

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Kristýna Námisňáková

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Námisňáková** Jméno: **Kristýna** Osobní číslo: **495032**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Optimalizace developerského projektu

Název bakalářské práce anglicky:

Optimization of Real Estate Development Project

Pokyny pro vypracování:

- Obecný popis projektu
- Optimalizace projektu z hlediska environmentálního
- Dotace na energetické úspory bytového domu
- Ekonomické vyhodnocení

Seznam doporučené literatury:

POJAR, Jan, Jiří KARÁSEK, Michal BAČOVSKÝ, Jakub KVASNICA a Lucie MEDOVÁ. Energetický management budov. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06683-6.
SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta, Stanislav VITÁSEK, Lucie BROŽOVÁ a Iveta STŘELCOVÁ. Oceňování staveb. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06748-2.
TAUER, Vladimír, Helena ZEMÁNKOVÁ a Jana ŠUBRTOVÁ. Získejte dotace z fondů EU: tvorba žádosti a realizace projektu krok za krokem : metodika, pravidla, návody. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2649-3.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Iveta Střelcová, 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: **20.02.2023** Termín odevzdání bakalářské práce: **22.05.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Iveta Střelcová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

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

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci napsala samostatně pouze s použitím uvedených zdrojů a literatury. Veškeré citace a odkazy na prameny jsou uvedeny v seznamu literatury. Potvrzuji, že jsem nevyužila nelegální nebo neetické zdroje. Dále prohlašuji, že jsem v této práci dodržovala zásady akademické čestnosti a že všechny použité informace jsou pravdivé a ověřitelné.

V Praze dne 21.05.2023

.....

Kristýna Námisňáková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí bakalářské práce Ing. Ivetě Střelcové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování mé práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za dlouholetou trpělivost, podporu a povzbuzování.

OPTIMALIZACE DEVELOPERSKÉHO PROJEKTU

OPTIMIZATION OF REAL ESTATE DEVELOPMENT PROJECT

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na enviromentální optimalizaci developerského projektu bytového domu. Hlavním cílem je zlepšení energetické náročnosti budovy pomocí úpravy a vylepšení skladeb konstrukcí obálky budovy. Práce se dále věnuje analýze a porovnání původní varianty bytového domu s optimalizovanou variantou z hlediska energetických ukazatelů, velikosti uhlíkové stopy a jejího ocenění v podobě emisních povolenek a také možností využití dotací podporujících úsporné bydlení. V závěrečné části práce jsou vyčísleny pořizovací náklady stavebního objektu včetně přihlédnutí k dopadům na životní prostředí a zahrnutí dotací.

Klíčová slova

Dotace, Emisní povolenka, Energetická náročnost, Energetický průkaz, Limitka materiálů, Optimalizace projektu, Položkový rozpočet, Součinitel prostupu tepla, Uhlíková stopa, Životní prostředí

Summary

The Bachelor's thesis is focused on the environmental optimization of a residential building development project. The main goal is to improve the building's energy demand by modifying and enhancing the compositions of the building envelope constructions. The thesis further addresses the analysis and comparison of the original and optimized version of the residential building in terms of energy performance indicators, carbon footprint size, and its valuation through emission allowances, as well as possibilities for utilizing subsidies that support energy-efficient living. In the final part of the thesis, the acquisition costs of the building structure are quantified, including considerations of environmental impacts and the inclusion of grants.

Keywords

Carbon footprint, Emission allowance, Energy label, Energy performance, Environment, Grant, Itemized budget, Project optimization, Quantity and price of materials, Thermal transmittance

Obsah

Úvod	1
Cíl práce.....	2
Metodika	3
Vymezení základních pojmů	4
1 Teoretická část	7
1.1 Energetická náročnost budov.....	7
1.1.1 Energetické zákony a regulace v ČR	7
1.1.2 Metody měření a hodnocení energetické náročnosti budov.....	9
1.1.3 Budovy s nízkou energetickou náročností a jejich kategorie	12
1.1.4 Průkaz energetické náročnosti budovy	14
1.1.5 Budoucnost a vývoj energetické efektivity	16
1.2 Uhlíková stopa: měření a snižování emisí skleníkových plynů.....	18
1.2.1 LCA (Life-cycle assessment).....	19
1.2.2 GHG Protokol (GreenHouse Gass Protocol)	20
1.2.3 Stanovení množství emisí CO ₂ materiálů a produktů.....	21
1.3 Zdroje financování výstavbového projektu.....	24
1.3.1 Finanční úvěry	24
1.3.2 Finanční dotace	26
1.3.3 Crowdfunding.....	28
2 Praktická část.....	30
2.1 Seznámení s původní variantou BD.....	30
2.1.1 Využití objektu.....	30
2.1.2 Konstrukční řešení.....	31
2.1.3 Součinitele prostupu tepla	33
2.1.4 Energetická náročnost.....	35
2.1.5 Položkový rozpočet	38
2.1.6 Uhlíková stopa.....	39
2.1.7 Pořizovací náklady na výstavbu BD	40
2.2 Optimalizovaná varianta BD.....	41
2.2.1 Návrh optimalizace dílčích konstrukcí obálky budovy	41

2.2.2	Součinitele prostupu tepla	43
2.2.3	Energetická náročnost.....	45
2.2.4	Položkový rozpočet optimalizovaného BD	47
2.2.5	Uhlíková stopa.....	49
2.2.6	Získání dotací.....	50
2.2.7	Pořizovací náklady na výstavbu BD	50
2.3	Vyhodnocení zjištěných parametrů	51
2.4	Součinitele prostupu tepla	51
2.4.1	Energetická náročnost.....	52
2.4.2	Rozpočet.....	53
2.4.3	Uhlíková stopa.....	53
2.4.4	Pořizovací náklady	56
	Závěr.....	57
	Bibliografie	58
	Seznam obrázků	66
	Seznam tabulek.....	67
	Seznam rovnic	68
	Seznam příloh.....	69
	Seznam použitých zkratk.....	70

Úvod

Řecký filozof Aristoteles ve 4. století př. n. l. prohlásil: „Pokud je jedna cesta lepší než druhá, můžete si být jisti, že je to cesta přírody.“ Dnes si lze pod tímto citátem představit mnohé, avšak s ohledem na způsob jednání lidstva a následným dopadům na životní prostředí, se jedná o stále naléhavější téma vyžadující pozornost. S životním prostředím je propojena energetická náročnost, uhlíková stopa, udržitelnost a další pojmy doprovázející každodenní životy lidí, včetně jejich bydlení. Právě těmto tématům je věnována bakalářská práce. Práce se zabývá environmentální optimalizací developerského projektu bytového domu z roku 2017. Optimalizace klade důraz především na již zmíněnou energetickou náročnost objektu, která je velmi důležitým faktorem ovlivňující pořizovací i provozní náklady.

Teoretická část je věnována vysvětlení témat nezbytných k pochopení celé problematiky. Zejména se jedná o tematiku energetické náročnosti včetně představení zákonů a regulací, metod sloužících pro měření a hodnocení energetické náročnosti a v neposlední řadě představení budov s nízkou energetickou náročností a jejich rozdělení. Kapitola následující je zaměřena na problematiku uhlíkové stopy, jejíž stanovení je součástí této práce. Teoretické vysvětlení uhlíkové stopy se týká především způsobu stanovení množství oxidu uhličitého v rámci materiálů, výrobků a celých objektů. Poslední téma teoretické části seznamuje čtenáře se zdroji financování výstavbových projektů se zaměřením na finanční dotace, které jsou prakticky aplikovány v rámci návrhu optimalizované varianty bytového domu.

Praktická část je zaměřena na samotnou optimalizaci spočívající v analýze původního objektu a následném vylepšení konstrukcí obálky budovy podporující vylepšení zjištěných faktorů. Analýza je soustředěna zejména na stanovení velikosti součinitele prostupu tepla obálky budovy, která je následně použita pro zpracování průkazu energetické náročnosti. V návaznosti na stanovenou energetickou náročnost je pomocí emisních povolenek vyčíslena velikost uhlíkové stopy v rámci celého objektu bytového domu, která je dále připočtena k pořizovacím nákladům jako cena za dopad na životní prostředí. Praktická část také zohledňuje možnost využití dotačních příspěvků z programu Nová zelená úsporám podporující úsporné bydlení, které není možné v rámci původní varianty využít. Po stanovení a výpočtu výše zmíněných ukazatelů u původní i nové optimalizované varianty je na závěr provedeno porovnání těchto variant s následným vyhodnocením.

Cíl práce

Cílem bakalářské práce je provést optimalizaci developerského projektu bytového domu s důrazem na environmentální aspekty, zejména snížení energetické náročnosti objektu a následného využití dotací podporující úsporné bydlení. Součástí tohoto procesu je výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí obálky budovy, které slouží jako podklad pro zpracování energetického štítku. Na základě energetických ukazatelů je následně navržena optimalizace obvodových konstrukcí u původního objektu a dochází ke zpracování upraveného položkového rozpočtu, který zahrnuje nově použité skladby a materiály. V návaznosti na zpracovaný rozpočet je k jednotlivým materiálům přiřazena velikost uhlíkové stopy s následným oceněním a připočítáním této ceny, zobrazující dopad na životní prostředí, k pořizovacím nákladům na bytový dům. Všechny ukazatele jsou spočítány pro obě varianty bytového domu a cílem je jejich následné porovnání a vyhodnocení úspěšnosti optimalizace.

Metodika

Hlavním cílem práce je optimalizace developerského projektu bytového domu se zaměřením na enviromentální optimalizaci, zejména s ohledem na snížení energetické náročnosti. Součástí práce je výpočet produkce oxidu uhličitého, resp. zjištění uhlíkové stopy, její následné ocenění a výpočet celkových nákladů s přihlédnutím k dopadu na ŽP. Všechny aspekty jsou posouzeny pro obě varianty a následně vyhodnoceny.

Pro tyto účely je nutné stanovit následující metodiku práce:

1. Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí obálky budovy dle rovnic z ČSN 73 0540-4 a převzatých tabulkových hodnot R_{si} , R_{se} (tabulka J.1) z ČSN 73 0540-3 a hodnot λ (tabulka B.1) z ČSN 73 0540-3 nebo technických listů konkrétních materiálů.
2. Zařazení výsledných hodnot do kategorií dle Tabulky 3 z ČSN 73 0540-2.
3. Zpracování energetického štítku v programu ENERGETIKA na webu DEKSOFT.
(Zaměřeno na součinitel prostupu tepla obálkou budovy)
4. Zpracování položkového rozpočtu ve stavebním softwaru KROS 4 (cenová soustava ÚRS 2023/I).
(Rozpočet je pro zjednodušení zpracován pouze pro hlavní stavební objekt.)
5. Vygenerování limitky materiálů z kalkulace stavebních prací v KROS 4 a její následná úprava pro možnost přiřazení hodnot velikosti uhlíkové stopy.
6. Přiřazení uhlíkové stopy k jednotlivým materiálům dle katalogu Envimat.
7. Ocenění velikosti uhlíkové stopy pomocí emisních povolenek.
8. Výpočet pořizovacích nákladů s přihlédnutím k dopadu na životní prostředí zahrnutím ceny za emisní povolenky vypuštěného oxidu uhličitého.
9. Optimalizace a úprava skladeb konstrukcí obálky budovy dle zjištěných parametrů.
10. Zopakování kroků 2.-7. pro optimalizovanou verzi BD.
11. Výpočet možných dotačních příspěvků z programu Nová zelená úsporám.
12. Výpočet pořizovacích nákladů s přihlédnutím k dopadu na životní prostředí a ponížení nákladů o dotační příspěvky.
13. Porovnání zjištěných hodnot u původní a optimalizované verze BD.
14. Výpočet možných úspor a rozdílů u provozních nákladů – vytápění.

Vyhodnocení úspěšnosti optimalizace a zhodnocení bakalářské práce je předmětem závěrečné kapitoly. Tato kapitola je také věnována možnostem dalšího výzkumu v oblasti optimalizace developerských projektů a tím související možnosti v budoucnu rozšířit tuto tematiku v diplomové práci.

Vymezení základních pojmů

Emise

Emise jsou látky nebo energie vypouštěné do prostředí, obvykle ovzduší, vod nebo půdy, jako vedlejší produkt lidských aktivit, např. spalováním fosilních paliv v dopravě a průmyslu a dalších odvětví. Emise jsou ve formě pevných, kapalných, či plyných látek zahrnujících oxid uhličitý, oxid dusnatý, oxidy síry, těkavých organických sloučenin a dalších. Tyto látky mohou mít negativní dopad na životní prostředí a lidské zdraví. Za zdroj vypouštění emisí se můžeme považovat i my sami, kdy emise vznikají při každém našem výdechu a tím související produkci oxidu uhličitého. [1]

Emisní povolenka

Emisní povolenka je nástrojem, který využívá Evropská unie za účelem snížení emisí skleníkových plynů. Jedná se o právní dokument umožňující držiteli těchto povolenek vypouštět do ovzduší určité množství znečišťujících látek, resp. emisí skleníkových plynů. Povolenky jsou přidělovány Evropskou komisí státním zřízcům a poté přidělovány subjektům, resp. producentům skleníkových plynů. Množství, které tyto subjekty mohou vypustit jsou odvíjeny právě od množství vlastněných emisních povolenek a lze je také nakupovat a prodávat na energetických burzách. [2]

Limitka materiálů

Limitka materiálů je výstupem z výrobní kalkulace, která zobrazuje plánované náklady a potřeby na plánovaný objem produkce. V tomto případě se jedná o potřeby materiálů. Limitku si lze představit jako rozpis potřeb stavby sloužící např. pro představu jaké množství materiálu bude muset být celkově objednáno. [3]

Neobnovitelný zdroj energie

Neobnovitelné zdroje energie budou brzy vyčerpány a není možné určit, kdy se tak přesně stane. Doba, po kterou bude tyto zdroje možné využívat závisí především na energetických úsporách, nárocích lidstva a objevení nových nalezišť. Obecně se však jedná o horizont maximálně stovek let. Mezi neobnovitelné zdroje se řadí zemní plyn, ropa, uhlí a jaderná energie. [4]

Technická norma

Technická norma je závazným předpisem obsahujícím požadavky, technické specifikace, podmínky pro testování a používání výrobku, závazné postupy a další. Technické normy vydané v České republice jsou označeny jako normy ČSN a jejich dodržování je povinné tehdy, stanoví-li to právní předpis. [5]

Obnovitelný zdroj energie

Obnovitelné zdroje energie jsou ty energie, jejichž využívání není v řádech tisíců až miliard let ohroženo. Jedná se především o energii sluneční, větrnou a geotermální. Tyto zdroje jsou obecně považovány za šetrnou a vhodnou alternativu k používání fosilních paliv, jež jsou omezené a mají negativní dopad na ŽP. [4]

Oxid uhličitý

Oxid uhličitý neboli CO₂ je chemická sloučenina vyskytující se přirozeně v atmosféře planety Země. Jedná se o bezbarvý plyn skládající se z jednoho atomu uhlíku a dvou atomů kyslíku. Kromě přirozeného výskytu jde také o produkt spalování fosilních paliv a vysoké uvolňování tohoto plynu do atmosféry negativně přispívá ke globálnímu oteplování. Produkce oxidu uhličitého je také označena jako uhlíková stopa. [6]

Položkový rozpočet

Položkový rozpočet zobrazuje oceněné soupisy prací stavebního rozpočtu. Stavební rozpočet je výčtem nákladů souvisejících se stavební činností. Jedná se o formu sestavení ceny, která vychází z použitých skladeb konstrukcí, materiálů a technologií. [7]

Provozní náklady

Provozní náklady jsou náklady spojené s provozem budovy v její užívací fázi. Jedná se o náklady na vodu, odpad, energie, náklady za služby a údržbu. U bytových domů hradí tyto náklady majitelé jednotlivých bytů dle velikostí těchto bytových jednotek. [3]

Skleníkové plyny

Skleníkové plyny jsou plyny vyskytující se v zemské atmosféře způsobující globální oteplování. Pokud se jedná o plyny jako je vodní pára, či metan, hovoříme o skleníkových plynech přírodního původu. Plyny vznikající vlivem lidských aktivit se označují jako antropogenní. [8]

Udržitelný rozvoj

Udržitelný rozvoj je označením pro jednání ve prospěch ekonomického, sociálního a environmentálního rozvoje, který uspokojuje potřeby současného obyvatelstva, aniž by však ohrozil možnosti budoucích generací uspokojovat jejich vlastní potřeby. Zároveň jde o snahu odstranit, či alespoň zmírnit negativní dopady, které zapříčiňuje vývoj lidské společnosti. Cílem udržitelného rozvoje je tedy vytvořit rovnováhu mezi hospodářským růstem, ochranou životního prostředí a sociálním rozvojem. [9]

Zákon

Zákon je obecně platným a závazným právním předpisem vymezující povinnosti, zodpovědnosti a práva organizací a osob v dané zemi. Návrh zákonů je projednáván a schvalován v Poslanecké sněmovně. Následně se jim zabývá Senát a prezident republiky. [5]

Životní prostředí

Životní prostředí, dále jen ŽP, zahrnuje všechny přírodní a umělé prvky, které tvoří okolí, v němž žijeme. ŽP ovlivňuje naše zdraví a kvalitu života. Mezi základní prvky ŽP patří voda, půda, rostliny, vzduch, zvířata, člověk a jeho činnosti související s dopravou, průmyslem, výstavbou a další. Pro zachování kvality našeho života a ochranu přírodních zdrojů pro budoucí generace je udržitelné hospodaření s ŽP zásadní. [10] Z hlediska výstavbového procesu se jedná „o prostředí, ve kterém organizace provozuje svou činnost.“ [11]

1 Teoretická část

Teoretická část je zaměřena na vysvětlení tematiky nezbytné k pochopení koncepce celé bakalářské práce a slouží jako podklad pro analýzu a zpracování praktické části. Vzhledem k různorodosti zpracovávaných témat je teoretická část rozdělena do třech hlavních kapitol. Kapitola první je věnována energetické náročnosti budov zahrnující energetické zákony a regulace, metodiku měření a hodnocení, zpracování energetického průkazu a v neposlední řadě rozdělení budov dle energetické náročnosti. Kapitola druhá zabývající se uhlíkovou stopou je nezbytná kvůli další analýze velikosti uhlíkové stopy objektu v praktické části. Zde je především vysvětleno stanovení množství uhlíkové stopy. Na závěr je zahrnuta kapitola hovořící o zdrojích financování výstavbového projektu zaměřující se především na oblast dotací, které jsou v praktické části zahrnuty jako možnost snížení celkových nákladů na výstavbu.

1.1 Energetická náročnost budov

Energetická náročnost je v dnešní době velmi důležitým tématem jak z hlediska enviromentálního, tak ekonomického. Vysoká spotřeba energií v budovách znamená negativní dopad na životní prostředí a velké provozní náklady pro majitele těchto budov. Tato kapitola se zabývá aspekty jako je energetická náročnost a metody jejího měření vč. právní legislativy, rozdělení nízko energetických budov a v neposlední řadě budoucnostní ve vývoji energetické efektivity.

1.1.1 Energetické zákony a regulace v ČR

Zákony a regulace upravující otázku energetiky jsou vládami a jinými orgány nařízená, případně doporučená pravidla s cílem regulace spotřeby energie a způsobu její produkce. Snahou zákonů, vyhlášek a norem je omezení negativního dopadu na ŽP, energetická udržitelnost a obecně zlepšení kvality života. Níže uvedené a popsané regule jsou uplatňovány na území České republiky. [12]

Energetický zákon č. 458/2000 Sb.

Za základní právní předpis upravující energetiku v České republice je považován Energetický zákon č. 458/2000 Sb., který od nabytí své účinnosti v roce 2001 prošel několika změnami, kdy nejaktuálnější novelou tohoto zákona je novela č. 19/2023 Sb. s účinností od 24. 1. 2023. Zákon je rozdělen do šesti částí regulujících problematiku podnikání a výkon státní správy energetických odvětví, kam se řadí teplárenství, plynárenství a elektroenergetika. [13]

Hlava I, resp. Obecná část zákona specifikuje, co je považováno za podnikání v energetice a pro jaké druhy podnikání je nutné získání licence, podmínky jejího udělení a zánik. Dále jsou zde popsány povinnosti zprostředkovatelů, jejich registr a v neposlední řadě působnost ministerstva, regulace cen energií s definovanou metodikou a další. [13]

Zvláštní část označená jako Hlava II se zabývá jednotlivými odvětvími energetiky a popisuje povinnosti a práva týkající účastníků trhu s plynem, elektřinou a teplem. Mezi účastníky se řadí výrobci, provozovatelé přenosových a distribučních soustav, obchodníci a zákazníci. [13]

Nejaktuálnější novela tohoto zákona označená pod číslem 19/2023 Sb. vznikla jako reakce na aktuální situaci, kdy je třeba zajistit cenově dostupnou energii jak fyzickým, tak právnickým osobám, která by pocházela z národních zdrojů, tím zajišťovala energetickou soběstačnost a přispěla k postupné dekarbonizaci České republiky. Dekarbonizace je důležitá z hlediska plnění závazků vůči Evropské unii v otázce ochrany klimatu. [14]

Zákon o hospodaření s energií č. 406/2000Sb.

Zákon č. 406/2000 Sb. je zákon přijatý parlamentem České republiky, který zpracovává předpisy Evropské unie o hospodaření s energiemi. Jedná se o zákon stanovující opatření pro zvýšení energetické účinnosti a snižování spotřeby energie v souladu s udržitelným rozvojem. [13]

Důležitou součástí zákona je Státní energetická koncepce (§ 3) a Územní energetická koncepce (§ 4). Státní energetickou koncepcí se rozumí dokument, který určuje cíle a směry v oblasti energetiky na úrovni celého státu s platností 25 let. Dokument zohledňuje energetické prognózy a navrhuje opatření pro snížení závislosti na dovozu energií. Územní energetická koncepce určuje cíle a principy pro správu energií na území krajů, městských částí, hlavního města Prahy a obcí. [13]

Zákon dále stanovuje a upravuje opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie, resp. snižování energetické náročnosti budov, náležitosti opatření průkazu energetické náročnosti a energetického posudku vč. interpretace pojmů jako jsou: energetický posudek, energetické štítky a energetický audit. Energetickému auditu je věnována samostatná vyhláška č. 140/2021 Sb. o energetickém auditu. [13]

Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie

Stanovením podmínek a způsobem podpory obnovitelných zdrojů energie v České republice se věnuje zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie, který byl přijat pod záminkou ochrany životního prostředí a snížení emisí skleníkových plynů. [13]

Mezi oblasti, kterými se zákon zabývá spadá způsob a podmínky pro získání podpory na výrobu elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů, možnost jejich rozvoje včetně regulací, podmínky prodeje a další ustanovení včetně souvisejících vyhlášek. [13]

ČSN 73 0540

Norma ČSN 73 0540 je technická norma vydaná Českou agenturou pro standardizaci (ČAS), která se zabývá tepelnou ochranou budov a její energetickou náročností. Je rozdělena do čtyř částí: 73 0540-1 až 73 0540-4, kdy původní vydání z roku 1994 bylo nahrazeno aktuálnějšími verzemi, které lépe odráží požadavky a nároky související s energetikou v 21. století.

Obecně obsahuje normativní postupy pro návrh a hodnocení tepelných vlastností konstrukcí s cílem minimalizování ztrát tepla, základní terminologii a metodiku výpočtů. I přes skutečnost, že norma není závazná, jedná se o důležitý nástroj používaný při navrhování a výstavbě stavebních objektů pro projektanty, stavební firmy a architekty. [15]

1.1.2 Metody měření a hodnocení energetické náročnosti budov

Cílem této kapitoly je poskytnout ucelený přehled o metodách měření a hodnocení energetické náročnosti budov, které se řadí mezi klíčové faktory pro posouzení energetické hospodárnosti budov obecně. Tyto metody a způsoby hodnocení jsou využívány jak u novostaveb, tak při optimalizacích již realizovaných projektů.

Standardní metoda dle ČSN 73 0540-4

Metodikou měření se zabývá norma ČSN 73 0540-4: Výpočtové metody, z června roku 2005. Tato část normy určuje metody výpočtů na základě odvozování z fyzikálních zákonů zabývající se šířením tepla, vzduchu a vlhkosti v konstrukcích. Použitím výpočtových metod dle normy se zajistí potřebná úroveň pro splnění minimálních požadovaných parametrů dle technických předpisů. Jedná se zejména o parametry pro tepelnou ochranu, úspory energie a ochranu ŽP. Norma podrobně vysvětluje způsob výpočtu součinitele prostupu tepla (viz rovnice 1.1), tepelného odporu (rovnice 1.2), poklesu dotykové teploty, vnitřní povrchové teploty konstrukcí a další výpočty vč. definic důležitých pojmů související s touto problematikou, jímž jsou věnovány samostatné přílohy normy A-H. [16] [17]

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \quad (1.1)$$

$$R = \frac{1}{U} - (R_{si} + R_{se}) = R_T - (R_{si} + R_{se}) \quad (1.2)$$

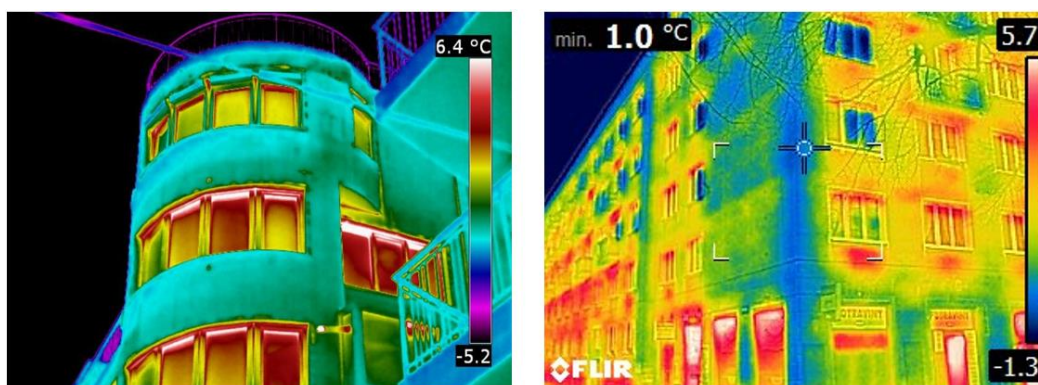
kde	U	je	součinitel prostupu tepla, v $W/m^2.K$
	R		tepelný odpor konstrukce, v $m^2.K/W$
	R_T		odpor při prostupu tepla, v $m^2.K/W$
	R_{si}		odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, v $m^2.K/W$
	R_{se}		odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce, v $m^2.K/W$

Infračervená termografie

Infračervená termografie je neinvazivní metoda používaná k měření tepelných ztrát a teplotních map objektů, která se řadí mezi typ přístrojového měření. Ve stavebnictví je využívána zejména k průzkumu objektů z hlediska tepelné techniky a měření energetické náročnosti budov s použitím tzv. „termografické kamery“ schopné měřit infračervené záření různých vlnových délek.

Exteriérová měření pomocí infračervené termografie slouží ke sledování a kontrole konstrukcí obálky budov a podává rychlý obraz o přítomnosti tepelných mostů. Důležité je dodržovat správnou metodiku měření. Především se nedoporučuje provádět měření, pokud je povrch a venkovní prostor ovlivněn dopadajícím slunečním zářením, deštěm, či hustým sněžením.

Výsledkem infračervené termografie je obrazová informace identifikující lokality s místy zvýšených tepelných ztrát, resp. zobrazení teplotního rozložení povrchu, kde jsou různým teplotám přiřazeny konkrétní barvy a odstíny. Zjištěné skutečnosti jsou zpracovány, vyhodnoceny a interpretovány odborníkem se znalostí v oblasti fyziky tepelného záření a tepelných procesů. Odborník poté navrhne řešení pro zlepšení energetické efektivity. [18] [19]



Obrázek 1 - Termovizní diagnostika budov

Zdroj: <http://centrumtermografie.cz/termograficka-diagnostika-budov/>

Certifikace budov dle LEED

Certifikace a metoda LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) se společně s metodou BREEAM, které je věnována následující kapitola, řadí mezi nejuznávanější a nejrozšířenější certifikaci pro ekologickou a udržitelnou výstavbu, která se mění v závislosti na aktuálním vývoji situace v oblasti ekologie. Standard LEED byl představen trhu v roce 1998 organizací USGBC (*The U.S. Green Building Council*). V současné době se jedná o certifikační systém s nejrychlejším rozvojem po celém světě, který byl k roku 2021 udělen ve více než 180 zemích světa s převažujícím počtem projektů v Číně. [20] [21]

Certifikace spojená s metodou LEED využívá hodnocení projektu z hlediska sedmi oblastí s přiřazením určitého bodového hodnocení. Toto hodnocení se liší na základě typu a účelu budovy, avšak obecně se týká oblastí zahrnující lokalitu umístění budovy, hospodaření s vodou, energie, inovace a další.

Na základě získaného počtu bodů z jednotlivých oblastí je budově přidělen výsledný certifikát s příslušným hodnocením. Pro obdržení certifikátu je požadováno získání minimálně 40 ze 110 bodů. Budova je poté certifikována s označením „*Certified*“. Dále lze získat podle příslušného hodnocení certifikáty označené jako *Silver* (≥ 50 bodů), *Gold* (≥ 60 bodů), *Platinum* (≥ 80 bodů). [20] [21]

Nevýhodou certifikace LEED je její vysoká cena pohybující se od 300 tis. Kč do 3 mil. Kč v závislosti na účelu a velikosti budovy. Naopak výhodou získání certifikace jsou např. nižší provozní náklady a vyšší atraktivita pro zájemce, která umožňuje navýšení prodejní ceny. [20] [21]

Hodnocení budov dle standardu BREEAM

BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) je, jak již bylo řečeno na začátku předchozí kapitoly jedna z nejrozšířenějších a nejdéle používaných mezinárodních metod s certifikací pro hodnocení environmentální udržitelnosti budov. Tato metoda byla vytvořena v roce 1990 britským výzkumným ústavem *Building Research Establishment* (BRE). V České republice se využívá tzv. certifikace „*BREEAM Europe Commercial*“. [22]

"*Hlavním rysem certifikace BREEAM je přidělování kreditů za výkonnostní kritéria, která jsou nad rámec místních předpisů a regulací.*" [23] To znamená, že BREEAM neuděluje kredity za splnění závazných předpisů, ale za překročení standardních požadavků, které se dále dělí do devíti kategorií hodnocených dle dopadu na ŽP. Tyto kategorie zahrnují např. použité materiály a jejich vliv na ŽP, energetickou účinnost, množství denního osvětlení v budově, možnosti přirozeného větrání a v neposlední řadě také možnost využití veřejné dopravy, která podporuje nižší využívání osobních automobilů. [22]

Na základě získaných kritérií se při závěrečném vyhodnocení zjišťuje souhrnné skóre, které zařadí konkrétní objekt do pěti dosažitelných úrovní certifikace BREEAM. Nejnižší skóre, které umožňuje certifikaci je rovno překročení standardních požadavků minimálně o 30 % a řadí budovu do kategorie *PASS* (vyhovující). Nejlepší skóre, kterého lze dosáhnout je rovno hodnotě nad 85 % označené jako *OUTSTANDING* (mimořádné). [22]

Energetický audit

Hovoříme-li o energetickém auditu, hovoříme o procesu, kterým se zjišťuje úroveň energetické efektivity, spotřeby v objektech a s tím související identifikace oblastí, ve kterých lze případně spotřebu energie snížit vč. jejich nákladů. [13]

Energetický audit je náplní vyhlášky č. 140/2021 Sb. o energetickém auditu a spadá pod zákon 460/2000 Sb. o hospodaření energií. Vyhláška stanovuje podmínky pro provedení auditu a konkretizuje povinnost provedení auditu pro společnosti na základě počtu zaměstnanců a výši ročního obrátu. [13]

Z právního hlediska se o energetický audit stará vlastník, správce nebo nájemce objektu, které označujeme jako „zadavatele“ energetického auditu, jež má povinnost zajistit jeho provedení. Dle § 9 zákona č. 460/2000 Sb. se jedná o podniky s více, než 250 zaměstnanci anebo vykazuje roční obrat vyšší, než 1,3 mld. Kč, případně roční bilanční sumu rozvahy vyšší než 1,1 mld. Kč. U veřejných objektů se jedná o objekty s plochou nad 250 m². [13]

Zadavatel spolupracuje s energetickým specialistou, který se zabývá celkovým posouzením energetické náročnosti a využitím energie objektu na základě tzv. „plánu energetického auditu“. Důležitou součástí činnosti energetického specialisty je identifikovat potenciální oblasti pro zlepšení energetické efektivity objektu a zpracovat zprávu o provedeném auditu dle § 8 vyhlášky č. 140/2021 Sb. [13]

1.1.3 Budovy s nízkou energetickou náročností a jejich kategorie

Tato kapitola je zaměřena na rozdělení a charakteristiku budov s nízkou energetickou náročností, jejichž hlavním cílem je snížit spotřebu energie a využívání obnovitelných zdrojů. Využíváním těchto zdrojů dochází k omezení negativního dopadu na životní prostředí a jak již bylo řečeno v úvodu kapitoly 1.1, snižováním spotřeby energie dochází ke snižování nákladů na energie.

Nízkoenergetické budovy

Nízkoenergetické budovy jsou dle normy ČSN 73 0540-2 charakterizovány jako „*budovy s nízkou potřebou tepla na vytápění*“ [24]. Této potřeby je dosaženo především vhodným návrhem a provedením obálky budovy, která odděluje exteriér stavby od interiéru a zároveň není roční potřeba na vytápění vyšší, než 50 kWh/(m².rok). Potřeba energie na vytápění bývá o 30-50 % nižší než pro běžný dům. [25] [26]

Pasivní budovy

Budovy pasivní mají oproti nízkoenergetickým budovám požadavek na roční potřebu na vytápění třikrát nižší, resp. hodnotu menší než 15 kWh/(m².rok), kdy je minimalizováno použití neobnovitelných zdrojů energie jako primárního zdroje pro vytápění objektu. Toho lze docílit kvalitně zhotoveným projektem a následnou výstavbou. Zároveň se velmi dbá na zajištění neustálého přísunu čerstvého vzduchu, kterého lze docílit navržením rekuperace, která zpětně získává teplo pomocí rekuperačního výměníku. [25] [26]

Základní vlastnosti pasivních budov a jejich posouzení je závislé na typu budovy. Norma rozlišuje tři základní skupiny budov, kam se řadí budovy obytné (rodinné a bytové domy), budovy neobytné a ostatní budovy. Požadované vlastnosti jsou uvedeny v tabulce níže. Obecně lze říct, že pasivní budovy oproti běžné výstavbě spotřebují o 75-90 % méně energie. [25]

Tabulka 1 - Základní vlastnosti pasivních budov

		Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m ² ·K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m ² ·a)]	Měrná potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² ·a)]	Měrná potřeba primární energie [kWh/(m ² ·a)]
Obytná budova	Rodinný dům	≤ 0,25 požadováno ≤ 0,20 doporučeno	≤ 20 požadováno ≤ 15 doporučeno	0 ²⁾	≤ 60
	Bytový dům	≤ 0,35 požadováno ≤ 0,30 doporučeno	≤ 15	0 ²⁾	≤ 60
Neobytná budova s převažující teplotou 18 °C – 22 °C		≤ 0,35 ¹⁾	≤ 15	≤ 15	≤ 120
Ostatní budovy		Požadavky stanoveny individuálně s využitím aktuálních poznatků odborné literatury			≤ 120
POZNÁMKY					
1) Uvedená hodnota je doporučená, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě $U_{em,rec}$ podle 5.3.2.					
2) Stavební řešení musí být takové, aby strojní chlazení nebylo potřebné. Pokud by výjimečně bylo dodatečně použito, musí být odpovídajícím způsobem zahrnuto do hodnocení primární energie, a to i kdyby se jednalo o individuální jednotky považované za elektrické spotřebiče.					

Zdroj: ČSN 73 0540-2, Tabulka A.1

Nulové budovy

První zmínka o nulových a téměř nulových budovách byla představena v aktualizované verzi normy ČSN 73 0540-2 v říjnu 2011, která definovala požadavek na součinitel prostupu tepla u RD ≤ 0,25 W/(m²·K) a pro BD ≤ 0,35 W/(m²·K) bez požadavku na maximální celkovou dodanou energii. Definice v zákoně mluví o nulové budově jako o budově, která pokrývá spotřebu energie z velké části pomocí obnovitelných zdrojů a potřeba tepla na vytápění je ≤ 5 kWh/(m²·rok). [27] [28]

Norma definuje dvě základní úrovně hodnocení. Úroveň A zahrnuje do potřeb energie objektu potřebu tepla na vytápění, chlazení, umělé osvětlení, spotřebiče a další. Úroveň B zahrnuje vše jako úroveň A, avšak bez potřeby energie na spotřebiče. [25] [28]

Důležitou skutečností je možnost každého členského státu EU stanovit ty požadavky, které má nulová budova splňovat. Jako Česká republika se řadíme mezi státy s nejzdrženlivějším a nejbenevolentnějším přístupem. [25] [27]

Energeticky nezávislé budovy

Jedná se o budovy, které nepotřebují dodávky energie ze zdrojů mimo budovu, resp. využívají pouze energii, kterou si budova „sama vytváří“. Tého možnosti je zpravidla využíváno u RD, které není možné připojit k energetickým sítím, a tak je vhodným řešením navrhnout pasivní dům využívající akumulování vyrobené energie do zásobníků. Energeticky nezávislé budovy jsou však spíše otázkou budoucnosti, kdy tato oblast nabude většího uplatnění s využíváním a objevováním nových technologií. [25] [26]

1.1.4 Průkaz energetické náročnosti budovy

Pojem „Průkaz energetické náročnosti budovy“, také znám zkráceně pod pojmem „energetický průkaz“ a pod zkratkou PENB je definován jako průkaz zobrazující roční spotřebu energie potřebné pro provoz budovy. Dle hodnoty spotřeby energie je následně budově přiřazena kategorie A-G, kdy skupina A znamená mimořádně úsporná s hodnotou v závislosti na druhu budovy a skupina G naopak mimořádně neekonomická. Příkladem může být novostavba rodinného domu, která pro zařazení ve skupině A musí splňovat hodnoty pod 51 kWh/(m².rok), pro nemocnice je toto zařazení benevolentnější s hodnotou pod 109 kWh/(m².rok). Dle požadavků na současnou výstavbu musí objekt disponovat alespoň skupinou C, která je považována za vyhovující. Čím lepší zařazení budovy, tím nižší dopad na životní prostředí lze během fáze užívání očekávat, a proto je PENB používán také jako nástroj pro ochranu ŽP. [13] [29]

Před rokem 2013 byla dle zákona 406/2000 Sb., o hospodaření s energií a původní vyhlášky 73/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, povinnost obstarání a zpracování průkazu energetické náročnosti pouze pro budovy o výměře podlahové plochy větší než 1000 m². V roce 2013 byla tato plocha změněna na 500 m² a 1. července 2015 vstoupila v platnost novelizace zákona ukládající tuto povinnost pro všechny budovy o energeticky vztahné ploše nad 250 m². [13]

Grafické zpracování

Konkrétní náležitosti a vzor průkazu je definován v § 9 zákona č. 406/2000 Sb. se specifikací podmínek pro umístění průkazu v § 10. Průkaz bývá tvořen grafem zobrazujícím rozdělení dodané energie v MWh/rok, který udává potřebné zdroje a jejich roční množství např. odebrané energie ze sítě, zemního plynu, biomasy atd. Dále je zde uvedena klasifikační třída objektu s číselnou hodnotou spadající do jedné z kategorií A-H, která se zaměřuje na klasifikaci využívané primární energie pocházející z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů. [13] [29]

Kromě grafického znázornění je důležité uvedení identifikačních údajů budovy se zaznamenanou celkovou energeticky vztahnou plochou a informacemi o energetickém specialistovi, který daný průkaz vydal. V neposlední řadě jsou nedílnou součástí doporučená opatření týkající se konstrukcí obálky budovy a údaj zobrazující splnění, či nesplnění požadavků pro výstavbu nové budovy od 1. 1. 2022. Průkaz musí být umístěn na vnější nebo vnitřní stěně vedle veřejného vstupu do budovy. [13] [29]

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: _____
 PSČ, místo: _____
 Typ budovy: _____
 Plocha obálky budovy: _____ m²
 Objemový faktor tvaru A/V: _____ m³/m²
 Celková energeticky vztáhná plocha: _____ m²

FOTO

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Každé opatření lze provést, přičemž vzhledem k tomu, že opatření mohou být vzájemně závislá, doporučujeme konzultovat je s odborníkem.

PODÍL ENERGO NOSITELŮ NA DODANÉ ENERGIÍ

Hodnoty pro celou budovu MWh/rok

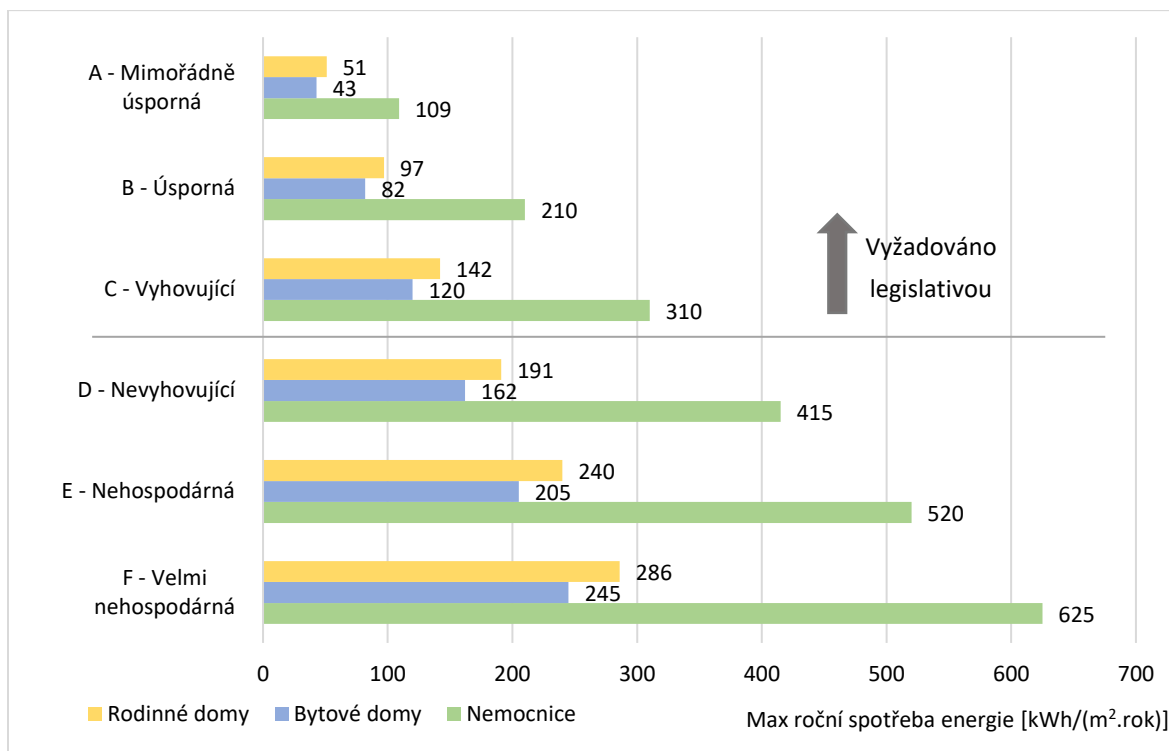
■ Elektrina ze sítě - XX,X
■ Koks a an. prostřed. - XX,X
■ Zemní plyn - XX,X

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)																																																								
Měrné hodnoty kWh/m ² ·rok																																																									
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: x-small;">Mimořádně úsporná</td><td style="font-size: x-small;">A</td><td style="font-size: x-small;">Dop.</td><td style="font-size: x-small;">A</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">Velmi úsporná</td><td style="font-size: x-small;">B</td><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">B</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">Úsporná</td><td style="font-size: x-small;">C</td><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">C</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">Mimořádně úsporná</td><td style="font-size: x-small;">D</td><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">D</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">Náhodně úsporná</td><td style="font-size: x-small;">E</td><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">E</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">Velmi neúsporná</td><td style="font-size: x-small;">F</td><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">F</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">Mimořádně neúsporná</td><td style="font-size: x-small;">G</td><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">G</td></tr> </table> </div> <div style="width: 45%; text-align: right;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: x-small;">Dop.</td><td style="font-size: x-small;">A</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">B</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">C</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">D</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">E</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">F</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">G</td></tr> </table> </div> </div>	Mimořádně úsporná	A	Dop.	A	Velmi úsporná	B	XXX	B	Úsporná	C	XXX	C	Mimořádně úsporná	D	XXX	D	Náhodně úsporná	E	XXX	E	Velmi neúsporná	F	XXX	F	Mimořádně neúsporná	G	XXX	G	Dop.	A	XXX	B	XXX	C	XXX	D	XXX	E	XXX	F	XXX	G	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: x-small;">Dop.</td><td style="font-size: x-small;">A</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">B</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">C</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">D</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">E</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">F</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">XXX</td><td style="font-size: x-small;">G</td></tr> </table>	Dop.	A	XXX	B	XXX	C	XXX	D	XXX	E	XXX	F	XXX	G
Mimořádně úsporná	A	Dop.	A																																																						
Velmi úsporná	B	XXX	B																																																						
Úsporná	C	XXX	C																																																						
Mimořádně úsporná	D	XXX	D																																																						
Náhodně úsporná	E	XXX	E																																																						
Velmi neúsporná	F	XXX	F																																																						
Mimořádně neúsporná	G	XXX	G																																																						
Dop.	A																																																								
XXX	B																																																								
XXX	C																																																								
XXX	D																																																								
XXX	E																																																								
XXX	F																																																								
XXX	G																																																								
Dop.	A																																																								
XXX	B																																																								
XXX	C																																																								
XXX	D																																																								
XXX	E																																																								
XXX	F																																																								
XXX	G																																																								
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X																																																								

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlnitosti	Teplá voda	Osvětlení
U _{ext} (W/m ² ·K)	Dílčí dodané energie		Měrné hodnoty kWh/m ² ·rok			
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
XXX	XX					



Obrázek 3 - Zařazení objektů dle maximální roční spotřeby energie do kategorií
 Zdroj: vlastní zpracování dle <https://projektcerny.mypage.cz/rubriky/energeticky-prukaz>

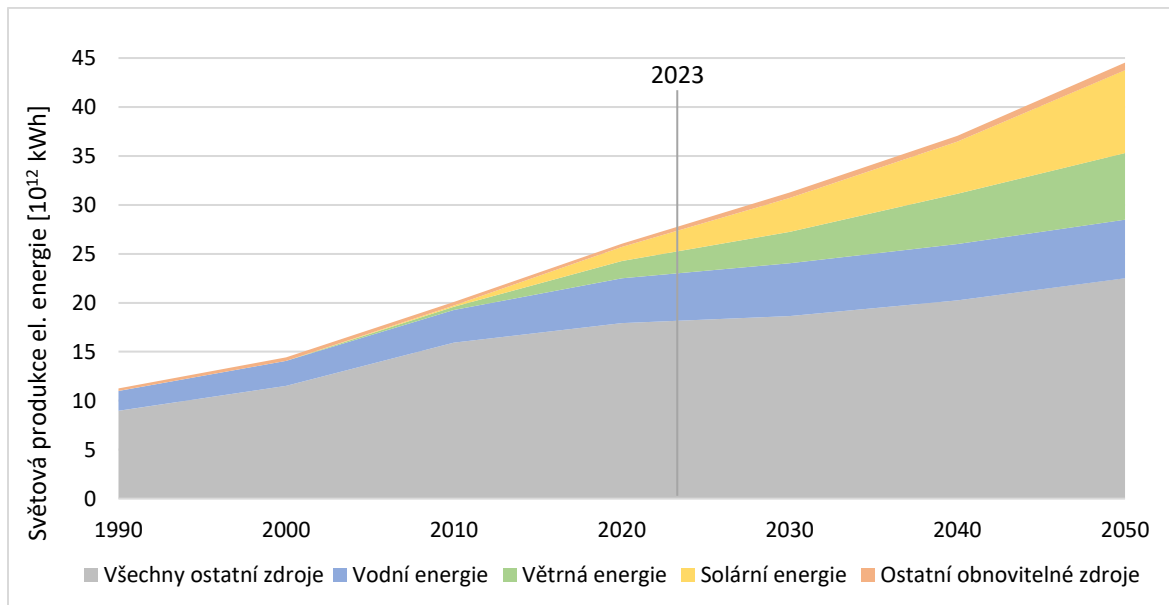
1.1.5 Budoucnost a vývoj energetické efektivity

Jedním z klíčových prvků zelené nízkouhlíkové budoucnosti jsou budovy, kterých je jen v Evropě přes 220 milionů. Dnes jsou zodpovědné za více než 40 % celosvětové spotřeby energie a zhruba 30 % veškerých emisí skleníkových plynů. Tři čtvrtiny těchto budov považujeme za energeticky neefektivní díky nutnosti využívání fosilních paliv, resp. neobnovitelných zdrojů jako zdrojů primární energie. Lze tedy tvrdit, že budoucnost patří zdrojům obnovitelným, jelikož fosilní paliva budou dříve, či později vyčerpána. [32] [33]

Za nejlevnější energii je považována větrná energie a díky novým technologiím, které umožní její výrobu i při malých rychlostech může do budoucna dojít k poklesu cen této energie. Neznamená to však kompletní vymizení tradičního způsobu výroby energie, která vzniká ve formě tepla, jež potřebujeme například při výrobě oceli. [33] Stejně tak můžeme považovat za důležitý prvek budoucnosti technologicky vyspělejší solární kolektory využívající tzv. „perovskitové“ solární články na místo článku na bázi křemíku, které by umožnily levnější a výkonnější způsob využití sluneční energie. [34]

Obrovský potenciál lze také přisoudit energii jaderné fungující na principu štěpení uranu, který však patří mezi neobnovitelné zdroje. Důležitý je fakt, že palivo již nepotřebné obsahuje stále 90 % uranu, který je možné dále využít. V současnosti však neexistují technologie, které by to dokázali a lze pouze doufat, že budoucnost tyto technologie přinese.

Jaderné elektrárny obecně disponují výhodou v podobě možnosti pokrytí a vyrovnání výkyvů v dodávkách elektrické energie a také lze tuto formu energie do budoucna považovat za klíčový záložní zdroj. Jaderné reaktory těchto elektráren bude zřejmě v průběhu času možné nahradit reaktory fúzními, na jejichž vývoji se intenzivně pracuje. U fúzních reaktorů dochází k uvolnění velkého množství energie při sloučení jádra dvou atomů při velké teplotě a tlaku v rámci termonukleární fúze. [33] [35]

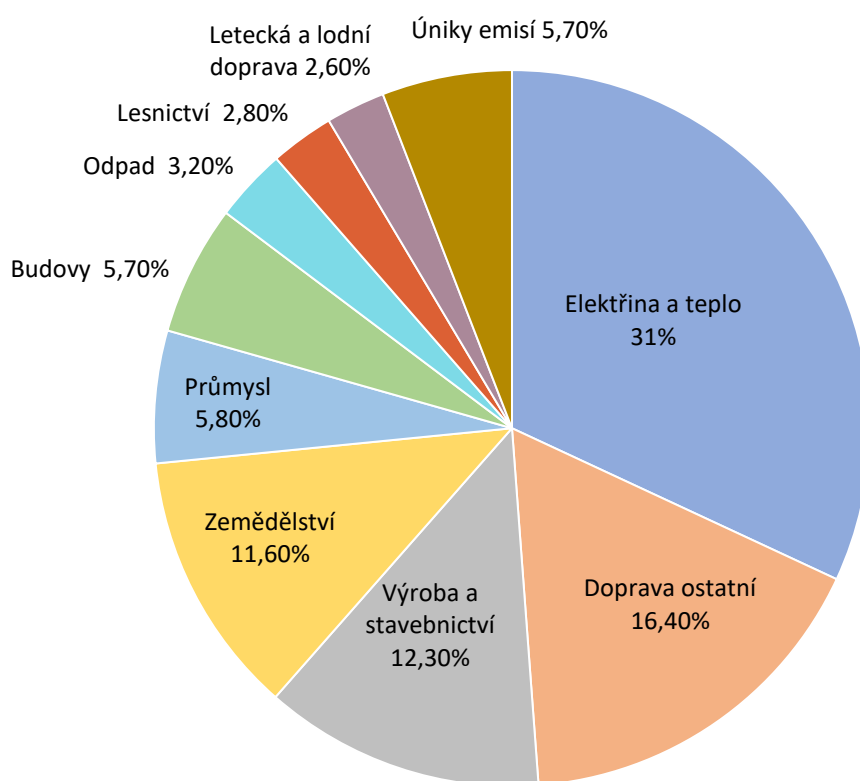


Obrázek 4 - Předpokládaný vývoj světové produkce elektrické energie dle zdrojů
 Zdroj: Vlastní zpracování dle <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=41533>

1.2 Uhlíková stopa: měření a snižování emisí skleníkových plynů

Nástrojem používaným jako měřítko vlivu člověka na životní prostředí a změny klimatu je tzv. „uhlíková stopa“, která je vyjádřena v hmotnostních jednotkách ekvivalentem oxidu uhličitého (CO₂). V angličtině je tento pojem znám jako „Carbon footprint“ a obecně nám poskytuje nepřímý odhad spotřeby energie, výrobků, služeb a množství skleníkových plynů, které jsou produkovány v souvislosti s konkrétní aktivitou nebo výrobkem.

Ve stavebnictví hovoříme především o množství skleníkových plynů uvolněných v průběhu životního cyklu budovy, včetně těžby potřebných surovin, výrobě materiálů, provozu, údržby budovy, její demolice a nakládání s odpady. Jedná se tedy o emise CO₂ a další skleníkové plyny, jež jsou způsobeny výstavbou, provozem a údržbou konkrétní budovy. [6]



Obrázek 5 - Rozdělení emisí CO₂ dle sektorů v roce 2022

Zdroj: vlastní zpracování dle <https://theroundup.org/co2-greenhouse-gas-emission-statistics/>

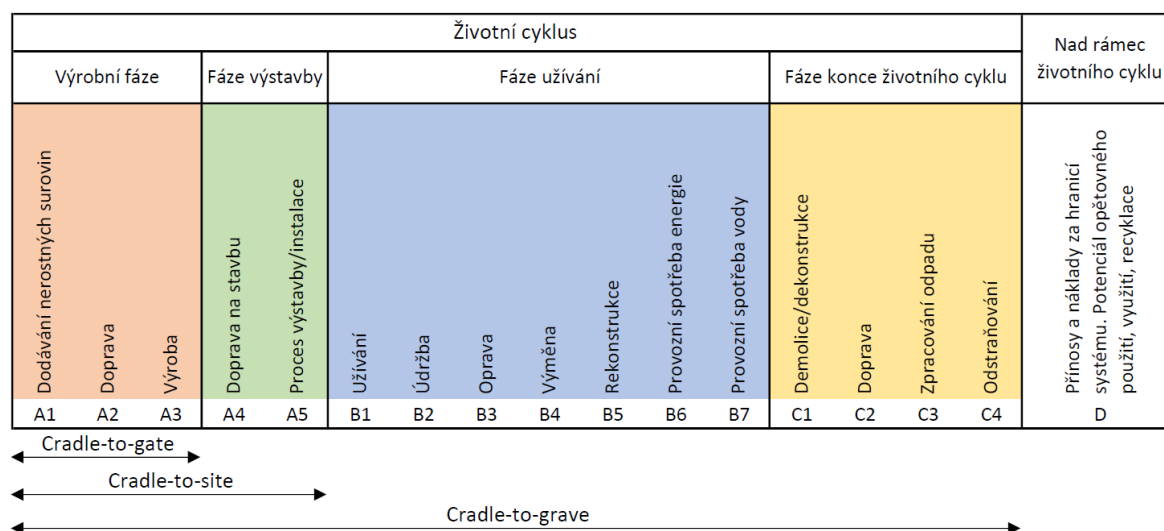
Uhlíkovou stopu dělíme na stopu přímou (*Direct carbon footprint*) a nepřímou (*Indirect carbon footprint*). Přímá stopa je zanechána v rámci konkrétní aktivity, např. výroba a doprava stavebního materiálu, provoz stavebních strojů, montáž oken a dveří, malování apod. Tyto činnosti produkují emise skleníkových plynů díky spotřebě energie nebo využití fosilních paliv a obecně jsou ovlivnitelnější a lze je tedy lépe snižovat a kontrolovat. Nepřímá stopa zahrnuje ty emise, které jsou uvolněny v rámci kompletního životního cyklu. Příkladem tedy může být výstavba bytového domu od fáze předinvestiční až do fáze likvidace. Avšak stanovení této nepřímé stopy je závislé na zjištěných údajích z analýzy životního cyklu, označováno pod zkratkou LCA. [36] [6]

Vzhledem k vysokému podílu celkové produkce uhlíkové stopy ve stavebnictví je její snižování nedílnou součástí enviromentálního managementu stavebních společností v rámci tzv. „uhlíkové stopy podniku“. Uhlíková stopa je v tomto případě považována za jeden z indikátorů enviromentální politiky. Snižování uhlíkové stopy obecně je velmi důležitou otázkou z hlediska udržitelného rozvoje a ochrany životního prostředí. Z těchto důvodů začal být kladen vyšší důraz na efektivní využívání obnovitelných zdrojů energií, snižování energetické náročnosti budov a recyklaci stavebních materiálů, čímž dochází ke snížení samotné těžby surovin jako je například stavební kámen a písek. [37] [38]

1.2.1 LCA (Life-cycle assessment)

Posuzováním a hodnocením životního cyklu určitého produktu, materiálu, či jakékoliv jiné lidské aktivity se zabývá metoda LCA, která je základním analytickým nástrojem pro stanovení enviromentální kvality. Tato metoda pochází z 60. let 20. století z USA a do Evropy se dostává zhruba o desetiletí později. LCA je věnována norma ČSN EN ISO 14040 - Enviromentální management. [39]

U stavebních materiálů, bývají většinou vyčísleny pouze dopady v rámci těžby surovin a výrobního procesu, také označováno jako metoda LCA s hranicemi „Cradle to grate“. Vyčíslení každé fáze životního cyklu materiálu je totiž velmi složitý, ne-li nemožný proces. V případě určení dopadů v rámci celých objektů, jako je například bytový dům, je třeba hodnotit již aktivity od těžby surovin až po samotnou likvidaci objektu. Tato hranice je označována jako „Cradle to grave“. Lze se také setkat s pojmem „Cradle to site“, který se zabývá vlivem těžby surovin, výrobou materiálů a také jeho dopravou z výroby na staveniště. [40]



Obrázek 6 - Hranice stanovení dopadů životního cyklu materiálu pomocí metody LCA

Zdroj: vlastní zpracování dle <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/20/8442>

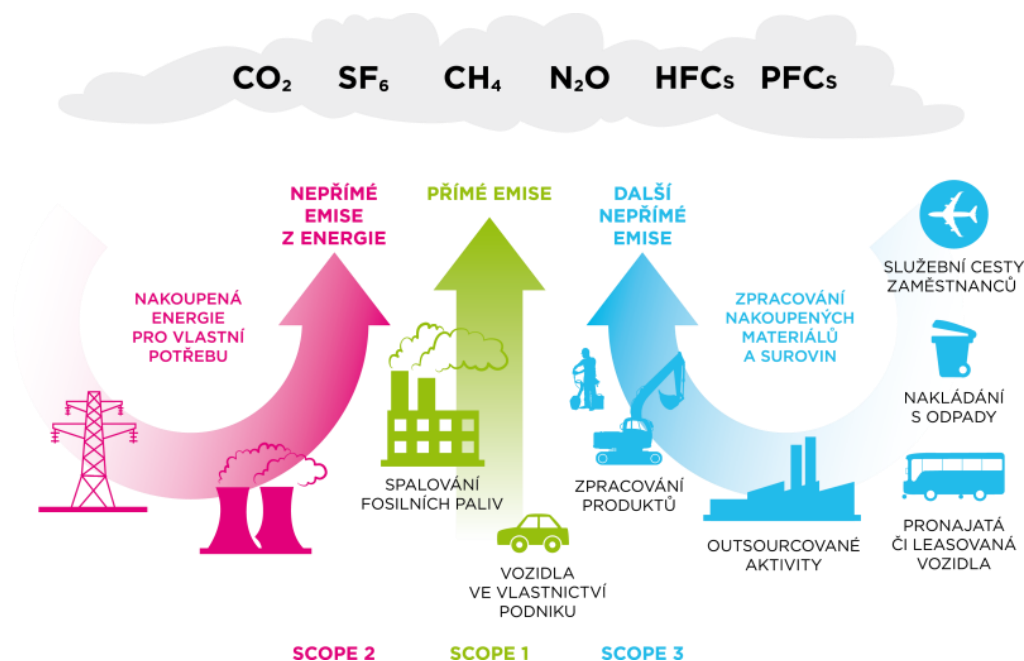
1.2.2 GHG Protokol (GreenHouse Gass Protocol)

Rozdělení emisí do tří tříd, označovaných jako *Scope 1-3*, dle GHG protokolu je nejčastěji využívaným mezinárodním standardem používaným pro třídění emisí v rámci veřejných i soukromých podniků. Povinností podniků je stanovit množství emisí v rámci oblasti *Scope 1* a *Scope 2*. Stanovení *Scope 3* není požadováno. [41]

Scope 1, neboli přímé emise jsou ty emise skleníkových plynů vznikajících z podnikových zdrojů, které jsou přímo uvolňovány do ovzduší. Hovoříme například o emisích vznikajících na základě podnikem vlastněných automobilů, chlazení a vytápění budov v majetku společnosti a v neposlední řadě emise z odpadu, které vznikají při jejich zpracování v zařízeních, které podnik vlastní. Obecně se tedy jedná o veškeré emise, které vznikají na základě podnikem vlastněného majetku jako jsou budovy a vozidla. [41]

Scope 2 se týká emisí nepřímých z energie, které daný podnik nemá možnost přímo kontrolovat, avšak na jejich množství má velký vliv, jelikož je odběratelem této energie. Jedná se například o odběr elektřiny a tepla, které je nezbytné k zajištění chodu dané společnosti. [41]

Scope 3 stanovuje množství dalších nepřímých emisí, které vznikají na základě podnikových aktivit, ale nelze je zahrnout do kategorie *Scope 2*. Narozdíl od předchozích dvou kategorií je tato nejméně přesná, jelikož zahrnuje aktivity jako jsou třeba služební cesty zaměstnanců, nákup a doprava materiálů subdodavateli, používání prodaných výrobků zákazníky atd. Tyto aktivity tedy souvisí s činností podniku, ale nelze je zcela kontrolovat a vyčíslit, jelikož se jedná o používání zdrojů mimo majetek a vlastnictví konkrétního podniku. [41]



Obrázek 7 - Rozdělení produkce skleníkových plynů dle GHG protokolu
Zdroj: <https://ci2.co.cz/cs/hranice-analyzy-uhlikove-stop>

1.2.3 Stanovení množství emisí CO₂ materiálů a produktů

Stanovení uhlíkové stopy konkrétního materiálu, či produktu je postup zahrnující identifikaci vzniku emisí během celého životního cyklu výrobku (kapitola 1.2.1) již od těžby potřebných surovin až po způsob nakládání s materiálem při jeho likvidaci. Mezi data potřebná pro určení množství emisí patří i způsob zpracování surovin a druh používané energie. Příkladem může být ocel, jejíž výroba je považována za jednu z nejnáročnějších, co se vypouštění emisí do ovzduší týče a obecně je označována jako původce 7 % z celosvětových emisí. Množství vypuštěných emisí CO₂ pro nelegovanou ocel je zhruba 1,6 tun na 1 tunu vyrobené oceli. Tato hodnota je však závislá na typu oceli, resp. je rozdíl mezi množstvím emisí při výrobě oceli legované, nelegované nebo chromové. Srovnání uhlíkové stopy různých stavebních materiálů je zobrazené v tabulce níže pomocí hodnoty GWP [t CO₂ ekv./t], resp. potenciálu globálního oteplování. [8]

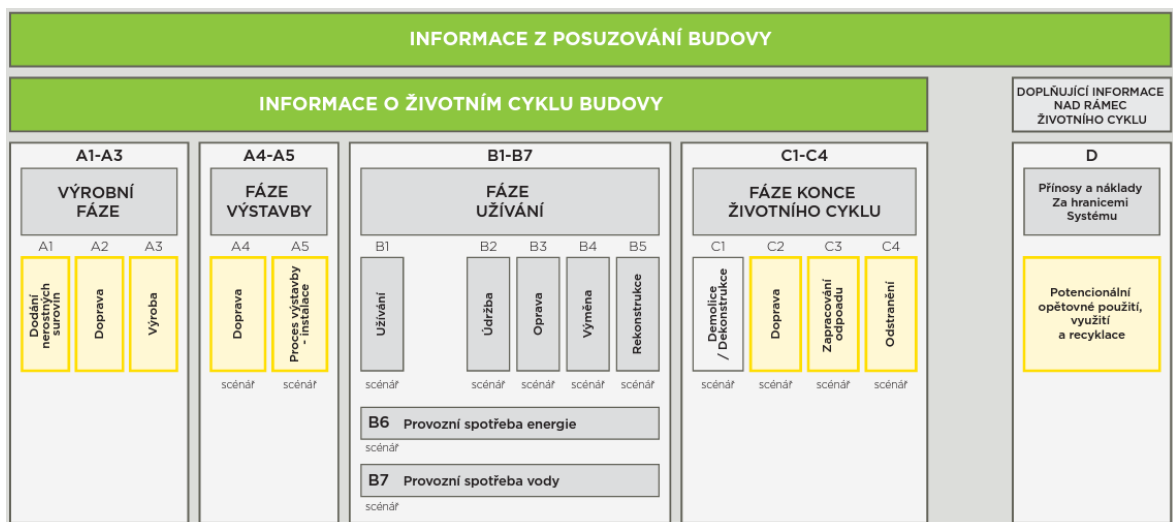
Tabulka 5 - Porovnání uhlíkové stopy vybraných stavebních materiálů

	GWP [t CO ₂ ekv./t]		GWP [t CO ₂ ekv./t]
Omítka sádrová	0,081	Asfaltový nátěr	1,106
Cihla plná pálená	0,239	Pěnové sklo	1,572
Železobeton	0,254	Ocel nelegovaná	1,658
Lamelové dřevo	0,437	PVC	2,008
OSB deska	0,481	Polystyren EPS	4,212
Malta vápenná	0,602	Hliník	12,043
Tabulové sklo	0,980	Ocel chromová	23,352

Zdroj: vlastní z pracování dle <http://www.envimat.cz/materialy/>

Metodika určení uhlíkové stopy materiálů, konstrukcí, či celých stavebních objektů je založena na výše zmíněných principech určení množství vypuštěných emisí v průběhu výroby, či celého životního cyklu. Kromě zmiňované metodiky GHG Protokolu v kapitole 1.2.2, který rozděluje emise do tří kategorií existuje také britská metodika PAS 2050, či ISO 14064, jež je mezinárodním standardem pro měření uhlíkové stopy organizace. Na základě získaných dat a výpočtů pomocí těchto metod jsou budovány databáze, ve kterých lze najít potřebné informace ohledně materiálů, konstrukcí, budov nebo infrastruktur. [8]

Jednou z těchto databází je databáze EPD (*Environmental Product Declarations*), kde nalezneme standardizované dokumenty produktů obsahující enviromentální vlastnosti včetně informací o uhlíkové stopě. Příklad je znázorněn na obrázcích, které ukazují enviromentální dopady produktu minerální vlny ISOVER TF Profi v rámci svého životního cyklu (viz kapitola 1.2.1). Tyto dopady započítávají fáze životního cyklu označené žlutě. [42]



Obrázek 8 - Započítané fáze životního cyklu výrobku ISOVER TF Profi
 Zdroj: <https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2020/12/EPD-ISOVER-TF-Profi-CZ.pdf>

Parametr	Jednotka	Fáze výroby	Fáze výstavby		Fáze užívání	Fáze konce životního cyklu				Potenciál opětovného využití, recyklace
		A1-A3	A4	A5	B1-B7	C1	C2	C3	C4	D
Potenciál globálního oteplování (GWP) ¹	kg CO ₂ ekv. /FU	1,40E+01	2,13E-01	7,18E-01	0	0	3,28E-02	0	6,22E-02	MND
Potenciál úbytku stratosférické ozónové vrstvy (ODP) ²	kg CFC 11 ekv. /FU	7,22E-07	3,87E-08	3,94E-08	0	0	5,98E-09	0	2,09E-08	MND
Potenciál acidifikace půdy a vody (AP) ³	kg SO ₂ ekv. /FU	9,92E-02	7,10E-04	5,03E-03	0	0	1,10E-04	0	4,68E-04	MND
Potenciál eutrofizace (EP) ⁴	kg PO ₄ ³⁻ ekv. /FU	9,20E-03	1,57E-04	4,74E-04	0	0	2,42E-05	0	9,95E-05	MND
Potenciál tvorby přízemního ozónu (POCP) ⁵	kg C ₂ H ₄ ekv. /FU	1,43E-02	2,03E-04	7,32E-04	0	0	3,14E-05	0	1,31E-04	MND
Potenciál úbytku surovin nefosilních zdrojů (ADP-prvky) ⁶	kg Sb ekv. /FU	2,65E-07	8,39E-09	1,39E-08	0	0	1,30E-09	0	3,17E-09	MND
Potenciál úbytku surovin fosilních zdrojů (ADP-fosilní paliva) ⁶	MJ (výhřevnost) /FU	1,40E+02	3,21E+00	7,29E+00	0	0	4,95E-01	0	1,77E+00	MND

MND = „module not declared“ (modul není deklarován)
 Vliv výrobku ve fázi B1-B7 bude započítán až na úrovni konstrukce budovy.

Obrázek 9 - Enviromentální dopady ISOVER TF Profi
 Zdroj: <https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2020/12/EPD-ISOVER-TF-Profi-CZ.pdf>

Základní parametry enviromentálních dopadů těchto databází jsou:

- **GWP (Global Warming Potential)** – Potenciál globálního oteplování vyjádřený ekvivalentem CO₂ v hmotnostních jednotkách na určité množství daného materiálu, produktu. Nejčastější jednotkou jsou kilogramy, či tuny ekvivalentu CO₂. [43]
- **PEI (Primary Energy Input)** – Spotřeba primární energie udávající celkové nároky na spotřebu přírodních zdrojů během životního cyklu výrobku. Obvykle udáváno v megajoulech [MJ]. [43]
- **AP (Acidification Potential)** – Potenciál acidifikace prostředí vyjádřený jako ekvivalent acidifikujících znečišťujících látek v jednotkách hmotnosti reprezentující množství těchto látek uvolněných do půdy, vody, či ovzduší. [43]

Mezi další databázi, která vznikla díky spolupráci s katedrou konstrukcí pozemních staveb na Fakultě stavební ČVUT v roce 2010, se řadí databáze Envimat. Jedná se o první český katalog obsahující informace o uhlíkové stopě pro jednotlivé materiály a konstrukce vycházející z databáze EPD popsané výše. Katalog je určen pro projektanty, architekty, či studenty, kteří chtějí pomocí reálných hodnot prokázat dopad navrženého objektu na životní prostředí. [40]

Podlahy

Katalog materiálů		PEI ²	GWP ²	AP ²	ρ ²	λ ²		
Betony a železobetony		0	0	0	0	0		
Deskové materiály		400	20	1800	11400	400		
Dřevěné prvky								
Sypké materiály								
Hydroizolace a parozábrany								
Kovy								
Maltové a lepicí směsi								
Podlahy								
Nášlapné vrstvy								
Roznášečí vrstvy								
Kročejové izolace								
Obklady								
Nátěry								
Omítky								
Plasty								
Sklo								
Střešní krytiny								
Tepelné izolace								
Vzduchové dutiny								
Zdicí prvky								
Kámen přírodní								
Ostatní								
	ECO-010	Anhydritová stěrka	1,0551	0,0425	0,1655	450	1,2	
	ECO-032	Cementový potěr, litý, podlahový	0,9842	0,1704	0,3138	2200	1,4	
	ECO-035	Dlažba keramická, obklad	14,106	0,7817	2,7697	2000	1,01	
	ECO-125	Dlažba z lomového kamene	1,2606	0,2266	0,4074	2750		
	ECO-047	Korková deska	24,836	1,1584	5,3512	150	0,064	
	ECO-099	Přírodní kamenná deska, broušená	10,346	0,3132	1,9195	2750		
	ECO-100	Přírodní kamenná deska, leštěná	12,968	0,38	2,3302	2750		
	ECO-098	Přírodní kamenná deska, řezaná	7,2271	0,2304	1,4107	2750		

Obrázek 11 - Ukázka z katalogu materiálů Envimat

Zdroj: <https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2020/12/EPD-ISOVER-N-CZ.pdf>

1.3 Zdroje financování výstavbového projektu

V současné době existuje mnoho možností financování výstavbových projektů zahrnující získání tradičních finančních úvěrů a finančních dotací, ale také stále se rozšiřující možnosti crowdfundingového financování. Tato kapitola je věnována možnostem získání kapitálu pro výstavbový projekt včetně výhod a nevýhod těchto možností.

1.3.1 Finanční úvěry

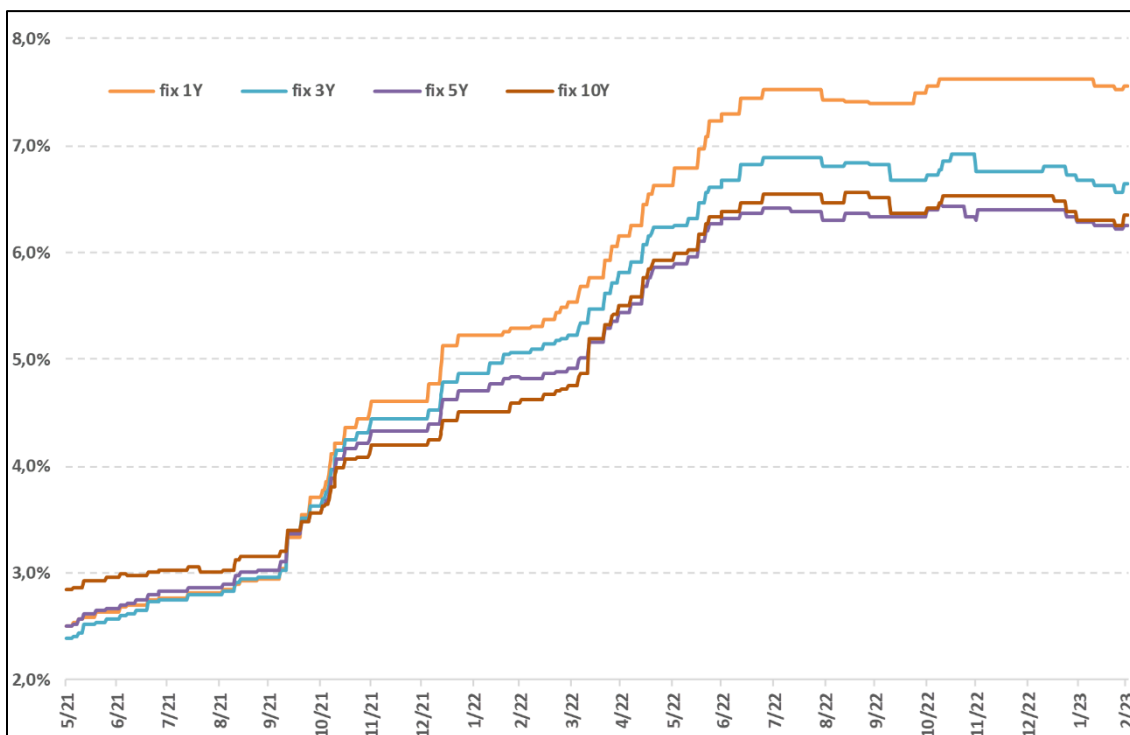
Mezi jednu z nejrozšířenějších možností financování za použití cizích zdrojů se řadí úvěry, které jsou poskytnuty konkrétnímu subjektu neboli dlužníkovi za určitých podmínek, v předem stanovené výši s krátkodobou, střednědobou nebo dlouhodobou splatností. Tyto finanční prostředky jsou poskytovány jinými subjekty, tzv. „věřiteli“. Věřitel nemusí být pouze bankovní instituce, resp. banka, ale také se může jednat o stát, či jiné fyzické nebo právnické osoby. [44] [45]

Existuje několik druhů finančních úvěrů vzniklých v závislosti na účelu, délce splácení, úrokové sazbě a způsobu obstarání daného úvěru. Nejrozšířenějším druhem poskytovaných úvěrů je úvěr spotřebitelský, který je určen domácnostem, či soukromým osobám na předměty určené ke spotřebě. Dále se můžeme setkat s úvěry kontokorentními, překlenovacími, revolvingovými a dalšími, která mají svá konkrétní specifika a náležitosti. Při výstavbě bytových domů se nejčastěji setkáme s úvěrem hypotečním a investičním. [44] [45] Tyto druhy úvěrů jsou popsány v kapitolách níže.

Hypoteční úvěr

S hypotečním úvěrem neboli hypotékou se setkáváme při financování nemovitostí jako jsou rodinné a bytové domy, avšak může být využit i pro nákup pozemků. U tohoto druhu úvěru je většinou nižší úroková sazba, než je např. u spotřebitelského úvěru. Finance však nikdy nejsou poskytovány v plné výši nákupní ceny dané nemovitosti, tzn. dlužník musí disponovat určitým procentem vlastních prostředků z této ceny. Hypotéky jsou nejčastěji nabízeny bankovními institucemi, které se v případě poskytnutí úvěru stávají vlastníkem zástavního práva vůči nemovitosti, na kterou se úvěr vztahuje. To znamená, že pokud subjekt nesplácí úvěr řádně, dle předem stanovených a odsouhlasených podmínek, banka se tímto aktem chrání před možnou ztrátou financí. Hypoteční úvěr zároveň nelze sjednat pro nákup družstevních bytů, které nejsou přímo majetkem kupujícího, ale jedná se o podíl v družstevním domě. Banka tudíž nemůže vůči této nemovitosti držet zástavní právo. [45]

Výše úrokových sazeb se od druhé poloviny roku 2021 rapidně zvýšila z původních hodnot 2,5-3 % na hodnoty šplhající k 7 % v závislosti na době fixace úrokové sazby, kreditní schopnosti dlužníka, jinak označováno jako bonita klienta, a výši úvěru vůči celkové výši ceny nemovitosti. Obecně platí, že čím je klient schopnější a ochotnější splácet, tím lepší podmínky úrokové sazby může od banky očekávat. [46]



Obrázek 12 - Vývoj úrokových sazeb hypoték mezi obdobím 5/21–2/23

Zdroj: <https://www.gpf.cz/urokove-sazby-hypotek>

Investiční úvěr

Investiční úvěr se řadí mezi účelový typ úvěru, jež je obvykle nabízen podnikatelským subjektům, či jednotlivcům s investičním záměrem. Lze ho využít na nákup nemovitostí, strojů apod. Obecně se tedy jedná o nákup dlouhodobého majetku nebo financování investičních projektů. Z hlediska výstavby bytových domů lze investiční úvěr použít např. k výstavbě a následnému pronajímání těchto prostor, resp. pronajímání jednotlivých bytových jednotek. [47]

Získání úvěru je závislé na posouzení finanční stability klienta, tedy bonitě, stejně jako je tomu u úvěrů hypotečních. Důležitou informací sloužící pro rozhodnutí banky o poskytnutí, či neposkytnutí úvěru je také podnikatelská historie a finanční plán včetně studie proveditelnosti v rámci konkrétního projektu, na který je úvěr žádán. Při zvažování tohoto typu úvěru je nutné povědomí klienta o očekávané návratnosti investice, které lze přizpůsobit dobu splácení úvěru. Na základě poradenských služeb poskytnutých před uzavřením smlouvy s klientem lze nastavit frekvenci a rovnoměrnost splácení dle požadavků a možností konkrétní banky a subjektu žádajícího o finanční prostředky. [47]

1.3.2 Finanční dotace

Dle § 3 zákona 218/2000 Sb. o rozpočtových pravidlech se dotace definují jako „peněžní prostředky státního rozpočtu, státních finančních aktiv nebo Národního fondu poskytnuté právnickým nebo fyzickým osobám na stanovený účel“ [48]. Žádost a čerpání dotací je tedy umožněna například subjektům jako jsou podniky, obce, jednotlivci a nevládní organizace. Často uváděným příkladem aktivit, u kterých je možné dotace čerpat jsou výzkumné projekty, podpora sportu a kultury a také ochrana životního prostředí. [49]

Ve stavebnictví je čerpání dotací hojně využíváno pro zvýšení energetické úspornosti budov a používání obnovitelných zdrojů energií, obnovu historických budov, rozvoj infrastruktury a v neposlední řadě dotace pro výstavbu a pořízení bytových sociálních domů určených pro osoby s nízkými příjmy. [49] Jako jeden z hojně využívaných dotačních programů je program Nová zelená úsporám financovaný Evropskou unií za účelem snížení emisí skleníkových plynů a podporu udržitelného rozvoje v České republice. [50]

Žádost o poskytnutí dotace

Finanční prostředky ve formě dotací jsou poskytovány subjektům, resp. žadatelům kteří splňují kritéria specifikovaná poskytovatelem v závislosti na konkrétní dotaci. Z prostředků státního rozpočtu mohou být dotace poskytovány prostřednictvím ústředních orgánů státní správy, např. Ministerstvem zemědělství, školství, Ministerstvem pro místní rozvoj, také Národní sportovní agenturou a dalšími. Kromě ústředních orgánů řadíme mezi poskytovatele např. Akademii věd České republiky, která se zaměřuje na dotační programy zabývající se výzkumem a technologiemi. [49] [48]

Výzva k podání žádosti je oficiálním oznámením poskytovatele o konkrétní finanční pomoci a informuje budoucí žadatele o všech potřebných souvislostech v rámci poskytnutí dotace v dostatečné podrobnosti. Výzva samotná nemusí být uveřejňována pouze elektronicky na webových stránkách, jak je dnes zvykem, ale také prostřednictvím médií a odborných publikací. Vzhledem k velmi častému časovému omezení výzvy je třeba podávat žádosti ve stanoveném termínu. [49]

Před samotným podáním žádostí je třeba výborná znalost všech vyžadovaných podmínek a náležitostí, jelikož žádost, která trpí vadami nebude ze strany poskytovatele akceptována, a ne vždy je možnost odstranění vad součástí výzvy k podání žádosti. V případě, že odstranění vad je možné, je třeba tak učinit v požadovaném časovém rámci, jinak bude tato žádost tzv. „zastavena“. V případě špatně stanovených a formulovaných požadavků, které žadatel v žádosti uvede může dojít k nesplnění podmínek pro vyplacení dotace doprovázeným následným neobdržáním finančních prostředků. [49]

Náležitosti žádosti o dotace jsou specifikovány v § 14 odst. 3 a lze je rozdělit do čtyř hlavních částí. Úvodní část žádosti zahrnuje především základní údaje žadatele, resp. jméno, kontaktní údaje, popis projektu a jeho záměru. Technickou specifikací se rozumí časový plán projektu vč. finančního plánu, který stanovuje výši nákladů v čase a požadované finanční prostředky. Nedílnou součástí jsou doklady žádosti, mezi které lze zařadit např. výpis z OR, splnění daňových povinností, rozpočet projektu, bankovní potvrzení atd. Žádost lze většinou zpracovávat na základě metodických příruček uveřejněných konkrétním poskytovatelem, případně jsou často uplatňovány služby konzultantů. [49] [48]

Posouzení žádosti a vydání rozhodnutí

Součástí uveřejněné výzvy jsou hodnotící kritéria, pomocí nichž jsou podané žádosti hodnoceny. V příručkách a pokynech, které jsou pomocníky již při zpracování žádosti jsou obsaženy i informace týkající se doby trvání hodnocení a vydání rozhodnutí. [51]

Rozhodnutí poskytovatele může mít trojí podobu. V nejlepším případě je žadateli poskytnuta podpora v plné výši, která je stanovena v zaslané žádosti. Dotace však může být poskytnuta pouze z části a zbytek žádosti je zamítnut, případně je zamítnuta kompletně. Vzhledem ke skutečnosti, že řízení je jednostupňové a rozhodnutí nabývá právní moci v den doručení oznámení, nelze se proti tomuto rozhodnutí odvolat. [49] [48]

Po obdržení kladného výroku rozhodnutí a nabytí právní moci vzniká žadateli, resp. příjemci právo na využití finanční dotace. Obdržením dotace však neodpadá povinnost plnění stanovených podmínek a povinností, kterým se věnuje následující kapitola. [49]

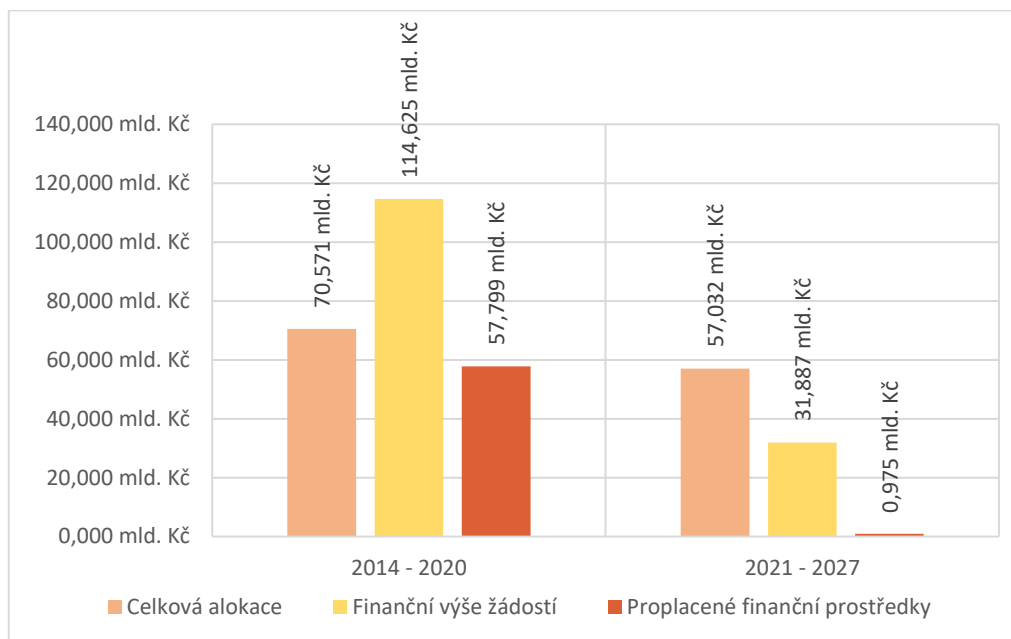
Neschopnost plnění podmínek

Zodpovědnost za plnění podmínek nese příjemce dotace, která mu byla přiznána příslušným poskytovatelem. V případě zjištění neschopnosti dodržet určitou podmínku uvedenou v podané a schválené žádosti je příjemce dotace povinen požádat o změnu této podmínky ještě před okamžikem, než dojde k jejímu porušení. V případě, že daná podmínka by nebyla změněna, nebo by k její změně dojít nemohlo a byla by poté porušena, následuje možný postih. [49]

V případě zaslané žádosti o změně příjemcem dotace, může poskytovatel změnit lhůtu, ve které má být tato podmínka splněna, resp. do kdy má být dosaženo požadovaného účelu a zároveň může změnit splátkový kalendář poskytování dotace. Často dochází také ke změně výše finanční částky dotace ze strany poskytovatele. Měnit účel, za kterým byla žádost schválena však nelze. Rozhodnutí o umožnění změn je zcela v rukou poskytovatele, kromě výjimek, kdy tuto činnost přenesou na jinou organizační složku, či právnickou osobu. Žádost může být na základě rozhodnutí zcela nebo částečně zamítnuta, eventuálně jí je plně vyhověno. V případě vyhovění však mohou být stanoveny další podmínky, které se se změnou pojí. Odvolání ani přezkumné řízení není možné. [49]

Jestliže dojde ke zjištění nesplněné podmínky ve fázi, kdy už ji nelze změnit, případně nelze sjednat nápravu, dochází tím k porušení rozpočtové kázně a rozhodnutí o řešení této skutečnosti je na poskytovateli nebo finančním úřadu. Pokud ještě nedošlo k vyplacení příslušné dotační částky může být rozhodnuto o jejím nevyplacení. V případě, že již k obdržení částky nebo její části došlo, může být příjemce vyzván k jejímu vrácení podle § 14f odst. 3. [49]

Na obrázku níže je uvedena statistika podaných žádostí a čerpání dotací v Operačním programu Životní prostředí během let 2014–2027. Program je jedním ze základních dotačních programů v oblasti ochrany ŽP a do roku 2027 by mělo být poskytnuto zhruba 61 mld. Kč. [52]



Obrázek 13 - Statistika čerpání dotací v Operačním programu ŽP v letech 2014-2027

Zdroj: vlastní zpracování dle <https://www.dotaceeu.cz/cs/statistiky-a-analyzy/statistika-cerpani-fondu-eu-2021-2027>

1.3.3 Crowdfunding

Crowdfunding neboli „financování veřejností“ je metoda jejíž historie sahá až do 18. století. V dnešní moderní podobě slouží pro získání finančních prostředků, kdy se osoba s cílem získat kapitál, tzv. „fundraiser“, obrací na anonymní veřejnost, která může na konkrétní projekt přispět na základě internetových platforem. Ve většině případů se jedná o projekty, u kterých by bylo nutné finanční prostředky získat pomocí bankovních úvěrů, avšak to není např. u start-up projektů vždy možné. Metoda crowdfundingu je hojně využívána u neziskových a uměleckých projektů, avšak lze ji využít i u projektů stavebních ať už se jedná o novostavby nebo rekonstrukce. [53]

Důležitým specifikem crowdfundingu je využití internetových platforem, které umožňují lidem najít konkrétní projekty, do kterých mají zájem investovat v závislosti na zařazení projektu do určité skupiny, resp. formy crowdfundingu. Tyto skupiny označujeme jako donátorské neboli darovací, úvěrově, odměnové a investiční.

Z hlediska výstavbových projektů nás zajímá především forma investiční, kdy majitel projektu nabízí veřejnosti finanční účast na realizaci a tím i možnosti získání určitého podílu na zisku. [53]

Přínosy a rizika

Jelikož je metoda crowdfundingu eventuálním způsobem zdroje financování projektu bez nutnosti poskytnutí finančních prostředků bankou, je výhodná zejména pro menší subjekty a novátorské, či inovativní projekty. Získání financí od veřejnosti také podává obraz o tom, jak velký bude v budoucnu o hotový projekt zájem a jak moc lidé tomuto projektu důvěřují. Velkou výhodou této metody je také skutečnost, že při komunikaci s veřejností může fundraiser nabýt velmi cenných informací jako jsou podněty a cenné znalosti od osob, jež na projekt finančně přispívají. [53]

Největším potenciálním rizikem je, že vybrané peněžní prostředky nemusí být následně využity na uváděný účel a dochází k podvodu vůči veřejnosti. Toto riziko je podporováno i faktem, že pojem „crowdfunding“ není ve všech zemích, včetně České republiky zakotven právně natolik, aby tomuto riziku bezpodmínečně předcházel. Mezi další rizikový faktor patří kreditní riziko, které spočívá v nalákání věřitelů, tedy osob přispívajících na konkrétní projekt, na neúměrně vysokou míru návratnosti. V případě nižší úrovně finanční gramotnosti jedince nemusí dojít k hlubší analýze této skutečnosti, což může vést ke ztrátě poskytnutého kapitálu. V tomto případě je důležité povědomí o možnosti investičního poradenství, které však nebývá na všech crowdfundingových platformách poskytováno. [53]

Základní právní rámec v ČR

Na rozdíl od USA, Velké Británie, Itálie, či Francie zatím Česká republika nepřijmula regulační opatření týkající se této metody a spoléhá se především na stávající předpisy, které se této problematice dotýkají. Mezi tyto právní předpisy se řadí např. Zákon o bankách, Zákon o spotřebitelském úvěru a Zákon o podnikání na kapitálovém trhu. [53]

Přestože Česká republika není řazena mezi země s velkou rozšířeností metody crowdfundingu, jedná se o možnost financování s rychlým šířením a velkým potenciálem. Vývoj této metody bude mít u nás i jako v jiných zemích Evropské unie předpokládaný rostoucí charakter a s tím bude docházet k úpravě a zlepšování právního rámce, který se touto problematikou zabývá. Důležitým aspektem těchto regulací a legislativy je ochrana investorů, kteří jsou vystavováni nemalým rizikům, ale také podnikatelů, kteří o finanční prostředky veřejnost žádají. [53]

2 Praktická část

Praktická část je zaměřena na porovnání dvou variant výstavbového projektu bytového domu. Varianta první, resp. původní není z hlediska energetické náročnosti zcela vyhovující v rámci požadavků na pasivní objekty a hodnoty s tím související. Vzhledem ke svým vlastnostem zároveň nelze u původní varianty požádat o dotace podporující úsporné bydlení. Po analýze a vyhodnocení vypočítaných faktorů u původní varianty dojde k optimalizaci a vzniku varianty nové. Optimalizace se týká vylepšení konstrukčního řešení bytového domu, snížení součinitelů prostupu tepla a tím k vylepšení navazujících parametrů jako je energetická náročnost a možnost využití dotací v rámci programu Nová zelená úsporám. Praktická část se také zabývá výpočtem a oceněním uhlíkové stopy. V závěru bude provedeno porovnání výše uvedených faktorů včetně grafického zobrazení a vyhodnocení lepší varianty BD.

2.1 Seznámení s původní variantou BD

Tato kapitola se zabývá popisem a analýzou původní varianty výstavbového projektu BD včetně představení využití objektu a jeho konstrukčního řešení. Následně bude na základě projektové dokumentace a technické zprávy zpracován položkový rozpočet, proběhne výpočet součinitelů prostupu tepla a klasifikace součinitelů vzhledem k doporučeným, či požadovaným hodnotám. Kapitola se dále zabývá již výše zmíněným zpracováním energetického štítku a uhlíkovou stopou bytového domu včetně ocenění uhlíkové stopy a určení celkových nákladů na pořízení.

2.1.1 Využití objektu

Projekt řeší výstavbu bytového domu s 13 bytovými jednotkami v pěti nadzemních podlažích. Ve vstupním podlaží se nachází výměníková stanice, kočárkárna, sklípky a dvě bytové jednotky s oplocenými předzahrádkami o velikostech bytů 2+kk a 3+kk. V typových podlažích (2.- 4.NP) se nachází vždy tři bytové jednotky s dvěma o velikosti 3+kk a jednou o velikosti 2+kk. 5. NP je atypické a ustupující s dvěma luxusnějšími byty 3+kk a 4+k, které navíc disponují prostornými terasami. Dům je v uliční části doplněn o předsazené balkony. Základní rozměry domu jsou 14,3×20,5 m, výška atiky 15,5 m od úrovně vstupního podlaží. Před vstupem do objektu je přístřešek 4,2×2,8 m.

Dům je nepodsklepený, avšak 1.NP částečně zasahuje pod úroveň terénu. Parkování vozidel je zajištěno pomocí vybudování parkovací plochy s 14 parkovacími místy včetně jednoho určeného pro invalidní osoby. Kromě soukromých předzahrádek mohou také obyvatelé využívat polosoukromou zeleň nacházející se na severní straně za postaveným bytovým domem.



Obrázek 14 - Pohled jižní

Zdroj: dokumentace D1.B1b (SO 105) - Berounské Terasy [54]

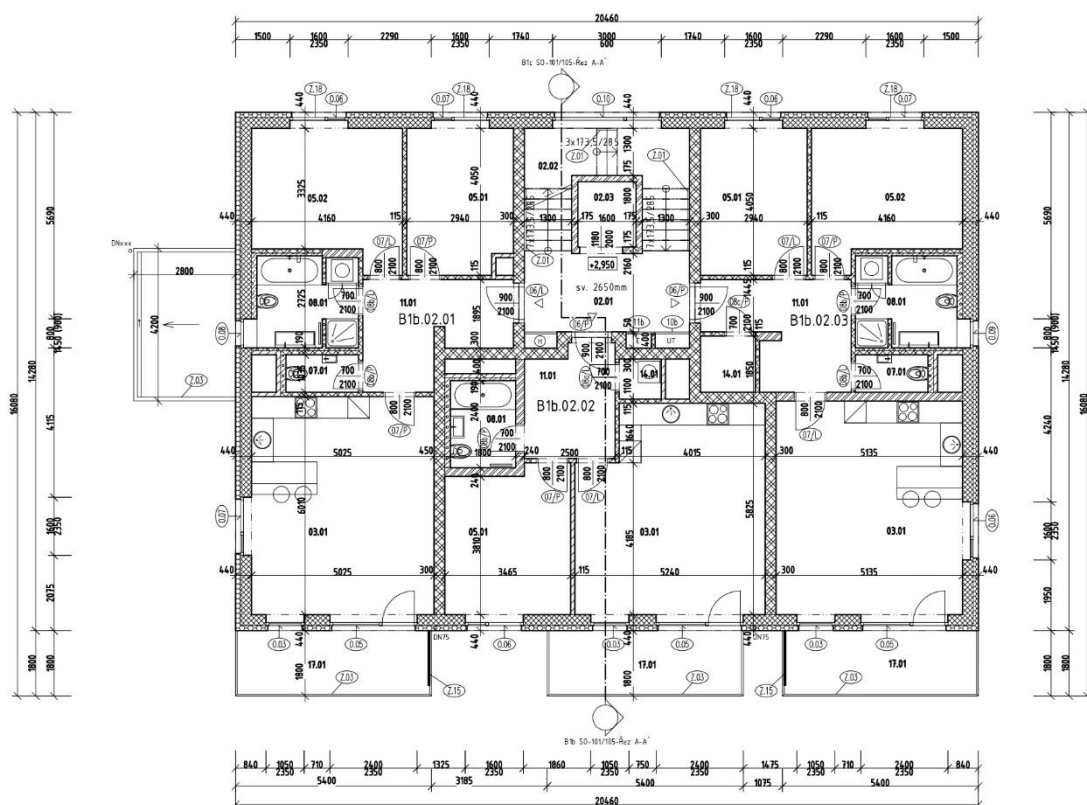
2.1.2 Konstruktivní řešení

Konstruktivní řešení je popsáno na základě informací převzatých z technické zprávy a projektové dokumentace. Projektová dokumentace je uvedena jako zdroj [54]

Vzhledem ke špatným vlastnostem základové půdy jsou základy objektu navrženy jako kombinace hlubinného a plošného založení. Hlubinné založení, resp. piloty jsou navrženy vrtané s průměrem 600 mm délek 5,5 - 10 m z vyztuženého betonu C20/25. Vzhledem ke skutečnosti, že délka pilot není v dokumentaci přesně specifikována je pro pozdější zpracování rozpočtu uvažována jako 7,5 m. Pro plošné základy jsou navrženy pasy z vyztuženého betonu C30/37 o výšce 700 mm, šířce 400 mm u vnějších pasů a 700 mm u pasů vnitřních. Dále je navržena základová deska z betonu C25/30 s výztuží o tloušťce 250 mm s podkladním betonem C16/20. Svislé nosné konstrukce obvodového zdiva jsou z keramických cihel Porotherm 30/24P+D a obvodové stěny nacházející se pod úroveň terénu v 1.NP z monolitického ŽB o tl. 240 mm. Vnitřní nosné zdivo určené jako mezibytové je z tvárnic Porotherm 30 AKU SYM doplněné o ŽB monolitické stěny tl. 200 mm v místech zvýšeného lokálního namáhání. Dále je využito nosných keramických tvárnic PTH 24 P+D pro nosné zdivo v rámci prostorů jednotlivých bytů. Výtahová šachta je navržena také jako ŽB z betonu C25/30. Pro nenosné vnitřní zdivo bylo využito tvárnic Porotherm 11,5 Profi a Porotherm 11,5 AKU. Zdivo z pórobetonových tvárnic je určeno pro přízdívky o tl. 150 mm. Pro zateplení nosných obvodových konstrukcí je použit fasádní polystyren EPS 70 F. V místech PBŘS je dle TZ minerální vata, avšak ve výkresové dokumentaci nebylo dohledáno její umístění, a proto je ve výpočtech uvažováno použití fasádního polystyrénu pro celou konstrukci obvodového pláště.

Vodorovné konstrukce jsou ve všech podlažích navrženy jako obousměrně pnuté ŽB desky o tl. 200 mm doplněné o monolitická žebra u obvodových stěn. Ve 4. NP je tloušťka desky 240 mm z důvodu atypického půdorysného rozložení nosných stěn v 5. NP. Balkony jsou také monolitické uloženy na ISO nosníky spádované směrem od objektu. Schodiště je navrženo trojramenné prefabrikované z ŽB dílců tl. 140 mm.

Zastřešení je navrženo pomocí ploché jednoplášťové střechy spočívající na ŽB desce nad 5. NP. Spád je tvořen spádovými klíny tepelné izolace. Popis jednotlivých vrstev vč. tloušťek je uveden v kapitole 2.1.3. Nad úroveň střešního pláště vystupuje dle řezu zateplená ŽB atika o 510 mm a dojezd výtahu převyšující atiku. Střešní plášť je doplněn o světlík umístěný nad chodbou v 5. NP.



Obrázek 15 - Půdorys typického podlaží (2.-4. NP)
 Zdroj: dokumentace D1.B1b (SO 105) - Berounské Terasy [54]

2.1.3 Součinitele prostupu tepla

Tato kapitola je věnována výpočtům součinitelů prostupu tepla konstrukcí obálky budovy pro původní variantu bytového domu. Jednotlivé součinitele jsou počítány na základě standardní metody ČSN 73 0540-4 popsané v kapitole 1.1.2. Pro přehlednost jsou znovu uvedeny použité rovnice s popisem proměnných.

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \quad (1.1)$$

$$R = \frac{1}{U} - (R_{si} + R_{se}) = R_T - (R_{si} + R_{se}) \quad (1.2)$$

kde U je součinitel prostupu tepla, v $W/m^2.K$
 R tepelný odpor konstrukce, v $m^2.K/W$
 R_T odpor při prostupu tepla, v $m^2.K/W$
 R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, v $m^2.K/W$
 R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce, v $m^2.K/W$

S ohledem na vypočtené hodnoty součinitelů prostupu tepla $U [W/m^2.K]$ je dále uvedeno zařazení jednotlivých hodnot konstrukcí do kategorií U_N – požadovaná hodnota, U_{rec} – doporučená hodnota nebo U_{pas} – doporučená hodnota pro pasivní budovy. Přiřazení konkrétní kategorie je označeno barevně a řídí se hodnotami uvedenými v ČSN 73 0540-2. Hodnoty R_{si} a R_{se} byly převzaty z ČSN 73 0540-3 a liší se v závislosti na typu a orientace konstrukce. Pro zjištění součinitele tepelné vodivosti λ bylo znovu využito ČSN 73 0540-3 nebo technických listů dle konkrétní použité skladby a materiálů.

STN – Obvodová nosná zeď (typické patro)

Tabulka 6 - Výpočet U obvodové nosné zdi v typickém podlaží (původní BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce		R _{si} = 0,130				
j	Materiál	d	λ	R	U			
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]			
int.	1	Tenkvrstvá sádrová omítka vnitřní	0,010	0,400	0,025	0,182	U_N	< 0,30
	2	Nosné zdivo Porotherm 30	0,300	0,175	1,714		U_{rec}	< 0,25
	3	Fasádní polystyren EPS 70F	0,140	0,039	3,590		U_{pas}	0,18-0,12
ext.	4	Tenkvrstvá sílíkatová omítka vnější	0,003	0,800	0,004			
		R při přestupu tepla na vnější straně kce		R _{se} = 0,040				

Zdroj použitých technických listů: [59] [60]

STN – Obvodová nosná zeď (poslední podlaží)

Tabulka 7 - Výpočet U obvodové nosné zdi v posledním podlaží (původní BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce		R _{si} = 0,130				
j	Materiál	d	λ	R	U			
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]	U _N	< 0,30	
int.	1	Tenkovrstvá sádrová omítka vnitřní	0,010	0,400	0,025	0,194	U _{rec}	< 0,25
	2	Nosné zdivo Porotherm 24	0,240	0,280	0,857		U _{pas}	0,18-0,12
	3	Fasádní polystyren EPS 70F	0,160	0,039	4,103			
ext.	4	Tenkovrstvá silikátová omítka vnější	0,003	0,800	0,004			
		R při přestupu tepla na vnější straně kce		R _{se} = 0,040				

Zdroj použitých technických listů: [61] [60]

STN (z) – Suterénní stěna přilehlá k zemině

Tabulka 8 - Výpočet U suterénní stěny přilehlé k zemině (původní BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce		R _{si} = 0,170				
j	Materiál	d	λ	R	U			
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]	U _N	< 0,45	
int.	1	Nopová folie Dekdren G8	0,008			0,214	U _{rec}	< 0,3
	2	Tepelná izolace XPS Styrodur 3000CS	0,140	0,033	4,242		U _{pas}	0,22-0,15
	3	Živičná HI Glastek 40 Special Mineral	0,005	0,210	0,024			
	4	ŽB stěna	0,240	1,430	0,168			
ext.	5	Tenkovrstvá silikonová omítka vnější	0,015	0,750	0,020			
		R při přestupu tepla na vnější straně kce		R _{se} = 0,040				

Zdroj použitých technických listů: [72] [62] [63]

PDL – Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině

Tabulka 9 - Výpočet U podlahy přilehlé k zemině (původní BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce		R _{si} = 0,170				
j	Materiál	d	λ	R	U			
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]	U _N	< 0,45	
int.	1	Keramická dlažba	0,010	1,000	0,010	0,272	U _{rec}	< 0,3
	2	Lepící tmel Mapei	0,005				U _{pas}	0,22-0,15
	3	Anhydritový potěr Anhyment C20/30	0,050	1,200	0,042			
	4	Separáčn PE folie						
	5	Kročejová izolace, Rigifloor 4000	0,030	0,044	0,682			
	6	Tepelná izolace Isover EPS 100	0,100	0,037	2,703			
ext.	7	Živičná HI Glastek 40 Special Mineral	0,005	0,210	0,024			
		R při přestupu tepla na vnější straně kce		R _{se} = 0,040				

Zdroj použitých technických listů: [64] [65] [66] [63]

STR – Střecha plochá (poslední podlaží)

Tabulka 10 - Výpočet U střešní konstrukce nad posledním podlažím (původní BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce				$R_{si} = 0,100$	
j	Materiál	d	λ	R	U		
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]		
int.	1	Tenkvrstvá sádrová omítky vnitřní	0,010	0,400	0,025	0,190	$U_N < 0,24$
	2	Železobetonový strop	0,200	1,430	0,140		$U_{rec} < 0,16$
	3	Pojistná HI Glastek 40Al	0,005	0,210	0,024		$U_{pas} 0,15-0,10$
	4	Tepelná izolace Isover EPS 100	0,180	0,037	4,865		
	5	Separáčnící geotextílie Filtek 300					
ext.	6	HI folie Dekplan 76	0,015	0,210	0,071		
		R při přestupu tepla na vnější straně kce				$R_{se} = 0,040$	

Zdroj použitých technických listů: [63] [66] [67] [68]

STR – Střecha plochá (ustoupené podlaží)

Tabulka 11 - Výpočet U střešní konstrukce nad ustoupeným podlažím (původní BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce				$R_{si} = 0,100$	
j	Materiál	d	λ	R	U		
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]		
int.	1	Tenkvrstvá sádrová omítky vnitřní	0,010	0,400	0,025	0,181	$U_N < 0,24$
	2	Železobetonový strop	0,220	1,430	0,154		$U_{rec} < 0,16$
	3	Asf. penetrační nátěr DEKPRIMER					$U_{pas} 0,15-0,10$
	4	Pojistná HI Glastek 40Al	0,005	0,210	0,024		
	5	Tepelná izolace Isover EPS 150	0,020	0,035	0,571		
	6	Tepelná izolace PIR	0,100	0,022	4,545		
	7	Separáčnící geotextílie Filtek 300					
	8	HI folie Dekplan 77	0,015	0,210	0,071		
ext.	9	Separáčnící geotextílie Filtek 300					
		R při přestupu tepla na vnější straně kce				$R_{se} = 0,040$	

Zdroj použitých technických listů: [69] [63] [70] [67] [68]

2.1.4 Energetická náročnost

Po výpočtu součinitelů prostupu tepla byl zpracován a vygenerován energetický průkaz PENB. Průkaz byl vytvořen v programu ENERGETIKA na webovém portálu DEKSOFT.

Výpočetní proces byl pro zjednodušení soustředěn na výpočet ukazatele energetické náročnosti obálky budovy. Program neumožňuje zpracovat zadání bez vložení tepelných zdrojů. Vzhledem k chybějící TZ vytápění byly na základě situace a výkresů vloženy pouze přibližné údaje o vytápění teplovodem pokrývající 100 % potřebu tepla. Pro celý objekt byla uvažována pouze jedna zóna zohledňující solární tepelné zisky označená jako „Zóna 1 – bytový dům“. Vnitřní dělicí konstrukce byly zanedbány.

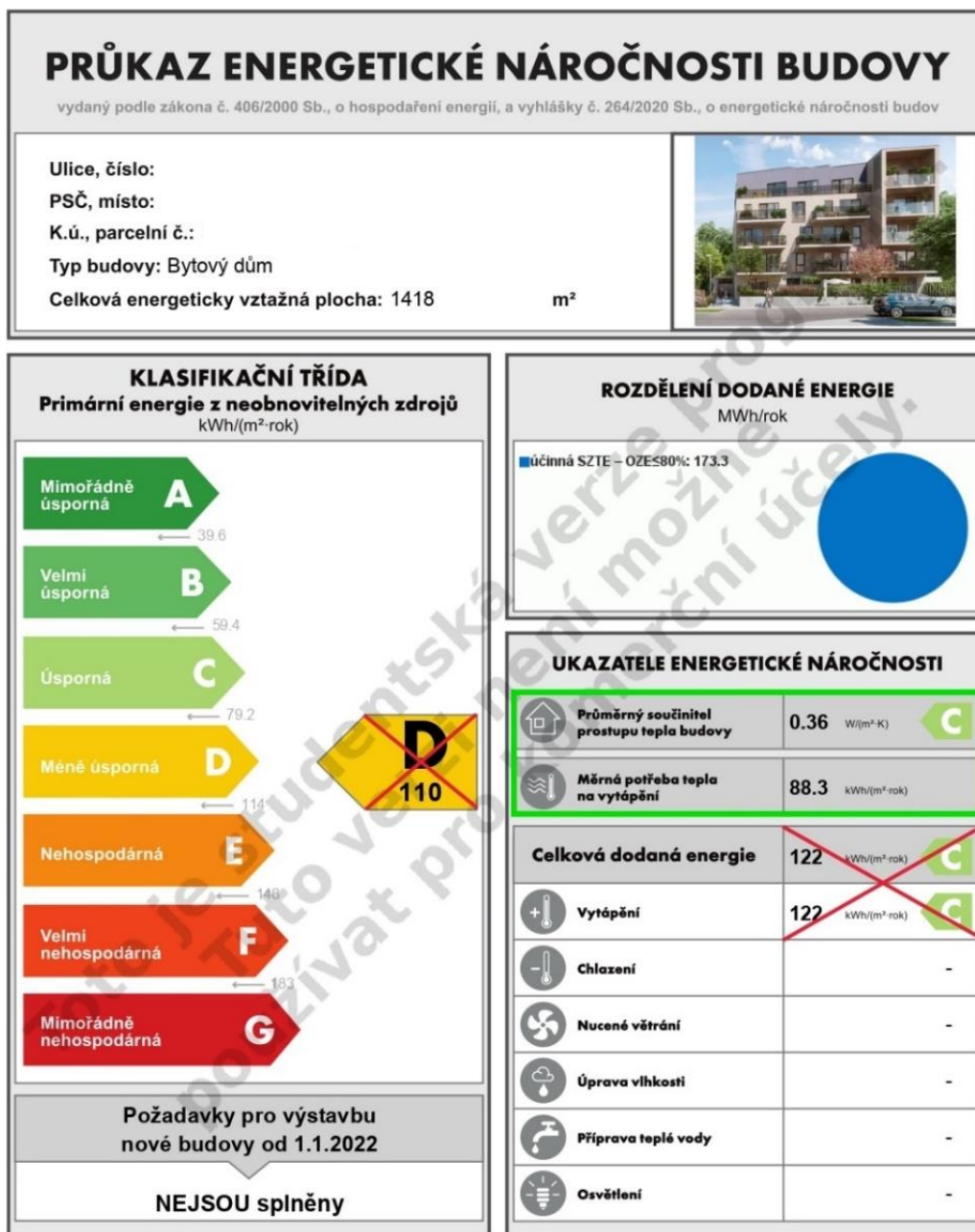
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy, resp. obálkou budovy byl vypočten na základě přiřazení vypočtených součinitelů prostupu tepla z kapitoly 2.1.3 k jednotlivým konstrukcím obálky. Plochy obvodových stěn včetně výplní, resp. oken a dveří bylo nutné rozdělit dle orientace světových stran. K okenním výplním byl dále přiřazen korekční činitel stínícího prvku $F_{sh,gl,type} = 0,15$ [-] tedy stínění pomocí vnějších žaluzií. Tento činitel vyjadřuje hodnotu účinnosti stínění průsvitné konstrukce pomocí pohyblivých stínících prvků. Následující obrázek zobrazuje ukázkou výstupu z protokolu PENB a rozdělení jednotlivých ploch konstrukcí obálky budovy vůči světovým stranám. Podrobný protokol k výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla budovy je uveden v příloze.

F		OBÁLKA BUDOVY						
<p><i>Obálkou budovy je soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch (EXT), přilehlá zemina (ZEM), vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru (NEVYT) nebo sousední budově (SOUS). Budova může být rozdělena na teplotní zóny o různých návrhových vnitřních teplotách s různými požadavky na obalové konstrukce. Hodnocené konstrukce jsou porovnávány s referenční hodnotou, která odpovídá platnému požadavku pro novostavby.</i></p>								
Přehled stavebních prvků a konstrukcí na obálce budovy		Návrhová vnitřní teplota zóny	Přiléhající prostředí	Plocha konstrukce	Součinitel prostupu tepla konstrukce			
					Vypočtená hodnota	Požadavek ČSN 730540-2	Referenční hodnota	Dosažená úroveň - vypočtená / referenční hodnota
Ozn.	Název	°C	---	m ²	W/m ² .K			
VNĚJŠÍ STĚNY				847,6				
STN-1	Obvodová nosná zeď (typické patro) - JZ (Z1)	20	EXT	213,4	0,182	0,30	0,21	87%
STN-2	Obvodová nosná zeď (typické patro) - JV (Z1)	20	EXT	149,2	0,182	0,30	0,21	87%
STN-3	Obvodová nosná zeď (typické patro) - SV (Z1)	20	EXT	213,4	0,182	0,30	0,21	87%
STN-4	Obvodová nosná zeď (typické patro) - SZ (Z1)	20	EXT	186,6	0,182	0,30	0,21	87%
STN-5	Obvodová nosná zeď (poslední podlaží) - J (Z1)	20	EXT	38,4	0,194	0,30	0,21	92%
STN-6	Obvodová nosná zeď (poslední podlaží) - SV (Z1)	20	EXT	17,2	0,194	0,30	0,21	92%
STN-7	Obvodová nosná zeď (poslední podlaží) - V (Z1)	20	EXT	29,3	0,194	0,30	0,21	92%
VÝPLNĚ OTVORŮ				244,1				
VYP-12	Okna - JZ (Z1)	20	EXT	114,8	1,200	1,50	1,05	114%
VYP-13	Okna - JV (Z1)	20	EXT	13,5	1,200	1,50	1,05	114%
VYP-14	Okna - SZ (Z1)	20	EXT	27,9	1,200	1,50	1,05	114%
VYP-15	Okna - SV (Z1)	20	EXT	60,4	1,200	1,50	1,05	114%
VYP-16	Okna - J (Z1)	20	EXT	16,1	1,200	1,50	1,05	114%
VYP-17	Okna - V (Z1)	20	EXT	7,1	1,200	1,50	1,05	114%
VYP-18	Dveře (Z1)	20	EXT	4,4	1,700	1,70	1,17	145%

Obrázek 16 - Ukáзка části protokolu PENB původní varianty BD

Zdroj: vlastní zpracování v programu ENERGETIKA – DEKSOFT

Na základě doplněných údajů byl průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy vypočten ve výši $U_{em} = 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ spadající do kategorie C s měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A = 88,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Optimalizací těchto hodnot je věnována kapitola 2.2. Hodnota celkové dodané energie na vytápění a rozdělení zdrojů energie je na základě odhadnutých hodnot pro vytápění teplovodem pouze orientační a pro další výpočty nebude uvažována stejně jako zařízení původní varianty BD dle primární energie z neobnovitelných zdrojů do klasifikační třídy D.



Obrázek 17 - Grafické znázornění PENB původní varianty BD
Zdroj: vlastní zpracování v programu ENERGETIKA – DEKSOFT

2.1.5 Položkový rozpočet

Rozpočet byl zpracován pomocí programu KROS 4 v cenové soustavě ÚRS 2023/I a je uveden v příloze. Rekapitulace položkového rozpočtu hlavního stavebního objektu je uvedena na obrázku níže. Pro zjednodušení byly oddíly 720 – Zdravotní technika, 730 – Ústřední vytápění a elektromontáže včetně vzduchotechniky spočteny na základě cenových ukazatelů JKSO 2023 pro objekt 803.5.1 a následného procentního rozložení celkové ceny za hlavní stavební objekt.

Celkem byl rozpočet původní verze BD vyčíslen ve výši **35 224 048 Kč bez DPH**

Kód dílu - Popis	Cena celkem [CZK]
1) Náklady ze soupisu prací	34 198 104,61
HSV - Práce a dodávky HSV	18 605 658,82
1 - Zemní práce	162 960,88
2 - Zakládání	2 706 163,24
3 - Svislé a kompletní konstrukce	4 780 976,90
4 - Vodorovné konstrukce	4 751 769,93
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	4 318 524,53
8 - Trubní vedení	12 494,55
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	1 002 951,71
997 - Přesun sutě	11 270,33
998 - Přesun hmot	858 546,75
PSV - Práce a dodávky PSV	10 827 486,74
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	195 157,89
712 - Povlakové krytiny	260 954,95
713 - Izolace tepelné	768 559,60
714 - Akustická a protiotřesová opatření	38 025,00
720 - Zdravotní technika	1 304 857,09
730 - Ústřední vytápění	1 770 877,49
762 - Konstrukce tesařské	25 991,16
763 - Konstrukce suché výstavby	308 209,01
764 - Konstrukce klempířské	117 325,58
766 - Konstrukce truhlářské	2 058 040,40
767 - Konstrukce zámečnické	1 691 991,24
771 - Podlahy z dlaždic	674 702,96
775 - Podlahy skládané	721 035,71
777 - Podlahy lité	62 361,25
781 - Dokončovací práce - obklady	266 632,44
783 - Dokončovací práce - nátěry	4 295,42
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	381 053,32
786 - Dokončovací práce - čalounické úpravy	177 416,23
M - Práce a dodávky M	4 764 959,05
21-M - Elektromontáže	1 926 217,61
22-M - Montáže technologických zařízení pro dopravní stavby	714 564,60
24-M - Montáže vzduchotechnických zařízení	807 768,68
33-M - Montáže dopr.zařiz.,sklad. zař. a váh	1 130 000,00
36-M - Montáž prov.,měř. a regul. zařízení	186 408,16
2) Ostatní náklady	1 025 943,14
Zařízení staveniště	1 025 943,14
Celkové náklady za stavbu 1) + 2)	35 224 047,75

Obrázek 18 - Rekapitulace položkového rozpočtu původní varianty BD
Zdroj: vlastní zpracování v KROS 4

2.1.6 Uhlíková stopa

Uhlíková stopa původně navrženého BD byla stanovena na základě přiřazení jednotlivých velikostí zjištěných hodnot GWP (viz kapitola 1.2.3) k materiálům v rámci upravené limitky materiálů vygenerované na základě zpracovaného rozpočtu v programu KROS 4. Původní limitka je uvedena v příloze. Vzhledem k velikosti objektu a diverzitě materiálů bylo přiřazování jednotlivých hodnot zjednodušeno na základě dostupného katalogu materiálů z webu Envimat. Hodnoty GWP byly z tohoto katalogu zprůměrovány pro maltu vápenocementovou (jako průměr malty vápenné a cementové), omítku vápenosádrovou (jako průměr omítky vápenocementové a sádrové) a asfaltové pásy (jako průměr tří hodnot uvedených v katalogu pro různé typy asfaltových pásů). Hodnota GWP pro pórobetonové tvárnice YTONG byla převzata na základě enviromentálního prohlášení ve výši $177 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./m}^3$. Přepočítávací faktor je dle dokumentu uvažován 0,0023631 na 1 kg pórobetonových tvárnic [55]. Kvůli chybějícím databázovým informacím o geotextiliích byla uvažována hodnota GWP stejná jako pro polypropylen, ze kterého jsou použité geotextílie vyrobeny.

Za největšího producenta CO_2/t lze označit hliník s hodnotou $\text{GWP} = 12,04 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./t}$. Bylo však zjištěno, že vzhledem k potřebě 67,42 t oceli je právě tento materiál zodpovědný za nejvyšší celkovou produkci CO_2 ve výši 343,52 t viz Tabulka 12 - Výpočet a ocenění uhlíkové stopy původní varianty BD. Velikost uhlíkové stopy byla přiřazena celkem k 2 249 t materiálu, což odpovídá 99,65 % hmotnostního objemu všech materiálů v původní limitce materiálů. Na tuto celkovou hodnotu připadá 744,46 t vypuštěného CO_2 .

Cena za uhlíkovou stopu v rámci EU byla na základě kurzu z webu tradingeconomics.com k 29. 4. 2023 uvažována ve výši 91,49 euro za tunu. Kurz eura k tomuto dni byl 23,76 Kč. Cena za uhlíkovou stopu byla po převodu na české koruny stanovena ve výši 2173,80 Kč. Touto cenou se rozumí cena za emisní povolenku 1 tuny vypuštěného množství ekvivalentu CO_2 . Celkově se u původní varianty BD jedná o částku **1 618 313,74 Kč**. Tato cena je dále uvažována pro výpočet celkových nákladů na výstavbu hlavního stavebního objektu se započítáním ceny dopadu na ŽP.

Tabulka 12 - Výpočet a ocenění uhlíkové stopy původní varianty BD

j	Materiál	Hmotnost celkem [t]	GWP [t CO_2 ekv./t]	Produkce CO_2 [t]	Cena 1t CO_2 [Kč]	Cena celkem CO_2 [Kč]
1.	Anhydritový potěr	99,58	0,04	4,24	2 173,80	9 219,57
2.	Asfaltový nátěr	0,20	1,11	0,22		472,98
3.	Asfaltový pás	4,20	1,11	4,66		10 123,81
4.	Beton prostý	1427,80	0,11	156,90		341 074,16
5.	Cementový potěr, litý	3,86	0,17	0,66		1 431,29
6.	Cihla pálená dutinová	412,34	0,24	98,39		213 884,23
7.	Dřevotřísková deska	0,08	0,39	0,03		66,48
8.	Dřevovláknitá deska tvrdá	5,67	0,65	3,69		8 012,72
9.	Dveře venkovní, dřevo-Al	0,33	2,24	0,75		1 632,10
10.	Dveře vnitřní, dřevěné	3,12	1,33	4,17		9 059,84
11.	Epoxid	0,05	0,46	0,03		54,49

j	Materiál	Hmotnost celkem [t]	GWP [t CO ₂ ekv./t]	Produkce CO ₂ [t]	Cena 1t CO ₂ [Kč]	Cena celkem CO ₂ [Kč]	
12.	Hliník	2,65	12,04	31,96	2 173,80	69 477,08	
13.	Keramická dlažba/obklad	9,70	0,78	7,58		16 486,75	
14.	Litina	0,03	1,52	0,05		107,56	
15.	Malta cementová	76,27	0,19	14,54		31 611,18	
16.	Malta vápenocementová	16,53	0,40	6,55		14 229,21	
17.	Minerální vlna, kamenná	0,01	1,13	0,01		15,53	
18.	Minerální vlna, skelná	0,00	1,50	0,00		0,00	
19.	Ocel	67,42	5,10	343,52		746 755,03	
20.	Okenní rám plastový	6,15	2,05	12,60		27 382,50	
21.	Omítka vápenosádrová	69,81	0,15	10,25		22 284,26	
22.	OSB deska	0,63	0,48	0,31		663,90	
23.	Polyetylen HDPE	0,03	1,95	0,06		131,39	
24.	Polyetylen PE	0,26	1,40	0,36		782,38	
25.	Polypropylen	0,16	1,98	0,31		677,67	
26.	Polystyren extrudovaný XPS	0,42	3,82	1,59		3 465,63	
27.	Polystyren pěnový EPS	5,13	4,21	21,59		46 943,22	
28.	Polyuretan	0,14	0,46	0,07		142,98	
29.	Pórobetonové tvárnice	12,15	0,42	5,08		11 044,59	
30.	Překližka	0,25	1,44	0,35		770,27	
31.	PVC, polyvinylchlorid	1,48	2,01	2,96		6 445,18	
32.	Řezivo, měkké dřevo	0,58	0,19	0,11		234,29	
33.	Řezivo, tvrdé dřevo	3,27	0,11	0,36		773,34	
34.	SDK deska	2,95	0,35	1,05		2 272,17	
35.	Sílikon	2,82	2,71	7,65		16 634,12	
36.	Štěrka	32,53	0,00	0,13		282,87	
37.	Zasklení dvojsklo	1,09	1,56	1,69		3 668,98	
Celkem		2 269,69		744,46			1 618 313,74

2.1.7 Pořizovací náklady na výstavbu BD

Pořizovací náklady na výstavbu hlavního stavebního objektu, resp. bytového domu byly vypočteny ze zpracovaného položkového rozpočtu (ZRN + VRN bez DPH) a ceny za emisní povolenky vypuštěného ekvivalentu oxidu uhličitého, kterou lze chápat jako cenu za dopad na ŽP. Jelikož nelze u původní varianty požádat o jakýkoliv dotační příspěvek z programu Nová zelená úsporám, nelze celkovou částku o tento příspěvek snížit.

Pro zjednodušení byl uvažován pouze hlavní stavební objekt SO 01. Zpracováním rozpočtů ostatních objektů a výpočtem jejich uhlíkové stopy může být věnována diplomová práce zpracovaná v návaznosti na tuto bakalářskou práci.

$$\text{Pořizovací náklady} = \text{ZRN} + \text{VRN} + \text{Cena CO}_2$$

$$= 34\,198\,105 + 1\,025\,943 + 1\,618\,314 = \mathbf{36\,842\,362 \text{ Kč bez DPH}}$$

2.2 Optimalizovaná varianta BD

Nová, resp. optimalizovaná varianta bytového domu vychází z varianty původní. Druhá část praktické části je tedy soustředěna na vylepšení a úpravu skladeb obvodového pláště, který zajišťuje lepší hodnoty součinitelů prostupu tepla a vylepšení hodnot v rámci nově zpracovaného energetického štítku. Na základě upravených skladeb a použitých materiálů je zpracován nový výpočet velikosti uhlíkové stopy a následné ocenění. Vzhledem k vylepšeným vlastnostem je také zahrnuta kapitola řešící možnost získání dotací podporující úsporné bydlení. Na závěr jsou stejně jako pro původní variantu spočteny pořizovací náklady na výstavbu BD se zohledněním dopadu na životní prostředí.

2.2.1 Návrh optimalizace dílčích konstrukcí obálky budovy

Tato kapitola je věnována vylepšením vlastností jednotlivých částí konstrukcí budovy, resp. konstrukcím obálky budovy. Optimalizace těchto konstrukcí byla zpracována na základě použitých materiálů a následně vypočtených hodnot u součinitelů prostupu tepla původní varianty BD.

Zateplení fasády

Zateplení fasády bylo u původní varianty BD navrženo pomocí KZS s tepelně izolačními deskami Isover EPS 100 v tloušťce 140 mm pro 1-4. NP a 160 mm pro 5.NP z důvodu použití tvárnic Porotherm 24, disponující nižším tepelným odporem. U optimalizované varianty bylo zvoleno velmi rozšířené kontaktní zateplení pomocí deskové minerální izolace ISOVER TF Profi vyrobené z čedičových vláken s podélnou orientací v tloušťkách 160 a 180 mm. Tato varianta byla zvolena i vzhledem k požární bezpečnosti, jelikož je vata nehořlavá a lze ji použít pro zateplení fasády ve všech podlažích. V důsledku použití minerální vaty bylo dále nutné upravit skladbu přidáním stěrkového tmele, do kterého je následně zatlačena perlínka a také penetrace pod silikonovou pastovitou omítkou. Tuto skladbu bylo také nutno promítnout do nově zpracovaného rozpočtu v kapitole 2.4.2.

Podlahová konstrukce

Původní skladba podlahy spočívající na terénu v 1.NP splňovala hodnotu U_{rec} – doporučená hodnota s tepelnou izolací z pěnového polystyrenu Isover EPS 100 o tloušťce 100 mm. Tato tloušťka byla navýšena o 60 mm na celkových 160 mm tak, aby nová hodnota součinitele prostupu tepla splňovala hodnoty U_{pas} – doporučená hodnota pro pasivní budovy.

Zastřešení

Původní varianta zastřešení neodpovídá energetickým požadavkům pasivního objektu a splňuje pouze požadovanou hodnotu U_n pro střechy ploché a šikmé se sklonem do 45° včetně. Střecha nad posledním podlažím u optimalizované verze byla proto navržena jako extenzivní jednoplášťová

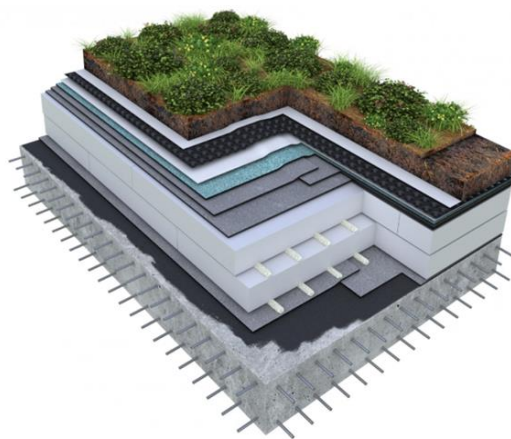
zelená střecha se skladbou ST.2005B ze stavební knihovny DEK. Pro střechu nad ustupujícím podlažím byla zvýšena tloušťka tepelné izolace PIR ze 100 na 140 mm.

DEK Střecha ST.2005B (DEKROOF 09-B)

Specifikace skladby

použité produkty (od exteriéru)

	tloušťka [mm]
1 GREENDEK rozchodníková rohož S5	25 - 40
2 GREENDEK substrát střešní extenzivní	60
3 FILTEK 200	2,0
4 DEKDREN T20 GARDEN	20
5 FILTEK 300	2,9
6 ELASTEK 50 GARDEN	5,3
7 GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	4,0
8 GLASTEK 30 STICKER PLUS	3,0
9 EPS 150	240
10 INSTA-STIK STD	
11 GLASTEK AL 40 MINERAL	4,0
12 DEKPRIMER	0
13 Spádový potěr - 080	min. 50



Obrázek 19 – Vybraná skladba zastřešení nad 5.NP z katalogu DEK
Zdroj: Stavební knihovna DEK

Výplně otvorů

Správný výběr zasklení výrazně přispívá k redukci nákladů na vytápění. Původně byla uvažována okna s plastovými rámy a dvojskly s hodnotou $U_w = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Pro optimalizovanou variantu jsou uvažována minimalistická dřevěná okna s trojskly. Konkrétně byla vybrána okna PROGRESSION od společnosti SLAVONA, s.r.o. s velmi nízkými rámy a s hodnotou součinitele prostupu tepla celým oknem $U_w = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a prostupem tepla trojsklem $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tato konstrukce oken byla také vybrána pro balkonové dveře. [56]

Pro vstupní dveře byla vybrána varianta dřevohliníkových bezpečnostních částečně prosklených dveří HA 110 Line od společnosti SLAVONA, s.r.o. namísto hliníkových zcela prosklených. Rozměry dveří byly ponechány a uvažovány jako pro původní variantu, tedy $1650 \times 2650 \text{ mm}$. Původní součinitel prostupu tepla byl z původní hodnoty $U_D = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nahrazen hodnotou $U_D = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. [57]

2.2.2 Součinitele prostupu tepla

Metodika výpočtu součinitelů prostupu tepla u dílčích konstrukcí optimalizovaného BD byla stejná jako pro původní variantu BD v kapitole 2.1.3. Upravené skladby včetně tloušťek materiálů u jednotlivých skladeb jsou označeny tučně.

STN – Obvodová nosná zeď (typické patro)

Tabulka 13 - Výpočet U obvodové nosné zdi v typickém podlaží (optimalizovaný BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce			R _{si} = 0,130			
j	Materiál	d	λ	R	U			
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]			
int.	1	Tenkvrstvá sádrová omítka vnitřní	0,010	0,400	0,025	0,153	U _N	< 0,30
	2	Nosné zdivo Porotherm 30	0,300	0,175	1,714		U _{rec}	< 0,25
	3	Desky z čedičové vlny ISOVER TF Profi	0,160	0,035	4,571		U _{pas}	0,18-0,12
ext.	4	Tenkvrstvá silikátová omítka vnější	0,003	0,800	0,004			
		R při přestupu tepla na vnější straně kce			R _{se} = 0,040			

Zdroj použitých technických listů: [59] [71]

STN – Obvodová nosná zeď (poslední podlaží)

Tabulka 14 - Výpočet U obvodové nosné zdi v posledním podlaží (optimalizovaný BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce			R _{si} = 0,130			
j	Materiál	d	λ	R	U			
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]			
int.	1	Tenkvrstvá sádrová omítka vnitřní	0,010	0,400	0,025	0,162	U _N	< 0,30
	2	Nosné zdivo Porotherm 24	0,240	0,280	0,857		U _{rec}	< 0,25
	3	Desky z čedičové vlny ISOVER TF Profi	0,180	0,035	5,143		U _{pas}	0,18-0,12
ext.	4	Tenkvrstvá silikátová omítka vnější	0,003	0,800	0,004			
		R při přestupu tepla na vnější straně kce			R _{se} = 0,040			

Zdroj použitých technických listů: [61] [71]

STN (z) – Suterénní stěna přilehlá k zemině

Tabulka 15 - Výpočet U suterénní stěny přilehlé k zemině (původní BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce			R _{si} = 0,170			
j	Materiál	d	λ	R	U			
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]			
int.	1	Nopová folie Dekdren G8	0,008			0,190	U _N	< 0,45
	2	Tepelná izolace XPS Styrodur 3000CS	0,160	0,033	4,848		U _{rec}	< 0,3
	3	Živičná HI Glastek 40 Special Mineral	0,005	0,210	0,024		U _{pas}	0,22-0,15
	4	ŽB stěna	0,240	1,430	0,168			
ext.	5	Tenkvrstvá silikonová omítka vnější	0,015	0,750	0,020			
		R při přestupu tepla na vnější straně kce			R _{se} = 0,040			

Zdroj použitých technických listů: [72] [62] [63]

PDL – Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině

Tabulka 16 - Výpočet U podlahy přilehlé k zemině (optimalizovaný BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce				R _{si} = 0,170	
j	Materiál	d	λ	R	U		
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]		
int.	1	Keramická dlažba	0,010	1,000	0,010	0,189	U _N < 0,45
	2	Lepící tmel Mapei	0,005				U _{rec} < 0,3
	3	Anhydritový potěr Anhyment C20/30	0,050	1,200	0,042		U _{pas} 0,22-0,15
	4	SeparáčnÍ PE folie					
	5	Kročeťová izolace, Rigifloor 4000	0,030	0,044	0,682		
	6	Tepelná izolace Isover EPS 100	0,160	0,037	4,324		
ext.	7	Živičná HI Glastek 40 Special Mineral	0,005	0,210	0,024		
		R při přestupu tepla na vnější straně kce				R _{se} = 0,040	

Zdroj použitých technických listů: [64] [65] [66] [63]

STR – Střecha plochá (poslední podlaží)

Tabulka 17 - Výpočet U střešní konstrukce nad posledním podlažím (optimalizovaný BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce				R _{si} = 0,100	
j	Materiál	d	λ	R	U		
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]		
int.	1	Tenkovrstvá sádrová omítky vnitřní	0,010	0,400	0,025	0,136	U _N < 0,24
	2	Železobetonový strop	0,200	1,430	0,140		U _{rec} < 0,16
	3	Spádový potěr	0,050	1,650	0,030		U _{pas} 0,15-0,10
	4	Asf. penetračnÍ nátěr DEKPRIMER					
	5	Pojistná HI Glastek 40AI	0,004	0,210	0,019		
	6	StřešnÍ lepidlo INSTA -STIK STD					
	7	Tepelná izolace EPS 150	0,240	0,035	6,857		
	8	HI GLASTEK 30 STICKER PLUS	0,003	0,210	0,014		
	9	HI GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,004	0,210	0,019		
	10	HI ELASTEK 50 GARDEN	0,005	0,210	0,025		
	11	SeparáčnÍ geotextílie Filtek 300	0,003				
	12	Nopová folie DEKDREN T20 GARDEN	0,020	0,350	0,057		
	13	SeparáčnÍ geotextílie Filtek 200	0,002				
	14	GREENDEK substrát extenzivnÍ	0,060				
ext.	15	GREENDEK rozchodnÍková rohož S5	0,025				
		R při přestupu tepla na vnější straně kce				R _{se} = 0,040	

Zdroj použitých technických listů: [69] [63] [70] [73] [63] [74] [67] [72]

STR – Střecha plochá (ustoupené podlaží)

Tabulka 18 - Výpočet U střešní konstrukce nad ustoupeným podlažím (optimalizovaný BD)

		R při přestupu tepla na vnitřní straně kce			Rsi = 0,100			
j	Materiál	d	λ	R	U			
		[m]	[W/m.K]	[(m ² .K)/W]	[W/(m ² .K)]	U _N	< 0,24	
int.	1	Tenkvrstvá sádrová omítky vnitřní	0,010	0,400	0,025	0,136	U _{rec}	< 0,16
	2	Železobetonový strop	0,220	1,430	0,154		U _{pas}	0,15-0,10
	3	Asf. penetrační nátěr DEKPRIMER						
	4	Pojistná HI Glastek 40Al	0,005	0,210	0,024			
	5	Tepelná izolace Isover EPS 150	0,020	0,035	0,571			
	6	Tepelná izolace PIR	0,140	0,022	6,364			
	7	SeparáčnÍ geotextílie Filtek 300						
	8	HI folie Dekplan 77	0,015	0,210	0,071			
ext.	9	SeparáčnÍ geotextílie Filtek 300						
		R při přestupu tepla na vnější straně kce			Rse = 0,040			

Zdroj použitých technických listů: [69] [63] [70] [67] [68]

2.2.3 Energetická náročnost

Po optimalizaci skladeb a materiálů pro konstrukce obálky budovy a následném výpočtu součinitelů prostupu tepla byl znovu zpracován a vygenerován energetický průkaz. Velikosti ploch konstrukcí včetně výplní a jejich orientace zůstaly nezměněny. Optimalizace a návrh způsobu vytápění není předmětem této bakalářské práce, a proto byla ponecháno vytápění teplovodem jako u původní varianty. Přirážka na tepelné vazby byla snížena z původní střední hodnoty $\Delta U_{tb}=0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ na hodnotu vysokou $\Delta U_{tb}=0,01 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, tedy hodnotu zaručující souvislost tepelně izolačních vrstev ve všech napojeních.

Obrázek níže zobrazuje ukázkou výstupu z protokolu PENB optimalizované varianty BD pro obvodové stěny a výplně. Podrobný protokol k výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla budovou je uveden v příloze.

F		OBÁLKA BUDOVY						
<p>Obálkou budovy je soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch (EXT), přilehlá zemina (ZEM), vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru (NEVYT) nebo sousední budově (SOUS). Budova může být rozdělena na teplotní zóny o různých návrhových vnitřních teplotách s různými požadavky na obalové konstrukce. Hodnocené konstrukce jsou porovnávány s referenční hodnotou, která odpovídá platnému požadavku pro novostavby.</p>								
Přehled stavebních prvků a konstrukcí na obálce budovy		Návrhová vnitřní teplota zóny	Přiléhající prostředí	Plocha konstrukce	Součinitel prostupu tepla konstrukce			
					Vypočtená hodnota	Požadavek ČSN 730540-2	Referenční hodnota	Dosažená úroveň - vypočtená / referenční hodnota
Ozn.	Název	°C	---	m ²	U _j	U _{Nj}	U _{Rj}	
VNĚJŠÍ STĚNY				847,6				
STN-1	Obvodová nosná zeď (typické patro) - JZ (Z1)	20	EXT	213,4	0,153	0,30	0,21	73%
STN-2	Obvodová nosná zeď (typické patro) - JV (Z1)	20	EXT	149,2	0,153	0,30	0,21	73%

STN-3	Obvodová nosná zeď (typické patro) - SV (Z1)	20	EXT	213,4	0,153	0,30	0,21	73%
STN-4	Obvodová nosná zeď (typické patro) - SZ (Z1)	20	EXT	186,6	0,153	0,30	0,21	73%
STN-5	Obvodová nosná zeď (poslední podlaží) - J (Z1)	20	EXT	38,4	0,162	0,30	0,21	77%
STN-6	Obvodová nosná zeď (poslední podlaží) - SV (Z1)	20	EXT	17,2	0,162	0,30	0,21	77%
STN-7	Obvodová nosná zeď (poslední podlaží) - V (Z1)	20	EXT	29,3	0,162	0,30	0,21	77%

VÝPLNĚ OTVORŮ				244,1				
VYP-12	Okna - JZ (Z1)	20	EXT	114,8	0,610	1,50	1,05	58%
VYP-13	Okna - JV (Z1)	20	EXT	13,5	0,610	1,50	1,05	58%
VYP-14	Okna - SZ (Z1)	20	EXT	27,9	0,610	1,50	1,05	58%
VYP-15	Okna - SV (Z1)	20	EXT	60,4	0,610	1,50	1,05	58%
VYP-16	Okna - J (Z1)	20	EXT	16,1	0,610	1,50	1,05	58%
VYP-17	Okna - V (Z1)	20	EXT	7,1	0,610	1,50	1,05	58%
VYP-18	Dveře (Z1)	20	EXT	4,4	0,650	1,70	1,17	55%

Obrázek 20 - Ukázka části protokolu PENB optimalizované varianty BD


Zdroj: vlastní zpracování v programu ENERGETIKA – DEKSOFT

Dle doplněných údajů byl průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy vypočten ve výši $U_{em} = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ řadí se do kategorie A s měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A = 67,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Hodnota celkové dodané energie na vytápění a rozdělení zdrojů energie je na základě odhadnutých hodnot pro vytápění teplovodem rovněž jako u původní varianty zcela orientační a pro další výpočty nebude uvažována stejně jako zařazení bytového domu dle primární energie z neobnovitelných zdrojů do klasifikační třídy D.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo:
PSČ, místo:
K.ú., parcelní č.:
Typ budovy: Bytový dům
Celková energeticky vztázná plocha: 1418 m²



KLASIFIKAČNÍ TŘÍDA

Primární energie z neobnovitelných zdrojů
kWh/(m²·rok)

Mimořádně úsporná	A	← 39.6
Velmi úsporná	B	← 59.4
Úsporná	C	← 79.2
Méně úsporná	D	← 114
Nehospodárná	E	← 143
Velmi nehospodárná	F	← 183
Mimořádně nehospodárná	G	


D
83.6

Požadavky pro výstavbu nové budovy od 1.1.2022
NEJSOU splněny

ROZDĚLENÍ DODANÉ ENERGIE

MWh/rok

■ účinná SZTE – OZE ≤ 80%: 131.7



UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	0.21 W/(m ² ·K)	A
	Měrná potřeba tepla na vytápění	67.1 kWh/(m ² ·rok)	
Celková dodaná energie		92.9 kWh/(m²·rok)	B
	Vytápění	92.9 kWh/(m²·rok)	B
	Chlazení	-	
	Nucené větrání	-	
	Úprava vlhkosti	-	
	Příprava teplé vody	-	
	Osvětlení	-	

Obrázek 21 - Grafické znázornění PENB optimalizované varianty BD
 Zdroj: vlastní zpracování v programu ENERGETIKA – DEKSOFT

2.2.4 Položkový rozpočet optimalizovaného BD

Na základě nově spočítaného energetického štítku PENB bylo možné upravit původně zpracovaný rozpočet na rozpočet nový pro optimalizovanou verzi BD. Úprava zahrnovala především aktualizaci použité tepelné izolace pro zateplení fasády, resp. z původní použité EPS izolace na minerální izolaci ISOVER TF Profi. Tato změna také vyžadovala přidání sěrkového tmele, perlínky a dále penetrace pod silikonovou pastovitou omítku. Další úprava spočívala v navýšení tloušťky tepelné izolace u podlahy, suterénní stěny a střechy nad ustupujícím podlažím.

Nejnákladnější změnou byla kompletně nová skladba ploché střechy nad 5.NP. Jelikož se jedná o skladbu zelené extenzivní střechy ST.2005B z DEK katalogu byla v programu Kros 4 využita funkce „Vlož skladbu z knihovny“ z BIM Platformy. Skladba byla poté upravena z hlediska tloušťky tepelné izolace dle požadavků na součinitel prostupu tepla a vložena do rozpočtu. Následně došlo k úpravě oddílu 766 – konstrukce truhlářské, kdy proběhla výměna plastových oken s dvojskly za dřevěná okna s trojskly včetně výměny balkonových dveří. Dále byla nutná záměna vchodových dveří z původních hliníkových na dřevohliníkové.

Položkový rozpočet nové optimalizované verze BD byl vyčíslen ve výši **38 274 924 Kč bez DPH**

Kód dílu - Popis	Cena celkem [CZK]
1) Náklady ze soupisu prací	37 160 120,09
HSV - Práce a dodávky HSV	19 917 416,87
1 - Zemní práce	162 960,88
2 - Zakládání	2 706 163,24
3 - Svíslé a kompletní konstrukce	4 780 976,90
4 - Vodorovné konstrukce	4 751 769,93
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	5 617 733,34
8 - Trubní vedení	12 494,55
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	1 002 951,71
997 - Přesun sutě	11 270,33
998 - Přesun hmot	871 095,99
PSV - Práce a dodávky PSV	12 477 744,17
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	195 259,31
712 - Povlakové krytiny	807 255,79
713 - Izolace tepelné	834 682,66
714 - Akustická a protiořesová opatření	38 025,00
720 - Zdravotní technika	1 304 857,09
730 - Ústřední vytápení	1 770 877,49
762 - Konstrukce tesařské	25 991,16
763 - Konstrukce suché výstavby	308 209,01
764 - Konstrukce klempířské	117 325,58
766 - Konstrukce truhlářské	3 095 772,51
767 - Konstrukce zámečnické	1 691 991,24
771 - Podlahy z dlaždic	674 702,96
775 - Podlahy skládané	721 035,71
777 - Podlahy lité	62 361,25
781 - Dokončovací práce - obklady	266 632,44
783 - Dokončovací práce - nátěry	4 295,42
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	381 053,32
786 - Dokončovací práce - čalounické úpravy	177 416,23
M - Práce a dodávky M	4 764 959,05
21-M - Elektromontáže	1 926 217,61
22-M - Montáže technologických zařízení pro dopravní stavby	714 564,60
24-M - Montáže vzduchotechnických zařízení	807 768,68
33-M - Montáže dopr.zařiz.,sklad. zař. a váh	1 130 000,00
36-M - Montáž prov.,měř. a regul. zařízení	186 408,16
2) Ostatní náklady	1 114 803,60
Zařízení staveniště	1 114 803,60
Celkové náklady za stavbu 1) + 2)	38 274 923,69

Obrázek 22 - Rekapitulace položkového rozpočtu optimalizované varianty BD

Zdroj: vlastní zpracování v KROS 4

2.2.5 Uhlíková stopa

Na základě použití stejné metodiky jako v kapitole 2.1.6 byly přiřazeny hodnoty GWP k jednotlivým materiálům v upravené limitce materiálů optimalizovaného objektu.

Celková částka za uhlíkovou stopu byla vyčíslena na **1 672 438 Kč**.

Tabulka 19 - Výpočet a ocenění uhlíkové stopy optimalizované varianty BD

j	Materiál	Hmotnost celkem [t]	GWP [t CO ₂ ekv./t]	Produkce CO ₂ [t]	Cena 1t CO ₂ [Kč]	Cena celkem CO ₂ [Kč]
1.	Anhydritový potěr	99,578	0,043	4,241	2 173,80	9 219,57
2.	Asfaltový nátěr	0,208	1,106	0,230		499,17
3.	Asfaltový pás	9,370	1,108	10,382		22 569,39
4.	Beton prostý	1427,798	0,110	156,902		341 074,16
5.	Cementový potěr, litý	3,864	0,170	0,658		1 431,29
6.	Cihla pálená dutinová	412,337	0,239	98,392		213 884,23
7.	Dřevotřísková deska	0,079	0,388	0,031		66,48
8.	Dřevovláknitá deska tvrdá	5,667	0,650	3,686		8 012,72
9.	Dveře venkovní, dřevo-Al	0,335	2,242	0,751		1 632,10
10.	Dveře vnitřní, dřevěné	3,123	1,335	4,168		9 059,84
11.	Epoxid	0,054	0,462	0,025		54,49
12.	Hliník	2,661	12,043	32,049		69 668,06
13.	Hlína těžená	8,974	0,003	0,026		57,26
14.	Keramická dlažba/obklad	9,702	0,782	7,584		16 486,75
15.	Litina	0,033	1,517	0,049		107,56
16.	Malta cementová	69,240	0,191	13,202		28 698,37
17.	Malta vápenocementová	16,526	0,396	6,546		14 229,21
18.	Minerální vlna, kamenná	22,521	1,133	25,518		55 471,32
19.	Ocel	67,424	5,095	343,525		746 755,03
20.	Okenní rám dřevěný	7,456	1,635	12,187		26 492,94
21.	Omítka vápenosádrová	69,815	0,147	10,251		22 284,26
22.	OSB deska	0,635	0,481	0,305		663,90
23.	Polyetylen HDPE	0,255	1,949	0,498		1 081,72
24.	Polyetylen PE	0,257	1,399	0,360		782,38
25.	Polypropylen	0,224	1,983	0,444		966,17
26.	Polystyren extrudovaný XPS	0,470	3,821	1,796		3 903,30
27.	Polystyren pěnový EPS	3,511	4,212	14,790		32 151,15
28.	Polyuretan	0,142	0,462	0,066		142,98
29.	Pórobetonové tvárnice	12,147	0,418	5,081		11 044,59
30.	Překližka	0,247	1,435	0,354		770,27
31.	PVC, polyvinylchlorid	0,631	2,008	1,268		2 756,35
32.	Řezivo, měkké dřevo	0,575	0,187	0,108		234,29
33.	Řezivo, tvrdé dřevo	3,271	0,109	0,356		773,34
34.	SDK deska	2,951	0,354	1,045		2 272,17
35.	Sílikon	2,823	2,711	7,652		16 634,12
36.	Štěrka	32,532	0,004	0,130		282,87
37.	Zasklení trojsklo	2,485	1,893	4,703		10 224,30
	Celkem	2299,921		769,361		1 672 438,09 Kč

2.2.6 Získání dotací

V rámci optimalizované varianty, která je lépe přizpůsobena energetickým a enviromentálním požadavkům lze zažádat o příspěvek z programu Nová zelená úsporám. Na základě návrhu zastřešení plochou zelenou extenzivní střechou bylo možné využít dotace ve výši 700 Kč/m² z oblasti podpory D – Adaptační a mitigační opatření, konkrétně podpora D.2 – Zelená střecha. Do plochy vegetačního souvrství nebylo možné započítat plochy atiky, světlíku a dojezd výtahu. Zelená střecha také musela splnit požadavek na odtokový součinitel $C \leq 0,55$, který určuje schopnost materiálů odvádět vodu. Ochranná vrstva hydroizolačního souvrství musela vyhovět požadavku plošné hmotnosti min 500 g/m². S ohledem na použití nopové folie DEKDREN T20 GARDEN s plošnou hmotností 1000 g/m² bylo tomuto kritériu vyhověno. [58]

Pro zjednodušení nebyly uvažovány podmínky doložení dokumentace, odborného posudku a vyplnění žádosti.

$$\begin{aligned} \text{Výše dotačního příspěvku} &= \text{plocha zastřešení} \times \text{dotační příspěvek} \\ &= 239,3 \times 700 = \mathbf{167\,930\,Kč} \end{aligned}$$

V případě, že by byla bakalářské práce zaměřena také na úpravu způsobu vytápění, využití dešťové vody, odpadní vody a použití dobíjecích stanic pro automobily, mohla by se výše dotačního příspěvku včetně dotace na projektovou dokumentaci a dotační bonus vyšplhat až na 672 000 Kč.

Energetický standard domu ⓘ Pasivní dům ✓ <input checked="" type="checkbox"/> Využiji environmentálně šetrné řešení projektu ⓘ	Zelená střecha ⓘ Bude součástí projektu ✓	Orientační výše dotace: 672 000 Kč	
Dešťovka ⓘ Systém pro využití odpadní a dešťové vody ✓	Teplo z odpadní vody ⓘ Centrální ✓		Dotace na opatření: 562 000 Kč
Dobíjecí stanice pro elektromobily ⓘ Budou instalovány 2 stanice ✓			Dotace na projektovou dokumentaci: 40 000 Kč
			Dotační bonus: 70 000 Kč

Obrázek 23 - Možná výše dotačních příspěvků při optimalizaci dalších subjektů
Zdroj: <https://novazelenausporam.cz/dotacni-kalkulacka/>

2.2.7 Pořizovací náklady na výstavbu BD

Pořizovací náklady na výstavbu hlavního stavebního objektu, resp. bytového domu byly vypočteny jako náklady z nově zpracovaného položkového rozpočtu (ZRN + VRN bez DPH) a cena za emisní povolenky vypuštěného ekvivalentu oxidu uhličitého stejně jako u původní varianty BD. U optimalizované varianty lze také celkovou částku ponížít o dotační příspěvek na zelenou střechu.

$$\begin{aligned} \text{Pořizovací náklady} &= (\text{ZRN} + \text{VRN}) + \text{Cena CO}_2 - \text{dotační příspěvek} \\ &= (37\,160\,120 + 1\,114\,804) + 1\,672\,438 - 167\,930 = \mathbf{39\,779\,432\,Kč\ bez\ DPH} \end{aligned}$$

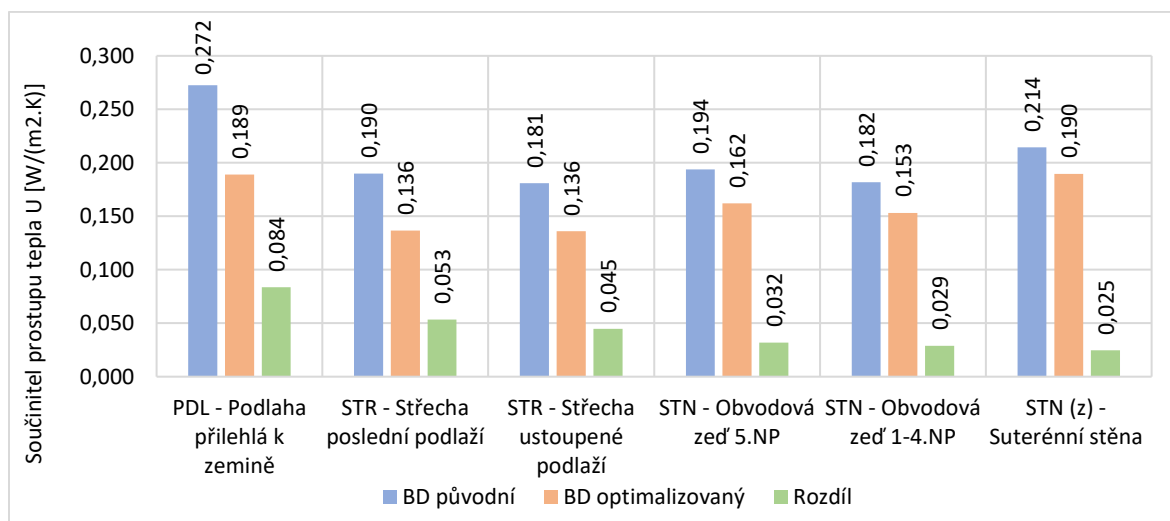
2.3 Vyhodnocení zjištěných parametrů

V praktické části bylo cílem vypočítat součinitele prostupu tepla a vygenerovat související energetický průkaz, dále zpracovat podrobný položkový rozpočet, ocenit uhlíkovou stopu pomocí emisních povolenek a určit celkové náklady na výstavbu bytového domu s přihlédnutím k dopadu na ŽP. Tyto ukazatele byly počítány pro dvě varianty bytových domů. První varianta byla zpracována pro bytový dům z roku 2017, který nesplňoval požadavky z hlediska energetické náročnosti obálky budovy a měl vysoké nároky na měrnou potřebu tepla na vytápění. Varianta druhá byla zaměřena na optimalizaci těchto parametrů a následné spočítání nových ukazatelů. Závěrečná kapitola praktické části je tudíž věnována vyhodnocení vypočítaných hodnot z kapitol 2 a 2.2.

2.4 Součinitele prostupu tepla

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí obálky původní varianty ukázal, že tyto konstrukce neodpovídají doporučeným požadavkům pro pasivní budovy. Nejvyšší hodnota součinitele byla vypočtena u podlahy přilehlé k zemině, avšak stále se jednalo o hodnotu odpovídající hodnotám U_{rec} – doporučená hodnota. Za konstrukci, která nebyla zařazena ani do kategorie s doporučenými hodnotami, ale požadovanými, byla určena střecha plochá nad 5.NP a střecha nad ustupujícím podlažím.

U varianty optimalizované zaměřené na vylepšení těchto hodnot, resp. úpravu skladeb a materiálů, bylo dosaženo minimálních požadavků pro pasivní budovy u všech zkoumaných konstrukcí. Největší optimalizací prošla plochá střecha nad 5.NP, u které byla kompletně změněná skladba střechy a díky zvoleným materiálům došlo ke snížení hodnot z požadovaných na doporučené pro pasivní budovy. Největší rozdíl hodnot vypočteného součinitele prostupu tepla U byl spočten u podlahy přilehlé k zemině, kde se hodnota původní a nová liší o 0,084 W/(m².K). Porovnání hodnot u původní a optimalizované varianty BD je zobrazeno v tabulce níže.

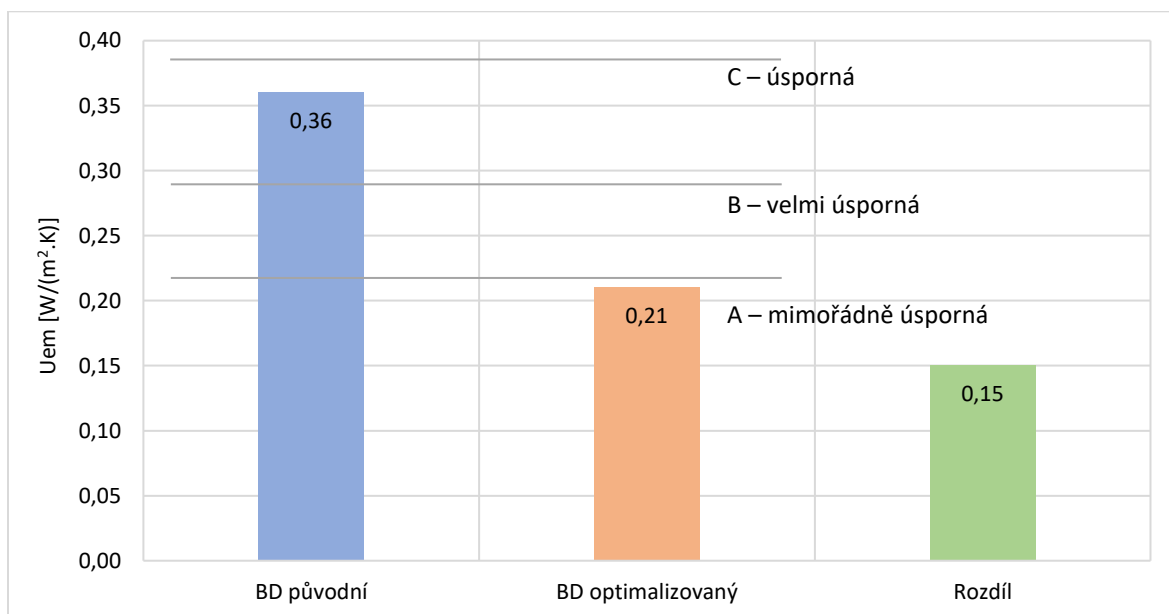


Obrázek 24 - Porovnání součinitele prostupu tepla konstrukcí obálky budovy

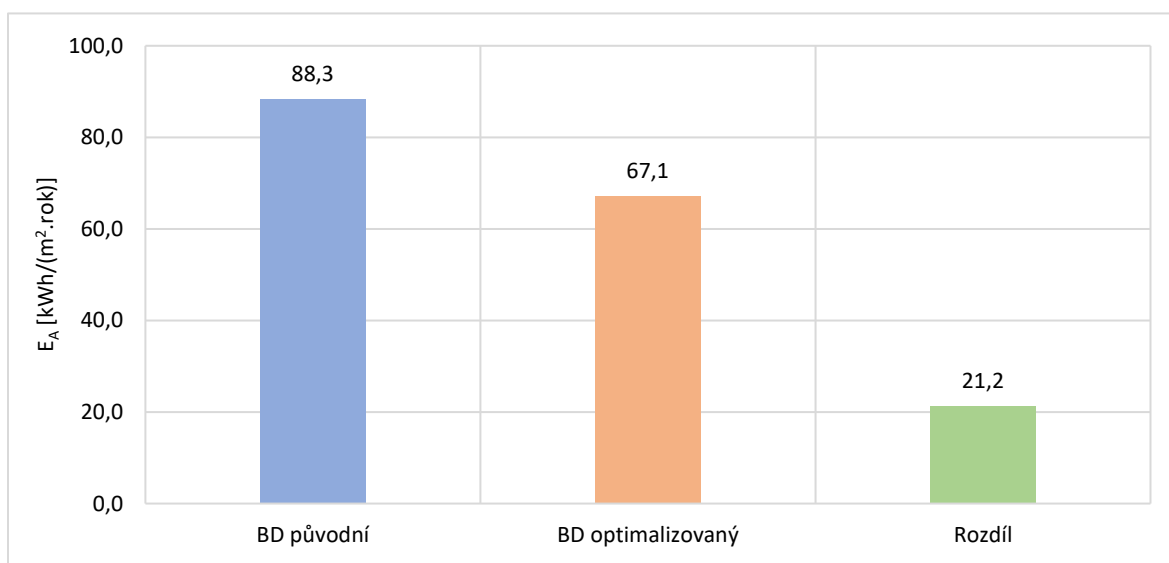
2.4.1 Energetická náročnost

Po zpracování protokolu PENB obou variant, vyšlo najevo, že průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} [W/(m².K)] se u optimalizované varianty BD oproti původní variantě snížil o 0,15 W/(m².K). Tento rozdíl způsobil vylepšení klasifikace obálky budovy z původní klasifikační třídy C – úsporná, do třídy A – mimořádně úsporná.

Na základě výsledku průměrného součinitele prostupu tepla budovy byla také určena měrná potřeba tepla na vytápění E_A [kWh/(m².rok)]. U původní méně energeticky sofistikované varianty byla tato hodnota vypočtena ve výši 88,3 kWh/(m².rok). U varianty nové, optimalizované byla hodnota rovna 67,1 kWh/(m².rok).



Obrázek 25 – Porovnání průměrného součinitele prostupu tepla budovy



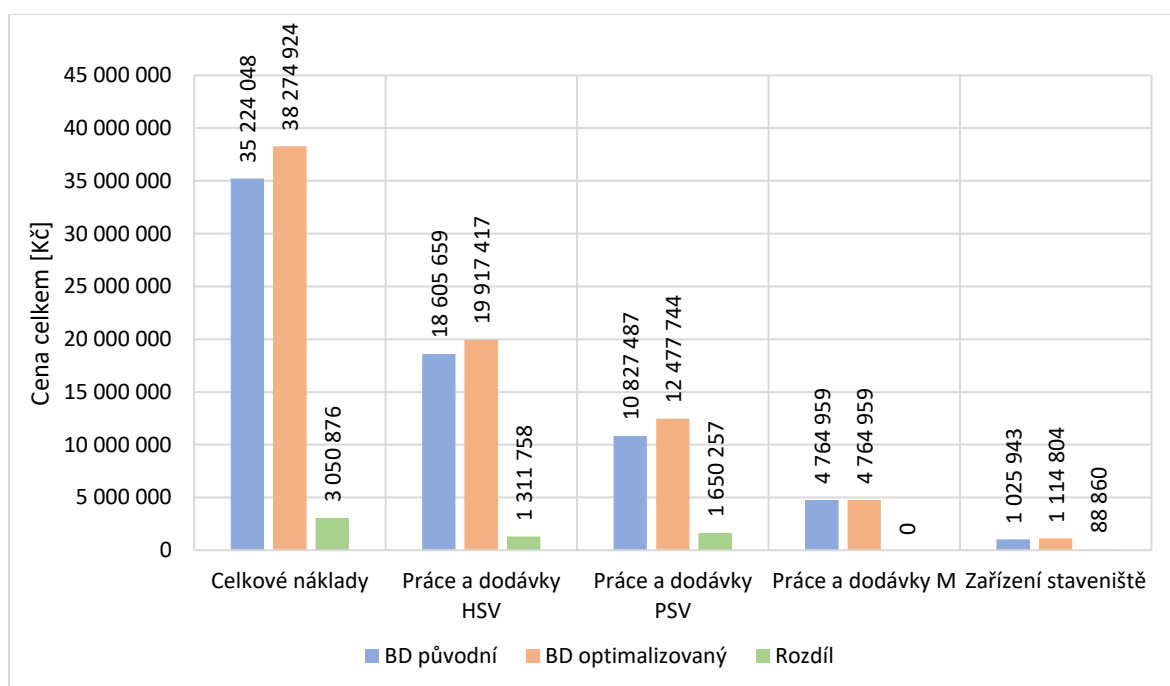
Obrázek 26 – Porovnání měrné potřeby tepla na vytápění

Podlahová plocha všech bytů byla vyčíslena na 936,7 m². Při odběru tepla z teplárny byla cena dle webu srovnaj.to stanovena na 3,57 Kč/kWh. Rozdíl měrné potřeby tepla na vytápění tedy zapříčinil snížení provozních nákladů o $(88,3-67,1) \times 936,7 \times 3,57 = 70\,893$ Kč/rok. Při průměrné ploše bytu 72,05 m² by se jednalo o roční úsporu ve výši $(70\,893/936,7) \times 72,05 = 5\,457$ Kč/byt/rok.

2.4.2 Rozpočet

Úpravou původního rozpočtu došlo k navýšení ceny u optimalizované varianty **BD o 3 050 876 Kč**. Tato změna byla především zapříčiněna změnou kontaktního zateplovacího systému, kdy vzhledem k vysokým cenám deskové minerální izolace byla tato cena o zhruba 1,3 mil. Kč vyšší. Další změna, která měla na nárůst celkových nákladů veliký vliv byl nový návrh střešního souvrství zelené střechy, který vyžadoval navýšení množství použité tepelné izolace, hydroizolace a geotextílie. V neposlední řadě přispěl ke zvýšení nákladů výběr nových výplní okenních a dveřních otvorů.

Tabulka níže zobrazuje porovnání ZRN a nákladů na zařízení staveniště u zpracovaných položkových rozpočtů se zobrazením rozdílů v jejich cenách.

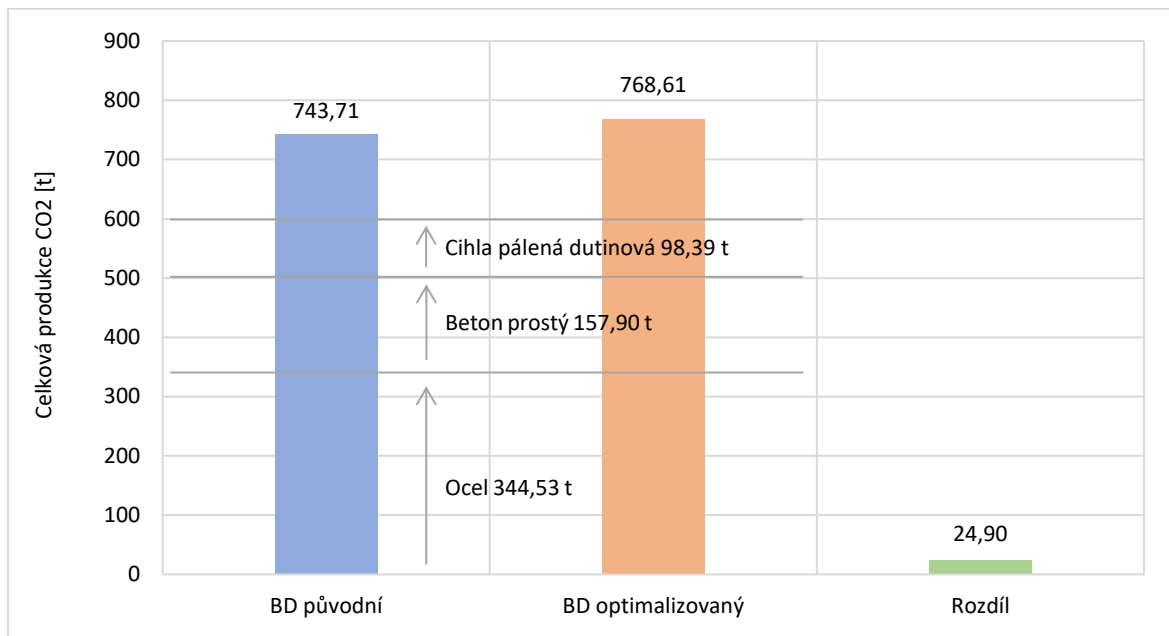


Obrázek 27 - Porovnání nákladů zpracovaných rozpočtů

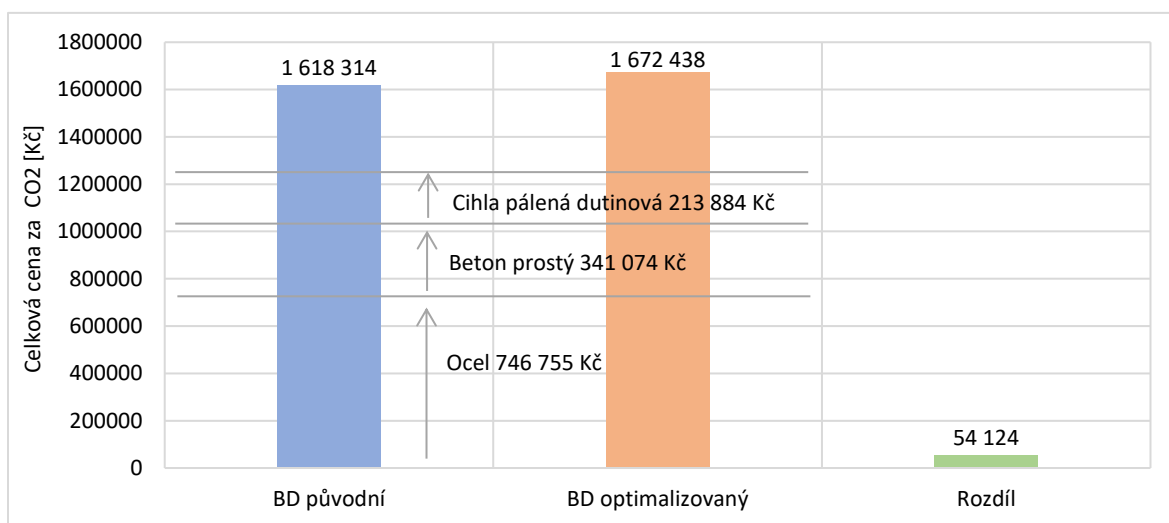
2.4.3 Uhlíková stopa

Přiřazením hodnot potenciálu globálního oteplování GWP [t CO₂ ekv./t] k jednotlivým materiálům v upravených limitkách materiálů bylo možné spočítat celkovou produkci CO₂ a tuto produkci následně ocenit. V následujících grafech je zobrazeno porovnání celkové uhlíkové stopy a její ceny u původní varianty BD a u varianty nové, optimalizované. U skladeb konstrukcí, které byly navrženy, či upraveny za účelem optimalizace energetické náročnosti se nepodařilo uhlíkovou stopu snížit.

Vzhledem k navýšení tloušťek použitých tepelných izolací a kompletně novému návrhu vegetačního souvrství střechy, které využívá velké množství materiálů je stopa u nové varianty BD o 24,90 t vyšší. Cenově se jedná o navýšení ceny emisních povolenek o 54 124 Kč. U obou variant jsou největšími producenty s neměnnými hodnotami: ocel, beton prostý a cihla pálená dutinová.



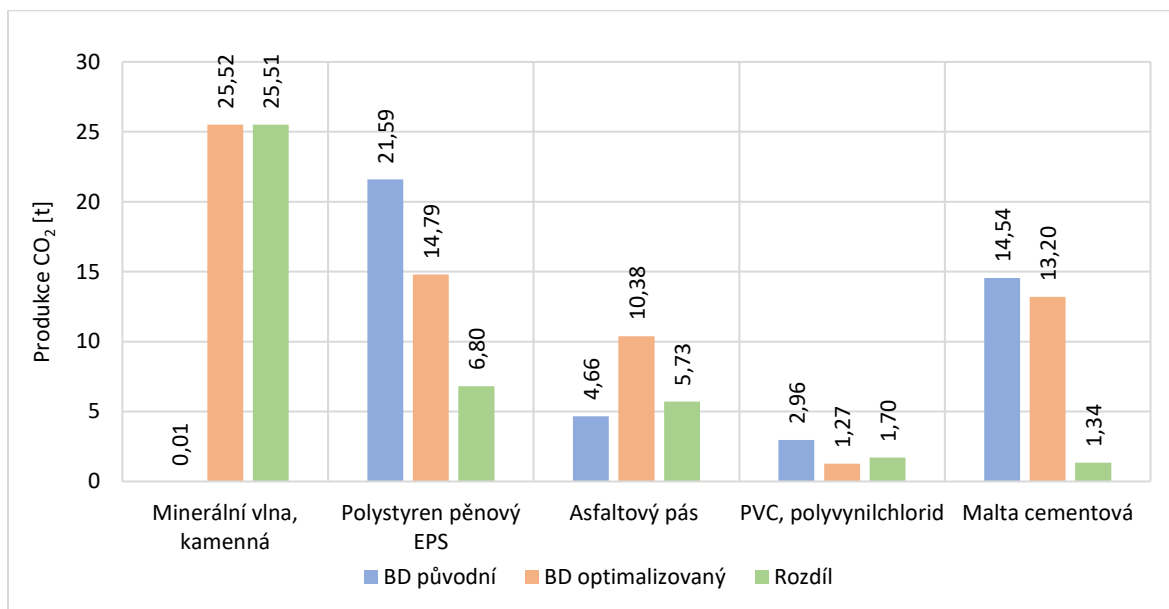
Obrázek 28 - Porovnání celkové produkce CO₂



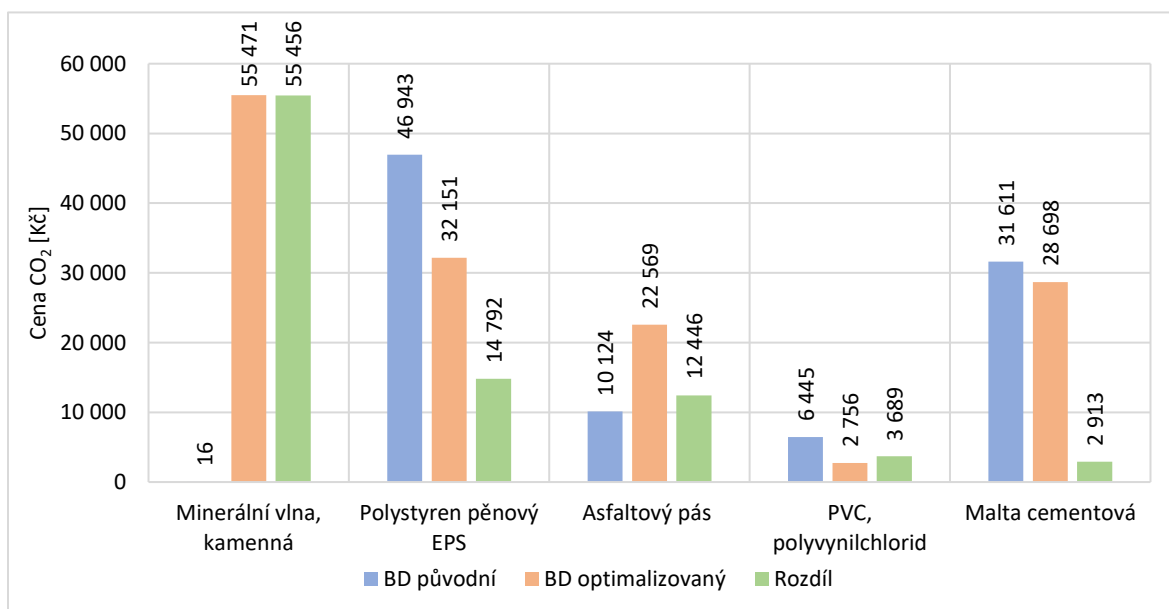
Obrázek 29 - Porovnání celkové ceny CO₂

Celkové porovnání produkce CO₂ a ceny za emisní povolenky jednotlivých materiálů je uvedeno jako příloha. Na obrázcích níže jsou zobrazeny dva grafy porovnávající velikosti uhlíkových stop a její ocenění u vybraných materiálů, u kterých vznikly největší rozdíly mezi produkcí/cenou u původní a upravené verze BD. Rozdíly byly spočteny a zobrazeny jako absolutní hodnoty kvůli přehlednosti grafu.

Podstatnou odlišnost lze nalézt především mezi původní a novou produkcí CO₂ u minerální vlny, která byla u optimalizované verze použita k zateplení fasády, rozdíl mezi těmito verzemi je 25,51 t, resp. došlo k navýšení nákladů o 55 456 Kč. Na druhou stranu u pěnového polystyrénu EPS nastalo díky změně zateplení fasády ke snížení hodnoty produkce z původních 21,59 t na 14,79 t a ke snížení nákladů o 14 792 Kč.



Obrázek 30 - Porovnání velikostí uhlíkové stopy vybraných materiálů



Obrázek 31 - Porovnání cen emisních povolenek CO₂ vybraných materiálů

2.4.4 Pořizovací náklady

Pořizovací náklady na výstavbu původní varianty bytového domu byly vyčísleny ve výši 36 842 362 Kč bez DPH. Po optimalizaci skladeb konstrukcí obvodového pláště však došlo k nárůstu této ceny celkem o 2 937 070 Kč na částku 39 779 432 Kč bez DPH. Tato částka pokrývá rozdíly mezi původním a novým rozpočtem, nově vyčíslenou uhlíkovou stopu a započítání dotačního příspěvku.

Původní varianta BD je tedy cenově méně nákladná, avšak je potřeba přihlédnout ke skutečnosti, že u varianty nové, optimalizované bylo dosaženo pasivního standardu pro obálku budovy a snížení měrné potřeby tepla. Důvodem zvýšení celkové ceny je především výše celkových nákladů na nově použité materiály, které jsou především u navrženého vegetačního souvrství a zateplení fasády ohleduplnější k ŽP, ale mnohem nákladnější.

Tabulka 20 - Porovnání celkových nákladů na hlavní stavební objekt

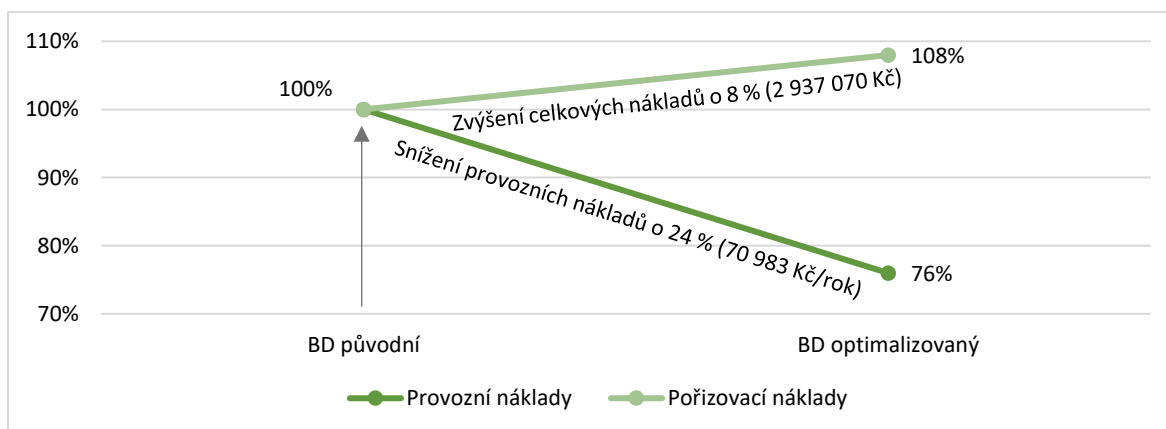
Celkové náklady	BD původní	BD optimalizovaný	Rozdíl
Rozpočet	35 224 048 Kč	38 274 924 Kč	3 050 876 Kč
Uhlíková stopa	1 618 314 Kč	1 672 438 Kč	54 124 Kč
Dotace	- Kč	- 167 930 Kč	- 167 930 Kč
Celkem	36 842 362 Kč	39 779 432 Kč	2 937 070 Kč

V kapitole 2.4.1 byl spočítán rozdíl provozních nákladů na vytápění mezi původní a optimalizovanou variantou BD. Úspora na jeden byt s průměrnou podlahovou plochou 72,05 m² byla vyčíslena na 5 456,69 Kč/byt/rok. Rozdíl celkových nákladů byl však vyčíslen na 2 937 070 Kč a následkem by bylo zvýšení pořizovací ceny jednotlivých bytů. Průměrné navýšení ceny za jeden byt bylo možné spočítat jako:

$$= (\text{Rozdíl celkových nákladů} / \text{celková podlahová plocha bytů}) \times \text{průměrná podlahová plocha bytu}$$

$$= (2\,937\,070 \text{ Kč} / 936,7 \text{ m}^2) \times 72,05 \text{ m}^2 = \mathbf{227\,969 \text{ Kč/byt}}$$

Snížené provozní náklady v průměru o 5 457 Kč/rok, resp. o 24 % je však spjato se zvýšením pořizovacích nákladů na byt ve výši 227 969 Kč, resp. o 8 %.



Obrázek 32 - Zobrazení procentních rozdílů nákladů optimalizovaného BD

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provést optimalizaci developerského projektu bytového domu s důrazem na environmentální aspekty, zejména snížení energetické náročnosti objektu a následného využití dotací podporující úsporné bydlení. Nově navržené skladby konstrukcí a použití šetrnějších materiálů vedly ke snížení průměrného součinitele prostupu tepla budovy a tím i k úsporám energie. Avšak, snížení energetické náročnosti nemusí být vždy spojeno se snížením dopadů na životní prostředí. Po přiřazení velikosti uhlíkové stopy k jednotlivým materiálům byla tato stopa celkově vyhodnocena a ukázala, že i přes snahu použít optimalizované skladby nelze vždy tuto stopu snížit. Důvodem je například snaha o využití dostupných dotací, které sice přispívají ke snížení celkových nákladů, ale vyžadují splnění specifických kritérií a mohou ovlivnit výběr použitých materiálů. Příkladem může být návrh nové skladby vegetačního souvrství na které lze uplatnit dotační příspěvek při splnění určitých podmínek. Zelená střecha obecně přispívá ke snížení tepelného zatížení díky absorpci slunečního záření, zlepšení kvality ovzduší, prodloužení životnosti střech a vytvoření zelené plochy ve městech. Použité materiály jsou však velmi nákladné a při porovnání ceny za střešní konstrukci u „běžného“ souvrství ploché střechy a vegetačního jsou znatelné velmi vysoké cenové rozdíly.

Původní varianta bytového domu byla úspěšně optimalizována v otázce snížení energetické náročnosti, avšak navýšení celkových nákladů by mohlo odradit potenciálního investora od souhlasu s realizací tohoto projektu. Navýšení nákladů by bylo promítnuto do ceny za nabízené bytové jednotky a vzhledem k dnešní situaci na trhu, kdy poptávka po vlastních nemovitostech spíše klesá i díky vysokým úrokovým sazbám, by nemusela být výstavba pro developera natolik atraktivní. Je však třeba si uvědomit, že otázka ochrany životního prostředí a udržitelný rozvoj je velmi důležitá a pro snížení dopadů je třeba podnikat kroky již nyní. Proto lze očekávat, že požadavky na výstavbu, především co se energetické náročnosti a velikost uhlíkové stopy týče, budou stále přísnější a díky nutnosti používat kvalitnější materiály s nižší uhlíkovou stopou dojde ke zvýšení nákladů na výstavbu nových budov, což může mít značný vliv na trh s nemovitostmi.

Bakalářská práce byla zaměřena především na optimalizaci obálky budovy bez uvážení změny způsobu vytápění, chlazení, využití odpadních vod, fotovoltaiky a další. Toto prohloubení práce by jistě přineslo širší pohled na celkovou optimalizaci v ohledu navýšení nákladů, velikosti uhlíkové stopy a možnosti využít další dostupné dotační příspěvky. Hlubší zkoumání této problematiky by mohlo být tématem pro diplomovou práci rozšiřující téma zpracované bakalářské práce.

Bibliografie

- [1] MANN, Michael E. *Nová klimatická válka: jak si vzít planetu zpět*. První vydání. Přeložil Pavel PECHÁČEK. Brno: Host, 2022. Klimax. ISBN 978-80-275-1143-3.
- [2] KRÁLOVÁ, Milena. Emisní povolenky. In: *Metodický Portál RVP.CZ* [online]. Národní pedagogický institut České republiky [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: https://wiki.rvp.cz/Knihovna/1.Pedagogick%C3%BD_lexikon/U/Udr%C5%BEiteln%C3%BD_rozvoj/Emisn%C3%AD_povolenky
- [3] TOMÁNKOVÁ, Jaroslava a Dana ČÁPOVÁ. *Management staveb*. Vyd. 1. Praha: FinEco, 2013. ISBN 978-80-86590-12-7.
- [4] *11. Obnovitelné zdroje energie, energie vody a větru: 11.1 Obnovitelný a neobnovitelný zdroj energie* [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: https://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_11.pdf
- [5] Iuridictum: Encyklopedie o právu. In: *Iuridictum* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: https://iuridictum.pecina.cz/w/Hlavn%C3%AD_strana
- [6] HALAMA, Miroslav. *Uhlíková stopa ve stavebnictví a její teoretická hodnota*. Brno, 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.
- [7] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta, Stanislav VITÁSEK, Lucie BROŽOVÁ a Iveta STŘELCOVÁ. *Oceňování staveb*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06748-2.
- [8] TŘEBICKÝ, Viktor. *Metodika stanovení uhlíkové stopy podniku*. Rudná: CI2, o.p.s., 2016. ISBN 978-80-906341-3-8.
- [9] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Udržitelný rozvoj. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2008 [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj
- [10] ČESKÁ STATISTICKÝ ÚŘAD. 3. ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ: Životní prostředí - metodika. In: *Český Statistický Úřad* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/10n1-05-_2005-zivotni_prostredi___metodika

- [11] TOMÁNKOVÁ, Jaroslava a Dana ČÁPOVÁ. Enviromentální management. In: *Management staveb: Systémy enviromentálního managementu (EMS)*. Praha: FinEco, 2013, s. 216. ISBN 978-80-86590-12-7.
- [12] POJAR, Jan, Jiří KARÁSEK, Michal BAČOVSKÝ, Jakub KVASNICA a Lucie MEDOVÁ. *Energetický management budov*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06683-6.
- [13] ÚZ 1535 - *Energetika: zásadní změny od roku 2023 : energetický zákon, zákon o podporovaných zdrojích energie, zákon o hospodaření energií, nový zákon o opatřeních k přechodu k nízkouhlíkové energetice : podpora v době energetické krize, zjednodušení instalace a provozu výroben elektřiny z obnovitelných zdrojů : redakční uzávěrka 13.2.2023*. Ostrava: Sagit, 2023. ÚZ. ISBN 978-80-7488-576-1.
- [14] VERLAG DASHÖFER. Energetický zákon a jeho novely: Novela č. 19/2023 Sb. In: *ENVI profi.cz* [online]. Praha 6: EnergetikaInfo.cz [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: https://www.enviprofi.cz/33/energeticky-zakon-a-jeho-novely-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqWeX-UDwEJOdIsmGzvNcUo/?uri_view_type=5
- [15] ČSN 73 0540. *Tepelná ochrana budov: Část 1-4*. Praha: Český normalizační institut. Třídící znak: 730540.
- [16] ŠÁLA, Jiří, Lubomír KEIM, Zbyněk SVOBODA a Jan TYWONIAK. *Tepelná ochrana budov: Komentář k ČSN 73 0540* [online]. In: . Praha [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace_Komentar_k_CSN_73_0540_Tepelna_ochrana_budov_2220047206.pdf
- [17] ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005. Třídící znak 730540.
- [18] KNÍŽKOVÁ, Ivana a Petr KUNC. *INFRAČERVENÁ TERMOGRAFIE: Specifika a správné postupy měření živých objektů* [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2021/01/3_INFRA%C4%8CERVEN%C3%81-TERMOGRAFIE_TISK-FINAL.pdf. Certifikovaná metodika.
- [19] POČINKOVÁ, Marcela a Olga RUBINOVÁ. *Infračervená termografie ve stavebnictví*. In: *Tzbinfo* [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/5891-infracervena-termografie-ve-stavebnictvi>

- [20] Certifikace budov podle standardu LEED. In: *Enerfis* [online]. Enerfis, s.r.o., 2020 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/certifikace-budov-breeam-leed-sbtoolcz/certifikace-budov-leed>
- [21] VERDINEZ, Deisy. Top 10 countries for LEED in 2021. In: *U.S. Green Building Council: Transforming buildings and communities through LEED* [online]. USGBC [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.usgbc.org/articles/usgbc-announces-top-10-countries-and-regions-leed-2021>
- [22] ENERFIS, S.R.O. Certifikace budov podle standardu BREEAM. In: *Enerfis* [online]. 2020 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/certifikace-budov-breeam-leed-sbtoolcz/certifikace-budov-breeam>
- [23] ENERFIS, S.R.O. Certifikace budov podle standardu BREEAM: Hodnotící proces. In: *Enerfis* [online]. 2020 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/certifikace-budov-breeam-leed-sbtoolcz/certifikace-budov-breeam>
- [24] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky: A.5.2 Nízkoenergetické budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2011, 56 s. Třídící znak: 730540.
- [25] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011, 56 s. Třídící znak: 730540.
- [26] TYWONIAK, Jan. *Sledování energetických vlastností pasivních domů*. Praha: Grada pro Katedru konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze, 2012. ISBN 978-80-247-4277-9.
- [27] VARGA, Martin. *Nulové budovy: Semináře DEKSOFT 2016* [online]. In: . [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: https://deksoft.eu/download/index?file=20161110/10_Nulove_budovy_VARGA.pdf
- [28] GEBAUER, Pavel. *Domy s nulovou spotřebou energie: geniální návrh, nebo nesmyslná regulace EU? : sborník textů*. Praha: Centrum pro ekonomiku a politiku, 2012. ISBN 978-80-87460-09-2.
- [29] BERNARDINOVÁ, Anna a Miroslav MAREŠ. *Zpracování průkazu energetické náročnosti budovy: praktická příručka pro všechny majitele rodinných a bytových domů, bytů a pro realitní kanceláře*. Praha: Linde Praha, 2013. ISBN 978-80-7201-914-4.
- [30] II: Otázky a odpovědi z praxe ke zpracování průkazu energetické náročnosti budov. In: BERNADINOVÁ, Anna a Miroslav MAREŠ. *Zpracování průkazu energetické náročnosti*

budovy: praktická příručka pro všechny majitele rodinných a bytových domů, bytů a pro realitní kanceláře. Praha: Linde Praha, 2013, s. 20, 152 s. ISBN 978-80-7201-914-4.

- [31] BÍLÁ, Jarmila. Průkaz energetické náročnosti budov (PENB). Kdy ho potřebujete?. In: *REMAX Alfa* [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.remmaxalfa.cz/kdy-majitele-nemovitosti-potrebuji-prukaz-energeticke-narocnosti-budov/#:~:text=n%C3%A1jemn%C3%AD%20smlouvy%20n%C3%A1jemci.-,Kdy%20pr%C5%AFkaz%20nepot%C5%99ebujete%20p%C5%99i%20pron%C3%A1jmu,n%20ejsou%20ur%C4%8Deny%20k%20administrativn%C3%AD%20%C4%8Dinnosti>.
- [32] TRICOIRE, Jean-Pascal. Why buildings are the foundation of an energy-efficient future. In: *World Economic Forum* [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.weforum.org/agenda/2021/02/why-the-buildings-of-the-future-are-key-to-an-efficient-energy-ecosystem/>
- [33] TECHNICKYTYDENIK.CZ. Energetika v roce 2050: realita, nebo fikce?. In: *Technickyportal.cz* [online]. Praha: Business Media CZ [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/energetika-v-roce-2050-realita-nebo-fikce_33929.html#:~:text=Energetick%C3%BD%20mix%20Energetiku%20budoucnosti%20budou,nov%C4%9B%20tak%C3%A9%20v%20roli%20v%C3%BDrobc%C5%AF.
- [34] ŠPRINCLOVÁ, Zuzana. Energie budoucnosti: vědci zvýšili výkon solárních článků s perovskity. In: *Akademie věd České republiky* [online]. Praha: Středisko společných činností AV ČR [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/chemicke-vedy/Energie-budoucnosti-vedci-zvysili-vykon-solarnich-clanku-s-perovskity/#:~:text=Energie%20budoucnosti%3A%20v%C4%9Bdci%20zv%C3%BD%C5%A1ili%20v%C3%BDkon%20sol%C3%A1rn%C3%ADch%20%C4%8DI%C3%A1nk%C5%AF%20s%20perovskity,-V%C4%9Bda%20a%20v%C3%BDzkum&text=Perovskitov%C3%A9%20sol%C3%A1rn%C3%AD%20%C4%8DI%C3%A1nky%20jsou%20slibnou,v%C3%BDkonn%C4%9Bj%C5%A1%C3%AD%20C%20flexibiln%C4%9Bj%C5%A1%C3%AD%20a%20ekologicky%20C5%A1etrn%C4%9Bj%C5%A1%C3%AD>.
- [35] PODCAST BUDOUCNOST R. Jaká je budoucnost energetiky? „Současné jaderné elektrárny musíme nahradit něčím vyspělejším,“ říká Drábová. In: *Radiožurnál* [online]. [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://radiozurnal.rozhlas.cz/jaka-je-budoucnost-energetiky-soucasne-jaderne-elektrarny-musime-nahradit-necim-8157795>. Podcast.

- [36] LUPAČ, Miroslav a Viktor TŘEBICKÝ. *Uhlíková stopa města: metodika pro stanovení místního příspěvku ke klimatické změně*. Praha: Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj, 2012. ISBN 978-80-87549-05-6.
- [37] HOFFMAN, Andrew J. *Carbon strategies: how leading companies are reducing their climate change footprint*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 2007. ISBN 04-720-3265-8.
- [38] MÜLLEROVÁ, Tereza. *Možnosti hodnocení dopadu ekonomických činností na životní prostředí*. Liberec, 2013. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Ekonomická fakulta. Vedoucí práce Ing. Magdalena Zbránková, Ph.D.
- [39] JANEČEK, Jan. LCA (analýza životního cyklu) a EPD (environmentální prohlášení o produktu). In: *Atelier DEK* [online]. DEK, a.s., 2022 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/lca-anal%C3%BDza-%C5%BEivotn%C3%ADho-cyklu-epd-environment%C3%A1ln%C3%AD-prohl%C3%A1%C5%A1en%C3%AD-o-produktu-646#:~:text=Pro%20LCA%20je%20typick%C3%A9%2C%20%C5%BEe,b%C4%9Bhem%20cel%C3%A9ho%20jeho%20%C5%BEivotn%C3%ADho%20cyklu>.
- [40] *Envimat: První český katalog stavebních produktů a dopadů jejich výroby na životní prostředí* [online]. Praha: Envimat.cz, 2010 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/>
- [41] Hranice analýzy uhlíkové stopy. In: *CI2* [online]. Rudná: Squelle, 2013 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://ci2.co.cz/cs/hranice-analyzy-uhlikove-stopy>
- [42] ČESKÁ INFORMAČNÍ AGENTURA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Environmentální prohlášení o produktu. In: *Česká informační agentura životního prostředí: cenía* [online]. Praha, 2023 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.cenia.cz/spolecenska-odpovednost/epd/>
- [43] ENVIMAT.CZ. Slovník pojmů. In: *Envimat* [online]. Praha: Envimat.cz, 2010 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/pojmy#GWP>
- [44] VICHNAROVÁ, Lenka a Jolana NOVÁKOVÁ. *Financování bydlení*. Brno: ERA, 2007. Stavíme. ISBN 978-80-7366-079-6.
- [45] SYROVÝ, Petr. *Financování vlastního bydlení*. 5., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada, 2009. Osobní a rodinné finance. ISBN 978-80-247-2388-4.
- [46] GEPARD FINANCE A.S. ÚROKOVÉ SAZBY HYPOTÉK 2023. In: *Gepard: HYPOTEČNÍ SPECIALISTA* [online]. Praha: GEPARD FINANCE a.s., 2022 [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.gpf.cz/urokove-sazby-hypotek>

- [47] GENERALI ČESKÁ POJIŠŤOVNA A. S. Investiční úvěr: jak ho získat a jaké má výhody a nevýhody?. In: *GENERALI ČESKÁ Profi* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.generaliceskaprofi.cz/ze-zivota/investicni-uver-jak-ho-ziskat-a-jake-ma-vyhody-a-nevyhody->
- [48] PARLAMENT ČESKÉ REPUBLIKY. Zákon č. 218/2000 Sb.: Zákon o rozpočtových pravidlech a o změně některých souvisejících zákonů (rozpočtová pravidla). In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, s.r.o., 2010 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-218>
- [49] STRNADOVÁ, Zuzana. *Co by měl vědět příjemce dotace*. Praha: Grada Publishing, 2019. Finance a investování. ISBN 978-80-247-3076-9.
- [50] *Nová zelená úsporám* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2022 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/>
- [51] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. Jak získat dotaci z fondů EU: 10 kroků k získání dotace. In: *DotaceEU.cz: Zastřešující portál Evropských strukturálních a investičních fondů v ČR* [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.dotaceeu.cz/cs/jak-ziskat-dotaci/10-kroku-k-ziskani-dotace#:~:text=Na%20za%C4%8D%C3%A1tku%20je%20t%C5%99eba%20si,a%20promyslet%20financov%C3%A1n%C3%AD%20projektu.>
- [52] Operační program životní prostředí: O programu. In: *Operační program Životní prostředí* [online]. Evropská Unie [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://opzp.cz/o-programu/>
- [53] NĚMEC, Libor a Jana ZAHŘÁNKOVÁ. *Finanční crowdfunding*. Praha: Wolters Kluwer, 2019. Právní monografie (Wolters Kluwer ČR). ISBN 978-80-7552-980-0.
- [54] M. BRYAN, Ian, Juraj ČAREŠNÁK a TREMBULÁK. *Projektová dokumentace D1.B1b (SO 105) - Berounské Terasy: Dokumentace architektonická, stavební, PBŘS, TZB* [online]. 2017. [cit. 06.05.2023].
- [55] *ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU: podle ČSN EN ISO 14025:2010 a ČSN EN 15804 + A1:2014* [online]. Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., 2019 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2020/03/EPD-Xella-CZ.pdf>
- [56] Okna PROGRESSION: Minimalistický vzhled oken. In: *Slavona* [online]. Praha: SLAVONA, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.slavona-praha.cz/produkty/okna-progression/>

- [57] Vchodové dveře: Specifikace. In: *Slavona* [online]. Slavona.cz, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <http://www.slavona.cz/vchodove-dvere/#specifikace>
- [58] STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory programu Nová zelená úsporám v rámci Národního plánu obnovy: BYTOVÉ DOMY*. Praha 4: www.novazelenausporam.cz, 2022.
- [59] *Porotherm 30 P+D: Vnější a vnitřní nosná stěna* [online]. In: . Wienerberger [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/wall/CZ_POR_TEC_Pth_30.pdf
- [60] *Isover EPS 70F: Fasádní desky z pěnového polystyrenu* [online]. In: . Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/en/documents/technicke-listy/pds-isover-eps-70f-cs-cz.pdf>
- [61] *Porotherm 24 P+D: Vnější a vnitřní nosná stěna* [online]. In: . Wienerberger [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/wall/CZ_POR_TEC_Pth_24.pdf
- [62] STYRODUR. *Technická data: Příručka pro projektování* [online]. BASF [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.rajstavitelu.cz/userdata/product/Technicka-data-Styrodur-3000-CS.pdf>
- [63] *GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL: HYDROIZOLAČNÍ PÁS Z SBS MODIFIKOVANÉHO ASFALTU S NOSNOU VLOŽKOU ZE SKLENĚNÉ TKANINY* [online]. In: . DEK, a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://cdn1.idek.cz/dek/document/854386352-glastek-40-special-mineral>
- [64] ČESKOMORAVSKÝ BETON. *TECHNICKÝ LIST: ANHYMENT* [online]. In: . HEIDELBERGCEMENT Group [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.transportbeton.cz/stahnout-soubor?id=3776>
- [65] *ISOVER EPS RigiFloor 4000: Elastifikované desky pro kročejový útlum podlah* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/dokumenty/technicke-listy/pds-isover-eps-rigifloor-4000-cs-cz.pdf>
- [66] *ISOVER EPS 100: Stabilizované desky z pěnového polystyrenu* [online]. In: . Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/dokumenty/technicke-listy/pds-isover-eps-100-cs-cz.pdf>

- [67] *FILTEK: GEOTEXTILIE SEPARAČNÍ, OCHRANNÁ, FILTRAČNÍ A ZPEVŇOVACÍ* [online]. In: . DEK, a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://cdn1.idek.cz/dek/document/1798463480-filtek>
- [68] *DEKPLAN: STŘEŠNÍ HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE Z MĚKČENÉHO PVC* [online]. In: . DEK, a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://cdn1.idek.cz/dek/document/1659300635-dekplan-pro-strechy>
- [69] *DEKPRIMER: ASFALTOVÁ PENETRAČNÍ EMULZE* [online]. In: . DEK, a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://cdn1.idek.cz/dek/document/626704947>
- [70] *ISOVER EPS 150: Stabilizované desky z pěnového polystyrenu* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/dokumenty/technicke-listy/pds-isover-eps-150-cs-cz.pdf>
- [71] *ISOVER TF Profi: Minerální izolace z kamenných vláken* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/dokumenty/technicke-listy/technick-list-isover-tf-profi.pdf>
- [72] *MATERIÁLY PRO VEGETAČNÍ STŘECHY* [online]. In: . Praha: DEK, a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://cdn1.idek.cz/dek/document/341588659-materialy-pro-vegetacni-strechy>
- [73] *GLASTEK 30 STICKER PLUS: SAMOLEPICÍ ASFALTOVÝ PÁS Z SBS MODIFIKOVANÉHO ASFALTU S NOSNOU VLOŽKOU ZE SKLENĚNÉ TKANINY* [online]. In: . DEK, a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://cdn1.idek.cz/dek/document/354788146-glastek-30-sticker-plus>
- [74] *ELASTEK 50 GARDEN: HYDROIZOLAČNÍ PÁS Z SBS MODIFIKOVANÉHO ASFALTU S NOSNOU VLOŽKOU Z POLYESTEROVÉ ROHOŽE A S ADITIVY PROTI PRORŮSTÁNÍ KOŘENŮ* [online]. In: . DEK, a.s. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://cdn1.idek.cz/dek/document/1020592015>

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Termovizní diagnostika budov.....	10
Obrázek 2 - Grafická podoba průkazu energetické náročnosti budov	15
Obrázek 3 - Zařazení objektů dle maximální roční spotřeby energie do kategorií.....	16
Obrázek 4 - Předpokládaný vývoj světové produkce elektrické energie dle zdrojů.....	17
Obrázek 5 - Rozdělení emisí CO ₂ dle sektorů v roce 2022	18
Obrázek 6 - Hranice stanovení dopadů životního cyklu materiálu pomocí metody LCA.....	19
Obrázek 7 - Rozdělení produkce skleníkových plynů dle GHG protokolu	20
Obrázek 8 - Započítané fáze životního cyklu výrobku ISOVER TF Profi.....	22
Obrázek 9 - Enviromentální dopady ISOVER TF Profi	22
Obrázek 10 - Enviromentální dopady ISOVER N dle databáze EPD	23
Obrázek 11 - Ukázka z katalogu materiálů Envimat	23
Obrázek 12 - Vývoj úrokových sazeb hypoték mezi obdobími 5/21–2/23	25
Obrázek 13 - Statistika čerpání dotací v Operačním programu ŽP v letech 2014-2027	28
Obrázek 14 - Pohled jižní	31
Obrázek 15 - Půdorys typického podlaží (2.-4. NP).....	32
Obrázek 16 - Ukázka části protokolu PENB původní varianty BD	36
Obrázek 17 - Grafické znázornění PENB původní varianty BD.....	37
Obrázek 18 - Rekapitulace položkového rozpočtu původní varianty BD.....	38
Obrázek 19 – Vybraná skladba zastřešení nad 5.NP z katalogu DEK	42
Obrázek 20 - Ukázka části protokolu PENB optimalizované varianty BD	46
Obrázek 21 - Grafické znázornění PENB optimalizované varianty BD	47
Obrázek 22 - Rekapitulace položkového rozpočtu optimalizované varianty BD	48
Obrázek 23 - Možná výše dotačních příspěvků při optimalizaci dalších subjektů.....	50
Obrázek 24 - Porovnání součinitele prostupu tepla konstrukcí obálky budovy	51
Obrázek 25 – Porovnání průměrného součinitele prostupu tepla budovy	52
Obrázek 26 – Porovnání měrné potřeby tepla na vytápění.....	52
Obrázek 27 - Porovnání nákladů zpracovaných rozpočtů.....	53
Obrázek 28 - Porovnání celkové produkce CO ₂	54
Obrázek 29 - Porovnání celkové ceny CO ₂	54
Obrázek 30 - Porovnání velikostí uhlíkové stopy vybraných materiálů.....	55
Obrázek 31 - Porovnání cen emisních povolenek CO ₂ vybraných materiálů.....	55
Obrázek 32 - Zobrazení procentních rozdílů nákladů optimalizovaného BD.....	56

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Základní vlastnosti pasivních budov.....	13
Tabulka 2 - Porovnání uhlíkové stopy vybraných stavebních materiálů	21
Tabulka 3 - Výpočet U obvodové nosné zdi v typickém podlaží (původní BD).....	33
Tabulka 4 - Výpočet U obvodové nosné zdi v posledním podlaží (původní BD).....	34
Tabulka 5 - Výpočet U suterénní stěny přilehlé k zemině (původní BD)	34
Tabulka 6 - Výpočet U podlahy přilehlé k zemině (původní BD)	34
Tabulka 7 - Výpočet U střešní konstrukce nad posledním podlažím (původní BD).....	35
Tabulka 8 - Výpočet U střešní konstrukce nad ustoupeným podlažím (původní BD)	35
Tabulka 9 - Výpočet a ocenění uhlíkové stopy původní varianty BD.....	39
Tabulka 10 - Výpočet U obvodové nosné zdi v typickém podlaží (optimalizovaný BD)	43
Tabulka 11 - Výpočet U obvodové nosné zdi v posledním podlaží (optimalizovaný BD)	43
Tabulka 12 - Výpočet U suterénní stěny přilehlé k zemině (původní BD)	43
Tabulka 13 - Výpočet U podlahy přilehlé k zemině (optimalizovaný BD)	44
Tabulka 14 - Výpočet U střešní konstrukce nad posledním podlažím (optimalizovaný BD)	44
Tabulka 15 - Výpočet U střešní konstrukce nad ustoupeným podlažím (optimalizovaný BD)	45
Tabulka 16 - Výpočet a ocenění uhlíkové stopy optimalizované varianty BD	49
Tabulka 17 - Porovnání celkových nákladů na hlavní stavební objekt	56

Seznam rovnic

Rovnice 1.1 - Součinitel prostupu tepla (ČSN 73 0540-4)

Rovnice 1.2 - Tepelný odpor (ČSN 73 0540-4)

Seznam příloh

Příloha 1 - Podrobný protokol k výpočtu U_{em} původní varianty BD

Příloha 2 - Položkový rozpočet původní varianty BD

Příloha 3 - Upravená limitka materiálů původní varianty BD

Příloha 4 – Podrobný protokol k výpočtu U_{em} optimalizované varianty BD

Příloha 5 - Položkový rozpočet optimalizované varianty BD

Příloha 6 - Upravená limitka materiálů optimalizované varianty BD

Příloha 7 - Celkové porovnání produkce a ocenění uhlíkové stopy

Seznam použitých zkratk

AP	Acidification Potential (Potenciál acidifikace)
BD	Bytový dům
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method (nepřekládáno)
CO ₂	Oxid uhličitý
ČAS	Česká agentura pro standardizaci
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
ČVUT	České vysoké učení technické
EN	Evropská norma
EPD	Environmental Product Declarations (Enviromentální deklarace výrobku)
EPS	Expandovaný polystyren
EU	Evropská Unie
GHG	GreenHouse Gass Protocol (nepřekládáno)
GWP	Global warming potential (Potenciál globálního oteplování)
HDP	Hrubý domácí produkt
HI	Hydroizolace
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
JKSO	Jednotná klasifikace stavebních objektů
LCA	Life-Cycle Assessment (Posuzování životního cyklu)
LEED	Leadership in Energy and Enviromental Design (nepřekládáno)
NP	Nadzemní podlaží
OR	Obchodní rejstřík
PAS	Publicly Available Specification (nepřekládáno)
PBŘS	Požárně bezpečnostní řešení stavby

PD	Projektová dokumentace
PE	Polyethylen
PEI	Primary Energy Input (Spotřeba primární energie)
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
PIR	Polyisokyanurátová pěna
PTH	Porotherm
RD	Rodinný dům
t CO ₂ ekv./ t	Množství tun ekvivalentu oxidu uhličitého na jednu tunu výrobku
TZ	Technická zpráva
VRN	Vedlejší rozpočtové náklady
XPS	Extrudovaný polystyren
ZRN	Základní rozpočtové náklady
ŽB	Železobeton
ŽP	Životní prostředí