

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2023

Kateřina Hovorková



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hovorková** Jméno: **Kateřina** Osobní číslo: **494158**  
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**  
Studijní program: **Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Ekonomické posouzení výstavby polyfunkčního domu z pohledu dopadů na životní prostředí**

Název bakalářské práce anglicky:

**Economic assessment of the construction of a multifunctional building from environmental point of view**

Pokyny pro vypracování:

Energetická náročnost budov,  
uhlíková stopa, udržitelná výstavba,  
stavební materiály,  
investiční náklady.

Seznam doporučené literatury:

KOČÍ, Vladimír. LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví. Praha: Česká rada pro šetrné budovy, 2012. ISBN 978-80-260-3504-6.  
MOLDAN, Bedřich. Ekologická dimenze udržitelného rozvoje. Praha: Karolinum, 2001. ISBN 80-246-0246-6.  
SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. Udržitelné pořizování staveb: ekonomické aspekty. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011. ISBN 978-80-7357-642-4.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Lucie Brožová, Ph.D. katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSv**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **28.02.2023** Termín odevzdání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

Ing. Lucie Brožová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma Ekonomické posouzení výstavby polyfunkčního domu z pohledu dopadů na životní prostředí vypracovala samostatně s využitím literatury a informací, na něž odkazuji.

V Praze, dne

Podpis .....

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce Ing. Lucii Brožové, Ph.D. za cenné rady a podnětné komentáře, které mi velmi pomohly při tvorbě této bakalářské práce.

V Praze, dne

Podpis .....



**Ekonomické posouzení výstavby polyfunkčního domu  
z pohledu dopadů na životní prostředí**

**Economic assessment of the construction of a  
multifunctional building from environmental point of  
view**

**Anotace:**

Tato bakalářská práce se zaměřuje na problematiku udržitelné výstavby, analýzu uhlíkové stopy a hledání ekologičtějších variant jednotlivých stavebních materiálů. Teoretická část se zabývá tématy udržitelného rozvoje a životního cyklu stavby. Je zde představen důležitý dokument v oblasti emisí CO<sub>2</sub> – Environmentální prohlášení o produktu. V praktické části jsou prostřednictvím konkrétního příkladu polyfunkčního domu navrženy alternativní materiály s nižší uhlíkovou stopou, než má původní materiálový návrh. Dále je porovnán vliv této záměny na celkové náklady stavby.

**Annotation:**

This bachelor's thesis focuses on the issue of sustainable construction, carbon footprint analysis and the search for more ecological variants of individual building materials. The theoretical part deals with the topics of sustainable development and the construction life cycle. An important document in the field of CO<sub>2</sub> emissions – the Environmental Product Declaration - is presented here. In the practical part, alternative materials with a lower carbon footprint than the original material design are proposed through a specific example of a multifunctional house. Furthermore, the effect of this change on the total construction costs is compared.

**Klíčová slova:** Uhlíková stopa, emise CO<sub>2</sub>, stavební materiály, náklady, udržitelná výstavba

**Key words:** Carbon footprint, CO<sub>2</sub> emissions, building materials, costs, sustainable construction

# OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	CÍL PRÁCE.....	9
3	METODIKA PRÁCE .....	10
4	TEORETICKÁ ČÁST .....	11
4.1	UDRŽITELNÝ ROZVOJ.....	11
4.2	UDRŽITELNÁ VÝSTAVBA .....	12
4.3	ŽIVOTNÍ CYKLUS STAVBY .....	13
4.3.1	NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU STAVBY .....	14
4.4	ŽIVOTNÍ CYKLUS STAVEBNÍHO MATERIÁLU .....	15
4.5	ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU .....	16
4.5.1	ZKOUMANÉ PARAMETRY V EPD .....	17
5	PRAKTICKÁ ČÁST .....	18
5.1	POLYFUNKČNÍ DŮM .....	19
5.1.1	ZEMNÍ PRÁCE .....	20
5.1.2	ZAKLÁDÁNÍ.....	20
5.1.3	SVISLÉ A KOMPLETNÍ KONSTRUKCE .....	20
5.1.4	VODOROVNÉ KONSTRUKCE .....	20
5.1.4.1	SKLADBA STŘECHY .....	21
5.1.5	PODLAHY.....	21
5.1.5.1	SKLADBA PODLAHY 1.NP.....	21
5.1.5.2	SKLADBA PODLAHY 2.NP.....	22
5.1.6	VNITŘNÍ ÚPRAVY POVRCHŮ .....	22
5.1.7	VNĚJŠÍ ÚPRAVY POVRCHŮ.....	22
5.2	NÁKLADY Z PROPOČTU, ROZPOČTU A LIMITKA MATERIÁLŮ .....	23
5.3	VÝBĚR A POROVNÁNÍ ALTERNATIV MATERIÁLŮ .....	25
5.3.1	VÝPOČET CELKOVÝCH EMISÍ PŮVODNÍCH MATERIÁLŮ.....	26
5.3.2	BETON + OCELOVÁ VÝZTUŽ .....	29
5.3.2.1	SVISLÉ KONSTRUKCE – ŽELEZOBETONOVÉ OBVODOVÉ STĚNY .....	30
5.3.2.2	SVISLÉ KONSTRUKCE – VNITŘNÍ NOSNÉ ZDIVO .....	36
5.3.2.3	STROPNÍ KONTRUKCE .....	40
5.3.2.4	MAZANINY .....	42
5.3.3	VNITŘNÍ ZDIVO LIAPOR .....	44
5.3.3.1	VÝPLŇOVÉ ZDIVO LIAPOR M 240 P12 .....	45
5.3.3.2	PŘÍČKOVKY LIAPOR M 115 .....	47
5.3.4	TEPELNÁ IZOLACE .....	49
5.3.4.1	TEPELNÁ IZOLACE FASÁDY – ISOVER EPS 70 .....	50
5.3.4.2	TEPELNÁ IZOLACE SOKLU – XPS .....	53
5.3.4.3	TEPELNÁ IZOLACE PODLAH – DEKPERIMETER SD 150.....	55
5.3.4.4	TEPELNÁ IZOLACE ZELENÉ STŘECHY – ISOVER EPS 150.....	58
5.3.5	KERAMICKÁ DLAŽBA.....	61
5.3.6	KERAMICKÝ OBKLAD FASÁDY .....	63
5.3.7	MARMOLEUM .....	65
5.4	ENVIRONMENTÁLNÍ A CENOVÉ POROVNÁNÍ MATERIÁLŮ.....	67
5.5	POROVNÁNÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA POLYFUNKČNÍ DŮM .....	70
6	ZÁVĚR .....	72
7	POUŽITÁ LITERATURA .....	74

<b>8</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>82</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>85</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>86</b>

# 1 ÚVOD

Téma bakalářské práce jsem si vybrala především z důvodu jeho aktuálnosti v dnešní době a také s ohledem na praxi, kterou jsem vykonávala ve stavební společnosti, kde jsem se zabývala touto problematikou. Během praxe bylo mým úkolem získávat informace o různých stavebních materiálech, jako je beton, ocel, tepelné izolace, kanalizační/vodovodní potrubí a kabely, z položkových rozpočtů jednotlivých projektů. Následně jsem tyto informace zpracovala v programu, který slouží k výpočtu celkové uhlíkové stopy. Po doplnění dalších potřebných údajů, jako je předpokládaná životnost budovy a plocha stavby, došlo k výpočtu celkových emisí CO<sub>2</sub>.

Výstavba a její vliv na životní prostředí se stává v současné době jedním z nejpálčivějších globálních problémů. Se zvyšující se poptávkou po nových budovách a s tím spojené infrastruktury roste i negativní dopad na životní prostředí. Jedním z hlavních aspektů, který je nutné zohlednit při výstavbě, je uhlíková stopa představující množství skleníkových plynů, jež jsou produkovány při výstavbě a provozu budov. Skleníkové plyny mají na svědomí tzv. skleníkový efekt, což je jev, při kterém proniká záření přes zemskou atmosféru a ohřívá povrch Země na vyšší teplotu. Hodnota uhlíkové stopy zahrnuje emise z činností, jako je výroba energie, doprava, zemědělství či průmyslová výroba. Jednu z největších stop má na svědomí energetická náročnost budovy, která znázorňuje potřebou energii k provozu dané budovy. Počítá se v ní například s energií na vytápění, klimatizaci nebo ohřev teplé vody. Na snížení uhlíkové stopy je dáván ve stavebnictví čím dál větší důraz. Tohoto snížení je možno docílit díky volbě obnovitelných zdrojů energie, recyklaci stavebního odpadu, či používání stavebních materiálů jako je dřevo, hlína či vlna. Přírodní materiály jsou ekologicky šetrnější, jejich výroba nevyžaduje vysokou spotřebu energie, a tím je vyprodukováno výrazně méně skleníkových plynů. Dalším významným aspektem je jejich recyklovatelnost a zdravotní nezávadnost. Oproti syntetickým a umělým materiálům neobsahují chemické látky, které negativně ovlivňují lidské zdraví.

Nevýhodou přírodních materiálů bývá často jejich cena. Je to dáno především dostupností suroviny, poptávkou na trhu či výrobními procesy. Výroba umělých materiálů často bývá efektivnější a levnější, než je právě získání a zpracování přírodní varianty. Nezanedbatelnou roli hraje v konečné ceně daného materiálu konkurence na trhu, která vede snížení jejich cen.

Bakalářská práce by se měla zaměřit na snížení uhlíkové stopy konkrétního projektu polyfunkčního domu v ulici Choceradská. Záměrem je analyzovat nejpoužívanější stavební materiály, jako beton, ocel, zdivo, tepelné izolace, které byly původně pro tento objekt navrženy, a pokusit se je nahradit jinými s výhodnější uhlíkovou stopou. Následně dojde k vyhodnocení dopadu této změny na celkové náklady stavby.

## 2 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je provést záměnu nosných materiálů ve zkoumaném objektu za materiály s nižší uhlíkovou stopou a následně zhodnotit ekonomické dopady této substituce.

Záměrem je nalézt odpovědi na následující otázky:

1. Jak velkého snížení emisí CO<sub>2</sub> je možné dosáhnout nahrazením původních materiálů alternativními materiály s nižší uhlíkovou stopou?
2. Je možné nahradit všechny zkoumaný materiál ve sledovaném objektu?
3. Jaký je rozdíl v nákladech mezi původním rozpočtem a novým návrhem?

Výsledky této práce poskytnou užitečné informace pro rozhodování v oblasti udržitelné výstavby a pomohou identifikovat možnosti snižování uhlíkové stopy ve stavebnictví s ohledem na celkové náklady.

### 3 METODIKA PRÁCE

Pro úspěšné vypracování této práce a k naplnění vymezených cílů byl zvolen následující metodický postup.

Na základě studia odborné literatury, článků a dostupných zdrojů týkajících se uhlíkové stopy ve stavebnictví, dojde k vysvětlení základních pojmů týkajících se dané problematiky. V rámci této části bude také provedeno seznámení s dokumentem známým jako Enviromentální prohlášení o produktu a v souvislosti s ním bude vysvětlen nejdůležitější zkoumaný parametr.

Následně bude vybrán konkrétní projekt stavby, na kterém bude realizována studie. Za pomoci softwaru pro oceňování stavební produkce KROS od firmy ÚRS CZ a.s. a projektové dokumentace budou zjištěny celkové náklady stavby. Pomocí limitek dojde k identifikaci nosných položek materiálu a dále ke sběru informací o jejich uhlíkové stopě, emisích CO<sub>2</sub> a environmentálních dopadech na životní prostředí.

Dalším krokem bude vyhledání vhodných alternativ s lepšími zkoumanými vlastnostmi. Při substituci materiálu bude nový návrh akceptovat původní navržené tepelně technické vlastnosti objektu. Jednotlivé návrhy skladby konstrukcí budou proto analyzovány v programu Teplo.

V závěru dojde k porovnání uhlíkové stopy původního návrhu s návrhem s alternativními zdroji, zhodnocení dopadu záměny materiálu na celkové náklady stavby a ke shrnutí výsledků, případně k formulaci doporučení pro snížení uhlíkové stopy ve stavebnictví na základě získaných poznatků.

## 4 TEORETICKÁ ČÁST

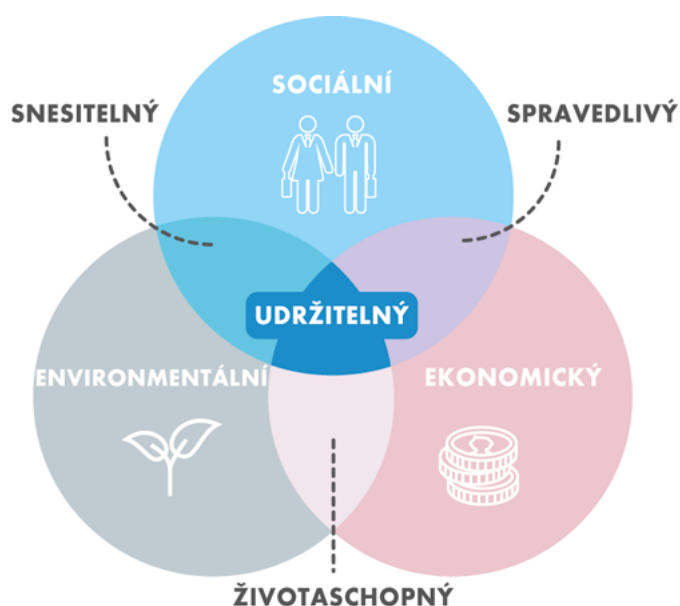
### 4.1 UDRŽITELNÝ ROZVOJ

*„Udržitelný rozvoj je takový druh rozvoje, který se zároveň snaží odstranit nebo zmírnit negativní projevy dosavadního způsobu vývoje lidské společnosti.“ (100)*

Udržitelný rozvoj je důležitý nejen pro hospodářský rozvoj zemí, ale také pro zachování přírodního bohatství, kvality života či společenských hodnot. Snaží se eliminovat negativní důsledky ekonomického modelu, který slouží především současné generaci, ale už se nedostatečně zajímá o využití stejných zdrojů pro generaci budoucí.

Základní pilíře, které musí udržitelný rozvoj zohlednit:

- sociální,
- environmentální,
- ekonomický. (100,101)



Obrázek 1: Základní pilíře udržitelného rozvoje (102)

V současné době je nejvýznamnějším dokumentem o udržitelném rozvoji Agenda 2030, kterou přijala Organizace spojených národů (OSN) v roce 2015. Stanovuje 17 hlavních společných cílů udržitelného rozvoje, které by měly být dosaženy do roku 2030. Mezi ně patří například vymýcení chudoby a hladu či udržitelná spotřeba přírodních zdrojů. (100)



## 4.2 UDRŽITELNÁ VÝSTAVBA

Je známo, že stavebnictví společně s jeho produkty má na svědomí okolo 40 % produkce emisí CO<sub>2</sub>, zhruba 40 % spotřeby vyrobené energie a 40 % produkce pevných odpadů. V dnešní době je největším problémem v této oblasti právě energetická náročnost budov, což kvalifikuje energii spotřebovanou při provozu budov (vytápění, chlazení, příprava teplé vody či klimatizace). (103)

Díky tomu má velký vliv na kvalitu životního prostředí. Právě proto je ve stavebnictví kladen důraz na udržitelnou výstavbu budov. (103)

Mezi hlavní environmentální úkoly patří:

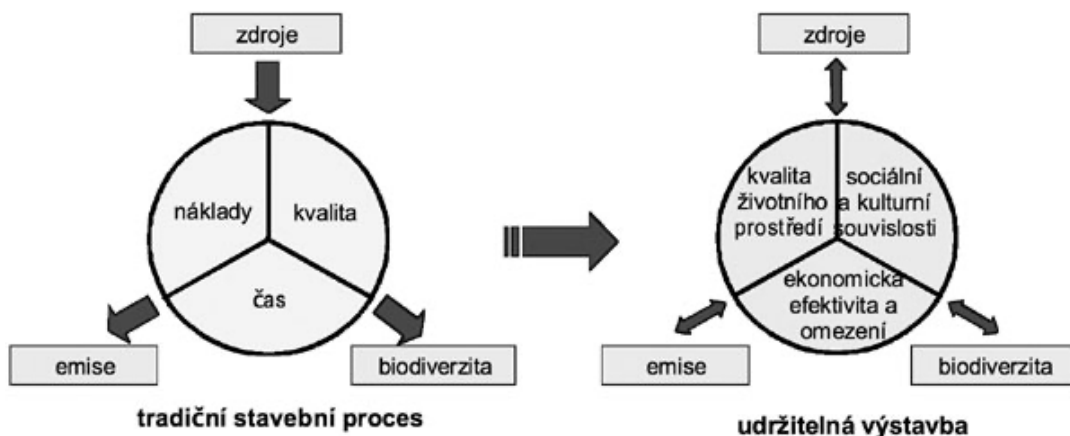
- zvýšení energetické účinnosti výstavby a provozování budov,
- využívání obnovitelných materiálových zdrojů a jejich recyklace,
- snížení produkce emisí či odpadů,
- snížení spotřeby kvalitní vody,
- efektivnější využívání půdy. (103)

Ekonomické úkoly:

- optimalizace pořizovacích a provozních nákladů objektu,
- zajištění dlouhé životnosti budovy,
- podpora rozvoje místní ekonomiky. (103)

Sociálně – kulturní úkoly:

- zvýšení kvality a funkčnosti staveb,
- zajištění bezpečnosti prostředí budovy,
- ochrana a správa kulturního dědictví. (103)



Obrázek 2: Udržitelná výstavba budov (103)

### 4.3 ŽIVOTNÍ CYKLUS STAVBY

Pojem životní cyklus stavby vyjadřuje časové období od nápadu na stavbu určitého objektu, přes vytvoření projektové dokumentace, realizaci díla, dobu užívání až po likvidaci dané stavby. (93)



Obrázek 3: Životní cyklus stavebního díla (95)

Samotný cyklus je rozdělen do několika fází:

- fáze předinvestiční,
- fáze investiční,
- fáze provozní,
- fáze likvidační. (94)

Jednotlivé fáze se liší dobou trvání, cíli a množstvím vynaložených nákladů. (97)

Výstavbový projekt					
Fáze předinvestiční		Fáze investiční		Fáze provozní	Fáze likvidační
Iniciování	Definování	Plánování	Realizace	Provoz	Likvidace
Životní cyklus stavby					
Fáze výstavbového projektu				Fáze provozní	Fáze likvidační
Životní cyklus užití stavby					

Obrázek 4: Fáze životního cyklu stavby (93), tvorba vlastní

V předinvestiční fázi je hlavním úkolem definovat účel a cíl daného projektu. Je nutno shromáždit informace z marketingového, technického či ekonomického hlediska, následně je analyzovat a nakonec vyhodnotit, zda projekt realizovat či nikoliv. Dále se zpracovávají studie stavby, dokumentace pro územní rozhodnutí či odhad pořizovacích nákladů stavby (neboli propočet). Je nutné také určit způsob financování, organizaci a řízení stavebního díla. (93,94)

V investiční fázi se zpracovávají různé stupně dokumentace, vybírá se generální dodavatel stavby, vypracovává se rozpočet a uzavírá se smlouva o dílo. Následuje již samotná realizace výstavby a její uvedení do provozu. Tato fáze končí předáním stavby. (94)

Provozní fáze se počítá od okamžiku uvedení stavby do užívání. V dané chvíli se rozbíhá záruční doba podle uzavřené smlouvy o dílo. V této fázi je vznikají náklady na údržbu či opravy a provozní náklady. (94,95)

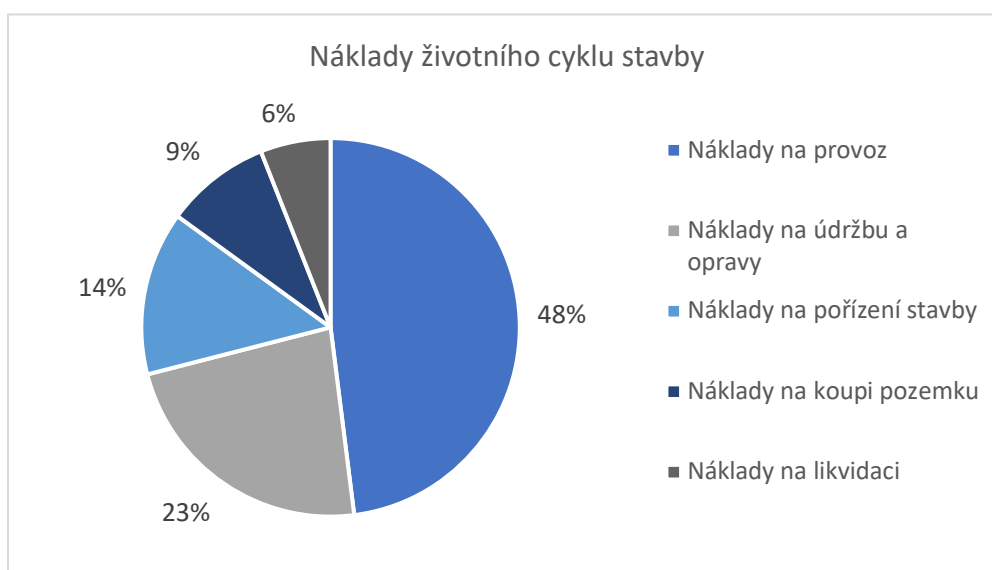
V likvidační fázi stavby dochází k odstranění objektu a případné recyklaci stavebního odpadu. Touto fází končí celý životní cyklus objektu. I pro tuto část je nutné vypracovat dokumentaci a vlastnit povolení k odstranění dané stavby. (94,97)

### 4.3.1 NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU STAVBY

Celkově vynaložené náklady v celém průběhu životního cyklu stavby se nazývají náklady životního cyklu (LCC – life cycle cost). Jsou součtem všech nákladů, které se vyskytly v průběhu předinvestiční až likvidační fáze. Nejčastěji se vyčísľují v první fázi stavby, kdy je možné je nejvíce ovlivnit. (97)

LCC se skládají ze součtu

- nákladů investičních,
- nákladů na provoz,
- nákladů na údržbu a obnovu,
- nákladů na likvidaci. (97)



Obrázek 5: Náklady životního cyklu stavby (93), tvorba vlastní

Investiční náklady jsou veškeré náklady na pořízení stavby – projektové práce, stavební objekty, zařízení staveniště, přeložky inženýrských sítí apod. Důležitou položkou je i rezerva na nepředvídané náklady. (97)

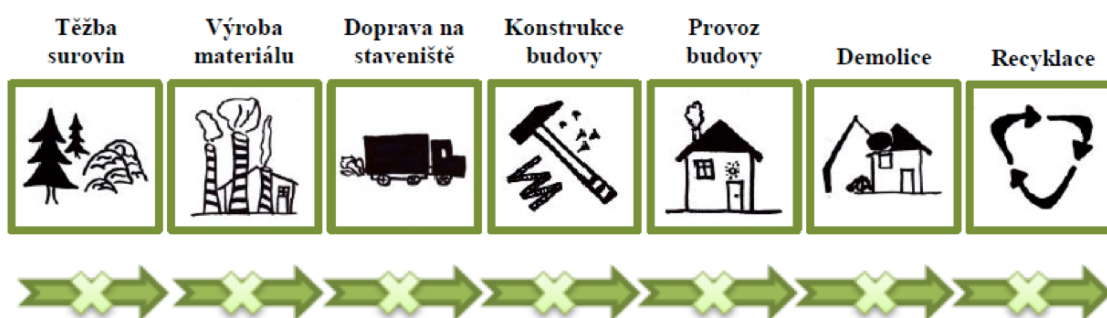
Provozní náklady tvoří převážnou část celkových nákladů u většiny staveb. Důvodem je, že provozní fáze stavby má nejdelší trvání. Do těchto nákladů jsou zahrnuty výdaje spojené s energiemi, vodou, pojištěním a úklidem. (97)

Mezi náklady na údržbu a obnovu stavby se započítávají především náklady na odstraňování vad a poruch. Pravidelná údržba zajišťuje delší životnost jak vybavení stavby, tak i konstrukčních prvků. (97)

Náklady na likvidaci závisí na typu stavby. Jsou jimi náklady na demolici, odvoz sutí, recyklaci, poplatky za skládku či na upravení pozemku pro další možnou stavbu. (97)

#### 4.4 ŽIVOTNÍ CYKLUS STAVEBNÍHO MATERIÁLU

Životní cyklus stavebních materiálů začíná těžbou surovin, ze kterých jsou následně vyrobeny. Dále jsou již hotové výrobky dopraveny na stavbu, kde dochází k jejich zabudování do konstrukce a začínají plnit svůj účel. Během jejich provozní fáze jsou udržovány, případně opravovány, aby svoji funkci plnily co možná nejdéle. Po dosažení své životnosti jsou buď recyklovány, nebo jsou dopraveny na skládku. (4,96)



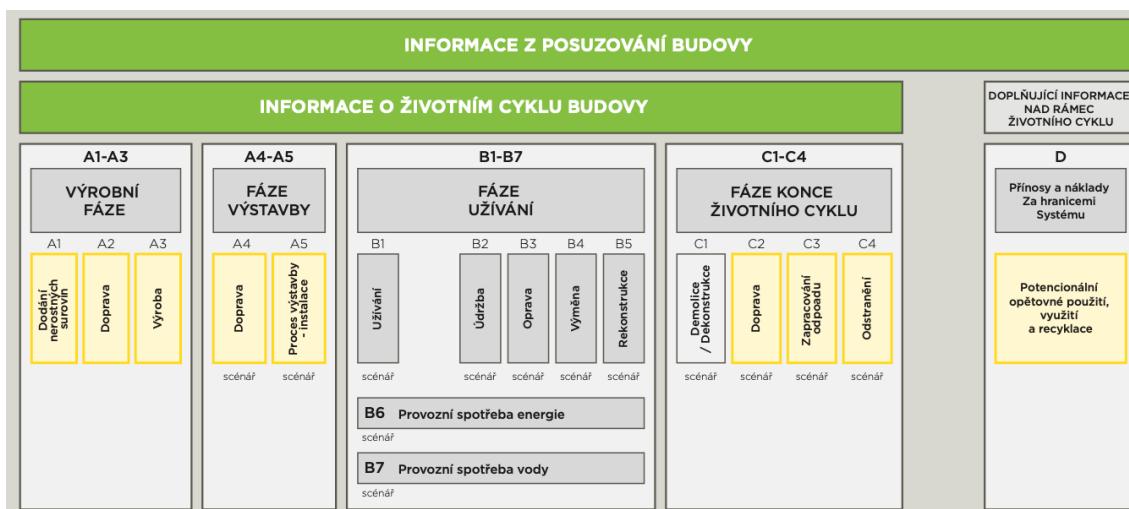
Obrázek 6: Životní cyklus stavebního materiálu (4)

## 4.5 ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU

Dokument Environmentální prohlášení o produktu, zkráceně EPD, slouží k získání informací o dopadu daného výrobku na životní prostředí. Zaznamenává celý životní cyklus materiálu. Jeho součástí je materiálové složení produktu, spotřeba potřebných surovin, energie apod. (98)

Informace o životním cyklu stavby jsou rozděleny do 4 hlavních fází:

- výrobní fáze, (A1 – A3)
- fáze výstavby, (A4 – A5)
- fáze užívání, (B1 – B7)
- fáze konce životního cyklu (C1 – C4). (63,99)



Obrázek 7: Rozdělení fází životního cyklu v EPD tepelné izolace – ISOVER Uni (63)

Navíc může být uveden potenciál opětovného použití/využití/recyklace – D, jehož hodnota je pouze doplňující informací a není započítávána do životního cyklu stavby. (63)

Výrobní fáze zahrnuje zpracování surovin, energii potřebnou k tomuto procesu, samotnou výrobu až po finální podobu produktu.

Výrobní fáze se dělí na tři části:

- dodání vstupních surovin – A1,
- doprava do výroby – A2,
- výroba – A3. (63)

Fáze výstavby počítá se samotnou dopravou daného materiálu na stavbu a s jeho následnou instalací.

Skládá se z:

- dopravy na staveniště – A4,
- instalace v budově – A5. (63)

Fáze užívání začíná po dokončení instalací a končí likvidací produktu. V EPD některých materiálů tato část není vůbec kvantifikována, jelikož některé produkty není možno během životního cyklu vyměňovat či opravovat.

Dělí se na:

- užívání – B1,
- údržbu – B2,
- opravu – B3,
- výměnu – B4,
- rekonstrukci – B5,
- provozní spotřebu energie – B6,
- provozní spotřebu vody – B7. (63)

Poslední částí je fáze konce životního cyklu, která zahrnuje demontáž či demolici daného materiálu a jeho dopravu ke zpracování, recyklaci či zlikvidování.

Tato fáze má části:

- dekonstrukce, demolice – C1,
- doprava ke zpracování odpadu – C2,
- zpracování odpadu pro opětovné použití, využití nebo recyklaci – C3,
- odstraňování – C4. (63)

#### 4.5.1 ZKOUMANÉ PARAMETRY V EPD

V EPD se vyskytuje několik parametrů, avšak nejdůležitějším v tomto případě je potenciál globálního oteplování (GWP). Tato hodnota udává kilogramy ekvivalentů oxidu uhličitého na funkční jednotku (kg, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>) materiálu, které spolupůsobí na globálním oteplování [kg CO<sub>2</sub> ekv./FU]. (63,99)

Parametr	Jednotka	Fáze výroby	Fáze výstavby		Fáze užívání	Fáze konce životního cyklu				Potenciál opětovného využití, recyklace
		A1-A3	A4	A5	B1-B7	C1	C2	C3	C4	D
Potenciál globálního oteplování (GWP) <sup>1</sup>	kg CO <sub>2</sub> ekv. /FU	4,97E+00	1,59E-01	2,59E-01	0	0	2,46E-02	0	2,40E-02	MND

Obrázek 8: Hodnoty GWP tepelné izolace fasády – ISOVER Uni (63)

MND = modul není deklarován

## 5 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část této bakalářské práce se věnuje spočtení vyprodukovaného množství emisí CO<sub>2</sub> materiálů využitých v konstrukci řešeného objektu. Poté jsou navrženy materiály, které jsou ve většině případů přírodního původu. Vhodnost těchto alternativ se posuzuje prostřednictvím součinitele prostupu tepla, který by měl být co nejvíce podobný součiniteli původního materiálu. U některých prvků se tato hodnota nemusí podrobněji zkoumat, tam se následně vybere materiál, u kterého vyjde nejnižší hodnota celkových emisí CO<sub>2</sub>. U hodnot GWP byla zahrnuta pouze fáze výroby jednotlivých materiálů (A1 – A3).

Po výběru vhodného náhradního materiálu je provedeno cenové porovnání vůči původnímu pomocí programu KROS. V závěrečné části této práce jsou porovnány celkové náklady na stavbu.

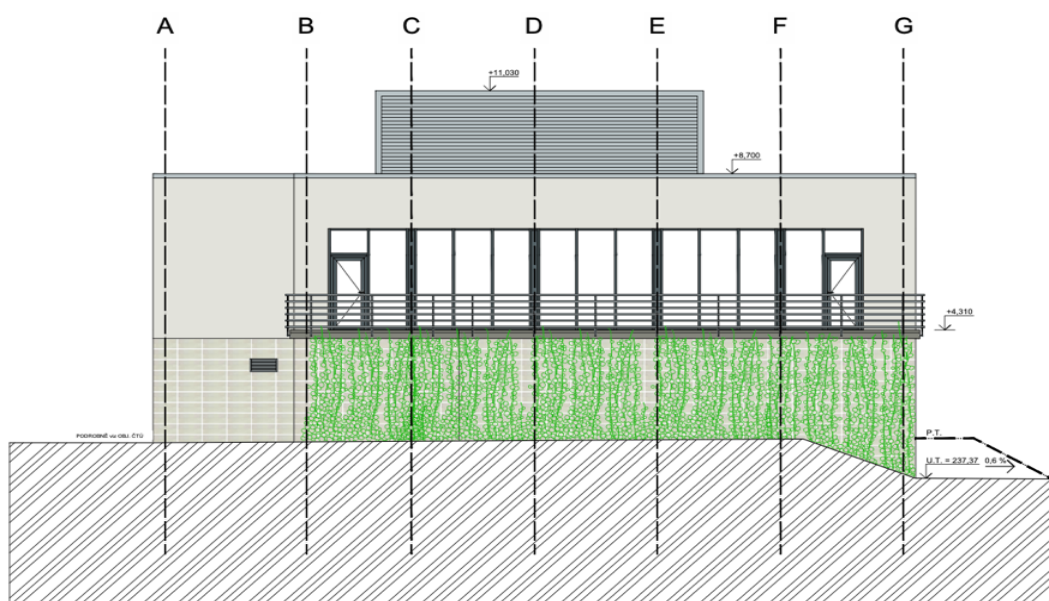
Veškeré ceny v této části jsou brány bez DPH.

## 5.1 POLYFUNKČNÍ DŮM

Zkoumaným objektem v praktické části této práce byl zvolen polyfunkční dům, který je situován do ulice Choceradská, Praha 4 – Záběhllice. Projektantem navrhovaný dům má dvě nadzemní podlaží, kde v prvním se nachází prodejní plocha s místnostmi sloužícími jako zázemí zaměstnanců obchodu. V druhém podlaží jsou vyprojektovány jednotlivé kanceláře určené k pronájmu. Z každé z nich je umožněn přístup na společné balkóny. Střecha je řešena jako plochá, zelená. (85)

Tabulka 1: Technické údaje řešeného objektu (85), tvorba vlastní

Technické údaje objektu		Měrná jednotka
Zastavěná plocha	319	m <sup>2</sup>
Obestavěný prostor	2 789	m <sup>2</sup>
Užitná plocha	581	m <sup>2</sup>
Prodejní plocha	175	m <sup>2</sup>
Plocha kanceláří	124	m <sup>2</sup>
Počet kanceláří	5	-
Světlá výška 1.NP	3,94	m
Světlá výška 2.NP	3,23	m



Obrázek 9: Pohled jižní (85)



### **5.1.1 ZEMNÍ PRÁCE**

Nejdříve je nutno sejmout horní vrstvu ornice o tloušťce 200 mm. Třída zeminy je určena jako 3. Většina výkopku bude uchována na pozemku stavby a následně se použije na zásypy. Zbytek zeminy bude odvezen na skládku. (37)

### **5.1.2 ZAKLÁDÁNÍ**

Objekt je založen na pilotách o průměru 600 a 800 mm. Následně přes ně budou vedeny základové pasy či patky z železobetonu C30/37. Mezi ně bude proveden podsyp ze štěrkopísku. Celá plocha základů bude zalita podkladním betonem C16/20. Pod výtahovou šachtou bude zřízena železobetonová deska tloušťky 400 mm.

Na podkladní beton bude přitavena hydroizolace v podobě SBS asfaltového pásu GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL. (37)

### **5.1.3 SVISLÉ A KOMPLETNÍ KONSTRUKCE**

Konstrukční systém objektu je řešen jako kombinovaný – stěnový a skeletový. Obvodové monolitické zdi, sloupy či výtahová šachta jsou navrženy z pohledového železobetonu C30/37, vyztuženy betonářskou ocelí 10 505. (37)

Vnitřní výplňové zdivo či příčky v 1.NP jsou z keramzitbetonových tvárnic LIAPOR různých tloušťek. Překlady nad vnitřními dveřmi jsou taktéž LIAPOR. V 2.NP jsou navrženy sádkartonové příčky tloušťky od 75 do 125 mm. (37)

Zateplení objektu je řešeno pomocí izolace z polystyrénových desek EPS 70 tloušťky 200 mm. (37)

### **5.1.4 VODOROVNÉ KONSTRUKCE**

Stropní konstrukce jsou navrženy jako monolitické železobetonové bez průvlakové desky tloušťky 220 mm, rovněž z pohledového betonu C30/37. Část stropu nad 1.NP tvoří dva balkóny na protilehlých stranách objektu. (37)

Schodiště je monolitické železobetonové z C25/30, vyztuženo betonářskou ocelí. (37)

V hlavních prostorách je navržen sádkartonový rastrový podhled. Na chodbách či v sociálním zařízení je sádkartonový pohled hladký. (37)

Spádová vrstva zelené střechy je řešena pomocí lehčeného betonu minimální tloušťky 50 mm. Hydroizolací je opět SBS asfaltový pás GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL. Jako tepelná izolace byly zvoleny polystyrenové desky EPS 150 tl. 220 mm. Vrchní vrstvou tvoří substrát pro suchomilné rostliny. Po vnitřním obvodu atiky je umístěn pás praného kameniva – kačírku. (37)

Na střešní konstrukci je umístěn plechový kontejner navržený jako strojovna objektu. Z toho důvodu jsou zde použity velkoformátové dlaždice sloužící k přemístění od výstupu na střechu ke strojovně. (37)

#### 5.1.4.1 SKLADBA STŘECHY

DEK RNSO 80 substrát pro suchomilné rostliny	150 mm
FILTEK 200 netkaná textilie	
DEKDREN T20 GARDEN nopová fólie	20 mm
FILTER 300 netkaná textilie	
ELASTEK 50 GARDEN	5 mm
• SBS modifikovaný asfaltový pás s aditivou proti prorůstání kořenů	
GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	4 mm
• SBS modifikovaný asfaltový pás	
GLASTEK 30 STICKER PLUS	3 mm
• SBS modifikovaný asfaltový pás samolepící	
EPS 150 – tepelná izolace	220 mm
INSTA-STIK STD (PUK 3D) polyuretanové lepidlo	
GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	4 mm
• SBS modifikovaný asfaltový pás	
DEKPRIMER asfaltová emulze	
Spádová vrstva z lehčeného betonu	min. 50 mm
	<b>456 mm</b>
Železobetonová stropní konstrukce	220 mm

#### 5.1.5 PODLAHY

Veškeré podlahové konstrukce jsou tvořeny betonovými mazaninami různých tloušťek, vyztuženy KARI sítěmi. Jako izolace je v 1.NP navržen Dekperimeter SD 150, v 2.NP Rigifloor 4000. Nášlapnými vrstvami jsou keramické dlaždice, marmoleum nebo je mazanina pouze opatřena penetračním nátěrem proti prašnosti. V některých místnostech je navrženo podlahové topení. (37)

##### 5.1.5.1 SKLADBA PODLAHY 1.NP

Keramická dlažba 200/200	10 mm
Lepící tmel na bázi cementu	6 mm
Disperzní penetrační nátěr na bázi akrylátové disperze	
Betonová mazanina + KARi síť 150/150/4, dilatovaná	50 mm
DEKSEPAR separační polyethylenová fólie slepovaná ve spojích	2 mm
DEKPERIMETER SD 150 – tepelněizolační desky	100 mm
FILTER netkaná textilie – ochranná vrstva	4 mm
GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	4 mm
• SBS modifikovaný asfaltový pás	
DEKPRIMER penetrační asfaltová emulze	
	<b>176 mm</b>
Podkladní beton	150 mm

### 5.1.5.2 SKLADBA PODLAHY 2.NP

Marmoleum	2 mm
Lepidlo	1 mm
Vyrovnávací stěrka	10 mm
Betonová mazanina + KARI síť 150/150/4	60 mm
DEKPERIMETER PV-NR 75	50 mm
RIGIFLOOR 4000 – akustická izolace	30 mm
	<b>155 mm</b>
Železobetonová stropní konstrukce	220 mm

### 5.1.6 VNITŘNÍ ÚPRAVY POVRCHŮ

Díky použití pohledového betonu jsou nosné železobetonové stěny opatřeny pouze penetračním nátěrem. To samé platí pro zděné LIAPOR tvárnice. Výjimku tvoří sociální zařízení, kde je na stěnách keramický obklad do výšky dveří a nad ním vápenocementová omítka. V 2.NP jsou sádkartonové příčky pokryty výmalbou.

Veškeré podhledy jsou opatřeny omítkou. (37)

### 5.1.7 VNĚJŠÍ ÚPRAVY POVRCHŮ

Vnější stěny jsou omítnuty vápenocementovou omítkou světle šedé barvy. Do výšky 1.NP se na fasádě nachází velkoformátové keramické dlaždice, které jsou lepeny na kontaktní zateplení. (37)

## 5.2 NÁKLADY Z PROPOČTU, ROZPOČTU A LIMITKA MATERIÁLŮ

Prvním odhadem ceny stavebního díla je propočet. Využívá se především ke stanovení předběžných celkových nákladů objektu za účelem zajištění financování. Sestavuje se v předinvestiční fázi stavby a pro ocenění využívá cenové ukazatele ve stavebnictví pro daný rok tvořené z dlouhodobých statistik cen realizovaných staveb. Udává se, že odchylka od skutečné ceny díla se pochybuje okolo  $\pm 15\%$ . (55)

Náklady v propočtu na stavbu daného polyfunkčního domu vychází na 18 960 480 Kč. S vnitřními rozvody vody a splaškové kanalizace se cena stavebního objektu dostává na 19 032 667 Kč. (54)

Tabulka 2: Rekapitulace nákladů z propočtu (54), tvorba vlastní

SO.02 Polyfunkční dům	Cena [Kč]
Novostavba polyfunkčního domu	18 960 480
Vnitroareálové vedení vody	15 767
Vnitroareálová splašková kanalizace	54 420
Cena bez DPH	19 032 667

Položkový rozpočet stavby je již vypracován na základě projektové dokumentace pro provedení stavby. Udává již celkové náklady stavby, včetně nákladů spojených se stavební činností. Položky se skládají ze soupisu prací a výkazu výměr. (56)

Soupis prací je naceněn v programu KROS od společnosti ÚRS CZ a.s. a využívá cenovou úroveň 2023/1.

Náklady z rozpočtu jsou vyčísleny na 21 877 044 Kč bez DPH. K těmto nákladům jsou připočteny náklady na umístění stavby. (57)

Tabulka 3: Rekapitulace nákladů z položkového rozpočtu (57), tvorba vlastní

Rekapitulace	Cena [Kč]
Náklady z rozpočtu	21 877 044
NUS	875 082
Cena bez DPH	22 752 126

Následující tabulka představuje limitku materiálů pro danou stavbu, ze které jsou vidět potřeby materiálu a výše jejich pořizovacích nákladů včetně dopravy na staveniště. Materiály jsou seřazeny sestupně podle nejvyššího podílu nákladů na celkové ceně. (58)

Veškeré náklady na materiál jsou vykalkulovány na 12 435 686 Kč a tvoří 57 % celkových nákladů stavby. Z tohoto důvodu lze říci, že právě tato část bude nejvíce ovlivňovat hodnotu celkových emisí CO<sub>2</sub>. (58)

TV	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem	%	Doprava jedn.	Doprava celkem
M	tyč ocelová ohýbaná kruhová žebírková jakost B500B (10 505) výztuž do betonu D 6-8mm	t	18,697	68 600,00	1 282 593,20	6,41	3 000,00	56 090,08
M	tyč ocelová ohýbaná kruhová žebírková jakost B500B (10 505) výztuž do betonu D 10-16mm	t	17,640	54 300,00	957 869,83	4,79	3 000,00	52 920,99
M	beton C 30/37 X0 kamenivo frakce 0/8	m3	229,886	3 830,00	880 462,23	4,40	560,00	128 735,99
M	okno Al s fixním zasklením trojsklo přes plochu 1m2 přes v 2,5m	m2	93,259	7 610,00	709 700,99	3,55	250,00	23 314,75
M	tyč ocelová ohýbaná kruhová žebírková jakost B500B (10 505) výztuž do betonu D 18-28mm	t	9,878	53 100,00	524 523,51	2,62	3 000,00	29 634,10
M	LIAPOR M 247/240/240 12 MPa, AKU nosná	kus	6 099,660	82,57	503 648,95	2,52	12,27	74 842,83
M	zábradlí s prutovou výplní, horní kotvení, kulatý sloupek	m	51,102	7 570,00	386 842,14	1,93	0,00	0,00
M	deska betonářská překližka s vyššími nároky na povrch betonu	m2	395,889	962,00	380 844,88	1,90	54,00	21 377,99
M	GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL (role/7,5m2)	m2	1 503,193	201,54	302 953,52	1,51	32,54	48 913,90
M	dveře Al balkonové jednokřídlové s bočním pevným dílem a nadsvětliíkem trojsklo	m2	21,379	13 700,00	292 892,30	1,46	200,00	4 275,80
M	bednění rámové stěn rovné oboustranné	m2	9,756	27 700,00	270 242,96	1,35	400,00	3 902,43
M	sítě výztužná svařovaná DIN 488 jakost B500A 150x150mm drát D 5mm	m2	2 041,775	118,00	240 929,46	1,20	6,00	12 250,65
M	žaluzie Z-90 ovládaná klikou včetně příslušenství plochy přes 6,0 m2	m2	84,160	2 480,00	208 716,80	1,04	10,00	841,60
M	dlažba velkoformátová keramická slinutá hladká do interiéru i exteriéru pro vysoké mechanické namáhání přes 4 do 6ks/m2	m2	270,270	769,00	207 837,63	1,04	89,00	24 054,03
M	beton C 30/37 XF1 kamenivo frakce 0/16	m3	53,675	3 870,00	207 722,25	1,04	570,00	30 594,75
M	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 200mm	m2	440,117	443,00	194 971,83	0,97	23,00	10 122,69
M	$\lambda=0,035$	m3	56,191	3 400,00	191 049,40	0,95	200,00	11 238,20
M	beton C 25/30 X0 kamenivo frakce 0/22	m3	52,685	3 350,00	176 493,08	0,88	560,00	29 503,32
M	linoleum přírodní ze 100% dřevité moučky tl 2,0mm, zátěž 32/41, R9, hořlavost Cfl S1	m2	258,599	605,00	156 452,40	0,78	13,00	3 361,79
M	dveře automatické vnější posuvné, rám Al profily 38mm, zasklení ditherm izolační, 2křídle 5360x3470	kus	1,000	150 000,00	150 000,00	0,75	1 799,10	1 799,10
M	deska XPS hrana polodrážková a hladký povrch 300kPa tl 220mm	m2	122,419	1 120,00	137 109,28	0,69	40,00	4 896,76

Obrázek 10: Část limitky materiálů (57)

Z limitky materiálu byly zjištěny nosné materiály, a právě s těmito položkami bude dále pracováno. Jednotlivé materiály a jejich množství je zobrazeno v následující kapitole 5.3.

Náklady těchto zkoumaných položek z rozpočtu vychází na 6 261 522 Kč a činí 29 % nákladu na celý stavební objekt. Z celkové ceny materiálu tato část tvoří 50 % nákladů. (58)

### 5.3 VÝBĚR A POROVNÁNÍ ALTERNATIV MATERIÁLŮ

Předmětem této kapitoly je snaha nalézt vhodné alternativy ideálně přírodních materiálů, které mají lepší emisní hodnoty CO<sub>2</sub> než ty, které jsou v projektu původně navržené. Hlavní pozornost bude věnována především materiálům, které v objektu tvoří nákladovou většinu. Tuto informaci získáme z limitek z výrobní kalkulace stavby.

V následujících kapitolách budou užívány pojmy náklady na materiál, náklady na stavební práce a náklady na stavební objekt.

Náklady na materiál se vztahují k finančním prostředkům potřebným k pořízení materiálu a k jeho dopravě na staveniště. Náklady na stavební práce se týkají zdrojů, které jsou potřebné k provedení činností spojených s výstavbou a kalkulují se podle kalkulačního vzorce.

Tabulka 4: Materiály vybrané k porovnání a jejich náklad (20,58), tvorba vlastní

Typ materiálu	Výměra	Náklady na materiál [Kč]
Beton	441,027 m <sup>3</sup>	1 669 053
Ocelová výztuž	48,615 t	3 009 704
Vnitřní zdivo LIAPOR M 240	88,83 m <sup>3</sup>	533 293
Vnitřní zdivo LIAPOR M 115	16,940 m <sup>2</sup>	11 016
ISOVER EPS 70	440,117 m <sup>2</sup>	194 972
XPS	122,419 m <sup>2</sup>	137 109
DEKPERIMETER SD 150	251,040 m <sup>2</sup>	72 685
ISOVER EPS 150	255,414 m <sup>2</sup>	191 049
Keramická dlažba	103,914 m <sup>2</sup>	78 351
Keramický vnější obklad	270,270 m <sup>2</sup>	207 838
Marmoleum	258,599 m <sup>2</sup>	156 452

### 5.3.1 VÝPOČET CELKOVÝCH EMISÍ PŮVODNÍCH MATERIÁLŮ

V následujících výpočtech bude provedeno stanovení hodnot celkových emisí CO<sub>2</sub> původních materiálů.

#### Beton:

$$Emise_{\text{BETON}} = 0,109 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 2\,380 \text{ kg/m}^3 * 441,027 \text{ m}^3 \quad (4)$$

$$Emise_{\text{BETON}} = \mathbf{114\,411,22 \text{ kg CO}_2}$$

#### Ocelová výztuž:

$$Emise_{\text{OCELOVÁ VÝZTUŽ}} = 1,482 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 48\,615 \text{ kg} \quad (4)$$

$$Emise_{\text{OCELOVÁ VÝZTUŽ}} = \mathbf{72\,047,43 \text{ kg CO}_2}$$

#### Vnitřní zdivo LIAPOR M 240:

$$m_{\text{LIAPOR240}} = 66,7 \text{ ks/m}^3 * 17,6 \text{ kg/ks} * 88,83 \text{ m}^3 = 104\,279 \text{ kg} \quad (9)$$

$$Emise_{\text{LIAPOR240}} = 0,400 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 104\,279 \text{ kg} = \mathbf{41\,712 \text{ kg CO}_2} \quad (4)$$

#### Vnitřní zdivo LIAPOR M 115:

$$\text{Množství materiálu} = 16,94 \text{ m}^2 * 0,115 \text{ m} = 1,95 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{LIAPOR115}} = 92,8 \text{ ks/m}^3 * 12,8 \text{ kg/ks} * 1,95 \text{ m}^3 = 2\,316,29 \text{ kg} \quad (12)$$

$$Emise_{\text{LIAPOR240}} = 0,400 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 2\,316,29 \text{ kg} = \mathbf{926,52 \text{ kg CO}_2} \quad (4)$$

#### ISOVER EPS 70 tl. 200 mm:

$$Emise_{\text{ISOVER EPS 70}} = 4,400 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 13,5 \text{ kg/m}^3 * 0,200 \text{ m} \\ = 11,88 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 \quad (45)$$

$$Emise_{\text{ISOVER EPS 70}} = 11,88 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 * 440,117 \text{ m}^2 = \mathbf{5\,228,59 \text{ kg CO}_2}$$

#### XPS tl. 220 mm:

$$Emise_{\text{XPS}} = 3,820 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 25 \text{ kg/m}^3 * 0,220 \text{ m} \\ = 21,01 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 \quad (4)$$

$$Emise_{\text{XPS}} = 21,01 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 * 122,419 \text{ m}^2 = \mathbf{2\,572,03 \text{ kg CO}_2}$$

**DEKPERIMETER SD 150 tl. 100 mm:**

$$\begin{aligned} \text{Emise}_{\text{DEKPERIMETER}} &= 4,212 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 25 \text{ kg/m}^3 * 0,100 \text{ m} && (4,15) \\ &= 10,53 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Emise}_{\text{DEKPERIMETER}} = 10,53 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 * 251,040 \text{ m}^2 = \mathbf{2\ 643,45 \text{ kg CO}_2}$$

**ISOVER EPS 150 tl. 220 mm:**

$$\begin{aligned} \text{Emise}_{\text{ISOVER EPS 150}} &= 3,125 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 24 \text{ kg/m}^3 * 0,220 \text{ m} && (30) \\ &= 16,50 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Emise}_{\text{ISOVER EPS 150}} = 16,50 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 * 255,414 \text{ m}^2 = \mathbf{4\ 214,33 \text{ kg CO}_2}$$

**Keramická dlažba tl. 10 mm:**

$$\text{Emise}_{\text{KERAMICKÁ DLAŽBA}} = 2\ 000 \text{ kg/m}^3 * 0,010 \text{ m} * 0,782 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} \quad (4)$$

$$\text{Emise}_{\text{KERAMICKÁ DLAŽBA}} = 15,64 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./m}^2 * 103,914 \text{ m}^2$$

$$\text{Emise}_{\text{KERAMICKÁ DLAŽBA}} = \mathbf{1\ 625,21 \text{ kg CO}_2}$$

**Keramický vnější obklad tl. 20 mm:**

$$\text{Emise}_{\text{KERAMICKÝ VNĚJŠÍ OBKLAD}} = 2\ 000 \text{ kg/m}^3 * 0,020 \text{ m} * 0,782 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} \quad (4)$$

$$\text{Emise}_{\text{KERAMICKÝ VNĚJŠÍ OBKLAD}} = 31,28 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./m}^2 * 270,27 \text{ m}^2$$

$$\text{Emise}_{\text{KERAMICKÝ VNĚJŠÍ OBKLAD}} = \mathbf{8\ 454,05 \text{ kg CO}_2}$$

**Marmoleum tl. 2 mm:**

$$\text{Emise}_{\text{MARMOLEUM}} = 1\ 200 \text{ kg/m}^3 * 0,002 \text{ m} * 0,070 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} \quad (42)$$

$$\text{Emise}_{\text{MARMOLEUM}} = 0,167 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./m}^2 * 258,60 \text{ m}^2$$

$$\text{Emise}_{\text{MARMOLEUM}} = \mathbf{43,19 \text{ kg CO}_2}$$



Následující tabulka udává celkové emise CO<sub>2</sub> jednotlivých materiálů. Součet veškerých hodnot vychází na 253 877,15 kg CO<sub>2</sub>.

Tabulka 5: Celkové emise CO<sub>2</sub> původních materiálů, tvorba vlastní

Zkoumaný materiál	Celkové emise [kg CO <sub>2</sub> ]
Beton	114 411,22
Ocelová výztuž	72 047,43
Vnitřní zdivo LIAPOR M 240	41 711,13
Vnitřní zdivo LIAPOR M 115	926,52
ISOVER EPS 70	5 228,59
XPS	2 572,03
DEKPERIMETER SD 150	2 643,45
ISOVER EPS 150	4 214,33
Keramická dlažba	1 625,21
Keramický vnější obklad	8 454,05
Marmoleum	43,19
<b>CELKEM</b>	<b>253 877,15</b>

### 5.3.2 BETON + OCELOVÁ VÝZTUŽ

Hlavním nosným materiálem objektu je projektantem navržený železobeton různých pevností. Na celý projekt je potřeba 441,027 m<sup>3</sup> betonu a 48,615 t ocelové výztuže typu 10 505.

Náhrada betonu jiným přívětivějším materiálem a jeho množství v jednotlivých částech stavby je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 6: Množství a rozmístění betonu (58), tvorba vlastní

Oblast použití	Množství betonu [m <sup>3</sup> ]	Množství ocelové výztuže [t]	Náhrada
Piloty	53,675	9,759	Nelze nahradit
Základové konstrukce	88,983	5,487	Nelze nahradit
Svislé konstrukce – sloupy a atika	34,630	3,862	Nelze nahradit
Svislé konstrukce – obvodové stěny	75,050	9,006	POROTHERM; YTONG
Svislé konstrukce – vnitřní nosné	20,500	2,460	POROTHERM; YTONG; SILKA
Stropní konstrukce	124,910	13,740	KERAMICKÝ STROP
Schodišťové konstrukce	2,593	0,233	Nelze nahradit
Mazaniny	40,686	4,068	ANHYDRIT

Části, které jsou vhodné pro možné nahrazení materiálem s nižší hodnotou emisí, jsou obvodové a vnitřní nosné stěny, stropní konstrukce a mazaniny. Ostatní části nelze nahradit alternativním materiálem. Pro ty budou spočteny celkové emise CO<sub>2</sub>.

Tabulka 7: Celkové emise CO<sub>2</sub> na ostatní množství železobetonu, tvorba vlastní

Materiál	Množství	Celkové emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
Beton	179,881 m <sup>3</sup>	46 664,73
Ocelová výztuž	19,341 t	28 663,36
Celkem		75 328,09

Na ostatní konstrukce, u kterých není možná náhrada alternativním materiálem vychází 75 328,09 kg CO<sub>2</sub>. Dále budou vyčísleny náklady na daný materiál a stavební práce.

Tabulka 8: Celkové náklady na materiál na zůstatkové množství železobetonu (20), tvorba vlastní

Náklady	Beton + výztuž
Náklady na materiál [Kč]	1 559 608

Celkové náklady na materiál železobetonových konstrukcí vychází na 1 559 608 Kč. Jedná se pouze o náklady na samotný beton a výztuž včetně dopravy materiálu na stavbu.

Tabulka 9: Celkové náklady na stavební práce s využitím zbylého množství železobetonu (20), tvorba vlastní

Náklady	Beton (+ výztuž, bednění)
Náklady na stavební práce [Kč]	2 782 251

Celkové náklady na železobetonové konstrukce činí 2 782 251 Kč. Jedná se o náklady na betonáž nosných konstrukcí zdiva včetně bednění a odbednění a přesunu hmot.

### 5.3.2.1 SVISLÉ KONSTRUKCE – ŽELEZOBETONOVÉ OBVODOVÉ STĚNY

Byly navrženy dvě možné alternativní skladby obvodových stěn, kterými by bylo možno nahradit původní skladbu. Jelikož je v projektové dokumentaci navržen pohledový beton, nenachází se na jeho povrchu žádná omítka, je pouze obroušen. (85)

#### Skladba původní obvodové zdi (interiér – exteriér):

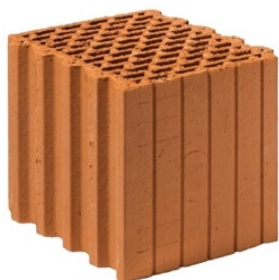
- železobetonová nosná stěna tl. 200 mm,
- fasádní desky z polystyrenu EPS 70 tl. 200 mm,
- vnější omítka tl. 20 mm. (85)

#### Skladba varianty 1 – POROTHERM (interiér – exteriér):

- vnitřní omítka tl. 5 mm,
- POROTHERM 30 tl. 300 mm,
- fasádní desky z polystyrenu EPS 70 tl. 140 mm,
- vnější omítka tl. 20 mm.

### Skladba varianty 2 – YTONG (interiér – exteriér):

- vnitřní omítka tl. 5 mm,
- YTONG Standard P2-400 tl. 300 mm,
- fasádní desky z polystyrenu EPS 70 tl. 100 mm,
- vnější omítka tl. 20 mm.



Obrázek 11: Alternativy obvodového zdiva (51,86)

Vlevo – POROTHERM 30, vpravo – YTONG Standard tl. 300 mm

Pórobetonová tvárnice YTONG vyniká svými tepelněizolačními a akustickými vlastnostmi. Kvůli její velmi snadné opracovatelnosti nevzniká skoro žádný odpad. Zaručuje také úsporu materiálu při omítání díky přesným rozměrům tvárnic. (23,60)

Velkou výhodou při použití keramického zdiva POROTHERM je využití dutin, které dopomáhají k zvýšení tepelné izolace a zároveň snížení hmotnosti samotného materiálu. Díky jejich přesným rozměrům a systému pero – drážka, který se používá při zdění tohoto zdícího prvku, je možno snížit spotřebu malty. Naopak nevýhodou může být jejich horší opracovatelnost. (11,23)

Obě nové skladby byly navrženy tak, aby součinitelé prostupu tepla byly co nejvíce podobné původní skladbě. Při návrhu skladby konstrukce je pro následné porovnání snaha zachovat podobné hodnoty výsledného součinitele prostupu tepla a tím docílit podobných tepelněizolačních vlastností konstrukce. (88)

Výpočet byl proveden v programu TEPLo a výsledky jednotlivých skladeb jsou součástí příloh.

Tabulka 10: Porovnání součinitelů prostupu tepla skladeb svislých konstrukcí (28), tvorba vlastní

Varianta	Celkový tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
Původní skladba	5,288	0,180
Varianta POROTHERM	5,044	0,189
Varianta YTONG	5,367	0,178

Dalším krokem bude výpočet množství emisí CO<sub>2</sub> pro všechny navržené skladby. Jedná se o součet emisí betonu, ocelové výztuže a tepelné izolace. K vypočteným hodnotám je nutné přičíst emise vnější omítky (případně vnitřní).

**Vnější omítka tl. 20 mm:**

$$\text{Emise}_{\text{VNĚJŠÍ OMÍTKA}} = 0,213 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 2\,000 \text{ kg/m}^3 * 0,020 \text{ m} \quad (4)$$

$$= 8,52 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$$

$$\text{Emise}_{\text{VNĚJŠÍ OMÍTKA}} = 8,52 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 * 457,884 \text{ m}^2 = \mathbf{3\,901,17 \text{ kg CO}_2} \quad (58)$$

**Vnitřní omítka tl. 5 mm:**

$$\text{Emise}_{\text{VNITŘNÍ OMÍTKA}} = 0,213 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 2\,000 \text{ kg/m}^3 * 0,005 \text{ m} \quad (4)$$

$$= 2,13 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$$

$$\text{Emise}_{\text{VNITŘNÍ OMÍTKA}} = 2,13 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 * 353,63 \text{ m}^2 = \mathbf{753,23 \text{ kg CO}_2} \quad (85)$$

*Tabulka 11: Celkové emise CO<sub>2</sub> původní skladby stěn, tvorba vlastní*

<b>Materiál</b>	<b>Množství</b>	<b>Emise CO<sub>2</sub> [kg CO<sub>2</sub>]</b>
Beton	75,050 m <sup>3</sup>	19 469,47
Ocelová výztuž	9,006 t	13 346,89
ISOVER EPS 70	440,117 m <sup>2</sup>	5 228,59
Vnější omítka	457,884 m <sup>2</sup>	3 901,17
<b>Celkem</b>		<b>41 946,12</b>

Z tabulky vyplývá, že celková hodnota emisí původní obvodové skladby stěny vychází na 41 946,12 kg CO<sub>2</sub>.

Dále proběhne výpočet pro variantu 1.

**Porotherm 30 tl. 300 mm:**

$$\text{Množství materiálu} = 375,240 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m} = 112,572 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{POROTHERM 30}} = 53,3 \text{ ks/m}^3 * 14,7 \text{ kg/ks} * 112,572 \text{ m}^3 \quad (34)$$

$$= 88\,201,29 \text{ kg}$$

$$E_{\text{mISEPOROTHERM 30}} = 0,132 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 88\,201,29 \text{ kg} \quad (17)$$

$$= \mathbf{11\,642,57 \text{ kg CO}_2}$$

Tabulka 12: Celkové emise CO<sub>2</sub> skladby stěny – varianta POROTHERM, tvorba vlastní

Materiál	Množství	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
POROTHERM	375,240 m <sup>2</sup>	11 642,57
ISOVER EPS 70	440,117 m <sup>2</sup>	3 660,01
Vnější omítka	457,884 m <sup>2</sup>	3 901,17
Vnitřní omítka	353,63 m <sup>2</sup>	753,23
Celkem		19 956,98

Celkové emise pro skladbu stěny s využitím tvárnice POROTHERM jsou téměř o polovinu nižší než emise původní skladby a vychází na 19 956,98 kg CO<sub>2</sub>.

**Ytong Standard P2-400 tl. 300 mm:**

$$\text{Množství materiálu} = 375,240 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m} = 112,572 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{YTONG STANDARD}} = 22,35 \text{ ks/m}^3 * 17,9 \text{ kg/ks} * 112,572 \text{ m}^3 \quad (38)$$

$$= 45\,036,12 \text{ kg}$$

$$E_{\text{mISEYTONG STANDARD}} = 0,111 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 45\,036,12 \text{ kg} \quad (46)$$

$$= \mathbf{4\,999,01 \text{ kg CO}_2}$$

Tabulka 13: Celkové emise CO<sub>2</sub> skladby stěny – varianta YTONG, tvorba vlastní

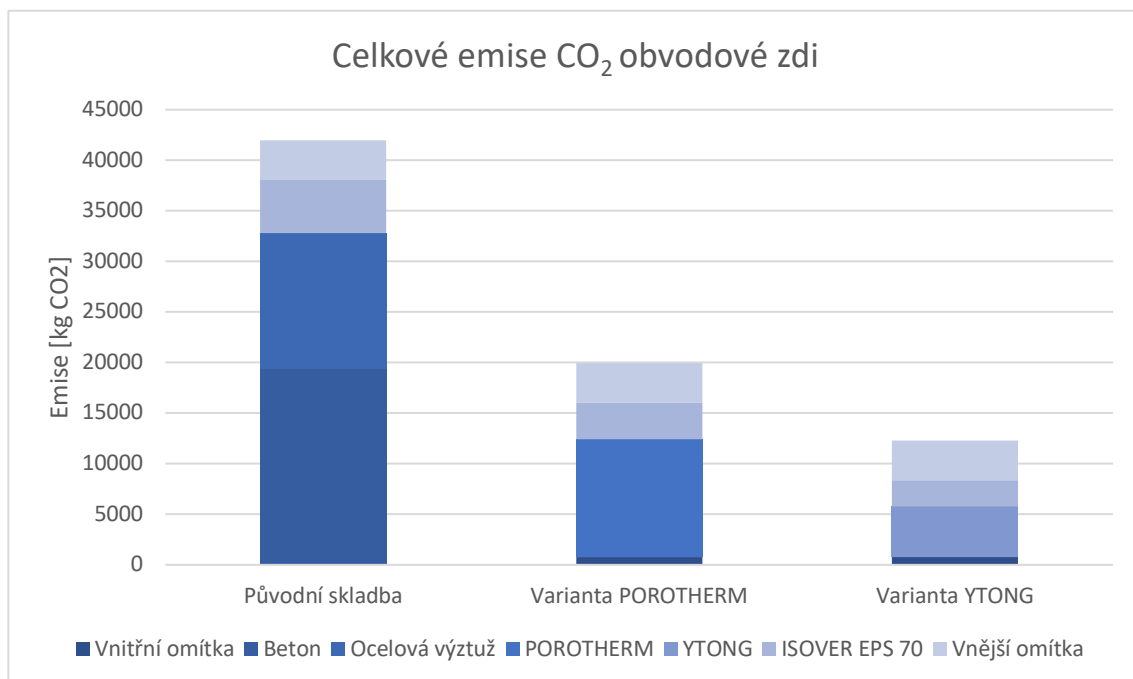
Materiál	Množství	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
YTONG	375,240 m <sup>2</sup>	4 999,01
ISOVER EPS 70	440,117 m <sup>2</sup>	2 614,29
Vnější omítka	457,884 m <sup>2</sup>	3 901,17
Vnitřní omítka	353,63 m <sup>2</sup>	753,23
Celkem		12 268,70

Celkové emise skladby s využitím tvárnice YTONG vychází na 12 268,7 kg CO<sub>2</sub>, což je dokonce o cca 70% nižší hodnota emisí než u původní skladby.

Tabulka 14: Přehled celkových emisí CO<sub>2</sub> variant skladeb obvodových stěn, tvorba vlastní

Varianta	Celkové emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
Původní skladba	41 946,12
Varianta POROTHERM	19 956,98
Varianta YTONG	12 268,70

Z porovnání je zřejmé, že původní skladba vyprodukuje nejvíce emisí. Naopak varianta 2, kde je hlavním prvkem tvárnice YTONG, vychází nejlépe.



Obrázek 12: Porovnání celkových emisí CO<sub>2</sub> obvodové stěny, tvorba vlastní

Dále bude provedeno nákladové porovnání původního a nově navrženého materiálu.

Tabulka 15: Celkové náklady na materiál pro nosné obvodové zdivo (20), tvorba vlastní

Náklady	Beton + výztuž	Varianta – YTONG
Náklady na materiál [Kč]	725 799	449 766
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>-276 033</b>	

Rozdíl nákladů na samotný materiál činí 276 033 Kč. Následně budou porovnány celkové náklady stavebních prací pro nosné obvodové zdivo.

Tabulka 16: Celkové náklady na stavební práce pro nosné obvodové zdivo (20), tvorba vlastní

Náklady	Zdivo z železobetonu (+ výztuž, bednění)	Zdivo z YTONGu tl. 300 mm
Náklady na stavební práce [Kč]	1 533 152	600 645
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>-932 507</b>	



Celkové náklady na železobetonovou obvodovou stěnu činí 1 533 152 Kč. Varianta s využitím tvárnic YTONG vychází na 600 645 Kč. Zvolením alternativy se nejenom sníží hodnota emisí CO<sub>2</sub> stavby, ale také náklady o 932 507 Kč za tuto část konstrukce.

### 5.3.2.2 SVISLÉ KONSTRUKCE – VNITŘNÍ NOSNÉ ZDIVO

U vnitřního nosného zdiva není potřeba navrhovat skladbu se stejným součinitelem prostupu tepla, je třeba dodržet rozměr tloušťky původní železobetonové vnitřní stěny – 200 mm. Jako možné alternativy byly zvoleny tvárnice POROTHERM, YTONG a SILKA.

SILKA jsou vápenopískové tvárnice, vyznačují se skvělými zvukově izolačními schopnostmi, zajišťují přirozenou regulaci vlhkosti vzduchu. Další výhodou je jejich kompatibilita se systémem YTONG. (61)

V původním návrhu je použit pohledový beton, proto povrch není opatřen vnitřní omítkou. (85)



Obrázek 13: Alternativy železobetonové vnitřní nosné stěny (49,87,92)

Vlevo – SILKA KSRP 200, uprostřed – POROTHERM 20 T Profi, vpravo – YTONG Static 200

#### Skladba původní vnitřní nosné zdi:

- železobetonová nosná stěna tl. 200 mm. (85)

#### Skladba varianty 1 – POROTHERM:

- vnitřní omítky tl. 5 mm,
- POROTHERM 20 T Profi tl. 200 mm,
- vnitřní omítky tl. 5 mm.

#### Skladba varianty 2 – YTONG:

- vnitřní omítky tl. 5 mm,
- YTONG Static tl. 200 mm,
- vnitřní omítky tl. 5 mm.

**Skladba varianty 3 – SILKA:**

- vnitřní omítka tl. 5 mm,
- SILKA KSRP 200 tl. 200 mm,
- vnitřní omítka tl. 5 mm.

Nejprve jsou spočítány celkové emise původní skladby vnitřních železobetonových nosných stěn.

Tabulka 17: Celkové emise CO<sub>2</sub> železobetonové vnitřní stěny, tvorba vlastní

Materiál	Množství	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
Beton	20,50 m <sup>3</sup>	5 318,11
Ocelová výztuž	2,46 t	3 645,72
Celkem		8 963,83

Celkové emise vnitřních železobetonových stěn vychází na 8 963,83 kg CO<sub>2</sub>. Následně budou vypočteny hodnoty emisí možných náhrad. S vnitřní omítkou je počítáno na obě strany zdiva.

**Porotherm 20 T Profi tl. 200 mm:**

$$m_{\text{POROTHERM 20 T PROFI}} = 40 \text{ ks/m}^3 * 19,2 \text{ kg/ks} * 20,5 \text{ m}^3 \quad (49)$$
$$= 15 744,00 \text{ kg}$$

$$E_{\text{emisePOROTHERM 20 T PROFI}} = 0,132 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 15 744,00 \text{ kg} \quad (17)$$
$$= 2 078,21 \text{ kg CO}_2$$

Tabulka 18: Celkové emise CO<sub>2</sub> vnitřních stěn s použitím tvárnic POROTHERM, tvorba vlastní

Materiál	Množství	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
POROTHERM	20,50 m <sup>3</sup>	2 078,21
Vnitřní omítka	205,00 m <sup>2</sup>	436,65
Celkem		2 514,86

Celkové emise po nahrazení alternativními tvárnicemi POROTHERM vychází na 2 514,86 kg CO<sub>2</sub>.

**YTONG Static P4-550 tl. 200 mm:**

$$M_{\text{YTONG STANDARD}} = 33,52 \text{ ks/m}^3 * 16,41 \text{ kg/ks} * 20,5 \text{ m}^3 \quad (38)$$
$$= 11\,276,30 \text{ kg}$$

$$E_{\text{miseYTONG STANDARD}} = 0,111 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 11\,276,30 \text{ kg} \quad (46)$$
$$= \mathbf{1\,251,67 \text{ kg CO}_2}$$

*Tabulka 19: Celkové emise CO<sub>2</sub> vnitřních stěn s použitím tvárnic YTONG, tvorba vlastní*

Materiál	Množství	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
YTONG	20,50 m <sup>3</sup>	1 251,67
Vnitřní omítka	205,00 m <sup>2</sup>	436,65
Celkem		1 688,32

Hodnota celkových emisí při použití tvárnic YTONG společně s vnitřní omítkou je 1 688,32 KČ.

**SILKA KSRP 200 tl. 200 mm:**

$$M_{\text{SILKA KSRP 200}} = 81,30 \text{ ks/m}^3 * 24,60 \text{ kg/ks} * 20,5 \text{ m}^3 \quad (50)$$
$$= 40\,999,59 \text{ kg}$$

$$E_{\text{miseSILKA KSRP 200}} = 0,130 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 40\,999,59 \text{ kg} \quad (4)$$
$$= \mathbf{5\,329,95 \text{ kg CO}_2}$$

*Tabulka 20: Celkové emise CO<sub>2</sub> vnitřních stěn s použitím tvárnic SILKA, tvorba vlastní*

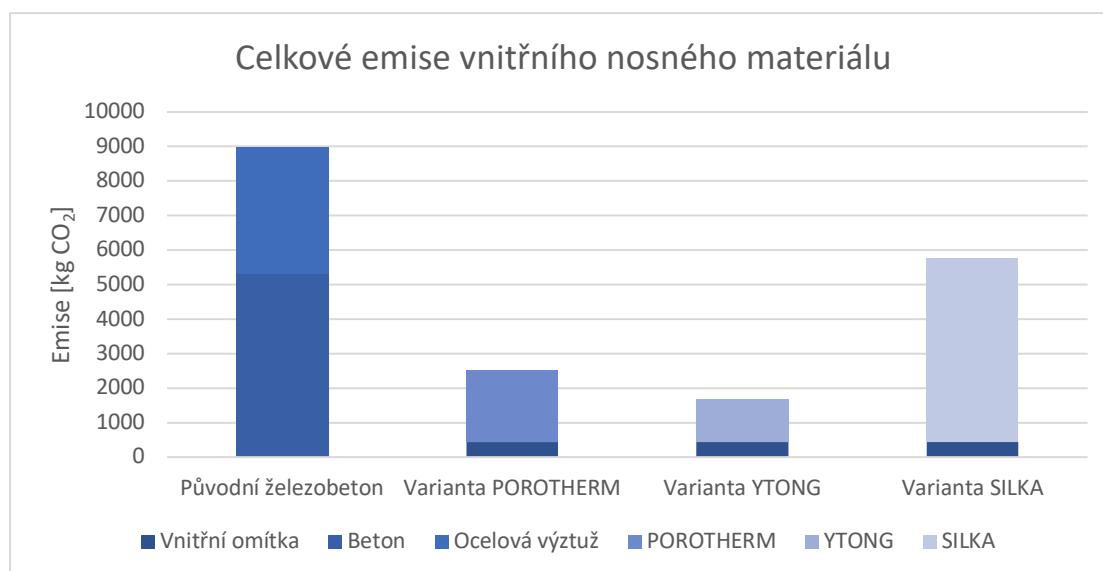
Materiál	Množství	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
SILKA	20,50 m <sup>3</sup>	5 329,95
Vnitřní omítka	205,00 m <sup>2</sup>	436,65
Celkem		5 766,60

Celkové emise této alternativy vyšly nižší než původního železobetonu a to 5 766,60 kg CO<sub>2</sub>.

Tabulka 21: Přehled celkových emisí CO<sub>2</sub> variant skladeb vnitřních nosných stěn, tvorba vlastní

Varianta	Celkové emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
Původní skladba	8 963,83
Varianta POROTHERM	2 514,86
Varianta YTONG	1 688,32
Varianta SILKA	5 766,60

Z celkových emisí zkoumaných skladeb je zřetelné, že opět vyšla jako nejlepší možná varianta s využitím tvárnice YTONG. Proto s ní bude dále počítáno v nákladovém porovnání materiálů.



Obrázek 14: Celkové emise vnitřního nosného materiálu, tvorba vlastní

U porovnání nákladů původního a nově navrženého materiálu je opět spočítán pouze náklad na daný materiál, tím je beton + výztuž a tvárnice YTONG.

Tabulka 22: Celkové náklady na materiál vnitřního nosného zdiva (20), tvorba vlastní

Cena	Beton + výztuž	Varianta – YTONG
Náklady na materiál [Kč]	198 253	105 028
ROZDÍL [Kč]	-93 225	

Samotný železobeton vyšel na 198 253 Kč. Tvárnice YTONG na 105 028 Kč. Rozdíl nákladů samotných materiálů je 93 225 Kč. Dále budou vyčísleny celkové náklady.

Tabulka 23: Celkové náklady na stavební práce pro vnitřní nosné zdivo (20), tvorba vlastní

Náklady	Zdivo z železobetonu (+ výztuž, bednění)	Zdivo z YTONGu tl. 200 mm
Náklady na stavební práce [Kč]	477 110	138 036
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>-339 074</b>	

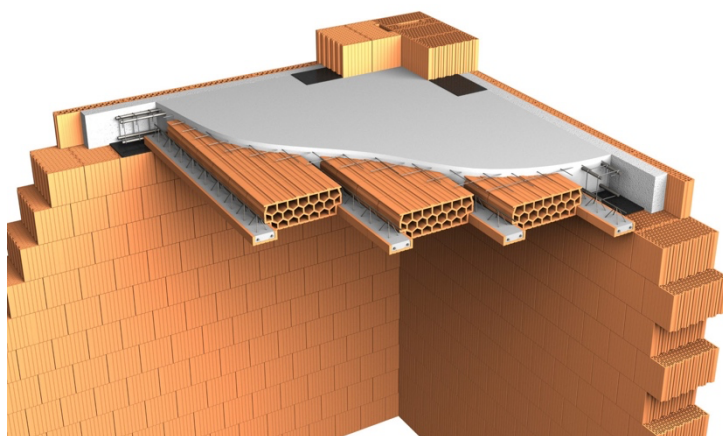
Stejně jako v předešlém případě i v tomto porovnání vyšel alternativní materiál ekonomicky výhodněji. Jeho celkové náklady vychází na 138 036 Kč, zatímco původní na 477 110 Kč. Rozdíl činí 339 074 Kč.

### 5.3.2.3 STROPNÍ KONTRUKCE

Jako náhrada železobetonových monolitických stropů tl. 220 mm byly zvoleny keramobetonové stropní trámy s cihelnými stropními vložkami s celkovou tloušťkou 190 mm. V tomto případě je nutné posouzení součinitele prostupu tepla, jelikož se jedná o součást konstrukce střechy. Konstrukce byly posouzeny v programu TEPLO a výsledky jsou součástí příloh.

#### Keramický strop:

- ocelová výztuž,
- cihla lehčená pálená,
- beton prostý. (4)



Obrázek 15: Keramický strop (52)

Výstavba keramického skládaného stropu je považována za rychlou, jednoduchou a nenáročnou na technologii. Tyto stropy vynikají výbornou požární odolností a vysokou únosností. (52)

Tabulka 24: Porovnání součinitelů prostupu tepla skladeb střešních konstrukcí (28), tvorba vlastní

Varianta	Celkový tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
Původní skladba	6,759	0,145
Varianta keramický strop	6,835	0,143

Součinitelé prostupu tepla jsou téměř totožné. Skladba konstrukce, kromě stropní desky, se nijak nemění, proto je možné posoudit pouze emise samotných zkoumaných materiálů.

Tabulka 25: Celkové emise CO<sub>2</sub> původní stropní konstrukce, tvorba vlastní

Materiál	Množství	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
Beton	124,910 m <sup>3</sup>	32 404,15
Ocelová výztuž	13,740 t	20 362,68
Celkem		52 766,83

#### Keramický strop tl. 190 mm:

$$Emise_{KERAMICKÝ STROP} = 135,121 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./m}^2 * 567,77 \text{ m}^2 \quad (4)$$

$$Emise_{KERAMICKÝ STROP} = 76 717,65 \text{ kg CO}_2$$

V tomto případě emise původního železobetonu vyšly o 23 950,82 kg CO<sub>2</sub> méně než navržený keramický strop, proto bude dále počítáno s původním materiálem.

Tabulka 26: Celkové náklady na materiál stropní konstrukce (20), tvorba vlastní

Náklady	Beton + výztuž
Náklady na materiál [Kč]	1 143 154

Náklady na materiál stropní konstrukce vychází na 1 143 154 Kč.

Tabulka 27: Celkové náklady na stavební práce stropní konstrukce (20), tvorba vlastní

Náklady	Beton (+ výztuž, bednění)
Náklady na stavební práce [Kč]	2 293 622

Celkové náklady na stavební práce železobetonové stropní konstrukce vychází na 2 293 622 Kč.

#### 5.3.2.4 MAZANINY

Jako možná náhrada betonové mazaniny se zde jeví anhydrit.



Obrázek 16: Betonová mazanina a anhydrit (53,84)

Vlevo – betonová mazanina, vpravo – anhydrit

Anhydrit se využívá především při instalaci podlahového topení. Není nutné tyto podlahy na rozdíl od betonové mazaniny dilatovat a mnohem rychleji vysychají. Zajišťují nulovou tepelnou roztažnost a jsou cenově výhodnější než mazaniny. (53)

Součinitel prostupu tepla  $U$  je počítán jako převrácená hodnota součtu všech hodnot tepelných odporů –  $R$ . (1)

$$R_{\text{BETONU}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,150}{1,3} = \mathbf{0,115 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad (3)$$

$$R_{\text{BETONOVÉ MAZANINY}} = \frac{0,05}{1,43} = \mathbf{0,035 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad (3)$$

$$R_{\text{ANHYDRIT}} = \frac{0,05}{1,2} = \mathbf{0,042 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad (4)$$

$$R_{\text{DEKPERIMETER SD 150}} = \mathbf{2,85 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad (15)$$

Tabulka 28: Porovnání součinitelů prostupu tepla betonové mazaniny a anhydritu (28), tvorba vlastní

Varianta	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
Původní skladba	3,000	0,333
Anhydrit	3,007	0,333

Jelikož součinitele vyšly stejně, je možné tuto záměnu provést. Proto budou spočteny vyprodukované emise obou skladeb. Zde bude počítáno pouze s emisemi zkoumaných materiálů, jelikož se tloušťky ostatních materiálů nemění.

Tabulka 29: Celkové emise CO<sub>2</sub> původní betonové mazaniny, tvorba vlastní

Materiál	Množství	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
Beton	40,686 m <sup>3</sup>	10 554,76
Ocelová výztuž	4,068 t	6 028,78
Celkem		16 583,54

Celkové emise původní skladby podlahy vychází na 16 583,54 kg CO<sub>2</sub>.

#### Anhydrit:

$$Emise_{ANHYDRIT} = 0,015 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg} * 2 \cdot 100 \text{ kg/m}^3 * 40,686 \text{ m}^3 \quad (4)$$

$$Emise_{ANHYDRIT} = \mathbf{1\ 281,61 \text{ kg CO}_2}$$

Z výsledků je jasné, že hodnota emisí anhydritu je více jak 10x nižší než původní betonové mazaniny. Dále budou porovnány náklady na původní a nový materiál.

Tabulka 30: Celkové náklady na materiál betonové mazaniny a anhydritu (20), tvorba vlastní

Náklady	Betonová mazanina + KARI síť	Anhydrit
Náklady na materiál [Kč]	325 888	246 086
ROZDÍL [Kč]	-79 802	

Náklady na materiál pro betonovou mazaninu vyztuženou KARI sítí jsou 325 88 Kč. Na anhydrit 246 086 Kč. Rozdíl daných nákladů vychází na 79 802 Kč.



Tabulka 31: Celkové náklady na stavební práce betonové mazaniny a anhydritu (20), tvorba vlastní

Náklady	Betonová mazanina + KARI síť	Anhydrit
Náklady na stavební práce [Kč]	463 049	368 259
ROZDÍL [Kč]	-94 790	

Celkové náklady na stavební práce pro provedení anhydritu vychází na 368 259 Kč. Zatímco pro vyztuženou mazaninu na 463 049 Kč. Rozdíl činí 94 790 Kč.

V případě tohoto nahrazení by bylo nutné u určitých podlah změnit skladbu či tloušťku daného typu podlahoviny. Důvodem je, že se v projektu nacházejí skladby, kde má betonová mazanina tloušťku až 120 mm.

### 5.3.3 VNITŘNÍ ZDIVO LIAPOR

Stěny výplňového zdiva či příček v 1.NP jsou tvořeny z lehčených keramzitbetonových tvárnic LIAPOR různých tlouštěk. Hodnota GWP pro tento typ je 0,400 kg CO<sub>2</sub> na 1 kg materiálu. Jako alternativu jsou uvažovány tvárnice SILKA, POROTHERM, YTONG. U příček tloušťky 115 mm je dále zkoumána SDK konstrukce. (4)



Obrázek 17: Vnitřní zdivo LIAPOR (89,90)

Vlevo – LIAPOR M 240, vpravo – LIAPOR M 115

Jelikož se jedná o vnitřní výplňové zdivo, není nutno řešit tepelnou odolnost, proto se v této kapitole bude vyhodnocovat nejlepší alternativa podle množství celkových emisí CO<sub>2</sub>.

Tabulka 32: Porovnání jednotlivých parametrů vnitřního zdiva (4,9,10,11,17,46,59), tvorba vlastní

Typ zdícího prvku	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ekv./kg]	Součinitel tepelné vodivosti [W/mK]
Tvarovky lehčené LIAPOR	1 500	0,400	1,2
SILKA	1 400 – 2 000	0,130	0,5
POROTHERM	800 – 850	0,132	0,28
YTONG	500	0,111	0,13

Ohledně posouzení součinitele tepelné vodivosti vychází LIAPOR nejhůře, z toho vyplývá, že by tvárnice ostatních posuzovaných materiálů mohly být navrženy o menší tloušťce.

### 5.3.3.1 VÝPLŇOVÉ ZDIVO LIAPOR M 240 P12

V objektu se nachází 370,125 m<sup>2</sup> tohoto zdícího prvku. U tvárnice SILKA a POROTHERM je uvažována stejná tloušťka 240 mm jako u původního materiálu. Jelikož tvárnice YTONG jsou k dispozici pouze tloušťky 200 a 250 mm, byla díky nižšímu součiniteli tepelné vodivosti vybrána menší z velikostí. Z tohoto důvodu bude posouzení vztaheno na m<sup>3</sup>.



Obrázek 18: Alternativy vnitřního zdiva tl. 240 mm (11,60,61)

Vlevo – YTONG Klasik 200, uprostřed – POROTHERM 24 Profi, vpravo – SILKA KSRP 240

Následně budou spočteny celkové emise všech zkoumaných alternativ vnitřního výplňového zdiva.

Tabulka 33: Porovnání celkových emisí CO<sub>2</sub> výplňového zdiva (9,10,11,59), tvorba vlastní

Typ zdícího prvku	Spotřeba na 1 m <sup>3</sup> [ks/m <sup>3</sup> ]	Hmotnost 1 ks [kg/ks]	Celková hmotnost [kg]	Emise [kg CO <sub>2</sub> ]
Tvarovky lehčené, keramzitbeton	66,7	17,6	104 279,31	41 711,73
SILKA KSRP 240	62,9	27,8	155 329,91	20 192,89
POROTHERM 24 Profi	44,4	17,8	70 204,13	9 266,94
YTONG Klasik 200	34,8	21,0	64 916,96	7 205,78

Z porovnání je patrné, že všechny navržené varianty z pohledu celkových emisí vyšly lépe než původní materiál. Nejlepší variantou je klasická pórobetonová tvárnice YTONG Klasik 200. Její celkové emise na stavbu se rovnají 7 205,78 kg CO<sub>2</sub>. Touto záměnou materiálu dojde k úspoře 34 505,95 kg CO<sub>2</sub>.

Tabulka 34: Celkové náklady na materiál výplňového zdiva (20), tvorba vlastní

Náklady	LIAPOR M 240	YTONG Klasik 200
Náklady na materiál [Kč]	533 293	379 254
ROZDÍL [Kč]	-254 039	

Náklady na původní materiál zdivo LIAPOR vychází na 533 293 Kč, zatím co pro alternativní YTONG na 379 254 Kč. Rozdíl činí 254 039 Kč.

Tabulka 35: Celkové náklady na stavební práce pro vnitřní výplňové zdivo (20), tvorba vlastní

Náklady	Zdivo z LIAPORu M 240	Zdivo z YTONGu Klasik 200
Náklady na stavební práce [Kč]	816 682	498 446
ROZDÍL [Kč]	-318 235	

Celkové náklady původního zdiva LIAPOR jsou celkem 816 681 Kč. Pórobetonová tvárnice YTONG vychází levněji, náklady byly vyčísleny na 498 446 Kč. Celkový rozdíl nákladů na stavební práce při využití ekologičtější varianty činí 318 235 Kč.

### 5.3.3.2 PŘÍČKOVKY LIAPOR M 115

V objektu se nachází 16,94 m<sup>2</sup> příček z LIAPOR M 115. V této části byla přidána k tvárnícím SILKA, YTONG, POROTHERM další alternativa původního materiálu SDK konstrukce. V tomto případě byla upravena tloušťka SDK příčky, i tvárnice YTONG na 125 mm.

Sádrokartonové příčky se vyznačují jednoduchostí výstavby, snadnou manipulací, úsporou času a požární odolností. Jejich největší výhodou oproti tvárnícím je, že umožňují vedení instalací uvnitř příčky. Na stavebním trhu existuje několik druhů samotných SDK desek – impregnované, protipožární a další kombinace. To umožňuje jejich využití v různých místnostech stavby. (24)

Skladba alternativní SDK příčky:

- sádrokartonová deska tl. 12,5 mm,
- hliníkové profily CW100 + minerální vlna tl. 100 mm,
- sádrokartonová deska tl. 12,5 mm. (4)



Obrázek 19: Alternativy vnitřního zdiva tl. 115 mm (13,14,62)

Vlevo – YTONG Klasik 125, uprostřed – POROTHERM 11,5 Profi, vpravo – SILKA KSRP 115

Hodnoty GWP jednotlivých materiálů jsou stejné jako v předešlém případě v kapitole 5.3.3. Je však nutné dopočítat emise vzniklé použitím SDK konstrukce.

#### SDK konstrukce tl. 125 mm:

$$Emise_{SDK} = 28,564 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 * 16,94 \text{ m}^2 = \mathbf{483,87 \text{ kg CO}_2} \quad (4)$$

V následující tabulce jsou spočteny celkové emise CO<sub>2</sub> všech zkoumaných materiálů.

Tabulka 36: Porovnání celkových emisí CO<sub>2</sub> příčkovek (4,12,13,14,62), tvorba vlastní

Typ zdícího prvku	Spotřeba na 1 m <sup>3</sup> [ks/m <sup>3</sup> ]	Hmotnost 1 ks [kg/ks]	Celková hmotnost [kg]	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
Tvarovky lehčené, keramzitbeton	92,8	12,8	2 316,29	926,52
SILKA KSRP 115	70,4	19,9	2 731,87	355,14
POROTHERM 11,5 Profi	70,3	12,1	1 658,73	218,95
YTONG Klasik 125	53,6	12,5	1 306,50	145,02
SDK	-	-	-	483,87

Z tabulky vyplývá, že stejně jako v předešlém případě všechny navržené náhrady původního materiálu vychází v množství vyprodukovaných emisí CO<sub>2</sub> lépe. I zde vyšla nejlépe pórobetonová tvárnice YTONG Klasik s 145,02 kg CO<sub>2</sub>. Rozdíl emisí mezi původním LIAPORem a zvolenou alternativou je 781,5 kg CO<sub>2</sub>.

Tabulka 37: Celkové náklady na materiál příčkovek (20), tvorba vlastní

Náklady	LIAPOR M 115	YTONG Klasik 125
Náklady na materiál [Kč]	11 016	9 830
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>- 1 186</b>	

Rozdíl nákladů daných materiálů vychází na 1 186 Kč. Náklady na původní LIAPOR jsou 11 016 Kč, zatímco na nově navržený YTONG Klasik 9 830 Kč.

Tabulka 38: Celkové náklady na stavební práce pro příčkovky (20), tvorba vlastní

Náklady	Zdivo z LIAPORu M 115	Zdivo z YTONGu Klasik 125
Náklady na stavební práce [Kč]	18 329	15 055
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>-3 274</b>	

Celkový náklad při použití původního materiálu LIAPOR vychází na 18 329 Kč. Varianta pórobetonové tvárnice vychází opět levněji na 15 055 Kč. Rozdíl činí 3 274 Kč.

#### 5.3.4 TEPELNÁ IZOLACE

Výběr tepelné izolace stěn, podlah či střech obecně ovlivňuje převážně cena materiálu. Jako možné alternativy z přírodního materiálu je možné použít desky z dřevovlákn, minerálních vláken, ovčí vlny, korku nebo konopí. (19)

Izolace z konopného vlákna vynikají především výbornou tepelnou akumulací. To znamená, že déle udržuje teplo uvnitř objektu v zimních měsících, a naopak v letních mu dokáže z vnějšího prostředí lépe odolat. Dále skvěle odvětrává vlhkost a odolává běžným škůdcům. (25)

Dřevovlákn má výborné difúzní, tepelněizolační či absorpční vlastnosti. Navíc mají i dobré mechanické parametry jako třeba pevnost. (91)

Velkou výhodou izolace z ovčí vlny je možnost recyklace a kompostování vzniklého odpadu. Ovčí vlna si trvale zachovává pružnost a lze ji využít i jako výplňovou izolaci. Tento materiál je schopen udržet stabilní vlhkost. (76, 91)

Minerální izolace ze skelných vláken vynikají díky tepelněizolačním vlastnostem a nízkému difuznímu odporu, což znamená, že snadno propouští vodní páru. Mají dlouhou životnost a snadnou opracovatelnost. (78)

Korek je zajímavý svými velmi dobrými izolačními vlastnostmi. Dobře odolává chemickým vlivům, bakteriím, plísním a houbám. Díky nepropustnosti kapalin netrouchniví ani nepodléhá hnilobě. (91)

Minerální izolace z kamenných vláken mají velmi dobré tepelněizolační vlastnosti, vysokou požární odolnost, a navíc dlouhou životnost. Dále jsou odolné proti škůdcům, jako jsou hlodavci či hmyz. Jsou snadno opracovatelné a při změnách teploty zajišťují rozměrovou stabilitu. (83)

### 5.3.4.1 TEPELNÁ IZOLACE FASÁDY – ISOVER EPS 70

V projektu je navrženo kontaktní zateplení fasády pomocí polystyrénových desek ISOVER EPS 70 tloušťky 200 mm. Jelikož v kapitole 5.3.2.1 byla změněna skladba obvodové stěny, je nutno zde počítat s nově navrženou tloušťkou izolace 100 mm. Celkové množství je 440,117 m<sup>2</sup>.

Jako možná náhrada zde byly zvoleny desky z konopí, dřevovláknna, korku či z kamenných vláken.



Obrázek 20: Alternativy tepelné izolace fasády (80,81,82,83)

Vlevo nahoře – dřevovláknitá izolace, vpravo nahoře – korková izolace, vlevo dole – konopná izolace, vpravo dole – minerální izolace z kamenných vláken

V následující tabulce jsou uvedeny základní parametry vybraných materiálů, které budou použity při výběru vhodné alternativy tepelné izolace. Už na první pohled je vidět, že všechny možné náhrady mají nižší hodnotu GWP než původně navržené EPS 70.

Tabulka 39: Výběr a základní parametry tepelných izolací fasády (5,6,7,45,47,63,83), tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ekv./kg]	Součinitel tepelné vodivosti [W/mK]
EPS 70	13,5	4,400	0,039
Konopná izolace	35	0,623	0,040
Dřevovláknitá izolace	50	-0,565	0,036 - 0,038
Korková izolace	115	0,757	0,040
Minerální izolace z kamenných vláken	40	1,243	0,035

Nejdříve je nutno navrhnout tloušťku tepelné izolace tak, aby byl zachován stejný součinitel prostupu tepla jako u původního materiálu.

Z toho důvodu je potřeba znát tepelný odpor obvodového zdiva, kterým je v tomto případě nově navržená tvárnice YTONG. Následně bude spočítán součinitel prostupu tepla.

$$R_{\text{YTONG STANDARD 300}} = 2,86 \text{ m}^2\text{K/W} \quad (38)$$

Do výpočtu posouzení součinitele prostupu tepla není započítána vnější ani vnitřní omítka, proto se výsledná hodnota liší od spočtené programem TEPLO v kapitole 5.3.1.

Tabulka 40: Porovnání součinitelů prostupu tepla tepelných izolací fasád (2,5,8,16,21), tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]	Tloušťka [mm]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
EPS 70	2,55	100	0,185
Konopná izolace	2,50	100	0,187
Dřevovláknitá izolace	2,60	100	0,183
Korková izolace	2,45	90	0,188
Minerální izolace z kamenných vláken	2,85	100	0,175



Jak je vidět z tabulky, u všech zkoumaných izolací byla zachována stejná tloušťka s výjimkou korkové desky, která byla snížena na 90 mm. Nejbližší součinitel prostupu tepla jako u původního materiálu vyšel u konopné a dřevovláknité desky, proto rozhodne o lepší alternativě hodnota celkových emisí, které budou následně spočteny.

Tabulka 41: Porovnání emisí CO<sub>2</sub> tepelných izolací fasády, tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Emise CO <sub>2</sub> celkem [kg CO <sub>2</sub> ]
EPS 70	5,94	2 614,29
Konopná izolace	2,18	959,58
Dřevovláknitá izolace	-2,83	-1 243,33
Korková izolace	7,83	3 448,29
Minerální izolace z kamenných vláken	4,97	2 188,26

Z výpočtu celkově vyprodukovaných emisí vychází, že nejlépe se hodí dřevovláknitá izolace, která dokáže ušetřit 1 243,33 kg CO<sub>2</sub>.

Tabulka 42: Celkové náklady na materiál tepelné izolace fasády (20), tvorba vlastní

Náklady	ISOVER EPS 70	Dřevovláknitá deska
Náklady za materiál [Kč]	194 972	146 119
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>-48 853</b>	

Z porovnání nákladů vyplývá, že materiál nové izolace vychází na 146 119 Kč, původní ISOVER EPS 70 na 194 972 Kč. Rozdíl činí 48 853 Kč.

Tabulka 43: Celkové náklady na stavební práce tepelné izolace fasády (20), tvorba vlastní

Náklady	ISOVER EPS 70	Dřevovláknitá deska
Náklady na stavební práce [Kč]	603 397	614 133
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>10 736</b>	

Celkové náklady na ISOVER EPS 70 vychází 603 387 Kč a na nově navrženou izolaci z dřevovláknitých desek 614 133 Kč. Rozdíl je 10 736 Kč ve prospěch původního materiálu.

#### 5.3.4.2 TEPELNÁ IZOLACE SOKLU – XPS

Zateplení soklu je řešeno pomocí extrudovaného polystyrenu XPS 300 kPa tloušťky 220 mm.

Jako možná náhrada byla zvolena izolace ISOVER EPS Sokl. Mezi její hlavní výhody patří minimální nasákavost, vysoká pevnost, mrazuvzdornost a dlouhá životnost. Naproti izolaci XPS není nutno použít na desky hydroizolaci. Jelikož tato alternativa není čistě z přírodního materiálu, cenová nabídka není příliš vysoká. (48)



Obrázek 21: Tepelná izolace soklu (48,75)

Vlevo – XPS, vpravo – ISOVER EPS Sokl

Z následující tabulky je patrné, že hodnoty obou tepelných izolací jsou velmi podobné.

Tabulka 44: Výběr a základní parametry zkoumaných tepelných izolací soklu (4,39,40,41), tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ekv./kg]	Součinitel tepelné vodivosti [W/mK]
XPS	25	3,82	0,034
ISOVER EPS Sokl	22,5	3,96	0,034

Při porovnání součinitelů prostupů tepla jednotlivých alternativních izolací s původním je nutné počítat s již navrženými tvárniciemi YTONG.

RYTONG STANDARD 300 = **2,86 m<sup>2</sup>K/W**

(38)

V následném porovnání je uvažována stejná tloušťka jako v případě původní izolace – 220 mm.

Tabulka 45: Porovnání součinitelů prostupu tepla tepelné izolace soklu (39,40), tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]	Tloušťka [mm]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
XPS	6,30	220	0,109
ISOVER EPS Sokl	6,25	220	0,110

Z tabulky je zřejmé, že hodnota odporů obou izolací je velmi podobná. Díky tomu i součinitelé prostupu tepla vycházejí téměř stejně, proto je tepelná izolace ISOVER EPS Sokl brána jako vhodná alternativa. Následně je nutno stanovit výsledné hodnoty emisí CO<sub>2</sub>. Dohromady je potřeba 122,42 m<sup>2</sup> na celý objekt.

Tabulka 46: Porovnání emisí CO<sub>2</sub> tepelných izolací soklu, tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Emise CO <sub>2</sub> celkem [kg CO <sub>2</sub> ]
XPS	21,01	2 572,04
ISOVER EPS Sokl	19,60	2 399,68

Hodnota emisí CO<sub>2</sub> použitím alternativní tepelné izolace ISOVER EPS Sokl se rovná 2 399,68 kg, zatímco hodnota původní je 2 572,04 kg. Rozdíl činí 172,36 kg CO<sub>2</sub>.

Tabulka 47: Celkové náklady na materiál tepelné izolace soklu (20), tvorba vlastní

Náklady	XPS	ISOVER EPS Sokl
Náklady za materiál [Kč]	137 109	153 486
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>16 377</b>	

Náklady na materiál izolace XPS vychází na 137 109 Kč. Pro ISOVER EPS Sokl náklady činí 153 486 Kč. Rozdíl vychází 16 377 Kč.

Tabulka 48: Celkové náklady na stavební práce tepelné izolace soklu (20), tvorba vlastní

Náklady	XPS	ISOVER EPS Sokl
Náklady na stavební práce [Kč]	163 698	180 060
ROZDÍL [Kč]	16 362	

Celkové náklady původní tepelné izolace soklu jsou 163 698 Kč. Alternativní poté vychází na 180 060 Kč. Celkový rozdíl činí 16 362 Kč ve prospěch původního materiálu.

### 5.3.4.3 TEPELNÁ IZOLACE PODLAH – DEKPERIMETER SD 150

V celém objektu se nachází několik skladeb podlah. Nejvíce zastoupenou tepelnou izolací je DEKPERIMETER SD 150 tl. 100 mm.

Jako alternativy původního materiálu byly vybrány obdobné izolace jako v případě posouzení fasády – dřevo vlákno a korek, a nově přidána izolace z ovčí vlny a ze sklených vláken.



Obrázek 22: Tepelná izolace podlah (77,78)

Vlevo – ovčí vlna, vpravo – minerální izolace ze skelných vláken ISOVER TDPT

Již na první pohled je z následující tabulky vidět, že hodnota GWP původního materiálu, je několikanásobně vyšší než hodnoty ostatních variant.

Tabulka 49: Výběr a základní parametry tepelných izolací podlah (4,7,15,18,22,26,47,78), tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ekv./kg]	Součinitel tepelné vodivosti [W/mK]
DEKPERIMETER SD 150	23–28	4,212	0,034
Ovčí vlna	21	0,43	0,042
Dřevovláknitá izolace	50	-0,565	0,036 - 0,038
Korková izolace	115	0,757	0,040
Minerální izolace ze skelných vláken	97–106	0,880	0,033

Stejně jako v předešlých kapitolách je nutné posoudit a případně navrhnout novou tloušťku tak, aby se co nejvíce shodovali součinitelé prostupu tepla nově navržené a původní izolace. Jelikož se podlaha se zkoumanou tepelnou izolací nachází v 1.NP, je nutno do výpočtu zařadit i základovou deskou z betonu o tloušťce 150 mm. Dále je místo betonové mazaniny, uvažován nově navržený anhydrit.

$$R_{\text{BETONU}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,150}{1,3} = \mathbf{0,115 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad (3)$$

$$R_{\text{ANHYPDRIT}} = \frac{0,05}{1,2} = \mathbf{0,042 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad (4)$$

Tabulka 50: Porovnání součinitelů prostupu tepla tepelných izolací podlah (8,15,18,21,78), tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]	Tloušťka [mm]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
DEKPERIMETER SD 150	2,85	100	0,33
Ovčí vlna	2,40	100	0,39
Dřevovláknitá izolace	2,85	140	0,33
Korková izolace	2,75	100	0,34
Minerální izolace ze skelných vláken	3,00	100	0,32

Z tabulky č. 50 je zřejmé, že hodnoty součinitele prostupu tepla původní izolace dokážeme dosáhnout nahrazením dřevovláknitou deskou tloušťky 140 mm.

Následně je nutno porovnat celkové emise. Celkem je potřeba na určenou podlahu 251,04 m<sup>2</sup> materiálu.

Tabulka 51: Porovnání emisí CO<sub>2</sub> tepelných izolací podlah, tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Emise CO <sub>2</sub> celkem [kg CO <sub>2</sub> ]
DEKPERIMETER SD 150	10,53	2 643,45
Ovčí vlna	0,90	226,69
Dřevovláknitá izolace	-3,96	-992,86
Korková izolace	8,71	2 185,43
Minerální izolace ze skelných vláken	8,89	2 231,24

Z porovnání je zřejmé, že alternativní dřevovláknitá izolace vyšla s hodnotou - 992,86 kg CO<sub>2</sub> v celkových emisích nejlépe.

Tabulka 52: Celkové náklady na materiál tepelné izolace podlah (20), tvorba vlastní

Náklady	DEKPERIMETER SD 150	Dřevovláknitá izolace
Náklady za materiál [Kč]	72 685	116 985
ROZDÍL [Kč]	44 300	

Náklad materiálu DEKPERIMETER SD 150 vychází na 72 685 Kč. Pro dřevovláknitou izolaci náklady činí 116 985 Kč. Rozdíl je 44 300 Kč.

Tabulka 53: Celkové náklady na stavební práce tepelné izolace podlahy (20), tvorba vlastní

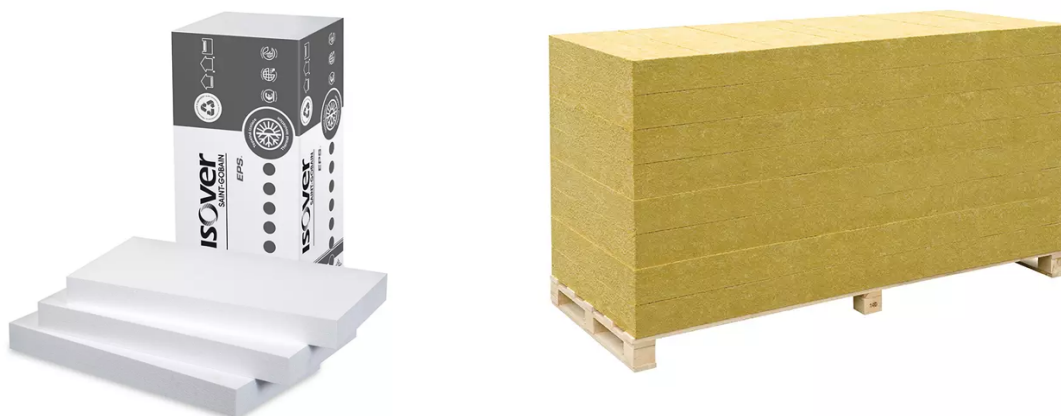
Náklady	DEKPERIMETER SD 150	Dřevovláknitá izolace
Náklady na stavební práce [Kč]	85 417	130 742
ROZDÍL [Kč]	45 325	

Celkové náklady alternativního materiálu jsou 130 742 Kč, zatímco na původní materiál činí 85 417 Kč. Nákladový rozdíl je 45 325 Kč ve prospěch původního materiálu.

#### 5.3.4.4 TEPELNÁ IZOLACE ZELENÉ STŘECHY – ISOVER EPS 150

Střecha objektu je řešená jako zelená. Tepelná izolace navržená projektantem je EPS 150 tl. 220 mm.

Náhradou této izolace budou korkové, dřevovláknité desky a minerální izolace z kamenných vláken ISOVER T. Všechny tyto materiály jsou výrobcem označeny za vhodné pro ploché střechy.



Obrázek 23: Tepelná izolace zelené střechy (27,79)

Vlevo – ISOVER EPS 150, vpravo – ISOVER T

V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé parametry daných tepelných izolací střechy.

Tabulka 54: Výběr a základní parametry tepelných izolací střechy (7,30,31,32,33,47), tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ekv./kg]	Součinitel tepelné vodivosti [W/mK]
EPS 150	23–25	3,125	0,035
Dřevovláknitá izolace	50	-0,565	0,036 - 0,038
Korková izolace	115	0,757	0,040
Minerální izolace z kamenných vláken	125–160	1,16	0,037

Následuje upravení tloušťky alternativní izolace podle součinitele prostupu tepla původního materiálu. Stropní konstrukce objektu je řešena jako železobetonová deska tloušťky 220 mm, spádová vrstva střechy je řešena pomocí lehčeného betonu. Poslední vrstvu střechy tvoří substrát pro suchomilné rostliny.

$$R_{\text{ŽELEZOBETONU}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,220}{1,43} = \mathbf{0,154 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad (3)$$

$$R_{\text{SUBSTRÁT PRO ROSTLINY}} = \frac{0,150}{0,7} = \mathbf{0,214 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad (3)$$

$$R_{\text{LEHČENÝ BETON}} = \frac{0,050}{0,75} = \mathbf{0,067 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad (3)$$

Tabulka 55: Porovnání součinitelů prostupu tepla tepelných izolací střech (7,8,21,31,33), tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]	Tloušťka [mm]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
EPS 150	6,25	220	0,150
Dřevovláknitá izolace	6,30	240	0,148
Korková izolace	6,30	230	0,148
Minerální izolace z kamenných vláken	6,45	240	0,145

Nejlépe z porovnání v předchozí tabulce vychází korková a zároveň dřevovláknitá izolace. Avšak tloušťka obou těchto alternativních izolací musela být zvýšena. U korkové desky na 230 mm a u dřevovláknité na 240 mm, proto o náhradě rozhodne hodnota emisí CO<sub>2</sub>. Na celou střešní konstrukci je potřeba 255,41 m<sup>2</sup> materiálu.

Tabulka 56: Porovnání celkových emisí CO<sub>2</sub> tepelné izolace střech, tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Emise CO <sub>2</sub> celkem [kg CO <sub>2</sub> ]
EPS 150	16,5	4 214,27
Dřevovláknitá izolace	-6,78	-1 731,68
Korková izolace	20,02	5 113,99
Minerální izolace z kamenných vláken	39,53	10 097,07

Z výsledků tabulky č. 56 vyplývá, že hodnota emisí korkové desky je dokonce vyšší než původního materiálu. Jako alternativa je vybrána dřevovláknitá deska, díky které lze ušetřit 1 731,68 kg CO<sub>2</sub>.



Tabulka 57: Celkové náklady na materiál tepelné izolace střech (20), tvorba vlastní

Náklady	ISOVER EPS 150	Dřevovláknitá izolace
Náklady na materiál [Kč]	191 049	207 138
ROZDÍL [Kč]	16 089	

Náklady na ISOVER EPS 150 jsou 191 049 Kč a na dřevovláknitou izolaci 207 138 Kč. Rozdíl vychází na 16 089 Kč.

Tabulka 58: Celkové náklady na stavební práce tepelné izolace střechy (20), tvorba vlastní

Náklady	ISOVER EPS 150	Dřevovláknitá izolace
Náklady na stavební práce [Kč]	232 088	251 118
ROZDÍL [Kč]	19 030	

Náklady na původní materiál byl vyčísleny na 232 088 Kč. Při nahrazení dřevovláknitou deskou dojde ke snížení nákladů na stavební práce na 251 118 Kč. Rozdíl činí 19 030 Kč ve prospěch původního materiálu.

### 5.3.5 KERAMICKÁ DLAŽBA

Nášlapnou vrstvou u většiny podlah, které byly projektantem navrženy, tvoří keramické dlaždice. Celkem je potřeba 103,914 m<sup>2</sup> tohoto materiálu.

Jako možné alternativy se zde nabízejí dlažby z přírodního kamene – žula, mramor, pískovec nebo travertin. Pro následné porovnání byly vybrány žulové a teracové dlaždice.



Obrázek 24: Alternativy keramické dlažby (29,64)

Vlevo – teracová dlažba, vpravo – žulová dlažba

Výhodou žulové dlažby je její vysoká odolnost, nízká nasákavost a s tím souvisí její dlouhá životnost. Lze ji využít v exteriéru i interiéru. (64)

Teracová dlažba se skládá ze dvou vrstev – spodní se skládá z říčního štěrkopísku a portlandského cementu, vrchní poté tvoří mramorová a teracová drť. Vše je spojeno cementem. Zvládá vysoké namáhání a je vhodná jak do interiéru, tak i exteriéru. (65)

Tabulka 59: Výběr a základní parametry zkoumaných dlažeb (4,67,68), tvorba vlastní

Typ dlažby	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ekv./kg]	Tloušťka [mm]
Keramická dlažba	2 000	0,782	10
Teracová dlažba	2 300	0,296	30
Žulová dlažba	2 700	0,630	10

U nášlapných vrstev podlah není nutno řešit tepelnou odolnost, to je součástí posouzení tepelných izolací podlah. Dále budou spočteny celkové emise jednotlivých dlažeb.

Tabulka 60: Porovnání celkových emisí CO<sub>2</sub> dlažeb, tvorba vlastní

Typ dlažby	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Emise CO <sub>2</sub> celkem [kg CO <sub>2</sub> ]
Keramická dlažba	15,64	1 625,21
Teracová dlažba	20,42	2 122,34
Žulová dlažba	17,01	1 767,58

Z tabulky je patrné, že emise původního materiálu – keramické dlažby vyšly nejnižší a to 1 625,21 kg CO<sub>2</sub>.

Dále je nutno vyčíslit náklady na tento materiál.

Tabulka 61: Celkový náklad na materiál dlažby (20), tvorba vlastní

Náklady	Keramická dlažba
Náklady na materiál [Kč]	78 351

Náklady na materiál dlaždic keramické dlažby vychází na 78 351 Kč.

Tabulka 62: Celkové náklady na stavební práce keramické dlažby (20), tvorba vlastní

Náklady	Keramická dlažba
Náklady na stavební práce [Kč]	120 082

Celkové náklady na stavební práce keramické dlažby na daný objekt jsou 120 082 Kč.

### 5.3.6 KERAMICKÝ OBKLAD FASÁDY

Podle projektové dokumentace se na fasádě nachází velkoformátové keramické dlaždice. Jako v případě keramické dlažby byly alternativami opět zvoleny obklady teracové a žulové. Další možnou náhradou zde byl zvolen cihelný obklad.

Velkou výhodou cihlových obkladů je jejich vysoká možnost využití, jelikož se dají použít na fasády, sokly, komíny nebo třeba okolo krbových kamen. Jsou vyrobeny z pravých cihel, čímž mají vynikající tepelněizolační vlastnosti a dobře odolávají mrazu, horku či vodě. Tím zaručují dlouho životnost. (36)



Obrázek 25: Cihlový obklad na fasádě (36,66)

V této kapitole není třeba počítat s tepelnou odolností materiálu. Ta je řešena u obvodových zdí objektu.

Tabulka 63: Výběr a základní parametry zkoumaných obkladů fasády (4,35,36,67,68), tvorba vlastní

Typ obkladu	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ekv./kg]	Tloušťka [mm]
Keramický obklad	2 000	0,782	20
Teracový obklad	2 300	0,296	30
Žulový obklad	2 700	0,630	10
Cihlový obklad	1 500	0,256	20

Následně je nutné porovnání emisí jednotlivých materiálů. Celkem je potřeba 270,27 m<sup>2</sup> materiálu.

Tabulka 64: Porovnání celkových emisí CO<sub>2</sub> obkladů na fasádu, tvorba vlastní

Typ obkladu	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Emise CO <sub>2</sub> celkem [kg CO <sub>2</sub> ]
Keramický obklad	31,28	8 454,05
Teracový obklad	20,42	5 519,99
Žulový obklad	17,01	4 597,29
Cihlový obklad	7,68	2 075,67

Z porovnání je zřejmé, že nejlépe vyšel cihlový obklad s hodnotou celkových emisí 2 075,67 kg CO<sub>2</sub>. Rozdíl mezi tímto a původním materiálem je 6 378,38 kg CO<sub>2</sub>.

Na závěr je nutno provést nákladové porovnání.

Tabulka 65: Celkové náklady na materiál fasádních obkladů (20), tvorba vlastní

Náklady	Keramický obklad	Cihlový obklad
Náklady na materiál [Kč]	207 838	296 599
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>88 761</b>	

Náklady původních keramických obkladů jsou Kč. Pro cihlový obklad vychází na 296 599 Kč. Rozdíl činí 88 761 Kč.

Tabulka 66: Celkové náklady na stavební práce venkovních obkladů (20), tvorba vlastní

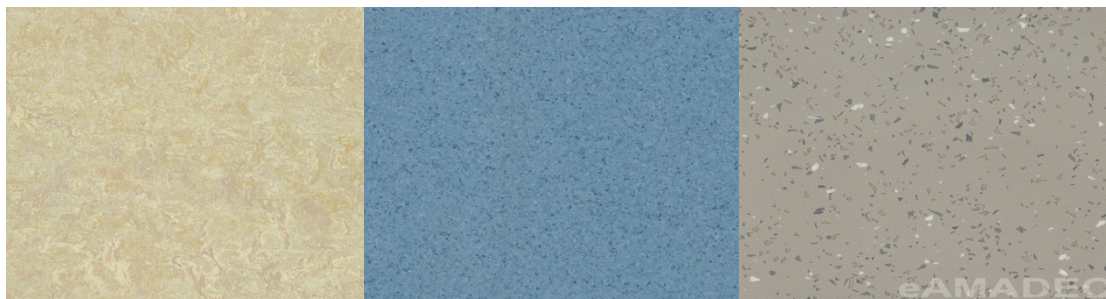
Náklady	Keramický obklad	Cihlový obklad
Náklady na stavební práce [Kč]	484 032	469 356
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	<b>-14 676</b>	

Při porovnání celkových nákladů původního a nově navrženého materiálu na obklad fasád je rozdíl 14 676 Kč. Keramický obklad vychází na 484 033 Kč, cihlový na 469 356 Kč.

### 5.3.7 MARMOLEUM

Projektantem je v projektu navrženo několik nášlapných vrstev. Nejvíce zastoupené jsou marmoleum a keramická dlažba.

V následujícím porovnání budou uvažovány dvě možné náhrady marmolea a to PVC – homogenní a heterogenní.



Obrázek 26: Marmoleum a jeho alternativy (72,73,74)

Vlevo – marmoleum, uprostřed – homogenní PVC, vpravo – heterogenní PVC

Marmoleum, jinak řečeno přírodní linoleum, se vyrábí z lněného oleje, pryskyřice a dalších ekologických materiálů. Udává se, že od vzniku po expedici je hodnota CO<sub>2</sub> neutrální. Další výhodou je jeho odolnost vůči opotřebení a dlouhá životnost. Naopak jeho nevýhodou je údržba, jelikož je nutno ho často voskovat. (69)

Výhodou homogenního PVC je jeho složení, díky kterému snese více námahy a má delší životnost. Je používáno v objektech s vyšší zátěží, jako jsou školy, nemocnice apod. (70)

Heterogenní PVC umožňuje napodobit jiný povrch, jako je dlažba, dřevo či mramor. Je tvořeno ze dvou a více vrstev, které se od sebe odlišují složením nebo provedením. (71)

Tabulka 67: Výběr a základní parametry zkoumaných alternativ marmolea (42,43,44), tvorba vlastní

Typ nášlapné vrstvy	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ekv./kg]	Tloušťka [mm]
Marmoleum	1 200	0,070	2,00
Homogenní PVC	1 625	1,70	2,00
Heterogenní PVC	1 310	2,19	2,10

Jako u keramické dlažby není zde nutno posuzovat tepelnou odolnost materiálu. Následuje výpočet celkových emisí CO<sub>2</sub>. V projektu je navrženo 258,60 m<sup>2</sup> materiálu.

Tabulka 68: Porovnání celkových emisí CO<sub>2</sub> alternativ marmolea (42,43,44), tvorba vlastní

Typ tepelné izolace	Emise CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Emise CO <sub>2</sub> celkem [kg CO <sub>2</sub> ]
Marmoleum	0,167	43,19
Homogenní PVC	5,52	1 427,47
Heterogenní PVC	6,02	1 719,31

Z tabulky je patrné, že hodnota celkových emisí CO<sub>2</sub> pro marmoleum je 33x menší než hodnota pro homogenní PVC a skoro 40x menší než pro heterogenní PVC.

V tomto případě bude i nadále považován původní materiál za ekologičtější variantu. V následujícím kroku bude vyčíslen jeho náklad.

Tabulka 69: Celkové náklady na materiál marmolea (20), tvorba vlastní

Náklady	Marmoleum
Náklady na materiál [Kč]	156 452

Náklady na materiál marmolea vychází na 156 452 Kč.

Tabulka 70: Celkové náklady na stavební práce marmolea (20), tvorba vlastní

Náklady	Marmoleum
Náklady na stavební práce [Kč]	213 079

Celkové náklady na stavební práce na marmoleum činí 213 080 Kč.



## 5.4 ENVIRONMENTÁLNÍ A CENOVÉ POROVNÁNÍ MATERIÁLŮ

Tato kapitola praktické části bude souhrnem a porovnáním původních a nově navržených materiálů s ohledem na environmentální dopad na daný objekt. Všechny řešené materiály jsou sdruženy podle jednotlivých kapitol. Samotné emise jsou pouze na daný stavební materiál – tvárnice YTONG, beton + výztuž apod.

Tabulka 71: Environmentální porovnání vybraných materiálů, tvorba vlastní

Oblast	Celkové emise CO <sub>2</sub> původního materiálu [kg CO <sub>2</sub> ]	Celkové emise CO <sub>2</sub> alternativního materiálu [kg CO <sub>2</sub> ]	Rozdíl CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
Nenahrazený železobeton	75 328,09	75 328,09	0
Obvodové stěny	32 816,36	4 999,01	27 817,35
Vnitřní nosné stěny	8 963,83	1 251,67	7 712,16
Stropní konstrukce	52 766,83	52 766,83	0
Mazaniny	16 583,54	1 281,61	14 020,32
Výplňové zdivo	41 711,73	7 205,78	34 505,95
Příčkovky	926,52	145,02	781,5
Tepelná izolace fasády	5 228,59	-1243,33	6 471,92
Tepelná izolace soklu	2 572,04	2 399,68	172,36
Tepelná izolace podlahy	2 643,45	-992,86	3 636,31
Tepelná izolace střechy	4 212,27	-1 731,68	5 943,95
Keramická dlažba	1 625,21	1 625,21	0
Keramický obklad	8 454,05	2 075,67	6 378,38
Marmoleum	43,19	43,19	0
<b>Celkem</b>	<b>253 877,15</b>	<b>145 153,89</b>	<b>108 723,26</b>

Celkové emise CO<sub>2</sub> pro deset nosných materiálů podle původní projektové dokumentace vyšly na 253 877,15 kg. Použitím vhodnějších alternativ, které mají lepší



dopad na životní prostředí, vyšly emise na 145 153,89 kg. Rozdíl činí 108 723,26 kg CO<sub>2</sub>. Touto substitucí se podařilo dosáhnout snížení emisí o 43 %.

Tabulka 72: Celkové emise CO<sub>2</sub> původně navržených nosných materiálů a náklady na stavební práce (20), tvorba vlastní

Oblast	Celkové emise CO <sub>2</sub> původního materiálu [kg CO <sub>2</sub> ]	Celkové náklady stavebních prací [Kč]
Železobeton	186 458,65	7 549 184
Zdivo LIAPOR	42 637,65	835 011
Tepelná izolace	14 656,40	1 084 600
Keramická dlažba	1 625,21	120 082
Keramický obklad	8 454,05	484 032
Marmoleum	43,19	213 079
<b>Celkem</b>	<b>253 877,15</b>	<b>10 285 988</b>

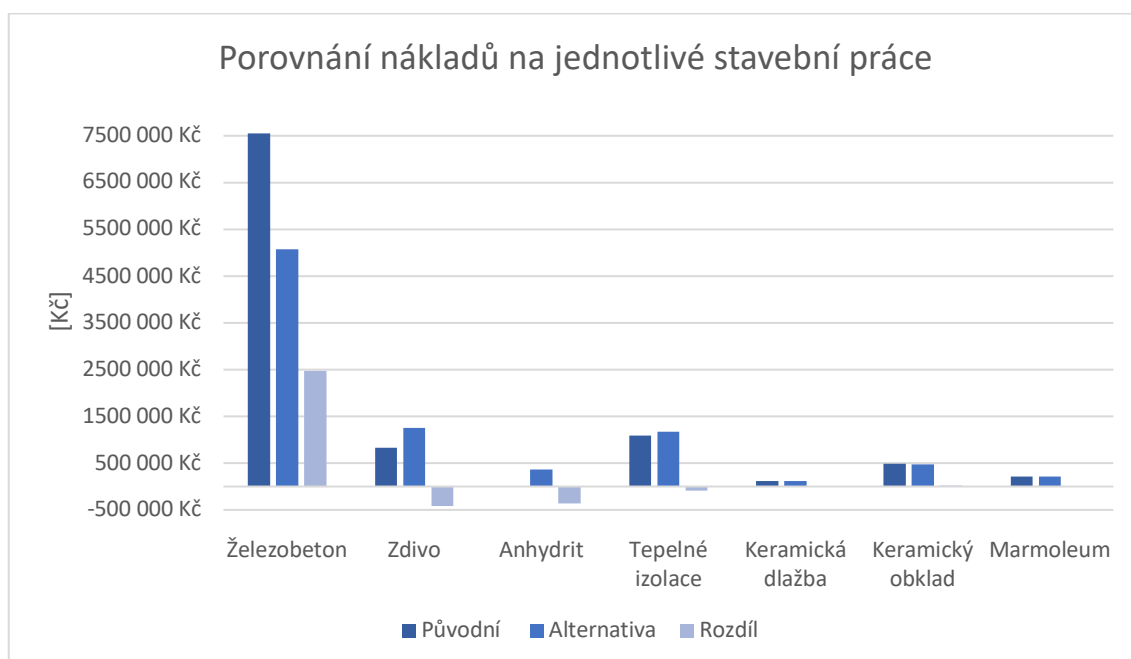
Celkové náklady na stavební práce při použití původních materiálů jsou 10 285 988 Kč. Součástí těchto nákladů nejsou úpravy povrchů, lešení, náklady na umístění stavby. Změny v těchto oddílech, které se projeví volbou vhodné varianty, jsou zohledněny až v závěrečném určení celkových nákladů stavebního objektu.

V dalším kroku bude provedeno stejné porovnání, ale pro nově navržený materiál.

Tabulka 73: Celkové emise CO<sub>2</sub> nově navržených materiálů a náklady na stavební práce (20), tvorba vlastní

Oblast	Celkové emise CO <sub>2</sub> nového materiálu [kg CO <sub>2</sub> ]	Celkové náklady na stavební práce [Kč]
Železobeton	128 094,92	5 075 873
Zdivo YTONG	13 601,48	1 252 182
Anhydrit	1 281,61	368 259
Tepelná izolace	-1 568,19	1 176 053
Keramická dlažba	1 625,21	120 082
Keramický obklad	2 075,67	469 356
Marmoleum	43,19	213 079
<b>Celkem</b>	<b>145 153,89</b>	<b>8 674 884</b>

Celkové náklady na stavební práce při použití alternativních materiálů činí 8 674 884 Kč. Rozdíl nákladů jednotlivých variant je 1 611 104 Kč. Z předchozích tabulek je patrné, že došlo poklesu nákladů i celkové hodnoty emisí pro nově vytvořené alternativy nosných materiálů.



Obrázek 27: Porovnání nákladů na jednotlivé stavební práce (20), tvorba vlastní

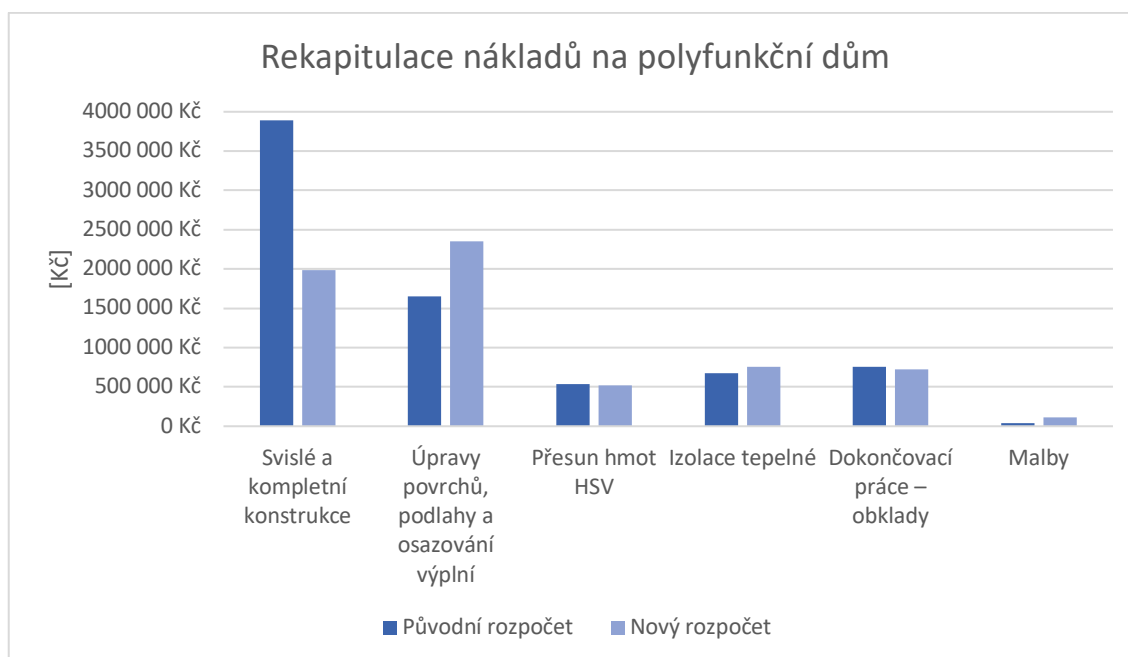
## 5.5 POROVNÁNÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA POLYFUNKČNÍ DŮM

V poslední části bude provedeno cenové porovnání původní a nově navržené varianty polyfunkčního domu. Zkoumány budou všechny jednotlivé oddíly, ve kterých nastala změna. Jedná se především o stavební práce související se změnou materiálu, úpravy povrchů nových konstrukcí, přesuny hmot, NUS.

Tabulka 74: Celkové porovnání jednotlivých oddílů rozpočtu (20), tvorba vlastní

Oddíl	Původní rozpočet [Kč]	Nový rozpočet [Kč]	Rozdíl [Kč]
Svislé a kompletní konstrukce	3 891 262	1 985 621	1 905 741
Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 653 478	2 354 024	-700 546
Přesun hmot HSV	537 429	516 057	21 372
Izolace tepelné	673 500	754 219	-80 719
Dokončovací práce – obklady	758 853	725 383	33 470
<b>Celkem</b>	<b>7 551 247</b>	<b>6 448 181</b>	<b>1 103 066</b>

Z porovnání je zřejmé, že nově navržená varianta polyfunkčního domu je nejen výhodnější z environmentálního hlediska, ale také z pohledu ekonomického. Náklady původních materiálů byly vyčísleny na 7 551 247 Kč, zatímco náklady zvolených alternativ na 6 448 181 Kč. Rozdíl tedy činí 1 103 066 Kč.



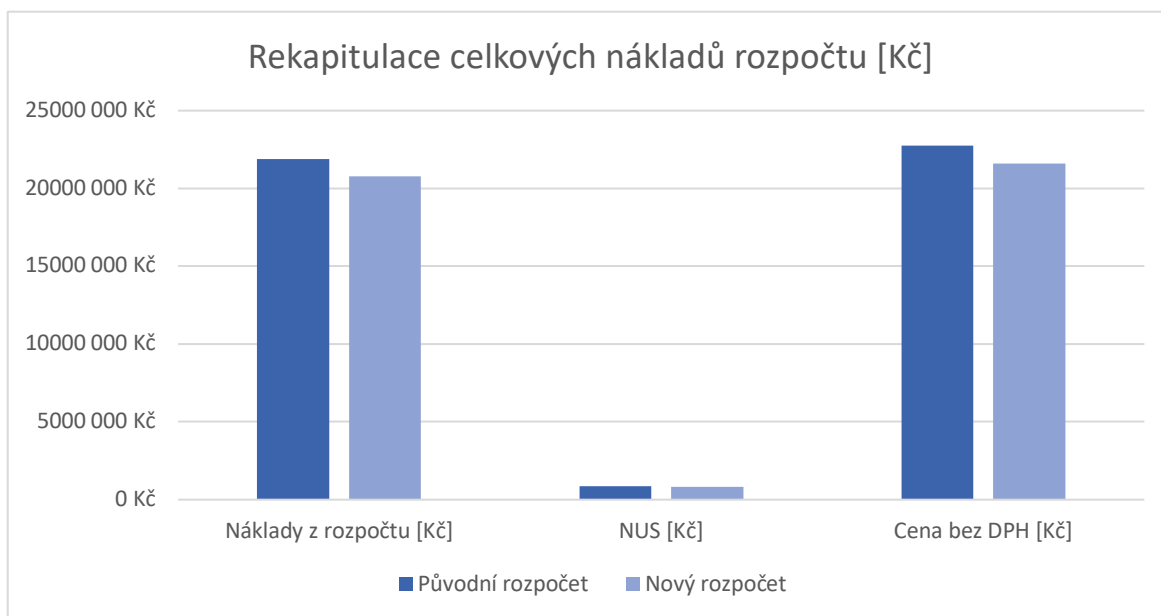
Obrázek 28: Rekapitulace nákladů na polyfunkční dům (20), tvorba vlastní

Největší rozdíl v nákladech byl zaznamenán u svislých konstrukcí, je tomu především díky vysoké ceně původně navrženého železobetonu. Naopak vyšší náklady u nového ocenění se nachází u tepelných izolací, kde platí, že přírodní materiál je dražší než standardně užívané materiály. Dále je velký rozdíl v nákladech na úpravy povrchů a podlah, kde musely být vyčísleny náklady na omítky, které se v původním návrhu nevyskytovaly.

Tabulka 75: Celková rekapitulace nákladů rozpočtů (20), tvorba vlastní

Rekapitulace	Původní rozpočet	Nový rozpočet
<b>Celkové náklady na stavební objekt [Kč]</b>	21 877 044	20 773 987
<b>NUS [Kč]</b>	875 082	830 959
<b>Cena bez DPH [Kč]</b>	22 752 126	21 604 946
<b>ROZDÍL [Kč]</b>	1 147 180	

Celkové náklady nového rozpočtu vychází 21 604 946 Kč. Rozdíl od původního tak činí 1 147 180 Kč.



Obrázek 29: Rekapitulace celkových nákladů rozpočtu (20), tvorba vlastní

## 6 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout alternativy nosných materiálů se zaměřením na snížení uhlíkové stopy v konkrétním projektu polyfunkčního domu a následně zhodnotit dopady této substituce na celkové náklady stavby. Emise u původně navržených materiálů jsem spočetla na celkových 253 877,15 kg CO<sub>2</sub>. Celkové náklady na stavební práce konstrukcí, v nichž se nacházely vybrané materiály, činí 10 285 988 Kč.

Nejvyšší hodnoty emisí u původního materiálového návrhu byly zjištěny u železobetonových konstrukcí, jejichž celková uhlíková stopa činila 186 458,65 kg CO<sub>2</sub> a tím tvořila 73 % celkových emisí všech zkoumaných materiálů. Díky vysokému množství navrženého železobetonu byly vyčísleny i vyšší náklady na stavební práce, to na 7 549 184 Kč. Tato částka tvoří 74 % celkových nákladů na stavební práce, ve kterých jsou užity zkoumané materiály.

Některé konstrukce železobetonu (např. základy, piloty a sloupy) nebylo možné nahradit vhodnými ekologickými substituty. Naproti tomu u svislých konstrukcí byl železobeton nahrazen pórobetonovou tvárnici značky YTONG a v mazaninách anhydritem. U stropních desek objektu vyšel železobeton v hodnotě emisí lépe než keramický skládaný strop. Celkem nahrazením železobetonu alternativním materiálem bylo jeho množství emisí zredukováno na 128 094,92 kg CO<sub>2</sub>. Což i tak tvoří 88 % celkových emisí nového materiálového návrhu.

K dalšímu výraznému snížení emisí došlo u tepelných izolací, kde původně bylo 14 656,4 kg CO<sub>2</sub>. Nahrazením dřevovláknitými a minerálními izolacemi byly emise stanoveny na -1 568,19 kg CO<sub>2</sub>. V tomto případě však náklady vzrostly, jelikož cena přírodních izolací je vyšší než standardně používaného materiálu.

Celkové emise nově navrženého materiálového provedení byly stanoveny na 145 153,89 kg CO<sub>2</sub>. Díky těmto záměnám materiálů bylo ušetřeno 43 % emisí, konkrétně 108 723,26 kg CO<sub>2</sub>. Záměna materiálů se promítla do celkových nákladů stavebních prací. Překvapivým zjištěním bylo, že navržené alternativy nejenom ušetří velké množství emisí oxidu uhličitého a tím sníží uhlíkovou stopu daného objektu, ale i to, že celkové náklady na zvolené náhrady vychází cenově přívětivěji než původní návrh. Náklady na stavební práce nových materiálů byly vyčísleny na 8 674 884 Kč. Což je o 1 611 1034 Kč méně oproti vyčíslení původních nákladů na stavební práce.

V práci se podařilo odpovědět na všechny otázky, které byly položeny v jejím úvodu. Nahrazením původních materiálů ekologičtějšími alternativami je možné dosáhnout snížení emisí o 43 %. Ve sledovaném objektu není možné nahradit všechny zkoumaný materiál, problém se týká hlavně základových konstrukcí. Rozdíl v celkových nákladech na stavbu mezi původně navrženou variantou a variantou, ve které jsou zahrnuty veškeré změny související se substitucí nových materiálů, činí 1 147 180 Kč.

Přínosem bakalářské práce by mohlo být rozšíření pohledu při navrhování konstrukcí a uvážení užití alternativních ekologických materiálů šetrnějších k přírodě, které nemusí vždy vést ke zvýšení celkových nákladů stavby.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

- (1) Výpočet prostupu tepla, součinitel tepelné vodivosti a prostupu tepla. *Izolace-info* [online]. Praha: Digimadi, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/vypocet-prostupu-tepla/>
- (2) *ISOVER Uni* [technický list]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2021.
- (3) Katalog stavebních materiálů. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2023 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: [https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086\\_katalog.html](https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086_katalog.html)
- (4) Katalog materiálů. *Envimat* [online]. Praha: ČVUT, 2023 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/materialy/>
- (5) *Isover EPS 70* [technický list]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2023.
- (6) *KOBE-CZ HEMP FIBRE INSULATION* [enviromentální prohlášení o produktu]. Pohořelice, 2020.
- (7) *STEICO SE* [enviromentální prohlášení o produktu]. Berlin: Institut Bauen und Umwelt e.V., 2020.
- (8) *Dokonalá izolace ... izolace z korku* [katalog izolace]. Rychnov u Jablonce nad Nisou: Korek Jelínek, 2023.
- (9) *Liapor M 240* [technický list]. Vintířov: Lias Vintířov, 2023.
- (10) *VÁPENOPÍSKOVÉ TVÁRNICE SILKA* [technický list]. Brandýs nad Labem: SENESTA CZ, 2023.
- (11) *Porotherm 24 Profi* [technický list]. České Budějovice: Wienerberger, 2023.
- (12) *Liapor M 115* [technický list]. Vintířov: Lias Vintířov, 2023.
- (13) *SILKA KSRP 115 (12-1,4)*. *Xella* [online]. Hrušovany u Brna: Xella Group, 2023 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: [https://www.xella.cz/cs\\_CZ/product/silka-ksrp-115-%2812-1,4%29/20001990](https://www.xella.cz/cs_CZ/product/silka-ksrp-115-%2812-1,4%29/20001990)
- (14) *Porotherm 11,5 Profi* [technický list]. České Budějovice: Wienerberger, 2023,
- (15) *DEKPERIMETER SD 150* [technický list]. Praha: DEK, 2021.
- (16) *TERMO-KONOPI PLUS* [technický list]. Tábor: IZOLACE KONOPI, 2010.

(17) *Porotherm* [enviromentální prohlášení o produktu]. České Budějovice: Wienerberger, 2020.

(18) *A500 NATURWOOL* [technický list]. Brumov-Bylnice: Naturwool, 2023.

(19) CHYBÍK, Josef. Dřevěné konstrukce a přírodní izolační materiály. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2010 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/6791-drevene-konstrukce-a-prirodni-izolacni-materialy>

(20) ÚRS CZ a.s., *KROS 4*. Praha, 2023.

(21) *STEICOflex 038* [technický list] Praha: STEICO SE, 2023.

(22) *ISOVER TDPT* [enviromentální prohlášení o produktu]. Lucens: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2020.

(23) Keramické tvárnice nebo pórobeton? *ČESKÉSTAVBY.cz* [online]. České Budějovice: ČESKÉSTAVBY.cz, 2011 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/keramicke-tvarnice-nebo-porobeton-19536.html>

(24) Příčka ze sádrokartonu 1/7 – co je příčka a výhody sádrokartonu. *Stavebninyokolo.cz* [online]. Praha: Stavebninyokolo.cz, 2012 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.stavebninyokolo.cz/rady-navody-a-doporuceni/pricka-ze-sadrokartonu-1-7-co-je-pricka-a-vyhody-sadrokartonu/>

(25) Konopné izolace. *Claygar s.r.o.* [online]. Šternberk: Claygar, 2008 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.claygar.cz/konopne-izolace.html>

(26) *Thermafleece Cosywool, Ultrawool* [enviromentální prohlášení o produktu]. Stockholm: Thermafleece, 2021.

(27) *ISOVER EPS 150*. *ISOVER* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-150#descriptions>

(28) SVOBODA Zbyněk, *TEPLO EDU*. 2017.

(29) Teraco je variabilní a odolný materiál imitující kámen. *IReceptář* [online]. Praha: VLTAVA LABE MEDIA, 2019 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/teraco-podlaha-material-20191217.html>

(30) *Isover EPS 150* [enviromentální prohlášení o produktu]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017.

(31) *Isover EPS 150* [technický list]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2019.



- (32) *ISOVER T* [enviromentální prohlášení o produktu]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2019.
- (33) *ISOVER T* [technický list]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2021.
- (34) *Porotherm 30 Profi* [technický list]. České Budějovice: Wienerberger, 2023.
- (35) *Facing Bricks, Clay Pavers and Brick Slips* [enviromentální prohlášení o produktu]. Berlín: Institut Bauen und Umwelt e.V., 2016.
- (36) Cihlový obklad SG – REAL BRICK 16™. *StoneGallery* [online]. Praha: StoneGallery, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.stonegallery.cz/cihlovy-obklad-sg-real-brick-16tm>
- (37) HNÍZDIL, Ivan. *Technická zpráva projektu*. Praha: REAL DESING, 2018.
- (38) *TVÁRNICE PRO NOSNÉ STĚNY* [produktový list]. Hrušovany u Brna: Xella Group, 2023.
- (39) *Isover EPS Sokl 3000* [technický list]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2020.
- (40) *FIBRANxps 300-I* [technický list]. Nové město: Fibran, 2022.
- (41) *Isover EPS Sokl 3000* [enviromentální prohlášení o produktu]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017.
- (42) *Marmoleum 2.0 and 2.5 mm* [enviromentální prohlášení o produktu]. Krommenie: UL Environment, 2018.
- (43) *Homogeneous polyvinyl chloride floor coverings* [enviromentální prohlášení o produktu]. Berlín: Institut Bauen und Umwelt e.V., 2019.
- (44) *Heterogeneous polyvinyl chloride floor coverings* [enviromentální prohlášení o produktu]. Berlín: Institut Bauen und Umwelt e.V., 2019.
- (45) *ISOVER EPS 70* [enviromentální prohlášení o produktu]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017.
- (46) *YTONG* [enviromentální prohlášení o produktu]. Praha: CENIA, 2019.
- (47) *Amorim Cork Insulation* [enviromentální prohlášení o produktu]. Vendas Novas: One Click LCA, 2020.

- (48) ISOVER EPS Sokl 3000. *ISOVER* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-sokl-3000#descriptions>
- (49) *Porotherm 20 T Profi* [technický list]. České Budějovice: Wienerberger.
- (50) *VÁPENOPÍSKOVÉ TVÁRNICE SILKA* [produktový list]. Hruškovice u Brna: Xella Group.
- (51) YTONG Standard 300. *Xella* [online]. Hrušovany u Brna: Xella Group, 2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: [https://www.xella.cz/cs\\_CZ/product/ytong-standard-300/20000992](https://www.xella.cz/cs_CZ/product/ytong-standard-300/20000992)
- (52) Porotherm strop. *Wienerberger* [online]. České Budějovice: Wienerberger, 2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/proc/druhy-zdiva/porotherm-strop.html>
- (53) Anhydritové podlahy. *Tokarex* [online]. Brno: Shopea, 2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.tokarex.cz/anhydritove-podlahy/>
- (54) HOVORKOVÁ, Kateřina. *Propočet*. 2022.
- (55) Propočet (odhad) nákladů stavby. *Stavební kalkulace Michal Kubelka* [online]. Jindřichovice v Krušných horách: Webnode, 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.stavebnikalkulace.cz/propocet-stavby/>
- (56) Položkový rozpočet – co obsahuje a kdy je potřeba. *Stavím bydlím* [online]. StavímBydlím.cz, 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/polozkovy-rozpocet-co-obsahuje/>
- (57) HOVORKOVÁ, Kateřina. *Položkový rozpočet stavby*. 2023.
- (58) OCEŇOVÁNÍ STAVEB – rozpočty a kalkulace. *Oceňování staveb* [online]. Žatec: Washi, 2019 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.ocenovanistaveb.com/ostatni.html>
- (59) *Tvárnice pro nenosné stěny* [produktový list]. Hrušovany u Brna: Xella Group, 2023.
- (60) Tvárnice YTONG Klasik P2-500 hladká 200×249×599 mm. *Stavebniny DEK* [online]. Praha: DEK, 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/pobocka-praha-hostivar/produkty/detail/4400900100-ytong-klasik-200-mm-tvarnice-p2-500-200x249x599>
- (61) Silka KSRP 240 (20-2,0) PD 240x248x248mm. *Stavebniny SENESTA CZ s.r.o.* [online]. Brandýs nad Labem: SENESTA CZ, 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <http://www.senesta.cz/detail/2328-silka-ksrp-240-20-2-0-pd-240x248x248mm>

- (62) Tvárnice YTONG Klasik P2-500 hladká 125×249×599 mm. *Stavebniny DEK* [online]. Praha: DEK, 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: [https://www.dek.cz/pobočka-praha-hostivar/produkty/detail/4400900950-ytong-klasik-125-mm-tvarnice-p2-500-125x249x599-72ks-pal?gclid=Cj0KCQjwgLOiBhC7ARIsAleetVA1PzrQg5PtoqZjrgWh-qVCerdzvRQyHlaiidDwVgUAOyXjPmRkowlA09vEALw\\_wcB](https://www.dek.cz/pobočka-praha-hostivar/produkty/detail/4400900950-ytong-klasik-125-mm-tvarnice-p2-500-125x249x599-72ks-pal?gclid=Cj0KCQjwgLOiBhC7ARIsAleetVA1PzrQg5PtoqZjrgWh-qVCerdzvRQyHlaiidDwVgUAOyXjPmRkowlA09vEALw_wcB)
- (63) *ISOVER Uni* [enviromentální prohlášení o produktu]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2021.
- (64) Žulová dlažba/obklad SG – Granite 02. *StoneGallery* [online]. Praha: StoneGallery, 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.stonegallery.cz/zulova-dlazba-obklad-sg-granite-02>
- (65) Cidemat-Teracová dlažba TA 104 hladká Tereza 300x300x30 mm šedá B, Č. *KB-BLOK Stavebniny* [online]. Postoloprty: KB BLOK, 2018 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://stavebniny.kb-blok.cz/cidemat-teracova-dlazba-ta-104-hladka-tereza-300x300x30-mm-seda-b-c/>
- (66) Cihlové obklady do interiéru i exteriéru: materiály, cena pokládky a stavební chemie. *StoneGallery* [online]. Praha: StoneGallery, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.stonegallery.cz/cihlove-obklady-do-interieru-i-exterioru-materialy-cena-pokl>
- (67) *Pavimento interior de granito* [enviromentální prohlášení o produktu]. Barcelona: DAPc, 2013.
- (68) *Teracové výrobky a dlažby CIDEMAT* [enviromentální prohlášení o produktu]. Hranice: CENIA, 2022.
- (69) Marmoleum – vlastnosti, výhody a nevýhody. *Český podlahář* [online]. Příbram: Český Podlahář, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.ceskypodlahar.cz/clanek/marmoleum-vlastnosti-vyhody-a-nevyhody>
- (70) Homogenní PVC. *Hezké koberce* [online]. Košice: bark.sk, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.hezkekoberce.cz/pvc/objektove/homogeni/>
- (71) Heterogenní PVC / Vinyl – PVC pásy, čtverce a designové prvky. *Podlahy Zdrahal* [online]. Přerov: WebCare, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.podlahy-zdrahal.cz/675/pvc-heterogenni/>
- (72) Marmoleum Real tl. 2,5 mm - Sand 2499. *Podlahy* [online]. Praha: Marmoleum, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.podlahy-linoleum.cz/marmoleum-real-tl-25-mm-sand>

- (73) Homogenní PVC IQ One 21200398 Blue. *PVC vinylové podlahy* [online]. Brno: FastCentrik, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.pvcvinylovepodlahy.cz/homogenni-pvc-podlaha-iq-one-iq-one-21200398-blue>
- (74) Heterogenní PVC Gerflor Taralay Millenium Compact - 4037 Gyptis. *EAMADEO* [online]. Praha: ANTstudio, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.eamadeo.cz/zatezova-podlaha-gerflor-taralay-millenium-compact-4037-gyptis>
- (75) Tepelná izolace DEK XPS I 300 kPa 200 mm (1,5 m<sup>2</sup>/bal.). *Stavebniny DEK* [online]. Praha: DEK, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/pobočka-praha-hostivar/produkty/detail/1420361190-xps-dek-300kpa-200mm-fibran-etics-gf-i-1-5-m2-bal>
- (76) Výhody a rizika izolace z ovčí vlny. *Deník* [online]. Praha: VLTAVA LABE MEDIA, 2017 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/stavba/vyhody-a-rizika-izolace-z-ovci-vlny-20171228.html>
- (77) A500 Naturwool. *Naturwool s.r.o.* [online]. Brumov-Bylnice: Naturwool, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.naturwool.cz/izolace-z-ovci-vlny/a500-naturwool/>
- (78) ISOVER TDPT. *Isover* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-tdpt>
- (79) ISOVER T. *Isover* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-t#descriptions>
- (80) Konopná izolace tl. 60 mm 30 kg/m<sup>3</sup>. *Přírodní stavba* [online]. Vsetín: Přírodní stavba, 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.prirodnistavba.cz/konopna-izolace-tl-60-mm-30-kg-m3-4516.html>
- (81) Dřevovláknitá izolace STEICO Flex 036 tl. 100 mm. *Přírodní stavba* [online]. Vsetín: Přírodní stavba, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.prirodnistavba.cz/drevovlaknita-izolace-steico-flex-036-tl-100-mm-13551.html>
- (82) KORK 24. *KORK.PL s.r.o.* [online]. Poznaň: KORK 24, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://kork24.cz/shop/32-korkova-izolace-tepelna-a-zvukova-deska/325-expandovane-izolacni-korkove-desky-20x500x1000mm-tepelna-a-akusticka-izolace-sten/>
- (83) ISOVER Uni. *Isover* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-uni>

- (84) Mazaniny a potěry. *Chatař Chalupář* [online]. Praha: Časopisy pro volný čas, 2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.chatar-chalupar.cz/mazaniny-a-potery/>
- (85) HNÍZDIL, Martin. *Projektová dokumentace – Polyfunkční dům v ul. Choceradská*. Praha: REAL DESING, 2018.
- (86) Cihla Porotherm 30 P+D. *Wienerberger* [online]. České Budějovice: Wienerberger, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/produkty/cihly/porotherm-30.html>
- (87) YTONG Statik 200. *Xella* [online]. Hrušovany u Brna: Xella Group, 2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.xella.cz/cs\\_CZ/product/ytong-statik-200/20000996](https://www.xella.cz/cs_CZ/product/ytong-statik-200/20000996)
- (88) Součinitel prostupu tepla U. *Slavona* [online]. Slavonice: Slavona, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.slavona.cz/slovník-pojmu/u-soucinitel-prostupu-tepla.html>
- (89) LIAPOR M 240 12MPA AKU. *HELD - staviva* [online]. Praha: HELD spol., 2013 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.held-staviva.cz/sortiment-a-ceny/zdici-material/liapor/liapor-zdivo/liapor-km-240-12mpa-aku-s397958956>
- (90) PŘÍČKOVÁ TVÁRNICE LIAPOR M 115. *EKO BET PLAŇANY, s.r.o.* [online]. Plaňany: PANKREA, 2023 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: [https://www.ekobet.cz/prickovavarnice-liapor-m-115\\_11](https://www.ekobet.cz/prickovavarnice-liapor-m-115_11)
- (91) CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.
- (92) SILKA KSRP 200 (20-2,0). *Xella* [online]. Hrušovany u Brna: Xella Group, 2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.xella.cz/cs\\_CZ/product/silka-ksrp-200-%2820-2,0%29/20002011](https://www.xella.cz/cs_CZ/product/silka-ksrp-200-%2820-2,0%29/20002011)
- (93) KUDA, František, Eva WERNEROVÁ a Petr SOUKUP. *Facility management v kostce: pro profesionály i laiky*. Olomouc: Form Solution, 2012. ISBN ISBN9788090525702.
- (94) FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. *Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3293-0.
- (95) BERÁNKOVÁ, Eva. *Životní cyklus staveb. TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2013 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklus-staveb>

- (96) What is Life Cycle Assessment (LCA) in Construction? *ALPIN* [online]. Abu Dhabi: Alpin, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.alpinme.com/life-cycle-assessment-construction/>
- (97) SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Udržitelné pořizování staveb: ekonomické aspekty*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011. ISBN 978-807-3576-424.
- (98) Ověření environmentálního prohlášení o produktu – EPD. *Výzkumný ústav pozemních staveb – Certifikační společnost, s.r.o.* [online]. Praha: Webmaster, 2015 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.vups.cz/sluzby/vyrobky-procesy-a-epd/overeni-environmentalniho-prohlaseni-o-produktu-epd/>
- (99) POMPONI, Francesco, Catherine DE WOLF a Alice MONCASTER. *Embodied carbon in buildings: measurement, management, and mitigation*. Cham, Switzerland: Springer, 2018. ISBN 978-3-319-72795-0.
- (100) *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2023 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz>
- (101) Definice udržitelného rozvoje. *Obnovitelné zdroje a životní prostředí* [online]. Manzanares el Real: Blog News, 2023 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: [https://www.renovablesverdes.com/cs/definicion-de-desarrollo-sostenible/#Definicion de desarrollo sostenible y su origen](https://www.renovablesverdes.com/cs/definicion-de-desarrollo-sostenible/#Definicion%20de%20desarrollo%20sostenible%20y%20su%20origen)
- (102) Role ČSÚ v problematice udržitelného rozvoje. *Statistika a my* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2018 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.statistikaamy.cz/2018/09/18/role-csu-v-problematice-udrzitelneho-rozvoje/>
- (103) Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě. *Časopis Stavebnictví* [online]. Praha: INFORMAČNÍ CENTRUM ČKAIT, 2022 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope.html>

## 8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Technické údaje řešeného objektu (85), tvorba vlastní.....	19
Tabulka 2: Rekapitulace nákladů z propočtu (54), tvorba vlastní.....	23
Tabulka 3: Rekapitulace nákladů z položkového rozpočtu (57), tvorba vlastní.....	23
Tabulka 4: Materiály vybrané k porovnání a jejich náklad (20,58), tvorba vlastní.....	25
Tabulka 5: Celkové emise CO <sub>2</sub> původních materiálů, tvorba vlastní.....	28
Tabulka 6: Množství a rozmístění betonu (58), tvorba vlastní.....	29
Tabulka 7: Celkové emise CO <sub>2</sub> na ostatní množství železobetonu, tvorba vlastní.....	29
Tabulka 8: Celkové náklady na materiál na zůstatkové množství železobetonu (20), tvorba vlastní.....	30
Tabulka 9: Celkové náklady na stavební práce s využitím zbylého množství železobetonu (20), tvorba vlastní.....	30
Tabulka 10: Porovnání součinitelů prostupu tepla skladeb svislých konstrukcí (28), tvorba vlastní.....	31
Tabulka 11: Celkové emise CO <sub>2</sub> původní skladby stěn, tvorba vlastní.....	32
Tabulka 12: Celkové emise CO <sub>2</sub> skladby stěny – varianta POROTHERM, tvorba vlastní.....	33
Tabulka 13: Celkové emise CO <sub>2</sub> skladby stěny – varianta YTONG, tvorba vlastní.....	34
Tabulka 14: Přehled celkových emisí CO <sub>2</sub> variant skladeb obvodových stěn, tvorba vlastní.....	34
Tabulka 15: Celkové náklady na materiál pro nosné obvodové zdivo (20), tvorba vlastní.....	35
Tabulka 16: Celkové náklady na stavební práce pro nosné obvodové zdivo (20), tvorba vlastní.....	35
Tabulka 17: Celkové emise CO <sub>2</sub> železobetonové vnitřní stěny, tvorba vlastní.....	37
Tabulka 18: Celkové emise CO <sub>2</sub> vnitřních stěn s použitím tvárnic POROTHERM, tvorba vlastní.....	37
Tabulka 19: Celkové emise CO <sub>2</sub> vnitřních stěn s použitím tvárnic YTONG, tvorba vlastní.....	38
Tabulka 20: Celkové emise CO <sub>2</sub> vnitřních stěn s použitím tvárnic SILKA, tvorba vlastní.....	38
Tabulka 21: Přehled celkových emisí CO <sub>2</sub> variant skladeb vnitřních nosných stěn, tvorba vlastní.....	39
Tabulka 22: Celkové náklady na materiál vnitřního nosného zdiva (20), tvorba vlastní.....	39
Tabulka 23: Celkové náklady na stavební práce pro vnitřní nosné zdivo (20), tvorba vlastní.....	40
Tabulka 24: Porovnání součinitelů prostupu tepla skladeb střešních konstrukcí (28), tvorba vlastní.....	41
Tabulka 25: Celkové emise CO <sub>2</sub> původní stropní konstrukce, tvorba vlastní.....	41
Tabulka 26: Celkové náklady na materiál stropní konstrukce (20), tvorba vlastní.....	41
Tabulka 27: Celkové náklady na stavební práce stropní konstrukce (20), tvorba vlastní.....	42
Tabulka 28: Porovnání součinitelů prostupu tepla betonové mazaniny a anhydritu (28), tvorba vlastní.....	43
Tabulka 29: Celkové emise CO <sub>2</sub> původní betonové mazaniny, tvorba vlastní.....	43
Tabulka 30: Celkové náklady na materiál betonové mazaniny a anhydritu (20), tvorba vlastní.....	43

Tabulka 31: Celkové náklady na stavební práce betonové mazaniny a anhydritu (20), tvorba vlastní.....	44
Tabulka 32: Porovnání jednotlivých parametrů vnitřního zdiva (4,9,10,11,17,46,59), tvorba vlastní.....	45
Tabulka 33: Porovnání celkových emisí CO <sub>2</sub> výplňového zdiva (9,10,11,59), tvorba vlastní .....	46
Tabulka 34: Celkové náklady na materiál výplňového zdiva (20), tvorba vlastní .....	46
Tabulka 35: Celkové náklady na stavební práce pro vnitřní výplňové zdivo (20), tvorba vlastní .....	46
Tabulka 36: Porovnání celkových emisí CO <sub>2</sub> příčkovek (4,12,13,14,62), tvorba vlastní .	48
Tabulka 37: Celkové náklady na materiál příčkovek (20), tvorba vlastní .....	48
Tabulka 38: Celkové náklady na stavební práce pro příčkovky (20), tvorba vlastní .....	48
Tabulka 39: Výběr a základní parametry tepelných izolací fasády (5,6,7,45,47,63,83), tvorba vlastní.....	51
Tabulka 40: Porovnání součinitelů prostupu tepla tepelných izolací fasád (2,5,8,16,21), tvorba vlastní.....	51
Tabulka 41: Porovnání emisí CO <sub>2</sub> tepelných izolací fasády, tvorba vlastní.....	52
Tabulka 42: Celkové náklady na materiál tepelné izolace fasády (20), tvorba vlastní ...	52
Tabulka 43: Celkové náklady na stavební práce tepelné izolace fasády (20), tvorba vlastní .....	52
Tabulka 44: Výběr a základní parametry zkoumaných tepelných izolací soklu (4,39,40,41), tvorba vlastní .....	53
Tabulka 45: Porovnání součinitelů prostupu tepla tepelné izolace soklu (39,40), tvorba vlastní .....	54
Tabulka 46: Porovnání emisí CO <sub>2</sub> tepelných izolací soklu, tvorba vlastní.....	54
Tabulka 47: Celkové náklady na materiál tepelné izolace soklu (20), tvorba vlastní .....	54
Tabulka 48: Celkové náklady na stavební práce tepelné izolace soklu (20), tvorba vlastní .....	55
Tabulka 49: Výběr a základní parametry tepelných izolací podlah (4,7,15,18,22,26,47,78), tvorba vlastní .....	56
Tabulka 50: Porovnání součinitelů prostupu tepla tepelných izolací podlah (8,15,18,21,78), tvorba vlastní .....	56
Tabulka 51: Porovnání emisí CO <sub>2</sub> tepelných izolací podlah, tvorba vlastní.....	57
Tabulka 52: Celkové náklady na materiál tepelné izolace podlah (20), tvorba vlastní...57	57
Tabulka 53: Celkové náklady na stavební práce tepelné izolace podlahy (20), tvorba vlastní .....	57
Tabulka 54: Výběr a základní parametry tepelných izolací střechy (7,30,31,32,33,47), tvorba vlastní.....	58
Tabulka 55: Porovnání součinitelů prostupu tepla tepelných izolací střech (7,8,21,31,33), tvorba vlastní.....	59
Tabulka 56: Porovnání celkových emisí CO <sub>2</sub> tepelné izolace střech, tvorba vlastní .....	59
Tabulka 57: Celkové náklady na materiál tepelné izolace střech (20), tvorba vlastní....	60
Tabulka 58: Celkové náklady na stavební práce tepelné izolace střechy (20), tvorba vlastní .....	60
Tabulka 59: Výběr a základní parametry zkoumaných dlažeb (4,67,68), tvorba vlastní 61	61



Tabulka 60: Porovnání celkových emisí CO <sub>2</sub> dlažeb, tvorba vlastní.....	62
Tabulka 61: Celkový náklad na materiál dlažby (20), tvorba vlastní.....	62
Tabulka 62: Celkové náklady na stavební práce keramické dlažby (20), tvorba vlastní .	62
Tabulka 63: Výběr a základní parametry zkoumaných obkladů fasády (4,35,36,67,68), tvorba vlastní.....	63
Tabulka 64: Porovnání celkových emisí CO <sub>2</sub> obkladů na fasádu, tvorba vlastní.....	64
Tabulka 65: Celkové náklady na materiál fasádních obkladů (20), tvorba vlastní.....	64
Tabulka 66: Celkové náklady na stavební práce venkovních obkladů (20), tvorba vlastní .....	64
Tabulka 67:Výběr a základní parametry zkoumaných alternativ marmolea (42,43,44), tvorba vlastní.....	65
Tabulka 68: Porovnání celkových emisí CO <sub>2</sub> alternativ marmolea (42,43,44), tvorba vlastní .....	66
Tabulka 69: Celkové náklady na materiál marmolea (20), tvorba vlastní .....	66
Tabulka 70: Celkové náklady na stavební práce marmolea (20), tvorba vlastní .....	66
Tabulka 71: Environmentální porovnání vybraných materiálů, tvorba vlastní.....	67
Tabulka 72: Celkové emise CO <sub>2</sub> původně navržených nosných materiálů a náklady na stavební práce (20), tvorba vlastní .....	68
Tabulka 73: Celkové emise CO <sub>2</sub> nově navržených materiálů a náklady na stavební práce (20), tvorba vlastní .....	69
Tabulka 74: Celkové porovnání jednotlivých oddílů rozpočtu (20), tvorba vlastní .....	70
Tabulka 75: Celková rekapitulace nákladů rozpočtů (20), tvorba vlastní .....	71

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Základní pilíře udržitelného rozvoje (102).....	11
Obrázek 2: Udržitelná výstavba budov (103) .....	12
Obrázek 3: Životní cyklus stavebního díla (95) .....	13
Obrázek 4: Fáze životního cyklu stavby (93), tvorba vlastní.....	13
Obrázek 5: Náklady životního cyklu stavby (93), tvorba vlastní .....	14
Obrázek 6: Životní cyklus stavebního materiálu (4) .....	15
Obrázek 7: Rozdělení fází životního cyklu v EPD tepelné izolace – ISOVER Uni (63) .....	16
Obrázek 8: Hodnoty GWP tepelné izolace fasády – ISOVER Uni (63) .....	17
Obrázek 9: Pohled jižní (85).....	19
Obrázek 10: Část limitky materiálů (57) .....	24
Obrázek 11: Alternativy obvodového zdiva (51,86) .....	31
Obrázek 12: Porovnání celkových emisí CO <sub>2</sub> obvodové stěny, tvorba vlastní.....	35
Obrázek 13: Alternativy železobetonové vnitřní nosné stěny (49,87,92) .....	36
Obrázek 14: Celkové emise vnitřního nosného materiálu, tvorba vlastní.....	39
Obrázek 15: Keramický strop (52) .....	40
Obrázek 16: Betonová mazanina a anhydrit (53,84) .....	42
Obrázek 17: Vnitřní zdivo LIAPOR (89,90) .....	44
Obrázek 18: Alternativy vnitřního zdiva tl. 240 mm (11,60,61).....	45
Obrázek 19: Alternativy vnitřního zdiva tl. 115 mm (13,14,62).....	47
Obrázek 20: Alternativy tepelné izolace fasády (80,81,82,83) .....	50
Obrázek 21: Tepelná izolace soklu (48,75) .....	53
Obrázek 22: Tepelná izolace podlah (77,78) .....	55
Obrázek 23: Tepelná izolace zelené střechy (27,79) .....	58
Obrázek 24: Alternativy keramické dlažby (29,64).....	61
Obrázek 25: Cihlový obklad na fasádě (36,66) .....	63
Obrázek 26: Marmoleum a jeho alternativy (72,73,74) .....	65
Obrázek 27: Porovnání nákladů na jednotlivé stavební práce (20), tvorba vlastní .....	69
Obrázek 28: Rekapitulace nákladů na polyfunkční dům (20), tvorba vlastní .....	70
Obrázek 29: Rekapitulace celkových nákladů rozpočtu (20), tvorba vlastní .....	71

## **10 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 – výsledky z programu TEPLO posouzení původní obvodové železobetonové stěny

Příloha 2 - výsledky z programu TEPLO posouzení alternativní obvodové stěny z tvárnic POROTHERM

Příloha 3 - výsledky z programu TEPLO posouzení alternativní obvodové stěny z tvárnic YTONG

Příloha 4 - výsledky z programu TEPLO posouzení původní železobetonové střešní konstrukce

Příloha 5 - výsledky z programu TEPLO posouzení alternativního skládaného keramického stropu

Příloha 6 – původní rozpočet stavby

Příloha 7 – nový rozpočet stavby