez stropního nosníku bude 260/180. Navržená dřevostavba bude systému 2x4 s minerální tepelnou izolací, která je ponechána z původního návrhu, neboť z výsledků plyne, že nejvyšší podíl na GWP má právě nosný systém. Pro nově vzniklý návrh bude ponechána základová konstrukce ze železobetonu. Nově navržené skladby, kterými jsou obvodový plášť, nosné a nenosné příčky a vodorovná konstrukce stropu mezi podlažími, budou vyhovovat stávajícím tepelně-technickým požadavkům stanoveným v kapitole 6.2.

6.2.1.1 Obvodový plášť

- jemná štuková omítka tl. 10 mm
- hrubá štuková omítka na rákosové rohoži tl. 15 mm
- záklop OSB deska tl. 12,5 mm
- instalační mezera - vzduchová dutina - tl. 50 mm
- záklop OSB deska tl. 12,5 mm

- nosník smrk 160/120 s výplní z tepelné izolace minerální vláknité tl. 160 mm
- tepelná izolace minerální vláknitá tl. 100 mm
- záklop sádrovláknitá deska Fermacell tl. 15 mm
- tepelně izolační omítka tl. 10 mm

Součinitel prostupu tepla obvodového pláště má hodnotu $U = 0,121 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

6.2.1.2 Strop mezi podlažími

- podhled dřevovláknitá deska tl. 10 mm
- nosník dřevěný tl. 260 mm
- záklop nosníku - 2x OSB deska křížem sešroubovaná - 2x15 mm
- kročejová izolace tl. 50 mm
- separační PE folie tl. 2 mm
- cementový potěr s rozptýleným vláknem tl. 50 mm
- separační PE folie tl. 2 mm
- dřevěné MDF desky tl. 20 mm

Součinitel prostupu tepla konstrukce není posuzován.

6.2.1.3 Příčky nosné

- SDK deska tl. 12,5 mm
- dřevěný trámeček smrk 160/120 vyplněný minerální izolací tl. 160 mm
- OSB deska tl. 12,5 mm
- SDK deska tl. 12,5 mm

Součinitel prostupu tepla konstrukce není posuzován.

6.2.1.4 Příčky nenosné - systém KNAUF W111

- SDK deska tl. 12,5 mm
- stojky s minerální izolační výplní tl. 100 mm
- OSB deska tl. 12,5 mm
- SDK deska tl. 12,5 mm

Součinitel prostupu tepla konstrukce není posuzován.

6.2.2 Opatření pro fázi provozu

Již na počátku návrhu byla snaha o minimalizování tepelných ztrát a tím i potenciálu globálního oteplování ve fázi provozu tím, že byl objekt navržen jako pasivní s nuceným větráním s rekuperací a proto další snaha o eliminaci tepelných ztrát by nemusela být ekonomicky výhodná. Do objektu bylo

jako zdroj tepla navrženo tepelné čerpadlo vzduch-voda poháněné elektrickou energií, opatření pro fázi provozu bude tedy spočívat ve výměně tohoto tepelného zdroje za kotel na pelety s uvažovanou účinností 90% a s celkově nižšími svázanými emisemi při výrobě tepelné energie.

Pokud však navržená opatření nepovedou k vytvoření dostatečné rezervy uhlíkových emisí, bude muset být navrženo i jiné opatření ve fázi provozu, které by mohlo například spočívat v tom, že část potřeb elektrické či tepelné energie by byla pokryta pomocí solární energie, kde by se však musela řešit akumulace této energie, což by mohlo vést k ekonomicky nevýhodnému návrhu.

6.3 Environmentální posouzení opatření

V této kapitole dojde nejprve k posouzení opatření ve fázi výstavby, kde bude proveden výpočet GWP pro tuto fázi. Dále bude vypočtená hodnota GWP přičtena k hodnotě GWP pro fázi provozu z první varianty, a poté bude provedeno porovnání s uhlíkovým rozpočtem pro rodinný dům.

6.3.1 Fáze výstavby

Pro fázi výstavby bylo stejně jako v kapitole 6.5.1 stanoveno dílčími výpočty celkové množství GWP pro všechny konstrukce:

Tabulka 7.3.1 – Výpočet GWP 2. varianty pro fázi výstavby

	tloušťka materiálu [m]	výměra materiálu [m ²]	objemová hmotnost materiálu [kg/m ³]	tíha použitého materiálu [kg]	GWP materiálu [kgCO ₂ /kg] [18]	celkový GWP [kg CO ₂ ekv]	
Základová kce vč. HI							
Železobeton	[m ³]	1	23,2	2385	55332,0	0,11	6086,52
Hydroizolace asfaltový pás A330H		0,008	105	1220	1024,8	0,66	676,37
XPS zateplení soklu		0,12	48,4	25	145,2	3,82	554,66
Ostatní vrstvy podlahy 1.NP							
Tepelná izolace minerální vlna		0,22	83,4	32	587,14	1,13	663,46
Separční folie PE celkem 2x		0,006	83,4	960	480,38	1,95	936,75
Betonová mazanina		0,05	83,4	2380	9924,60	0,11	1091,71
Penetrační nátěr		0,0005	83,4	1800	75,06	2,74	205,66
Lepidlo na dlažbu		0,01	38,8	1200	465,60	0,47	218,83
Keramická dlažba		0,01	38,8	2000	776,00	0,78	605,28
laminované MDF desky		0,02	44,6	780	695,76	0,64	445,29
Svislé nosné obvodové kce							
Dřevěné sloupky 120/160 smrk, 92ks/NP		0,16	71,72	400	4589,81	0,19	872,06
Dřevěný sloup 200/200 smrk, 1ks		0,2	0,56	400	44,80	0,19	8,51
Svislé nenosné obvodové kce (od int)							
Omítka sádrová jemná + hrubá na rákos. rohoži		0,04	199,08	1800	14333,76	0,08	1146,70
Záklop OSB deska celkem 2x		0,025	212,85	650	3458,81	0,48	1660,23
Minerální vata ve dvou vrstvách		0,26	212,85	32	1770,91	1,13	2001,13

Sádrovláknitá deska		0,015	199,08	1000	2986,20	0,29	866,00
Omítka vnější tepelně izolační		0,01	199,08	1800	3583,44	0,77	2759,25
Vodorovné nosné kce (bez střechy) vč. povrchu							
Dřevěný průvlak 200/300 smrk, 2ks		0,3	1,40	400	168,00	0,19	31,92
Nosník dřevěný 160/220 smrk $\Sigma = 24$ ks		0,22	13,44	400	1182,72	0,19	224,72
Podhled dřevovláknitá deska		0,01	80,18	300	240,54	0,19	45,70
Vodorovné nenosné konstrukce (bez střechy)							
Tuhé desky - záklop nosníku - OSB $\Sigma = 2$ ks		0,03	80,18	650	1563,51	0,48	750,48
Kročejová izolace MV mezi a nad nosník		0,25	80,18	32	641,44	1,13	724,83
Betonová mazanina		0,05	80,18	2380	9541,42	0,11	1049,56
Separáční folie PE, $\Sigma = 2$ ks		0,0008	80,18	960	61,58	1,95	120,08
laminované MDF desky		0,02	69,90	780	1090,44	0,64	697,88
Lepidlo na dlažbu		0,01	10,28	1200	123,36	0,47	57,98
Keramická dlažba		0,01	10,28	2000	205,60	0,78	160,37
Nosná kce střechy (krovu) vč. povrchu							
Krokev 140/200 smrk, 30ks		0,2	25,20	400	2016,00	0,19	383,04
Vaznice a pozednice 160/240 smrk, 5ks		0,2	18,00	400	1440,00	0,19	273,60
Nosný sloupek 160/160 smrk, 3ks		0,16	1,30	400	82,94	0,19	15,76
Kleštiny 120/80 smrk, 30ks		0,12	6,00	400	288,00	0,19	54,72
Pásy 100/160 smrk, 18ks		0,16	1,80	400	115,20	0,19	21,89
Záklop OSB		0,0125	162,00	650	1316,25	0,48	631,80
Parozábrana Bitalbit		0,0035	162,00	960	544,32	1,94	1055,98
Podhled dřevovláknitá deska		0,01	128,34	300	385,02	0,19	73,15
Nenosná kce střechy (od nosníku)							
Tepelná izolace MV mezi a nad krokve		0,35	162,0	32	1814,40	1,13	2050,27
Difúzní folie		0,005	162,0	960	777,60	1,95	1516,32
Kontralatě a střešní latě		0,1	64,8	400	2592,00	0,19	492,48
OSB deska – podklad pro krytinu		0,0125	162,0	650	1316,25	0,48	631,80
Střešní krytina		0,005	162,0	1220	988,20	0,66	652,21
Příčky nenosné							
SDK deska		0,0125	132,4	1000	1654,94	0,35	579,23
Stojky s minerální vatou (GWP/m ²)		0,1	132,4	4,534	60,03	19,71	2609,51
OSB deska		0,0125	132,4	650	1075,71	0,19	204,38
SDK deska		0,0125	132,4	1000	1654,94	0,35	579,23
Příčky nosné							
SDK deska		0,0125	75,95	1000	949,38	0,35	332,28
Dřevěné trámký smrk 160/120		0,16	75,95	400	4860,80	0,19	923,55
Minerální vata		0,2	75,95	32	486,08	1,13	549,27
SDK deska		0,0125	75,95	1000	949,38	0,35	332,28
Schodiště a zábradlí							
Nosná konstrukce schodiště dřevěné [m ³]		1	3,48	400	1392,00	0,19	264,48
Kročejová izolace minerální		0,1	4,80	32	15,36	1,13	17,36
Dřevěná konstrukce schodiště doplňková		0,02	4,80	400	38,40	0,19	7,30
Separáční folie PE celkem 2x		0,006	4,80	960	27,65	1,95	53,91

Dřevěná konstrukce zábradlí	[m ³]	1	0,79	400	316,80	0,19	60,19
Otvory							
Okna dřevěná s trojskly		17 ks		29kg/ks	493,0	1,89	931,77
Dveře vnější dřevěno-hliníkové		2 ks		77kg/ks	154,0	2,24	344,96
Dveře vnitřní dřevěné		7 ks		68kg/ks	476,0	1,33	633,08
Celkem	[kg CO ₂ ekv]						40937,7

Pro výpočet roční hodnoty GWP bude uvažována stejná referenční životnost materiálů jako u původního návrhu, tedy 50 let, takže roční GWP bude:

$$40937,7/50 = 819 \text{ kgCO}_{2ekv}$$

Pro fázi výstavby bude roční potenciál globálního oteplování (GWP) 819 kgCO_{2ekv}.

6.3.2 Fáze provozu

Pro fázi provozu posloužily stejně jako při prvotním návrhu hodnoty potřeb energií z kapitoly 6.4. Pro výrobu tepelné energie kotlem na pelety byla uvažována účinnost 90% s emisním faktorem 0,0147 kgCO_{2ekv}/MJ [17]. Elektrická energie bude do objektu dodávána z napojení na místní síť, proto emisní faktor je uvažován jako pro mix výroby elektrické energie v ČR a to 0,211 kg CO_{2ekv}/MJ. Tabulka 7.3.2 zobrazuje výpočet GWP pro fázi provozu.

Tab. 7.3.2 - Výpočet GWP 2. varianty pro fázi provozu

FÁZE PROVOZU - VÝPOČET GWP					
Pro výrobu tepelné energie (kotel na pelety s účinností 90%) = 0,0147 kg CO _{2ekv} / MJ					
Pro výrobu elektrické energie (mix ČR) = 0,211 kg CO _{2ekv} /MJ					
Typ energie	Zdroj	Potřeba tepelné resp. elektrické energie [kWh]	Dodaná tepelná resp. elektrická energie [kWh]	Dodaná tepelná resp. elektrická energie [MJ]	GWP [kgCO _{2ekv} /rok]
Vytápění	kotel na pelety	2149	2387,8	8596	126,36
TUV	kotel na pelety	2200	2444,4	8800	129,36
Osvětlení	mix ČR	645	645	2322,00	489,94
Pomocné	mix ČR	100	100	360,00	75,96
Celkem					821,62

Pro fázi provozu bude roční potenciál globálního oteplování (GWP) 822 kgCO_{2ekv}.

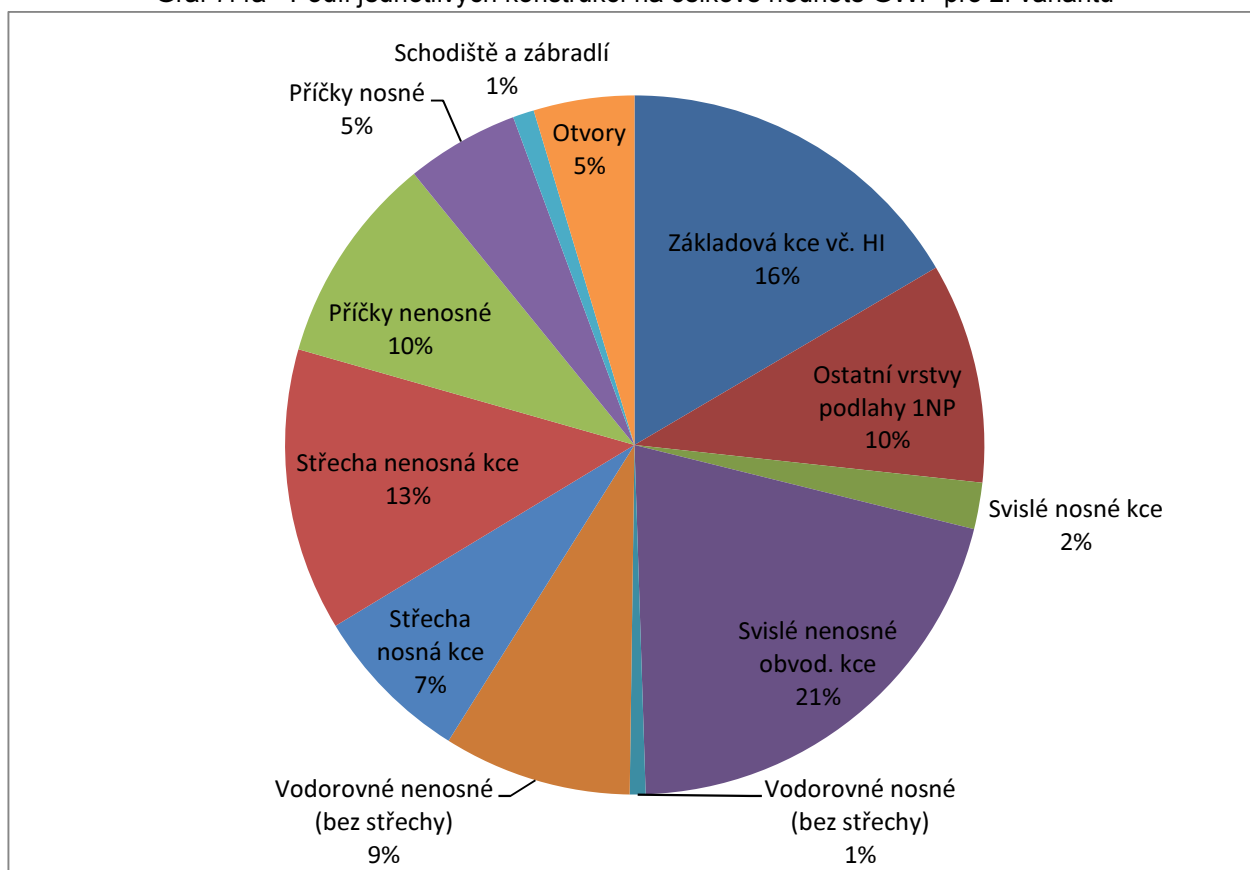
6.4 Vyhodnocení opatření

V této kapitole bude provedeno srovnání vypočtené hodnoty GWP pro 2. variantu návrhu s limitní hodnotou - uhlíkovým rozpočtem pro rodinný dům.

- Fáze výstavby: 819 $kgCO_2ekv/rok$

Graf 7.4a vyobrazuje podíl jednotlivých částí konstrukcí na celkovém GWP pro fázi výstavby. Je patrné, že se podařilo značně minimalizovat podíl nosných konstrukcí na celkovém GWP. Největší podíl na GWP mají nyní nenosné obvodové konstrukce, což je dáno především zateplením minerální izolací a tepelně izolační fasádní omítkou. Z grafu lze vidět, že všechny ostatní nenosné konstrukce mají vyrovnaný podíl na celkové hodnotě GWP. Díky tomu, že se v tomto návrhu jedná o dřevostavbu s celkově nižší hodnotou GWP, zvětšil se podíl železobetonové základové konstrukce na celkovém GWP z 12% na 16%. Hlavní cíl opatření byl splněn a to, že nosné konstrukce nyní mají minimální podíl na celkovém GWP.

Graf 7.4a - Podíl jednotlivých konstrukcí na celkové hodnotě GWP pro 2. variantu

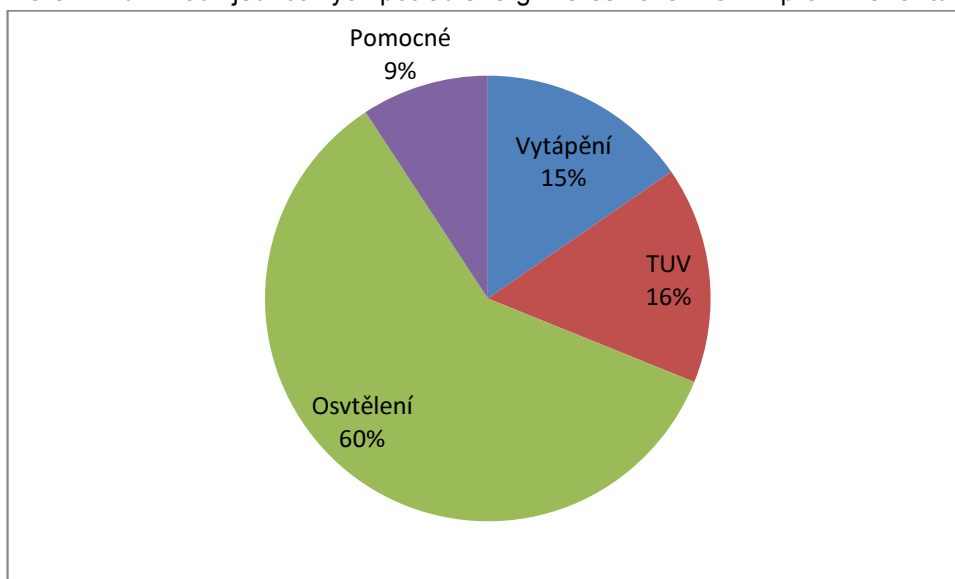


- Fáze provozu: 822 $kgCO_2ekv/rok$

Graf 7.4b zobrazuje podíl jednotlivých potřeb energií na celkové hodnotě GWP. Potřeba TUV a na vytápění mají nyní podstatně menší podíl na celkové hodnotě GWP pro fázi provozu oproti první

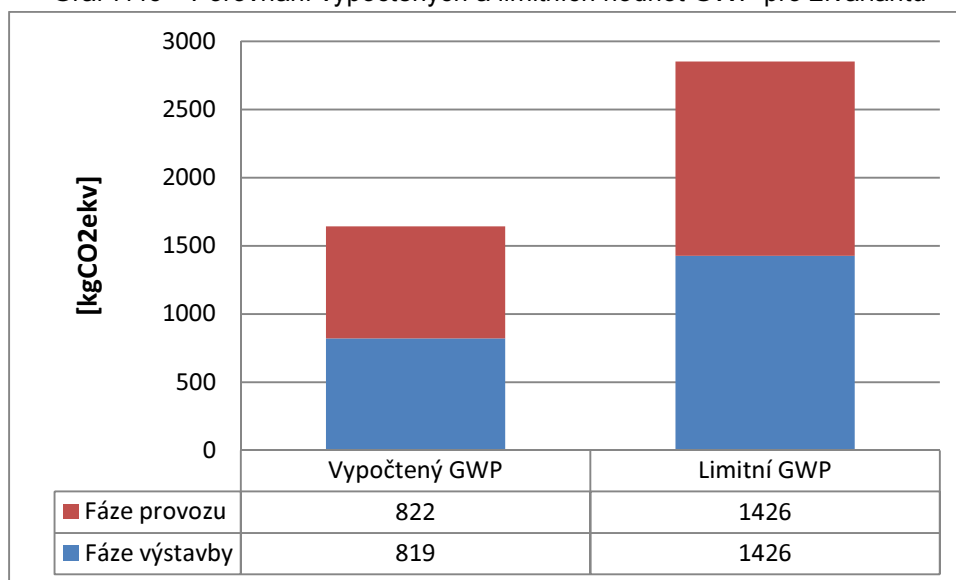
variantě, je tedy vidět, že změnou tepelného zdroje lze výrazně eliminovat potenciál globálního oteplování..

Graf 7.4b – Podíl jednotlivých potřeb energií na celkovém GWP pro 2. variantu



Vypočtené dílčí hodnoty GWP jsou nyní sečteny a porovnány s hodnotami GWP, které jsou limitní pro rodinný dům, graf 7.4c zobrazuje výsledky graficky:

Graf 7.4c – Porovnání vypočtených a limitních hodnot GWP pro 2. variantu



- Celková hodnota GWP: $819 + 822 = 1641 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
- Stanovený limit ročních emisí skleníkových plynů: $2852 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
- Rozdíl limitní hodnota - vypočtená hodnota = $2852 - 1641 = +1211 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$

Z výše uvedeného plyne, že v druhém návrhu je dodržen roční uhlíkový rozpočet pro RD s emisní rezervou 42%.

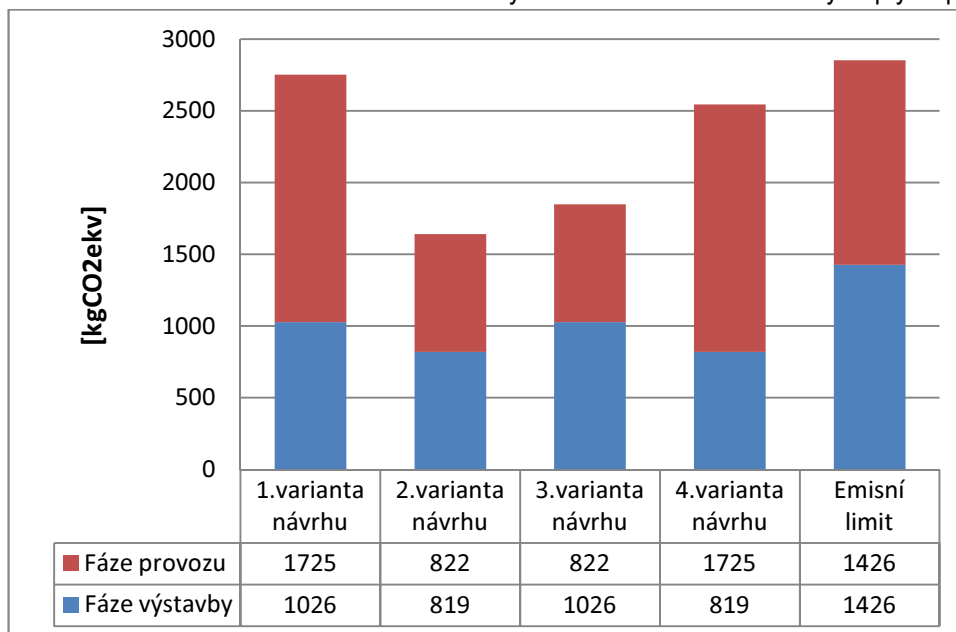
7 POROVNÁNÍ VARIANT NÁVRHU A CELKOVÉ VYHODNOCENÍ

V této kapitole jsou prezentovány výsledky výpočtu GWP obou navrhovaných variant a dále vzniklé kombinace navržených opatření, tedy 3. a 4. návrh. Na konci kapitoly jsou tyto kombinace porovnány se stanoveným limitem ročních emisí skleníkových plynů pro rodinný dům.

- 1.varianta návrhu:
 - fáze výstavby - zděná stavba: $1026 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - fáze provozu - zdroj tepelné čerpadlo: $1725 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - celkové GWP návrhu: $2751 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - rezerva oproti uhlíkovému rozpočtu: 3,5 %
- 2.varianta návrhu:
 - fáze výstavby - dřevostavba: $819 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - fáze provozu - zdroj kotel na pelety: $822 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - celkové GWP návrhu: $1641 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - rezerva oproti uhlíkovému rozpočtu: 42 %
- 3.varianta návrhu:
 - fáze výstavby - zděná stavba: $1026 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - fáze provozu - zdroj kotel na pelety: $822g \text{ CO}_{2ekv}/rok$
 - celkové GWP návrhu: $1848 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - rezerva oproti uhlíkovému rozpočtu: 35 %
- 4.varianta návrhu:
 - fáze výstavby - dřevostavba: $819 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - fáze provozu - zdroj tepelné čerpadlo: $1725kg \text{ CO}_{2ekv}/rok$
 - celkové GWP návrhu: $2544 \text{ kg CO}_{2ekv}/rok$
 - rezerva oproti uhlíkovému rozpočtu: 11 %

Na následující stránce prezentuje graf 8.a výsledky graficky a srovnává se stanoveným emisním limitem:

Graf 8a - Porovnání variant návrhu se stanoveným limitem emisí skleníkových plynů pro RD



Z výše uvedeného je, že se již v prvotním návrhu podařilo dodržet stanovenou limitní hodnotu ročních svázaných emisí, avšak s minimální rezervou a to 6 %. Vzhledem k tomu, že do výpočtu nebyly zahrnuty některé doplňující konstrukce a prvky, které vyplynuly ze zpracování detailů, ani systémy TZB, je otázkou, zda může být tato varianta vyhodnocena jako použitelná pro reálný návrh. V případě 4. varianty, kde se jedná o dřevostavbu s tepelným čerpadlem jako zdrojem tepla, vznikla po výpočtu celkového GWP emisní rezerva 11 %. V ohledu minimalizace emisí se jeví jako nejvíce příznivá 2. varianta návrhu s rezervou 42 %, kde je objekt navržen jako dřevostavba a zároveň jako tepelný zdroj slouží kotel na pelety. 3. varianta návrhu, kdy je objekt navržen jako zděný a opět je jako tepelný zdroj použit kotel na pelety, se také jeví velmi příznivě díky rezervě 35 %.

Lze vidět, že navržení dřevostavby místo cihlového domu vede ke snížení celkového potenciálu globálního oteplování o 5-7% (vlivem zaokrouhlování se hodnoty jednotkově liší), což se na první pohled nezdá být mnoho. Pokud však vezmeme v potaz, že kotel na pelety produkuje vysoké množství emisí pevných prachových částic, proto se nedá používat po celé ČR (nehledě na uživatelský komfort kotle na pelety oproti tepelnému čerpadlu), zbývají pro plošné využití pouze dvě varianty návrhu - první a čtvrtá - a zde už bude tento zdánlivě nepatrný rozdíl v rezervě hrát velkou roli při podrobném výpočtu celkového GWP.

Za optimální volím variantu 4. - dřevostavba s tepelným čerpadlem jako zdrojem tepla, neboť je použitelná na celém území ČR, je uživatelsky komfortní a se svou 10,5 % emisní rezervou by mohla obstát v reálném návrhu a environmentálním posouzení.

8 ZÁKLADNÍ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Základní výkresová dokumentace byla zpracována pro 4. variantu návrhu - dřevostavbu s tepelným čerpadlem. Viz samostatné přílohy výkresové dokumentace:

Půdorys 1.NP

Půdorys 2.NP

Řez A-A'

Detaily D1-D4

Tabulka skladeb

Pohledy

9 ZÁVĚR

9.1 Shrnutí výsledků

Z výpočtů plyne, že při návrhu menšího rodinného domu lze i s běžně dostupnými materiály dodržet požadavky na roční emise skleníkových plynů. Lze vidět, že se jeví jako výhodnější pro snížení emisí při výstavbě používat více přírodních materiálů pro nosné konstrukce, avšak očekávala jsem výraznější redukci GWP ve fázi výstavby v případě použití dřevostavby.

Co se týče samotného provozu budovy, z výpočtu se dá usoudit, že je přínosné již na počátku směřovat budovu do energeticky vyšší energetické třídy a navrhovat budovu jako pasivní, čímž se dají eliminovat tepelné ztráty a tím i potenciál globálního oteplování. Velký podíl na celkové hodnotě GWP nese také způsob přeměny energonositele, což je v případě OZE příznivé pro jeho snížení. Avšak i zde je třeba rozlišovat mezi jednotlivými typy OZE, neboť výpočtů lze vidět jak velký rozdíl vzniká za použití tepelného čerpadla nebo kotle na pelety. Dalo by obecně se říci, že pokud navrhujeme rodinný dům, který bude mít za zdroj tepla OZE a bude větrán nuceně s vysokou účinností rekuperace, projeví se ušetřená energie v průběhu celé životnosti stavby značnou redukcí celkového uhlíkového rozpočtu.

9.2 Diskuze

Je třeba si však uvědomit, že při zpracování základní výkresové dokumentace, obzvláště detailů, se objevily další materiály a doplňující konstrukce či jejich části, které do výpočtu nebyly zahrnuty (například spojovací a klempířské prvky, geotextilie, kačírek, betonový obrubník při soklu, okapy a potrubí pro odvod dešťové vody, žaluzie apod.). Do výpočtu nebyly dále zahrnuty ani systémy TZB (tepelný zdroj, zásobník na vodu, potrubí pro vodovod, kanalizaci, větrání, zemní plyn a elektřinu). Před realizací stavby je tedy nutné provést přepočtení potenciálu globálního oteplování a zahrnout do něho všechny prvky, které náleží ke stavbě, poté výsledek porovnat se stanoveným limitem ročních emisí skleníkových plynů a případně provést další opatření, která by vedla ke snížení emisí. V případě opatření při výstavbě by to mohlo být například to, že jako tepelně-izolační materiál by se použila dřevovláknitá tepelná izolace jakožto více přírodní materiál, namísto stávající minerální izolace. V případě opatření při provozu by se dala část tepelné či elektrické energie vyrábět solárně nebo by mohla být navržena kombinace vytápění tepelným čerpadlem a krbovými kamny.

Dalšími nejistotami, které mají vliv na výpočet, jsou potom data související s výpočtem tepelných ztrát (teplota, solární zisky, apod.), neboť vychází z průměrných naměřených hodnot z předchozích let a dále také stanovené hodnoty spotřeb energií (TUV a elektřiny), které vychází z předpisů a

nikoliv z reálných potřeb uživatelů, proto se reálná spotřeba energií může lišit, čímž se potom může lišit i samotná hodnota GWP.

Lze usoudit, že pokud by se každý rodinný dům, který se v budoucnu bude stavět, blížil stejné či dokonce nižší roční produkci emisí skleníkových plynů, bylo by možné uhlíkovou stopu stavebního průmyslu značně snížit a i při detailnějších a důmyslnějších návrzích by bylo možné limit ročních emisí skleníkových plynů dodržet. Otázkou však zůstává, do jaké míry lze tento závěr aplikovat na větší budovy jiného profilu užívání jako jsou například bytové domy či administrativní budovy.

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ministerstvo životního prostředí. Ministerstvo: Zahraniční vztahy: Mezinárodní smlouvy v oblasti životního prostředí: Pařížská dohoda. www.mzp.cz [online] [cit. 2017-09-22]. Dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda>
- [2] LUPÍŠEK, Antonín, 2016. Potenciál úspor emisí skleníkových plynů ČR pomocí rekonstrukcí budov, České vysoké učení technické v Praze
- [3] UNEP, 2016. The Emissions Gap Report 2016, www.unep.org [online] [cit. 2017-09-30]. Dostupné z <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10572/EGR_Executive%20summary_EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [4] International Energy Agency and UN Environment Programme 2018. The build up: Free tags: Global alliance for buildings and construction. www.buildup.eu [online] [cit. 2017-09-29]. Dostupné z <<http://www.buildup.eu/en/free-tags/gabc-global-alliance-buildings-and-construction>>
- [5] Ekowatt. Služby: Certifikace budov. [online] [cit. 2017-09-30]. Dostupné z <<http://ekowatt.cz/cz/sluzby/Certifikace-budov-LEED-BREEAM>>
- [6] E-průkaz. Pojmy z oblasti PENB: Legislativa. [online] [cit. 2019-04-29]. Dostupné z <<https://www.eprukaz.cz/meli-byste-vedet/legislativa-penb.html>>
- [7] Soběstačný dům. Archiv článků. [online] [cit. 2019-04-29]. Dostupné z <<http://www.sobestacny-dum.cz/pasivni-nulove-a-aktivni-domy-je-mezi-nimi-rozdil/>>
- [8] Population Reference Bureau. 2016 World Population Data Sheet. www.prb.org [online] [cit. 2017-09-27]. Dostupné z <<http://www.prb.org/pdf16/prb-wpds2016-web-2016.pdf>>
- [9] Šance pro budovy. Studie: Analýzy: Potenciál úspor emisí skleníkových plynů ČR. [www.sanceprobudovy.cz](http://sanceprobudovy.cz) [online] [cit. 2017-11-13]. Dostupné z <<http://sanceprobudovy.cz/assets/files/honza/potencial%20snizovani%20emisi%20z%20budov%20uceeb.pdf>>
- [10] ČHMÚ. Český hydrometeorologický ústav: Historická data: Počasí: Měsíční data. [www.portal.chmi.cz](http://portal.chmi.cz) [online] [cit. 2018-11-12]. Dostupné z <<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>>
- [11] Katedra pozemních staveb, stavební fakulta ČVUT. Tabulka excel Klima_v1_spj1: podklady pro cvičení SPB1. www.kps.cvut.cz [online] [cit. 2018-11-12]. Dostupné z <<https://kps.fsv.cvut.cz/?Tok=dd6e8572e8d2e75b0d1600b736dfb174&Sign=4295ef2f661da47806a393665d03e0e1>>
- [12] STANĚK, Kamil. Výpočet potřeby tepla: Podklady pro cvičení SPB1. www.ksp.fsv.cvut.cz [online] [cit. 2018-10-30]. Dostupné z <<https://kps.fsv.cvut.cz/?Tok=988bcdc6032dbbd0886eb735d4a6a988&Sign=8ad73e4c5ea6089661f7b425758c553a>>
- [13] Slavona. Slavona: Reference: Pasivní domy: Pasivní dům Vějíř. www.slavona.cz [online] [cit. 2018-10-30]. Dostupné z <<https://www.slavona.cz/reference-nizkoenergetocke-pasivni-domy/pasivni-dum-vejir.html>>

- [14] AB klimatizace. Nabídka služeb: Tepelná čerpadla: www.abklimatizace.cz [online] [cit. 2019-04-29]. Dostupné z <https://www.abklimatizace.cz/nabidka-sluzeb/tepelna-cerpadla/1148-yutaki-m-monoblok-p.html> > *převzato a mnou upraveno v programu Malování*
- [15] TNI 73 0329, 2010. Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy
- [16] TNI 73 0331, 2013. Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
- [17] Katedra pozemních staveb, stavební fakulta ČVUT. Tabulka Emisní a konverzní faktory - podklady pro cvičení INB1. www.kps.cvut.cz [online] [cit. 2019-03-01]. Dostupné z <https://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=vyuka&sub=obor&type=ob&kod=124INB1&cviceni=62> >
- [18] Envimat. www.envimat.cz [online] [cit. 2019-03-01]. Dostupné z <http://www.envimat.cz/materialy/> >

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Půdorys 1. NP 1:100, str. 20

Obrázek 2 – Půdorys 2. NP 1:100, str. 21

Obrázek 3 – Řez A-A' 1:100, str. 22

12 SEZNAM TABULEK

Tabulka 3.2.1 – Globální uhlíkový rozpočet pro jednotlivé roky pro cíl nepřekročení 2 °C, str. 14

Tabulka 5.1 - Celkový a dílčí uhlíkový rozpočet v jednotlivých letech pro jednu osobu pro klimatický cíl 2 °C, str. 17

Tabulka 5.2 - Uhlíkový rozpočet pro typický rodinný dům v ČR pro jednotlivá období, str. 17

Tabulka 6.2.1 - Tabulka ploch konstrukcí, str. 23

Tabulka 6.2.1.1 - Výpočet měrného tepelného toku $H_T [W/K]$ pro referenční variantu, str. 23

Tabulka 6.2.1.2a - Výpočet součinitelů prostupu tepla $U_w [W/m^2/K]$ pro jednotlivé okenní otvory dle ploch ráků a zasklených ploch, str. 25

Tabulka 6.2.1.2b - Výpočet měrného tepelného toku $H_T [W/K]$ pro variantu 1, str.25

Tabulka 6.2.1.2c - Výpočet objemu jednotlivých podlaží objektu, str. 26

Tabulka 6.2.1.2d - Klasifikace objektu pro variantu 1, str.26

Tabulka 6.2.1.3a - Výpočet měrného tepelného toku $H_T [W/K]$ pro variantu 2, str.27

Tabulka 6.2.1.3b - Klasifikace objektu pro variantu 2, str.27

Tabulka 6.2.2.1 - Výpočet tepelných ztrát prostupem $Q_p [kWh]$, str.28

Tabulka 6.2.2.2a - Výchozí předpoklady pro výpočet tepelných ztrát větráním, str.28

Tabulka 6.2.2.2b - Vypočtené hodnoty dílčích tepelných toků a měrného tepelného toku, str.29

Tabulka 6.2.2.2c - Výpočet $Q_v [kWh]$, str.29

Tabulka 6.2.2.3a - Tepelné ztráty $Q_p [kWh]$ a $Q_v [kWh]$ pro jednotlivé měsíce roku, str.30

Tabulka 6.2.2.4a - Dávka slunečního záření v jednotlivých měsících $H [kWh/m^2]$ pro Prahu, str. 31

Tabulka 6.2.2.4b -Plochy a redukované plochy oken v budově [m^2], str. 32

Tabulka 6.2.2.4c -Výpočet korekčního součinitele rámu, str. 32

Tabulka 6.2.2.4d -Solární zisky v jednotlivých měsících roku, str. 32

Tabulka 6.2.2.5a -Tepelné zisky Q_{sol} [kWh] a Q_{int} [kWh] pro jednotlivé měsíce roku, str.33

Tabulka 6.2.2.5c - Celkové a redukované tepelné zisky v průběhu roku, str. 34

Tabulka 6.2.2.6a - Bilance tepelných zisků a ztrát v průběhu roku vč. hodnot měrných potřeb tepla, str.35

Tabulka 6.5.1 - Výpočet GWP 1. varianty pro fázi výstavby, str. 41

Tabulka 6.5.2 - Výpočet GWP 1. varianty pro fázi provozu, str. 43

Tabulka 7.3.1 - Výpočet GWP 2. varianty pro fázi výstavby, str. 48

Tabulka 7.3.2 - Výpočet GWP 2. varianty pro fázi provozu, str. 50

13 SEZNAM GRAFŮ

Graf 6.2.2.3b –Dílčí a celkové tepelné ztráty v průběhu roku, str. 30

Graf 6.2.2.5b - Dílčí a celkové tepelné zisky v průběhu roku, str. 34

Graf 6.2.2.6b - Bilance tepelných zisků a ztrát v průběhu roku, str.35

Graf 7.1a - Podíl jednotlivých navržených konstrukcí na celkové hodnotě GWP, str. 44

Graf 7.1b - Podíl jednotlivých potřeb energií na celkové hodnotě GWP, str. 45

Graf 7.1c - Porovnání vypočtených a limitních hodnot GWP pro 1. variantu, str. 45

Graf 7.4a - Podíl jednotlivých navržených konstrukcí na celkové hodnotě GWP pro 2. variantu, str. 51

Graf 7.4b - Podíl jednotlivých potřeb energií na celkové hodnotě GWP pro 2. variantu, str. 51

Graf 7.4c - Porovnání vypočtených a limitních hodnot GWP pro 2. variantu, str. 52

Graf 8.a - Porovnání variant návrhu s uhlíkovým rozpočtem pro rodinný dům, str.53

14 SEZNAM POUŽITÝCH SOFTWAREŮ

Autocad 2015

Microsoft Office Word 2007

Microsoft Office Excel 2007

Teplo EDU, Svoboda software

DEKsoft Akustika

Acrobat Reader DC

Malování

15 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Výpočet faktoru využitelnosti tepelných zisků

Příloha 2– Posudek TEPLO - obvodová stěna varianta cihla

Příloha 3 – Posudek TEPLO - podlaha na zemině

Příloha 4 – Posudek TEPLO - střecha

Příloha 5 – Posudek TEPLO - obvodová stěna varianta dřevo

Příloha 6 – Prohlášení o vlastnostech Heluz Miako nosník

Příloha 7 – Půdorys 1.NP

Příloha 8 – Půdorys 2.NP

Příloha 9 – Detail D1

Příloha 10 – Detail D2

Příloha 11 – Detail D3

Příloha 12 – Detail D4

Příloha 13 – Tabulka skladeb

Příloha 14 – Pohled severní

Příloha 15 – Pohled jižní

Příloha 16 – Pohled východní

Příloha 17 – Pohled západní

Příloha 18 – Výpočet tepelných ztrát prostupem

Příloha 1 - Výpočet faktoru využitelnosti tepelných zisků

Výpočet faktoru využitelnosti tepelných zisků η [-]:

[11]

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

kde γ [-] je poměr tepelných zisků Q_g [kWh] a tepelných ztrát Q_i [kWh] v daném měsíci

a [-] je číselný parametr, platí že kde $a = 1 + \frac{\tau}{15}$

kde τ [h] je časová konstanta vytápěné budovy, platí že $\tau = \frac{c_m / 3600}{H_t + H_v}$

kde $H_t + H_v$ [W/K] je součet tepelných toků prostupem a větráním v daném měsíci,

c_m [J/K] je účinná vnitřní tepelná kapacita zóny, uvažují $c_m = 165000 \times A_f$

kde A_f [m²] je účinná podlahová plocha v budově, $A_f = 71,66$ m²

Dosažení do vzorců a hodnoty faktoru využitelnosti tepelných zisků pro jednotlivé měsíce zobrazuje tabulka 1.1:

Tabulka 1.1 - výpočet faktoru využitelnosti v jednotlivých měsících roku

měsíc	užitná podlahová plocha	tep. tok prostupem	tep. tok větráním	číselný parametr	tepelné zisky	tepelné ztráty	faktor využitelnosti
	A_f [m ²]	H_t [W/K]	H_v [W/K]	a [-]	Q_g [kWh]	Q_i [kWh]	η [-]
leden	71,66	50,51	8,31	4,72	271,41	967,15	1,00
únor	71,66	50,51	8,31	4,72	310,41	826,12	0,99
březen	71,66	50,51	8,31	4,72	354,41	739,59	0,98
duben	71,66	50,51	8,31	4,72	385,41	525,15	0,93
květen	71,66	50,51	8,31	4,72	381,41	323,84	0,75
červen	71,66	50,51	8,31	4,72	347,41	194,81	0,54
červenec	71,66	50,51	8,31	4,72	321,41	122,53	0,38
srpen	71,66	50,51	8,31	4,72	324,41	148,79	0,45
září	71,66	50,51	8,31	4,72	335,41	296,46	0,77
říjen	71,66	50,51	8,31	4,72	323,41	507,64	0,95
listopad	71,66	50,51	8,31	4,72	275,41	719,96	0,99
prosinec	71,66	50,51	8,31	4,72	251,41	875,25	1,00

Příloha 2 - Posudek Teplo - obvodová stěna varianta cihla

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Obvodová stěna...	stěna	8.414	0.116	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Obvodová stěna**

Zpracovatel : Jaroslava Svobodová

Zakázka :

Datum :

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Baumit sádrová	0,0150	0,8800	1000,0	1200,0	10,0	0.0000
2	Porotherm 40 E	0,3000	0,1060	1000,0	640,0	10,0	0.0000
3	Rockwool Airro	0,2000	0,0360	840,0	50,0	3,5	0.0000
4	Cemix TZ - Sil	0,0100	0,8680	840,0	1750,0	24,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Baumit sádrová štuková omítka	---
2	Porotherm 40 EKO na maltu Porotherm TM	---
3	Rockwool Airrock ND	---
4	Cemix TZ - Silikátová zatíraná omítka	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W

dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W

dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : 5.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20.6 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 80.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	T_{ai} [C]	RHi [%]	P_i [Pa]	T_e [C]	RHe [%]	P_e [Pa]	
1	31	744	20.6	44.0	1067.1	-2.4	81.2	406.1
2	28	672	20.6	46.1	1118.0	-0.9	80.8	457.9
3	31	744	20.6	49.4	1198.0	3.0	79.5	602.1
4	30	720	20.6	53.9	1307.2	7.7	77.5	814.1
5	31	744	20.6	60.8	1474.5	12.7	74.5	1093.5
6	30	720	20.6	66.5	1612.7	15.9	72.0	1300.1
7	31	744	20.6	69.4	1683.1	17.5	70.4	1407.2
8	31	744	20.6	68.5	1661.2	17.0	70.9	1373.1
9	30	720	20.6	61.8	1498.8	13.3	74.1	1131.2
10	31	744	20.6	54.5	1321.7	8.3	77.1	843.7
11	30	720	20.6	49.3	1195.6	2.9	79.5	597.9
12	31	744	20.6	46.6	1130.1	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: T_{ai} , RHi a P_i jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a T_e , RHe a P_e jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 8.414 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.116 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.14 / 0.17 / 0.22 / 0.32 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 2.2E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_{y^*} podle EN ISO 13786 : 2877.2

Fázový posun teplotního kmitu Ψ_{si^*} podle EN ISO 13786 : 20.5 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 20.15 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0.971

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25$ m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T_{si} [C]	f_{Rsi}	RH_{si} [%]
	$T_{si,m}$ [C]	$f_{Rsi,m}$	$T_{si,m}$ [C]	$f_{Rsi,m}$			
1	11.2	0.593	7.9	0.449	19.9	0.971	45.8
2	12.0	0.598	8.6	0.443	20.0	0.971	47.9
3	13.0	0.569	9.6	0.377	20.1	0.971	51.0
4	14.3	0.515	10.9	0.251	20.2	0.971	55.1
5	16.2	0.446	12.8	0.009	20.4	0.971	61.7
6	17.6	0.369	14.1	-----	20.5	0.971	67.1
7	18.3	0.262	14.8	-----	20.5	0.971	69.8
8	18.1	0.307	14.6	-----	20.5	0.971	68.9
9	16.5	0.435	13.0	-----	20.4	0.971	62.6
10	14.5	0.505	11.1	0.229	20.2	0.971	55.7
11	13.0	0.569	9.6	0.379	20.1	0.971	50.9
12	12.1	0.600	8.8	0.442	20.0	0.971	48.4

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

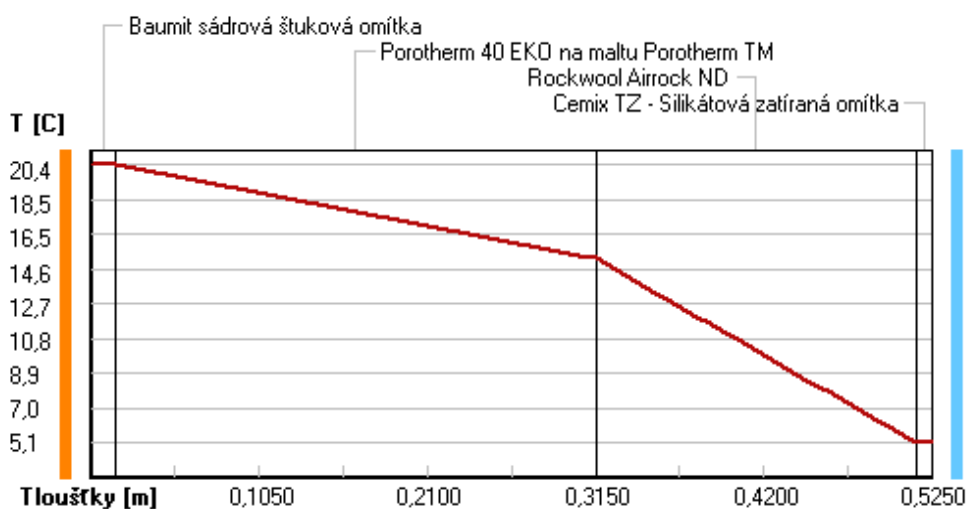
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	e
theta [C]:	20.4	20.3	15.2	5.1	5.1
p [Pa]:	1455	1427	873	742	697
p,sat [Pa]:	2390	2386	1725	878	876

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd : 3.696E-0008 kg/(m2.s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Baumit sádrová	212	153	---	---	---
2	Porothem 40 E	212	153	---	---	---
3	Rockwool Airro	---	---	214	151	---
4	Cemix TZ - Sil	---	---	214	151	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Příloha 3 - Posudek Teplo - podlaha na zemině

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Podlaha na terénu...	podlaha	6.612	0.147	---	---	7.39

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Podlaha na terénu**
Zpracovatel : Jaroslava Svobodová
Zakázka :
Datum :

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha - výpočet poklesu dotykové teploty
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Dlažba keramic	0,0100	1,0100	840,0	2000,0	200,0	0.0000
2	Beton hutný 1	0,0500	1,2300	1020,0	2100,0	17,0	0.0000
3	Minerální vlák	0,2200	0,0360	880,0	50,0	1,2	0.0000
4	A 330 H	0,0080	0,2100	1470,0	1200,0	17000,0	0.0000
5	Železobeton 1	0,1500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
6	Štěrka	0,2000	0,6500	800,0	1650,0	15,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Dlažba keramická	---
2	Beton hutný 1	---
3	Minerální vlákna 1 (po roce 2003)	---
4	A 330 H	---
5	Železobeton 1	---
6	Štěrka	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 5.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 80.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.612 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.147 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumuláční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 7.7E+0011 m/s

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 20.03 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.964**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Pokles dotykové teploty podlahy podle ČSN 730540:

Tepelná jímavost podlahové konstrukce B : 1528.10 Ws/m²K
Pokles dotykové teploty podlahy DeltaT : 7.39 C

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Příloha 4 - Posudek Teplo - střecha

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10 [C]
...	střecha	10.036	0.098	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Název úlohy :
Zpracovatel : Jaroslava Svobodová
Zakázka :
Datum :

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Dřevovláknité	0,0150	0,0750	1630,0	200,0	12,5	0.0000
2	Bitalbit S	0,0035	0,2100	1470,0	1140,0	300000,0	0.0000
3	OSB desky	0,0125	0,1300	1700,0	650,0	50000,0	0.0000
4	Minerální vlák	0,3500	0,0360	880,0	50,0	1,2	0.0000
5	Jutadach 95	0,0002	0,3900	1700,0	460,0	100,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Dřevovláknité desky lisované 1	---
2	Bitalbit S	---
3	OSB desky	---
4	Minerální vlákna 1 (po roce 2003)	---
5	Jutadach 95	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m2K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 5.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 80.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31 744	20.6	44.0	1067.1	-4.4	81.2	342.9

2	28	672	20.6	46.1	1118.0	-2.9	80.8	387.4
3	31	744	20.6	49.4	1198.0	1.0	79.5	521.8
4	30	720	20.6	53.9	1307.2	5.7	77.5	709.4
5	31	744	20.6	60.8	1474.5	10.7	74.5	958.1
6	30	720	20.6	66.5	1612.7	13.9	72.0	1142.9
7	31	744	20.6	69.4	1683.1	15.5	70.4	1239.1
8	31	744	20.6	68.5	1661.2	15.0	70.9	1208.4
9	30	720	20.6	61.8	1498.8	11.3	74.1	991.8
10	31	744	20.6	54.5	1321.7	6.3	77.1	735.7
11	30	720	20.6	49.3	1195.6	0.9	79.5	518.1
12	31	744	20.6	46.6	1130.1	-2.6	80.7	396.8

Poznámka: Tai, RH_i a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RH_e a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Průměrná měsíční venkovní teplota Te byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střešou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 10.036 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.098 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.12 / 0.15 / 0.20 / 0.30 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 8.9E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 193.1

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 8.1 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 20.22 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.976

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
1	11.2	0.626	7.9	0.493	20.0	0.976	45.7
2	12.0	0.632	8.6	0.490	20.0	0.976	47.7
3	13.0	0.613	9.6	0.441	20.1	0.976	50.9
4	14.3	0.580	10.9	0.352	20.2	0.976	55.1
5	16.2	0.558	12.8	0.209	20.4	0.976	61.7
6	17.6	0.557	14.1	0.036	20.4	0.976	67.2
7	18.3	0.552	14.8	-----	20.5	0.976	69.9
8	18.1	0.555	14.6	-----	20.5	0.976	69.1
9	16.5	0.557	13.0	0.185	20.4	0.976	62.7
10	14.5	0.575	11.1	0.336	20.3	0.976	55.7
11	13.0	0.613	9.6	0.442	20.1	0.976	50.8
12	12.1	0.634	8.8	0.490	20.0	0.976	48.2

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

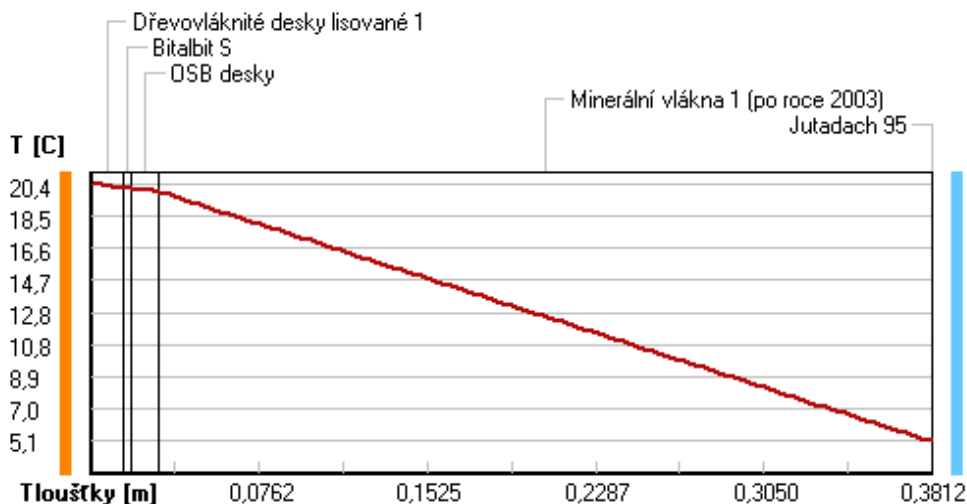
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	20.4	20.1	20.1	20.0	5.1	5.1
p [Pa]:	1455	1455	980	698	698	697
p,sat [Pa]:	2402	2357	2354	2332	876	876

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd : 9.043E-0011 kg/(m2.s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Dřevovláknité	212	122	31	---	---
2	Bitalbit S	212	122	31	---	---
3	OSB desky	365	---	---	---	---
4	Minerální vlák	---	---	275	90	---
5	Jutadach 95	---	---	275	90	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Příloha 5 - Posudek Teplo - obvodová stěna var. dřevo

Název kce	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10 [C]
obvodová stěna...	stěna	6.845	0.143	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Název úlohy : **obvodová stěna**

Zpracovatel : Jaroslava Svobodová

Zakázka :

Datum :

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Baumit sádrová	0,0250	0,8800	1000,0	1200,0	10,0	0.0000
2	OSB desky	0,0125	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
3	Uzavřená vzduc	0,0500	0,2940	1010,0	1,2	0,2	0.0000
4	OSB desky	0,1250	0,1300	1700,0	650,0	12000,0	0.0000
5	Minerální vlák	0,2600	0,0480	880,0	50,0	1,2	0.0000
6	Fermacell	0,0150	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
7	Termo PS	0,0100	0,0800	850,0	1800,0	3,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Baumit sádrová štuková omítka	---
2	OSB desky	---
3	Uzavřená vzduch. dutina tl. 50 mm	---
4	OSB desky	---
5	Minerální vlákna 1 (po roce 2003)	---
6	Fermacell	---
7	Termo PS	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.13 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.04 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te :	-13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	20.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi :	55.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 6.845 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.143 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.16 / 0.19 / 0.24 / 0.34 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 8.0E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 627.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 15.8 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 18.84 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.965

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

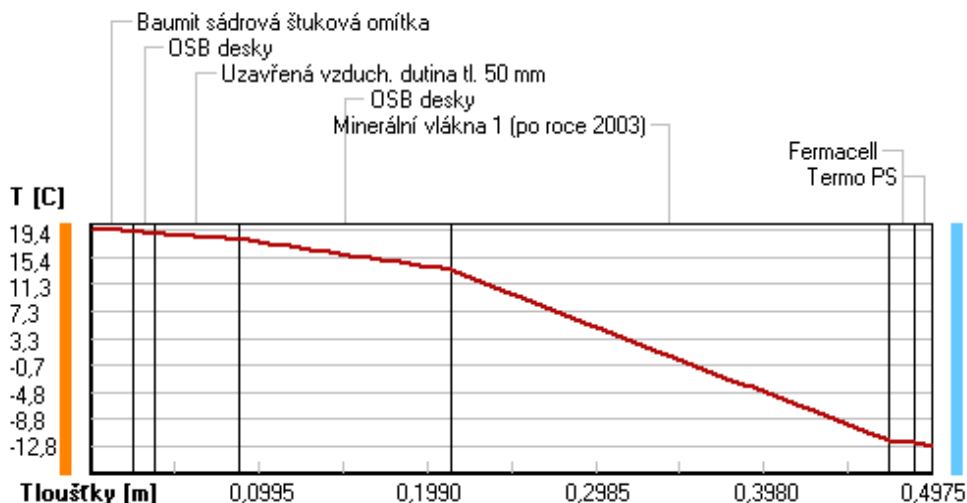
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	19.4	19.3	18.8	18.0	13.5	-12.0	-12.2	-12.8
p [Pa]:	1285	1285	1285	1285	167	166	166	166
p _{sat} [Pa]:	2250	2231	2169	2063	1544	217	212	201

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p_{sat} je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.491E-0010 kg/(m².s)

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplu 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

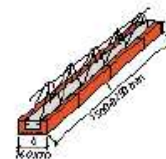
Příloha 6 – Prohlášení o vlastnostech Heluz Miako nosník

PROHLÁŠENÍ O VLASTNOSTECH

VYHLÁŠENIE O PARAMETROCH

DoP Nr. 699

rev. 1



Nosník HELUZ MIAKO - 675

Stropný nosník HELUZ MIAKO - 675

Zobrazené usporiadání je informativní a může být nepatrně pozmeněno.
Zobrazené usporiadanie je informatívne a môže byť nepatrné pozmenené.

1. Jedinečný identifikační kód typu výrobku: **3321.00**

2. Zamýšlené použití /

pro stropní systém z trámů a vložek používaný pro zhotovení stropů

pre stropný systém z trámov vložiek používaný pre zhotovenie stropov v občianskych, priemyselných a

3. Výrobce / Výrobca:

JISTROP-Jihočeské stropy s. r. o. U cihelny 295, CZ 373 65 Dolní Bukovsko IČ: 47239212

Výrobna / Výrobňa: **JISTROP**

5. Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností výrobku / Systém posudzovania a overovania nemennosti parametrov výrobku: **Systém 3**

6a. Harmonizovaná norma: EN 845-2:2013; Oznámený subjekt/oznámené subjekty: 1020 TZÚS Praha, s.p. / Harmonizovaná norma: EN 845-2:2013; Notifikovaný(-é) subjekt(-y): 1020 TZÚS Praha, s.p.

7. Vlastnosti / Parametre:

Základní charakteristiky / Podstatné vlastnosti	Vlastnost / Parametre	Harm. technické specifikace / špecifikácie
Beton / Betón:	Pevnost v tlaku / Pevnosť v tlaku $f_{ck,cube}$ = 30 N/mm ²	EN 15037-1: 2008
	Součinitel spolehlivosti / Súčiniteľ spoľahlivosti γ_c = 1,5 «	
Betonářská výstuž: / Betonárska výstuž:	Mezní pevnost v tahu / Hraničná pevnosť v tahu f_{tk} = 550 N/mm ²	EN 13501-1+A1: 2009
	Mez kluzu / Medza klzu f_{yk} = 500 N/mm ²	
	Součinitel spolehlivosti / Súčiniteľ spoľahlivosti γ_M = 1,15	
Reakce na oheň / Reakcia na oheň	třída A1	EN 1365-2: 1999
Požární odolnost / Požiarna odolnosť:	Stropní systém s omítkou tl. 15 mm REI 180 D1	EN 1992-1-1: 2004
Trvanlivost / Trvanlivosť:	Po omítnutí min. 15 mm Stupeň XC1	

8. Příslušná technická dokumentace a/nebo specifická technická dokumentace / Příslušná technická dokumentácia a / alebo špecifická technická dokumentácia:

Technická dokumentace / technická dokumentácia:

Technická příručka pro projektanty a stavitele - Keramické stropy HELUZ MIAKO

Podepsáno za výrobce a jeho jménem / Podpísal za a v mene výrobcu:

Jan Smola