

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB



**POSOUZENÍ BUDOVY ČVUT-UCĚEB POMOCÍ EU
LEVEL(S) A NÁVRH OPATŘENÍ KE ZLEPŠENÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023/2024

Vypracovala:

Bc. Jana Šafaříková

Vedoucí práce:

doc. Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šafaříková** Jméno: **Jana** Osobní číslo: **484532**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra konstrukcí pozemních staveb**
Studijní program: **Budovy a prostředí**
Studijní obor: **Budovy a prostředí**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Posouzení budovy ČVUT-UCEEB pomocí EU Level(s) a návrh opatření ke zlepšení

Název diplomové práce anglicky:

Assessment of ČVUT-UCEEB building in EU Level(s) and design of improvement measures

Pokyny pro vypracování:

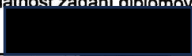


Cílem práce je provést hodnocení udržitelnosti budovy budovy ČVUT-UCEEB pomocí certifikačního nástroje EU Level(s), rámcově navrhnout opatření pro zlepšení, a některá z nich navrhnout detailněji.

Osnova práce

- * Úvod
- * Udržitelnost ve stavebnictví, proč je důležitá
- * Hodnotící a certifikační nástroje udržitelnosti v EU a v ČR
- * Cíle práce
- * Nastudovat si systém Level(s)
- * Provést hodnocení udržitelnosti budovy budovy ČVUT-UCEEB pomocí certifikačního nástroje EU Level(s)
- * Rámcově navrhnout opatření pro zlepšení, a některá z nich navrhnout detailněji.
- * Vyhodnotit, jak navržená opatření zlepšují hodnocení pomocí budovy ČVUT-UCEEB v EU Level(s)
- * Zhodnotit, jak se s nástrojem EU Level(s) pracovalo (jaká byla časová náročnost, která data byla snadno dostupná a která hůře atd.)
- * Metody
- * Nastudovat si Level(s)
- * Získat potřebné podklady k budově ČVUT-UCEEB
- * Provést hodnocení
- * Zamyslet se, kde by mohl být největší potenciál ke zlepšení
- * Navrhnout opatření ke zlepšení
- * Technicky
- * Rámcově odhadnout náročnost náklady na opatření
- * Vyhodnotit stav po aplikaci opatření
- * Vyhodnotit práci s nástrojem, zamyslet se nad tím, co by se dalo udělat lépe
- * Výsledky
- * Výsledky výchozího hodnocení
- * Návrh opatření
- * Vyhodnocení po provedení opatření
- * Závěr
- * Doporučení která opatření aplikovat
- * Shrnutí


Seznam doporučené literatury:

https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:		
doc. Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D. katedra konstrukcí pozemních staveb FSV		
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:		
Datum zadání diplomové práce: 25.09.2023		Termín odevzdání diplomové práce: 08.01.2024
Platnost zadání diplomové práce:		
		
doc. Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D. podpis vedoucí(ho) práce	prof. Ing. Petr Hájek, CSc. podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	prof. Ing. Jiří Máca, CSc. podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>4. 10. 2023</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studentky
---	--

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6



SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Jana Šafaříková

Název diplomové práce: Posouzení budovy ČVUT-UCEEB pomocí EU Level(s) a návrh opatření ke zlepšení

Základní část: KPS podíl: 100 %

Formulace úkolů: viz Zadání diplomové práce

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 2. 10. 2023

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci Posouzení budovy ČVUT-UCEEB pomocí EU Level(s) a návrh opatření ke zlepšení vypracovala samostatně, pod vedením doc. Ing. Antonína Lupíška, Ph.D. a uvedla v ní všechny použité literární a odborné zdroje v souladu s právními předpisy, vnitřními předpisy Fakulty stavební a předpisy ČVUT.

V Praze dne 15. 12.2023

Bc. Jana Šafaříková

Poděkování

Děkuji panu doc. Ing. Antonínu Lupíškovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a za přínosné rady při vypracovávání diplomové práce. Dále děkuji panu Ing. Danielovi Adamovskému, Ph.D. za konzultace ohledně hodnocení vnitřního prostředí a paní Ing. Nice Trubině za konzultace spojené s programem OneClick. Také děkuji svojí rodině za trpělivost a kamarádům z ročníku za vzájemnou podporu při psaní diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na použití evropského certifikačního nástroje Level(s) ke komplexnímu hodnocení vybrané budovy ČVUT – UCEEB. Vybraná budova je pomocí tohoto nástroje vyhodnocena a na základě provedeného hodnocení je určen potenciál pro zlepšení v jednotlivých kritériích a následně navržena opatření pro zlepšení výsledků. Opatření jsou rozdělena do dvou variant podle proveditelnosti. Pro jednotlivá opatření jsou určeny náklady na jejich realizaci a na základě kombinace ekonomického a environmentálního kritéria jsou vybrána nejvýhodnější opatření. Na závěr je shrnuta práce s nástrojem Level(s).

Klíčová slova

Udržitelnost ve stavebnictví, Komplexní hodnocení kvality budov, Evropské politiky udržitelnosti, Životní cyklus budovy, Level(s), Potenciál globálního oteplování, UCEEB, Návrh opatření ke zlepšení, Odhad nákladů na opatření

Abstract

This master thesis focuses on the use of the European certification tool Level(s) for a complex assessment of a chosen building of CTU - UCEEB. The chosen building is assessed using this tool and based on the assessment, the potential for improvement in each criterion is determined and then measures are proposed to improve the results. The measures are divided into two options according to feasibility. For each measure, the cost of implementation is determined and the most beneficial measures are selected based on a combination of economic and environmental criteria. Finally, the work with the Level(s) tool is summarised.

Key Words

Sustainability in the construction industry, Complex assessment of building quality, European sustainability policies, Life cycle of a building, Level(s), Global Warming Potential, UCEEB, Design of improvement measures, Estimated cost of measures

Obsah

1	Úvod.....	12
1.1	Vliv stavebnictví na životní prostředí	12
2	Cíl a postup práce.....	13
2.1	Cíl práce	13
2.2	Postup práce	13
3	Základní pojmy	14
3.1	Udržitelná výstavba.....	14
3.2	Komplexní environmentální certifikace.....	14
3.2.1	Hodnoticí a certifikační nástroje udržitelnosti v EU	15
3.3	Evropské politiky udržitelnosti	20
3.3.1	EPBD (Energy Performance Building Directive)	20
3.3.2	Green Deal (GD)	20
3.3.3	Renovation Wave (RW).....	21
3.3.4	New European Bauhaus (NEB)	21
3.3.5	EU Taxonomie	21
3.3.6	Level(s)	21
4	Metodika posuzování Level(s).....	22
4.1	Struktura dokumentu.....	22
4.2	Úrovně hodnocení	23
4.3	Pro koho je Level(s) určeno	23
4.4	Kategorie prvků budovy.....	24
4.5	Hodnocení úplného životního cyklu – LCA analýza	24
4.6	Popis jednotlivých indikátorů	25
4.6.1	Energetická náročnost ve fázi užívání (1.1).....	25
4.6.2	Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu (1.2)	26
4.6.3	Výkaz výměr, materiály a životnost (2.1).....	28
4.6.4	Návrh v oblasti demontáže, opětovného použití a recyklace (2.4).....	28
4.6.5	Spotřeba vody ve fázi užívání (3.1)	29
4.6.6	Kvalita vnitřního ovzduší (4.1)	29
4.6.7	Doba strávená mimo rozsah tepelné pohody (4.2).....	30
4.6.8	Ostatní indikátory.....	31
5	Hodnocení budovy ČVUT-UCEEB	34
5.1	Popis objektu.....	34

5.2	Architektonicko-stavební řešení.....	34
5.3	Materiálové řešení.....	35
5.4	Technika prostředí budov.....	35
5.5	Užívání budovy.....	36
5.6	Plán projektu.....	37
5.7	Popis budovy podle Level(s).....	38
5.8	Hodnocení vybraných ukazatelů.....	39
5.8.1	Energetická náročnost ve fázi užívání (1.1).....	39
5.8.2	Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu (1.2).....	40
5.8.3	Výkaz výměr, materiály a životnost (2.1).....	45
5.8.4	Návrh v oblasti demontáže, opětovného použití a recyklace (2.4).....	48
5.8.5	Spotřeba vody ve fázi užívání (3.1).....	49
5.8.6	Kvalita vnitřního ovzduší (4.1).....	50
5.8.7	Doba strávená mimo rozsah tepelné pohody (4.2).....	56
6	Návrh opatření na zlepšení.....	59
6.1	Aplikace opatření pro zlepšení stávajícího stavu.....	60
6.2	Posouzení vybraných indikátorů po aplikaci opatření a porovnání s výchozím stavem 70	
6.2.1	Energetická náročnost ve fázi užívání (1.1).....	70
6.2.2	Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu (1.2).....	72
6.2.3	Výkaz výměr, materiály a životnost (2.1).....	78
6.2.4	Spotřeba vody ve fázi užívání (3.1).....	80
6.3	Odhad nákladů na opatření a vyhodnocení.....	80
7	Závěr.....	83
7.1	Přehled navržených opatření.....	83
7.2	Zhodnocení práce s EU Level(s).....	84
8	Seznam použitých zdrojů.....	85
9	Seznam obrázků.....	88
10	Seznam tabulek.....	89
11	Přílohy.....	90

Použité zkratky

AP (Acidification Potencial) - Potenciál okyselování prostředí

BoM (Bill of Materials) – Výkaz materiálu

BoQ (Bill of Quantities) – Výkaz výměr

CDW (Construction and Demolition Waste) – Stavební a demoliční odpad

CW (Construction Waste) – Stavební odpad

EP (Eutrophication Potencial) - Potenciál eutrofizace prostředí

EPC (Energy Performance Contracting) – Energetické služby se zárukou

EPD (Environmental Product Declaration) – Evropské prohlášení o produktu

EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) - Evropská směrnice o energetické náročnosti budov

GWP (Global Warming Potencial) – Potenciál globálního oteplování

IAQ (Indoor Air Quality) – Kvalita vnitřního vzduchu

IEA (Internacional Energy Agency) – Mezinárodní agentura pro energii

LCA (Life Cycle Assessment) – Hodnocení životního cyklu

LCC (Life Cycle Cost) – Náklady životního cyklu

ODP (Ozone Depletion Potencial)- Potenciál ničení ozonové vrstvy

PEI - Primární energie z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů

UCEEB – Univerzitní centrum energeticky efektivních budov

1 Úvod

1.1 Vliv stavebnictví na životní prostředí

Stavebnictví je důležitým odvětvím pro rozvoj infrastruktury a urbanizace. Zároveň je ale výstavba a provoz budov významným přispěvatelem ke znečištění ovzduší. Stavebnictví může až za 38 procent celosvětových emisí oxidu uhličitého. Přibližně deset procent se uvolňuje před zahájením výstavby (výroba a přeprava stavebních materiálů) a při samotném stavebním procesu. Zbylá část vzniká při provozu budov. Oxid uhličitý významně přispívá ke globálnímu oteplování a změně klimatu. Zvyšování průměrné teploty na zemi vede k extrémním projevům počasí, jako jsou tropické bouře, častě požáry, výrazná sucha nebo extrémní vlny veder. Těmito negativními jevy jsou ovlivněny také rostlinné a živočišné druhy. Ty v důsledku výše zmíněných jevů vymírají. Mezi další negativní vlivy výstavby na životní prostředí patří okyselování půdy, eutrofizace vody, vyčerpávání neobnovitelných zdrojů energie a vysoká spotřeba vody. Aby došlo alespoň k částečnému snížení uhlíkové stopy a eliminaci dalších negativních vlivů výstavby, je potřeba stavět udržitelně.

Aby bylo možné zvyšovat udržitelnost budov, je potřeba ji umět nějakými způsoby měřit. K tomu slouží certifikační nástroje udržitelnosti budov, které fungují na základě komplexního zhodnocení budovy. Existuje celá řada komerčních nástrojů, které lze pro určení udržitelnosti použít.

V Evropské Unii je udržitelné stavebnictví důležité téma. Proto vznikl od Evropské komise certifikační nástroj Level(s). S tímto nástrojem dosud nejsou v České republice praktické zkušenosti, a proto je cílem této diplomové práce ho vyzkoušet.

2 Cíl a postup práce

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je posoudit budovu ČVUT-UCEEB pomocí evropského hodnoticího nástroje EU Level(s) a na základě výsledků navrhnout opatření ke zlepšení. Následně vyhodnotit, jak navržená opatření zlepší hodnocení budovy a určit náklady na navržená opatření. Na závěr vybrat nejlepší opatření kombinací ekonomického a environmentálního posouzení.

2.2 Postup práce

V práci budou nejprve vysvětleny pojmy udržitelná výstavba a komplexní certifikace budov a následně stručně popsány certifikační nástroje používané v EU a v ČR. Dále bude podrobně rozebrán systém Level(s). Hlavním bodem práce bude hodnocení udržitelnosti budovy ČVUT-UCEEB pomocí EU Level(s) - Úroveň 3 (Skutečné provedení a používání). Na základě získaných podkladů k objektu a na základě vypracovaných podkladů pro Úroveň 3 budou vybrány relevantní indikátory pro hodnocení. Při hodnocení jednotlivých indikátorů bude nejprve popsána metodika hodnocení, dále samotné hodnocení a na závěr shrnuty výsledky. Po základním vyhodnocení budou navržena opatření, která mají největší potenciál k celkovému zlepšení získaných výsledků. Opatření budou rozdělena do dvou variant podle možnosti provedení na hodnocené budově a následně technicky navržena (některá pouze rámcově). V druhé části práce budou jednotlivé indikátory zhodnoceny po aplikaci opatření a porovnány s výchozím stavem. Budou také určeny náklady na navržené opatření. A vybrána ta opatření, která mají největší vliv na zlepšení budovy UCEEB. Na závěr bude vyhodnocena práce s nástrojem EU Level(s).

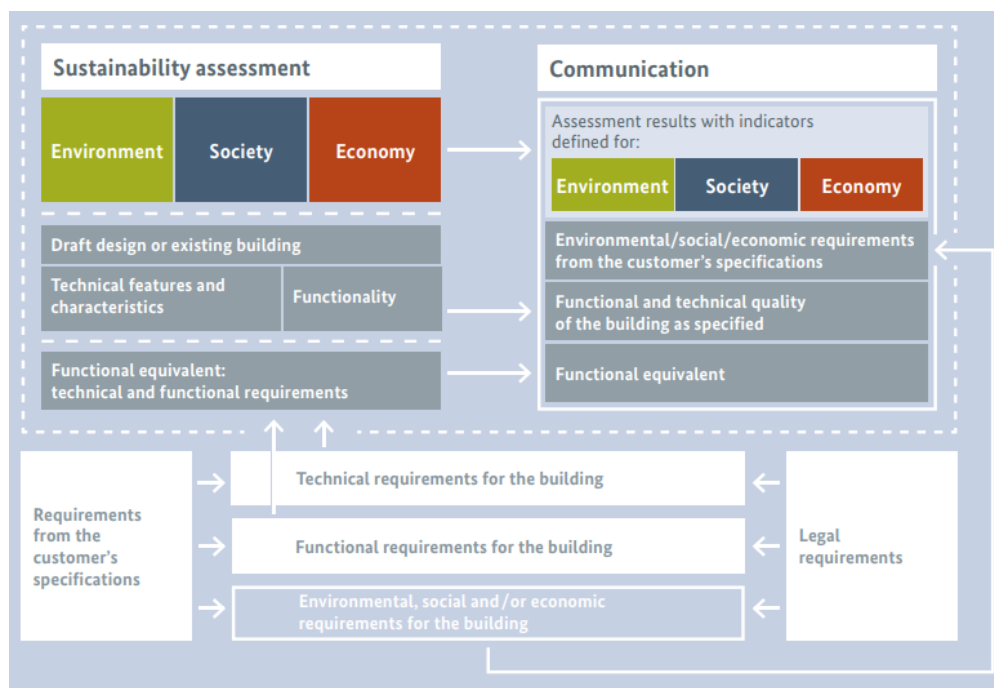
3 Základní pojmy

3.1 Udržitelná výstavba

Pojem udržitelnost se stává stále důležitější součástí našich životů ve všech oblastech života. Udržitelnost v oblasti stavebnictví je tématem od konce minulého století.

„Udržitelná výstavba reaguje na obecné požadavky udržitelného rozvoje a představuje nový přístup k navrhování, realizaci a provozování budov tak, aby splňovaly široké spektrum požadavků funkčních, ekonomických, environmentálních, sociálních a kulturních.“ [1]

Jednou ze základních vlastností budov realizovaných v souladu s požadavky udržitelné výstavby je minimalizace emisí CO₂ do atmosféry. Toho je dosaženo pomocí optimalizačních přístupů v technologii, návrhu a managementu v rámci životního cyklu staveb, efektivním využíváním nových materiálů (vysokohodnotných i recyklovaných) a konstrukčních řešení.



Obrázek 1: Zahnutí kritérií udržitelnosti do stavebního procesu [2]

3.2 Komplexní environmentální certifikace

„Environmentální certifikace jsou certifikace hodnocení vlivu budov na životní prostředí. Tyto nástroje hodnotí budovy komplexně za užití široké škály kritérií v různých oblastech od energie a vodu, přes dopravu, lokalitu, dopadu na biodiverzitu, využívání materiálů a produkce odpadů, až po kvalitu vnitřního prostředí a sociální aspekty. Vyžadováním těchto kritérií a zaváděním nových postupů do praxe mají certifikace široký dopad na celý stavební průmysl a jeho směřování směrem k udržitelnosti.“ [3]

Nejčastějšími certifikacemi jsou certifikace nových a existujících budov. Certifikovat lze ale jiné typy projektů např. komerční interiéry, urbanistické projekty nebo infrastrukturu. Tyto projekty jsou ale v České republice zatím výjimečné. Environmentální certifikace musí být nezávislé, a proto jsou hodnoceny třetí stranou-certifikačním institutem. [3]

Do procesu komplexního hodnocení budov je zapojeno mnoho účastníků (klient, projektant a, zhotovitel, provozovatel a správce objektu). Proces certifikace probíhá u všech certifikačních systémů obdobně. Projekt, který se rozhodne usilovat o příslušnou certifikaci, musí splnit dané požadavky. Ty se dělí na povinné a volitelné.

Základním principem certifikačních systémů je jejich důvěryhodnost a nezávislost. Ty zaručují vypovídající hodnotu a možnost srovnání jednotlivých budov mezi sebou. Klíčovou úlohu v této roli mají certifikační autority, které jsou nezávislé jak na žadateli o certifikaci, tak i na tvůrci samotného certifikačního systému. [3]

3.2.1 Hodnoticí a certifikační nástroje udržitelnosti v EU

3.2.1.1 BREEAM



Obrázek 2: BREEAM [33]

BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) je certifikační nástroj, který byl vytvořen v roce 1990 ve Velké Británii. Je to nejstarší a zároveň nejrozšířenější certifikační nástroj. Pomocí toho systému lze hodnotit nejen budovy ve všech fázích životního cyklu, ale také projekty urbanismu a infrastruktury.

BREEAM je založen na principu multikriteriálního hodnocení, které je rozdělené do jednotlivých oblastí udržitelnosti (hospodaření s vodou a energiemi, znečištění životního prostředí, doprava apod.). Tyto oblasti se potom dále dělí na dílčí podoblasti – kritéria, ve kterých se získává příslušný počet kreditů. Každá oblast má přiřazený jiný počet kreditů, které mají zároveň jinou váhu. Výsledné skóre se určuje v %, kdy je maximem 110 %. Základních 100 % je získáváno v kreditech s běžným váhovááním pro danou kategorii a 10 % je rozprostřeno mezi 10 kreditů s váhou 1 %. Tyto kredity jsou ty prvky budovy, které jsou BRE považovány za prioritní do budoucna a je na ně dáván důraz - např. velmi pokročilý systém řízení spotřeby energie. Výhodou systému BREEAM je jeho provázání s národními předpisy pomocí seznamu přímo akceptovaných ČSN norem. [3]



Obrázek 3: Oblasti řešení v BREEAM [4]

Zisk procentuálního skóre	Stupeň certifikace BREEAM
< 30	UNCLASSIFIED (projekt nezíská certifikaci)
≥ 30	PASS
≥ 45	GOOD
≥ 55	VERY GOOD
≥ 70	EXCELLENT
80 a více	OUTSTANDING

Tabulka 1: Hodnocení BREEAM [3]

Vývoj certifikačního systému BREEAM řídí BRE (Building Research Establishment), britská organizace, která se zabývá vědou a vývojem ve stavebnictví. BRE je zároveň i certifikační autoritou udělující certifikát BREEAM. Hodnocení a kontrolu plnění požadavků systému provádí BREEAM Assessor (autorizovaná osoba, která musela složit zkoušky), který je najatý klientem. Assessor vyhodnocuje, zda budova plní požadavky BREEAM a přiděluje nebo odebírá jednotlivé kredity. Svůj závěr dokumentuje v závěrečné zprávě, na základě, které je následně udělena certifikace BREEAM. [3]

3.2.1.2 LEED



Obrázek 4: LEED [34]

Certifikace LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) byla uvedena na trh v roce 1998. Od té doby se neustále mění a přizpůsobuje aktuálnímu vývoji v oboru „zelených budov“. Certifikační systém LEED se skládá z povinných a volitelných kreditů. Volitelné kredity jsou ohodnoceny body, které určí výslednou úroveň certifikátu:

- CERTIFIED: všechny povinné kredity a 40-49 bodů
- SILVER: všechny povinné kredity a 50-59 bodů
- GOLD: všechny povinné kredity a 60-79 bodů
- PLATINUM: všechny povinné kredity a 80+ bodů

Za splnění jednotlivých kreditů projekt získá příslušný počet bodů. Některé kredity jsou ohodnoceny ziskem jednoho bodu, za jiné je možné získat až 18 bodů. Maximální počet získaných bodů je 110. Dle dosaženého počtu bodů je pak udělen příslušný stupeň certifikace – viz níže:

Zisk bodového skóre	Stupeň certifikace LEED
0-39	Projekt nezíská certifikaci
40-49	CERTIFIED
50-59	SILVER
60-79	GOLD
80 a více	PLATINUM

Tabulka 2: Hodnocení LEED [3]



Obrázek 5: Kategorie hodnocení certifikace LEED [3]

Za vývojem certifikačního systému LEED stojí USGBC (U.S. Green Building Council) - Americká rada pro šetrné budovy, nezisková organizace, která propaguje šetrné stavitelství. Certifikační autoritou je GBCI (Green Business Certification Inc.), který byl zřízen USGBC za účelem nezávislé kontroly žádostí o certifikace. Obě organizace jsou oddělené, mají jinou úlohu, ale úzce spolupracují. Dokumentace ke všem požadavkům, kterou žadatel o certifikaci zašle, je posuzována a kontrolována GBCI. [3]

3.2.1.3 DGNB



Obrázek 6: DGNB [35]

Certifikační systém DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) vznikl v roce 2009 v Německu. Jako všechny předešlé certifikační systémy je založen na komplexním vnímání udržitelnosti v budovách. Základem jsou tři pilíře (environmentální kritéria,

ekonomická kritéria a sociokulturní a funkční kritéria). Průřezově se hodnotí také technické kvality projektu a lokalita projektu.

Certifikační systém obsahuje celkové hodnocení životního a ekonomického cyklu budovy a hodnotí celkové měřitelné indikátory. Systém DGNB International je možné využít pro projekty budov, interiérů i urbanistických projektů ve všech zemích světa. V některých zemích (např. Rakousko, Švýcarsko či Dánsko) je systém přizpůsoben konkrétním lokálním podmínkám. Certifikát DGNB má čtyři stupně certifikace v závislosti na počtu získaných bodů – Bronze, Silver, Gold a Platinum. [3]

3.2.1.4 WELL



Obrázek 7: WELL [36]

Certifikace WELL (WELL Building Standard) se začala používat v roce 2014. Jedná se o americký systém hodnocení budov. V porovnání s ostatními nástroji hodnocení budov, WELL řadí na první místo zdraví a spokojenost uživatelů budov. Vzhledem k těmto specifikům to tedy není klasický nástroj environmentálního hodnocení budovy, a proto většinou bývá doplňkem systémů LEED, BREEAM nebo ostatních jako druhá certifikace budovy.

WELL umožňuje certifikovat novostavbu, existující budovu v provozu nebo celý komplex budov. Podstatou certifikace WELL je vytvářet zdravé vnitřní prostředí uživatelům budov, kteří v nich tráví velké množství času. Proto nachází uplatnění především u kancelářských budov a u rezidenčních projektů. Bodování vnitřního prostředí budov je zaměřeno na 7 komplexních aspektů-vzduch, voda, výživa, světlo, fitness, komfort a mysl. Certifikace WELL je po jejím udělení platná 3 roky, během nichž je správa budovy povinná prokazovat certifikační autoritě řádnou péči o provoz budovy pomocí fotografií a dalších dokladů, aby bylo zaručeno, že certifikovaná budova vytváří zdravé vnitřní prostředí svým uživatelům po celou dobu platnosti certifikátu. [3]

Hodnocení WELL se skládá z povinných a volitelných požadavků. Povinné požadavky musí být splněny vždy. Pro získání určitého stupně certifikace je nutno splnit daný počet bodů za volitelné požadavky. Počet bodů u jednotlivých požadavků je většinou 1 až 2. Maximální počet získaných bodů je 110. Dle dosaženého počtu bodů je udělen příslušný stupeň certifikace – viz níže:

Zisk bodového skóre	Stupeň certifikace WELL
0-39	Projekt nezíská certifikaci
40-49	BRONZE (stupeň jen u verze WELL Core)
50-59	SILVER
60-79	GOLD
80 a více	PLATINUM

Tabulka 3: Hodnocení WELL [3]

Vývoj certifikačního systému WELL má na starosti IWBI (International WELL Building Institute) sídlící v New Yorku. Jeho úloha je podobná jako úloha USGBC v případě systému LEED, tedy propagace “zdravých” budov a vývoj certifikačního systému WELL. Certifikační autoritou je stejně jako u systému LEED Green Business Certification Inc. (GBCI). Specifikem systému WELL je fyzická návštěva budovy ucházející se o certifikaci. Tu může provést buď přímo zástupce GBCI, případně jím prověřená společnost, která od něj získala příslušné oprávnění. [3]

3.2.1.5 SBToolCZ



Obrázek 8: SBToolCZ [37]

SBTool je komplexní nástroj hodnocení budov, který byl vytvořen mezinárodní neziskovou organizací International Initiative for Sustainable Built Environment – iiSBE. Jeho lokální variantou pro Českou republiku je SBToolCZ. Jeho vývoj začala Česká společnost pro udržitelnou výstavbu budov s Fakultou stavební ČVUT v Praze v roce 2007. Jednou z hlavních předností nástroje SBToolCZ je specializace na konkrétní podmínky České republiky, zejména legislativní. Nástroj vychází formou příruček – metodik, které jsou vždy specifické pro určitou typologii budov. Každá metodika popisuje vždy obecné principy hodnocení a konkrétní hodnotící postupy v rámci kritérií. Nejprve byla představena metodika pro bytové domy (2010), v dalších letech následovaly metodiky pro administrativní budovy, rodinné domy a školské budovy.

Metodika SBToolCZ je založena na multikriteriálním principu, kdy do hodnocení vstupuje sada různých kritérií z oblasti udržitelné výstavby. Jejich rozsah se liší dle typu budovy a dle fáze životního cyklu, který je posuzován. Metodika SBToolCZ hodnotí kritéria, která jsou rozdělena do čtyř skupin – environmentální, sociální, ekonomika a management a lokalita. Z hlediska hodnocení komplexní kvality budovy je potřeba hledat optimální řešení z pohledu více kritérií. [5]

Celkově se hodnotí přibližně 35 kritérií (v závislosti na typologii). Celkové hodnocení i hodnocení jednotlivých kritérií je založené na filosofii přidělování 0 – 10 bodů. 0 bodů získává řešení, které je plně v souladu s normovými požadavky (bodový zisk blízky nule v certifikaci značí běžnou kvalitu budovy). Zisk plných 10 bodů odpovídá nejlepšímu na trhu dostupnému řešení. Na základě dosažených bodů se budově přiřadí certifikáty kvality, a to následovně: [3]

Zisk bodového skóre	Stupeň certifikace SBToolCZ
0.0 - 3.9	Budova certifikována
4.0 - 5.9	Bronzový certifikát
6.0 - 7.9	Stříbrný certifikát
8.0 - 10.0	Zlatý certifikát

Tabulka 4: Hodnocení SBToolCZ [3]

Samotná certifikace se může provádět ve dvou fázích výstavby, buďto jako certifikace kvality návrhu budovy nebo jako certifikace kvality budovy. Typicky se provádí obě fáze. Ve fázi certifikace kvality budovy se provádí ověření návrhových parametrů z první fáze po kolaudaci nebo i za provozu budovy fyzickou kontrolou a měřením. Certifikaci provádí Autorizované osoby SBToolCZ, které zpracovávají podklady a dokumentaci pro vydání certifikátu. [3]

Celý systém spravuje Národní platforma SBToolCZ, která formálně zastřešuje spolupráci tří zúčastněných organizací. O vývoj hodnotící metody se stará České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební s podporou Univerzitního centra energeticky efektivních budov. ČVUT zároveň zodpovídá za školení autorizovaných osob SBToolCZ. Certifikační autoritou jsou dva další členové Národní platformy: Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. a Výzkumný ústav pozemních staveb – Certifikační společnost, s.r.o. Jejich úlohou je kontrola a posuzování předložených podkladů pro certifikaci staveb a samotné vydávání certifikátů. [3]

3.3 Evropské politiky udržitelnosti

4. listopadu 2016 vstoupila v platnost Pařížská dohoda. Dohoda, kterou podepsaly všechny členské státy EU a tím se zavázaly ke strategii snižování emisí skleníkových plynů. Do roku 2030 by měly být sníženy emise alespoň o 55 % oproti roku 1990 a do roku 2050 by se měla EU stát první klimaticky neutrální ekonomikou. Pařížská dohoda spustila na evropské úrovni řadu nových iniciativ nebo upravila parametry těch stávajících. Některé z nich jsou popsány v této kapitole.

3.3.1 EPBD (Energy Performance Building Directive)

V roce 2010 byla vydána směrnice (EPBD), která je základním kamenem evropské legislativy týkající se staveb. První verze zavedla provádění posudků EPC (zeleného štítku) a určuje dotační pravidla. Od roku 2010 došlo k několika novelám. Novelizace přinesla posílení digitalizace a kontroly metrik, úpravy požadavků na stavby ve prospěch elektromobility. [6]

3.3.2 Green Deal (GD)

Green Deal vznikl jako reakce Evropské komise na závěry Pařížské dohody. Je souborem politik, jejímž cílem je dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050. Green Deal zdůrazňuje potřebu komplexního přístupu, v jehož rámci budou k dosažení konečného cíle v oblasti klimatu přispívat všechny relevantní oblasti politiky. Jsou do něj zahrnuty iniciativy, které se týkají celé řady úzce propojených oblastí – klimatu, životního prostředí, energetiky, dopravy, průmyslu, zemědělství a udržitelného financování. [6]

3.3.3 Renovation Wave (RW)

Renovation Wave je strategie, jakými konkrétními kroky je možné naplnit cíle Green Dealu. V rámci staveb se poprvé objevuje požadavek, aby kromě energetické metriky bylo nutné sledovat také metriku uhlíkovou, která dokáže vyjádřit souvislost mezi energetickou úsporou a environmentální cenou této úspory. [6]

3.3.4 New European Bauhaus (NEB)

Nový evropský Bauhaus je interdisciplinární a kreativní iniciativa zahájená Evropskou komisí v roce 2021. Má pomoci při hledání cest k uskutečnění cílů Green Dealu pro Evropu. Koncepte New European Bauhaus chce propojit svět architektury, designu a umění se světem vědy, vzdělávání a inovací. Při vytváření veřejného prostoru i soukromého bydlení mají být zohledněny environmentální ohledy, kulturní hledisko a sociální citění. [7]

3.3.5 EU Taxonomie

Taxonomie EU je klasifikační systém, který slouží pro určení těch ekonomických činností, které lze označit za udržitelné. Pro konkrétní činnosti jsou vytvořena společná kritéria udržitelnosti pro podniky, investory a veřejnost. [6]

3.3.6 Level(s)

Rámec Level(s) byl vypracován Evropskou komisí jako společný rámec EU pro základní ukazatele při posuzování udržitelnosti kancelářských a obytných budov. Lze ho používat od fáze koncepčního návrhu až do předpokládaného konce životnosti budovy. Rámec Level(s) se zaměřuje především na environmentální aspekty budovy, umožňuje ale i posouzení dalších důležitých souvisejících aspektů pomocí ukazatelů a nástrojů v oblasti zdraví a pohodlí, nákladů životního cyklu a potenciálních budoucích rizik pro náročnost. Rámec Level(s) má za cíl zajistit, aby byl u budov používán společný jazyk v oblasti udržitelnosti. Díky tomu by měla být přijímána opatření na úrovni budov, která mohou zásadním způsobem přispět k plnění širších cílů evropské environmentální politiky. [8]

V letech 2015 až 2017 byl proveden základní výzkum, který byl základem rámce Level(s). Soubor indikátorů vytvořených z tohoto výzkumu byl testován v letech 2018 a 2019 ve 130 různých stavebních projektech. Spuštění Level(s) proběhlo v říjnu 2020. [9]

Level(s) nevyhodnocují, jak je která stavba udržitelná, ale slouží jako podklad pro taxonomické zhodnocení nebo jinou certifikaci. Výstupem není značka nebo ohodnocení „úspěšnosti“. Jedná se o metodiku, která pomocí indikátorů dává obraz o klíčových vlastnostech stavby na poli udržitelnosti. Základní myšlenkou Level(s) je posuzování stavby od úvodních částí projektu, přes stavbu až po převzetí a užívání. [10]

Rámec Level(s) je koncipován tak, aby podporoval zohledňování životního cyklu. Slouží jako vodítko pro uživatele, a to od počátečního zaměření na jednotlivé aspekty náročnosti budov až po ucelenější perspektivu, jehož cílem je širší využití metod pro posuzování životního cyklu (LCA) a posuzování nákladů životního cyklu (LCCA) na evropské úrovni.

4 Metodika posuzování Level(s)

4.1 Struktura dokumentu

Level(s) je základně členěno na 6 cílů (makrocílů), které přispívají k plnění politiky EU v oblasti energií, využívání materiálů, nakládání s odpady, kvality vody a vnitřního ovzduší. Dále je každý makrocíl členěn na základní indikátory, které lze použít při posuzování životního cyklu (LCA), k měření náročnosti budov a toho, jak přispívají k plnění každého makro-cíle.

Makrocíle a základní indikátory (ukazatele)

Makrocíl	Ukazatel	Měrná jednotka
1. Emise skleníkových plynů a látek znečišťujících ovzduší v průběhu životního cyklu budovy	1.1 Energetická náročnost ve fázi užívání	kilowatthodiny na metr čtvereční za rok (kWh/m ² /rok)
	1.2 Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu	kg ekvivalentů CO ₂ na metr čtvereční za rok (kg CO ₂ ekv./m ² /rok)
2. Životní cykly, které jsou účinné z pohledu zdrojů, a životní cykly oběhového materiálu	2.1 Výkaz výměr, materiály a životnost	množství vyjádřená v jednotkách, hmotnost a roky
	2.2 Stavební a demoliční odpad a materiál	kg odpadu a materiálu na m ² celkové užitkové podlahové plochy
	2.3 Návrh v oblasti přizpůsobivosti a renovace	výsledek přizpůsobivosti
	2.4 Návrh v oblasti demontáže, opětovného použití a recyklace	výsledek demontáže
3. Účinná spotřeba vodních zdrojů	3.1 Spotřeba vody ve fázi užívání	m ³ /rok vody na uživatele
4. Zdravé a pohodlné prostory	4.1 Kvalita vnitřního ovzduší	parametry pro větrání, CO ₂ a vlhkost Cílový seznam znečišťujících látek: TVOC, formaldehyd, VOC v CMR, poměr LCI, plíseň, benzen, částice, radon
	4.2 Doba strávená mimo rozsah tepelné pohody	doba vyjádřená v % strávená mimo tento rozsah během topné a chladicí sezony
	4.3 Osvětlení a vizuální pohodlí	kontrolní seznam úrovně 1
	4.4 Akustika a ochrana proti hluku	kontrolní seznam úrovně 1
5. Přizpůsobování se změně klimatu a odolnost vůči změně klimatu	5.1 Ochrana zdraví a tepelné pohody uživatelů	předpokládaná doba vyjádřená v % strávená mimo tento rozsah v letech 2030 a 2050 (viz také ukazatel 4.2).
	5.2 Zvýšené riziko extrémních povětrnostních událostí	kontrolní seznam úrovně 1 (připravuje se)
	5.3 Zvýšené riziko povodní	kontrolní seznam úrovně 1 (připravuje se)
6. Optimalizované náklady životního cyklu a jeho hodnota	6.1 Náklady životního cyklu	EUR za metr čtvereční za rok (EUR/m ² /rok)
	6.2 Vytváření ekonomické hodnoty a vystavení rizikům	kontrolní seznam úrovně 1

Tabulka 5: Přehled makrocílů a jednotlivých indikátorů

4.2 Úrovně hodnocení

Základním smyslem Level(s) je nastínit pracovní vývoj od počáteční koncepce přes návrh, výstavbu až po předání a skutečný stav dokončené budovy. Proto je rámec rozdělen do tří úrovní:

Úroveň 1: Koncepční návrh stavebního projektu – nejjednodušší úroveň, která zahrnuje kvalitativní hodnocení ve fázi koncepčního návrhu

Úroveň 2: Podrobný návrh a realizace výstavby budovy – střední úroveň, která zahrnuje kvantitativní hodnocení navržené realizace a monitorování výstavby podle standardizovaných jednotek a metod

Úroveň 3: Skutečné provedení a používání – monitorování a dohled nad tím, jak stavba funguje v provozu podle předcházejícího návrhu

Úroveň 1 Koncepční návrh	Úroveň 2 Podrobný návrh a výstavba	Úroveň 3 Skutečné provedení a používání
Úroveň 1a. Definice projektu a jeho stručné vymezení	Úroveň 2a. Rámcový návrh (územní plánování a povolení)	Úroveň 3a. Návrh skutečného provedení
Úroveň 1b. Koncepční návrh	Úroveň 2b. Podrobný návrh (zadávací řízení)	Úroveň 3b. Zprovoznění a testování
	Úroveň 2c. Technický návrh (výstavba)	Úroveň 3c. Dokončení a předání
		Úroveň 3d. Obývání a používání

Tabulka 6: Podrobné úrovně hodnocení Level(s) [8]

4.3 Pro koho je Level(s) určeno

Certifikační systém Level(s) je určen především konstrukčním týmům skládajících se z architektů, inženýrů a rozpočtářů. Dále je vhodný pro klienty, investory a tvůrce veřejné politiky, kteří chtějí postavit stavbu na základě principů udržitelnosti.

4.4 Kategorie prvků budovy

Shell	Foundations (substructure)	Piles
		Basements
		Retaining walls
	Loadbearing structural frame	Frame (beams, columns and slabs)
		Upper floors
		External walls
	Non-load bearing elements	Balconies
		Ground floor slab
		Internal walls, partitions and doors
		Stairs and ramps
Facades	External wall systems, cladding and shading devices	
	Façade openings (including windows and external doors)	
	External paints, coatings and renders	
Roof	Structure	
	Weatherproofing	
Parking facilities	Above ground and underground (within the curtilage of the building and servicing the building occupiers)	
Core	Fittings and furnishings	Sanitary fittings
		Cupboards, wardrobes and worktops (where provided in residential property)
		Ceilings
		Wall and ceiling finishes
	In_built lighting system	Floor coverings and finishes
		Light fittings
	Energy system	Control systems and sensors
		Heating plant and distribution
		Cooling plant and distribution
	Ventilation system	Electricity generation and distribution
		Air handling units
	Sanitary systems	Ductwork and distribution
		Cold water distribution
		Hot water distribution
Water treatment systems		
Other systems	Drainage system	
	Lifts and escalators	
	Firefighting installations	
	Communication and security installations	
External works	Utilities	Telecoms and data installations
		Connections and diversions
	Landscaping	Substations and equipment
		Paving and other hard surfacing
		Fencing, railings and walls
		Drainage system

Tabulka 7: Rozsah prvků budovy hodnocení Level(s)

4.5 Hodnocení úplného životního cyklu – LCA analýza

Dosavadní přístup hodnocení budov byl zaměřen hlavně na návrh a výstavbu. Koncepce životního cyklu se zabývá dopadem budovy na životní prostředí a jeho kvantifikaci od „vzniku“ – těžby surovin, které se používají při stavbě budovy – až po „zánik“ – konec životnosti, demontáž budovy a způsoby, jakými lze nakládat se stavebním materiálem (využití, opětovné použití, recyklace a nakládání s odpady).

Rámec Level(s) zaujímá k udržitelnosti budov přístup založený na úplném životním cyklu. Jednotlivé fáze životního cyklu jsou podrobněji rozepsány v následující tabulce.

Tabulka 8: Jednotlivé fáze životního cyklu budovy [8]

Fáze životního cyklu	Modul	Popis
Výrobní fáze	A1-A3	Hranice pro moduly A1 až A3 zahrnuje procesy "od kolébky až po bránu" pro materiály používané při výstavbě; pravidla pro stanovení jejich dopadů a aspektů jsou definována v normě EN 15804.
	A4-A5	Fáze stavebního procesu zahrnuje procesy od výrobní brány různých stavebních výrobků až po praktické dokončení stavebních prací.
Fáze užívání	B1-B5	Fáze užívání zahrnuje období od praktického dokončení stavebních prací do okamžiku, kdy je budova dekonstruována/demolována. Hranice systému zahrnuje: - použití stavebních výrobků a služeb k ochraně, zachování, úpravě nebo kontrole stavby; - scénáře pro údržbu včetně čištění, provozu a výměny strojů; - dopady a aspekty technického systému integrovaného do budovy a nábytku, zařízení a vybavení souvisejícího s budovou.
	B6	Hranice zahrnuje energii spotřebovanou technickými systémy integrovanými do budovy během provozu budovy.
	B7	Hranice zahrnuje veškerou spotřebovanou vodu a její úpravu (před a po použití) během běžného provozu budovy (s výjimkou údržby, oprav, výměny a rekonstrukce).
Konec životnosti	C1-C4	Fáze ukončení životnosti budovy začíná v okamžiku, kdy je budova vyřazena z provozu a není určena k dalšímu využití. V této fázi lze demolicí/deaktivaci budovy považovat za proces s mnoha výstupy, který poskytuje zdroj materiálů, výrobků a stavebních prvků, jež mají být vyřazeny, obnoveny, recyklovány nebo znovu použity.
Přínosy a zatížení nad rámec systému	D	Komponenty pro opětovné použití a materiály pro recyklaci a energetické využití jsou považovány za potenciální zdroje pro budoucí využití. Modul D kvantifikuje čisté environmentální přínosy nebo zátěže vyplývající z opětovného použití, recyklace a využití energie, které jsou výsledkem čistých toků materiálů a exportované energie opouštějících hranice systému.

4.6 Popis jednotlivých indikátorů

V této kapitole budou podrobně popsány indikátory, které budou vybrány pro hodnocení budovy UCEEB. Indikátory 2.2., 2.3 a 6.1 nejsou vybrány pro hodnocení z důvodu nedostatku podkladových dat, indikátory 4.3, 4.4, 5.1, 5.2, 5.3 a 6.2 nejsou hodnoceny z důvodu neúplnosti vypracovaných podkladů pro hodnocení Úrovně 3.

4.6.1 Energetická náročnost ve fázi užívání (1.1)

Proč je tento indikátor zahrnut do Level(s)

Potřeba primární energie je vyžadovaný ukazatel energetické náročnosti budov v celé Evropské Unii. Energetická náročnost budovy, vyjádřená primární energií, je používána pro dodržení požadavků minimální energetické náročnosti a pro certifikáty energetické náročnosti (EPCs). Pro budovy postavené před rokem 2010 platí, že potřeba primární energie ve fázi užívání způsobuje významný dopad na životní prostředí. Pro budovy novější platí, že výstavba a další fáze užívání spojené s užitím materiálů (výměna, renovace) jsou významnější v dopadu na životní prostředí. Je to z důvodu, že se snižuje energie ve fázi užívání a tím se úměrně zvyšuje množství materiálů, které jsou energeticky náročné. [11]

Co je měřeno

Tento indikátor měří energetickou náročnost budovy na základě vypočtené nebo aktuální spotřeby energie. Tedy potřebnou energii na vytápění a chlazení prostor, ohřev teplé vody, osvětlení, na provoz technických systémů v budově a na spotřebiče, které jsou přímo zapojeny do elektrického okruhu. Primární energie je počítána na základě množství energie dodané do budovy jednotlivými energonositeli a následnému přepočtu pomocí faktoru primární energie.

S rostoucí aplikací technologií na obnovitelnou energii na budovách nebo v jejich blízkosti, tento indikátor také umožňuje určit, kolik z potřebné primární energie je dodáno výrobou obnovitelné energie a také kolik obnovitelné primární energie je dodáno jako přebytek do sítě. [11]

Jednotky měření

Jednotkou pro měření neobnovitelné primární energie ve fázi užívání je kilowatthodina na metr čtvereční za rok ($\text{kWh/m}^2/\text{rok}$). Celková dodaná energie je vztažena na užitnou plochu budovy, která je udána v popisu budovy. [11]

4.6.2 Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu (1.2) Proč je tento indikátor zahrnut do EU Level(s)

Do tohoto indikátoru jsou zahrnuty emise uhlíku ze stavebních materiálů společně s přímými a nepřímými uhlíkovými emisemi během užívání budovy. Hledisko životního cyklu dovoluje návrhu budovy hledat optimální balanc mezi zabudovaným uhlíkem a emisemi uhlíku během užívání. [12]



Obrázek 9: Spotřeba energie během životního cyklu budovy v letech 2005-2018 [13]

Obrázek 10: Emise CO₂ během životního cyklu budovy v letech 2005-2018 [13]

Co je měřeno

Tento indikátor měří emise skleníkových plynů související se všemi stádii životního cyklu budovy.

Jednotky měření

Tento indikátor je měřen podle Potenciálu globálního oteplování (GWP). Jednotkou měření je ekvivalent CO₂ v kg na m² užité plochy za referenční dobu 50 let. Výsledky jsou udávány pro každou fázi životního cyklu – výroba, užívání budovy, konec životního cyklu a přínosy a zatížení nad rámec systému.

Kromě potenciálu globálního oteplování lze v tomto indikátoru měřit i tyto parametry:

Potenciál acidifikace prostředí (AP)

Svázané emise SO₂ udávající ekvivalentní emise vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující okyselení (acidifikaci) prostředí. Ekvivalentní znamená, že se nejedná pouze o emise SO₂, ale také o emise dalších plynů způsobujících okyselení prostředí, jejichž efekt je přepočítán na úroveň efektu SO₂. Udává se v gramech nebo v kilogramech SO₂ ekvivalentních - [kg SO_{2, ekv.}] nebo [g SO_{2, ekv.}].

Potenciál eutrofizace prostředí (EP)

Udává množství ekvivalentních atmosférických emisí (PO₄)³⁻ z odpadních vod vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobujících nepřirozené zvyšování obsahu živin ve vodách a půdách (eutrofizaci). Jednotky: [kg (PO₄)^{3-, ekv.}].

Potenciál ničení ozonové vrstvy (ODP)

Ekvivalentní emise CFC-11 vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující ničení stratosférické ozonové vrstvy. Jednotka: [kg CFC-11_{ekv.}].

Potenciál tvorby přízemního ozonu (POCP)

Ekvivalentní emise C₂H₄ vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující tvorbu přízemního ozonu. Jednotkou jsou kilogramy etylenu ekvivalentní [kg C₂H_{4,ekv.}].

Spotřeba primární energie (PEI)

Svázaná energie, udávající celkovou spotřebu přírodních zdrojů energie během životního cyklu výrobku. Udává v megajoulech [MJ].

4.6.3 Výkaz výměr, materiály a životnost (2.1)**Proč je tento indikátor zahrnut do EU Level(s)**

Se zlepšováním energetické účinnosti budov dochází ke zvyšování dopadu zabudovaného materiálu na životní prostředí a také zvyšování ceny materiálů během životního cyklu. Informace shromážděné pro indikátor 2.1 podporují hodnocení dalších indikátorů Level(s) (1.2, 2.2 a LCA a LCC analýzu). Tento indikátor je společně s indikátorem 1.1 zásadní pro zlepšení návrhu budovy, který posuzuje využití zdrojů oproti potřebě a funkčnosti budovy. [14]

Co je měřeno

Tento indikátor odhaduje a měří hmotnost stavebních výrobků a materiálů potřebných k dokončení definovaných částí budovy. U každé položky je hmotnost rozdělena na různé materiálové frakce (beton/cihly/obklady, dřevo, sklo, plast atd.). [14]

Jednotky měření

Údaje jsou uváděny v tunách a % z celkové hmotnosti a dále jsou rozděleny podle:

- typu materiálu (tj. beton, dřevo, kovy atd.)
- aspektu budovy (tj. core, shell nebo externality)

Pokud se zadávají nepovinné údaje (náklady), uvádějí se v jednotkách tisíc eur (000 €) a jsou rozděleny na core, shell a externality. Pro lepší srovnatelnost jsou údaje o nákladech také normalizovány na €/t a €/m².

4.6.4 Návrh v oblasti demontáže, opětovného použití a recyklace (2.4)**Proč je tento indikátor zahrnut do EU Level(s)**

Nosné a nenosné konstrukce budovy a obvodové pláště představují většinu dopadů výstavby na životní prostředí. Během plánované životnosti budovy navíc pravděpodobně proběhne několik cyklů renovace vnitřního vybavení budovy. V důsledku toho je jakýkoli pokrok v dosažení "oběhového hospodářství" prostřednictvím navrhování využití těchto stavebních dílů a materiálů k opětovnému použití nebo jejich recyklace k výrobě nových stavebních výrobků

přispěje k postupnému snižování dopadů životního cyklu a spotřeby přírodních zdrojů v celém stavebnictví. [15]

Co je měřeno

Indikátor poskytuje kvantitativní posouzení, do jaké míry by konstrukce budovy mohla usnadnit budoucí opětovné použití, recyklaci nebo využití prvků budovy, jejich součástí, dílů a materiálů. Poskytuje tedy přibližný ukazatel:

- příspěvek budovy k oběhovému hospodářství
- potenciál pro přístup k materiálové hodnotě uváděné v modulu D ukazatele 1.2 rámce Level(s).

Indikátor zohledňuje snadnost demontáže minimálního rozsahu stavebních prvků, a zároveň možnost opětovného použití a recyklace těchto prvků a jejich souvisejících částí a materiálů. [15]

Jednotky měření

Společnou měrnou jednotkou je bodové ohodnocení potenciálu cirkularity budovy (0 -100%)

4.6.5 Spotřeba vody ve fázi užívání (3.1)

Proč je tento indikátor zahrnut do EU Level(s)

Přibližně 21 % veškeré odebrané vody v EU se používá pro veřejné zásobování, přičemž většina z ní se používá v budovách. Každý občan EU spotřebuje v průměru 160 l vody denně. Trend zvyšování počtu obyvatel měst zvyšuje tlak na zásobování vodou v městských oblastech. Spotřeba vody představuje také provozní náklady pro majitele/uživatele budov. Snížením spotřeby vody se sníží dopady na životní prostředí, které vznikají při dodávce vody do místa spotřeby (tj. při odběru vody, její úpravě a čerpání distribuční sítí). V případě teplé vody přináší vyšší účinnost také významné úspory energie pro spotřebitele. Účinnější využívání vody sníží tlak na zdroje sladké vody, zejména v povodích, která se potýkají s trvalým nebo sezónním nedostatkem vody. [16]

Co je měřeno

Je měřena celková spotřeba vody na osobu s možností rozdělit získanou hodnotu na spotřebu pitné a užitkové vody. [16]

Jednotky měření

Spotřeba vody během fáze užívání budovy je měřena v m³ na osobu za rok (m³/os/rok). V těchto jednotkách je možné porovnávat různě velké budovy a míry obsazenosti.

4.6.6 Kvalita vnitřního ovzduší (4.1)

Proč je tento indikátor zahrnut do EU Level(s)

Kvalita vnitřního ovzduší má velmi důležitý vliv na lidské zdraví. Mnoho Evropanů denně tráví více než 90 % svého času uvnitř budov a každý den dýchají více než 10 000 litrů vnitřního vzduchu.

Dopady vnitřní kvality vzduchu (IAQ) na lidské zdraví závisí na mnoha proměnných, ale úzce souvisí s úrovní znečišťujících látek (např. prachu, těkavých organických látek, VOCs atd.) a podmínkami ovzduší (např. CO₂ a vlhkost). Proto je cílem toho indikátoru poskytnout postup, jak zajistit vhodnou kvalitu vzduchu, díky několika hlediskům. [17]

- Strategie větrání pro kontrolu výměny vzduchu, CO₂ a vlhkosti
- Kontrola zdrojů znečišťujících látek z vybavení interiéru
- Specifikace filtrů pro přívod venkovního vzduchu
- Posouzení rizika radonu a plísní
- Monitorování výkonu větracího systému a úrovně znečišťujících látek
- Dotazníky na podmínky IAQ uvnitř budovy

Důležitým faktorem je také úroveň relativní vlhkosti. Nadměrně vysoká relativní vlhkost (> 90 %) může způsobit u uživatelů budovy zvýšenou teplotu, zatímco nízká relativní vlhkost (< 20 %) může způsobit podráždění očí a sliznice. Nedostatečné řízení vlhkosti vnitřního vzduchu může vytvořit ideální podmínky pro růst plísní, což může způsobit dýchací potíže a alergické reakce u uživatelů budovy. [17]

Výběr materiálů a nábytku může také významně ovlivnit vnitřní kvalitu vzduchu. Pokud je účelem renovace zlepšení energetické náročnosti budovy, dochází k větší vzduchotěsnosti objektu. Větší vzduchotěsnost objektu znamená, že správný návrh a funkce větracího systému se stává více náchylnou na dosažení vhodné kvality vzduchu. Správný návrh pro IAQ je zásadní, ale aktuální míra obsazenosti a činnosti uživatelů mohou mít také významný vliv a mohou způsobit odchylku od návrhových podmínek. Proto jdou také důležité dotazníky a monitoring budovy za provozu. [17]

Co je měřeno

V rámci ukazatele 4.1 lze měřit řadu parametrů, které lze obecně rozdělit na "podmínky kvality ovzduší" a "cílové znečišťující látky".

Podmínky kvality vzduchu	Znečišťující látky
Průtok vzduchu (l/s/m ²)	Celkové VOCs (μg/m ³)
CO ₂ (ppm)	R-hodnota
Relativní vlhkost (%)	Formaldehyd (μg/m ³)
	Radon (Bq/m ³)
	Částice menší než 10 μm (μg/m ³)
	Částice menší než 2,5 μm (μg/m ³)

Tabulka 9: Podmínky kvality vzduchu a znečišťující látky

4.6.7 Doba strávená mimo rozsah tepelné pohody (4.2)

Proč je tento indikátor zahrnut do EU Level(s)

Kontrola tepelné pohody a zejména množství solárních zisků v létě je důležitým faktorem ve všech budovách. Speciálně v jižní Evropě mohou nekontrolovatelné solární zisky vést k nekomfortním podmínkám uvnitř budov, které mohou následně vyžadovat energii na chlazení.

Zatímco hlavní zaměření tohoto indikátoru je na tepelný komfort v létě, udržení tepla v budově v zimě je také důležitý faktor. Velká část evropského bytového fondu není schopna v zimě zajistit adekvátní úroveň tepelného komfortu z důvodu nedostačující izolace, špatné kvality oken, tepelných mostů, vysoké infiltrace a neadekvátního nebo špatně udržovaného systému vytápění. To může vést k nedostačující teplotě v místnostech, které může ohrozit obyvatele sezonními nemocemi. [18]

Co je měřeno

Tento indikátor měří, jakou část roku jsou uživatelé budov spokojeni s tepelnými podmínkami v budově. S tím souvisí i snaha měřit schopnost budovy udržet předem definované podmínky tepelné pohody během topné a chladicí sezóny. [18]

Jednotky měření

Jednotkou měření je procento času mimo rozsah definovaných maximálních a minimálních teplot během období vytápění a chlazení. Referenční rozsah teplot je 18 °C – 27 °C.

4.6.8 Ostatní indikátory

Stavební a demoliční odpad a materiál (2.2)

Cílem tohoto indikátoru je podpořit a umožnit uživatelům systematicky plánovat opětovné použití, recyklaci nebo využití prvků, materiálů a odpadů prostřednictvím tříděného sběru CDW během stavebních, renovačních a demoličních činností. Měří se celkové množství odpadu vzniklého při stavebních, renovačních a demoličních činnostech (v kg). Toto množství je rozděleno na hlavní druhy odpadů z demolice a rekonstrukce podle položek evropského seznamu odpadů. [19]

Návrh v oblasti přizpůsobivosti a renovace (2.3)

Indikátor poskytuje částečně kvantitativní posouzení toho, do jaké míry může návrh budovy usnadnit budoucí přizpůsobení měnícím se potřebám uživatelů a podmínkám trhu. Poskytuje tedy přibližný ukazatel schopnosti budovy nadále plnit svou funkci a prodloužit životnost do budoucna. Ukazatel měří zvláště důležité aspekty návrhu a obsluhy, které byly identifikovány na základě průzkumu trhu a zkušeností. [20]

Osvětlení a vizuální pohodlí (4.3)

Cílem tohoto indikátoru je především zdůraznit význam zlepšení a optimalizace osvětlení a vizuálního komfortu. Kvalitní osvětlení je důležitým faktorem v návrhu zdravých a komfortních domácností a pracovních prostorů. Miliony Evropanů stráví přibližně 90 % jejich života v budovách. Studie ukazují důležitost dávky denního osvětlení a výhledu na celkovém pohodlí. Spokojenost uživatelů také roste s individuálním ovládním osvětlení a stínění. Kvalita a složení světla mohou také ovlivnit cirkadiální rytmus a záleží na složení světla, kterému jsou lidé vystaveni. Lidské zdraví a pohodlí tím může být ovlivněno. [21]

Akustika a ochrana proti hluku (4. 4)

Potenciál akustického ruchu z vnitřního a venkovního prostředí budovy je jedním z významných vlivů na zdraví a pohodlí uživatelů budovy. Hluk může mít škodlivý vliv na lidské zdraví a kvalitu života. Také může působit na produktivitu a kvalitu komunikace v pracovním prostředí.

V kontextu hledání vhodných akustických opatření, vybraná řešení návrhu potřebují chránit uživatele proti akustickému hluku zvenku a proti nechtěnému hluku vytvářeného uvnitř budov nebo přicházejícího ze sousedních budov. Dobré vnitřní akustické prostředí, a to jak uvnitř, tak i mezi konkrétními prostory, zejména ložnicemi, kancelářskými pracovišti a zasedacími místnostmi, je také nezbytné pro zajištění spokojenosti uživatelů a optimalizaci produktivity. [22]

Ochrana zdraví a tepelné pohody uživatelů (5.1)

Tento indikátor využívá stejnou metodiku popsanou u ukazatele 4.2 s tím rozdílem, že namísto použití současného a minulého počasí jako základu pro modelování výkonnosti vybízí uživatele k použití projekcí budoucího klimatu v letech 2030 a 2050 podle různých "stupňových scénářů". Simulací a vyhodnocením budoucích scénářů tepelné pohody a odolnosti budovy a použitím klimatických projekcí pro roky 2030 a 2050 vypracovaných vědci mohou projektanti určit opatření, která mají potenciál minimalizovat budoucí rizika a závazky. V souladu se scénáři, které tvoří základ pro cíle stanovené na evropské úrovni, by jedním z testovaných scénářů měla být stabilizace emisí CO₂ při zvýšení globálních teplot o 2 stupně do roku 2050.

Zvýšené riziko extrémních povětrnostních událostí (5.2)

Indikátor 5.2 se týká toho, jak využít konstrukci budovy a plochu pozemku k tomu, aby se snížila pravděpodobnost výskytu dešťových povodní v místní oblasti a říčních povodní níže po proudu. Tento ukazatel se zaměřuje na odolnost stavebních konstrukcí a obvodových plášťů vůči extrémním povětrnostním jevům. Hlavními kategoriemi extrémních povětrnostních jevů jsou: dešťové a říční záplavy, větrné smršťe, pobřežní záplavy, sucha, vlny veder, krupobití a sníh. Neexistují žádná praktická opatření, která by mohla snížit riziko výskytu extrémních povětrnostních jevů. Lze však přijmout taková opatření, která umožní navrhnout budovy tak, aby v případě výskytu extrémních povětrnostních jevů byly škody způsobené na konstrukci budovy a jejich obyvatelích minimalizovány nebo aby se jim zcela zabránilo. [23]

Zvýšené riziko povodní (5.3)

Indikátor 5.3 se zaměřuje na množství srážkové vody, která dopadne na plochu pozemku, kam bude odváděna, jak rychle opustí odvodňovací systém a dostane se do přirozeného vodního toku a jaké jsou přesně jednotlivé složky odvodňovacího systému. Na úrovni 1, která je v této fázi jedinou úrovní prezentovanou pro tento ukazatel, je stanoven postup, jak v koncepčním návrhu budovy a plochy pozemku zvážit různé možnosti udržitelných odvodňovacích systémů. [24]

Náklady životního cyklu (6.1)

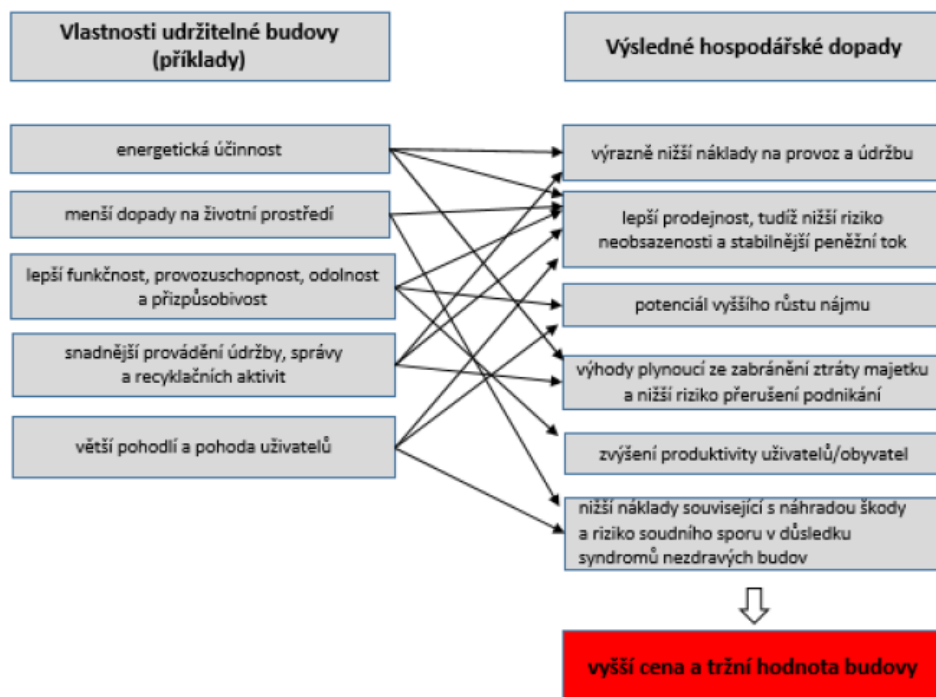
Odhadem nákladů životního cyklu lze poskytnout důležité informace investorům, správcům a nájemcům. Perspektiva nákladů životního cyklu vede klienty a projektanty k tomu, aby zvážili vztah mezi počátečními investičními náklady a náklady ve fázi užívání. [25]

Tyto náklady budou silně ovlivněny rozhodnutími a vypočtenou výkonností následujících ukazatelů v rámci Level(s):

- 1.1 Fáze použití spotřeba primární energie
- 2.1 Výkaz výměr, materiálů a životnosti
- 3.1 Efektivní využívání vodních zdrojů.

Vytváření ekonomické hodnoty a vystavení rizikům (6.2)

Cílem tohoto indikátoru je podpořit začlenění aspektů udržitelnosti do procesů oceňování tržní hodnoty.



Obrázek 11: Začlenění aspektů udržitelnosti do procesu budovy [8]

5 Hodnocení budovy ČVUT-UCEEB

5.1 Popis objektu

Vybraným objektem pro hodnocení pomocí nástroje Level(s) je Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze (UCEEB). Objekt se nachází v Buštěhradě (okres Kladno, Středočeský kraj) a byl postaven v letech 2012-2014.



Obrázek 12: Lokalita objektu (Mapy.cz)

Budova je využívána k vývoji a výzkumu v oblasti budov splňujících kritéria trvale udržitelného rozvoje a jejich technologií šetrných k přírodě. V objektu se nachází administrativní část, laboratoře a halové testovací provozy.

5.2 Architektonicko-stavební řešení

Jedná se o dvoupodlažní budovu, částečně podsklepenou. Hlavní hmotou budovy je vysoký blok testovací haly, ke kterému jsou na severní a východní straně připojeny nižší přízemní části se specializovanými laboratořemi a výukovou místností. Hlavní prvek tvoří administrativní křídlo tvořené dřevěným hranoem se šikmo seříznutými čely na střechu laboratoří. Na střeše jsou umístěny fotovoltaické panely a na jižní straně fasády vzdušný kolektor. Důležitou součástí je i využívání zeleně, která je součástí na některých střešních konstrukcích budovy a na severní a východní straně fasády.

Plocha pozemku: 19 500 m²

Zastavěná plocha: 3 960 m²

Užitná plocha: 5 040 m²

Obestavěný prostor: 32 350 m³



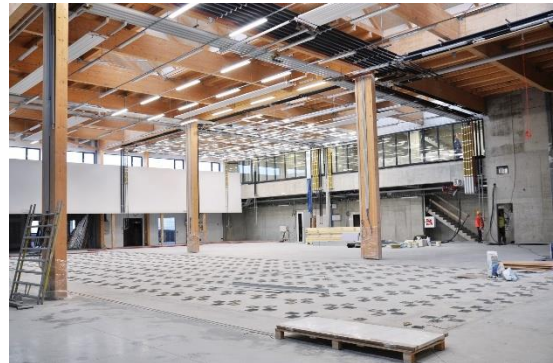
Obrázek 13: Budova UCEEB [42]

5.3 Materiálové řešení

Hlavní nosná konstrukce halové, přízemní a dvoupodlažní budovy je tvořena lepeným lamelové dřevem. Jižní dvoupodlažní trakt je řešen jako ŽB monolitická konstrukce.



Obrázek 14: Interiér objektu – administr. část [26]



Obrázek 15: Interiér objektu – zkušební hala [26]

Konstrukce obvodového pláště jsou řešeny převážně jako dvouplášťové větrané, s vnějším dřevěným obkladem. Jsou to především vnější stěny testovací haly a 2.NP administrativní části. Severní a východní stěny přízemní části a západní a východní průčelí 2.NP jsou z větší části prosklené. Jižní stěna testovací haly je navržena jako vzduchový kolektor – vnější vrstva je skleněná.

Střešní konstrukce jsou navrženy s klasickým pořadím vrstev. Na části budovy (mimo testovací haly) jsou navrženy vegetační střechy s použitím extenzivní střešní zeleně. Střecha testovací haly je osazena světlíky, s prosklenou stěnou otočenou k severu. Na jižní straně světlíků jsou ve sklonu 34° osazeny fotovoltaické panely.

Okna a prosklené stěny jsou navrženy v hliníkových rámech, zasklení termoizolační. Vrata do haly jsou výsuvná, sekční.

Exteriér budovy je doplněn kovovými zinkovanými konstrukcemi (vnější schodiště, markýza nad vrata do haly). Před severní a západní obvodovou stěnu je předsazena šikmá hliníková konstrukce.

Vnitřní dělicí konstrukce jsou převážně lehké, na bázi SDK nebo prosklené. V testovací hale jsou dělicí příčky navrženy jako mobilní, s možností změny půdorysných velikostí dílčích testovacích prostorů.

Schodiště a výtah jsou uzavřeny do železobetonových monolitických stěn.

5.4 Technika prostředí budov

Zdroje energie

Hlavním zdrojem energie je plynový kotel, dále elektřina ze sítě, elektřina z fotovoltaických panelů umístěných na střeše a na fasádě objektu a biomasa (ORC).

Vytápění

Hlavním zdrojem tepla je plynová kotelna. Druhým zdrojem tepla je kotel na spalování peletek a doplňkovým zdrojem jsou sálavé plynové panely v halové části. Vytápěcí soustava je teplovodní s ocelovými otopnými tělesy a topnými konvektorovými tělesy.

Vzduchotechnika

Část s kanceláři vybavena VRV systémy (větrání + chlazení), laboratoře vybaveny systémem nuceného větrání a ostatní místnosti větrány přirozeně.

5.5 Užívání budovy

Budova UCEEB má velmi specifický provoz. Prostřední trakt je využíván jako kancelářská budova, kterou využívají stálí zaměstnanci i zaměstnanci na částečný úvazek. V halové části se provádí experimenty velkých měřítek za pomoci vyspělých technologií. Část s laboratořemi je určena k drobnějším experimentům.

Počet osob v průběhu pracovního týdne je velmi proměnlivý. Nejvíce uživatelů je v objektu ve čtvrtek a nejméně v pondělí a pátek. Průměrný počet uživatelů je 60 uživatelů za den v pracovním týdnu, o víkendu je v objektu pouze jeden uživatel.

5.6 Plán projektu

Zvolení příslušných makrocílů a ukazatelů

Ukazatele vybrané pro hodnocení budovy byly určeny na základě dostupných podkladů Level(s) pro Úroveň 3 a na základě získaných informací a podkladů pro budovu UCEEB.

Makrocíl	Ukazatel		
1. Emise skleníkových plynů a látek znečišťujících ovzduší v průběhu životního cyklu budovy	1.1 Energetická náročnost ve fázi užívání	4. Zdravé a pohodlné prostory	4.1 Kvalita vnitřního ovzduší
	1.2 Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu		4.2 Doba strávená mimo rozsah tepelné pohody
2. Životní cykly, které jsou účinné z pohledu zdrojů, a životní cykly oběhového materiálu	2.1 Výkaz výměr, materiály a životnost	5. Přizpůsobování se změně klimatu a odolnost vůči změně klimatu	4.3 Osvětlení a vizuální pohodlí
	2.2 Stavební a demoliční odpad a materiál		4.4 Akustika a ochrana proti hluku
	2.3 Návrh v oblasti přizpůsobivosti a renovace		5.1 Ochrana zdraví a tepelné pohody uživatelů
	2.4 Návrh v oblasti demontáže, opětovného použití a recyklace		5.2 Zvýšené riziko extrémních povětrnostních událostí
3. Účinná spotřeba vodních zdrojů	3.1 Spotřeba vody ve fázi užívání	6. Optimalizované náklady životního cyklu a jeho hodnota	5.3 Zvýšené riziko povodní
			6.1 Náklady životního cyklu
			6.2 Vytváření ekonomické hodnoty a vystavení rizikům

Obrázek 16: Vybrané ukazatele

Na jaké „úrovni“ bude náročnost projektu hodnocena

Hodnocení budovy UCEEB bude provedeno na úrovni 3 – Skutečné provedení a používání, konkrétně v úrovni 3d – Obývání a používání.

Získané podklady a informace k objektu pro provedení posouzení rámce Level(s)

Výkresová dokumentace (DSP) - výkres 1. NP (1:100), výkres 2. NP (1:100)

- výkresy TZB
- řezy, pohledy
- koordinační situace
- technické zprávy

Měsíční spotřeby energií za rok 2022

Měsíční spotřeba pitné vody za rok 2022

Naměřená data parametrů vnitřní kvality budov za rok 2022 (teplota, relativní vlhkost, CO₂)

5.7 Popis budovy podle Level(s)



Obrázek 8: Budova UCEEB [42]



Obrázek 9: Budova UCEEB [42]

Ukazatel		Budovy kancelářské	Budovy obytné
1. Lokalita	1.1 Země a region	Česká republika, Středočeský kraj	
	1.2 Vytápěcí a chladicí denostupně	Vytápěcí: > 1500-3000 Chladicí: 400-800	
	1.3 Podnebný pás	Zóna 3	
2. Typologie a stáří budovy	2.1 Nová budova nebo větší renovace	Nová budova	
	2.2 Rok výstavby	2012-2014	
	2.3 Segment trhu	Obývání vlastníkem Typ vlastnictví: institucionální	-
3. Způsob využití budovy	3.1 Podmínky použití	Administrativní budova, výzkum	
	3.2 Vzorce pro obývání a používání budovy	Proměnlivá hustota obývání během týdne. V týdnu - v průměru 60 uživatelů/den Víkend – 1 uživatel/den	Nepoužije se
	3.2.1 Předpokládaná hustota obývání		
	3.2.2 Předpokládaný vzorec pro obývání		
3.3 Zamýšlená (nebo požadovaná) životnost	50 let	-	
4. Model a vlastnosti budovy	4.1 Druh budovy	Kancelářská budova	-
	4.2 Celková užitná podlahová plocha	5 040 m ² Referenční norma pro účely výpočtů: IPMS Office 3	-
	4.3 Rozsah posuzovaných prvků budovy a použitý systém klasifikace	Rozsah posuzovaných prvků – omezen. V souladu s Level(s).	-
	4.3.1 Rozsah posuzovaných prvků budovy		
4.3.2 Použitý systém klasifikace prvků budovy			



Obrázek 17: Model budovy UCEEB [27]

5.8 Hodnocení vybraných ukazatelů

5.8.1 Energetická náročnost ve fázi užívání (1.1)

Metodika

Dodaná energie do budovy byla určena na základě získaných naměřených měsíčních hodnot pro každý energonositel v roce 2022.

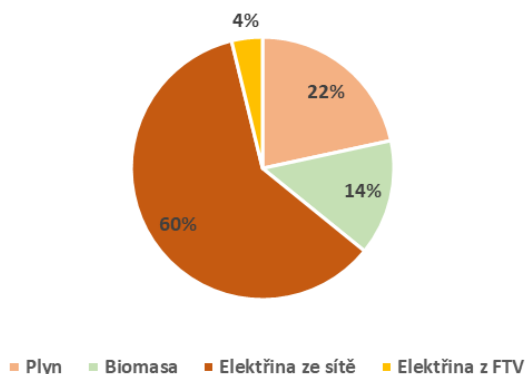
Faktory určeny na základě vyhlášky 78/2013 Sb.

Výsledky

Energonositel	Dodaná energie pro daný energonositel	Faktor neobnovitelné primární energie	
		Faktor	kWh/rok
	kWh/rok		
Plyn	229 020	1,0	229 020
Elektřina ze sítě	639 786	2,6	1 663 444
Elektřina z FTV	40 322	0,0	0
Biomasa	151 000	0,1	15 100
Exportovaná obn. energie	0	-2,6	0
CELKEM za rok	1 060 128	-	1 907 564
CELKEM na m² za rok	210	-	378

Tabulka 10: Celková dodaná a neobnovitelná primární energie pro jednotlivé energonositele

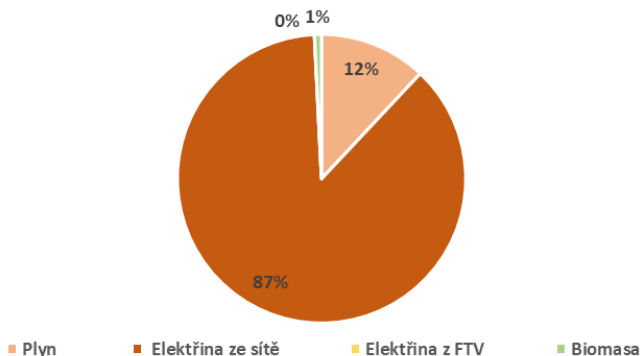
Rozdělení dodané energie do budovy za rok podle energonositele



Obrázek 18: Rozdělení dodané energie do budovy podle energonositele

Největší podíl dodané energie do budovy má elektřina ze sítě – 60 %. 22 % zastupuje plyn, 14 % biomasa a 4 % zbývají na elektřinu vyrobenou z fotovoltaických panelů na střeše objektu.

Rozdělení primární energie za rok z neobn. zdrojů podle energonositele



Obrázek 19: Rozdělení primární neobnovitelné energie z neobnov. zdrojů podle energonositele

Největší podíl na neobnovitelné primární energii má elektřina ze sítě – 87 %. 12 % tvoří plyn a 1 % zaujímá biomasa.

Potenciál pro zlepšení

Aby došlo ke snížení neobnovitelné primární energie, je potřeba snížit primárně množství elektrické energie ze sítě dodané do budovy.

5.8.2 Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu (1.2)

Metodika

Pro hodnocení potenciálu globálního oteplování byl zvolen nástroj OneClick LCA (studentská verze) - Level(s) life-cycle assessment (EN15804 +A1) s přístupem do databáze Ecoinvent a GaBi.

Řešené oblasti: materiály, spotřeba energie, spotřeba vody

Vynechané oblasti: činnost na staveništi, emise a odstraňování

Doba hodnocení – 50 let

Postup zadávání do programu OneClick byl následující: Materiály na jednotlivé konstrukce jsem zařadila do příslušné podskupiny konstrukcí a zadala jejich množství v kg. Dále jsem materiál zařadila do blíže specifikované skupiny budovy. U ostatních kolonek jsem nechala automatické vyplnění – jedná se o kolonky Transport, kilometers, Transport, leg 2, kilometers, Service life, Localisation, Repair/year, Wastage a EOL Process.

Resource	Quantity	CO ₂ e	Comment	Building Parts	Transport, kilometers
Ready-mix concrete, normal strength	587466 kg	76t - 0,4%		1.3.2 Internal walls	60 Concrete mixer truck
Reinforcement steel (rebar), 7850 k	60445.0 kg	47t - 0,2%		1.3.2 Internal walls	370 Trailer combination, 40
Clay bricks, Porotherm Profi, Porot	184052 kg	34t - 0,2%		1.3.2 Internal walls	60 Trailer combination, 40
Internal wall system with glass woo	39928.0 kg	17t - 0,1%		1.3.2 Internal walls	60 Trailer combination, 40
Glass partitioning system with alum	3475 kg	5,7t --0%		1.3.2 Internal walls	380 Trailer combination, 40
Reinforcement steel (rebar), 7850 k	3061.0 kg	2,4t --0%		1.3.3 Stairs and ramps	370 Trailer combination, 40
Ready-mix concrete, normal strength	30406.0 kg	2,1t --0%		1.3.3 Stairs and ramps	60 Concrete mixer truck

Tabulka 11: Zadávání dat do programu OneClick – 1. část (výstup z programu OneClick)

Transport, leg 2, kilometers	Service life	Localisation	Repair/year (B3)	Wastage	EOL Process	Reused material
Not defined	As building	Czech Republic	None	4 %	Concrete crushed to	<input type="checkbox"/>
Not defined	As building	Local, not needed	None	4.85 %	Steel recycling	<input type="checkbox"/>
Not defined	As building	Local, not needed	None	5 %	Brick/stone crushed to	<input type="checkbox"/>
Not defined	As building	Not available	None	12.5 %	Gypsum recycling	<input type="checkbox"/>
Not defined	As building	Czech Republic	None	None	Glass-containing product	<input type="checkbox"/>
Not defined	As building	Local, not needed	None	4.85 %	Steel recycling	<input type="checkbox"/>
Not defined	As building	Czech Republic	None	4 %	Do nothing	<input type="checkbox"/>

Tabulka 12: Zadávání dat do programu OneClick – 2. část (výstup z programu OneClick)

Po uložení zadaných dat se automaticky u každého materiálu zobrazí celkový dopad CO₂e za celou dobu hodnocení pro zadaný materiál a procentuální zastoupení v celkovém množství CO₂e.

Do hodnocení nebyly zahrnuty tyto části budovy: Technické zařízení budov, Technologická zařízení, Terénní úpravy

Výsledky

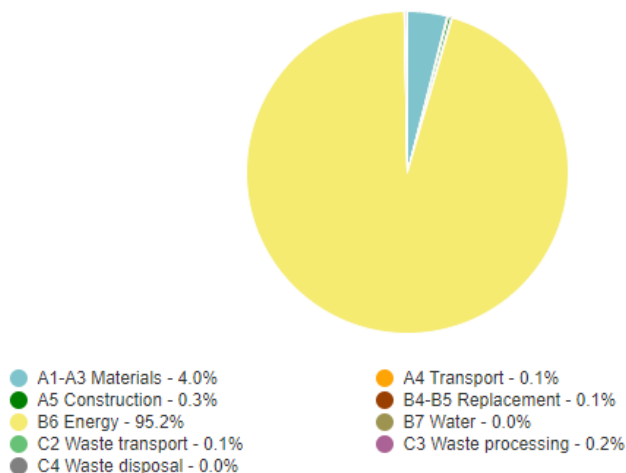
Vybrané hodnocené ukazatele

Indikátor	Jednotka	Produkt (A1-3)	Stavební proces (A4-5)	Fáze užívání (B1-7)	Konec životnosti (C1-4)	Přínosy a zatížení nad rámec systému (D)
GWP	kg CO ₂ eq	1,11x10 ⁶	11,8x10 ⁴	3,00x10 ⁷	8,07x10 ⁴	-1,20x10 ⁶
AP	kg SO ₂ eq	5,29x10 ³	3,55x10 ²	1,90x10 ⁵	2,04x10 ²	-5,72x10 ⁵
EP	kg PO ₄ eq	1,62x10 ³	1,24x10 ²	1,95x10 ⁵	4,61x10 ¹	-1,07x10 ³
ODP	kg CFC11 eq.	5,48x10 ⁻²	11,59x10 ⁻³	5,00x10 ⁻¹	7,58x10 ⁻³	-4,52x10 ⁻²

Tabulka 13: Hodnoty jednotlivých ukazatelů pro jednotlivé fáze životního cyklu

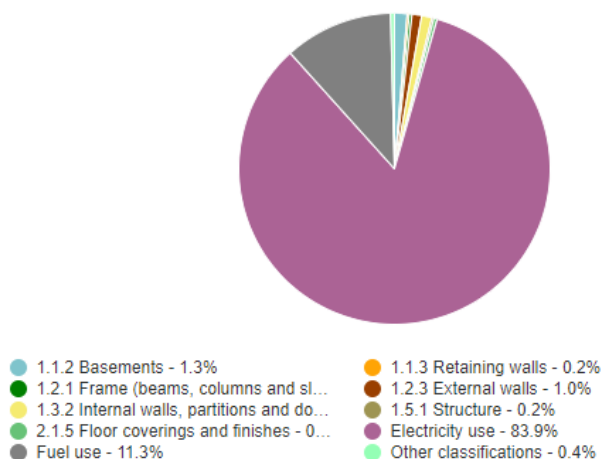
Indikátor	Jednotka	Celkem	Vztaženo na užitnou plochu m ²	Vztaženo na užitnou plochu za rok m ² /rok
GWP	kg CO ₂ eq	2,79x10 ⁷	5 530	111
AP	kg SO ₂ eq	1,94x10 ⁵	38	76,9
EP	kg PO ₄ eq	1,97x10 ⁵	39	78,1
ODP	kg CFC11 eq.	6,53x10 ¹	0,013	0,0003

Tabulka 14: Celkové hodnoty pro jednotlivé hodnocené ukazatele

Global warming kg CO₂e - Life-cycle stages

Obrázek 20: Podíl jednotlivých fází životního cyklu na GWP (výstup z programu OneClick LCA)

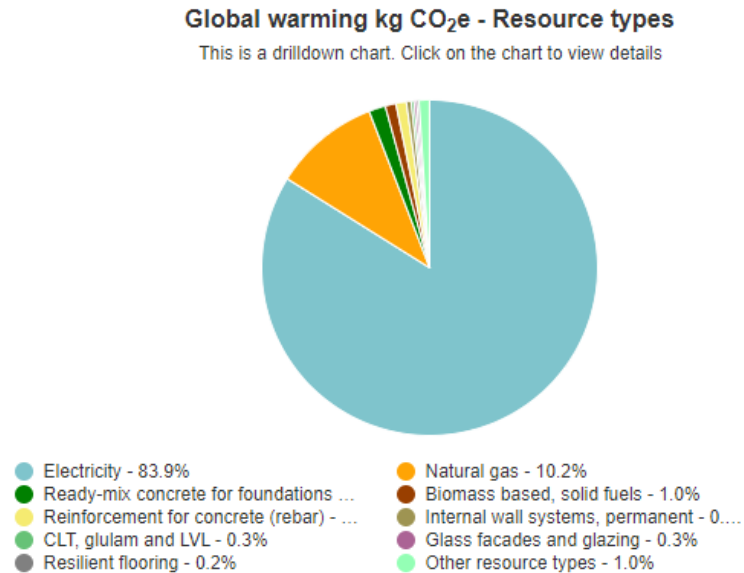
Z pohledu životního cyklu budovy, k potenciálu globálního oteplování hodnocené budovy významně přispívá fáze B6 Spotřeba energie ve fázi užívání, která tvoří téměř 95 % z celkového množství a dále fáze A1-A3 Materiály, která tvoří 4 %.

Global warming kg CO₂e - Classifications

Obrázek 21: Podíl prvků budovy na GWP (výstup z programu OneClick LCA)

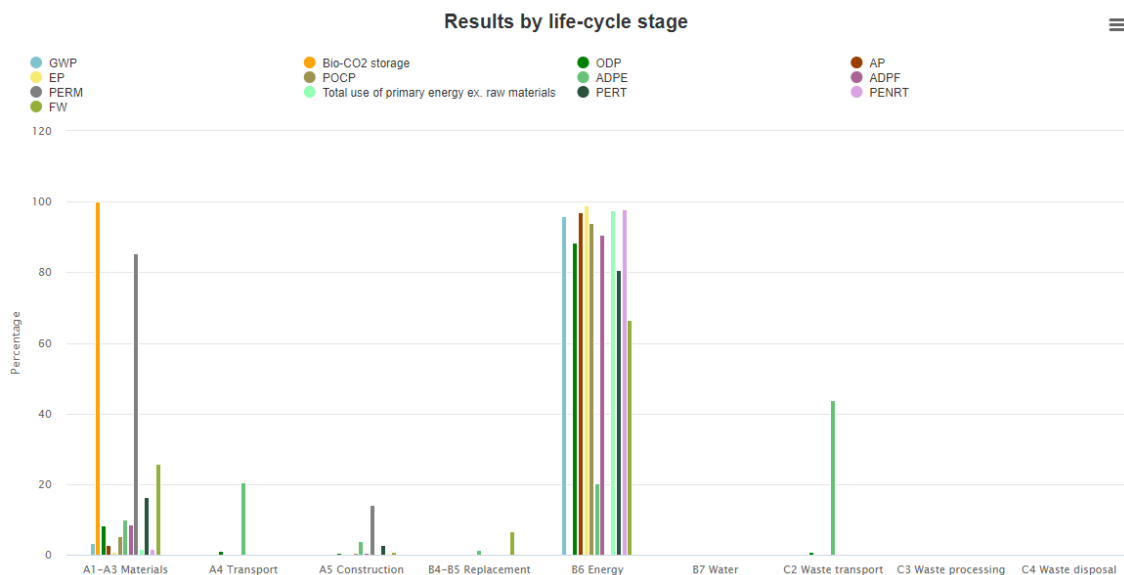
Z jednotlivých elementů budovy k potenciálu globálního oteplování nejvíce přispívá elektrická energie ze sítě – 84 % a dále spotřeba paliv – 11 %. Z pohledu jednotlivých částí

budovy je GWP nejvíce ovlivněn základovými konstrukcemi, obvodovými stěnami a vnitřními stěnami. Nosná konstrukce z důvodu vysokého zastoupení dřeva nemá zásadní vliv na GWP.

























Obrázek 22: Podíl (výstup z programu OneClick LCA)

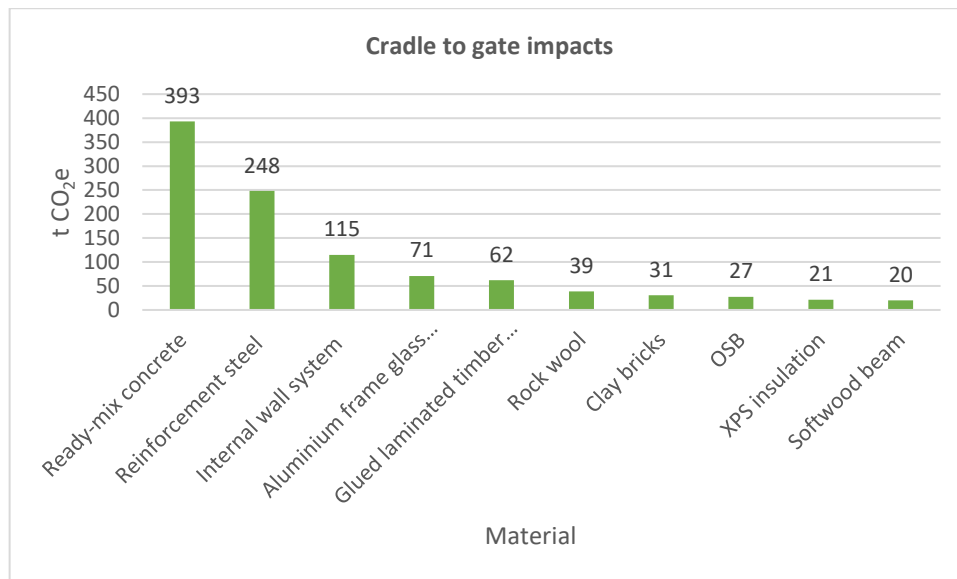
Podle zdroje materiálu nebo energie, k potenciálu globálního oteplování nejvíce přispívá elektřina – 84 %, plyn – 10 %, beton – 1,5 %, výztuž do betonu 1 % a biomasa – 1 %.



Obrázek 23: Zastoupení jednotlivých ukazatelů v jednotlivých fázích životního cyklu (výstup z programu OneClick LCA)

No.	Resource	Cradle to gate impacts (A1-A3)	Of cradle to gate (A1-A3)
1.	Ready-mix concrete, normal strength, generic, C25/30 (3600/4400 PSI), with CEM I, 0% recycled binders (280 kg/m ³ ; 17.5 lbs/ft ³ total cement)  ?	393 tonnes CO ₂ e	35.4 %
2.	Reinforcement steel (rebar), 7850 kg/m ³ , 500-1100 N/mm ²  ?	248 tonnes CO ₂ e	22.3 %
3.	Internal wall system with rock wool core, plasterboard siding and steel frame, 95mm, 42.8 kg/m ²  ?	115 tonnes CO ₂ e	10.4 %
4.	Aluminium frame glass façade system, 50 – 260 mm, 32950 mm x 2985 mm, 3447.7 kg/unit ?	71 tonnes CO ₂ e	6.4 %
5.	Glued laminated timber (GLT), 475.63 kg/m ³ , moisture content 12%  ?	62 tonnes CO ₂ e	5.6 %
6.	Rock wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.031 W/mK, R = 1 m ² K/W, 31mm, 1.86 kg/m ² , 60 kg/m ³ , (Range: 51-65kg/m ³), 22% slag content  ?	39 tonnes CO ₂ e	3.5 %
7.	Clay bricks,  ?	31 tonnes CO ₂ e	2.8 %
8.	Oriented strand board (OSB), 613 kg/m ³ , 3% moisture content  ?	27 tonnes CO ₂ e	2.4 %
9.	XPS insulation panels, L=0.033 W/mK, R=1.2 m ² K/W, 40 mm, 1.25 kg/m ² , 31.25 kg/m ³ , compressive strength 300 kPa, 40% recycled polystyrene, CO ₂ blowing agent, Lambda=0.033 W/(m.K)  ?	21 tonnes CO ₂ e	1.9 %
10.	Softwood beam, kiln dried, planed, 440 kg/m ³ , 10% moisture content, coniferous wood  ?	20 tonnes CO ₂ e	1.8 %
11.	Cement, Portland cement clinker,  ?	14 tonnes CO ₂ e	1.3 %
12.	Crushed gravel, ?	11 tonnes CO ₂ e	1.0 %
13.	Fire-protection cement board, 15.5 kg/m ² , 20 mm, 775 kg/m ³ , applicable for range: 640 - 980 kg/m ³ , 0,15 - 0,2W/(mK), Lambda=0.175 W/(m.K)  ?	11 tonnes CO ₂ e	1.0 %
14.	Precast concrete paving tiles, 2350kg/m ³ , 1.56W/(mK), width : 10 - 60 cm, length : 10 - 120 cm, thickness : 6 - 16 cm, Lambda=1.56 W/(m.K)  ?	9,2 tonnes CO ₂ e	0.8 %
15.	Wood fibre flexible insulation for friction mounted between studs and rafters, L = 0.038 W/mK, 50 kg/m ³ , average Scandinavian wood pulp manufacturing technology, Lambda=0.038 W/(m.K)  ?	7,3 tonnes CO ₂ e	0.7 %
16.	Glass partitioning system with aluminium clamping profile, 31.93 kg/m ²  ?	5,6 tonnes CO ₂ e	0.5 %
17.	Gypsum board, fire resistant, 12.5 mm, 10.5 kg/m ² , 840 kg/m ³  ?	5,1 tonnes CO ₂ e	0.5 %
18.	Ready-mix concrete, normal strength, generic, C25/30 (3600/4400 PSI) with CEM III/A, 60% GGBS content (280 kg/m ³ ; 18.7 lbs/ft ³ total cement)  ?	4,7 tonnes CO ₂ e	0.4 %
19.	Ready-mix concrete, normal strength, generic, C35/45 (5000/6500 PSI) with CEM I, 0% recycled binders (340 kg/m ³ ; 21.2 lbs/ft ³ total cement)  ?	4,3 tonnes CO ₂ e	0.4 %
20.	EPS insulation panels, graphite, L= 0.033 W/mK, R= 3.03 m ² K/W, 100 mm, 3 kg/m ² , 30 kg/m ³ , compressive strength 220 kPa, 100% recycled polystyrene, Lambda=0.033 W/(m.K)  ?	4,2 tonnes CO ₂ e	0.4 %
21.	Fibre cement boards, 1300 kg/m ³ (81.16 lbs/ft ³)  ?	3,5 tonnes CO ₂ e	0.3 %
22.	MDF hollow-core door, glossy, 25.8 kg/unit ?	3,1 tonnes CO ₂ e	0.3 %
23.	Asphalt-based waterproof coating, Single layer, 17+40 mm  ?	0,51 tonnes CO ₂ e	0.0 %
24.	Wooden cladding and decking, 445 kg/m ³ , cladding: 7-28.5 mm, moisture 8-16%, decking: 18-29 mm, moisture 8-18%  ?	0,28 tonnes CO ₂ e	0.0 %
25.	PE foil, PE, 1.2 kg/m ²  ?	12 kg CO ₂ e	0.0 %

Tabulka 15: Materiály použité v budově a jejich emise CO₂ (výstup z programu OneClick LCA)



Obrázek 24: 10 materiálů s největším vlivem na GWP

Potenciál pro zlepšení

Aby došlo ke snížení dopadu budovy na životní prostředí, je potřeba snížit primárně spotřebu elektrické energie, která velmi výrazně přispívá k potenciálu globálního oteplování. Z pohledu materiálů je prostor pro zlepšení u těch materiálů, které nejvíce přispívají ke GWP. V případě hodnoceného objektu je to beton, ocelová výztuž do betonu, sádkartonové příčky, skleněná fasáda s hliníkovým rámem a lepené lamelové dřevo. Další materiály jsou uvedeny v tabulce výše.

5.8.3 Výkaz výměr, materiály a životnost (2.1)

Metodika

Hodnocení bylo provedeno na základě šablony UM3_Indicator_2.1_excel_v1.2. Výkaz materiálu byl vytvořen na základě výkresové dokumentace skutečného provedení stavby. Do hodnocení nebyly zahrnuty prvky technického zařízení budov a terénní úpravy.

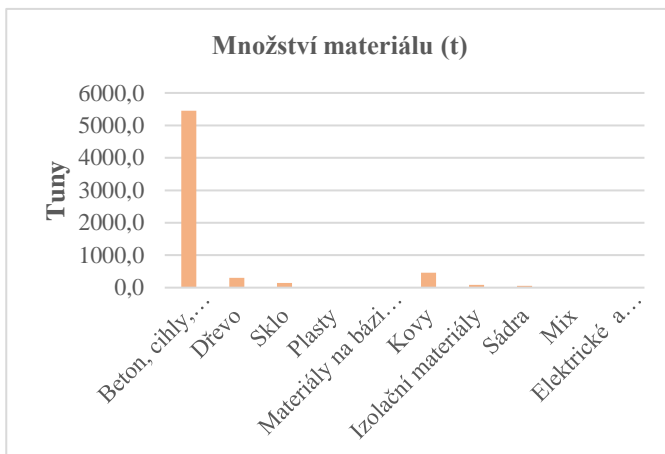
Hodnocení

Viz Příloha 3

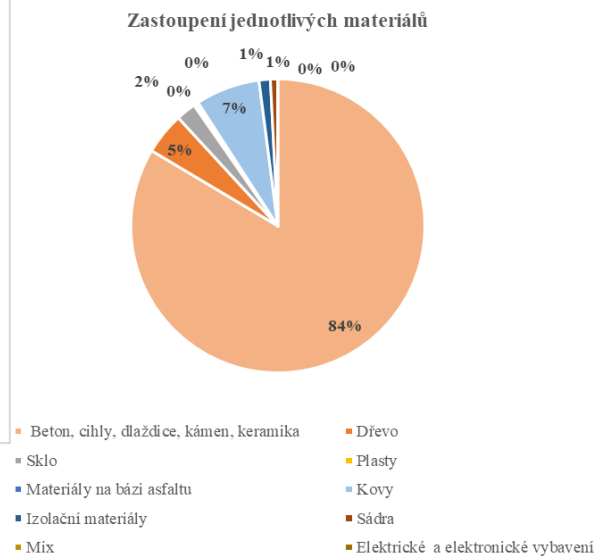
Výsledky

Dělení podle materiálu			Výkaz materiálu				
			Celková užžitná plocha (m ²)	5040	Totals check (should =0)	0	
			Dělení podle částí budovy				
	Materiál celkově (t)	Materiál celkově(%)	Shell	Core	External	Celkem	Jednotky
Celkem	6522,8	100,0%	5446	3986	0	9432	tuny
Beton, cihly, dlaždice, kámen, keramika	5449,9	83,6%	57,7%	42,3%	0,0%	100,0%	hmota %
Dřevo	300,1	4,6%					
Sklo	142,6	2,2%					
Plasty	14,4	0,2%					
Materiály na bázi asfaltu	19,9	0,3%					
Kovy	461,6	7,1%					
Izolační materiály	81,1	1,2%					
Sádra	53,2	0,8%					
Mix	0,0	0,0%					
Elektrické a elektronické vybavení	0,0	0,0%					
			Normalizované náklady(€/m2)		Normalizované náklady(€/m2)		
			-		-		
			Normalizovaná hmota (kg/m2)				
			1294,20				

Tabulka 16: Výkaz materiálu podle materiálu



Obrázek 25: Množství materiálu podle kategorie



Obrázek 26: Zastoupení jednotlivých materiálů

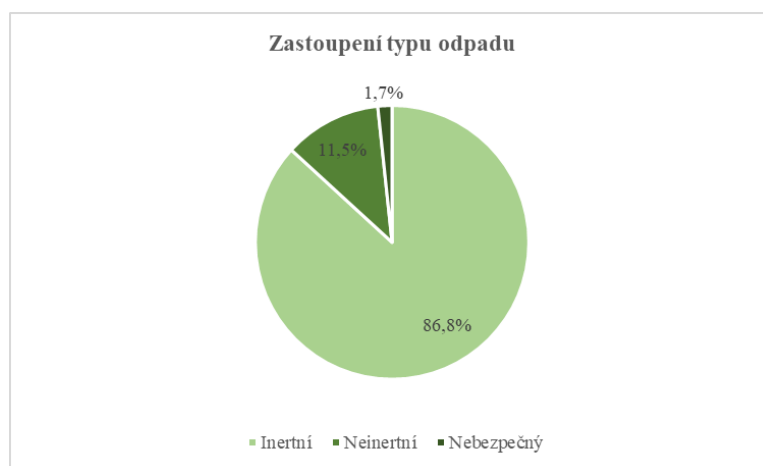
Největší množství materiálu spotřebovaného na budovu tvoří kategorie Beton, cihly, dlaždice a keramika. Tato kategorie tvoří 84 % z celku. Na dalším místě je kategorie Kovy, která tvoří 7 %. Dalšími kategoriemi, které se podílí na celkové hmotnosti jsou Dřevo, Sklo a Izolační materiály.

Odhad stavebního odpadu				
	Odhadované procento odpadu	Typ odpadu	LoW kód	Celkem odpadu (t)
Beton, cihly, dlaždice, kámen, keramika	15,0%	Inertní	17 01 01	817,48
Dřevo	20,0%	Neinertní	17 02 01	60,02
Sklo	15,0%	Inertní	17 02 02	21,39
Plasty	10,0%	Neinertní	17 02 03	1,44
Materiály na bázi asfaltu	5,0%	Neinertní	17 03 02	0,99
Kovy	8,0%	Neinertní	17 04 07	36,93
Izolační materiály	20,0%	Nebezpečný	17 06 05	16,23
Sádra	22,5%	Neinertní	17 08 02	11,96
Mix	10,0%	Neinertní	17 09 04	0,00
Elektrické a elektronické vybavení	10,0%	Nebezpečný	16 02 XX or 20 01 XX	0,00

Tabulka 17: Množství stavebního odpadu podle kategorie materiálu

Inertní odpad je typ odpadu, který nemá nebezpečné vlastnosti a u něhož za normálních klimatických podmínek nedochází k žádným významným fyzikálním, chemickým nebo biologickým změnám; inertní odpad nehoří ani jinak chemicky či fyzikálně nereaguje, nepodléhá biologickému rozkladu ani nezpůsobuje rozklad jiných látek, s nimiž přichází do styku, a to způsobem, který ohrožuje nebo poškozují lidské zdraví nebo životní prostředí nebo který vede k překročení limitů znečišťování stanovených zvláštními právními předpisy). [28]

Nebezpečný odpad může poškozovat lidské zdraví nebo životní prostředí, a proto je mu potřeba věnovat zvýšenou pozornost. K negativnímu působení nebezpečných odpadů může docházet na místě jejich vzniku, při přepravě nebo v místě jejich zpracování, zejména odstranění. Mezi nebezpečné vlastnosti odpadu patří toxicita, karcinogenita, mutagenita, infekčnost, ekotoxicita a další. [29]



Obrázek 27: Zastoupení typu odpadů, které by vznikly po konci životnosti budovy

Největší zastoupení ve stavebním odpadu má inertní odpad – 86,8 %. 11,5 % zastupuje odpad, který není ani inertní ani nebezpečný a nejmenší zastoupení má nebezpečný odpad – 1,7 %.

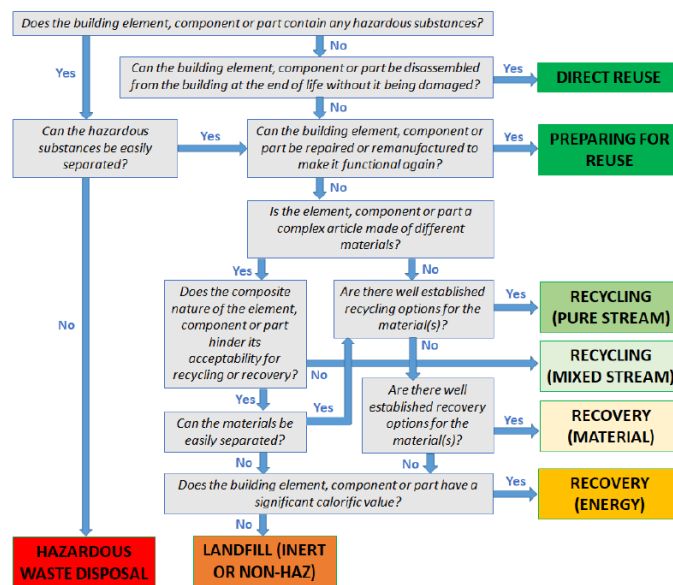
Potenciál pro zlepšení

V tomto indikátoru je potenciál ke zlepšení v použití materiálů, které mají stejné vlastnosti jako stávající materiál, ale bude jich potřeba menší množství (například izolace, které mají lepší tepelně tech. vlastnosti než stávající) nebo materiály s nižší objemovou hmotností nebo použití materiálů s delší životností, než mají stávající materiály.

5.8.4 Návrh v oblasti demontáže, opětovného použití a recyklace (2.4)

Metodika

Hodnocení bylo provedeno na základě šablony Indicator_2.4.calculator_v2.0.



Obrázek 28: Rozhodovací tabulka pro určení typu cirkularity [15]

Hodnocení

viz Příloha 3

Výsledky

Building element specific circularity scores	
	By mass
Piles or shallow foundations	88,6%
Basements	93,4%
Retaining walls	88,5%
Frame (beams, columns and slabs)	85,9%
Upper floors	75,5%
External walls	75,0%
Ground floor slab	
Internal walls, partitions and doors	67,5%
Stairs and ramps	88,6%
External wall systems, cladding and shading devices	66,4%
Façade openings (including windows and external doors)	77,5%
External paints, coatings and renders	
(Roof) Structure	82,2%
(Roof) Weatherproofing	99,9%
Above ground and underground (within the curtilage of the building and servicing the building occupiers)	
Sanitary fittings	100,0%
Cupboards, wardrobes and worktops (where provided in residential property)	
Ceilings	51,1%
Wall and ceiling finishes	-
Floor coverings and finishes	82,7%

Tabulka 18: Skóre cirkularity pro jednotlivé prvky budovy

Celkové skóre cirkularity – **84,5 %**

Potenciál pro zlepšení

Pro zlepšení návrhu v oblasti demontáže, opětovného použití a recyklace je vhodné se zaměřit na navržení materiálů, které lze nejlépe znovu použít v nezměněném stavu, popřípadě recyklovat.

5.8.5 Spotřeba vody ve fázi užívání (3.1)

Metodika

Ze získaných hodnot spotřeby pitné vody v m³ za rok 2022 a odhadu míry obsazenosti v budově byla určena spotřeba pitné vody v m³ na osobu za rok.

Výsledky

L3 Office buildings - water consumption	
Totals for potable water consumption in OFFICE buildings (m ³ /a and m ³ /o/a)	
	Level 3 measure
Number of FTE occupants	60,0
Meter reading (m ³ /a)	637,00
Specific consumption rate (m ³ /o/a)	10,6
Specific consumption rate (L/o/d)	29

Tabulka 19: Spotřeba vody v objektu

Potenciál pro zlepšení

Za současného stavu je spotřeba pitné vody v objektu 637 m³ za rok. Při rozpočítání na uživatele vychází spotřeba vody 10,6 m³ na uživatele za rok. Ke snížení množství pitné vody v objektu by došlo využitím šedé vody, popřípadě vody dešťové.

5.8.6 Kvalita vnitřního ovzduší (4.1)

Metodika

Přístup k naměřeným hodnotám IAQ (minutová data) - teplota

- relativní vlhkost
- koncentrace CO₂

Hodnocení

Zvolená doba hodnocení – rok 2022

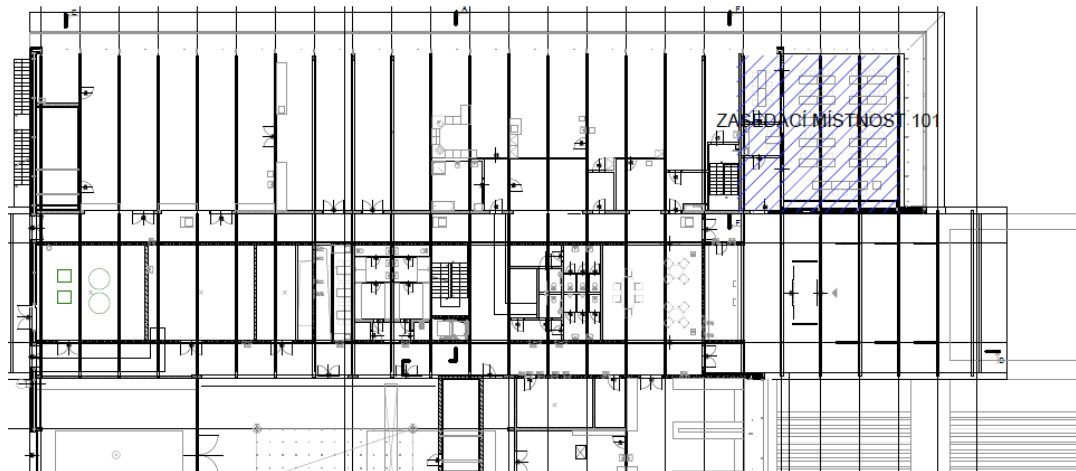
K hodnocení byly vybrány místnosti, ve kterých jsou umístěna čidla, ve kterých uživatelé tráví významné procento času pracovní doby nebo místnosti ve kterých se může nacházet velký počet lidí najednou.

Hodnocené místnosti: Open space

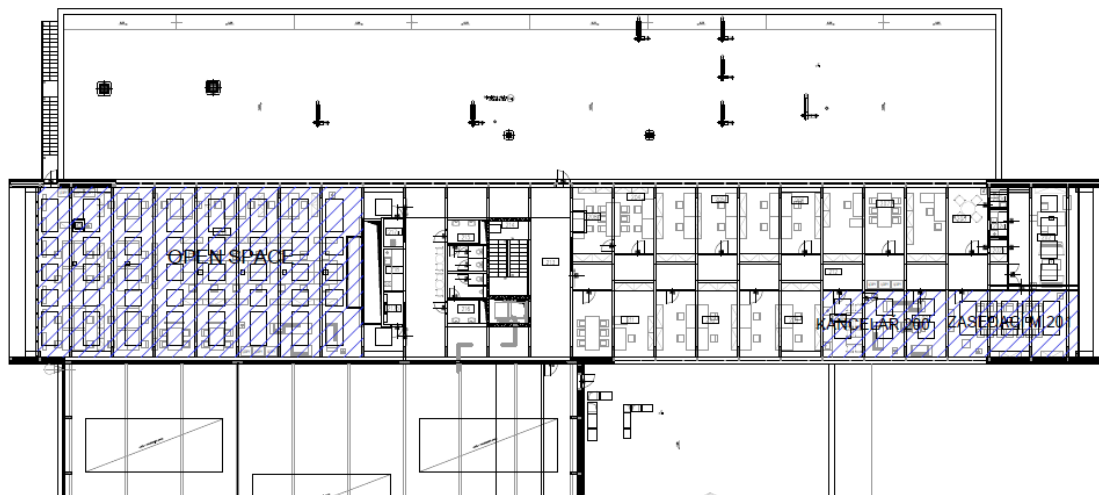
Kancelář

Zasedací místnost 101

Zasedací místnost 201



Obrázek 29: Umístění posuzovaných místností v 1. NP

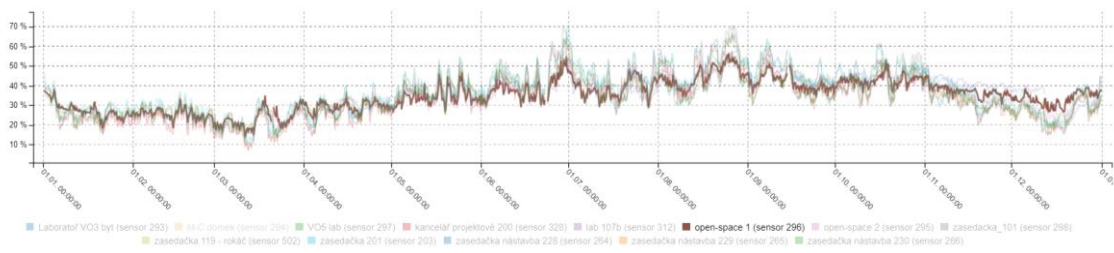


Obrázek 30: Umístění posuzovaných místností ve 2. NP

Relativní vlhkost

Úroveň relativní vlhkosti je důležitým faktorem vnitřní kvality vzduchu. Nízká relativní vlhkost (< 20 %) může způsobit u uživatelů budovy podráždění očí a sliznice. Relativní vlhkost více než 60 % může vytvořit ideální podmínky pro růst plísní, což může způsobit dýchací potíže a alergické reakce u uživatelů budovy.

Open space:



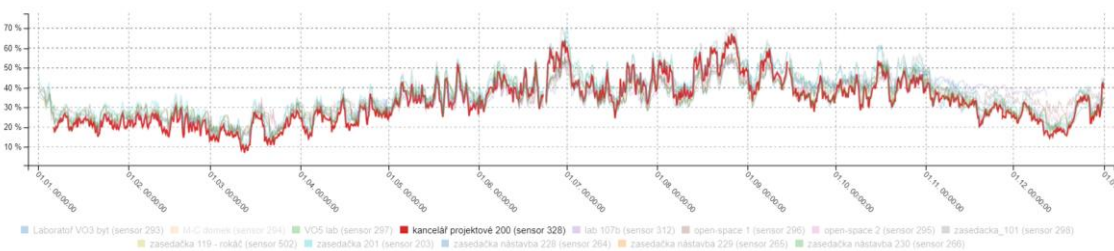
Obrázek 31: Průběh relativní vlhkosti v průběhu roku v open space

Během roku v hodnocené místnosti relativní vlhkost nepřesáhne horní hranici 60 %, dojde ale k překročení spodní hranice, kdy relativní vlhkost klesne pod 20 %. Procento času, kdy dojde k překročení hranice je znázorněno na následujícím grafu.



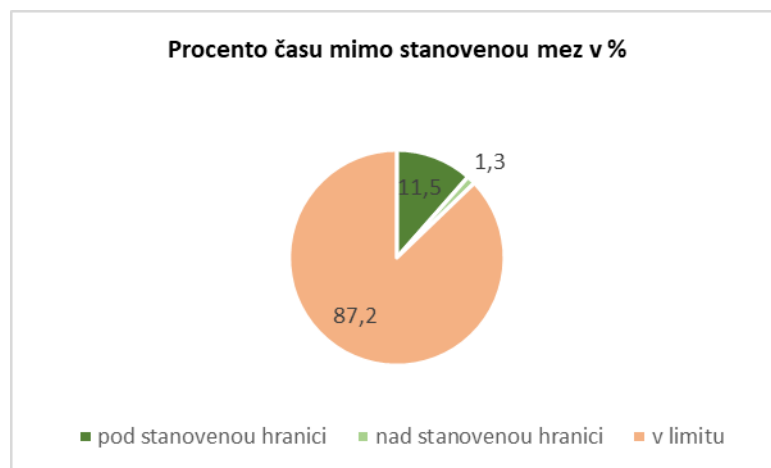
Obrázek 32: Procento času mimo stanovenou mez v open space

Kancelář:



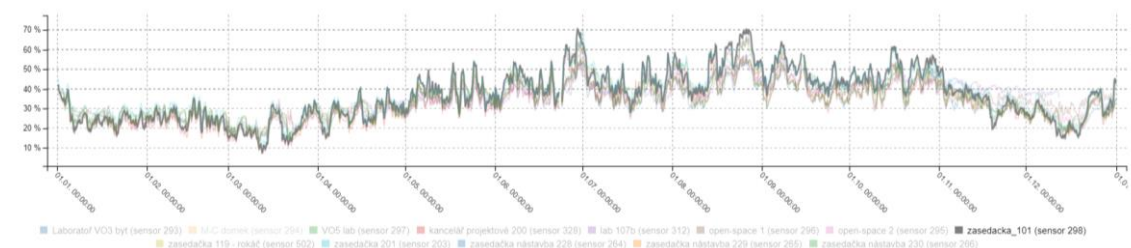
Obrázek 33: Průběh relativní vlhkosti v průběhu roku v kanceláři

Během roku v hodnocené místnosti dochází k překročení horní a spodní hranice relativní vlhkosti. Procento času, kdy dojde k překročení hranice je znázorněno na následujícím grafu.



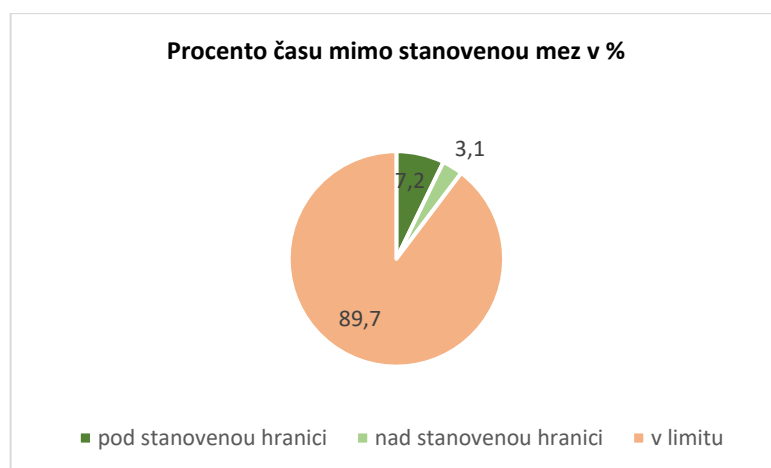
Obrázek 34: Procento času mimo stanovenou mez v kanceláři

Zasedací místnost 101:



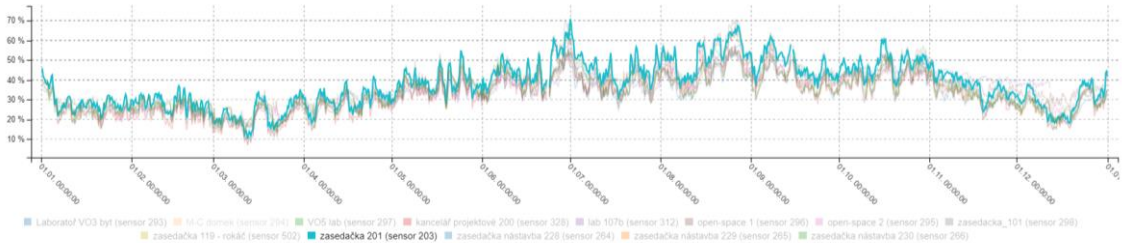
Obrázek 35: Průběh relativní vlhkosti v průběhu roku v zasedací místnosti 101

Během roku v hodnocené místnosti dochází k překročení horní a spodní hranice relativní vlhkosti. Procento času, kdy dojde k překročení hranice je znázorněno na následujícím grafu.



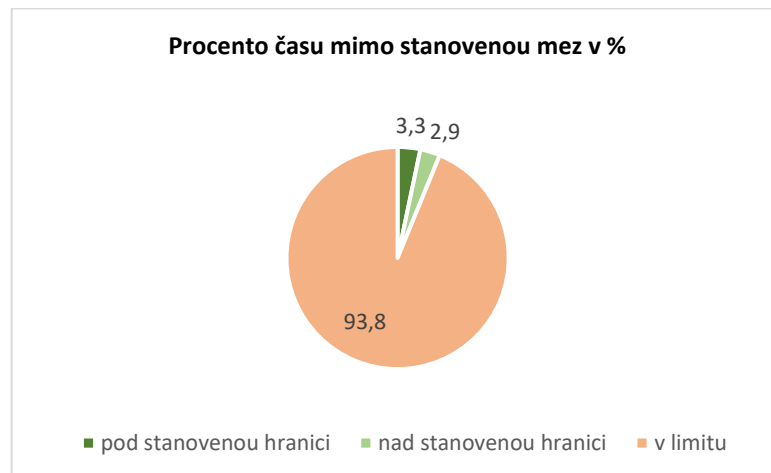
Obrázek 36: Procento času mimo stanovenou mez v zasedací místnosti 101

Zasedací místnost 201:



Obrázek 37: Průběh relativní vlhkosti v průběhu roku zasedací místnosti 201

Během roku v hodnocené místnosti dochází k překročení horní a spodní hranice relativní vlhkosti. Procento času, kdy dojde k překročení hranice je znázorněno na následujícím grafu.



Obrázek 38: Procento času mimo stanovenou mez v zasedací místnosti 201

V hodnocených místnostech dochází v letních měsících k překročení horních hodnot relativní vlhkosti, v zimních měsících naopak dochází k poklesu relativní vlhkosti pod stanovenou mez. Pro udržení hodnot ve stanovených mezích by muselo dojít k lepšímu návrhu vzduchotechnické jednotky.

Koncentrace CO₂

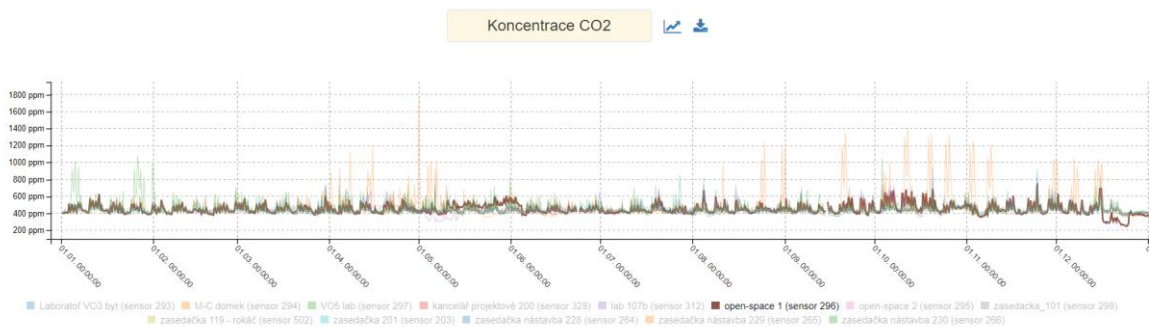
Hlavním důvodem pro měření CO₂ in-situ je to, že se jedná o vynikající ukazatel biologických látek. Metabolická aktivita dýchajících organismů vytváří současně biofluenty a CO₂, přičemž u prvního z nich je mnohem pravděpodobnější, že způsobí nepříznivé vnímání (např. zápach). Protože je však měření biofluentů in-situ mnohem složitější, dává se přednost měření CO₂.

Ačkoli vysoká hladina CO₂ může sama o sobě způsobit lidský smyslový diskomfort (např. při hladinách několika tisíc ppm), je nepravděpodobné, že by koncentrace ve vnitřním ovzduší byly tak vysoké.

Účinky expozice CO₂ ve vnitřním ovzduší:

- 350-500 ppm: typické hodnoty CO₂ ve venkovním ovzduší
- 1000ppm: v zónách, kde je jediným zdrojem CO₂ lidská metabolická činnost, by hladiny CO₂ nad 1000ppm zdůraznily potenciální význam biologických vlivů na vnímání IAQ obyvateli
- 2500ppm: při této úrovni mohou začít být narušeny kognitivní funkce obyvatel
- 30000ppm: 15minutový limit krátkodobé expozice stanovený agenturou OSHA
- 40000ppm: Bezprostředně nebezpečné pro život nebo zdraví při expozici delší než 5 minut
- 50000ppm: 30minutová smrtelná koncentrace pro člověka, která způsobuje bezvědomí

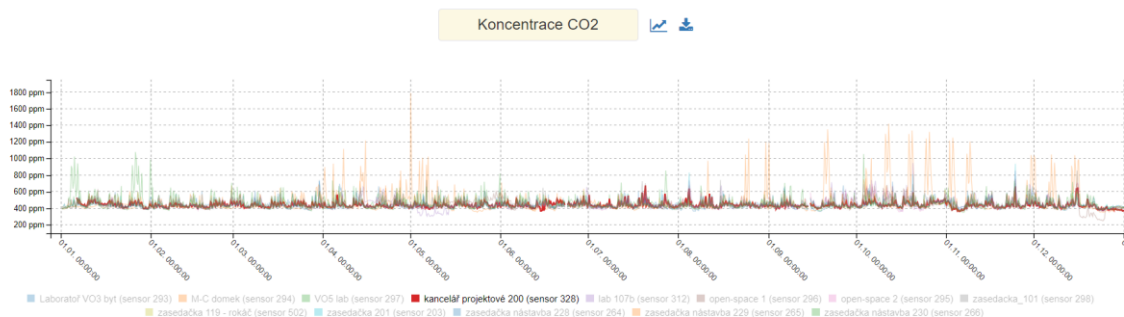
Open space:



Obrázek 39: Průběh koncentrace CO₂ v Open space

V hodnocené místnosti nedochází během roku k překročení koncentrace 1000ppm.

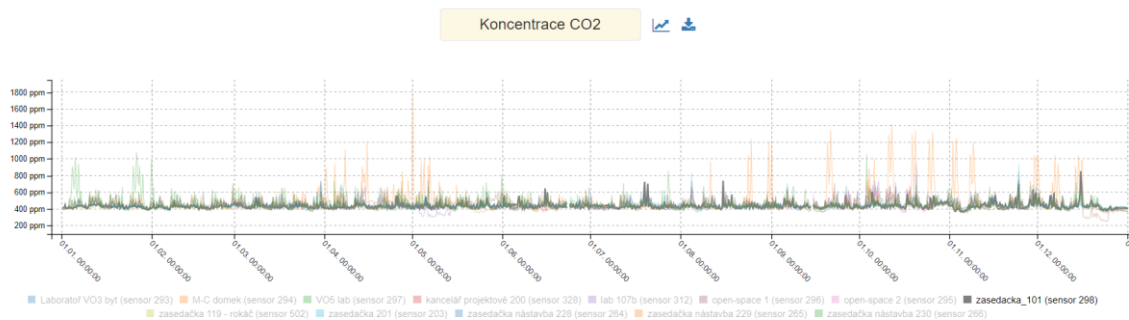
Kancelář:



Obrázek 40: Průběh koncentrace CO₂ v kanceláři

V hodnocené místnosti nedochází během roku k překročení koncentrace 1000ppm.

Zasedací místnost 101:



Obrázek 41: Průběh koncentrace CO₂ v zasedací místnosti 101

V hodnocené místnosti nedochází během roku k překročení koncentrace 1000ppm.

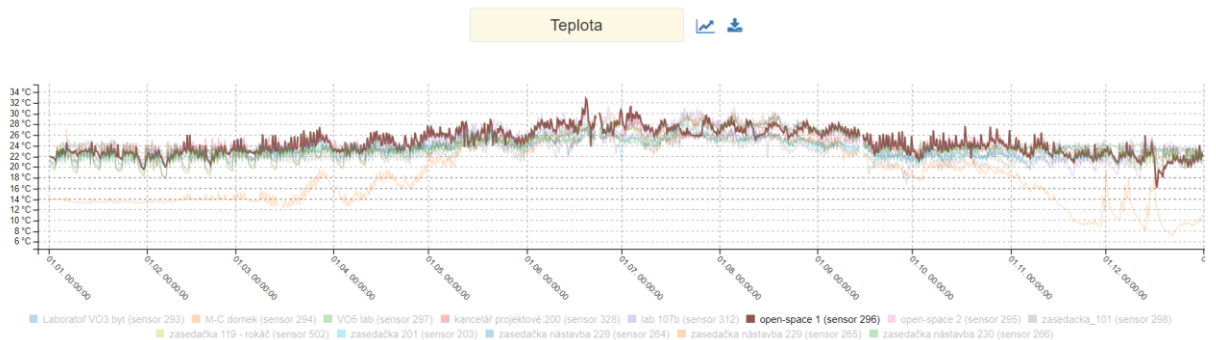
5.8.7 Doba strávená mimo rozsah tepelné pohody (4.2)

Metodika

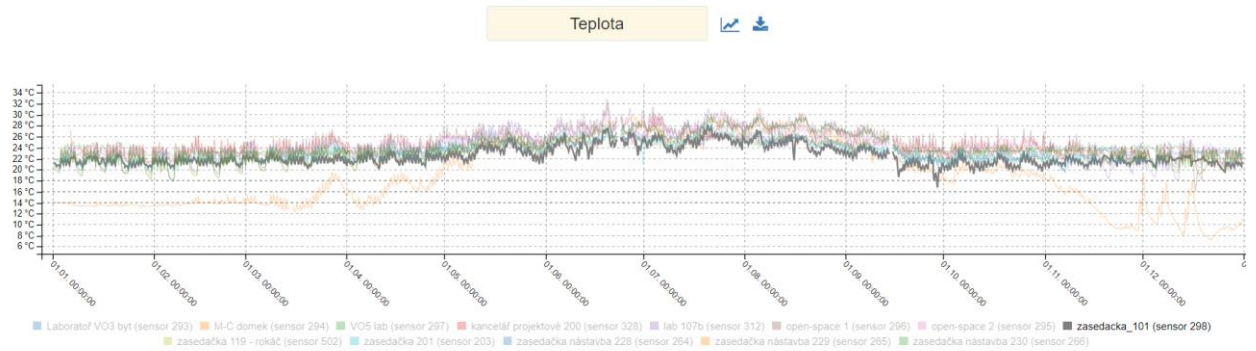
Přístup k naměřeným hodnotám IAQ (minutová data) - teplota

Senzory umístěny v laboratořích, zasedacích místnostech a open space

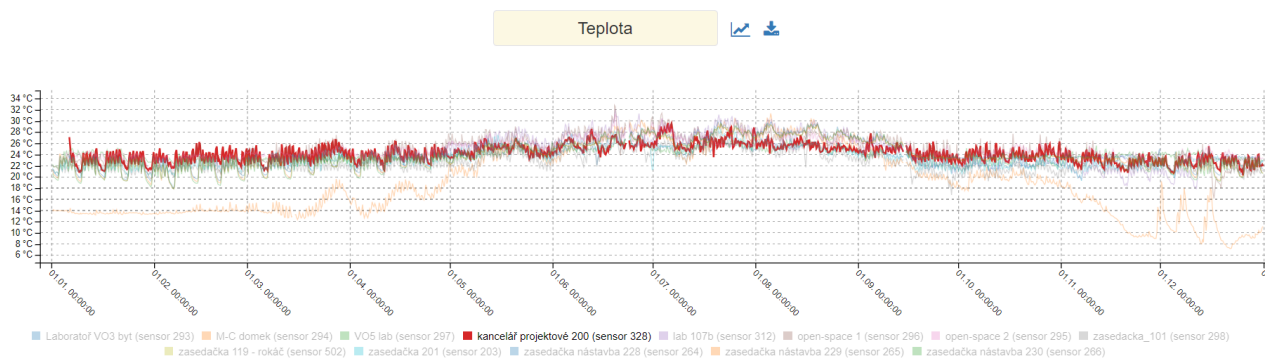
Hodnocení



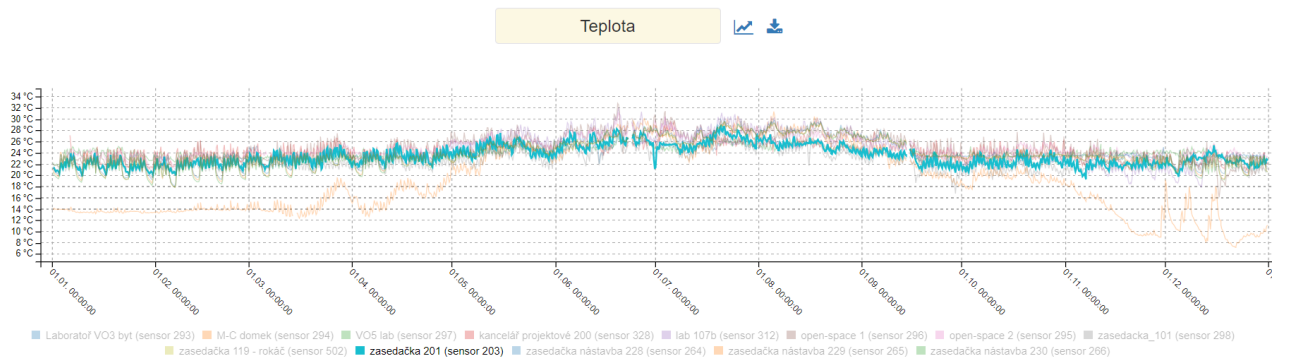
Obrázek 42: Průběh teploty v Open space



Obrázek 43: Průběh teploty v Zasedací místnosti 101



Obrázek 44: Průběh teploty v Kanceláři 200



Obrázek 45: Průběh teploty v Kanceláři 201

Výsledky

Hodnocené hledisko	Otopné období (1.9. - 31.5)	Období chlazení
Rozsah operativní teploty (°C)	18°C	27°C
Doba mimo rozsah (%)		
Open space	0	4 %
Kancelář 200	0	1 %
Zasedací místnost 101	0	0
Zasedací místnost 201	0	0

Tabulka 20: Procento času mimo rozsah tepelné pohody

V hodnocených místnostech nedochází v otopném období k poklesu teploty pod 18°C. V období chlazení se v některých místnostech teplota pohybuje na stanovenou mez 27°C. Procento času nad stanovenou mez je uvedeno v tabulce č. 9.

Potenciál pro zlepšení

V místnostech, ve kterých vystoupají v letních měsících teploty nad stanovenou mez, je potenciál ke zlepšení v návrhu lepšího stínění oken nebo ve zvýšení výkonu chladičích zařízení, popřípadě návrhu konstrukcí s vyšší akumulací tepla.

6 Návrh opatření na zlepšení

V každém z hodnocených indikátorů je potenciál pro zlepšení. Zároveň ale opatření, která zlepší výsledky jednoho indikátoru mohou způsobit zhoršení jiného indikátoru. Proto je vhodné zvolit pouze několik vybraných indikátorů, které mají pro daný typ budovy největší význam a ve kterých je snaha dosáhnout co nejlepších výsledků.

Dle mého uvážení jsem zvolila následující indikátory, ve kterých se budu snažit dosáhnout lepších výsledků:

1.1 Energetická náročnost ve fázi užívání

1.2 Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu

3.1 Spotřeba vody ve fázi užívání

Opatření budou navržena pro 2 možné varianty:

Varianta 1 - opatření, která by na budově bylo možné v budoucnosti provést (z důvodu výměny materiálu na konci životnosti, z důvodu změny dispozice atd.)

Varianta 2 - opatření, která by bylo možné aplikovat, pokud by se stejná budova stavěla znovu, popřípadě opatření, která zatím nejsou v ČR proveditelná z důvodu legislativy, ale v budoucnu by bylo pravděpodobně možné je realizovat

6.1 Aplikace opatření pro zlepšení stávajícího stavu

V této kapitole budou souhrnně uvedena a navržena možná opatření ke zlepšení stávajícího stavu. V závěru kapitoly jsou opatření přiřazena k jednotlivým variantám a přehledně uvedena v souhrnné tabulce.

- **Navýšení množství FTV panelů**

Navýšením FTV budou ovlivněny tyto indikátory:

1.1 Energetická náročnost ve fázi užívání

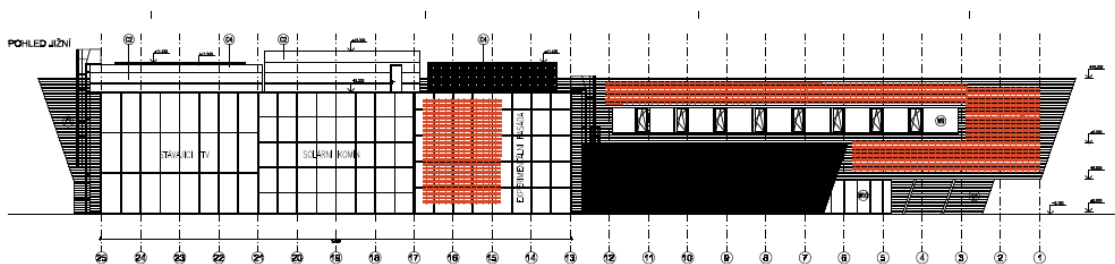
1.2 Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu



Obrázek 46: Pohled na budovu a přilehlé okolí (Mapy.cz)

Umístění FTV panelů na jižní fasádu objektu

Na řešeném objektu by bylo možné umístit FTV panely na jižní fasády objektu. Před aplikací by ale musela být ověřena únosnost fasády.



Obrázek 47: Umístění fotovoltaiky na jižní fasádě (nová FTV červeně)

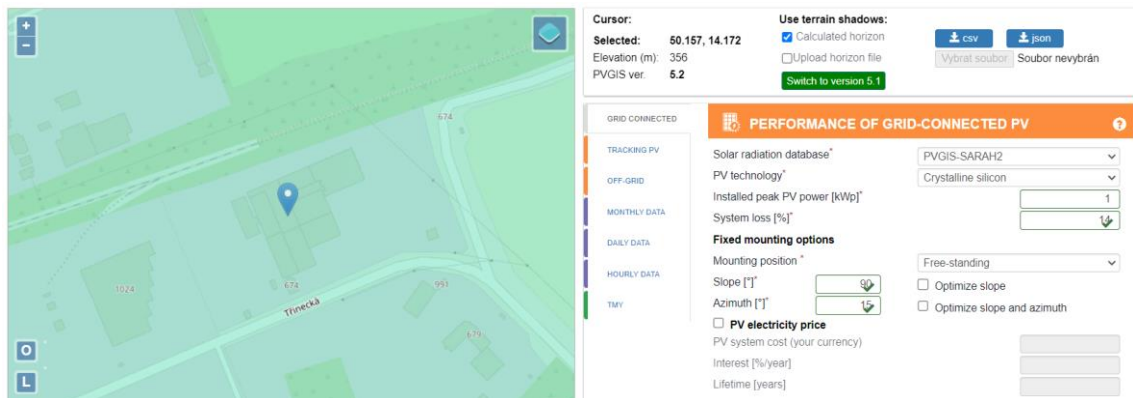
Plocha vhodná pro umístění: 149,5 m²

Orientace, sklon: jih, 90°

Azimut: 15°

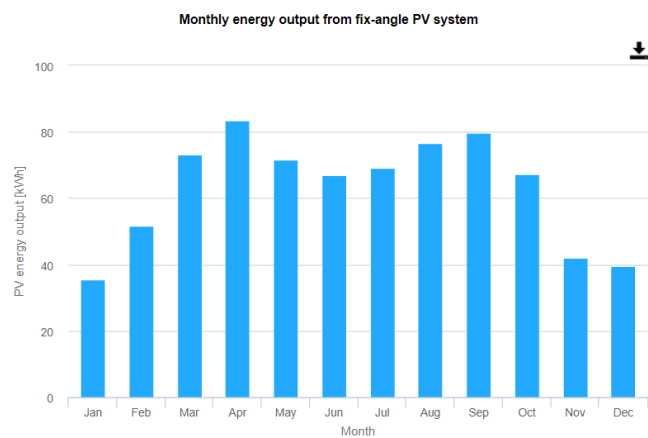
Přibližná roční produkce energie z FTV: **17 800 kWh**

(výpočet proveden v PVGIS tool, 1 kWp odpovídá přibližně 6,1 m² panelu)



Summary

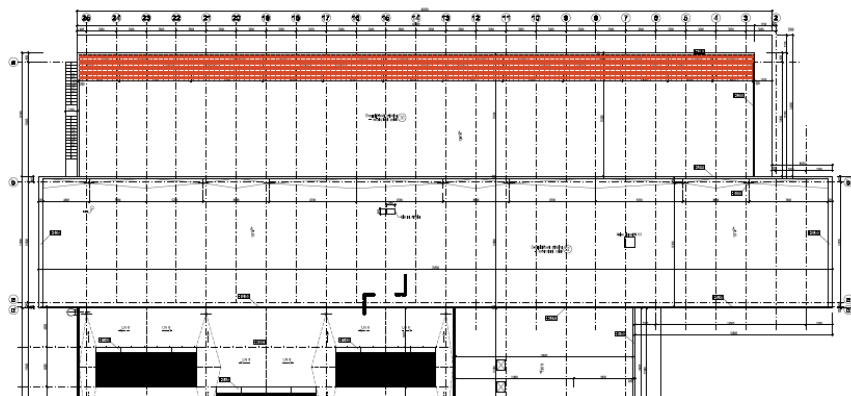
Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	50.157,14.172
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-SARAH2
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	1
System loss [%]:	14
Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	90
Azimuth angle [°]:	15
Yearly PV energy production [kWh]:	757.16
Yearly in-plane irradiation [kWh/m ²]:	962.36
Year-to-year variability [kWh]:	44.88
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-4.55
Spectral effects [%]:	1.9
Temperature and low irradiance [%]:	-5.94
Total loss [%]:	-21.32



Obrázek 48: Výstup z programu PVGIS – roční energie vyprodukovaná FTV panely na fasádě na 1 kWp

Umístění FTV panelů na střechu objektu

Na řešeném objektu by FTV panely mohly být navrženy v úzkém pruhu v severní části objektu. V ostatních částech střechy je realizována extenzivní zelená střecha nebo je vyhrazený prostor pro technologická zařízení.



Obrázek 49: Možné umístění FTV panelů

Plocha vhodná pro umístění: 153 m² (plocha střechy, na které se nenachází extenzivní zelená střecha a není ve stínu vyšší části budovy)

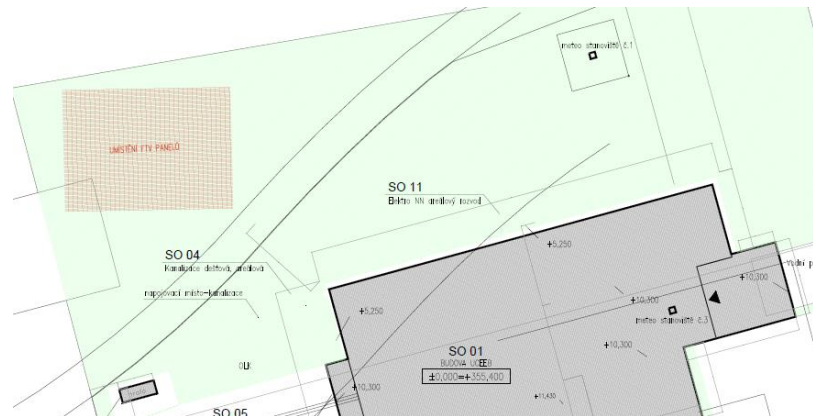
Orientace, sklon: jih, 34°

Azimut: 15°

Přibližná roční produkce energie z FTV: **26 200 kWh**

Umístění FTV panelů na pozemku

V severozápadní části pozemku se nachází nevyužitá plocha, na kterou by bylo možné umístit větší celek s fotovoltaickými panely.



Obrázek 50: Umístění FTV panelů na pozemek

Plocha vhodná pro umístění: 593 m² (reálná plocha pro realizaci FTV panelů – 295 m², z důvodu rozestupů mezi řadami, aby nedocházelo ke stínění)

Orientace, sklon: jih, 34°

Azimut: 0°

Přibližná roční produkce energie z FTV: **52 700 kWh**

Realizace fotovoltaického přístřešku nad parkoviště

Na stávající parkovací stání u objektu by bylo možné v budoucnu realizovat přístřešek s fotovoltaickými panely. Na trhu existuje výrobek CARPORT SOLAR, který využívá sluneční energii

a zároveň chrání zaparkovaný automobil před nepříznivým počasím. Nejčastěji je využíván jako rozšíření domácí nebo firemní fotovoltaické elektrárny. Zároveň je možné díky tomuto výrobku efektivně nabíjet elektromobily.



Obrázek 52: Přístřešek CARPORT SOLAR [43]



Obrázek 51: Možné umístění přístřešků

Plocha vhodná pro umístění: 246 m²

Orientace, sklon: jih, 6°

Azimut: 15°

Přibližná roční produkce energie z FTV: **37 900 kWh**

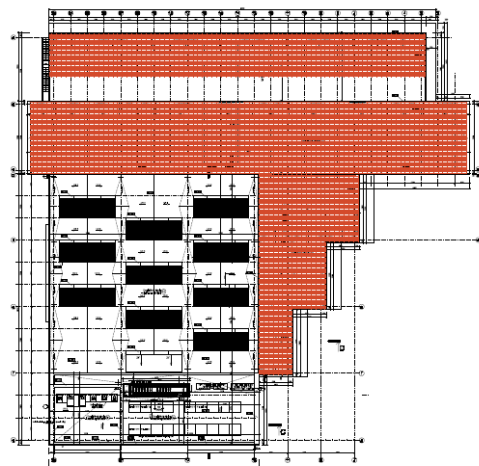
Realizace biosolární střechy

Pro zvýšení množství elektrické energie z obnovitelných zdrojů by bylo výhodné nainstalovat fotovoltaické panely na co možní největší část střechy. Pokud by ale měla být zachována extenzivní zelená střecha, přichází v úvahu realizace biosolární střechy.

Biosolární střecha je kombinace extenzivní zelené střechy s fotovoltaickými panely. Zelená střecha svým výparem ochlazuje panely a tím zvyšuje jejich účinnost. Fotovoltaické panely vytvářejí na střeše stín během dne a rostliny tak nejsou vystaveny celý den slunečnímu svitu.



Obrázek 54: Realizace biosolární střechy [44]



Obrázek 53: Plocha pro umístění FTV panelů v kombinaci s ex. střechou

Plocha vhodná pro umístění: 1 713 m² (reálná plocha pro umístění – 850 m² z důvodu rozestupu mezi řadami panelů, aby nedocházelo k zastínění)

Orientace, sklon: jih, 34°

Azimut: 15°

Přibližná roční produkce energie z FTV: **145 600 kWh**

Před realizací biosolární střechy by bylo potřeba ověřit statickou únosnost střechy.

Celková produkce elektrické energie z navržené fotovoltaiky v kWh – Varianta 1

Fasáda	17 800
Střecha	26 200
Pozemek	52 700
Přístřešek	37 900
CELKEM	134 600

Tabulka 21: Produkce elektrické energie z navržené FTV pro variantu 1

Celková produkce elektrické energie z navržené fotovoltaiky v kWh – Varianta 2

Fasáda	17 800
Biosolární střecha	145 600
Pozemek	52 700
Přístřešek	37 900
CELKEM	254 000

Tabulka 22: Produkce elektrické energie z navržené FTV pro variantu 2

Aplikací FTV panelů dochází k úspoře elektrické energie ze sítě. To vede ke snížení primární neobnovitelné energie a ke snížení emisí CO₂. Zároveň ale dochází k navýšení množství svázaných emisí z důvodu navýšení materiálu v budově (v případě FTV panelu se jedná především o hliník, sklo a křemík).

- **Použití udržitelnějších stavebních materiálů**

Změnou materiálů budou ovlivněny tyto indikátory:

1.2 Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu

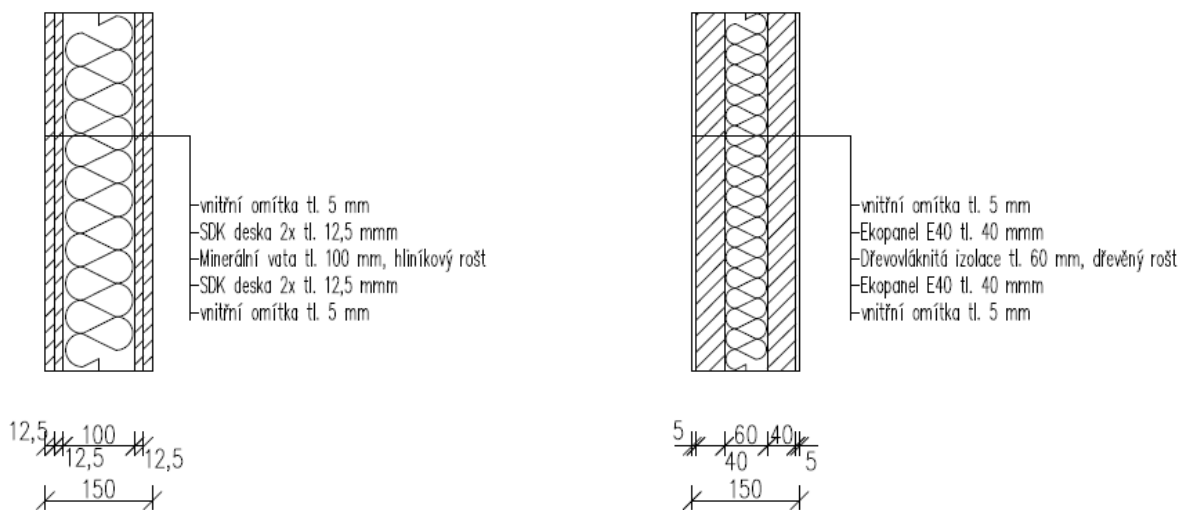
2.1 Výkaz výměr, materiálů a životnost

2.4 Návrh v oblasti demontáže, opětovného použití a recyklace

Aplikace příček z materiálů méně zatěžující životní prostředí

Konstrukce sádkartonových příček s hliníkovým roštem a výplní z minerální vaty velmi výrazně přispívá k potenciálu globálního oteplování. Proto jako alternativu ke stávajícím příčkám navrhuji příčky tvořené dřevěným roštem vyplněným dřevovláknitou izolací a opláštěné Ekopanely.

Ekopanel je ekologická difúzně otevřená stavební deska, která je lisovaná za vysoké teploty a tlaku z obilné slámy bez použití pojiv. Povrch je polepen recyklovanou lepenkou. Ekopanel je 100% přírodní, plně recyklovatelný a pevný stavební materiál.



Obrázek 55: Skladba stávající a navrhované konstrukce

	SDK příčka na hl. roštu	Příčka z Ekopanelu na dř. roštu
Opláštění	2x Sádrokarton 12,5 mm	Ekopanel E40
Rošt	Hliníkový	Dřevěný
Akustická izolace	Minerální vata	Dřevovláknno
Celkový objem materiálu na budovu V (m ³)	271,5	271,5

Tabulka 23: Porovnání stávající a navrhované konstrukce

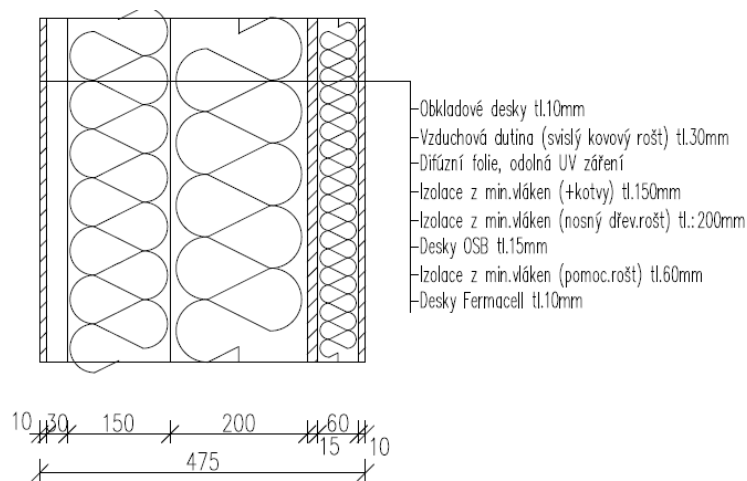
Aplikace dřevovláknité izolace (měkké) místo minerální vlny ve skladbě obvodového pláště

Minerální vlna ve skladbě obvodového pláště výrazně přispívá k potenciálu globálního oteplování. Jako možnou alternativu by bylo možné zvolit měkkou dřevovláknitou izolaci, která má lepší environmentální parametry na kg materiálu. Dřevovláknitá izolace je vyráběna z dřevní hmoty. Ta může být použita i z odpadního materiálu.

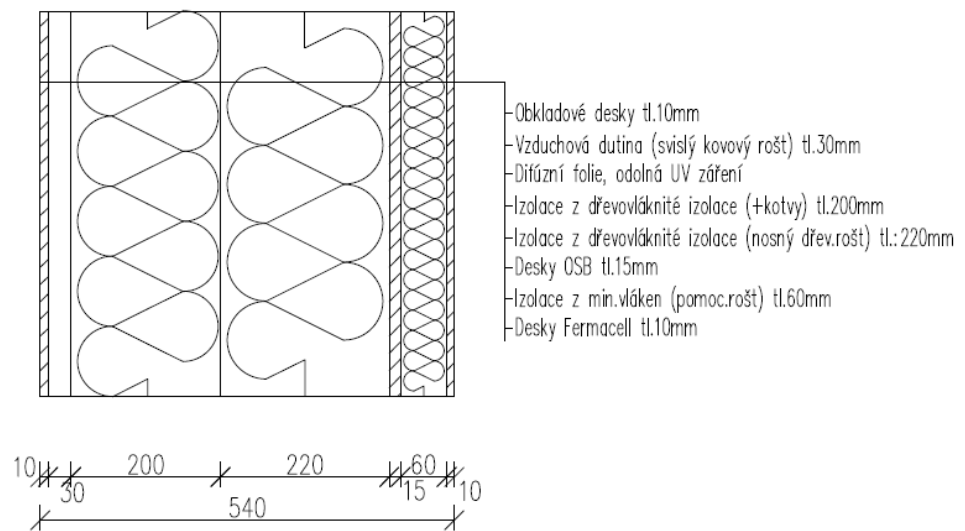
	Minerální vata	Dřevovláknitá izolace (Steico)
Objemová hmotnost γ (kg/m ³)	60	50
Součinitel tep. vodivosti λ (W/m.K)	0,031	0,038
Reakce třídy na oheň	A1	E
Celkový objem materiálu na budovu V (m ³)	464	569
Celková hmotnost materiálu na budovu m (kg)	27 840	28 439

Tabulka 24: Porovnání stávajícího a navrhovaného materiálu

Z porovnání součinitelů tepelné vodivosti obou materiálů vychází, že pro dodržení stejného prostupu tepla navrhované konstrukce jako má konstrukce obvod. pláště s minerální vatou bude potřeba o 70 mm větší tloušťka dřevovláknité izolace.



Obrázek 56: Současná skladba obvodové stěny



Obrázek 57: Navrhovaná skladba obvodové stěny

Z pohledu požární bezpečnosti je skladba stávajícího obvodového pláště konstrukcí typu DP2. Nahrazením minerální vaty dřevovláknitou izolací se skladba obvodového pláště dostane do konstrukcí typu DP3. Proto by před zvolením jiné izolace do skladby pláště bylo nutné zjistit požadavky na požární bezpečnost řešeného objektu.

Aplikace pěnového skla Foamglas místo izolace EPS ve skladbě střechy

Tepelní izolace XPS výrazně přispívá k potenciálu globálního oteplování. Jako udržitelnější alternativu jsem zvolila tepelnou izolaci z pěnového skla Foamglas, což je izolace vyrobená z recyklovaného skla zušlechtěná přírodními minerálními přísadami.

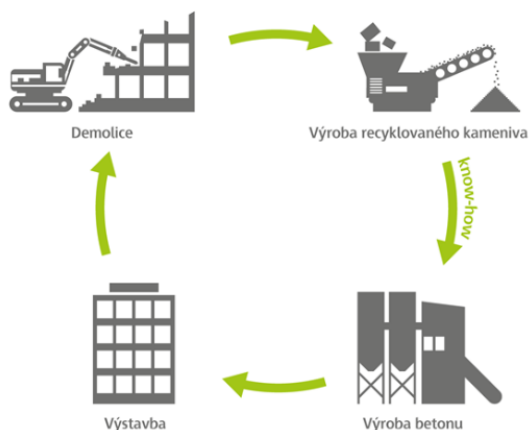
	EPS	Foamglas T3+
Objemová hmotnost γ (kg/m³)	20	100
Součinitel tepelné vodivosti λ (W/m.K)	0,037	0,036
Třída reakce na oheň	E	A1
Celkový objem materiálu na budovu V (m³)	1 527	1 497
Celková hmotnost materiálu na budovu m (kg)	30 544	149 705

Tabulka 25: Porovnání stávajícího a navrhovaného materiálu

Aplikace betonu s betonovým recyklátem místo běžného betonu s přírodním kamenivem

Všechny stávající betonové a železobetonové konstrukce v objektu jsou provedeny z klasického betonu s kamenivem, které není recyklováno. V současné době je na trhu speciální druh betonu tzv. Rebetong.

Rebetong je obecný název betonu, kde je přírodní kamenivo až ve 100% nahrazeno recyklátem, který může být vyroben z betonového, cihelného nebo smíšeného recyklátu. Tento druh betonu je vhodný zejména pro základové konstrukce, podkladní betony, jako výplň pro systémy ztraceného bednění, vnitřní zdi a příčky v bytových a kancelářských budovách, podkladní vrstvy vozovek a výplňové betony. V současné době jsou v rámci ČR, ale celé EU bariéry v technických předpisech, které významně omezují použití recyklovaných kameniv v betonu. Evropská norma pro beton EN 206+A1 doporučuje použití hrubého recyklovaného kameniva do betonu pouze do výše max. 50 % pro typ A a B, a to pouze pro stupeň vlivu prostředí X0. Česká národní norma ČSN P 73 2404 toto doporučení převzala jako limit. Proto se v současné době Rebetong v ČR používá s 50% recyklátem a jen na základové konstrukce a podkladní betony, ale už existuje i realizace nosných stěn několika objektů. [30]



Obrázek 58: Začlenění stavební suti do výroby betonu [30]

Pro návrh použití Rebetong místo běžného betonu budu uvažovat se 72,3 % nahrazením kameniva cihelným recyklátem (pro Rebetong se 72,3% recyklátu existují environmentální data).

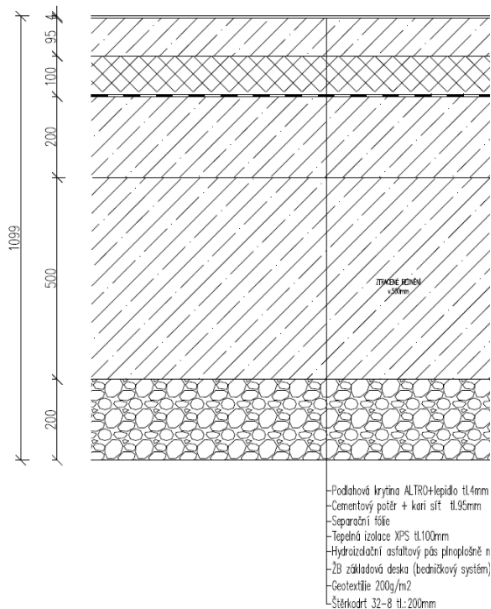
	Běžný beton C25/30	Rebetong C25/30 72,3% cihelné drtě
Objemová hmotnost γ (kg/m³)	2 300	2 000
Celkový objem materiálu na budovu V (m³)	1 527	1 527
Celková hmotnost materiálu na budovu m (t)	3 511,7	3 054,0

Tabulka 26: Porovnání stávajícího a navrhovaného materiálu

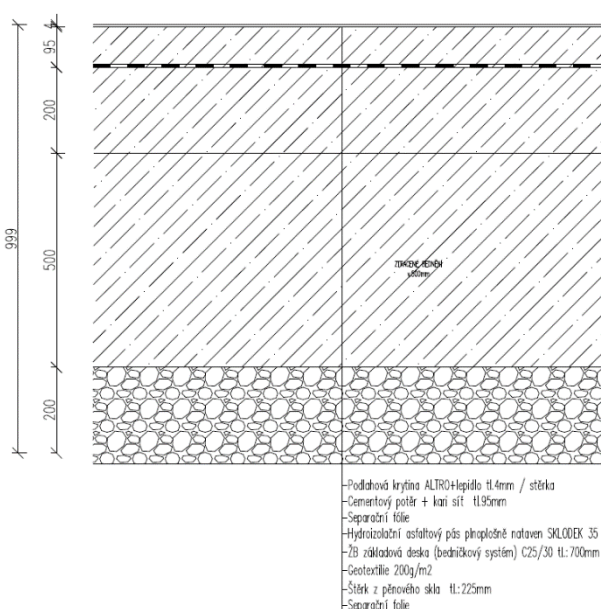
K výhodám aplikace Rebetong patří nejenom lepší environmentální parametry materiálu (díky úspoře přírodních zdrojů kameniva a energie na jejich těžbu a dopravu), ale také menší objemová hmotnost a tím nižší hmotnost spotřebovaného materiálu a také nižší koeficient tepelné vodivosti (nižší energetická náročnost budov).

Aplikace pěnového skla místo XPS izolace na podlaze a místo štěrku

Ve skladbě podlahy na terénu by bylo možné nahradit štěrk a tepelnou izolaci XPS vrstvou drceného pěnového skla. Pěnové sklo je izolace z recyklovaného skla, která se nejčastěji používá pod základové konstrukce pasivních domů. Použití pěnového skla místo štěrku a vrstvy XPS ale může mít dopad na statiku objektu.



Obrázek 59: Stávající skladba podlahy na terénu



Obrázek 60: Navržená skladba podlahy na terénu

	XPS	Štěrk	Pěnové sklo - štěrk
Objemová hmotnost - γ (kg/m³)	33	1600	150
Tloušťka vrstvy	100	200	225
Součinitel tep. vodivosti λ (W/m.K)	0,033	-	0,076
Pevnost v tlaku (kPa)	300	-	700
Celkový objem materiálu na budovu - V (m³)	245	752,3	551
Celková hmotnost materiálu na budovu - m (kg)	8 085	1 203 680	82 688

Tabulka 27: Porovnání navrhovaného materiálu se stávajícím

Použitím pěnového skla ve skladbě podlahy na terénu dochází k velmi výrazné úspoře množství použitého materiálu.

- **Návrh využití šedé vody v objektu**

Spotřeba pitné vody za rok – 637 m³

Průměrná denní spotřeba pitné vody – 2,4 m³

Počet uživatelů v budově

– pondělí-pátek 70 uživatelů/den (30 osob – 8 hod., 40 osob – 6 hod., v průměru tedy vychází 60 uživatelů za den při osmihodinové pracovní době)

- sobota-neděle 1 uživatel/den

Výpočet proveden pomocí excelu od společnosti Asio:

Posouzení využití šedé vody			
Celková denní produkce šedé vody:	Q _{prod}	930	l/den
Celková denní potřeba provozní vody:	Q ₂₄	1 000	l/den
Nutnost doplňování dešťovou nebo pitnou vodou:		ANO	
Množství doplňované vody:		70	l/den
Výpočet využití dešťové vody:	www.asio.cz/cz/navrh-systemu-pro-vyuziti-srazkove-vody		
Minimální objem nádrží:	2 x	1000	l
Doporučená velikost čistírny:	AS-GW/AQUALOOP 24		

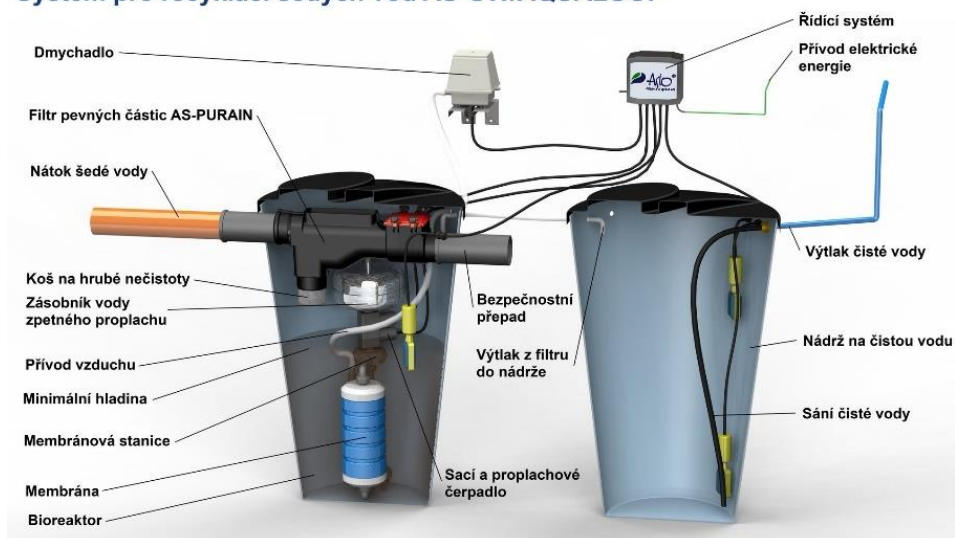
Tabulka 28: Posouzení využití šedé vody

Vyprodukovávané množství šedé vody za den (přibližně) – 0,93 m³ (= úspora pitné vody)

Potřeba užitkové vody na splachování, úklid a technologické procesy (přibližně) – 1 m³

Navržen systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP 24, který je určen do vnitřních prostor.

Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP



Obrázek 61: Systém pro recyklaci šedých vod AQUALOOP [31]

	Délka (m)	Hmotnost na m	Celková hmotnost (kg)	Materiál
Akumulační nádrže	-	-	130	Polypropylen
Rozvod provozní vody	70	0,5	35	Polypropylen
Kanalizační potrubí šedé vody	259	0,5	130	Polypropylen

Tabulka 29: Množství materiálu pro realizaci využití šedé vody v objektu

Přehled opatření ke zlepšení:

Stávající stav	Varianta 1	Varianta 2
EPS ve skladbě obvod. pláště	Dřevovláknitá izolace	Dřevovláknitá izolace
Beton s kamenivem	Beton s kamenivem	Rebetong
SDK příčky	Příčky z Ekopanelu	Příčky z Ekopanelu
FTV na střeše a jižní fasádě	Přidání FTV na fasádu a pozemek	Přidání FTV na fasádu a pozemek + biosolární střecha
XPS ve skladbě podlahy na zemině	XPS ve skladbě podlahy na zemině	Pěnosklo
Bez využití šedé vody	Bez využití šedé vody	Využití šedé vody

Tabulka 30: Přehled opatření ke zlepšení (změna materiálu zvýrazněna tučně)

6.2 Posouzení vybraných indikátorů po aplikaci opatření a porovnání s výchozím stavem

6.2.1 Energetická náročnost ve fázi užívání (1.1)

Výsledky – Varianta 1

Energonositel	Dodaná energie pro daný energonositel	Faktor neobnovitelné primární energie	
		Faktor	kWh/rok
Plyn	229 020	1,0	229 020
Elektřina ze sítě	505 186	2,6	1 313 483
Elektřina z FTV	174 922	0,0	0
Biomasa	151 000	0,1	15 100
Exportovaná obn. energie	0	-2,6	0
CELKEM za rok	1 060 128	-	1 557 603

Tabulka 31: Množství dodané a neobnovitelné primární energie – varianta 1

Výsledky – Varianta 2

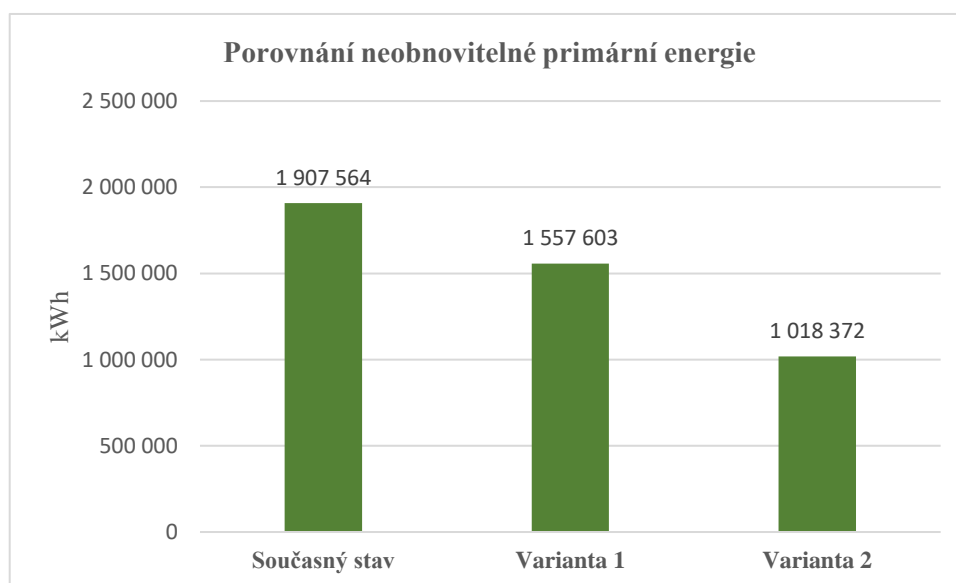
Energonositel	Dodaná energie pro daný energonositel	Faktor neobnovitelné primární energie	
		Faktor	kWh/rok
	kWh/rok		
Plyn	229 020	1,0	229 020
Elektřina ze sítě	385 786	2,6	1 003 043
Elektřina z FTV	294 322	0,0	0
Biomasa	151 000	0,1	15 100
Exportovaná obn. energie	0	-2,6	0
CELKEM za rok	1 060 128	-	1 018 372

Tabulka 32: Množství dodané a neobnovitelné primární energie – varianta 2

Porovnání množství neobn. primární energie v kWh/rok s výchozím stavem

Energonositel	Stávající stav	Varianta 1	Rozdíl oproti stáv. stavu	Varianta 2	Rozdíl oproti stáv. stavu
	kWh/rok	kWh/rok	kWh/rok	kWh/rok	kWh/rok
Plyn	229 020	229 020	0	229 020	0
Elektřina ze sítě	1 663 444	1 313 483	349 964	1 003 043	889 192
Elektřina z FTV	0	0	0	0	0
Biomasa	15 100	15 100	0	15 100	0
Exportovaná obn. energie	0	0	0	0	0
CELKEM za rok	1 907 564	1 557 603	349 961	1 018 372	889 192
CELKEM za rok na m²	378	309	69	202	176

Tabulka 33: Porovnání neobnovitelné primární energie pro jednotlivé varianty



Obrázek 62: Porovnání neobnovitelné primární energie za rok pro jednotlivé varianty

Oproti výchozímu stavu dochází u první varianty k poklesu neobnovitelné primární energie přibližně o 350 000 kWh, u druhé varianty dochází k poklesu neobnovitelné primární energie přibližně na polovinu oproti výchozímu stavu.

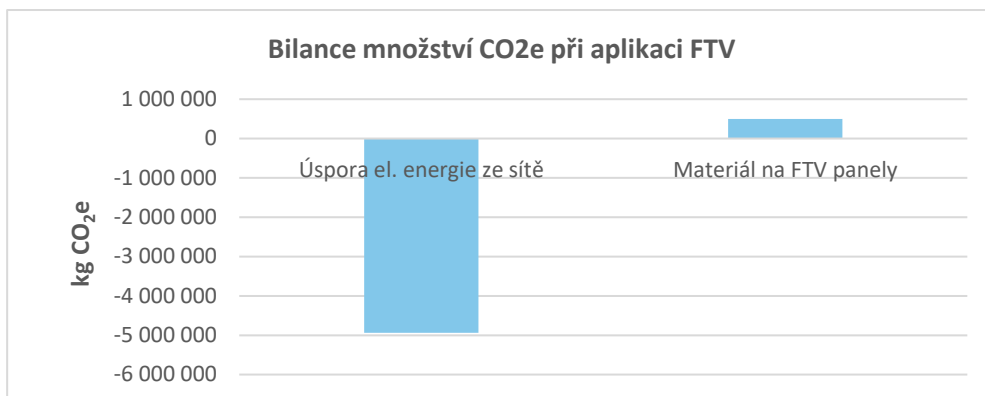
6.2.2 Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu (1.2)

Hodnocení jednotlivých opatření:

Aplikace FTV panelů – Varianta 1

Úspora elektrické energie ze sítě –134 600 kWh (= el. energie z FTV panelů)

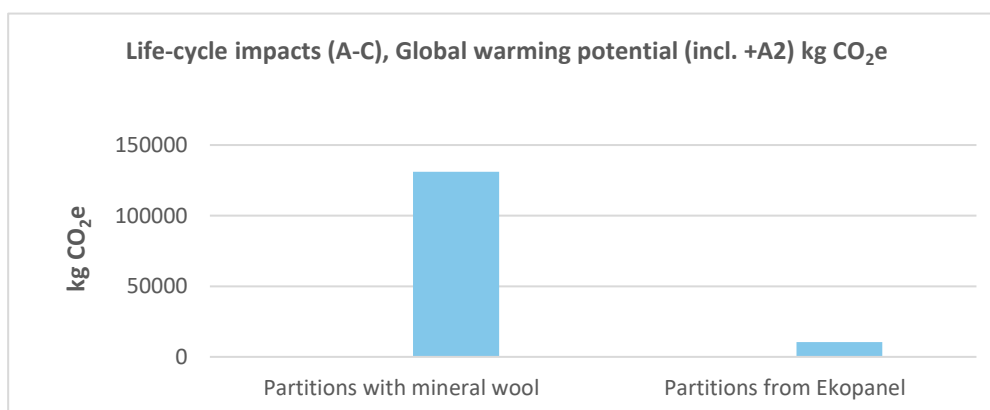
Plocha FTV panelů – 844 m²



Obrázek 63: Bilance množství CO₂e při aplikaci fotovoltaiky - doba hodnocení 50 let

Pokud by na budovu byly přidány fotovoltaické panely, došlo by k výraznému snížení potřebné elektrické energie ze sítě a tím i k výraznému poklesu množství CO₂e. Je ale nutné vzít v úvahu, že fotovoltaické panely zároveň představují určité množství materiálu (především výroba kovu), který v určité míře zatěžuje životní prostředí. Bilance poklesu emisí CO₂e z úspory elektrické energie ze sítě oproti výchozímu stavu a z nárůstu emisí z navýšení množství materiálu v budově je ukázána na obrázku č. 42. Celkově dochází ke snížení emisí CO₂e přibližně o 4 400 t oproti výchozímu stavu.

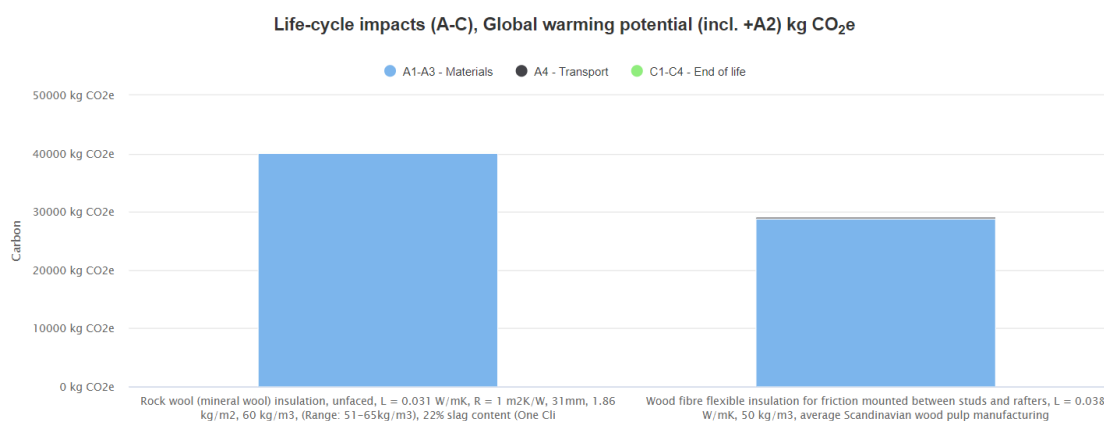
Náhrada SDK příček na kovovém roštu za příčky z Ekopanelu



Obrázek 64: Porovnání množství CO₂e SDK příček a příček z Ekopanelu

Při aplikaci příček složených ze Ekopanelu, dřevěného roštu a dřevovláknité izolace místo SDK příček dochází k významnému poklesu množství CO₂e, a to až na 1/12 z původního množství. Celkový pokles množství CO₂e je přibližně o 120 t.

Nahrazení minerální vaty dřevovláknitou izolací



Obrázek 65: Porovnání množství CO₂e minerální vaty a dřevovláknité izolace

Při aplikaci měkké dřevovláknité izolace místo stávající minerální vaty dochází ke značnému poklesu množství CO₂e. Celkový pokles množství CO₂e je přibližně o 11 t.

Výsledky – Varianta 1

Vybrané hodnocené ukazatele

Indikátor	Jednotka	Celkem	Vztaženo na užitnou plochu m ²	Vztaženo na užitnou plochu za rok m ² /rok
GWP	kg CO ₂ eq	2,34x10 ⁷	4 630	93
AP	kg SO ₂ eq	1,31x10 ⁵	26	0,5
EP	kg PO ₄ eq	1,29x10 ⁵	25	0,5
ODP	kg CFC11 eq.	5,95x10 ⁻¹	0,00012	0,0002

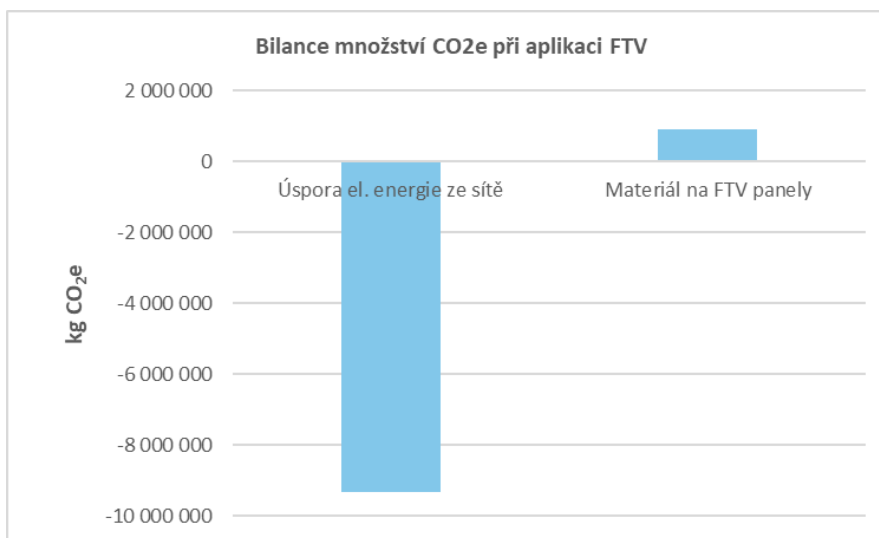
Tabulka 34: Hodnoty posuzovaných ukazatelů pro variantu 1

Varianta 2

Aplikace FTV panelů

Úspora elektrické energie ze sítě –254 000 kWh (= el. energie z FTV panelů)

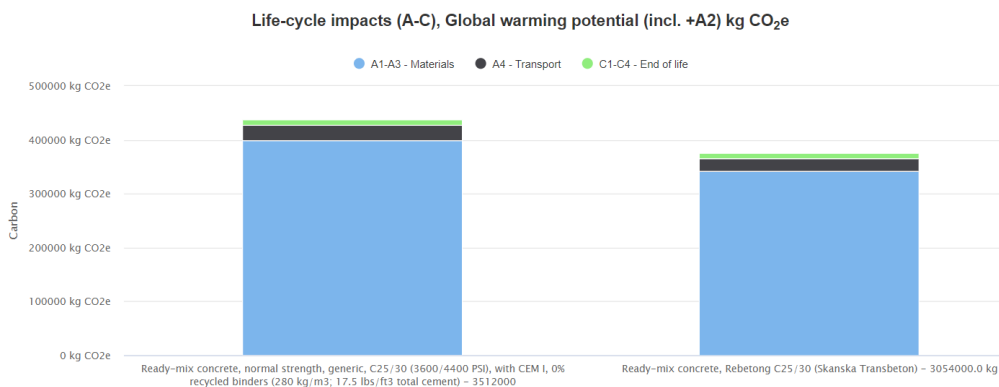
Plocha FTV panelů –1541 m²



Obrázek 66: Bilance množství CO₂ při aplikaci fotovoltaiky – doba hodnocení 50 let

Bilance poklesu emisí CO₂e z úspory elektrické energie ze sítě oproti výchozímu stavu a z nárůstu emisí z navýšení množství materiálu v budově je ukázána na obrázku č. 61. Celkově dochází ke snížení emisí CO₂e přibližně o 8 300 t oproti výchozímu stavu.

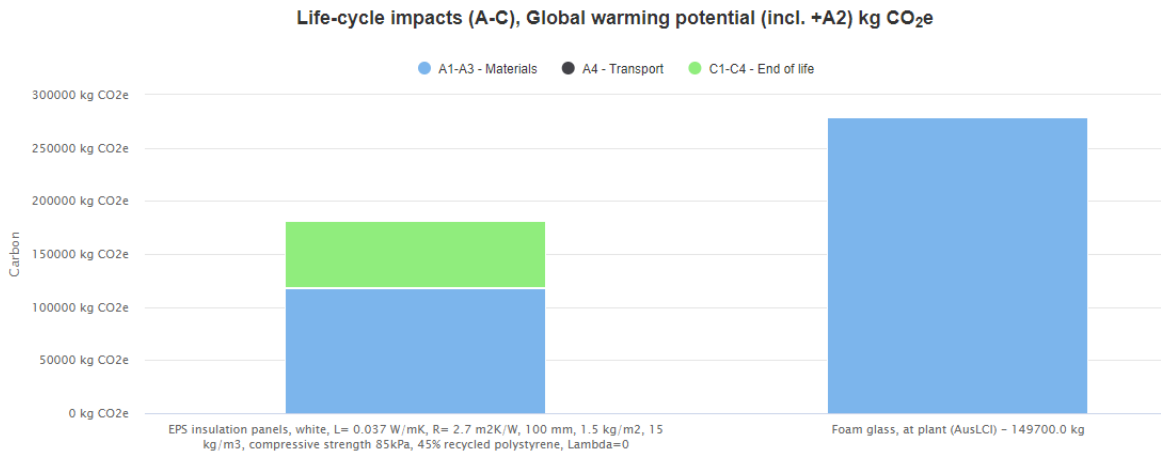
Aplikace betonu s betonovým recyklátem místo běžného betonu s přírodním kamenivem



Obrázek 67: Množství CO₂e pro beton s klasickým kamenivem a pro Rebetong

Pokud by místo betonu s klasickým kamenivem byl použit beton s recyklovaným kamenivem (72,3 % recyklátu), došlo by ke snížení uhlíkové stopy přibližně o 50 t. V tomto případě je stále potenciál pro zlepšení v použití betonu se 100% recyklátem. Pro tento materiál ale nejsou v současné době v databázi Ecoinvent environmentální data.

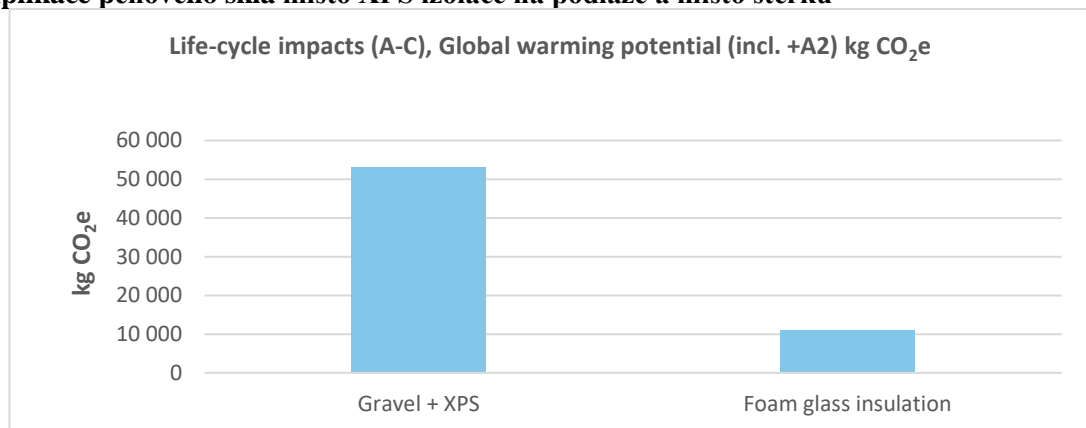
Aplikace pěnového skla Foamglass místo izolace EPS ve skladbě střechy



Obrázek 68: Množství CO₂e při pro stávající vrstvu EPS a pro izolaci Foam glass

Nahrazením stávající vrstvy EPS ve skladbě střechy izolaci Foam glass by nedošlo ke snížení množství CO₂e. Foam glass má sice lepší environmentální parametry než EPS izolace, ale Foam glass má 5x vyšší objemovou hmotnost než EPS ($\gamma_{EPS} = 20 \text{ kg/m}^3$, $\gamma_{Foam\ glass} = 100 \text{ kg/m}^3$).

Aplikace pěnového skla místo XPS izolace na podlaze a místo šterku



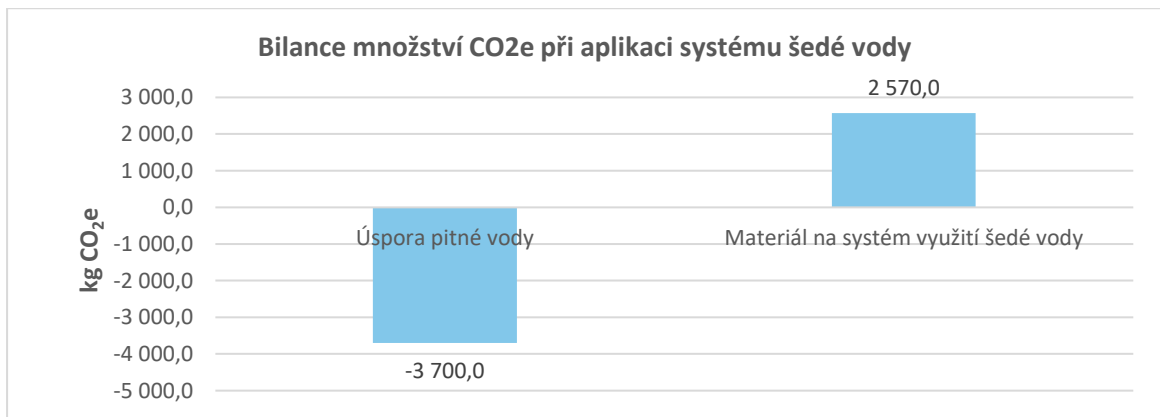
Obrázek 69: Množství CO₂e pro vrstvu šterku a XPS a pro vrstvu pěnoskla

Při nahrazení vrstvy šterku o mocnosti 200 mm a izolace XPS o tloušťce 100 mm pěnovým sklem tl. 200 mm dojde k výraznému poklesu množství CO₂e, přibližně o 40 t.

Využití šedé vody v objektu

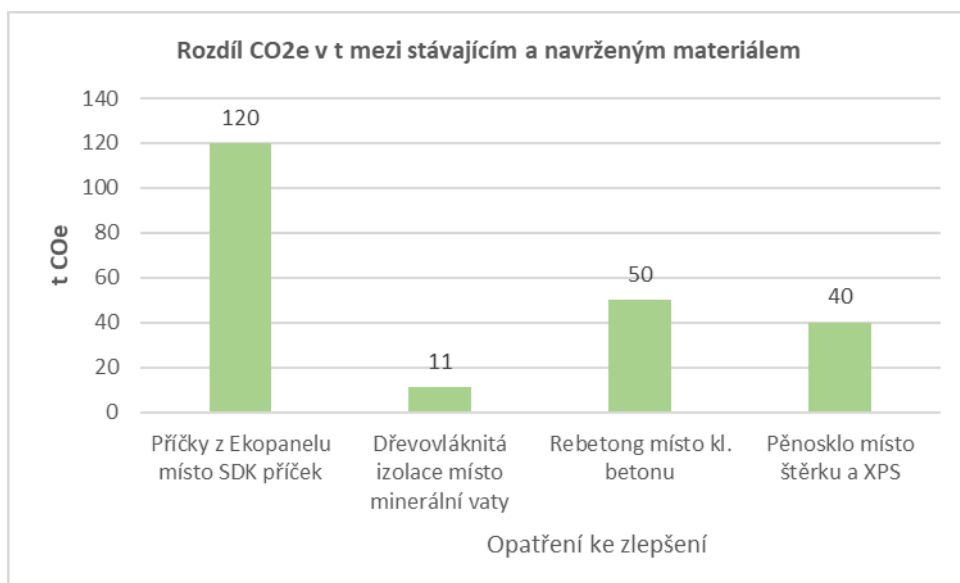
Úspora pitné vody za rok – 270 m³

Množství materiálu pro systém využití šedé vody – 2 nádrže (1 a akumulaci šedé vody a druhá na akumulaci provozní vody) a svodné potrubí na šedou vodu a rozvody provozní vody.

Obrázek 70: Bilance množství CO₂e při využití šedé vody v objektu

Pokud by v objektu byl realizován systém pro využití šedé vody, došlo by ke snížení množství pitné vody přibližně o 270 m³, to současně vede ke snížení množství CO₂e. Je ale nutné vzít v potaz množství materiálu, které je potřebné na využití šedé vody v objektu (akumulační nádrže, splaškové potrubí šedé vody, rozvody provozní vody). Bilance poklesu emisí CO₂e z úspory pitné vody oproti výchozímu stavu a z nárůstu emisí z navýšení množství materiálu v budově je ukázána na obrázku č. 48. Celkově dochází ke snížení emisí CO₂e přibližně o 1,2 t oproti výchozímu stavu.

Navržené opatření, díky kterému dojde k nevýznamnějšímu snížení CO₂e oproti výchozímu stavu je v obou variantách aplikace fotovoltaiky na objekt. Z materiálového hlediska vychází nejlépe náhrada SDK příček za příčky z Ekopanelu. Dochází k rozdílu 120 t CO₂e. K nejmenšímu rozdílu dochází u nahrazení minerální vaty dřevovláknitou izolací.

Obrázek 71: Porovnání jednotlivých materiálových opatření v množství CO₂e

Výsledky – Varianta 2

Vybrané hodnocené ukazatele

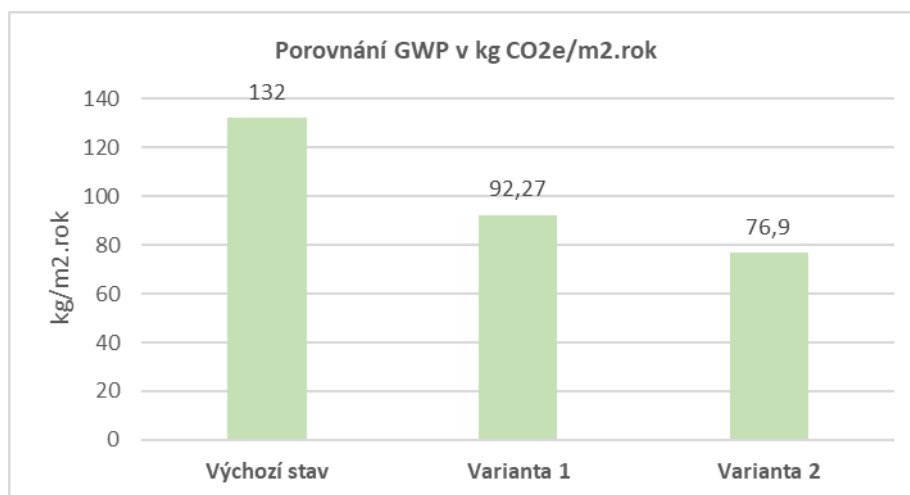
Indikátor	Jednotka	Celkem	Vztaženo na užitnou plochu m ²	Vztaženo na užitnou plochu za rok m ² /rok
GWP	kg CO ₂ eq	1,94x10 ⁷	3 850	77
AP	kg SO ₂ eq	1,05x10 ⁵	21	0,4
EP	kg PO ₄ eq	1,00x10 ⁵	21	0,4
ODP	kg CFC11 eq.	6,17x10 ⁻¹	0,00011	0,000002

Tabulka 35: Hodnoty pro jednotlivé ukazatele pro variantu 2

Porovnání variant s výchozím stavem

Indikátor	Jednotka	Výchozí stav	Varianta 1	Rozdíl oproti vých. stavu	Varianta 2	Rozdíl oproti vých. stavu
GWP	kg CO ₂ eq/m ²	5 530	4 630	900	3 850	1 680
AP	kg SO ₂ eq/m ²	39	26	13	21	18
EP	kg PO ₄ eq/m ²	38	25	13	21	17
ODP	kg CFC11 eq/m ² .	0,00013	0,00012	0,00001	0,00012	0,00001

Tabulka 36: Porovnání variant s výchozím stavem



Obrázek 72: Porovnání GWP pro jednotlivé varianty

Při porovnání množství CO₂e vztaženého na m² za rok pro jednotlivé varianty je názorné, že v obou variantách došlo k výraznému poklesu CO₂e, v případě varianty 1 o 40 kg/m².rok, u varianty 2 o 57 kg/m².rok. Nejvýznamnější podíl na snížení emisí CO₂e má aplikace fotovoltaických panelů a tím snížení spotřeby elektrické energie ze sítě.

6.2.3 Výkaz výměr, materiály a životnost (2.1)

Hodnocení
 viz Příloha 2

Výsledky – Varianta 1

Dělení podle materiálu			Výkaz materiálu				
			Celková užitná plocha (m ²)	5040	Totals check (should =0)	0	
			Dělení podle části budovy				
	Materiál celkově (t)	Materiál celkově(%)	Shell	Core	External	Celkem	Jednotky
Celkem	6547,7	100,0%	5471	3998	0	9469	tuny
Beton, cihly, dlaždice, kámen, keramika	5447,5	83,2%	57,8%	42,2%	0,0%	100,0%	hmota %
Dřevo	388,3	5,9%					
Sklo	145,0	2,2%					
Plasty	14,4	0,2%					
Materiály na bázi asfaltu	19,9	0,3%					
Kovy	677,9	10,4%					
Izolační materiály	45,1	0,7%					
Sádra	34,1	0,5%					
Mix	0,0	0,0%					
Elektrické a elektronické vybavení	0,0	0,0%					
			Normalizované náklady(€/m2)		Normalizované náklady(€/m2)		
			-		-		
			Normalizovaná hmota (kg/m2)				
			1299,14				

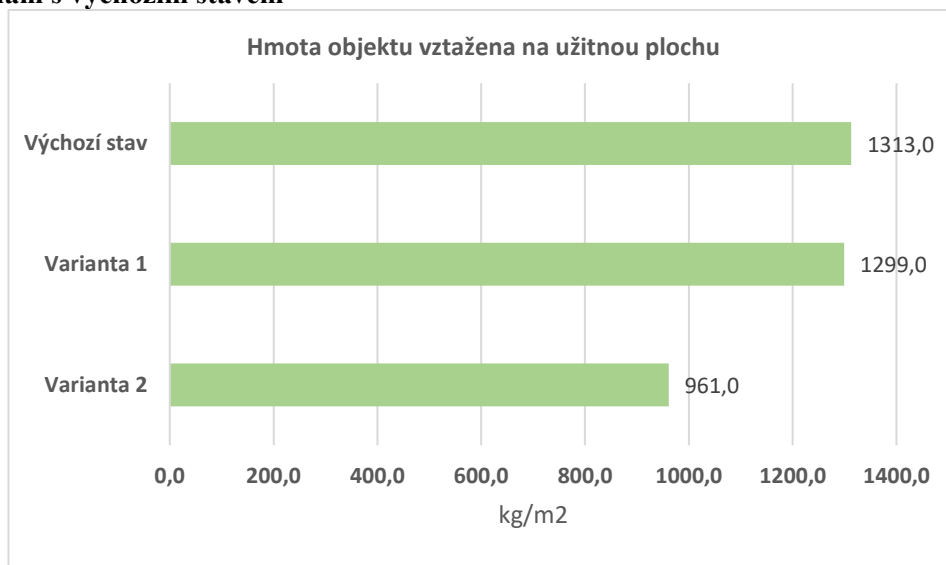
Obrázek 73: Výkaz materiálu podle jednotlivých kategorií pro variantu 1

Výsledky - Varianta 2

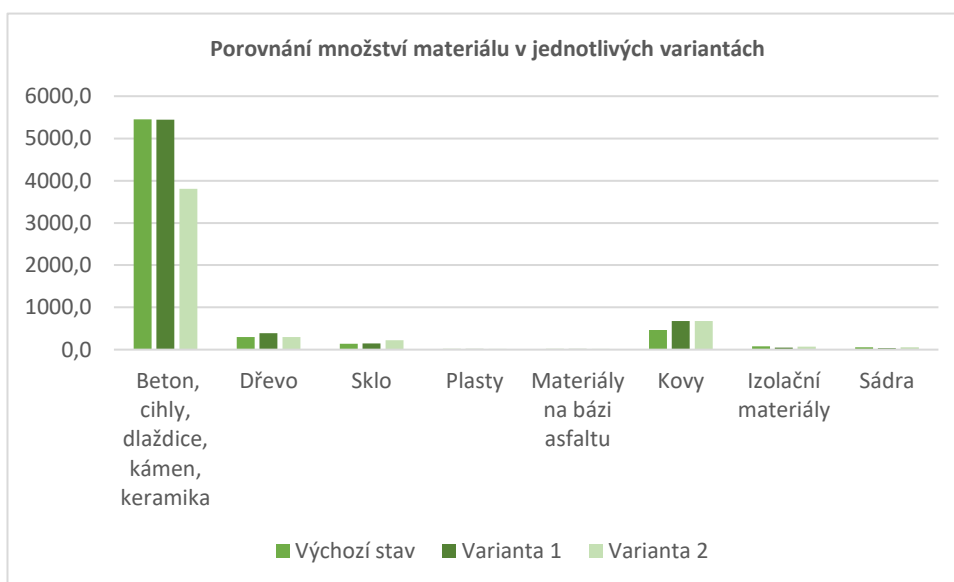
Dělení podle materiálu			Výkaz materiálu				
			Celková užitná plocha (m ²)	5040	Totals check (should =0)	0	
			Dělení podle části budovy				
	Materiál celkově (t)	Materiál celkově(%)	Shell	Core	External	Celkem	Jednotky
Celkem	4843,9	100,0%	5257	2519	0	7775	tuny
Beton, cihly, dlaždice, kámen, keramika	3784,6	78,1%	67,6%	32,4%	0,0%	100,0%	hmota %
Dřevo	388,3	8,0%					
Sklo	147,1	3,0%					
Plasty	14,4	0,3%					
Materiály na bázi asfaltu	19,9	0,4%					
Kovy	721,0	14,9%					
Izolační materiály	55,2	1,1%					
Sádra	34,1	0,7%					
Mix	0,0	0,0%					
Elektrické a elektronické vybavení	0,0	0,0%					
			Normalizované náklady(€/m2)		Normalizované náklady(€/m2)		
			-		-		
			Normalizovaná hmota (kg/m2)				
			961,10				

Obrázek 74: Výkaz materiálu podle jednotlivých kategorií pro variantu 2

Porovnání s výchozím stavem



Obrázek 75: Množství materiálu na m² pro jednotlivé varianty



Obrázek 76: Porovnání množství jednotlivých materiálů pro jednotlivé varianty

Z pohledu celkové hmotnosti objektu dochází u varianty 1 k mírnému nárůstu hmotnosti z důvodu aplikace větší tloušťky izolace, aplikace jiné konstrukce příčky, která má větší hmotnost oproti stávající a z důvodu přidání fotovoltaických panelů na budovu. To má za následek výrazný nárůst materiálu v kategorii Kovy.

U druhé varianty dochází také k nárůstu materiálu v kategorii Kovy, ale zároveň je výrazně sníženo množství materiálu v kategorii Beton, cihly, dlaždice. Tento pokles je způsoben aplikací betonu s nižší objemovou hmotností než u stávajícího stavu. U varianty 2 tedy dochází celkovému snížení hmotnosti přibližně o čtvrtinu původní hmotnosti.

6.2.4 Spotřeba vody ve fázi užívání (3.1)

Výsledky

Varianta 2

L3 Office buildings - water consumption	
Totals for potable water consumption in OFFICE buildings (m ³ /a and m ³ /o/a)	
	Level 3 measure
Number of FTE occupants	60,0
Meter reading (m ³ /a)	365
Specific consumption rate (m ³ /o/a)	6
Specific consumption rate (L/o/d)	16

Porovnání s výchozím stavem

Za rok 2022 byla spotřeba pitné vody objektu 637 m³. Pokud by byl v objektu realizován systém pro recyklaci šedých vod, bylo by za rok možné ušetřit přibližně 270 m³ pitné vody. Spotřeba vody za rok by tedy byla přibližně 365 m³, a tedy 6 m³ na osobu za rok.

6.3 Odhad nákladů na opatření a vyhodnocení

V této kapitole budou přibližně určeny náklady na opatření, která zlepšují hodnocení budovy UCEEB ve vybraných indikátorech Level(s) a zároveň budou navržena opatření vyhodnocena kombinací ekonomického a environmentálního vyhodnocení.

Ještě před několika lety se při výběru materiálů z několika variant pro jednotlivé konstrukce hledělo převážně na ekonomické aspekty. V současné době se mezi rozhodovací kritéria dostávají i aspekty sociální a environmentální. Jedním z hlavních environmentálních aspektů výstavby je snaha o snižování emisí CO₂, proto jsem vybrala množství emisí CO₂ pro jednotlivé materiály jako další rozhodovacím kritériem pro výběr nejvhodnějšího opatření

Postup pro výběr nejvhodnějšího opatření:

Pro každé alternativní opatření budou určeny celkové náklady na materiál a zároveň náklady na materiál pro stávající stav. Cena nákladů byla určena na základě podkladů od výrobce. Náklady na realizaci jsou uvažovány pro stávající i navrhovaný stav stejné. Následně bude určen rozdíl mezi náklady na stávající a navržené opatření. Pro variantu 1 jsou tyto informace zobrazeny v tabulce č. 37 a pro variantu 2 v tabulce č. 39. Dále bude určen rozdíl CO₂e mezi navrženou a výchozí variantou v kilogramech CO₂e. Pro určení nejpřínosnějších opatření z ekonomického a environmentálního pohledu bude určen poměr mezi náklady na opatření a úsporou CO₂e oproti výchozímu stavu. Obě kritéria mají stejnou váhu. Nejlepší opatření je proto takové, které má nejvyšší kladný poměr (nejvyšší kladné číslo) a naopak nejhorší je to s nejnižším záporným poměrem (nejnižší záporné číslo). Pro variantu 1 určeno v tabulce č. 38 a pro variantu 2 v tabulce č. 40.

Varianta 1 (opatření realizovatelná v budoucnosti na budově)

Materiál, prvek	Jednotka	Množství	Cena za jednotku (Kč)	Náklady na materiál (Kč)	Rozdíl v Kč oproti výchozí variantě
Dřevovláknitá izolace	m ³	569	3 750	2 134 000	1 575 500
Příčka - Ekopanel	m ³	120	10 875	1 305 000	622 000
Příčka - dřevovláknitá	m ³	120	3 750	450 000	
Příčka – dřevěný rošt	m ³	32,6	15 000	489 000	
Přidání FTV panelů	m ²	844	3 000	2 530 000	2 530 000

Tabulka 37: Určení nákladů na opatření pro variantu 1

Materiál, prvek	Rozdíl množství CO ₂ e oproti výchozí variantě (kg CO ₂ e)	Poměr mezi náklady na opatření a rozdílem CO ₂ e (Kč/ kg CO ₂ e)
Dřevovláknitá izolace	-11 000	-194
Příčky z Ekopanelu	-120 000	-5,2
Návrh FTV panelů	-4 441 000	-0,6

Tabulka 38: Vyhodnocení jednotlivých opatření pro variantu 1

Pro variantu 1 je nejlepší opatření z pohledu nákladů a dopadů na životní prostředí přidání FTV panelů na budovu a pozemek. Další potom nahrazení SDK příček příčkami z Ekopanelu a jako poslední nahrazení minerální vlny ve skladbě obvodového pláště dřevovláknitou izolací.

Varianta 2

Materiál, prvek	Jednotka	Množství	Cena za jednotku (Kč)	Celkové náklady na materiál (Kč)	Rozdíl v Kč oproti výchozí variantě
Pěnosklo	m ³	551	2 500	1 370 000	-76 000
Využití šedé vody -Nádrž na šedou vodu	ks	1	120 000	120 000	136 500
Využití šedé vody -Rozvody šedé vody	m	330	50	16 500	
Rebetong	m ³	1 527	2 900	4 430 000	-609 100
Dřevovláknitá izolace	m ³	569	3 750	2 134 000	1 576 500
Příčka - Ekopanel	m ³	120	10 875	1 305 000	622 000
Příčka - dřevovláknitá	m ³	120	3 750	450 000	
Příčka – dřevěný rošt	m ³	32,6	15 000	489 000	
Přidání FTV panelů	m ²	1541	3 000	4 623 000	4 623 000

Tabulka 39: Určení nákladů na opatření pro variantu 2

Z porovnání nákladů na opatření vyplývá, že při použití Rebetongu místo klasického betonu, by došlo k výrazné úspoře nákladů. Tento významný cenový rozdíl je způsoben jednak nižší cenou Rebetongu a zároveň menším množstvím materiálu použitého na budovu. K poklesu nákladů oproti výchozímu stavu by došlo i při aplikaci pěnoskla do skladby podlahy na terénu místo vrstvy XPS a šterku z důvodu celkového snížení množství materiálu ve skladbě podlahy na terénu.

Materiál, prvek	Rozdíl množství CO _{2e} oproti výchozí variantě (kg CO _{2e})	Poměr mezi náklady na opatření a rozdílem CO _{2e} (Kč/ kg CO _{2e})
Pěnosklo	-40 000	1,9
Využití šedé vody	-1 200	-113,8
Rebetong	-50 000	12,2
Dřevovláknitá izolace	-11 000	-143
Příčky z Ekopanelu	-120 000	-5,2
Návrh FTV panelů	-7 441 000	-0,6

Tabulka 40: Vyhodnocení jednotlivých opatření pro variantu 2

Jako nejlepší řešení z pohledu nákladů a dopadu na životní prostředí vychází použití Rebetongu. Jako další opatření by bylo vhodné zvolit realizaci pěnoskla místo vrstvy XPS a štěrkou ve skladbě podlahy na terénu. U obou těchto řešení dochází nejen ke snížení množství CO_{2e}, ale také ke snížení nákladů oproti výchozí variantě. Z dalších opatření, která už jsou výrazně dražší než náklady na materiály ve výchozí variantě vychází nejlépe přidání FTV panelů na budovu a pozemek, dále příčky z Ekopanelu místo SDK příček, navržení systému na využití šedé vody a nejméně efektivní z pohledu nákladů a rozdílu CO_{2e} oproti výchozí variantě vychází aplikace dřevovláknité izolace místo minerální vaty.

7 Závěr

7.1 Přehled navržených opatření

Varianta 1

Návrh opatření ke zlepšení	Ovlivnění indikátorů	Změna oproti výchozímu stavu
Přidání FTV panelů na objekt a na pozemek	Zlepšení výsledků indikátoru 1.1	Snížení neobn. primární energie o 350 000 kWh/rok Pokles množství GWP o 4 400 tCO _{2e} Navýšení materiálu o 12,2 t
	Zlepšení výsledků indikátoru 1.2	
	Zhoršení hodnocení indikátoru 2.1	
Místo minerální vaty dřevovláknitá izolace	Zlepšení výsledků indikátoru 1.2	Pokles množství GWP o 11 t Navýšení materiálu o 600 kg
	Zhoršení hodnocení indikátoru 2.1	
Místo SDK příček příčka z Ekopanelu	Zlepšení výsledků indikátoru 1.2	Pokles množství GWP o 120 t Navýšení materiálu o 25 t
	Zhoršení hodnocení indikátoru 2.1	

Tabulka 41: Navržená opatření pro jednotlivé indikátory a jejich vliv na hodnocení

Varianta 2

Návrh opatření ke zlepšení	Ovlivnění indikátorů	Ovlivnění indikátorů
Přidání FTV panelů na objekt a na pozemek	Zlepšení výsledků indikátoru 1.1	Snížení neobn. primární energie o 880 000 kWh/rok Pokles množství GWP o 8 300 tCO _{2e} Navýšení materiálu o 22,3 t
	Zlepšení výsledků indikátoru 1.2	
	Zhoršení hodnocení indikátoru 2.1	
Místo minerální vaty dřevovláknitá izolace	Zlepšení výsledků indikátoru 1.2	Pokles množství GWP o 11 tCO _{2e} Navýšení materiálu o 600 kg
	Zhoršení hodnocení indikátoru 2.1	
Místo SDK příček příčka z Ekopanelu	Zlepšení výsledků indikátoru 1.2	Pokles množství GWP o 120 tCO _{2e} Navýšení materiálu o 25 t
	Zhoršení hodnocení indikátoru 2.1	
Využití šedé vody	Zlepšení výsledků indikátoru 1.2	Pokles množství GWP o 1,2 tCO _{2e} Navýšení materiálu o 300 kg Snížení spotřeby pitné vody o 270 m ³ /rok
	Zhoršení hodnocení indikátoru 2.1	
	Zlepšení výsledků indikátoru 3.1	
Rebetong místo klasického betonu	Zlepšení výsledků indikátoru 1.2	Pokles množství GWP o 50 tCO _{2e} Snížení materiálu o 500 t
	Zlepšení hodnocení indikátoru 2.1	
Pěnosklo místo šterku a XPS	Zlepšení výsledků indikátoru 1.2	Pokles množství GWP o 40 tCO _{2e} Snížení materiálu o 1 100 t
	Zlepšení výsledků indikátoru 2.1	

Tabulka 42: Navržená opatření pro jednotlivé indikátory a jejich vliv na hodnocení

Z tabulky výše vyplývá, že navržením opatření ke zlepšení výsledků některého indikátoru může zároveň dojít ke zhoršení výsledků jiného indikátoru. Proto je tedy zásadní, určit si indikátory, které budou mít významný vliv pro hodnocení a pro následné navržení opatření ke zlepšení.

7.2 Zhodnocení práce s EU Level(s)

Po vyhodnocení budovy ČVUT-UCEEB pomocí nástroje Level(s) jsem dospěla k následujícím závěrům:

Mezi pozitiva hodnocení nástrojem EU Level(s) řadím velmi podrobné popsání jednotlivých indikátorů a důvod jejich zařazení do hodnocení Level(s). Pro každý indikátor je vypracován velmi obsáhlý návod, jak postupovat ve vyhodnocování pro každou fázi budovy. Návod je ale často z důvodu velkého množství informací nepřehledný, obsahuje velké množství souvislého textu. K lepší orientaci v hodnocení indikátorů by přispělo zestručnění textu pomocí tabulek, grafů a odrážkového textu.

Mezi specifika Level(s) patří pohled do budoucnosti s přihlédnutím ke změně klimatu za 10 a 30 let, a to v indikátoru 5.1 Ochrana zdraví a tepelné pohody uživatelů. V Level(s) je také kladen velký důraz na množství odpadu a jeho následné opětovné použití, recyklace nebo využití jednotlivých prvků.

Mezi největší nevýhodu a pravděpodobně důvod, že Level(s) není více využíváno, patří neúplnost podkladů pro hodnocení. Kompletní podklady jsou zatím úplné pouze pro Level 1 – Návrh budovy. Pro Level 2 a 3 existují kompletní podklady pouze pro některé indikátory.

Oproti ostatním environmentálním certifikacím, Level(s) neslouží k bodovému zisku a následnému získání certifikátu. U systému Level(s) ani není potřeba pokrýt veškeré indikátory, ale zvolit si pouze ty, které mají pro investora největší význam a na které se chce zaměřit. Po vyhodnocení vybraných indikátorů ale není jasné, jestli je získaný výsledek dobrý nebo špatný. Možné je pouze porovnání výsledků s jinou budovou u některých ukazatelů, což ale v případě specifických budov jako je např. budova UCEEB není téměř možné. Získaná hodnota tedy slouží pouze jako základ pro zamyšlení nad vylepšením výsledku a následným porovnáním. Velmi důležitou roli v hodnocení hraje také podrobnost, přesnost a přístupnost k potřebným podkladům. Pro některé indikátory nebylo možné potřebné podklady získat. V případě hodnocené budovy to byly podklady k cenám za použité množství materiálu, plán k nakládání se stavebním odpadem a naměřené hodnoty určitých ukazatelů vnitřní kvality ovzduší v budově. Pro indikátor 2.1 Potenciál globálního oteplování z hlediska životního cyklu bylo velmi obtížné vyplnit veškeré hodnoty pro finální výsledek, a proto byly některé hodnoty zanedbány nebo bylo ponecháno výchozí nastavení hodnot. Z těchto důvodů jsou některé výsledky pouze velmi orientační a některé indikátory nebylo možné vůbec vyhodnotit.

Rámec Level(s) byl vypracován jako společný rámec EU se zaměřením na environmentální aspekty budovy. Měl by sloužit především ke zhodnocení budovy a následným možným opatřením, která mohou zásadním způsobem přispět k plnění širších cílů evropské environmentální politiky. V této diplomové práci bylo Level(s) prakticky vyzkoušeno a na základě hodnocení má hodnocená budova s navrženými opatřeními významně nižší dopad na životní prostředí.

8 Seznam použitých zdrojů

1. prof. Ing. Petr Hájek, CSc. Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě. *Časopis stavebnictví*. [Online] 1. 11 2027. [Citace: 25. 09 2023.] <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope.html>.
2. Federal Ministry for the Environment. Guideline for Sustainable Building. [Online] 2 2016. [Citace: 15. 12. 2023.] https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Systainable_Building/LFNB_E_160309.pdf.
3. Šetrné budovy a komplexní certifikační systémy. [Online] 2020. [Citace: 21. 09 2023.] <https://www.czgbc.org/files/2021/01/738fb89879d9a56abcc3fb11ed7acce7.pdf>.
4. BRE. *BRE*. [Online] [Citace: 21. 09 2023.] <https://bregroup.com/services/standards/>.
5. SBTOOLCZ. *Metodika SBToolCZ*. [Online] [Citace: 24. 09 2023.] <https://www.sbtool.cz/ometodice/>.
6. Martinek, Pavel. Evropské politiky udržitelnosti. *Pavel Martinek Architects*. [Online] 26. 10 2021. [Citace: 18. 12. 2023.] <https://www.pavelmartinek.com/post/evropsk%C3%A9-politiky-udr%C5%BEitelnosti>.
7. Praha, Technologické centrum. Nový evropský Bauhaus. *NÁRODNÍ INFORMAČNÍ CENTRUM PRO EVROPSKÝ VÝZKUM*. [Online] 2023. [Citace: 18. 12 2023.] <https://www.horizontevropa.cz/cs/struktura-programu-he/era,-programy,-fondy-a-iniciativy-eu/evropske-programy-a-iniciativy/novy-evropsky-bauhaus/informace>.
8. Dodd N, Donatello S. a Cordella M. Level(s)- společný rámec EU pro základní ukazatele udržitelnosti kancelářských a obytných budov, příručka pro uživatele1: Úvod do společného rámce Level(s) (verze publikace 1.1). [Online] 2021. [Citace: 25. 09 2023.]
9. Product Bureau. *European Commission*. [Online] Společné výzkumné centrum. [Citace: 25. 09 2023.] <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau//product-groups/412/project-plan>.
10. Martinek, Pavel. Level(s). *Pavel Martinek Architects*. [Online] 26. 10 2021. [Citace: 18. 12 2023.] <https://www.pavelmartinek.com/post/level-s>.
11. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Level(s) indicator 1.1: Use stage energy performance. [Online] 07. 2021. [Citace: 08.. 10. 2023.]
12. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Level(s) indicator 1.2: Life cycle Global Warming Potential (GWP). [Online] 07. 2021. [Citace: 08. 10. 2023.]
13. Wang Xu, Purohit Pallav. Transitioning to low-GWP alternatives with enhanced energy efficiency in cooling non-residential buildings of China. *ResearchGate*. [Online] 7 2022. [Citace: 15. 12 2023.] https://www.researchgate.net/publication/362962905_Transitioning_to_low-GWP_alternatives_with_enhanced_energy_efficiency_in_cooling_non-residential_buildings_of_China.
14. Donatello S., Dodd N., Cordella M. Level(s) indicator 2.1: Bill of Quantities, materials and lifespans. [Online] 01. 2021. [Citace: 08. 10. 2023.]

15. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Level(s) indicator 2.4: Design for deconstruction. [Online] 04. 2021. [Citace: 09. 10. 2023.]
16. Donatello S., Cordella M., Dodd N. Level(s) indicator 3.1: Use stage water consumption. [Online] 01. 2021. [Citace: 09. 10. 2023.]
17. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Level(s) indicator 4.1: Indoor air quality. [Online] 01. 2021. [Citace: 09. 10. 2023.]
18. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Level(s) indicator 4.2: Time outside of thermal comfort range. [Online] 01. 2021. [Citace: 09. 10. 2023.]
19. Donatello S., Dodd N., Cordella M. Level(s) indicator 2.2: Construction and Demolition waste and materials. [Online] 01. 2021. [Citace: 08. 10. 2023.]
20. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Level(s) indicator 2.3: Design for adaptability and renovation. [Online] 01. 2021. [Citace: 9. 10. 2023.]
21. Dodd N., Donatello S., McLean N., Casey C. Level(s) indicator 4.3: Lighting and Visual Comfort. [Online] 01. 2021. [Citace: 09. 10. 2023.]
22. Dodd N., Donatello S. Level(s) indicator 4.4: Acoustics and protection against noise. [Online] 01. 2021. [Citace: 09. 10. 2023.]
23. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Level(s) indicator 5.2: Increased risk of extreme weather events. [Online] 01. 2021. [Citace: 10. 10. 2023.]
24. Donatello S., Dodd N., Cordella M. Level(s) indicator 5.3: Sustainable drainage. [Online] 01. 2021. [Citace: 10. 10. 2023.]
25. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Level(s) indicator 6.1: Life cycle costs. [Online] 01. 2021. [Citace: 11. 10. 2023.]
26. UCEEB ČVUT v Buštěhradě. *EARCH.CZ*. [Online] 8. 2 2016. [Citace: 18. 12 2023.] <https://www.earch.cz/architektura/clanek/uceeb-cvut-v-bustehrade>.
27. Univerzitní centrum energeticky efektivních budov (UCEEB) ČVUT. *tzbinfo*. [Online] 20. 5 2013. [Citace: 18. 12 2023.] <https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/9925-univerzitni-centrum-energeticky-efektivnich-budov-uceeb-cvut>.
28. Jakl, Štěpán. Stavební a demoliční odpady. [Online] 27. 5 2023. [Citace: 18. 12. 2023.] <file:///C:/Users/Spravce/Downloads/15%20Stavebn%C3%AD%20&%20demoli%C4%8Dn%C3%AD%20odpady.pdf>.
29. Nebezpečné odpady. *Ministerstvo životního prostředí*. [Online] [Citace: 18. 12. 2023.] https://www.mzp.cz/cz/nebezpecne_odpady.
30. Rebetong. *SKANSKA*. [Online] 2023. [Citace: 12. 12. 2023.] <https://www.skanska.cz/co-delame/specialni-cinnosti/vyroba-dodavka-a-cerpani-betonu/rebetong/>.
31. Čistírny šedých vod. *ASIO*. [Online]
32. Atlas Copco. [Online] 5. 05 2021. [Citace: 21. 09 2023.] <https://www.atlascopco.com/cs-cz/construction-equipment/resources/green-solutions-guide/how-to-reduce-carbon-emissions-in-construction-operations>.

33. BREEAM. *Enerfís*. [Online] 2020. [Citace: 21. 09 2023.]
<https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/certifikace-budov-breeam-lead-sbtoolcz/certifikace-budov-breeam>.
34. Certifikace budov podle standardu LEED. *Enerfís*. [Online] 2020. [Citace: 23. 09 2023.]
<https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/certifikace-budov-breeam-lead-sbtoolcz/certifikace-budov-lead>.
35. Sustainable building with DGNB. *DGNB*. [Online] [Citace: 22. 09 2023.]
<https://www.dgnb.de/en>.
36. WELL Building Standards. *Armstrong World Industries*. [Online] 2023. [Citace: 22. 09 2023.]
<https://www.armstrongceilings.com/commercial/en/performance/sustainable-building-design/well-building-standard-commercial-ceilings.html>.
37. Metodika SBToolCZ. *SBTOOLCZ*. [Online] [Citace: 22. 09 2023.]
<https://www.sbtool.cz/ometodice/>.
38. Jak na udržitelnost ve stavebnictví? [Online] [Citace: 25. 09 2023.]
<https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/pdfs/udrzitelnost-aec-final-1.pdf>.
39. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Level(s) indicator 5.1: Protection of occupier health and thermal comfort. [Online] 01. 2021. [Citace: 10. 10. 2023.]
40. Dodd N., Donatello S. Level(s) indicator 6.2: Value creation and risk exposure. [Online] 01. 2021. [Citace: 11. 10. 2023.]
41. Dodd N., Donatello S., Cordella M. Příručka pro uživatele 1: Úvod do společného rámce Level(s). [Online] leden 2021. [Citace: 13.. 11 2023.]
42. UCEEB ČVUT v Buštěhradě. *EARCH.CZ*. [Online] [Citace: 13.. 11 2023.]
<https://www.earch.cz/architektura/clanek/uceeb-cvut-v-bustehrade>.
43. CARPORT SOLAR. *ALUKOV*. [Online] [Citace: 7. 12. 2023.]
<https://www.alukov.cz/solarni-program/carport-solar/>.
44. Zelená střecha a fotovoltaika. *GreenVille*. [Online] [Citace: 17. 12. 2023.]
<https://www.greenville.cz/zelena-strecha-a-fotovoltaika-biosolarni-strecha.html>.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Zahrnutí kritérií udržitelnosti do stavebního procesu [2]	14
Obrázek 2: BREEAM [33].....	15
Obrázek 3: Oblasti řešení v BREEAM [4].....	15
Obrázek 4: LEED [34]	16
Obrázek 5: Kategorie hodnocení certifikace LEED [3]	17
Obrázek 6: DGNB [35].....	17
Obrázek 7: WELL [36]	18
Obrázek 8: SBToolCZ [37].....	19
Obrázek 9: Spotřeba energie během životního cyklu budovy v letech 2005-2018 [13]	26
Obrázek 10: Emise CO ₂ během životního cyklu budovy v letech 2005-2018 [13]	27
Obrázek 11: Začlenění aspektů udržitelnosti do procesu budovy [8]	33
Obrázek 12: Lokalita objektu (Mapy.cz)	34
Obrázek 13: Budova UCEEB [42].....	34
Obrázek 15: Interiér objektu – zkušební hala [26].....	35
Obrázek 14: Interiér objektu – administr. část [26]	35
Obrázek 16: Vybrané ukazatele	37
Obrázek 17: Model budovy UCEEB [27].....	39
Obrázek 18: Rozdělení dodané energie do budovy podle energonositele.....	40
Obrázek 19: Rozdělení primární neobnovitelné energie z neobnov. zdrojů podle energonositele	40
Obrázek 20: Podíl jednotlivých fází životního cyklu na GWP (výstup z programu OneClick LCA)	42
Obrázek 21: Podíl prvků budovy na GWP (výstup z programu OneClick LCA).....	42
Obrázek 22: Podíl (výstup z programu OneClick LCA).....	43
Obrázek 23: Zastoupení jednotlivých ukazatelů v jednotlivých fázích životního cyklu (výstup z programu OneClick LCA).....	43
Obrázek 24: 10 materiálů s největším vlivem na GWP	45
Obrázek 25: Množství materiálu podle	46
Obrázek 26: Zastoupení jednotlivých materiálů	46
Obrázek 27: Zastoupení typu odpadů, které by vznikly po konci životnosti budovy	47
Obrázek 28: Rozhodovací tabulka pro určení typu cirkularity [15].....	48
Obrázek 29: Umístění posuzovaných místností v 1. NP	51
Obrázek 30: Umístění posuzovaných místností ve 2. NP	51
Obrázek 31: Průběh relativní vlhkosti v průběhu roku v open space.....	52
Obrázek 32: Procento času mimo stanovenou mez v open space	52
Obrázek 33: Průběh relativní vlhkosti v průběhu roku v kanceláři.....	52
Obrázek 34: Procento času mimo stanovenou mez v kanceláři	53
Obrázek 35: Průběh relativní vlhkosti v průběhu roku v zasedací místnosti 101	53
Obrázek 36: Procento času mimo stanovenou mez v zasedací místnosti 101.....	53
Obrázek 37: Průběh relativní vlhkosti v průběhu roku zasedací místnosti 201	54
Obrázek 38: Procento času mimo stanovenou mez v zasedací místnosti 201.....	54
Obrázek 39: Průběh koncentrace CO ₂ v Open space	55
Obrázek 40: Průběh koncentrace CO ₂ v kanceláři	55
Obrázek 41: Průběh koncentrace CO ₂ v zasedací místnosti 101.....	56
Obrázek 42: Průběh teploty v Open space	56
Obrázek 43: Průběh teploty v Zasedací místnosti 101	57
Obrázek 44: Průběh teploty v Kanceláři 200	57

Obrázek 45: Průběh teploty v Kanceláři 201	57
Obrázek 46: Pohled na budovu a přilehlé okolí (Mapy.cz).....	60
Obrázek 47: Umístění fotovoltaiky na jižní fasádě (nová FTV červeně).....	60
Obrázek 48: Výstup z programu PVGIS – roční energie vyprodukovaná FTV panely na fasádě na 1 kWp	61
Obrázek 49: Možné umístění FTV panelů	61
Obrázek 50: Umístění FTV panelů na pozemek	62
Obrázek 51: Možné umístění přístřešků	63
Obrázek 52: Přístřešek CARPORT SOLAR [43]	63
Obrázek 53: Plocha pro umístění FTV panelů v kombinaci s ex. střechou	63
Obrázek 54: Realizace biosolární střechy [44]	63
Obrázek 55: Skladba stávající a navrhované konstrukce	65
Obrázek 56: Současná skladba obvodové stěny.....	66
Obrázek 57: Navrhovaná skladba obvodové stěny	66
Obrázek 58: Začlenění stavební suti do výroby betonu [30]	67
Obrázek 59: Stávající skladba podlahy na terénu	68
Obrázek 60: Navržená skladba podlahy na terénu	68
Obrázek 61: Systém pro recyklaci šedých vod AQUALOOP [31].....	69
Obrázek 62: Porovnání neobnovitelné primární energie za rok pro jednotlivé varianty	71
Obrázek 63: Bilance množství CO ₂ e při aplikaci fotovoltaiky - doba hodnocení 50 let	72
Obrázek 64: Porovnání množství CO ₂ e SDK příček a příček z Ekopanelu	72
Obrázek 65: Porovnání množství CO ₂ e minerální vaty a dřevovláknité izolace.....	73
Obrázek 66: Bilance množství CO ₂ při aplikaci fotovoltaiky – doba hodnocení 50 let.....	74
Obrázek 67: Množství CO ₂ e pro beton s klasickým kamenivem a pro Rebetong	74
Obrázek 68: Množství CO ₂ e při pro stávající vrstvu EPS a pro izolaci Foam glass.....	75
Obrázek 69: Množství CO ₂ e pro vrstvu šterku a XPS a pro vrstvu pěnoskla	75
Obrázek 70: Bilance množství CO ₂ e při využití šedé vody v objektu	76
Obrázek 71: Porovnání jednotlivých materiálových opatření v množství CO ₂ e.....	76
Obrázek 72: Porovnání GWP pro jednotlivé varianty	77
Obrázek 73: Výkaz materiálu podle jednotlivých kategorií pro variantu 1	78
Obrázek 74: Výkaz materiálu podle jednotlivých kategorií pro variantu 2	78
Obrázek 75: Množství materiálu na m ² pro jednotlivé varianty	79
Obrázek 76: Porovnání množství jednotlivých materiálů pro jednotlivé varianty.....	79

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Hodnocení BREEAM [3].....	16
Tabulka 2: Hodnocení LEED [3]	17
Tabulka 3: Hodnocení WELL [3]	19
Tabulka 4: Hodnocení SBToolCZ [3].....	20
Tabulka 5: Přehled makrocílů a jednotlivých indikátorů	22
Tabulka 6: Podrobné úrovně hodnocení Level(s) [8].....	23
Tabulka 7: Rozsah prvků budovy hodnocení Level(s).....	24
Tabulka 8: Jednotlivé fáze životního cyklu budovy [8].....	25
Tabulka 9: Podmínky kvality vzduchu a znečišťující látky	30
Tabulka 10: Celková dodaná a neobnovitelná primární energie pro jednotlivé energonositele ..	39
Tabulka 11: Zadávání dat do programu OneClick – 1. část (výstup z programu OneClick)	41
Tabulka 12: Zadávání dat do programu OneClick – 2. část (výstup z programu OneClick)	41
Tabulka 13: Hodnoty jednotlivých ukazatelů pro jednotlivé fáze životního cyklu.....	41
Tabulka 14: Celkové hodnoty pro jednotlivé hodnocené ukazatele.....	42

Tabulka 15: Materiály použité v budově a jejich emise CO ₂ (výstup z programu OneClick LCA)	44
Tabulka 16: Výkaz materiálu podle materiálu	46
Tabulka 17: Množství stavebního odpadu podle kategorie materiálu	47
Tabulka 18: Skóre cirkularity pro jednotlivé prvky budovy	49
Tabulka 19: Spotřeba vody v objektu	50
Tabulka 20: Procento času mimo rozsah tepelné pohody	58
Tabulka 21: Produkce elektrické energie z navržené FTV pro variantu 1	64
Tabulka 22: Produkce elektrické energie z navržené FTV pro variantu 2	64
Tabulka 23: Porovnání stávající a navrhované konstrukce	65
Tabulka 24: Porovnání stávajícího a navrhovaného materiálu	65
Tabulka 25: Porovnání stávajícího a navrhovaného materiálu	66
Tabulka 26: Porovnání stávajícího a navrhovaného materiálu	67
Tabulka 27: Porovnání navrhovaného materiálu se stávajícím	68
Tabulka 28: Posouzení využití šedé vody	69
Tabulka 29: Množství materiálu pro realizaci využití šedé vody v objektu	70
Tabulka 30: Přehled opatření ke zlepšení (změna materiálu zvýrazněna tučně)	70
Tabulka 31: Množství dodané a neobnovitelné primární energie – varianta 1	70
Tabulka 32: Množství dodané a neobnovitelné primární energie – varianta 2	71
Tabulka 33: Porovnání neobnovitelné primární energie pro jednotlivé varianty	71
Tabulka 34: Hodnoty posuzovaných ukazatelů pro variantu 1	73
Tabulka 35: Hodnoty pro jednotlivé ukazatele pro variantu 2	77
Tabulka 36: Porovnání variant s výchozím stavem	77
Tabulka 37: Určení nákladů na opatření pro variantu 1	81
Tabulka 38: Vyhodnocení jednotlivých opatření pro variantu 1	81
Tabulka 39: Určení nákladů na opatření pro variantu 2	81
Tabulka 40: Vyhodnocení jednotlivých opatření pro variantu 2	82
Tabulka 41: Navržená opatření pro jednotlivé indikátory a jejich vliv na hodnocení	83
Tabulka 42: Navržená opatření pro jednotlivé indikátory a jejich vliv na hodnocení	83

11 Přílohy

Příloha 1: Výkresová dokumentace k objektu

Příloha 2: Hodnocení LCA budovy (výstup z programu One Click)

Příloha 3: Hodnocení indikátoru 2.1, Hodnocení indikátoru 2.4