

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Burianová** Jméno: **Lucie** Osobní číslo: **502262**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vliv použití udržitelných stavebních materiálů na cenu stavby

Název bakalářské práce anglicky:

The effect of the use of sustainable building materials on the cost of construction

Pokyny pro vypracování:

Udržitelná výstavba
Recyklace
Použití alternativních materiálů a porovnání jejich vlastností s tradičními.
Ekonomické posouzení

Seznam doporučené literatury:

CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.
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.
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: **25.02.2024** Termín odevzdání bakalářské práce: **27.05.2024**

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

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Ing. Lucie Brožové, Ph.D.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze, dne 27.5.2024

Podpis.....

Lucie Burianová

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce Ing. Lucii Brožové, Ph.D. za odborné vedení a svým přátelům za motivaci k dokončení bakalářské práce, bez níž by tato práce nikdy nevznikla.

**VLIV UDRŽITELNÝCH MATERIÁLŮ NA CENU
STAVBY**

**THE EFFECT OF THE USE OF SUSTAINABLE
BUILDING MATERIALS ON THE COST OF
CONSTRUCTION**

Anotace

Tato práce se zaměřuje na tematiku udržitelné výstavby s ohledem na environmentální stránku jednotlivých materiálů. Dále jsou v práci rozebrány metody pro snížení dopadů lidské činnosti na životní prostředí ve stavebnictví, a na základě rešerše jsou navrženy udržitelné alternativy k původním materiálům s ohledem na životní prostředí. Praktická část zahrnuje porovnání tradičních a vybraných udržitelných materiálů z pohledu environmentálního prohlášení o produktu na konkrétním objektu. Jedná se o služebnu městské policie. Na základě tohoto srovnání je provedeno finální zhodnocení obou variant na cenu stavby.

Klíčová slova

udržitelnost, udržitelná výstavba, dekarbonizace ve stavebnictví, oběhové hospodářství, LCA, EPD, environmentální systémy hodnocení budov

Annotation

This thesis focuses on the topic of sustainable construction with regard to the environmental aspect of the materials. Furthermore, the thesis discusses methods for reducing the environmental impact of human activities in the construction industry and proposes sustainable alternatives to original materials with respect to the environment based on the research. The practical part includes a comparison of traditional and selected sustainable materials in terms of environmental product declaration on a specific building. This is a municipal police station. Based on this comparison, a final evaluation of the two options on the cost of the building is made.

Key words

sustainability, sustainable construction, decarbonisation in construction, circular economy, LCA, EPD, environmental building rating systems

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Definice v původním jazyce	Definice v českém jazyce
ADP	Abiotic depletion potential	Potenciál úbytku surovin
AP	Acidification potential	Potenciál okyselování půdy a vody
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method	Metoda posuzování vlivu na životní prostředí
C2C	Cradle to Cradle	Od kolébky ke kolébce
CO ₂		Oxid uhličitý
EP	Eutrophication potential	Potenciál eutrofizace
EPD	Environmental product declaration	Environmentální prohlášení o produktu
EPS	Expanded polystyrene	Expandovaný polystyren
EU	European Union	Evropská unie
HSV		Hlavní stavební výroba
LCA	Life cycle assessment	Hodnocení životního cyklu
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design	Řízení v oblasti energetiky a environmentálního designu
M		Montážní práce
ODP	Ozon depletion potential	Potenciál úbytku stratosférické ozónové vrstvy
PCR	Product category rules	Pravidla produktové kategorie
POCP	Photochemical ozone creation potential	Potenciál tvorby přízemního ozónu
PSV		Přidružená stavební výroba
PUR		Polyuretan
PVC		Polyvinylchlorid
SBTool	Sustainable Building Tool	Nástroj pro udržitelné budovy
USGBC	United States Green Building Council	Rada Spojených států pro zelené budovy
VRN		Vedlejší rozpočtové náklady
WDP	Water depletion potential	Potenciál úbytku vody
XPS	Extruded polystyrene	Extrudovaný polystyren
ZRN		Základní rozpočtové náklady

Obsah práce

Úvod.....	12
Cíl práce.....	13
Metodika práce.....	14
1 Environmentální závazky ČR.....	15
1.1 Evropská opatření.....	15
1.1.1 Balíček „Fit for 55“.....	15
1.1.2 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních produktů	16
1.1.3 Udržitelnost staveb – Posuzování environmentálních vlastností budov – Výpočtová metoda.....	16
1.2 Česká opatření.....	16
1.2.1 Požadavky na udržitelné využití přírodních zdrojů.....	16
2 Udržitelná výstavba	17
2.1 Koncepce udržitelné výstavby.....	17
2.1.1 Hodnocení z hlediska ekonomických aspektů	18
2.1.2 Hodnocení z hlediska ekologických aspektů	18
2.1.3 Hodnocení z hlediska sociokulturních aspektů	18
3 Dekarbonizace ve stavebnictví	19
3.1 Zdroje energie.....	20
3.2 Výběr materiálů.....	20
3.3 Oběhové hospodářství	20
3.4 Recyklace	21
4 LCA analýza.....	23
4.1 Běžné modely LCA	24
4.1.1 „Cradle-to-grave“.....	24
4.1.2 „Cradle-to-gate“.....	24
4.1.3 „Cradle-to-cradle“	24
4.1.4 „Gate-to-gate“	24

4.2	Životní cyklus stavby.....	25
4.3	Životní cyklus stavebních materiálů.....	26
4.4	EPD.....	26
5	Enviromentální systémy hodnocení budov.....	29
5.1	BREEAM.....	29
5.2	LEED.....	31
5.3	SBToolCZ.....	32
6	Praktická část.....	33
6.1	Referenční objekt.....	34
6.1.1	Spodní stavba – základy.....	35
6.1.2	Svislé nosné konstrukce.....	36
6.1.3	Svislé nenosné konstrukce.....	36
6.1.4	Vodorovné konstrukce.....	36
6.1.5	Střešní konstrukce.....	36
6.1.6	Podlahy.....	37
6.1.7	Podhledy.....	37
6.1.8	Ostatní výrobky (klempířské, truhlářské, zámečnické, doplňkové).....	37
6.1.9	Hydroizolace.....	37
6.1.10	Zpevněné plochy.....	37
7	Porovnání materiálů na základě hlavních ukazatelů dopadu na životní prostředí dle EPD s použitím metody „Cradle-to-gate“.....	38
7.1	Postup vyhodnocení.....	42
7.1.1	Výběr udržitelnější varianty.....	42
7.1.2	Shromáždění dat EPD z online databáze a programu KROS 4.....	42
7.1.3	Vyhodnocení materiálů pomocí bodovací metody.....	43
7.2	Vodorovné konstrukce.....	44
7.2.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu.....	45
7.3	Podsypy pod podlahy.....	46
7.3.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu.....	46

7.4	Obvodové konstrukce	47
7.4.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	48
7.5	Nášlapné vrstvy	49
7.5.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	50
7.6	Kročejová izolace.....	51
7.6.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	52
7.7	Izolace fasády.....	53
7.7.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	54
7.8	Tepelná izolace šikmé střechy	55
7.8.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	56
7.9	Tepelná izolace základových konstrukcí	57
7.9.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	58
7.10	Příčky.....	59
7.10.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	60
7.11	Plochá střecha	61
7.11.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	62
7.12	Okna	63
7.12.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	64
7.13	Podhledy.....	65
7.13.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	66
7.14	Dlažby a obklady.....	67
7.14.1	Výhody a nevýhody zvoleného materiálu	68
8	Ekonomické posouzení	69
8.1	Porovnání investičních nákladů.....	69
	Závěr.....	74
	Použitá literatura	75
	Seznam obrázků	80
	Seznam tabulek.....	80
	Seznam příloh	81

Úvod

Dnešní doba klade velký důraz na udržitelnost a ochranu životního prostředí. S narůstajícími environmentálními problémy, jako jsou změny klimatu, ztráta biodiverzity a nadměrná spotřeba přírodních zdrojů, je stavebnictví v centru pozornosti. Jedná se totiž o odvětví, které má značný vliv na životní prostředí a je odpovědné za velkou část globálních emisí skleníkových plynů.

Podle statistik je stavebnictví odpovědné za téměř 40 % emisí skleníkových plynů, což zahrnuje nejen emise při provozu budov, ale také emise související s výrobou stavebních materiálů a s konstrukcí samotných budov. Tento fakt jasně ukazuje, že stavebnictví hraje klíčovou roli v otázce ochrany životního prostředí a snižování celkových emisí skleníkových plynů.

Z tohoto důvodu je nezbytné hledat způsoby, jak minimalizovat negativní dopady stavebnictví na životní prostředí. Jedním z hlavních směrů je přechod k používání udržitelných materiálů a technologií, které mají menší ekologický dopad a jsou šetrnější k životnímu prostředí. Tento přístup zahrnuje výběr materiálů s nižšími emisemi CO₂ při jejich výrobě, minimalizaci odpadu a recyklaci materiálů, a také využití materiálů s delší životností a nižší energetickou náročností při provozu.

Tento trend směrem k udržitelnějšímu stavebnictví není pouze reakcí na současné environmentální výzvy, ale také výrazem rostoucího povědomí ve společnosti o důležitosti ochrany životního prostředí a budování ekologicky šetrných budov a infrastruktury. Navíc, s příchodem nových technologií a inovací se otevírají nové možnosti pro vývoj a použití udržitelných materiálů a stavebních postupů, což podněcuje další rozvoj tohoto směru v oblasti stavebnictví.

Cíl práce

Cíle práce lze definovat následujícím způsobem:

- 1. Demonstrace vlivu použití udržitelných materiálů na celkové pořizovací náklady stavby**
 - Provést analýzu a porovnání nákladů mezi tradičními stavebními materiály a materiály šetrnými k životnímu prostředí.
- 2. Výběr udržitelných materiálů na základě rešerše**
 - Identifikovat a vybrat vhodné udržitelné materiály s důrazem na jejich environmentální dopady.
- 3. Porovnání materiálů na základě environmentálního prohlášení o produktu (EPD)**
 - Použít EPD k porovnání tradičních stavebních materiálů s udržitelnými alternativami s ohledem na jejich celkový dopad na životní prostředí.
- 4. Posouzení dopadu udržitelných materiálů na celkovou cenu stavby**
 - Zhodnotit, jak použití udržitelných materiálů ovlivňuje celkové náklady na výstavbu ve srovnání s tradičními materiály.

Metodika práce

Metodiku práce lze definovat následujícím způsobem:

1. Literární rešerše

- Provést důkladnou literární rešerši zaměřenou na udržitelné stavební materiály, jejich vlastnosti a environmentální dopady.
- Shromáždit informace o tradičních stavebních materiálech a jejich srovnání s udržitelnými alternativami.

2. Výběr udržitelných materiálů

- Na základě rešerše identifikovat vhodné udržitelné materiály, které mají nižší dopad na životní prostředí.
- Kritéria pro výběr materiálů zahrnují dostupnost EPD, environmentální přínosy a vhodnost pro daný stavební projekt.

3. Srovnání materiálů pomocí environmentálního prohlášení o produktu (EPD)

- Shromáždit EPD pro vybrané udržitelné materiály a tradiční materiály používané ve stavebnictví.
- Porovnat materiály na základě EPD, zaměřit se na některé fáze životního cyklu materiálů, včetně výroby, přepravy, instalace, užívání a likvidace.

4. Analýza nákladů

- Sestavit kalkulaci celkových pořizovacích nákladů na výstavbu s využitím tradičních materiálů.
- Sestavit kalkulaci celkových pořizovacích nákladů na výstavbu s využitím udržitelných materiálů.
- Porovnat náklady na tradiční a udržitelné materiály, identifikovat rozdíly a faktory ovlivňující náklady.

5. Vyhodnocení výsledků

- Analyzovat výsledky porovnání nákladů a dopadů na životní prostředí.

6. Závěrečné posouzení

- Shrnutí zjištěných výsledků a vyhodnocení celkového dopadu použití udržitelných materiálů na stavební projekt.

1 Environmentální závazky ČR

Závazky České republiky jsou výrazně ovlivňovány právními předpisy a nařízeními Evropské unie. Některé z těchto povinností jsou přímo upraveny evropskými právními předpisy, zatímco ostatní jsou začleněny do národního plánu České republiky, který respektuje stanovené evropské cíle a doporučení. Proto mohou být legislativní závazky rozděleny do dvou úrovní: v rámci Evropské unie a v rámci samotné České republiky.

1.1 Evropská opatření

1.1.1 Balíček „Fit for 55“

Balíček „Fit for 55“ je transformací ekologických cílů The European Green Deal (Zelená dohoda pro Evropu) do formy právních předpisů. The European Green Deal je soubor opatření, které mají vést ke klimatické neutralitě Evropské unie (EU) do roku 2050. Obsahem balíčku „Fit for 55“ jsou nové legislativní návrhy a změny stávajících předpisů EU, které pomohou snížit emise skleníkových plynů, a dojde tak k dosažení klimatické neutrality. Cílem je snížení čistých emisí skleníkových plynů do roku 2030 alespoň o 55 % v porovnání s rokem 1990. Do roku 2050 stanovila Evropská rada za cíl dosažení klimatické neutrality. [1]

Od roku 2028 se budou muset nové budovy, ve vlastnictví veřejných subjektů, stát uhlíkově neutrálními. Od roku 2030 bude tato změna platit pro všechny nové budovy. [1]

Pro stávající neobytné budovy byly stanoveny členskými státy EU minimální normy energetické náročnosti tzn. maximální množství produkce energie, které mohou budovy ročně spotřebovat na m² plochy. Pro bytové budovy by se měla průměrná spotřeba primární energie snížit do roku 2030 nejméně o 16 % a do roku 2035 až o 22 %. [1]

Od roku 2027 bude potřeba instalovat více ekologické zdroje energie, pokud to bude technicky a ekonomicky vhodné a funkčně proveditelné, pro všechny nové veřejné neobytné budovy s užitnou podlahovou plochou větší než 250 m². Od roku 2031 bude tato změna platit pro veškeré stávající budovy větší než 250 m². [1]

1.1.2 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních produktů

Norma ČSN EN 15804+A2 (730912) podporuje zpracování environmentálních prohlášení o stavebních výrobcích (EPD) v zemích Evropské unie. Dokument poskytuje jednotnou strukturu pro zhotovení EPD na národní úrovni pro různé skupiny stavebních výrobků. EPD udává také informace o emisích, které se vyskytují v průběhu fáze užívání budovy. Součástí této normy je výpočtové pravidlo pro posouzení životního cyklu (dále LCA), tj. určení funkčních a deklarovaných jednotek, referenční životnosti a podrobné specifikace hranic studovaného výrobního systému, včetně hranic s ostatními, předcházejícími nebo následujícími výrobními systémy. Také stanovuje pravidla pro výběr vhodných dat pro hodnocení a požadavky na jejich kvalitu. [2]

1.1.3 Udržitelnost staveb – Posuzování environmentálních vlastností budov – Výpočtová metoda

Norma ČSN EN 15978 (730902) se zabývá LCA veškerých budov a udává výpočtovou metodu pro posuzování environmentálních vlastností nových a stávajících budov, a to zejména na základě LCA a dalších nutných environmentálních informací. Podrobně popisuje také společný způsob pro sdělování výsledků, které byly získány při posuzování. [3]

Opatření pro posouzení budov obsahuje veškeré fáze životního cyklu a staví na datech zjištěných z environmentálních prohlášení o produktu – EPD. Tato norma udává společnou strukturu pro uspořádání výpočtů, kterou je potřeba dodržet pro úspěšné provedení výpočtů, jež jsou potřebné pro posouzení. Dále se v normě nachází uplatnění EPD při posouzení budovy, kde uvádí nároky na kvalitu a spojitost využitých dat. [3]

1.2 Česká opatření

1.2.1 Požadavky na udržitelné využití přírodních zdrojů

Zákon č. 283/2021 Sb. § 151 stanovuje, že stavba musí být ve všech fázích životního cyklu provedena tak, aby bylo zajištěné udržitelné využití přírodních zdrojů, například recyklovatelností materiálů nebo použitím druhotných materiálů šetrných k životnímu prostředí. [4]

2 Udržitelná výstavba

Vzhledem k trendu urbanizace a globálnímu oteplování je důležité snížit uhlíkovou stopu stavebních materiálů a přizpůsobit stavby oteplování klimatu. Stavební materiály na sebe vážou uhlík nejen v podobě úložného média, nýbrž i prostřednictvím své produkce (šedá energie). Pro snížení obsahu uhlíku ve stavebních materiálech je potřeba zpomalit biologický cyklus uhlíku, který je v důsledku zpomalení koloběhu materiálu vázán déle. Tento proces je možné použít u rychle rostoucích rostlin, jako je sláma nebo konopí, které lze využít jako izolační materiál pro budovy. Další možností je urychlení geologického cyklu uhlíku tím, že se větší množství uhlíku zachytí za kratší dobu, například v půdě. [5]

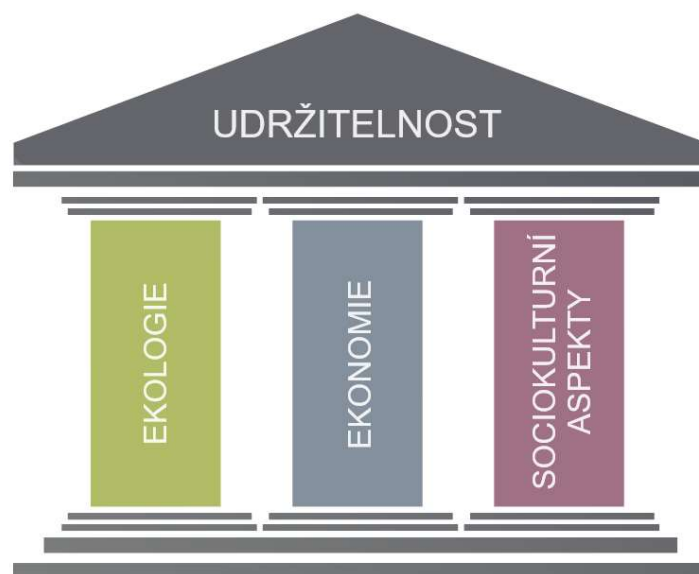
Při udržitelné výstavbě se zohledňují všechny fáze životního cyklu budovy, jehož cílem je optimalizovat všechny faktory ovlivňující životní cyklus: od těžby surovin až po výstavbu a demontáž. [5]

Při udržitelné výstavbě je třeba brát v úvahu následující zásady:

- snížení spotřeby zdrojů na minimum,
- zvýšení možnosti opětovného využití zdrojů,
- využití materiálů recyklovaného nebo obnovitelného původu,
- ochrana přírody,
- vybudování zdravého a neškodného prostředí,
- orientace na dosažení maximální kvality. [6]

2.1 Koncepce udržitelné výstavby

Udržitelnost spočívá v zohledňování ekonomických, ekologických a sociokulturních aspektů vlastního jednání s cílem zajistit nedotčené životní prostředí a rovné příležitosti pro budoucí generace. Na Obr. 1 jsou vyznačeny tři pilíře udržitelnosti, které jsou vzájemně propojeny a je důležité k nim přistupovat rovnocenně. To platí zejména v oblasti stavebnictví, kde použité materiály a finanční zdroje mají významný vliv na životní prostředí. Proto byl vyvinut systém hodnocení udržitelnosti ve stavebnictví, který se opírá o tyto tři pilíře. [7]



Obr. 1 Pilíře udržitelnosti; tvorba vlastní podle [8]

2.1.1 Hodnocení z hlediska ekonomických aspektů

Ekonomické hodnocení zahrnuje nejen pořizovací a stavební náklady, ale také náklady na následnou výstavbu. Tyto náklady mají při posuzování nákladů životního cyklu často negativní dopad, protože jsou v nich zahrnuty například náklady na užívání (vytápění, teplá voda, elektřina atd.) nebo náklady na údržbu a servis, které jsou velmi vysoké. Důležitou součástí jsou rovněž náklady spojené s demontáží. [7]

2.1.2 Hodnocení z hlediska ekologických aspektů

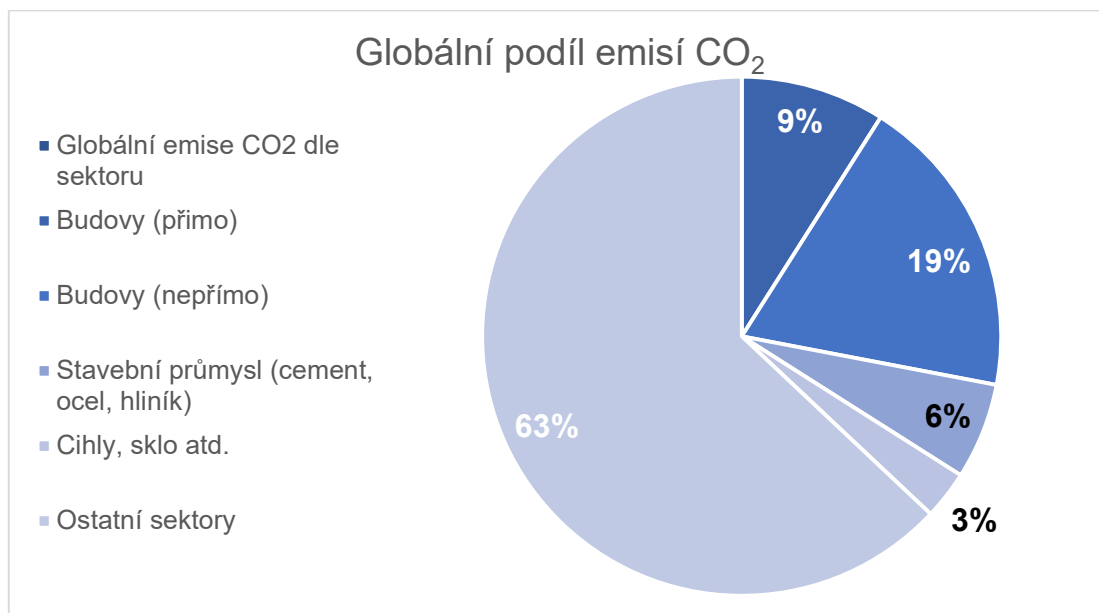
Ekologické posouzení bere v úvahu nejen ochranu zdrojů, ale také efektivní využití stavebních výrobků a materiálů. Mezi klíčové faktory patří snižování spotřeby zdrojů, jako je voda, elektřina a vytápění stejně jako minimalizace dopadu na životní prostředí. Posouzení zahrnuje rovněž využití půdy v rámci budovy, spotřebu primární energie a potenciál globálního oteplování. [7]

2.1.3 Hodnocení z hlediska sociokulturních aspektů

Sociokulturní hodnocení zahrnuje nejen estetické a designové aspekty, ale také klade důraz na pohodlí a ochranu zdraví. Kromě tepelného, akustického a vizuálního komfortu, které zahrnují teplotu v místnosti, zvukovou izolaci a osvětlení, má vliv na budovu i její obyvatele, také použití stavebních výrobků vykazující nízké emise. [7]

3 Dekarbonizace ve stavebnictví

Podle zprávy OSN z roku 2022 má stavebnictví podíl 37 % na celkových emisích CO₂ na světě. Z Obr. 2 vyplývá, že z celkové sumy je 9 % emisí zapříčiněno použitím fosilních paliv v budovách, zatímco 19 % emisí způsobuje nepřímo výroba elektřiny a tepla, které budovy spotřebovávají. Zbýlých 9 % emisí vyprodukuje stavební průmysl, například při výrobě stavebních materiálů jako ocel, cement, sklo, hliník nebo cihly.



Obr. 2 Globální podíl emisí CO₂; tvorba vlastní podle [9]

Je stále důležitější minimalizovat emise CO₂ při těžbě a výrobě stavebních materiálů a při samotné výstavbě a provozu budov. Termín dekarbonizace se používá k popisu tohoto úsilí o snížení emisí CO₂ změnou postupů a technologií. V oblasti stavebnictví existuje několik možností, jak snížit emise CO₂. [10]

Níže uvedené oblasti představují pouze výběr z mnoha možných strategií, které mohou vést k dekarbonizaci ve stavebnictví.

3.1 Zdroje energie

Jednou ze strategií k dekarbonizaci je přechod od fosilních paliv, jako je uhlí, zemní plyn a ropa, k nízkouhlíkovým a obnovitelným zdrojům energie. Volba zdrojů energie má významný dopad na provoz budov v rámci stavebnictví. Lze využít moderní technologie, jako jsou solární panely, tepelná čerpadla nebo vytápění peletami. Nicméně způsob výroby energie je také klíčovým faktorem při výrobě stavebních materiálů, protože tyto materiály jsou nosiči emisí CO₂ v podobě šedé energie, které se uvolňují během jejich výroby. [10]

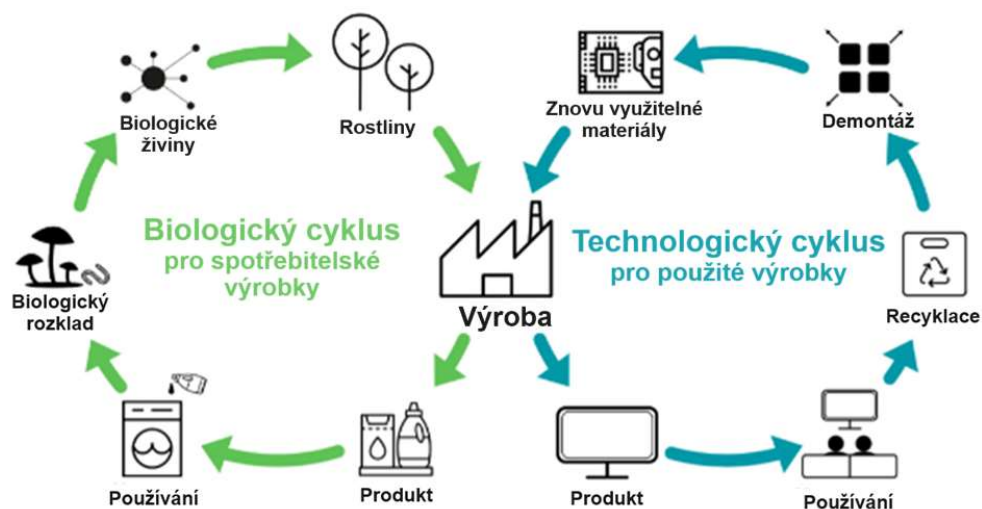
3.2 Výběr materiálů

Důležitou roli pro snížení emisí CO₂ hraje výběr stavebních materiálů. Cement a ocel patří z hlediska výroby a zpracování k materiálům, u nichž je dekarbonizace nejobtížnější. Pro snížení emisí je vhodné nahradit výrobky náročné na CO₂ materiály s nižší šedou energií.

Některé stavební materiály umožňují ukládat uhlík v budově po delší dobu, čímž přispívají k vytváření klimaticky příznivého prostředí. K tomuto účelu se hodí zejména rychle rostoucí rostliny, jako je konopí a sláma, které lze použít jako izolační materiály. K dekarbonizaci může přispět i používání lokálně dostupných stavebních materiálů, které minimalizují emise CO₂ způsobené dopravou, nebo také výrobky s příznivým EPD. [10]

3.3 Oběhové hospodářství

Další strategií pro úsporu energie a snížení emisí CO₂ je oběhové hospodářství. Pod pojmem oběhové hospodářství si lze představit možnost opětovného použití stavebních materiálů po skončení životnosti budovy. Čím méně materiálů je třeba znovu zpracovat pro opětovné použití, tím větší je potenciál pro dekarbonizaci. Ve spojitosti s oběhovým hospodářstvím se často hovoří o principu Cradle to Cradle (C2C), který popisuje idealizovaný, uzavřený cyklus po vzoru přírody, v němž všechny výrobky mohou být po použití znovu uvedeny do provozu (Obr. 3). Z principu vyplývá, že by existovaly pouze recyklovatelné materiály (tzn. žádný odpad). [11]



Obr. 3 Schéma C2C principu; tvorba vlastní podle [11]

Pro zavedení principu C2C musí být splněny následující podmínky:

- spotřeba energie musí být pokryta výhradně obnovitelnými zdroji,
- použité materiály musí být zdravotně a chemicky nezávadné a recyklovatelné, aby bylo možné donekonečna recyklovat všechny části výrobků,
- do koloběhu musí být zaveden CO_2 tak, aby eliminoval vzniku skleníkového efektu.

[11]

3.4 Recyklace

Opakované využívání stavebních materiálů představuje klíčový prvek oběhového hospodářství v rámci stavebnictví, a to díky významnému snížení potřeby primárních surovin. Nicméně pro rozšíření používání recyklovaných materiálů je nezbytné překonat technické normy, které často nezohledňují možnosti recyklace a tím brání inovacím v tomto směru. I přes jisté změny v normách, které podporují recyklaci, stále přetrvává určitá nedůvěra k využívání recyklovaných materiálů.

Pokud jsou materiály, které byly původně použity při stavbě a provozu budov, opětovně využity pro nový účel, dochází k recyklaci, kdy se odpadní produkt transformuje na druhotnou surovinu. [12]

Pro dosažení udržitelného stavebnictví by měla být při demontáži budov zajištěna maximální možnost recyklace. Tohoto cíle lze dosáhnout již ve fázi plánování, a to při výběru materiálu, přičemž je třeba zohlednit několik aspektů. [12]

- homogenita – stavební materiály by měly mít co nejvíce jednoduší, tzn. že čím nižší bude počet složek v materiálu, tím jednodušší bude proces likvidace,
- separace – pokud se dají od sebe materiály snadno oddělit, zvýší se tím šance na jejich opětovné použití,
- obsah škodlivých látek – použitím recyklovaných materiálů bez škodlivých látek stoupne jejich kvalita a následně se zlepší jejich recyklovatelnost. [12]

4 LCA analýza

Každý materiál má různé dopady na ekologii během svého životního cyklu, ať už se jedná o těžbu surovin, produkci, užívání, či konec životnosti materiálu. Jednotlivé fáze mají rozdílný dopad na životní prostředí, což může být zapříčiněno například použitými výrobními procesy.

Analýza životního cyklu LCA zahrnuje též procesy získávání surovin, výroby materiálů a energie, podpůrné procesy nebo subprocesy. V úvahu jsou brány emise do veškerých složek životního prostředí v průběhu výroby, užívání i likvidace produktu. Metodiku posuzování LCA definují mezinárodní normy řady ISO 14040, ve kterých je životní cyklus rozdělen do několika fází a modulů znázorněných na Obr. 4. [13]



Obr. 4 Jednotlivé fáze a moduly životního cyklu; tvorba vlastní podle [14][15]

Ze tří pilířů udržitelnosti se LCA zaměřuje především na ekologii, ačkoliv může být doplněna o další aspekty. Analýzu životního cyklu lze aplikovat nejen na výrobky, ale také na služby a organizace. Cílem této metody je odhalit možná ekologická rizika, slabá místa a určit potenciál pro optimalizaci. Výsledná analýza LCA slouží jako podklad k EPD. [16][17]

4.1 Běžné modely LCA

Životní cyklus lze rozdělit z hlediska rozsahu zahrnovaných životních fází na několik modelů. V následující části jsou rozebrány pouze čtyři modely.

4.1.1 „Cradle-to-grave“

„Cradle-to-grave“ se používá při zkoumání dopadů výrobku na životní prostředí od počáteční těžby surovin až po finální likvidaci. Zahrnuje všechny životní fáze výrobku, včetně jeho výroby, užívání a konečného odstranění. Tento model je obzvláště důležitý, jelikož bere v úvahu nejen účinek na životní prostředí během výroby, ale také dopad během celého životního cyklu výrobku nebo služby, což umožňuje komplexní posouzení vlivu na životní prostředí a pomáhá tak vytvořit ucelené chápání působení výrobků na životní prostředí a vypracovat strategie pro snížení tohoto dopadu. [18]

4.1.2 „Cradle-to-gate“

„Cradle-to-gate“ se zaměřuje na hodnocení výrobku od počátku výroby až po dobu, kdy opustí výrobní linku a je připraven k distribuci. To znamená, že se neberou v úvahu fáze jeho používání a likvidace. Tato metoda může zjednodušit analýzu životního cyklu a poskytnout rychlejší pochopení vnitřních procesů. Dříve byla „Cradle-to-gate“ běžná při tvorbě EPD, ovšem norma EN15804+A2 nyní preferuje přístup „Cradle-to-grave“, který zahrnuje celý životní cyklus výrobku. [19]

4.1.3 „Cradle-to-cradle“

„Cradle-to-cradle“ je termín často spojovaný s oběhovým hospodářstvím. Tento koncept mění tradiční liniový model „Cradle-to-grave“ tím, že se zaměřuje na opakované využití materiálů namísto jejich ukládání na skládkách, čímž se vytváří uzavřený cyklus s minimálním odpadem.[19]

4.1.4 „Gate-to-gate“

„Gate-to-gate“ představuje přístup k hodnocení, který se často využívá u produktů s komplexními výrobními procesy. Namísto detailního zkoumání každého kroku se soustředí pouze na klíčové procesy s přidanou hodnotou v rámci výrobního řetězce. Tento jednodušší přístup umožňuje pozdější propojení a souhrnné vyhodnocení celkového životního cyklu produktu na vyšší úrovni. [19]

4.2 Životní cyklus stavby

Každá stavba, bez ohledu na svůj účel nebo rozměry, prochází procesem životního cyklu. Tento cyklus zahrnuje veškeré fáze od počáteční myšlenky a plánování stavby přes její realizaci, užívání a případné úpravy, až po její odstranění. [20]

Životní cyklus stavby lze klasifikovat do čtyř základních fází:

- předinvestiční fáze,
- investiční fáze,
- provozní fáze,
- fáze ukončení životního cyklu. [13]

Předinvestiční fáze charakterizuje prvotní fázi životního cyklu, ve které dochází k představení myšlenky o realizaci stavby. [13]

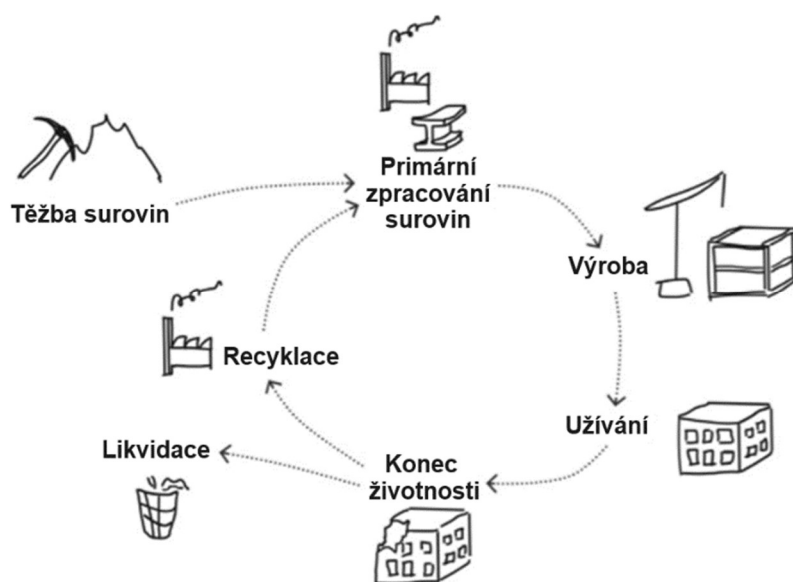
Během investiční fáze dochází k přípravě a realizaci investičního záměru. Tato fáze je velmi rozsáhlá, vzhledem k počtu provedených činností, proto může být rozdělena do dvou užších etap – projektování a realizace. Při přípravě projektové dokumentace je důležité použít analýzu nákladů životního cyklu za účelem vyhodnocení ekonomického dopadu po celou dobu životnosti projektu. [13]

Třetí a nejdéle trvající částí životního cyklu stavby je fáze provozní. Jednou z nejzásadnějších činností v této fázi je zajištění provozuschopnosti stavby. Toto může být zabezpečeno prováděním oprav a údržby. [13]

Závěrečnou fází životního cyklu je likvidace, která nastává při ukončení užívání budovy. Pro odstranění stavby je potřeba získat povolení k odstranění stavby. Po skončení životního cyklu stavby musí být území rekultivováno nebo připraveno pro novou stavbu. Následně jsou stavební hmoty odstraněny a uloženy na skládku nebo v nejlepším případě recyklovány. [13]

4.3 Životní cyklus stavebních materiálů

Stavební materiál prochází životním cyklem (Obr. 5), který začíná těžbou surovin potřebných pro jeho výrobu. Po této fázi následuje proces výroby, který zahrnuje různé chemické a mechanické postupy. Po dokončení výroby je materiál přepraven na místo stavby, kde je integrován do konstrukce a stavba je uvedena do provozu. Během provozní fáze materiál slouží svému účelu, avšak s postupem času se opotřebovává. Po dosažení konce své životnosti je materiál buď demontován nebo zlikvidován, přičemž po demontáži dojde v nejlepším případě k procesu recyklace a následnému využití tohoto recyklovaného materiálu. [21]



Obr. 5 Fáze životního cyklu stavebních materiálů; tvorba vlastní podle [17]

4.4 EPD

EPD patří mezi environmentální značení, které je založené na mezinárodních standardech ISO 14025 a EN 15804, jež spadají mezi dobrovolné informační nástroje. Jedním z hlavních cílů environmentálních značek a prohlášení je podněcovat zájem o produkty, které mají menší dopad na životní prostředí. Tohoto cíle lze dosáhnout prostřednictvím poskytování ověřitelných, přesných a nezávadějících informací o jejich environmentálním dopadu, což má stimulovat možnost trhem řízených, neustálých zlepšení v oblasti životního prostředí. [22]

Existují tři standardizované typy environmentálního značení a prohlášení, které jsou v České republice zastřešeny „Národním programem environmentálního značení“. V této práci je zmíněno pouze jedno – EPD (typ III). [22]

EPD představuje nejdůkladnější způsob získávání informací o dopadech výrobku na životní prostředí. Není to certifikace, což znamená, že se nezabývá kvalitou samotného výrobku, ale spíše formou a obsahem poskytnutých informací. Tento dokument popisuje stavební materiály, stavební výrobky nebo stavební prvky s ohledem na jejich dopad na životní prostředí na základě posouzení životního cyklu a také jejich funkčních a technických vlastností. [22]

Posouzení životního cyklu analyzuje dopady konkrétního výrobku na životní prostředí od těžby surovin až po hotový výrobek. Zahrnuje také procesy spojené s výrobkem, jako je balení a doprava. Stále častěji se zohledňují i další fáze životního cyklu, jako je fáze využití, recyklace, opětovného použití a likvidace. Před vydáním je EPD důkladně kontrolováno nezávislými organizacemi, aby se zaručila jeho přesnost a shoda s normami. EPD poskytuje konkrétní údaje o environmentálních vlastnostech stavebních materiálů, a je proto důležitým základem pro systémy certifikace budov BREEAM, LEED a SBToolCZ. [23]

I když dokumenty EPD poskytují užitečné informace pro spotřebitele, mohou být pro výrobce obtížné na zpracování, zejména pro menší podniky. Tato dokumentace je často vypracovávána nadnárodními společnostmi než menšími firmami. Platnost EPD je omezena časem a po vypršení platnosti je nutné vypracovat novou s aktuálními údaji. Přestože dokumenty EPD poskytují informace o environmentálním dopadu výrobku pomocí analýzy životního cyklu, ne všechna EPD zahrnují kompletní životní cyklus výrobku. EPD zpravidla prezentují průměrné hodnoty na deklarovanou jednotku výrobku od daného výrobce, což znamená, že stejné výrobky mohou mít odlišný environmentální dopad v závislosti na místě jejich výroby.

Tvorba EPD spočívá ve třech krocích, které jsou vyobrazeny níže.

1) Základ pro tvorbu EPD

Základem pro tvorbu EPD je dvoudílný návod s pravidly pro kategorizaci výrobků (PCR). Podle normy ISO 14025 je PCR souhrnem specifických pravidel, požadavků nebo pokynů pro tvorbu EPD pro jednu nebo více kategorií výrobků. Pravidla pro PCR jsou rozdělena do dvou částí: Část A obsahuje standardizovaná pravidla výpočtu pro posuzování životního cyklu a obecné požadavky na tvorbu EPD dle rad odborníků. Část B popisuje specifické požadavky na obsah EPD. [23]

2) Vytvoření EPD

Ve druhém kroku výrobce stavebních výrobků vytvoří EPD pro svůj výrobek na základě PCR. Pro tento účel zadá všechny požadované údaje, případně i technické údaje, interpretace analýzy životního cyklu a ověření, do online platformy. [23]

3) Nezávislá revize a zveřejnění EPD

Ve třetím kroku dochází k ověření EPD. To znamená, že nezávislá třetí strana jmenovaná odbornou radou zkontroluje EPD v souladu se zásadami ISO 14025, EN 15804 a pravidly EPD programu z hlediska úplnosti, věrohodnosti a konzistence výpočtů a informací. Po schválení EPD dojde ke zveřejnění na online platformě EPD. Platnost dokumentu je obvykle pět let, poté je nutná jeho aktualizace. [23]

Pro získání informací o EPD existuje řada veřejně přístupných databází. V České republice je k dispozici pouze jedna databáze – Cenia, která obsahuje pouze užší škálu výrobků v porovnání s jinými, zahraničními databázemi. Mezi nejrozšířenější evropské databáze EPD, které se mohou navzájem uznávat v souladu s normou EN 15804 patří:

- BRE Group (Spojené království Velké Británie a Severního Irsku),
- EPD Danmark (Dánské království),
- INIES (Francouzská republika),
- EPD – Norge (Norské království),
- The International EPD Systems (Švédské království). [24]

5 Enviromentální systémy hodnocení budov

Od zavedení prvního certifikačního systému na začátku 90. let 20 století výrazně vzrostla poptávka po certifikovaných budovách. K dnešnímu dni existuje ve světě několik stovek tisíc certifikovaných budov a stovky různých certifikačních systémů. Navzdory tomu je jen několik z nich skutečně použitelných pro mezinárodní účely. Níže jsou popsány pouze certifikační systémy, které se používají v České republice. [25]

5.1 BREEAM

BREEAM (Obr. 6) je britská metoda posouzení a certifikace ekologické udržitelnosti staveb, která patří k nejvýznamnějším evropským certifikačním systémům. Do roku 2012 bylo pomocí BREEAM posouzeno, hodnoceno a certifikováno více než 200 000 budov. Většina z nich se nachází ve Spojeném království. Od spuštění BREEAM bylo k posouzení zaregistrováno více než milion budov a používá se přibližně v 80 zemích po celém světě. [25]



Obr. 6 Logo certifikačního systému BREEAM [26]

Většina hodnotících schémat BREEAM se skládá z deseti kategorií (také označovaných jako sekce) zahrnujících otázky, kterým lze přidělit počet kreditů v závislosti na použitém schématu. Problémy zahrnují vše od udržitelnosti a spotřeby energie až po vnitřní klima, inovace a uvádění do provozu. [25]

Mezi tyto kategorie patří:

- management (uvedení do provozu, bezpečnost),
- zdraví a pohoda prostředí (denní světlo, akustika, tepelný komfort uživatele),
- energie (emise CO₂, dílčí měření energie, energeticky úsporné systémy budov),
- doprava (přístupnost veřejné dopravy a podpora ekologických metod přepravy přístup k občanské vybavenosti, cestovní plány a informace),

- voda (spotřeba vody, opětovné použití a recyklace vody, opatření pro detekci úniku vody),
- odpad (stavební odpad, recyklovatelné agregáty, recyklovatelné zařízení)
- znečišťující látky (emise sloučenin NO_x, vnější světelné a hlukové znečištění, riziko povodní),
- využití půdy a ekologie (výběr místa, ochrana ekologických prvků, zmírnění/zvýšení ekologické hodnoty),
- materiály (vliv materiálů na životní cyklus, opětovné použití materiálů, odpovědné získávání zdrojů),
- inovace (nové technologie a stavební procesy, používání akreditovaných profesionálů BREEAM). [25]

Hodnocení je založeno na počtu kreditů získaných za každý problém a na váze mezi různými kategoriemi. Hodnocení je rozděleno do několika úrovní:

- Pass (prošel) – 30 %,
- Good (dobrý) – 45 %,
- Very good (velmi dobrý) – 55 %,
- Excellent (výborný) – 70 %,
- Outstanding (mimořádný) – 85 %. [25]

5.2 LEED

LEED (Obr. 7) je jeden z největších environmentálních certifikačních systémů na světě a byl vyvinutý americkou radou pro udržitelné budovy (USGBC). Do roku 2012 bylo certifikováno pomocí LEED přibližně 32 200 budov po celém světě, většina z nich se nachází ve Spojených státech amerických. LEED systémy se dělí do pěti hlavních skupin podle toho, zda se hodnocení týká designu, interiéru, provozu, domácnosti nebo čtvrtí, a dále zahrnuje sedm klíčových kategorií:

- lokalita,
- hospodaření s vodou,
- kvalita vnitřního prostředí,
- materiály a zdroje,
- energie a ovzduší,
- místní priority,
- inovace a design. [25]

Hodnocení je rozděleno do čtyř kategorií:

- Certified (certifikováno) – 40-49 bodů,
- Silver (stříbrný) – 50-59 bodů,
- Gold (zlatý) – 60-79 bodů,
- Platinum (platinový) – 90 bodů. [25]



Obr. 7 Logo certifikačního systému LEED [26]

5.3 SBToolCZ

SBToolCZ (Obr. 8) je český certifikační prostředek určený pro vyhodnocení úrovně kvality budov na základě principů udržitelné výstavby. Kritéria závisí na typu budovy a na fázi životního cyklu, která je posuzována. [27]

Hodnocená kritéria jsou uspořádána do tří hlavních skupin:

- environmentální kritéria,
- sociální kritéria,
- ekonomika a management,
- lokalita (hodnotí se, ale nevystupuje do výsledného certifikátu kvality). [27]

Hodnocení se provádí na základě dosažených bodů, a to následovně:

- certifikovaný (0–40 %),
- bronzový (40–60 %),
- stříbrný (60–80 %),
- zlatý (nad 80 %). [27]



Obr. 8 Logo certifikačního systému SBToolCZ [26]

6 Praktická část

V praktické části jsou porovnávány tradiční materiály, které byly navrženy projektantem, s materiály udržitelnějšími. V první variantě je referenční objekt navržený standardně, dle projektu, bez zvýšených nároků na udržitelnost. Ve druhé variantě je z kalkulace s tradičními materiály vyexportována limitka materiálů, podle níž jsou vybrány nejvhodnější materiály, které jsou následně nahrazeny udržitelnějšími materiály na základě vyhodnocení EPD, jež je zpracováno v souladu s požadavky normy EN 15804+A2. Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních produktů.

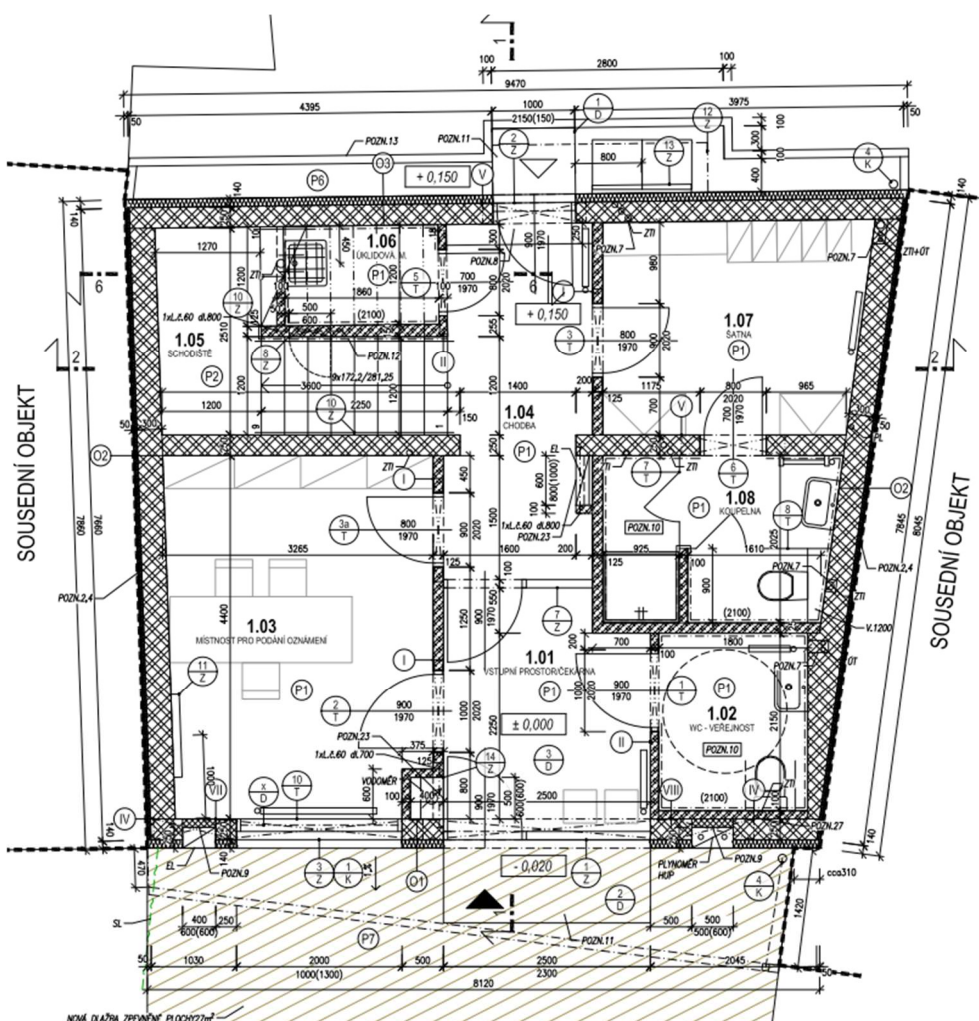
V bakalářské práci je EPD zpracováno dle modelu „Cradle-to-Gate“, který obsahuje pouze výrobní fázi (A1-A3). Pro vyhodnocení udržitelnosti materiálů na cenu stavby je k těmto kritériím, pokud je uveden v EPD databázi, dodatečně přiřazen recyklační potenciál (D) a cena daného materiálu, ve které je započítaná práce. Náklady materiálů s prací jsou zjištěny pomocí oceňovacího softwaru KROS 4 s cenovou úrovní ÚRS 2024. 01. KD nebo případně z internetových stránek výrobců. Pro zjištění příslušných informací EPD je převážně použita německá databáze ÖKOBAUDAT, švédská databáze The International EPD System a dánská databáze EPD Danmark.

Vyhodnocení hodnot EPD bylo provedeno na základě bodovací metody. Materiál s nejvyšším bodovým ohodnocením byl následně vložen do celkového rozpočtu, kde nahradil původní materiál. K tomuto účelu byl využit rozpočtářský program KROS 4 s cenovou úrovní ÚRS 2024. 01. KD. Následně došlo k ekonomickému posouzení, kde byl porovnán původní rozpočet s rozpočtem novým.

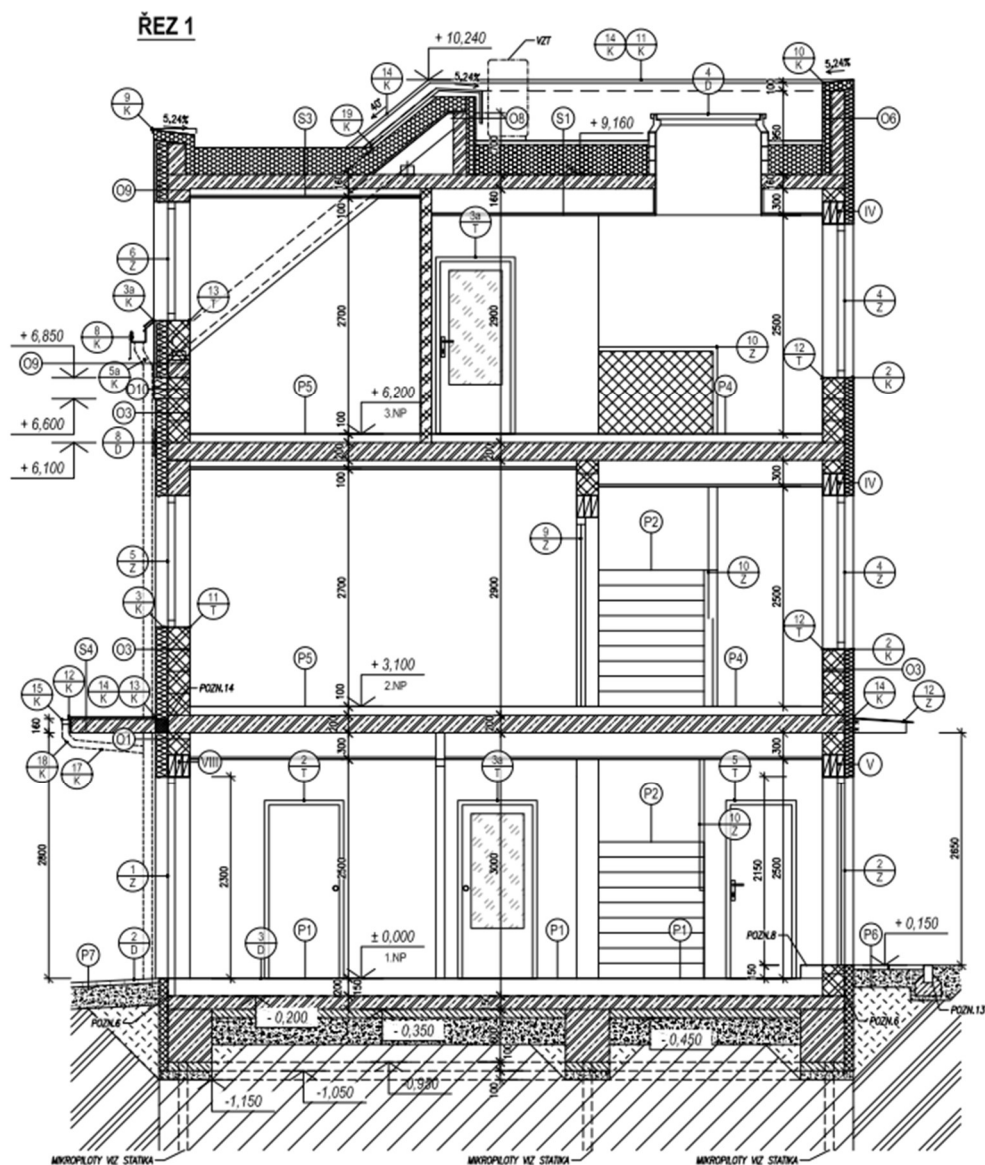
6.1 Referenční objekt

Jedná se o třípodlažní stavbu služebny městské policie ve městě Pohořelice parcela č. 27 k.ú. Pohořelice nad Jihlavou. Na budovu jsou navázány z východní a západní strany dva objekty. Ze severní strany objekt lemuje chodník a autobusová zastávka s komunikací určenou pro autobusovou dopravu. Na jižní straně se nachází dvorek, který není ve vlastnictví investora. [28]

Objekt je situován na pozemku s celkovou plochou 68 m². Obr. 9 znázorňuje schématický výkres půdorysu typického podlaží a Obr. 10 charakteristický řez objektu. [28]



Obr. 9 Půdorys referenčního objektu [28]



Obr. 10 Řez referenčního objektu [28]

6.1.1 Spodní stavba – základy

Objekt využívá vzhledem k omezeným prostorům založení na mikropilotách z betonu C25/30-XC2-S3. Na mikropiloty jsou situovány plošné základy, které se skládají z armovaných železobetonových pasů z betonu C25/30-XC1-S3, šířky 500 mm a výšky 600 mm. Plošné základy navazují na podkladní beton C25/30-XC2-S3 tloušťky 100 mm a štěrkopískový násyp tloušťky 100 mm. Na železobetonovém roštu se nainstaluje armovaná železobetonová deska z betonu C25/30-XC2-S3 tloušťky 150 mm, které také pokračuje na podkladní beton tloušťky 100 mm a štěrkopískový násyp tloušťky 300 mm. Základové konstrukce jsou od sousedních objektů dilatovány izolací EPS minimální tloušťky 50 mm. [28]

6.1.2 Svislé nosné konstrukce

Obvodové nosné stěny, sousedící s přilehlými objekty, jsou navrženy z broušených keramických tvárnic Porotherm 30 Profi tloušťky 300 mm.

Obvodové stěny, orientované do ulice a do vnitrobloku, a také vnitřní nosné stěny, jsou vytvořeny z broušených keramických tvárnic Porotherm 24 Profi tloušťky 240 mm.

Atika je provedena z železobetonu C25/30-XC1-S3 tloušťky 150 mm a výšky 950 mm.

Překlady zahrnují systémové nosné Porotherm KP 7, nenosné NEP, ocelové tyče L č. 60x60x6 délky 700 a 800 mm, a monolitické železobetonové překlady C25/30-XC1-S3 vyztužené betonářskou ocelí B500B. [28]

6.1.3 Svislé nenosné konstrukce

Vnitřní nenosné konstrukce se skládají z pórobetonových tvárnic Porfix P2-500 tloušťky 100 mm a 125 mm.

Dělicí příčky kabin záchodů jsou zhotoveny z laminátových dřevotřísek. [28]

6.1.4 Vodorovné konstrukce

Stropní deska je navržena jako železobetonová monolitická deska z betonu C25/30-XC2-S3 tloušťky 200 mm a tloušťky 160 mm vyztužena betonářskou ocelí B500B. Stropní deska 2.NP je doplněna trémem 250x600 mm a nad 3. NP trámy 150x860 mm a 200x660 mm z betonu C25/30-XC2-S3 vyztužené betonářskou ocelí B500B. [28]

Schodiště je zhotovené jako přímé dvouramenné železobetonové monolitické s mezipodestou z betonu C25/30-XC2-S3 vyztužené betonářskou ocelí B500B. [28]

6.1.5 Střešní konstrukce

Střešní konstrukce se skládá z pultové střechy s konstrukcí krovu a plochou jednoplášťovou střechou. [28]

Souvrství jednoplášťové ploché střechy je provedeno na železobetonové desce tloušťky 160 mm z betonu C25/30-XC2-S3 vyztužené betonářskou ocelí B500B. Souvrství se skládá z parozábrany z modifikovaného asfaltového pásu, na kterém je tepelně izolační souvrství z PUR desek a spádových EPS klínu 3%. Spádové klíny musí mít minimální tloušťku u vpusti 160 mm. Tepelná izolace je opatřena hydroizolační fólií z TP /FPO, separační geotextilií a kačírkiem tloušťky 50 mm. [28]

Pultová šikmá střecha je vyprojektována jako provětrávaná ve spádu 40°. Na dřevěný krov je umístěna tepelná izolace z PUR desek nad krokviemi tloušťky 200 mm. Na tepelnou izolaci navazuje hydroizolace, kontralatě 50x60 mm, prkenný záklop tloušťky 25 mm a plechová hladká krytina s dvojitou stojatou drážkou. [28]

6.1.6 Podlahy

Podlahy jsou provedeny v tloušťkách 200 mm a 100 mm. Podlahy na terénu dosahují tloušťky 200 mm a ve vyšších podlažích tloušťky 100 mm. V kancelářských prostorách se vyskytuje nášlapná vrstva tvořena PVC krytinou s vyšší mechanickou odolností. Ve zbylých místnostech se nachází nášlapná vrstva tvořena keramickou dlažbou. [28]

6.1.7 Podhledy

Podhledy se skládají z hladkých a děrovaných sádkartonových desek tloušťky 125 mm z ocelových profilů CD+UD. V místnostech s mokřým provozem jsou použity desky určené pro tento typ prostředí. [28]

6.1.8 Ostatní výrobky (klempířské, truhlářské, zámečnické, doplňkové)

Klempířské výrobky jsou vyprojektovány z titan-zinku, a skládají se z oplechování okenních parapetů, atik, dešťových svodů, střešní krytiny na šikmé střeše a dalších výrobků. K truhlářským výrobkům patří parapetní desky a jednotlivé výplně dveřních otvorů. Pod zámečnické výrobky spadají hliníkové výplně otvorů a zábradlí jednotlivých schodišť. Doplnkové výrobky obsahují čistící zóny. [28]

6.1.9 Hydroizolace

Hydroizolací proti zemní vlhkosti je opatřena podkladní železobetonová základová deska. Hydroizolace se také vyskytuje na svislých částech po obvodu stavby. V místnostech s vlhkým provozem je pod podlahou provedena stěrková hydroizolace. [28]

6.1.10 Zpevněné plochy

Zpevněné plochy, označené jako okapový chodník a chodník do ulice, jsou realizovány pomocí betonové dlažby tloušťky 40 mm a tloušťky 60 mm. [28]

7 Porovnání materiálů na základě hlavních ukazatelů dopadu na životní prostředí dle EPD s použitím metody „Cradle-to-gate“

Výběr kritérií pro hodnocení zvolených materiálů je ovlivněn tím, jak snadno jsou data dostupná a jaká je možnost jejich ověření. Mezi environmentálními označeními produktu je environmentální prohlášení o produktu (EPD typ III) dle platné normy ČSN EN 15804+A2 (730912) nejvhodnější možností pro porovnání materiálů. V této normě se hodnotí základní environmentální dopady na životní prostředí v různých fázích životního cyklu dle metody „Cradle-to-grave“.

Jednotlivé informace o EPD jsou převážně vyhodnoceny dle internetové platformy ÖKOBAUDAT s online databází, která obsahuje soubory dat o posuzování životního cyklu stavebních materiálů ve stavebnictví, dopravě, energetice a procesech likvidace. Datové soubory podléhají přísným kritériím kvality dle EN 15804+A2, a nabízejí tak projektantům, architektům a vlastníkům budov spolehlivý podklad pro výpočty vlivu budovy na životní prostředí. [29]

V EPD se zohledňuje několik indikátorů popisujících základní environmentální dopady dle ČSN EN 15804+A2 (730912) Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních produktů:

- GWP celkový [kg CO₂ ekv.] - ukazatel je součtem GWP fosilní, GWP biogenní a GWP luluc. Potenciál globálního oteplování se uvádí pro časový horizont 100 let. [30]
- GWP fosilní [kg CO₂ ekv.] – ukazatel zaznamenává celkový dopad skleníkových plynů vyplývajících z procesů oxidace nebo redukce fosilních paliv a souvisejících materiálů obsahujících uhlík, jako je spalování nebo skládkování. Tento ukazatel zohledňuje nejen emise skleníkových plynů do ovzduší, ale také jejich absorpci či ukládání v různých médiích. Dále se týká i vázání či uvolňování těchto plynů v anorganických materiálech, jako jsou procesy kalcinace nebo karbonizace výroby stavebních materiálů na bázi cementu nebo vápna. [31]

- GWP biogenní [kg CO₂ ekv.] – ukazatel analyzuje, kolik CO₂ je zachyceno z atmosféry během růstu biomasy a kolik CO₂ v ní zůstává vázáno po dobu, kdy je biomasa využívána jako materiál. Tento ukazatel rovněž zahrnuje emise CO₂ z biogenních procesů, jako je oxidace nebo rozklad biomasy (například při spalování). Důležitým aspektem je také přenos biogenního uhlíku z předchozích výrobních cyklů do aktuálního výrobního cyklu, což zahrnuje například recyklaci dřeva. [32]
- GWP luhc [kg CO₂ ekv.] – analyzuje produkci a vazby skleníkových plynů (CO₂, CO a CH₄), které vznikají v souvislosti se změnami specifikované zásoby uhlíku v důsledku využívání půdy a jejích změn. [33]
- ODP [kg CFC -11 ekv.] - ztenčování stratosférické ozonové vrstvy je výsledkem katalytického působení halogenových sloučenin za určitých klimatických podmínek. To má za následek zvýšené pronikání ultrafialového záření na povrch Země, což přispívá k problémům jako je rakovina kůže či šedý zákal. Hlavními znečišťujícími látkami jsou chlorofluorohydroidy (CFC) typu R11. [34]
- AP [mol H⁺ ekv.] – okyselování je výsledkem vzájemného působení oxidu dusíku (NO_x) a oxidu siřičitého (SO₂) a dalšími složkami v ovzduší. K jedním z hlavních důsledků tohoto jevu patří okyselování jezer a vod, což má za následek úbytek rybí populace. [35]
- EP sladké vody [kg P ekv.] - eutrofizace představuje nadměrné zásobování ekosystému anorganickými látkami, jako jsou dusíkaté a fosfátové sloučeniny. Pro sladkovodní systémy je eutrofizace významná zejména kvůli přísunu fosfátových sloučenin prostřednictvím půdy a vody. [36]
- EP mořské vody [kg N ekv.] - pro mořské ekosystémy je hlavním faktorem eutrofizace způsobená přísunem dusíkatých sloučenin prostřednictvím vzduchu a vody. [37]
- EP půdy [mol N ekv.] - pro půdní eutrofizaci je klíčovým faktorem přísun dusíku ze vzduchu ve formě amoniaku (NH₃) a oxidů dusíku (NO_x). [38]

- POCP [kg NMVOC ekv.] - přízemní ozon se vytváří prostřednictvím fotooxidace oxidu uhelnatého, metanu a těkavých uhlovodíků (VOC) za přítomnosti oxidů dusíku. Ozon může pronikat hluboko do plic a způsobovat záněty, kašel, podráždění očí, bolesti hlavy nebo poruchy funkce plic. [39]
- ADP fosilní paliva kg [MJ] – faktor, který posuzuje míru využití neobnovitelných zdrojů pro výrobu energie.
- ADP minerály a kovy [kg Sb ekv.] - faktor, který posuzuje míru využití obnovitelných zdrojů pro výrobu energie.
- WDP [m³ svět.ekv.nedostatku] - potenciál nedostatku vody je založen na rozdílu mezi dostupností a poptávkou vody na jednotku plochy. Vychází z množství zbývajících dostupné vody na jednotku plochy v daném povodí poté, co jsou naplněny potřeby obyvatel a vodních ekosystémů, a to v porovnání se světovým průměrem. [40]

Z výše zmíněných třinácti indikátorů bylo k porovnání vybráno pouze sedm zástupců. Vzhledem k většímu množství hodnotících kritérií byly pro komparaci zvoleny pouze ty, jejichž vliv je pro danou práci nejvíce relevantní. Tab. 1 slouží pouze k představě množství základních ukazatelů environmentálních dopadů vzhledem k různým fázím životního cyklu.

Tab. 1 Parametry popisující základní environmentální dopady [tvorba vlastní]

Hodnotící kritéria			Fáze životního cyklu																	
			Fáze výroby			Fáze výstavby		Fáze provozní							Fáze likvidace				Doplňující informace nad rámec životního cyklu	
Označení EN	Označení CZ	Jednotka	A1 Dodávání nerostných surovin	A2 Doprava	A3 Výroba	A4 Doprava na stavbu	A5 Proces výstavby/ instalace	B1 Užívání	B2 Údržba	B3 Oprava	B4 Výměna	B5 Rekonstrukce	B6 Provozní spotřeba energie	B7 Provozní spotřeba vody	C1 Demolice/ dekonstrukce	C2 Doprava odpadů	C3 Zpracování odpadů	C4 Odstraňování	D Potenciál opětovného použití, využití a recyklace	
GWP - total global warming potential	potenciál globálního oteplování (GWP celkový)	kg CO ₂ ekv.																		
GWP - fossil global warming potential (fossil fuel only)	potenciál globálního oteplování (GWP fosilní)	kg CO ₂ ekv.																		
GWP - biogenic global warming potential (biogenic)	potenciál globálního oteplování (GWP biogení)	kg CO ₂ ekv.																		
GWP - LULUC global warming potential (land use only)	potenciál globálního oteplování z využívání půdy a změn ve využívání půdy (GWP luluc)	kg CO ₂ ekv.																		
ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer	potenciál úbytku stratosférické ozonové vrstvy (ODP)	kg CFC -11 ekv.																		
AP Acidification potential	potenciál acidifikace, kumulativní překročení (AP)	mol H ⁺ ekv.																		
EP - freshwater Eutrophication potential - freshwater	potenciál eutrofizace, podíl živin vstupujících do sladké vody (EP sladké vody)	kg P ekv.																		
EP - marine Eutrophication potential - marine	potenciál eutrofizace, podíl živin vstupujících do mořské vody (EP mořské vody)	kg N ekv.																		
EP - terrestrial Eutrophication potential - terrestrial	potenciál eutrofizace, kumulativní překročení (EP půdy)	mol N ekv.																		
POCP photochemical ozone formation	potenciál tvorby přízemního ozonu (POCP)	kg NMVOC ekv.																		
ADPF Abiotic depletion potential - fossil resources	potenciál úbytku surovin pro fosilní zdroje (ADP fosilní paliva)	MJ																		
ADPE Abiotic depletion potential - non-fossil resources	potenciál úbytku surovin pro nefosilní zdroje (ADP minerály a kovy)	kg Sb ekv.																		
WDP Water (user) deprivation potential	potenciál nedostatku vody (pro uživatele), spotřeba vody vážená jejím nedostatkem (WDP)	m ³ svět. ekv. nedostatku																		

7.1 Postup vyhodnocení

V této kapitole je vysvětlen princip hodnocení jednotlivých materiálů dle EPD. Pro lepší představu je postup vyhodnocení znázorněn na jednom konkrétním materiálu – beton C25/30.

7.1.1 Výběr udržitelnější varianty

Z původní kalkulace s tradičními materiály je vyexportována limitka materiálů, z níž jsou vybrány nejvhodnější materiály určené pro nahrazení za nové, v udržitelnější variantě. Udržitelné materiály jsou zvoleny na základě rešerše o environmentálních vlastnostech jednotlivých produktů. V tomto příkladě jsou jako udržitelnější alternativy vybrány recyklovaný beton a nízkouhlíkový beton.

Výběr materiálů je omezen dostupností informací o EPD jednotlivých materiálů, proto nemohou být vždy vybrány nejudržitelnější alternativy.

7.1.2 Shromáždění dat EPD z online databáze a programu KROS 4

Jednotlivé informace o EPD jsou získány z online databáze ÖKOBAUDAT, ve které jsou brány v úvahu pouze parametry popisující základní environmentální dopady. EPD obsahuje posouzení celého životního cyklu výrobku podle principu „Cradle-to-grave“. Zhodnocení tohoto principu by bylo velmi náročné na porovnání, proto je v tomto případě zvolen princip „Cradle-to-gate“, který zahrnuje pouze výrobní fázi životního cyklu (A1 – A3). Z jednotlivých třinácti indikátorů, hodnotících základní environmentální dopady, je zvoleno pouze sedm, které jsou pro práci nejvíce relevantní. Indikátory hodnotí materiál vzhledem k deklarované jednotce, což je v tomto případě uvažováno 1 m³ průměrného betonu C25/30. Hodnoty EPD jednotlivých materiálů jsou uvedeny v seznamu příloh. Pro komplexnější porovnání je zohledněn též potenciál opětovného použití (D) a cena daného materiálu s prací (cena není součástí EPD).

Informace o cenách jednotlivých materiálů, a s nimi související stavební práce, jsou získány pomocí oceňovacího softwaru KROS 4 od ÚRS, kde je pro každou práci vytvořen minirozpočet. Jednotlivé minirozpočty jsou uvedeny v seznamu příloh. Cena pro jednotlivé betony je stanovena v korunách na 1 m³ bez DPH.

Pro lepší přehlednost je číselné ohodnocení daných materiálů zvýrazněno pomocí barev, přičemž červená barva symbolizuje nejhorší volbu a zelená barva nejlepší volbu.

V Tab. 2 jsou zobrazeny hodnoty jednotlivých materiálů s ohledem na jejich enviromentální stránku. Nejvíce žádoucí výsledky jsou ty, jejichž hodnota dosahuje nižších, případně záporných hodnot. Čím vyšší hodnota, tím horší environmentální vlastnosti materiál projevuje.

Tab. 2 Porovnání betonu C25/30 na základě dat z EPD databáze [tvorba vlastní]

VODOROVNÉ KONSTRUKCE									
Environmentální porovnání									
Výrobní fáze (A1-A3)									
Materiál	Deklarovaná jednotka	Hodnotící kritérium							
		GWP (kg CO ₂ eq.)	ODP (kg CFC -11 eq.)	POCP (kg NMVOC eq.)	AP (mol H+ eq.)	EP (kg P eq.)	WDP (m ³ world equiv.)	ADPF (MJ)	
Standardní materiál	Beton C25/30	1 m ³	2,23E+02	5,18E-10	1,77E-01	1,88E-01	1,52E-04	1,35E+01	7,91E+02
Navrhované materiály	Recyklovaný beton C25/30	1 m ³	2,19E+02	4,74E-10	1,61E-01	1,72E-01	1,32E-04	1,33E+01	7,37E+02
	Nízkouhlikový beton	1 m ³	1,61E+02	4,12E-13	2,61E-01	2,93E-01	5,29E-05	3,90E+00	8,62E+02
Recyklační potenciál (D)									
Materiál	Deklarovaná jednotka	Hodnotící kritérium							
		GWP (kg CO ₂ eq.)	ODP (kg CFC -11 eq.)	POCP (kg NMVOC eq.)	AP (mol H+ eq.)	EP (kg P eq.)	WDP (m ³ world equiv.)	ADPF (MJ)	
Standardní materiál	Beton C25/30	1 m ³	-3,99E+00	-3,36E-11	-1,49E-02	-1,61E-02	-1,33E-05	-1,04E-01	-5,46E+01
Navrhované materiály	Recyklovaný beton C25/30	1 m ³	-3,99E+00	-3,36E-11	-1,49E-02	-1,61E-02	-1,33E-05	-1,04E-01	-5,46E+01
	Nízkouhlikový beton	1 m ³	-8,12E+00	-1,08E-10	-1,38E-02	-1,74E-02	-3,19E-05	-2,20E+00	-1,02E+02

V následující Tab. 3 jsou dále vyhodnoceny náklady na stavební práce pro zvolené materiálové varianty.

Tab. 3 Porovnání betonu C25/30 pomocí nákladů na stavební práce vyhodnocené dle programu KROS 4 [tvorba vlastní]

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Beton C25/30	17 335,34 Kč
Navrhované materiály	Recyklovaný beton C25/30	15 948,22 Kč
	Nízkouhlikový beton	19 463,78 Kč

7.1.3 Vyhodnocení materiálů pomocí bodovací metody

Pro výběr nejvhodnějšího materiálu je zvolena bodovací metoda. Z jednotlivých materiálů je vždy podle daného hodnotícího kritéria vybrán nejlepší a nejhorší materiál. Na základě těchto výsledků je zvolena stupnice od 1–10, kdy 1 značí nejhorší možnou volbu a 10 nejlepší možnou volbu. Ostatní hodnoty v rozmezí od 1–10 jsou stanoveny na základě interpolace. Na závěr se jednotlivé body sečtou a podle nejvyšších bodů je vybrán nejlepší materiál.

Pro jednotlivé varianty nákladů jsou spočteny náklady na stavební práce, které jsou vždy patrné v tabulkách. Vzhledem k tomu, že je cílem práce dosažení udržitelného projektu, jsou zvoleny materiály pouze na základě environmentálního hodnocení a v závěrečné kapitole je vyhodnocen celkový dopad na cenu vytvořením rozpočtu ze zvolených udržitelných variant.

7.2 Vodorovné konstrukce

K porovnání je vybrán běžný beton C25/30, recyklovaný beton C25/30 a nízkouhlíkový beton C25/30. (Tab. 4). Ve výrobní fázi značně vévodí nízkouhlíkový beton oproti ostatním variantám a následně recyklační potenciál potvrzuje environmentální způsobilost nízkouhlíkového betonu. Nevýhoda nízkouhlíkového betonu spočívá v ceně, kde jeho hodnota dosahuje vyšších čísel než standardní beton. Na základě celkového porovnání je zvolen nízkouhlíkový beton.

Tab. 4 Výsledky porovnání vodorovných konstrukcí [tvorba vlastní]

VODOROVNÉ KONSTRUKCE								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Beton C25/30	1	1	8	9	1	1	6
Navrhované materiály	Recyklovaný beton C25/30	2	2	10	10	3	2	10
	Nízkouhlíkový beton	10	10	1	1	10	10	1
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Beton C25/30	1	1	10	1	1	1	1
Navrhované materiály	Recyklovaný beton C25/30	1	1	10	1	1	1	1
	Nízkouhlíkový beton	10	10	1	10	10	10	10
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Beton C25/30	43						
Navrhované materiály	Recyklovaný beton C25/30	55						
	Nízkouhlíkový beton	104						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů		Nízkouhlíkový beton						

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Beton C25/30	17 335,34 Kč
Navrhované materiály	Recyklovaný beton C25/30	15 948,22 Kč
	Nízkouhlíkový beton	19 463,78 Kč

7.2.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD je nízkouhlíkový beton.

Výhody

- nižší uhlíková stopa,
- snížení spotřeby původních materiálů (šetření přírodních zdrojů),
- vyšší odolnost,
- vyšší trvanlivost (úspora nákladů a snížení potřeby údržby). [41]

Nevýhody

- omezená dostupnost na trhu,
- vyšší počáteční náklady. [41]

7.3 Podsyпы pod podlahy

V Tab. 5 došlo k porovnání štěrkového podsypu, betonového recyklátu a štěrku z pěnového skla. Z porovnání lze vyvodit, že je nejvýhodnější použít původní materiál, který zde svými hodnotami razantně dominuje ve všech porovnáních. Nejméně příznivé hodnoty vykazuje pěnové sklo, které ve všech kategoriích skončilo jako poslední. Na základě celkového porovnání je zvolen štěrk.

Tab. 5 Výsledky porovnání podsypů pod podlahy [tvorba vlastní]

PODSYPY POD PODLAHY								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Štěrk	9	10	9	8	10	10	9
Navrhované materiály	Betonový recyklát	10	1	10	10	9	9	10
	Granulát z pěnového skla	1	9	1	1	1	1	1
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Štěrk	65						
Navrhované materiály	Betonový recyklát	59						
	Granulát z pěnového skla	15						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů		Štěrk						

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Štěrk	460,62 Kč
Navrhované materiály	Betonový recyklát	506,28 Kč
	Granulát z pěnového skla	560,16 Kč

7.3.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD je štěrk.

Výhody

- drenážní vlastnost,
- recyklovatelnost,
- snadná dostupnost a manipulace.

Nevýhody

- omezený biologickými zdroji,
- degradace krajiny a ekosystémů při těžbě,
- vysoká hmotnost.

7.4 Obvodové konstrukce

V Tab. 6. došlo k porovnání klasických cihel, cihel plněných izolačním materiálem, vápenopískových cihel a dřevobetonových bednicích tvárnic s integrovanou dřevovláknitou izolací včetně betonu a výztuže. Vzhledem k tomu, že je v dřevobetonových tvárnících zahrnuto více položek, vykazuje nejnižší ohodnocení na základě environmentálních kritérií. Na základě celkového porovnání je zvolena vápenopísková cihla.

Tab. 6 Výsledky porovnání obvodových konstrukcí [tvorba vlastní]

OBVODOVÉ KONSTRUKCE								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Cihla	2	9	9	8	9	10	4
Navrhované materiály	Cihla plněná izolačním materiálem	1	9	8	1	9	9	1
	Vápenopísková cihla	5	10	10	10	10	9	10
	Dřevobetonové bednicí tvárnice s integrovanou dřevovláknitou izolací včetně betonu a výztuže	10	1	1	2	1	1	4
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Cihla	9	9	9	9	9	9	9
Navrhované materiály	Cihla plněná izolačním materiálem	9	9	9	9	9	9	9
	Vápenopísková cihla	10	10	10	10	10	10	10
	Dřevobetonové bednicí tvárnice s integrovanou dřevovláknitou izolací včetně betonu a výztuže	1	1	1	1	1	1	1
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Cihla	114						
Navrhované materiály	Cihla plněná izolačním materiálem	101						
	Vápenopísková cihla	134						
	Dřevobetonové bednicí tvárnice s integrovanou dřevovláknitou izolací včetně betonu a výztuže	27						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů		Vápenopísková cihla						
* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1								
Cenové porovnání								
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)						
Standardní materiál	Cihla	1 900,24 Kč						
Navrhované materiály	Cihla plněná izolačním materiálem	2 683,42 Kč						
	Vápenopísková cihla	2 370,42 Kč						
	Dřevobetonové bednicí tvárnice s integrovanou dřevovláknitou izolací včetně betonu a výztuže	3 936,68 Kč						

7.4.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD je vápenopísková cihla.

Výhody

- hlavní složkou tvárnice jsou ekologické materiály – vápno, písek a voda,
- na výrobu je zapotřebí menší množství energie v porovnání s jinými materiály,
- recyklovatelnost,
- výborná únosnost i při menších tloušťkách,
- velká objemová hmotnost (1800–2200 kg/m³) z čehož vyplývají lepší akustické vlastnosti,
- vysoká požární odolnost. [42]

Nevýhody

- špatné tepelně – izolační vlastnosti,
- složitější zpracování materiálu (hůře se řeže),
- vysoká hmotnost. [42]

7.5 Nášlapné vrstvy

Existuje mnoho variant pro nahrazení krytiny z PVC udržitelnějšími variantami. V tomto případě jsou jako alternativy zvoleny dřevěné podlahy a krytiny z korkového linolea. Z Tab. 7 vyplývá, že krytina z PVC vévodí ve výrobní fázi a v cenovém porovnání. Dle recyklačního potenciálu vyšla nejlépe dřevěná podlaha. Na základě celkového porovnání je zvolena dřevěná podlaha.

Tab. 7 Výsledky porovnání nášlapných vrstev [tvorba vlastní]

NÁŠLAPNÉ VRSTVY								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Krytina z PVC	1	9	10	10	10	9	1
Navrhované materiály	Krytina z korkového linolea	3	10	8	2	1	10	10
	Dřevěná podlaha	10	1	1	1	9	1	2
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Krytina z PVC	2	10	2	2	2	2	2
Navrhované materiály	Krytina z korkového linolea	1	9	1	1	1	1	1
	Dřevěná podlaha	10	1	10	10	10	10	10
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Krytina z PVC	72						
Navrhované materiály	Krytina z korkového linolea	59						
	Dřevěná podlaha	86						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů					Dřevěná podlaha			
* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1								
Cenové porovnání								
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)						
Standardní materiál	Krytina z PVC	1 185,37 Kč						
Navrhované materiály	Krytina z korkového linolea	1 269,39 Kč						
	Dřevěná podlaha	1 667,71 Kč						

7.5.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD je dřevěná podlaha.

Výhody

- udržitelný a obnovitelný materiál,
- dobré tepelněizolační vlastnosti,
- snadná údržba,
- příležitost renovace,
- dlouhá životnost. [43]

Nevýhody

- vyšší cena,
- náchylnost na teplotní změny. [43]

7.6 Kročejová izolace

Minerální desky jsou porovnány s expandovanými korkovými deskami a deskami z pěnového skla. Nejlepší výsledky prokazují desky z expandovaného korku, které vynikají z hlediska ekologie viz. Tab. 8. Co se týče výsledků cenového porovnání tato varianta vychází nejhůře, zatímco minerální desky dosahují nejlepších výsledků. Na základě celkového porovnání je zvolena varianta s expandovaným korkem.

Tab. 8 Výsledky porovnání kročejových izolací [tvorba vlastní]

KROČEJOVÁ IZOLACE								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Minerální desky	1	1	7	1	10	10	2
Navrhované materiály	Desky z expandovaného korku	10	9	10	10	8	1	10
	Desky z pěnového skla	2	10	1	7	1	9	1
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Minerální desky	1	1	1	1	1	1	1
Navrhované materiály	Desky z expandovaného korku	10	10	10	10	10	10	10
	Desky z pěnového skla	5	7	6	6	2	7	5
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Minerální desky	39						
Navrhované materiály	Desky z expandovaného korku	128						
	Desky z pěnového skla	69						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů					Desky z expandovaného korku			

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Minerální desky	124,98 Kč
Navrhované materiály	Desky z expandovaného korku	2 802,62 Kč
	Desky z pěnového skla	1 087,03 Kč

7.6.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD jsou desky z expandovaného korku.

Výhody

- nízký součinitel tepelné vodivosti (dobré izolační vlastnosti),
- schopnost odolávat chemickým vlivům a bakteriím (nepropouští kapaliny),
- snadná opracovatelnost (řezání, vrtání a probíjení),
- tvarová stálost (po stlačení nabývá zpět svého tvaru),
- schopnost pohlcovat hluk,
- recyklovatelnost,
- lepší hodnota součinitele tepelné vodivosti než materiál původní. [43]

Nevýhody

- velká vzdálenost mezi místem výskytu suroviny a lokalitou zpracování materiálu (znehodnocení příznivých environmentálních vlastností),
- vyšší cena materiálu. [43]

7.7 Izolace fasády

K porovnání jsou vybrány materiály na základě shodných hodnot součinitele tepelné vodivosti jako u minerálních desek. V Tab. 9 došlo k porovnání minerálních desek, konopných desek a desek z pěnového skla. Výrobní fáze vychází nejlépe pro minerální desky a nejhůře pro desky z pěnového skla. Recyklační potenciál ukazuje nejpříznivější hodnoty pro konopnou izolaci a nejméně příznivé pro minerální desky. Cenové porovnání je nejvíce výhodné pro variantu s konopnými deskami, zatímco nevýhodné pro variantu z desek z pěnového skla. Na základě celkového porovnání je zvolena varianta s konopnou izolací.

Tab. 9 Výsledky porovnání izolací fasády [tvorba vlastní]

IZOLACE FASÁDY								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Minerální desky	1	9	7	1	10	10	7
Navrhované materiály	Konopná izolace	10	1	10	10	1	1	10
	Desky z pěnového skla	2	10	1	9	9	9	1
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Minerální desky	1	1	1	1	1	1	1
Navrhované materiály	Konopná izolace	10	10	10	10	5	10	10
	Desky z pěnového skla	3	9	4	3	10	3	3
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Minerální desky	52						
Navrhované materiály	Konopná izolace	108						
	Desky z pěnového skla	76						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů					Konopná izolace			

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Minerální desky	3 240,73 Kč
Navrhované materiály	Konopná izolace	2 720,15 Kč
	Desky z pěnového skla	6 657,62 Kč

7.7.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD je konopná izolace.

Výhody

- obnovitelná surovina na rostlinné bázi,
- rychlost růstu (během 120 dní je rostlina schopna dosáhnout výšky 4,5 m),
- mimořádná odolnost vůči vlhkosti,
- velmi dobré izolační vlastnosti,
- vysoká difúzní otevřenost,
- přirozená schopnost ochrany proti škůdcům. [43]

Nevýhody

- nízká požární odolnost. [43]

7.8 Tepelná izolace šikmé střechy

V Tab. 10 došlo k porovnání izolace PUR s konopnou izolací, dřevovláknitou izolací a izolací z celulózy. Ve výrobní fázi jsou nejvíce pozitivní hodnoty zpozorovány u izolace z celulózy, zatímco nejhorší u konopné izolace a izolace PUR. Nejvyšších hodnot recyklačního potenciálu dosahuje izolace PUR a nejnižších celulózová izolace. Co se týče ceny, prokazuje nejpříznivější výsledky izolace z celulózy a nejméně příznivé izolace PUR. Na základě celkového porovnání je zvolena varianta s dřevovláknitou izolací.

Tab. 10 Výsledky porovnání tepelných izolací šikmých střech [tvorba vlastní]

IZOLACE ŠIKMÉ STŘECHY								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	PUR	1	9	1	1	9	9	1
Navrhované materiály	Konopná izolace	8	1	7	4	1	1	9
	Dřevovláknitá izolace	9	10	10	9	9	10	9
	Celulózová izolace	10	9	9	10	10	9	10
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	PUR	10	9	10	8	9	3	9
Navrhované materiály	Konopná izolace	6	1	9	10	1	10	8
	Dřevovláknitá izolace	6	10	1	3	10	1	10
	Celulózová izolace	1	6	6	1	6	2	1
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	PUR	89						
Navrhované materiály	Konopná izolace	76						
	Dřevovláknitá izolace	107						
	Celulózová izolace	90						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů					Dřevovláknitá izolace			

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	PUR	2 107,46 Kč
Navrhované materiály	Konopná izolace	1 019,18 Kč
	Dřevovláknitá izolace	862,91 Kč
	Celulózová izolace	721,04 Kč

7.8.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD je dřevovláknitá izolace.

Výhody

- obnovitelná surovina,
- velmi dobré tepelněizolační vlastnosti (pórovitá struktura),
- nízký faktor difúzního odporu,
- schopnost akumulovat teplo,
- vysoká pevnost a tuhost,
- vysoká měrná tepelná kapacita a současně nízká tepelná vodivost (zabraňuje vzniku vysokých teplot v letním období),
- difúzní otevřenost (schopnost absorpce a uvolnění vlhkosti zajišťuje příjemné vnitřní klima a zároveň snižuje riziko vzniku plísní). [43]

Nevýhody

- vyšší hustota (těžší),
- vyšší náchylnost na vlhkost,
- horší součinitel tepelné vodivosti v porovnání s materiálem původním. [43]

7.9 Tepelná izolace základových konstrukcí

Vzhledem k užší škále materiálů k porovnání je vybrán pouze jeden materiál, který splňuje stejné požadavky jako materiál původní. V Tab. 11 došlo k porovnání izolace z EPS perimetru a izolace z pěnového skla. Ve výrobní fázi vychází nejlépe desky z pěnového skla, zatímco recyklační potenciál vykazuje příznivé hodnoty pro EPS perimetr. Na základě celkového porovnání je zvolena původní varianta s izolací z EPS perimetru.

Tab. 11 Výsledky porovnání tepelných izolací základů [tvorba vlastní]

IZOLACE ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ								
Environmentální porovnání*								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	EPS perimetr	1	1	1	10	10	1	1
Navrhované materiály	Desky z pěnového skla	10	10	10	1	1	10	10
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	EPS perimetr	10	10	10	10	10	10	10
Navrhované materiály	Desky z pěnového skla	1	1	1	1	1	1	1
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	EPS perimetr	95						
Navrhované materiály	Desky z pěnového skla	59						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů					EPS perimetr			

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	EPS perimetr	571,72 Kč
Navrhované materiály	Desky z pěnového skla	4 292,26 Kč

7.9.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD je EPS perimetr.

Výhody

- velmi malá propustnost vody,
- vynikající odolnost vůči mrazu,
- skvělé izolační vlastnosti,
- nízká hmotnost,
- dlouhá trvanlivost. [44]

Nevýhody

- odolnost oproti nasákavosti pouze na povrchu desky (při narušení povrchu tuto vlastnost ztrácí). [44]

7.10 Příčky

V Tab. 12 došlo k porovnání pórabetonových tvárnic s nepálenou cihlou a vápenopískovou cihlou. Ve výrobní fázi vychází nejlepší hodnoty pro nepálenou cihlu, zatímco nejhorší pro pórabetonové tvárnice. Recyklační potenciál vykazuje nejpříznivější výsledky pro vápenopískovou cihlu a nejméně příznivé pro pórabetonové tvárnice. Pórabetonové tvárnice jsou cenově nejdostupnější, přičemž nepálená cihla je nejméně dostupná, co se týče ceny. Na základě celkového porovnání je zvolena vápenopísková cihla.

Tab. 12 Výsledky porovnání příček a podhledů [tvorba vlastní]

PŘÍČKY								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Pórabetonové tvárnice	1	1	1	1	1	1	1
Navrhované materiály	Nepálená cihla	10	9	10	10	10	10	10
	Vápenopísková cihla	7	10	9	9	9	9	7
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnotící kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Pórabetonové tvárnice	1	1	1	1	1	1	1
Navrhované materiály	Nepálená cihla	3	4	4	4	4	4	4
	Vápenopísková cihla	10	10	10	10	10	10	10
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Pórabetonové tvárnice	14						
Navrhované materiály	Nepálená cihla	96						
	Vápenopísková cihla	130						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů					Vápenopísková cihla			

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Pórabetonové tvárnice	879,30 Kč
Navrhované materiály	Nepálená cihla	1 480,98 Kč
	Vápenopísková cihla	1 341,75 Kč

7.10.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD je vápenopísková cihla

Výhody

- hlavní složkou tvárnice jsou ekologické materiály (vápno, písek a voda),
- na výrobu je zapotřebí menší množství energie v porovnání s jinými materiály,
- recyklovatelnost,
- výborná únosnost i při menších tloušťkách,
- velká objemová hmotnost (1800–2200 kg/m³) z čehož vyplývají lepší akustické vlastnosti,
- vysoká požární odolnost,
- lepší vzduchová neprůzvučnost oproti původnímu materiálu. [42]

Nevýhody

- špatné tepelněizolační vlastnosti,
- složitější zpracování materiálu (hůře se řeže),
- vysoká hmotnost,
- horší součinitel tepelné vodivosti oproti původnímu materiálu. [42]

7.11 Plochá střecha

Plochá střecha je navržena jako jednoplášťová nepochozí. Pro porovnání je zvolena zelená střecha intenzivní a extenzivní. Výsledky porovnání v Tab. 13 ukazují, že si nejlépe vedla zelená střecha intenzivní, přičemž střecha jednoplášťová nepochozí je hodnocena nejhůře. Na základě celkového porovnání je zvolena zelená střecha intenzivní.

Tab. 13 Výsledky porovnání střešních souvrství [tvorba vlastní]

PLOCHÁ STŘECHA								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Jednoplášťová nepochozí plochá	1	1	1	1	1	1	1
Navrhované materiály	Intenzivní zelená střecha	10	10	10	10	10	10	10
	Extenzivní zelená střecha	9	9	7	9	9	9	9
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Jednoplášťová nepochozí plochá střecha	1						
Navrhované materiály	Intenzivní zelená střecha	10						
	Extenzivní zelená střecha	9						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů		Intenzivní zelená střecha						

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Jednoplášťová nepochozí plochá střecha	4 167,78 Kč
Navrhované materiály	Intenzivní zelená střecha	3 788,05 Kč
	Extenzivní zelená střecha	3 791,47 Kč

7.11.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD je intenzivní zelená střecha.

Výhody

- zvýšení kvality ovzduší a biodiverzity dané oblasti ve které se střecha nachází,
- zlepšení odvodnění střechy (voda se přirozeně ukládá v rostlinách a substrátu),
- prodloužení životnosti střechy (vlivem vystavení přírodním živlům a také ultrafialovém záření a kolísajícím teplotám),
- snížení tepelných ztrát. [45]

Nevýhody

- zvýšené pořizovací náklady,
- vysoké náklady na údržbu,
- vysoká hmotnost zatížení (zvýšení hmotnosti o 50 až 200 kilogramů na metr čtvereční). [45]

7.12 Okna

V Tab. 14 došlo k porovnání hliníkových oken, plastových oken a oken dřevěných. Výrobní fáze ukázala že nejlepšími výsledky disponují okna plastová, zatímco okna hliníková si vedou nejhůře. Recyklační potenciál vychází nejlépe pro okna hliníková a nejhůře pro okna dřevěná. Cenově jsou nejvíce ideální okna plastová, přičemž okna hliníková prokázali nejvyšší cenu. V celkovém porovnání zvítězila okna plastová.

Tab. 14 Výsledky porovnání oken [tvorba vlastní]

OKNA								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Hodnoticí kritérium								
Materiál		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Hliníková okna	1	9	1	1	9	1	1
Navrhované materiály	Plastová okna	8	10	7	8	10	10	7
	Dřevěná okna	10	1	10	10	1	6	10
Recyklační potenciál (D)								
Hodnoticí kritérium								
Materiál		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Hliníková okna	10	2	10	10	1	10	10
Navrhované materiály	Plastová okna	2	10	4	2	1	1	4
	Dřevěná okna	1	1	1	1	10	2	1
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Hliníková okna	76						
Navrhované materiály	Plastová okna	84						
	Dřevěná okna	65						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů					Plastová okna			
* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1								
Cenové porovnání								
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)						
Standardní materiál	Hliníková okna	17 388,60 Kč						
Navrhované materiály	Plastová okna	6 050,32 Kč						
	Dřevěná okna	10 457,40 Kč						

7.12.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD jsou plastová okna.

Výhody

- menší náročnost na údržbu,
- nižší pořizovací náklady,
- velmi dobré termoizolační vlastnosti,
- odolnost proti povětrnostním vlivům,
- dlouhá životnost,
- estetický vzhled,
- recyklovatelnost. [46]

Nevýhody

- nižší statická únosnost,
- větší tepelná rozpínavost,
- vyšší citlivost na deformace vlivem teploty. [46]

7.13 Podhledy

V Tab. 15 došlo k porovnání sádrokartonových desek se sádrovláknitými deskami a recyklovanými akustickými deskami. Výrobní fáze ukázala že nejlepšími výsledky disponují sádrovláknité desky, zatímco desky sádrokartonové si vedou nejhůře. Recyklační potenciál vyšel nejlépe pro recyklované akustické desky a nejhůře pro sádrokartonové desky. Cenově jsou nejvíce výhodné recyklované akustické desky, přičemž nejméně výhodné jsou desky sádrovláknité. Na základě celkového porovnání jsou zvoleny recyklované akustické desky.

Tab. 15 Výsledky porovnání podhledů [tvorba vlastní]

PODHLÉDY								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Sádrokartonové desky	1	9	1	1	1	10	1
Navrhované materiály	Sádrovláknité desky	4	10	9	10	10	9	4
	Recyklované akustické desky	10	1	10	6	5	1	10
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Sádrokartonové desky	1	1	10	1	2	1	1
Navrhované materiály	Sádrovláknité desky	2	2	9	2	1	2	2
	Recyklované akustické desky	10	10	1	10	10	10	10
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Sádrokartonové desky	41						
Navrhované materiály	Sádrovláknité desky	76						
	Recyklované akustické desky	104						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů		Recyklované akustické desky						

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Sádrokartonové desky	1 046,99 Kč
Navrhované materiály	Sádrovláknité desky	1 097,20 Kč
	Recyklované akustické desky	840,72 Kč

7.13.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD jsou recyklované akustické desky.

Výhody

- složení z recyklovaných nápojových kartonů,
- recyklovatelnost,
- snadná aplikace a manipulace,
- vynikající akustické vlastnosti,
- pevnost a odolnost,
- lepší součinitel tepelné vodivosti v porovnání s původním materiálem. [47]

Nevýhody

- vysoká teplota při lisování desek. [47]

7.14 Dlažby a obklady

Vzhledem k užší škále materiálů k porovnání je vybrán pouze jeden materiál. V Tab. 16 a 17 došlo k porovnání keramických dlažeb a obkladů s alternativami z přírodního kamene. Na základě celkového porovnání jsou zvoleny původní dlažby a obklady keramické.

Tab. 16 Výsledky porovnání dlažeb [tvorba vlastní]

DLAŽBY								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Keramické dlažby	10	10	10	10	10	10	10
Navrhované materiály	Dlažby z přírodního kamene	1	1	1	1	1	1	1
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Keramické dlažby	10	10	10	10	10	10	10
Navrhované materiály	Dlažby z přírodního kamene	1	1	1	1	1	1	1
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Keramické dlažby	140						
Navrhované materiály	Dlažby z přírodního kamene	14						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů					Keramické dlažby			

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Keramické dlažby	1 553,30 Kč
Navrhované materiály	Dlažby z přírodního kamene	4 113,28 Kč

Tab. 17 Výsledky porovnání obkladů [tvorba vlastní]

OBKLADY								
Environmentální porovnání*								
Výrobní fáze (A1-A3)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Keramické obklady	10	10	10	10	10	10	10
Navrhované materiály	Obklady z přírodního kamene	1	1	1	1	1	1	1
Recyklační potenciál (D)								
Materiál		Hodnoticí kritérium						
		GWP celk. (kg CO ₂ ekv.)	ODP (kg CFC -11 ekv.)	POCP (kg NMVOC ekv.)	AP (mol H+ ekv.)	EP (kg P ekv.)	WDP (m ³ svět. ekv. nedostatku.)	ADPF (MJ)
Standardní materiál	Keramické obklady	10	10	10	10	10	10	10
Navrhované materiály	Obklady z přírodního kamene	1	1	1	1	1	1	1
Celkové porovnání								
Materiál		Součet bodů						
Standardní materiál	Keramické obklady	140						
Navrhované materiály	Obklady z přírodního kamene	14						
Zvolený ekologický materiál na základě vybraných parametrů					Keramické obklady			

* princip vyhodnocení viz kapitola 7.1

Cenové porovnání		
Materiál		Cena za materiál s prací (Kč)
Standardní materiál	Keramické obklady	1 574,30 Kč
Navrhované materiály	Obklady z přírodního kamene	4 893,24 Kč

7.14.1 Výhody a nevýhody zvoleného materiálu

Zvoleným materiálem dle EPD jsou keramické dlažby a obklady.

Výhody

- vysoká odolnost a trvanlivost,
- snadná údržba a instalace,
- ekonomická výhodnost,
- mrazuvzdornost,
- požární odolnost. [48]

Nevýhody

- tvrdost,
- klouzavost,
- studený povrch. [48]

8 Ekonomické posouzení

Rozpočet udržitelnější varianty služebny městské policie je vytvořen provedením změn v původním projektu. Projektová dokumentace zahrnuje několik stavebních objektů včetně demolice původního objektu a přípojek. V rámci bakalářské práce je pozornost zaměřena pouze na novostavbu služebny městské policie. Tab. 18 znázorňuje náklady původních materiálů a zvolených udržitelných materiálů na měrnou jednotku, kde červené hodnoty symbolizují dražší alternativu a zelené hodnoty levnější alternativu oproti původnímu materiálu. Udržitelné materiály jsou na závěr dosazeny do původního rozpočtu a následně porovnány s původní variantou.

Tab. 18 Porovnání nákladů materiálů původních a udržitelných na měrnou jednotku [tvorba vlastní]

Původní materiál	MJ	Náklady původního materiálu	Udržitelný materiál	MJ	Náklady udržitelného materiálu
štěrk	m ³	460,62 Kč	štěrk	m ³	460,62 Kč
cihla	m ²	1 900,24 Kč	vápenopísková cihla	m ²	2 370,42 Kč
beton C25/30	m ³	17 335,34 Kč	nízkouhlikový beton C25/30	m ³	19 463,78 Kč
krytina z PVC	m ²	1 185,37 Kč	dřevěná podlaha	m ²	1 667,71 Kč
minerální desky - kročej. izolace	m ²	124,98 Kč	desky z expandovaného korku	m ²	2 802,62 Kč
minerální desky - fasáda	m ²	3 240,73 Kč	konopné desky	m ²	2 720,15 Kč
PUR	m ²	2 107,46 Kč	dřevovláknitá izolace	m ²	862,91 Kč
EPS perimetr	m ²	571,72 Kč	EPS perimetr	m ²	571,72 Kč
pórobetonové tvárnice	m ²	879,30 Kč	vápenopísková cihla	m ²	1 341,75 Kč
jednoplášťová nepochozí střecha	m ²	4 167,78 Kč	intenzivní zelená střecha	m ²	3 788,05 Kč
hliníková okna	m ²	17 388,60 Kč	plastová okna	m ²	6 050,32 Kč
sádkartonové desky	m ²	1 046,99 Kč	recyklované akustické desky	m ²	840,72 Kč
keramické dlažby	m ²	1 553,30 Kč	keramické dlažby	m ²	4 113,28 Kč
keramické obklady	m ²	1 574,30 Kč	keramické obklady	m ²	4 893,24 Kč

8.1 Porovnání investičních nákladů

V původní variantě služebny městské policie činí základní rozpočtové náklady (ZRN) 7 813 047 Kč a v nové udržitelnější alternativě 8 294 620 Kč (Tab. 19). Vedlejší rozpočtové náklady (VRN) jsou stanoveny čtyřmi procenty ze ZRN. Pro původní variantu dosáhly VRN hodnoty 307 381 Kč a udržitelná varianta 326 644 Kč. Celkové náklady udržitelného řešení referenčního objektu bez DPH docílily hodnoty 8 621 264 Kč a náklady původní varianty 8 120 428 Kč.

Vliv udržitelných materiálů na cenu stavby

Tab. 19 Vyhodnocení nákladů z krycího listu [tvorba vlastní]

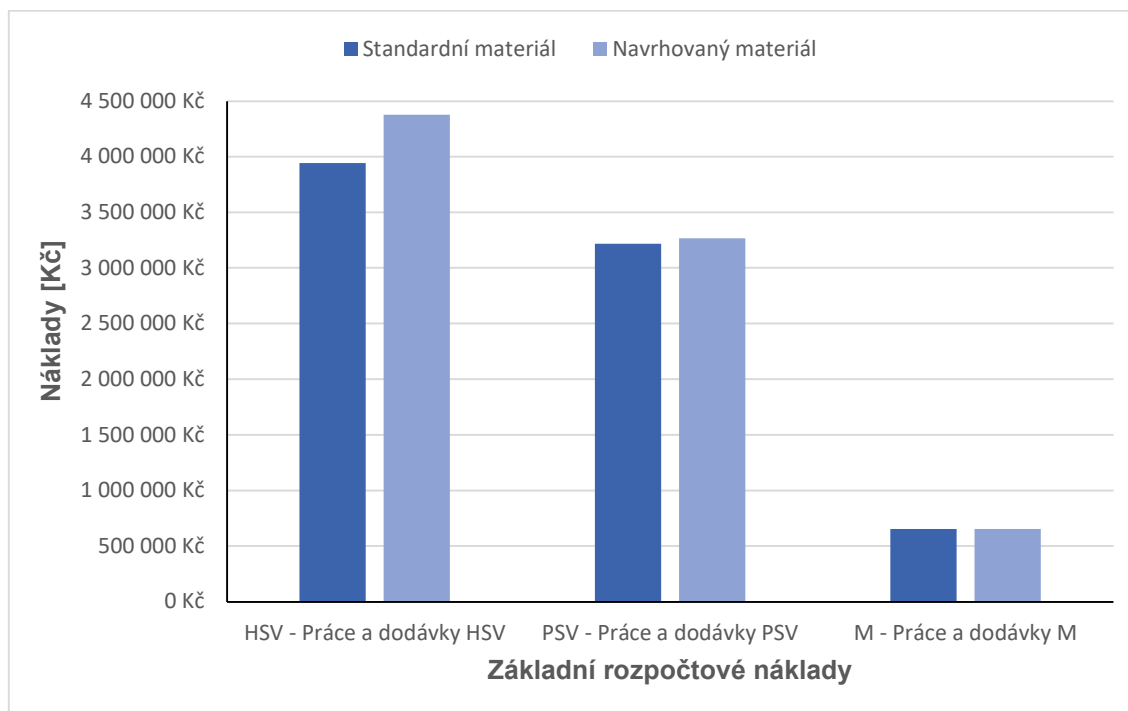
Náklady z krycího listu	Původní varianta	Udržitelná varianta	Rozdíl
ZRN	7 813 047,07 Kč	8 294 619,55 Kč	481 572,48 Kč
VRN	307 381,28 Kč	326 644,18 Kč	19 262,90 Kč
Celkem bez DPH	8 120 428,35 Kč	8 621 263,73 Kč	500 835,38 Kč
DPH	1 705 289,95 Kč	1 810 465,38 Kč	105 175,43 Kč
Celkem s DPH	9 825 718,30 Kč	10 431 729,11 Kč	606 010,81 Kč

Detailněji jsou ZRN popsány v Tab. 20, kde jsou znázorněny po jednotlivých stavebních dílech. Struktura ZRN se člení na hlavní stavební výrobu (dále HSV), přidruženou stavební výrobu (dále PSV) a montážní práce (dále M).

Tab. 20 Porovnání ZRN jednotlivých variant [tvorba vlastní]

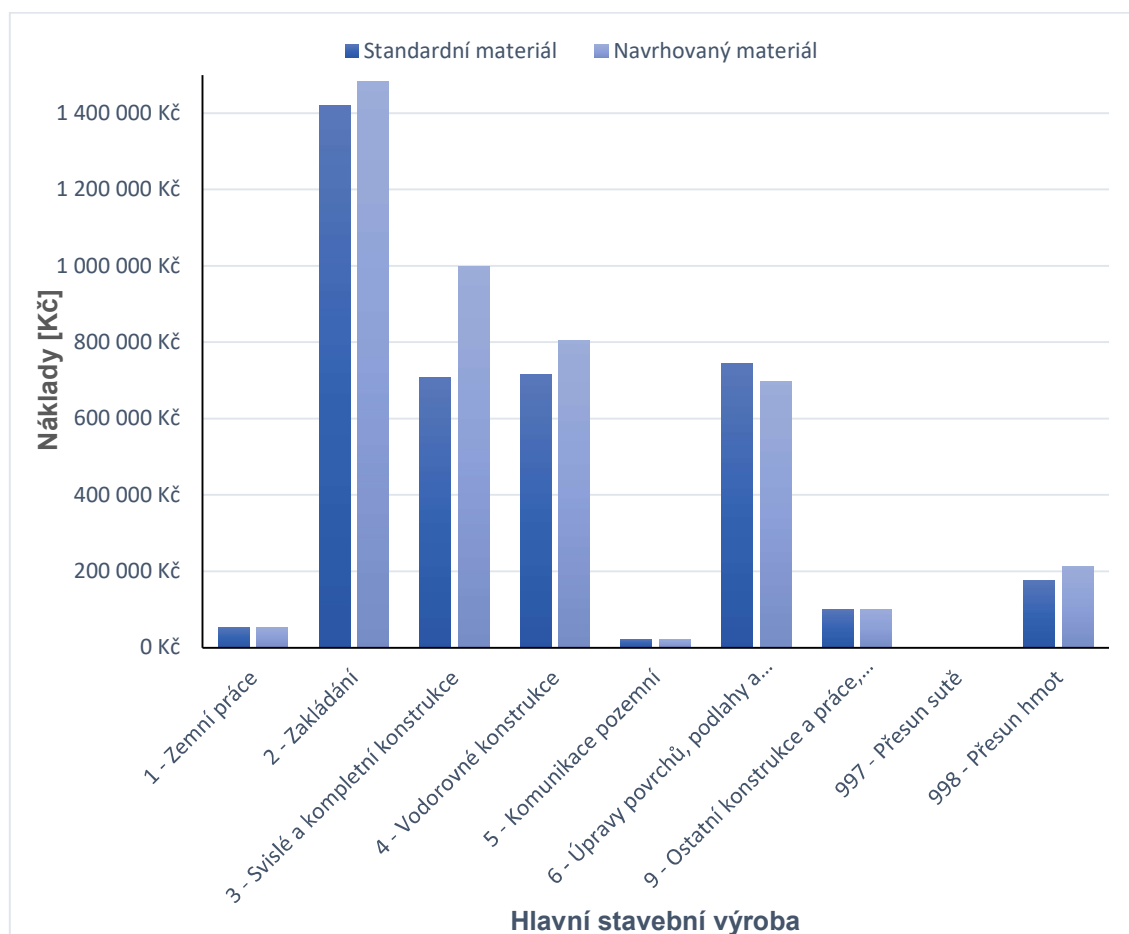
Popis	Cena z původního rozpočtu (bez DPH)	Cena dle nového rozpočtu (bez DPH)	Cenový rozdíl oproti původnímu rozpočtu (bez DPH)
HSV - Práce a dodávky HSV	3 941 701,15 Kč	4 375 870,35 Kč	434 169,20 Kč
1 - Zemní práce	54 464,13 Kč	54 464,13 Kč	- Kč
2 - Zakládání	1 421 212,60 Kč	1 482 629,43 Kč	61 416,83 Kč
3 - Svíslé a kompletní konstrukce	707 469,57 Kč	999 459,37 Kč	291 989,80 Kč
4 - Vodorovné konstrukce	716 418,87 Kč	805 712,71 Kč	89 293,84 Kč
5 - Komunikace pozemní	22 045,77 Kč	22 045,77 Kč	- Kč
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	743 417,65 Kč	698 540,69 Kč	- 44 876,96 Kč
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	100 176,56 Kč	100 176,56 Kč	- Kč
997 - Přesun sutě	143,39 Kč	143,39 Kč	- Kč
998 - Přesun hmot	176 352,61 Kč	212 698,30 Kč	36 345,69 Kč
PSV - Práce a dodávky PSV	3 217 318,95 Kč	3 264 722,23 Kč	47 403,28 Kč
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	66 044,80 Kč	66 044,80 Kč	- Kč
712 - Povlakové krytiny	75 937,91 Kč	77 301,48 Kč	1 363,57 Kč
713 - Izolace tepelné	188 969,82 Kč	343 455,53 Kč	154 485,71 Kč
720 - Zdravotní technika	234 679,62 Kč	234 679,62 Kč	- Kč
721 - Zdravotechnika - vnitřní kanalizace	- Kč	5 180,00 Kč	5 180,00 Kč
730 - Ústřední topení	318 493,77 Kč	318 493,77 Kč	- Kč
762 - Konstrukce tesařské	79 948,40 Kč	79 948,40 Kč	- Kč
763 - Konstrukce suché výstavby	298 748,12 Kč	333 893,96 Kč	35 145,84 Kč
764 - Konstrukce klempířské	219 505,21 Kč	219 505,21 Kč	- Kč
766 - Konstrukce truhlářské	89 320,58 Kč	197 115,90 Kč	107 795,32 Kč
767 - Konstrukce zámečnické	840 123,88 Kč	538 160,51 Kč	- 301 963,37 Kč
771 - Podlahy z dlaždic	245 309,94 Kč	245 309,94 Kč	- Kč
775 - Podlahy skládané	- Kč	148 402,47 Kč	148 402,47 Kč
776 - Podlahy povlakové	103 006,26 Kč	- Kč	- 103 006,26 Kč
781 - Dokončovací práce - obklady	419 527,69 Kč	419 527,69 Kč	- Kč
783 - Dokončovací práce - nátěry	4 649,45 Kč	4 649,45 Kč	- Kč
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	33 053,50 Kč	33 053,50 Kč	- Kč
M - Práce a dodávky M	654 026,97 Kč	654 026,97 Kč	- Kč
21-M - Elektromontáže	475 223,45 Kč	475 223,45 Kč	- Kč
24-M - Montáž vzduchotechnických zařízení	145 277,86 Kč	145 277,86 Kč	- Kč
36-M - Montáž prov., měř. a regul. zařízení	33 525,66 Kč	33 525,66 Kč	- Kč
SUMA	7 813 047,07 Kč	8 294 619,55 Kč	481 572,48 Kč

Největší rozdíl se projevil v HSV viz. Obr. 11, kde se náklady udržitelné varianty zvýšily o 434 169 Kč. Tato změna je zapříčiněna nahrazením tradičního betonu za nízkouhlíkový beton. Náklady na přidruženou stavební výrobu (PSV) se nahrazením udržitelných materiálů zvýšily, přičemž změna zde činí 47 403 Kč. Hlavní roli ve vyšších nákladech hraje náhrada kročejové izolace z minerálních desek za desky z expandovaného korku. Montážní práce se během nahrazování materiálů za udržitelné neměnily, proto zde nabývá rozdíl nulových hodnot.



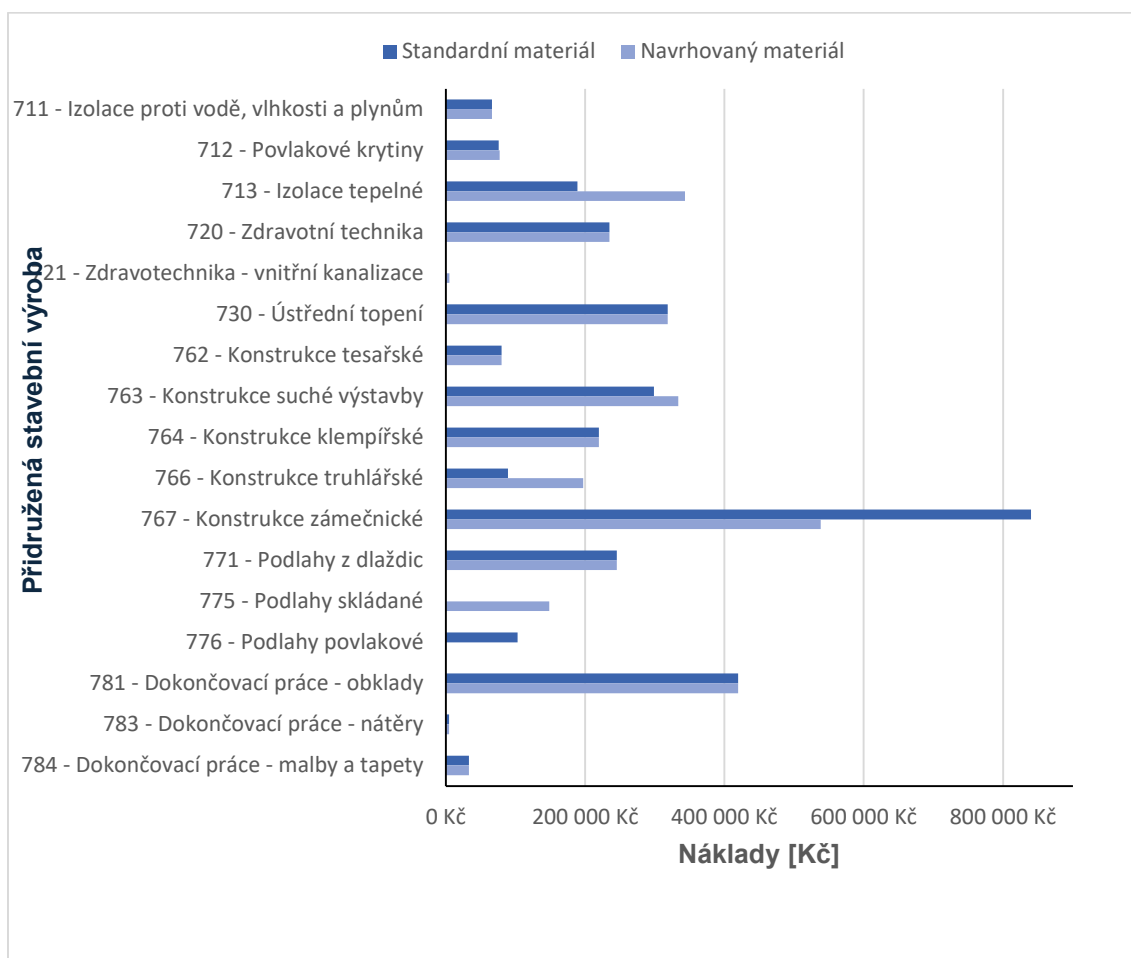
Obr. 11 Porovnání HSV, PSV a M jednotlivých variant [tvorba vlastní]

Na Obr. 12 došlo k podrobnějšímu hodnocení HSV po stavebních dílech. Největší změnu lze pozorovat v oddílu 3, kde změna dovršila hodnoty 291 990 Kč oproti původnímu rozpočtu. Důvodem je nahrazení cihel cihlami vápenopískovými, které jsou nákladnější v porovnání s tradičními. Nižších hodnot v novém rozpočtu dosáhl oddíl 6 s rozdílem 44 877 Kč. Záporné hodnoty jsou způsobeny změnou tepelné izolace kontaktního zateplovacího systému (KZS) na izolaci z konopných vláken. Celkové náklady HSV udržitelných materiálů vykazují vyšší hodnotu nákladů o 434 169 Kč oproti nákladům původním.



Obr. 12 Podrobnější porovnání HSV jednotlivých variant [tvorba vlastní]

Na Obr. 13 je provedeno detailnější porovnání PSV po stavebních dílech. Největší změny si lze všimnout v oddílu 713, kde je nahrazena kročejová izolace udržitelnějším materiálem z expandovaného korku, který je finančně velmi nákladný. Dále je větší změna zohledněna v oddílu 767, kde došlo k výměně hliníkových oken za okna plastová (viz. oddíl 766). Tato změna se projevila v konstrukcích zámečnických (oddíl 767), kde se náklady snížily o 301 963,37 Kč. Celkové náklady PSV udržitelných materiálů vychází z hlediska nákladů o 47 403,28 Kč více než náklady původní.



Obr. 13 Podrobnější porovnání PSV jednotlivých variant [tvorba vlastní]

Závěr

Udržitelnost a udržitelná výstavba jsou velkým tématem posledních let. Přitom jen představa nahrazení tradičních materiálů za udržitelné je pro většinu investorů nepředstavitelná. Svými vlastnostmi však tyto materiály jasně nabízí řešení dekarbonizace ve stavebnictví, která hraje ve světě velký problém s globálním oteplováním.

Záměrem bakalářské práce bylo přiblížení problematiky udržitelných materiálů a jejich vliv na cenu stavby. K hodnocení se nabízelo několik možných řešení pro výběr udržitelných materiálů, avšak jako nejvíce spolehlivá varianta pro porovnání se jevílo porovnání z pohledu EPD, které podává spolehlivou informaci o udržitelných vlastnostech výrobku. Vzhledem k rozsáhlosti EPD je brán ohled pouze na základní environmentální dopady. Pokud by bylo úkolem dosáhnout přesnějších výsledků, muselo by být zohledněno více environmentálních dopadů.

Při rozhodování se lze potýkat se dvěma hlavními problémy. Prvním z nich je vysoká nákladnost investice do udržitelných možností. Tento problém lze částečně vyřešit pomocí dotací poskytovaných v rámci programu Nová zelená úsporám. Druhým problémem je nedostatečná nabídka udržitelných stavebních materiálů na českém trhu a nedostatek informací týkajících se jejich udržitelnosti. Vzhledem k tomu, že poskytování informací o EPD není legislativně podloženo a zároveň velmi nákladné na vytvoření, není možné očekávat příznivé odezvy od výrobců.

Výsledné porovnání ukázalo, že investiční náklady objektu s využitím udržitelných materiálů byly o 6,2 % vyšší než při použití původních materiálů. Celkové investiční náklady původního objektu činily 8 120 428 Kč bez DPH. Výsledné investiční náklady objektu s udržitelnými materiály dosáhly 8 621 264 Kč bez DPH. Z finančního hlediska se ukázalo jako nejméně výhodné použití expandovaných korkových desek jako kročejové izolace do podlahy a nahrazení tradičních cihel vápenopískovými cihlami. Největší přínos přinesla výměna hliníkových oken za okna plastová a výměna minerální izolace kontaktního zateplení fasády za konopnou izolaci.

I když je zřejmé, že udržitelné stavební materiály mají mnoho výhod oproti tradičním stavebním materiálům, rozhodnutí, který materiál použít, je pouze na investorech. Vzhledem k faktu, že tradiční materiály vycházejí finančně lépe, je zřejmé, že se investor přikloní spíše k tradici než k ekologii.

Použitá literatura

- [1] Balíček „Fit for 55“: zvyšování ekologičnosti budov v EU. *Evropské rada a Rada Evropské unie* [online]. [cit. 2024-05-12]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/#0>
- [2] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. *ČSN EN 15804 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních produktů*,. 2022.
- [3] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. *ČSN EN 15978 Udržitelnost staveb – Posuzování environmentálních vlastností budov – Výpočtová metoda*. 2012.
- [4] Zákon č. 283/2021 Sb. Požadavky na udržitelné využití přírodních zdrojů. In: *Sbírka zákonů*. 2021. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-283#p151>
- [5] Was bedeutet nachhaltiges Bauen? *Baunetz Wissen* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/einfuehrung/was-bedeutet-nachhaltiges-bauen-7560079>
- [6] Jak se vyvíjel koncept udržitelného rozvoje stavebnictví v posledních desetiletích? *TZB-info* [online]. 2022 [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/architektonicke-a-dispozicni-reseni-nizkoenergetickyh-staveb/24164-jak-se-vyvijel-koncept-udrzitelneho-rozvoje-stavebnictvi-v-poslednich-desetiletich>
- [7] Faktoren/Kategorien des nachhaltigen Bauens. *Baunetz Wissen* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/einfuehrung/faktoren-kategorien-des-nachhaltigen-bauens-670961>
- [8] Die drei Säulen der Nachhaltigkeit. In: *Nachhaltigkeit im Bauwesen* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://ibu-epd.com/nachhaltiges-bauen/>
- [9] Globale CO2 Emissionen nach Sektor. In: *IKB Deutsche Industriebank* [online]. [cit. 2024-05-26]. Dostupné z: <https://www.ikb-blog.de/nachhaltigkeit-in-der-bau-und-gebaudewirtschaft/>

- [10] Dekarbonisierung. *Baunetz Wissen* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/klimaschutz/dekarbonisierung-8125093>
- [11] Cradle-to-Cradle-Prinzip. *Baunetz Wissen* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/baustoffe--teile/cradle-to-cradle-prinzip-748225>
- [12] MÜLLER, Anette a Isabel MARTINS. *Recycling of building materials : generation, processing, utilization*. Wiesbaden, Germany: Springer Vieweg, 2022. ISBN 978-3-658-34608-9.
- [13] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Udržitelné pořizování staveb: ekonomické aspekty*. Praha: Wolters Kluwer ČR, 2011. ISBN 978-80-7357-642-4.
- [14] Life Cycle Stages. *One Click LCA* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360015064999-Life-Cycle-Stages>
- [15] ČSN EN ISO 14040 (010940) *Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova*. In: . 2006.
- [16] LCA a EPD. *Udržitelné materiály* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <http://www.setrnmaterialy.cz/cs/lca-a-epd>
- [17] Lebenszyklusanalyse (LCA). *Baunetz Wissen* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/planungsgrundlagen/lebenszyklusanalyse-lca-8118818>
- [18] Cradle-to-Gate vs Cradle-to-Grave. *Mindlogistik* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://mind-logistik.de/sap-produktion/cradle-to-gate-vs-cradle-to-grave/>
- [19] Life Cycle Assessment (LCA) – Everything you need to know. *Ecochain* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://ecochain.com/blog/life-cycle-assessment-lca-guide/>
- [20] Životní cyklus staveb. *TZB-info* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklus-staveb>
- [21] LCA. *Envimat* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/lca/>

- [22] 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.
- [23] Was ist eine EPD? *Institut Bauen und Umwelt e.V.* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://ibu-epd.com/was-ist-eine-epd/>
- [24] Gegenseitige Anerkennung von EPDs. *Institut Bauen und Umwelt e.V.* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://ibu-epd.com/international/gegenseitige-aner kennungen/>
- [25] HEINCKE, Catrin, Daniel OLSSON a John BITTON. *Simply green: a quick guide to environmental and energy certification systems for sustainable buildings*. Kvänum: Swegon Air Academy, 2012. ISBN 978-91-977443-5-5.
- [26] CERTIFIKACE BUDOV BREEAM, LEED, SBTOOL CZ. In: *Enerfis* [online]. 2020 [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/certifikace-budov-breeam-leed-sbtoolcz/bream-leed-obecne-info>
- [27] Metodika SBToolCZ. *SBToolCZ* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.sbtool.cz/ometodice/>
- [28] *Projektová dokumentace: Novostavba služebny městské policie*. ARCHIKA - architektonická projekční kancelář, 2021.
- [29] ÖKOBAUDAT Sustainable Construction Information Portal. *ÖKOBAUDAT* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.oekobaudat.de/no_cache/en/database/search/daten/db1.html#bereich1
- [30] GWP-total Global warming potential - total. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=17&SW=16&Ing=2
- [31] GWP-fossil Global warming potential - fossil fuels. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=14&SW=16&Ing=2
- [32] GWP-biogenic Global warming potential - biogenic. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=6&SW=27&Ing=2&SG_open=283

- [33] GWP-luluc Global warming potential - land use and land use change. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=16&SW=16&SuchID=180848&lng=2
- [34] ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=13&SW=27&lng=2&SG_open=188
- [35] AP Acidification potential. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=7&SW=27&lng=2&SG_open=2502
- [36] EP-freshwater Eutrophierungspotenzial - Süßwasser. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=19&SW=32
- [37] EP-marine Eutrophierungspotenzial - Salzwasser. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=20&SW=5
- [38] EP-terrestrial Eutrophication potential - terrestrial. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=21&SW=32&SBT_ope n=55&lng=2
- [39] POCP Photochemical Ozone Creation Potential. *Baubook* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oe kz_Typ=22&SW=16&lng=2
- [40] Introduction to the default list of environmental performance indicators. *EPD International* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.environdec.com/resources/indicators>
- [41] Low Carbon Concrete-The pros and cons. *EPL Midlands* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.eplmidlands.co.uk/post/low-carbon-concrete-the-pros-and-cons>
- [42] Proč stavět z vápenopískových cihel? *Kalksandstein CZ* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.kalksandstein.cz/vapenopiskove-cihly/vapenopiskove-cihly-zakladni-vlastnosti>

- [43] CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-2532-1.
- [44] Isover Perimetr EPS 120 mm. *Stavebninykolo.cz* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.stavebninykolo.cz/produkt/perimetr-eps-120-mm-13690/>
- [45] Advantages and disadvantages of green roofs. *Green Roofers* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.greenroofers.co.uk/green-roofing-guides/advantages-disadvantages-green-roofs/>
- [46] MODERNÍ OKNA, 1. DÍL - VÝHODY A NEVÝHODY PLASTOVÝCH OKEN. *Izolace - info* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/ostatni-informace-k-zateplovani/23348-moderni-okna-1-dil-vyhody-a-nevyhody-plastovych-oken-a.html>
- [47] Výhody. *PackWall* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.packwall.cz/vyhody/>
- [48] Výhody a nevýhody keramické dlažby v novostavbě. *Dřevostavitel* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/podlaha-do-rodinneho-domu/69109>

Seznam obrázků

Obr. 1 Pilíře udržitelnosti; tvorba vlastní podle [8].....	18
Obr. 2 Globální podíl emisí CO ₂ ; tvorba vlastní podle [9]	19
Obr. 3 Schéma C2C principu; tvorba vlastní podle [11].....	21
Obr. 4 Jednotlivé fáze a moduly životního cyklu; tvorba vlastní podle [14][15]	23
Obr. 5 Fáze životního cyklu stavebních materiálů; tvorba vlastní podle [17]	26
Obr. 6 Logo certifikačního systému BREEAM [26].....	29
Obr. 7 Logo certifikačního systému LEED [26]	31
Obr. 8 Logo certifikačního systému SBToolCZ [26]	32
Obr. 9 Půdorys referenčního objektu [28]	34
Obr. 10 Řez referenčního objektu [28].....	35
Obr. 11 Porovnání HSV, PSV a M jednotlivých variant [tvorba vlastní]	71
Obr. 12 Podrobnější porovnání HSV jednotlivých variant [tvorba vlastní].....	72
Obr. 13 Podrobnější porovnání PSV jednotlivých variant [tvorba vlastní].....	73

Seznam tabulek

Tab. 1 Parametry popisující základní environmentální dopady [tvorba vlastní]	41
Tab. 2 Porovnání betonu C25/30 na základě dat z EPD databáze [tvorba vlastní]	43
Tab. 3 Porovnání betonu C25/30 pomocí nákladů na stavební práce vyhodnocené dle programu KROS 4 [tvorba vlastní].....	43
Tab. 4 Výsledky porovnání vodorovných konstrukcí [tvorba vlastní]	44
Tab. 5 Výsledky porovnání podsypů pod podlahy [tvorba vlastní].....	46
Tab. 6 Výsledky porovnání obvodových konstrukcí [tvorba vlastní]	47
Tab. 7 Výsledky porovnání nášlapných vrstev [tvorba vlastní]	49
Tab. 8 Výsledky porovnání kročejových izolací [tvorba vlastní].....	51
Tab. 9 Výsledky porovnání izolací fasády [tvorba vlastní].....	53
Tab. 10 Výsledky porovnání tepelných izolací šikmých střech [tvorba vlastní]	55
Tab. 11 Výsledky porovnání tepelných izolací základů [tvorba vlastní]	57
Tab. 12 Výsledky porovnání příček a podhledů [tvorba vlastní]	59
Tab. 13 Výsledky porovnání střešních souvrství [tvorba vlastní].....	61
Tab. 14 Výsledky porovnání oken [tvorba vlastní].....	63
Tab. 15 Výsledky porovnání podhledů [tvorba vlastní].....	65

Tab. 16 Výsledky porovnání dlažeb [tvorba vlastní].....	67
Tab. 17 Výsledky porovnání obkladů [tvorba vlastní].....	68
Tab. 18 Porovnání nákladů materiálů původních a udržitelných na měrnou jednotku [tvorba vlastní].....	69
Tab. 19 Vyhodnocení nákladů z krycího listu [tvorba vlastní].....	70
Tab. 20 Porovnání ZRN jednotlivých variant [tvorba vlastní].....	70

Seznam příloh

Příloha 1: Minirozpočty

Příloha 2: Souhrnné tabulky se zpracovanými daty o EPD