



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

**MODELOVÁNÍ TECHNICKO-EKONOMICKÝCH
INFORMACÍ V PRŮBĚHU ŽIVOTNÍHO CYKLU
STAVBY**

MODELING OF TECHNICAL-ECONOMIC INFORMATION DURING THE LIFE CYCLE
OF THE CONSTRUCTION

ZKRÁCENÁ VERZE DISERTAČNÍ PRÁCE

SHORTENED VERSION OF DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. Vojtěch BIOLEK

ŠKOLITEL
SUPERVISOR

doc. Ing. Tomáš HANÁK, Ph.D.

BRNO 2023

Klíčová slova

Životní cyklus stavby, náklady životního cyklu stavby, LCC, DCF model, metodika, technicko-ekonomické informace.

Keywords

Construction life cycle, construction life cycle costs, LCC, DCF model, methodology, technical and economic information.

OBSAH

ÚVOD.....	5
1 CÍLE PRÁCE A POSTUP ŘEŠENÍ	5
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	6
2.1 Fáze životního cyklu stavby.....	6
2.2 Náklady životního cyklu stavby.....	6
2.2.1 Náklady životního cyklu v zákoně o veřejných zakázkách.....	7
2.2.2 Ovlivnění nákladů životního cyklu stavebního objektu	7
2.3 Modely kalkulace nákladů životního cyklu stavby	7
2.4 Vstupy pro výpočet nákladů životního cyklu stavby	8
2.5 Technicko-ekonomické informace.....	9
2.6 Systémy využívající technicko-ekonomické informace.....	9
2.6.1 Oceňování staveb	9
2.6.2 Facility management – správa budov.....	10
2.6.3 BIM model	10
2.7 Souhrnný popis problematiky a vymezení výzkumného problému	10
3 VÝZKUMNÁ OTÁZKA	11
4 POSTUP ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	11
4.1 Výzkumná metodika	11
4.2 Propojení systémů využívajících technicko-ekonomické informace	11
4.2.1 Návrh klasifikace	12
4.3 Zjišťování informací o nákladech na výstavbu	12
4.4 Zjišťování informací o životnostech, intervalech oprav a údržby a souvisejících nákladech	12
4.5 Předání informací do výpočtu LCC	13
4.6 Návrh 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	14
4.7 Ověření 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	16
4.7.1 Výpočet pořizovacích nákladů.....	16
4.7.2 Výpočet nákladů na výměnu.....	17
4.7.3 Výpočet nákladů na údržbu.....	17
4.7.4 Výpočet nákladů na opravy.....	17
4.7.5 Výpočet nákladů na bourání na konci životnosti stavebního objektu	18
4.7.6 Návrh struktury databáze R/M/R	18
4.7.7 Výpočet LCC a vybrání nejvýhodnější varianty	18
4.8 Vyhodnocení 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	19
4.9 Návrh 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	20
4.10 Ověření 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	21
4.10.1 Výpočet pořizovacích nákladů.....	22
4.10.2 Výpočet nákladů na výměnu.....	23
4.10.3 Výpočet nákladů na údržbu.....	23
4.10.4 Výpočet nákladů na opravy.....	23
4.10.5 Výpočet nákladů na bourání na konci životnosti stavebního objektu	23
4.10.6 Návrh struktury databáze R/M/R	23
4.10.7 Výpočet LCC a vybrání nejvýhodnější varianty	23
4.11 Vyhodnocení 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	24
ZÁVĚR.....	25
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	26
CURRICULUM VITAE.....	29
ABSTRACT	30

ÚVOD

Informace jsou všemožné údaje o prostředí, stavech či procesech. Informace jsou všudypřítomné a v dnešní zrychlené době je nutné začít je efektivně využívat, a to platí i pro obor stavebnictví.

U výstavbových projektů je jednou z nejdůležitějších informací cena. Cílem každého investora je efektivní vynaložení jeho finančních prostředků. Ať už to je developer, který chce levně postavit a draze prodat, nebo například veřejný subjekt, který se musí chovat jako řádný hospodář a myslet i na budoucí efektivní provoz. V současné době se lze jen zřídka setkat s úzkým propojením architekt/projektant a stavební ekonom ve fázi návrhu tak, aby bylo možné s určitostí developerovi říci, že navrhované řešení je skutečně nejlevnější, a už vůbec se nedá říci, že by v dnešní praxi fungovalo propojení architekt/projektant, stavební ekonom a budoucí správce budovy, který by řekl, které možnosti konstrukce jsou skutečně efektivní pro budoucí provoz.

V oblasti hodnocení investic se lze setkat s ukazatelem „náklady životního cyklu stavby“. Jedná se o ukazatel, který bere v úvahu všechny náklady, které vznikají v průběhu celého životního cyklu stavby, ať už to jsou náklady na pořízení stavby, nebo náklady vznikající během provozování stavby a náklady spojené s likvidací stavby. Ačkoliv by se dalo říci, že se jedná o ideální ukazatel vzhledem k výše popsané problematice, je přesto téměř nevyužívaný (upřednostňuje se hodnocení podle nejnižší ceny [1], [2] nebo je využíván ve špatnou dobu (při výběru dodavatele) s nepřesnými vstupy. Pro výpočet ukazatele LCC (Life Cycle Cost) je potřeba znát technicko-ekonomické informace, jako jsou například rozsahy a nákladnost oprav a údržby, životnost, náklady na pořízení apod., avšak tyto informace jsou v dnešní praxi velmi nepřesné anebo zcela chybějí. Výsledné ukazatele LCC mají tedy jen informativní, a tedy nepřilíš vypovídající charakter.

1 CÍLE PRÁCE A POSTUP ŘEŠENÍ

Cílem disertační práce je navržení metodiky, která by pomohla navrhnout nejefektivnější stavbu z pohledu nákladů životního cyklu stavby. Metodika by měla využívat technicko-ekonomické informace tak, aby výsledný ukazatel LCC byl co nejpřesnější, a měla by být použitelná i v nižších stupních dokumentace.

Navržená metodika bude mít svá omezení. Autor práce si uvědomuje, že součástí ukazatele LCC jsou i náklady na spotřebu energií a vody, nicméně tato část nebude v disertační práci řešena. Metodika bude zaměřena pouze na konstrukce, ze kterých se stavba skládá.

Práce se skládá ze dvou hlavních částí, zakončena je závěrečným shrnutím.

1. Literární rešerše, která podrobněji popisuje jednotlivé pojmy spojené s daným tématem, a následně je pojmenována problematika daného tématu.
2. Stanovení výzkumné otázky/výzkumných otázek.
3. Vlastní výzkum, který na problematiku navazuje. Výzkum se snaží navrhnout vhodnou metodiku pro efektivní využití ukazatele LCC.
4. Závěrečné shrnutí zdůrazňuje hlavní myšlenky a výsledky mnohaletého výzkumu a definuje doporučení pro další možné výzkumné směry.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

V této kapitole jsou definovány základní pojmy týkající se tématu této disertační práce. V první části jsou podrobněji rozebrány jednotlivé fáze životního cyklu stavby. Další částí literární rešerše je téma nákladů životního cyklu stavby. Podrobněji bude tento pojem vysvětlen, popsána jeho funkce, možnosti použití a jeho možnost ovlivnění. Dále budou ukázány možné modely kalkulace a vysvětleny vstupy pro výpočet. V rešerši budou rozebrány i technicko-ekonomické informace, pojem BIM (Building Information Modelling, informační modelování budov) a systémy, které tyto informace využívají, respektive které jsou nutné pro kalkulaci LCC. V poslední části bude shrnuta problematika spojená s daným tématem z pohledu dnešní praxe.

2.1 Fáze životního cyklu stavby

Životní cyklus stavebního díla je časové období od počátku první myšlenky na výstavbu stavebního díla přes plánování, vypracování projektové dokumentace, samotnou realizaci, užívání až po samotnou likvidaci stavby. V důsledku toho je cyklus stavby rozdělen do čtyř základních fází. Každá fáze je jinak časově náročná a také je charakteristická tím, jaké činnosti se v tomto stavu projektu provádějí. [3]

V **předinvestiční fázi** vzniká u investora myšlenka na samotný výstavbový projekt a je velmi důležitá z hlediska úspěchu, jelikož se zde rozhoduje o jeho budoucnosti. V této fázi se zpracovávají různé analýzy a studie, ve kterých se zkoumají příležitosti a proveditelnost záměru. [4]

Investiční fáze je nejpracnější a nejnákladnější fází životního cyklu z hlediska vynaložení velkého objemu peněz v relativně krátkém časovém úseku. Je rozdělena na dvě části. První část se nazývá plánovací a druhá realizační. [3]

Provozní fáze je nejdélší fází životního cyklu díla a dochází zde k užívání stavby. Začíná předáním stavby a končí rozhodnutím o likvidaci projektu [5]

Na konci životnosti objektu dochází buď k likvidaci, nebo k rozhodnutí o dalším užívání. Při vybrání možnosti dalšího užívání je nutné objekt zrekonstruovat neboli zahájit přípravy nového projektu, tudíž se celý koloběh životního cyklu stavby opakuje. Musí se zde vypracovat nová dokumentace, vydat nové stavební povolení a nová kolaudace stavby. [6]

V případě **likvidace** neboli demolice objektu může stavba vykazovat poslední příjmy, které vycházejí z prodeje použitelného materiálu, nebo výdaje, které budou spojené s demolicí. Veškerá činnost týkající se demolice stavby musí být ekologická a musí být brán ohled na životní prostředí. [3] [7]

2.2 Náklady životního cyklu stavby

Náklady životního cyklu (LCC) patří mezi nástroje hodnocení investičních projektů (nejen stavebních) zohledňující veškeré náklady v průběhu celého životního cyklu produktu. Někdy tento ukazatel může být použit pro hodnocení investice dalšími metodami [8] a [9]. U stavebních děl se rozlišují čtyři fáze životního cyklu stavebního projektu – předinvestiční, investiční, provozní a likvidační, přičemž každá fáze je jinak náročná z hlediska finančních prostředků. Investiční fáze je náročná z hlediska vynaložení vysokých pořizovacích nákladů v relativně krátkém časovém intervalu, zatímco v provozní fázi, která je nejdélší fází životního cyklu stavby, vznikají náklady postupně v relativně nízké roční výši. Z pohledu celkových nákladů životního cyklu mohou však právě náklady na opravy, údržbu a provoz být vyšší než náklady vynaložené na pořízení stavby. [10] [11] [12]

Ukazatel LCC lze také využít pro posuzování různých variant návrhu – novostavba, rekonstrukce či pronájem. [13] [14]

Níže v tab. 1 je ukázána struktura nákladů životního cyklu stavebního objektu podle normy ČSN ISO 15686-5. [15]

Náplní normy ČSN ISO 15686-5 je plánování životnosti budov a jiných staveb. Tato norma se zabývá posuzováním nákladů životního cyklu. V případě použití u existujících budov se odhadování životnosti uplatní především při odhadu zbývajících životnosti jednotlivých stavebních částí, které se již užívají, a při výběru a specifikaci stavebních částí pro opravy a nové úpravy. Norma stanoví požadavky na posuzování nákladů životního cyklu budov a jiných staveb včetně definice pojmů, postupů a metodiky pro posuzování nákladů životního cyklu. [15]

Tab. 1: Struktura LCC podle evropské normy ISO 15686_5 [15]

Pořizovací náklady – projektová dokumentace a realizace stavby	Náklady na provoz	Náklady na údržbu	Náklady na plánované opravy	Náklady na konci životnosti/na odstranění stavby/navrácení
--	-------------------	-------------------	-----------------------------	--

2.2.1 Náklady životního cyklu v zákoně o veřejných zakázkách

Od roku 2016 je v platnosti novelizovaný zákon č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek [16], který mimo jiné upravuje hodnocení nabídek podle jejich ekonomické výhodnosti. Ekonomická výhodnost nabídek se hodnotí na základě nejvýhodnějšího poměru nabídkové ceny a kvality nebo nákladů životního cyklu a kvality. Zadavatel může ekonomickou výhodnost nabídek hodnotit také podle nejnižší nabídkové ceny nebo nejnižších nákladů životního cyklu (platí pro nadlimitní zakázky). [17]

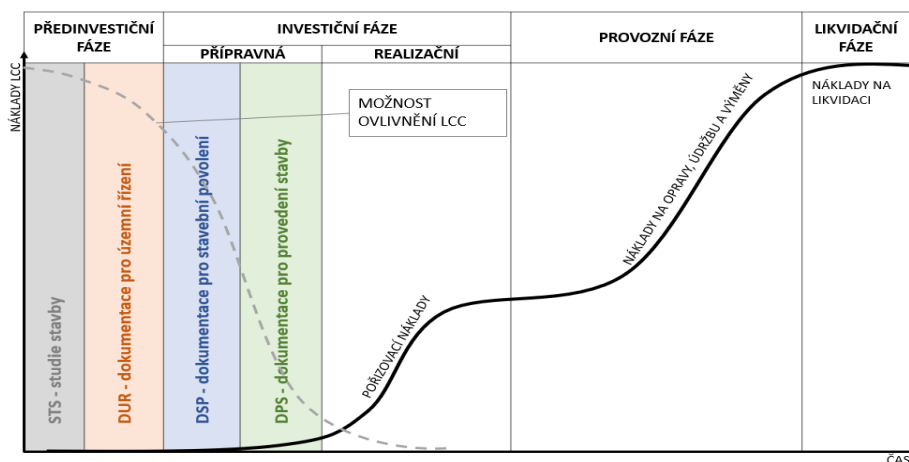
V běžné praxi se vesměs využívá model DCF (Discount Cash Flow, diskontované peněžní toky), který bude rozebrán v podkapitole 2.3. Zákon však neurčuje vstupy do výpočtu, kterými jsou životnost, cykly a nákladnost oprav a údržby, jež jsou klíčové pro výpočet.

2.2.2 Ovlivnění nákladů životního cyklu stavebního objektu

Náklady životního cyklu stavby jsou ovlivňovány v průběhu různých fází stavby, které zahrnují předinvestiční fázi, investiční fázi, provozní fázi a likvidační fázi. Významným faktorem, který ovlivňuje náklady v jednotlivých fázích, je však stupeň detailnosti dokumentace.

V předinvestiční fázi se stanovují základní požadavky na výstavbu. V této fázi lze nejvíce ovlivnit náklady životního cyklu stavby, jak při STS, tak DÚR. Správná analýza a plánování snižují náklady. V investiční fázi je poslední možnost ovlivnit náklady v DSP a DPS. Optimalizace zahrnuje výběr materiálů a postupu stavby. [18] [19] [20]

Jak je ukázáno na obr. 1, možnost ovlivnění budoucích LCC klesá s přibývajícím podrobností projektové dokumentace.



Obr. 1: Graf závislosti vývoje LCC a možnosti jejich ovlivnění v jednotlivých fázích životního cyklu stavebního objektu (vlastní zpracování, [18] [19] [20])

Úkolem zadavatele, architekta a projektanta by tedy mělo být navržení nejekonomičtějšího konstrukčního a materiálového řešení stavby, které by vedlo k nízkým nákladům životního cyklu stavby v průběhu realizace, provozu nebo likvidace. [18] [19] [20]

2.3 Modely kalkulace nákladů životního cyklu stavby

Náklady životního cyklu stavebního objektu lze vykalkulovat podle různých modelů, které se liší jak ve struktuře nákladů, tak i různým diskontováním. Všechny modely však zohledňují časovou hodnotu peněz – NPV (Net Present Value, čistá současná hodnota). V této podkapitole jsou představeny možné modely kalkulace LCC.

- DCF model

Model DCF (Discount Cash Flow, diskontované peněžní toky), též někdy označován jako model Flanagan, odpovídá vzorci uvedenému v normě ISO 15656. Pro každé období je nutné vyjádřit náklady jako ekvivalentní peněžní toky. [15]

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

kde:

C_t veškeré náklady jako ekvivalentní peněžní toky v roce t ,
 r diskontní sazba,
 t analyzovaný rok ($t = 0, 1, 2 \dots, T$),
 T délka životního cyklu v letech.

- ASTM model,
- Model Bromilow a Pawsey,
- Model Sobanjo,
- Model Al Hajj a Horner.

2.4 Vstupy pro výpočet nákladů životního cyklu stavby

V předchozím textu byly znázorněny některé z možných modelů výpočtu nákladů životního cyklu stavby. Tyto modely lze aplikovat pro hodnocení efektivnosti potenciální investice při návrhu výstavbového projektu, tedy i při veřejných zakázkách. A obecně lze definovat, že obsahují:

- Sledované období, které odpovídá předpokládané životnosti stavebního objektu nebo, jak už bylo uvedeno v úvodu, mohou investoři zadat do výpočtu požadovanou délku, která může odpovídat návratnosti investice. Předpokládané životnosti staveb v českém prostředí popsal ve své publikaci doc. Kupilík, kdy například u zděného stavebního objektu je počítáno se stoletou životností. [21] Některé zahraniční směrnice doporučují horizont životnosti 50 let. [22]
- Diskontní sazbu, která je při modelování LCC individuální záležitostí každého investora, přičemž by měla korespondovat s výnosností obdobných projektů nebo s požadavky na konkrétní typy veřejných projektů (v České republice se často užívá hodnota blízka 5 % [23]). Při volbě vyšších diskontních sazeb mohou náklady z daleké budoucnosti ztratit význam, a naopak 0% diskontní sazba odpovídá statickému výpočtu. [24] [25]
- Náklady vznikající v průběhu životního cyklu (viz tab. 1).

Problémem však je, v jakém rozsahu a četnosti budou dané náklady vznikat. Každá konstrukce má jiné potřeby na údržbu, opravu či očekávanou životnost. Obecně se dá však říci, že jedním z hlavních faktorů ovlivňujících životnost je materiál, ze kterého je daná konstrukce vyrobena. Dalšími faktory mohou být kvalita výroby, provedení stavebních prací a provádění údržby. V České republice však neexistuje závazný dokument, který by určoval data pro výpočet nákladů životního cyklu stavebního objektu. Potřebu dostupnosti detailnějších a přesnějších dat konstatuje i Schneiderová Heralová. [26]

Obecně se data pro výpočet shromažďují prostřednictvím analýzy existujících budov či stavebních prvků, případně se vztahují jako procento k pořizovacím nákladům. [25] [27] Výpočtem LCC se ve své publikaci zabývá doc. Marková, která pomocí dotazníkového šetření definovala cykly a nákladnost oprav, údržby a výměn pro funkční díly. Příklady funkčních dílů s informacemi pro výpočet LCC jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2: Data pro výpočet LCC stavebního objektu pro položky povrchů

Kód	Funkční díl (FD)	Životnost (FD) min. [rok]	Životnost (FD) max. [rok]	Cyklus oprav [rok]	Rozsah oprav [%]
5110	Omítky vnitřní	100	-	30	50
5120	Malba vnitřní	5	15	-	100
5130	Obklady vnitřní	20	80	20	10
5140	Omítky vnější, zateplení	30	60	30	20

Z výše uvedeného příkladu lze vidět, že data jsou v poměrně velkém rozpětí, a navíc nejsou rozlišeny různé možnosti materiálového řešení. Například u funkčního dílu „5140 Omítky vnější, zateplení“ lze rozlišovat několik možností řešení zateplení – extrudovaný polystyren (XPS), expandovaný polystyren (EPS), minerální vata atd. Například právě minerální vata má delší životnost než expandovaný polystyren. [28] To znamená, že tato úroveň podrobnosti dat nedostačuje pro potřeby přesnějšího stanovení LCC.

Aby výpočet LCC poskytoval výstupy v požadované přesnosti, musejí být tato data detailnější a přesnější. V zahraničí, například v Norsku, existují databáze dat tohoto typu, avšak ty jsou již navázané na oceňovací software. [29]

Česká republika má k dispozici databázi CRAB (Centrální registr administrativních budov), která eviduje právní vztahy s vazbou na projekt, požadavek na dislokaci a ekonomické údaje. [30] Právě v ekonomických údajích jsou evidovány příjmy a výdaje na budovu, nicméně bez bližších informací, na co konkrétně byly jednotlivé náklady vynaloženy. Metodika hodnocení celoživotních nákladů staveb a popis aplikačního softwarového řešení byly řešeny ve výzkumném projektu CAMEB, což je sofistikovanější alternativou pro výpočet LCC, nicméně bez chybějících vstupních dat – ta musí vložít uživatel sám. [13]

2.5 Technicko-ekonomické informace

V průběhu životního cyklu stavby čili od projekce přes výstavbu a provoz až po likvidaci se pracuje s různými informacemi o budově či jejích jednotlivých částech. Během stavebního procesu nějakým způsobem vznikají, přidávají se, využívají se, ale i se ztrácejí a zanikají informace.

V současné době je možné se setkat s používaným pojmem BIM (Building Information Modelling, informační modelování budov). Jedná se o nový přístup ke stavebním projektům, který propojuje všechny účastníky stavebního procesu prostřednictvím 3D modelu a sdílení informací. BI ve zkratce označují „building information“, tedy informace o budově. Písmeno M může mít více významů – „modelling“ nebo „management“, což označuje práci s informacemi – modelování či řízení. Hlavním účelem BIM je vytvoření 3D modelu, který bude nést všechny potřebné informace, které potřebují jednotlivé profese ke své práci. [31] BIM model obsahuje jak grafické, tak i negrafické informace.

Grafické informace dávají modelu tvar – výsledkem BIM modelování má být 3D digitální dvojče budoucí stavby. Model se skládá z jednotlivých stavebních konstrukcí – ze stěn, stropů, podlah, střechy atd. Každá tato konstrukce nese geometrické informace, kterými mohou být délka, výška, šířka, objem, plocha atd. [32] [33]

Negrafickými informacemi se rozumějí informace, které doplňují 3D model, respektive jednotlivé konstrukční prvky. Jsou to informace, které mohou doplňovat různí účastníci stavebního procesu. Může se jednat o materiálové a technické vlastnosti prvku, cenové informace, časové informace atd. [32] [33]

Tyto informace (data) jsou součástí modelu od jeho prvního návrhu až po ukončení celého projektu/stavby, tedy zahrnují celý životní cyklus budovy. Data do něj zapisují a využívají všichni účastníci procesu – architekti, projektanti, statici, facility manažer, rozpočtáři, investor a další. BIM model je v podstatě databázový soubor, který využívají všichni účastníci procesu (např. k analýze spotřeby energie či únosnosti stavby). [34]

2.6 Systémy využívající technicko-ekonomické informace

Tato podkapitola by měla zmapovat systémy, které využívají technicko-ekonomické informace, tedy informace, které nějakým způsobem nesou informace o nákladech či mohou určit náklady, jež vstupují do výpočtu LCC.

V současné době neexistuje v rámci České republiky nástroj pro sjednocení jednotlivých systémů používaných ve stavebnictví pro prostředí BIM. Dnešní praxe s BIM je z větší části na straně kreslicích/modelovacích softwarů, kdy data vložená do BIM modelu jsou jen stěží použitelná v dalších softwarech. Hlavní důvod je v nesourodosti databází či v nevhodném zobrazování konstrukcí v BIM modelu. V dalších podkapitolách jsou specifikovány databáze jednotlivých systémů využívajících stavebně-ekonomických informací a dělení konstrukcí v BIM modelu. Vzhledem k obsáhlosti celé problematiky, respektive velkému počtu konstrukcí stavebního objektu, není možné postihnout všechny možnosti. V práci jsou pro zjednodušení a pochopení specifikovány pouze konstrukce související se stavební částí, tedy bez veškerých vnitřních instalací – elektro, zdravotnická, vytápění, vzduchotechnika apod.

2.6.1 Oceňování staveb

Pro oceňování staveb v prostředí České republiky se používá cenová databáze, která vychází z třídníku stavebních konstrukcí a prací (TSKP), jež historicky nahradila původní členění podle klasifikace stavebních oborů (KSO) a vychází z klasifikace průmyslových oborů a výrobků. [35] Hlavní členění TSKP je na práce hlavní stavební výroby (HSV) a práce přidružené stavební výroby (PSV). [36] [37]

Třídění TSKP je nejrozšířenějším nástrojem pro tuzemské členění stavebních prací, tudíž i pro členění stavebních prací ve většině tuzemských stavebních rozpočtů. [35]

Princip členění TSKP je ve sdružování konstrukcí se stejným obsahem, což znamená, že není zachován systém funkčního začlenění konstrukcí na stavbě. Příkladem je oddíl hydroizolací, ve kterém jsou konstrukce spojené z hydroizolací základů a hydroizolační stěrka, která se dává za keramické obklady.

2.6.2 Facility management – správa budov

V České republice neexistuje jednotný systém členění stavebního objektu v oblasti facility managementu. To znamená, že každá společnost si tvoří svůj systém členění stavebního objektu, který je založen buď na základě vlastní praxe, či používaného softwaru. Příklady facility management softwaru v České republice jsou Buildpass, který využívá členění dle TSKP, či Archibus. [38] [39] [40] Členění stavebního objektu v této oblasti je závislé na tom, co chce daná společnost sledovat, do jaké míry, s jakými podrobnostmi apod. Ukazatel nákladů životního cyklu

Náklady životního cyklu (LCC) patří mezi nástroje hodnocení investičních projektů (nejen stavebních) zohledňující veškeré náklady v průběhu celého životního cyklu produktu. Ukazatel LCC přispívá k nalezení nejvhodnější varianty konstrukčního řešení stavby tak, aby náklady v průběhu životního cyklu byly co nejmenší. V literatuře lze nalézt členění stavebního objektu pro potřeby výpočtu LCC na funkční díly, které na rozdíl od TSKP reprezentují danou konstrukci, jak je zakomponována na stavbě, a vytvářejí tak logické a funkční celky, které odpovídají potřebám a požadavkům. [7] [41]

2.6.3 BIM model

BIM model je centrální „sklad“ informací, ten obsahuje i informace, které jsou potřebné pro výše uvedené systémy. Dle normy ČSN EN ISO 16739-1 [42] je dána struktura minimálních doporučených IFC (Industry Foundation Classes) parametrů BIM modelu. V zjednodušené podobě lze popsat strukturu BIM modelu do dvou částí, a to výrobek a systém, přičemž výrobkem jsou myšlené jednotlivé objekty BIM modelu, které mají geometrický (stěna, sloup, strop atd.) nebo prostorový kontext (místnost, podlaží, budova atd.). Systémem je myšlena skupina příslušných částí BIM modelu sestavená za společným účelem nebo pro společnou funkci. Příkladem může být dělení objektu na obytnou a komerční část.

Jedním z problémů práce s BIM modelem v dalších systémech je odlišný přístup jednotlivých projektantů při tvorbě modelu. Příkladem je podlaha, která může být modelována jako celá včetně nosné konstrukce nebo rozdělená na dvě konstrukce – nosnou konstrukci a skladbu podlahy.

2.7 Souhrnný popis problematiky a vymezení výzkumného problému

Kalkulace nákladů životního cyklu stavebního objektu hodnotí efektivitu investice. Zahrnuje pořizovací náklady a ty během životního cyklu. Provozní náklady dominují v nákladech. Proč není tento ukazatel běžněji používán ve stavebnictví? Níže jsou důvody z literatury a autorský názor.

- **Zákon o veřejných zakázkách a LCC**

Z úvodu plyne, že veřejný investor může použít hodnocení LCC při vypsání zakázky. obr. 1 ukazuje problém – zhotovitel je vybrán na konci dokumentace stavby, kdy je ovlivnění LCC minimální. To zdůrazňuje nutnost, aby investor prosazoval efektivní LCC od začátku návrhu, tedy u architekta či projektanta.

- **Správa objektů**

Investor často zároveň provozuje hotové stavby, ale nedaří se mu efektivně předat informace pro optimální návrh ohledně provozní fáze životního cyklu budovy. Chybí databáze informací z provozní fáze. Správci budov a facility manažeři, kteří budovu dlouhodobě provozují, mají klíčovou roli v optimálním návrhu. Bohužel v praxi se zřídka zapojují do návrhu nových staveb.

Chybějící databáze budov s podrobnými informacemi oprav a údržby

Momentálně chybí podrobná databáze, která by obsahovala informace o provozní fázi životního cyklu budovy – tedy náklady na opravy, údržbu a životnost konstrukcí. Pro efektivní použití ukazatele LCC je nezbytná rozsáhlejší databáze

- **Projektanti a rutina**

Stavební trh a trh s materiály neustále vyvíjejí. Projektant nemůže znát všechny aktuální technické a materiálové možnosti. Většinou volí osvědčené systémy, což šetří čas, ale brání mu to přehledu o cenách a efektivitě LCC.

- **Oceňování staveb až na konci projekční fáze**

Stavební ekonomové ocení projekt zpravidla až ke konci návrhu, v DPS fázi. Problém vzniká, kdy je cena vyšší než očekával investor. I když je to jen část LCC, pořizovací cena má klíčový vliv. To může vést k negativním následkům, jako je zastavení projektu či přepracování dokumentace. Investor a projektant by měli mít celkovou kontrolu nad cenou během celého návrhu.

3 VÝZKUMNÁ OTÁZKA

Disertační práce podrobně zkoumá problematiku nákladů životního cyklu stavebního objektu a jejich možnosti zavedení do návrhu stavby.

Na konci literární rešerše v podkapitole 2.7 byl uveden souhrnný popis problematiky a též bylo uvedeno vymezení výzkumného problému. Zjednodušeně v bodech se jedná o tyto problémy:

- Využití ukazatele LCC až při výběru zhotovitele čili v době, kdy lze jen minimálně LCC ovlivnit.
- Nedostatečné zapojení správců budov/facility manažerů v průběhu návrhu stavby.
- Chybějící podrobná databáze správy stávajících budov, ze které by se daly čerpat přesné vstupy do výpočtu LCC.
- Při projektování se projektanti uchylují k využívání stále stejných systémů.
- Zjišťování ceny až na konci projekční fáze, kdy je minimální možnost změnit případný návrh při vysoké ceně.

Na základě stanoveného cíle, kterým je navržení metodiky, a literární rešerše byla stanovena výzkumná otázka, na kterou se budou v této práci hledat odpovědi a řešení.

VO1: Je možné ukazatel nákladů životního cyklu stavby (LCC) efektivně využít při návrhu stavebního objektu?

4 POSTUP ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Tato kapitola popisuje hledání vhodné metodiky pro efektivní využití ukazatele nákladů životního cyklu stavby, která je hlavním výstupem této práce. Z popisu problematiky z podkapitoly 2.7 je zřejmé, že chybí funkční metodika, která by měla splňovat:

- Projektantovi pomoci s hledáním možných řešení.
- Investorovi dát možnost sledovat, jak náklady na výstavbu, tak i celkové LCC.
- Předat správci budovy/facility manažerovi podklad pro plánování.
- Zajistit aktuálnost databáze informací z provozní fáze životního cyklu stavby.
- Znat orientační LCC už v nižších stupních dokumentace.

4.1 Výzkumná metodika

Proces návrhu vhodné metodiky je rozdělen do jednotlivých kroků:

- 1 Propojení systémů využívajících technicko-ekonomické informace
- 2 Zjišťování informací o nákladech na výstavbu
- 3 Zjišťování informací o životnostech, intervalech oprav a údržby a souvisejících nákladech
- 4 Předání informací do výpočtu LCC
- 5 Návrh 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC
- 6 Ověření 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC
- 7 Vyhodnocení 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC
- 8 Návrh 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC
- 9 Ověření 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC
- 10 Vyhodnocení 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

4.2 Propojení systémů využívajících technicko-ekonomické informace

V podkapitole 2.6 byly ukázány základní systémy, které mohou využívat technicko-ekonomické informace a které obsahují informace a data nutná pro výpočet LCC. Jak vyplývá z textu, každý systém pracuje s různými klasifikacemi a číselníky. Pro správnou funkci musí každá profese, a tedy i systém při přenosu informací vědět, o jakou konstrukci se jedná. Jednou z možností, jak toho dosáhnout, je využívat jednotnou klasifikaci. Tato možnost je však autorem považována za nemožnou. Cenová databáze, která využívá klasifikaci TSKP, má na tuto klasifikaci navázané množství informací, a to jak cenových, tak i informací o

normohodinách, hmotnostech hmot atd. Zároveň však je tato klasifikace sestavena pro sdružování položek se stejným obsahem nežli účelem.

4.2.1 Návrh klasifikace

Stavební objekt se dělí na čtyři hlavní části – nosné konstrukce, střechu, fasádu a vnitřní úpravy. To se používá nejen ve stavebně-ekonomických systémech, ale i během výstavby, kde se nejprve staví základní nosné konstrukce, pak střecha a fasáda, a nakonec se upravují vnitřní prostory. Tato klasifikace je v disertační práci označována jako "klasifikace LCC".

Tab. 3: Základní část klasifikace LCC [43]

Funkční díl	NOSNÉ KONSTRUKCE	STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	FASÁDA	POVRCHOVÉ ÚPRAVY VNITŘNÍCH PROSTOR
Funkční část	<ul style="list-style-type: none"> základové konstrukce stěny sloupy stropy nosníky, průvlaky, trámy schodiště 	<ul style="list-style-type: none"> dřevěný krov krytina střechy oplechování střešních prvků ostatní střešní prvky – střešní okna, světlíky, antény apod. 	<ul style="list-style-type: none"> okna vchodové dveře, vrata skladba fasády vnější parapety ostatní prvky fasády – stříšky, zábradlí, rolety apod. 	<ul style="list-style-type: none"> omítka stěn obklady omítka stropů podhledy podlahy

Stavby se skládají z nosných konstrukcí, střechy, fasády a vnitřních úprav. Tyto funkční části mají rozdílné náklady a požadavky na údržbu. Při výstavbě se postupuje od nosných konstrukcí ke střeše a fasádě, a nakonec se upravují vnitřní prostory.

Klasifikace LCC se týká těchto částí. Nosné konstrukce, jako základy, stěny, stropy, jsou spojeny s rodinami v BIM modelu. Stěny a stropy jsou však někdy upravovány při kreslení. Také se jedná o trámy, průvlaky a komíny.

Střešní konstrukce a fasáda mají kratší životnost a vyžadují častější opravy. Tyto části jsou často realizovány současně. BIM model odpovídá těmto konstrukcím.

Vnitřní úpravy mají větší význam z hlediska nákladů a údržby. Jsou specifické pro každou místnost a mohou být zahrnuty do BIM modelu.

Klasifikace hraje roli při ocenění staveb, kde musí být elementy BIM modelu přesně zaříděny podle systému TSKP. Například železobetonová stěna je v BIM modelu jeden prvek, ale při ocenění se dělí na více položek. Přesnost a úplné informace jsou důležité.

4.3 Zjišťování informací o nákladech na výstavbu

Jednou z hodnot, které vstupují do výpočtu LCC, jsou náklady na samotnou výstavbu stavebního objektu. Tyto náklady jsou stanovovány v systému oceňování staveb. Aby bylo možné vložit informace do výpočtu LCC, je nutné přiřadit jednotlivé položky klasifikaci LCC. Jak už bylo ukázáno výše, je to z toho důvodu, že jedna konstrukce dle klasifikace LCC může obsahovat i více položek z klasifikace TSKP.

4.4 Zjišťování informací o životnostech, intervalech oprav a údržby a souvisejících nákladech

Stávajícím problémem je nedostupnost dat o životnostech, intervalech oprav, údržby a s nimi souvisejících nákladů, které jsou nezbytné pro následný výpočet LCC. Tato data by měla být součástí softwaru pro facility management, který by měla mít každá společnost zabývající se správou nemovitostí. Kdyby FM systém měl stejnou strukturu konstrukcí, jako je u výpočtu LCC, a správci budov by zapisovali ekonomická data ve větších podrobnostech (termíny, účel, nákladnost atd.), vznikala by postupně databáze použitelná nejen pro vyhodnocování veřejných zakázek, ale i pro soukromý sektor. V obr. 2 je nastíněno, jak by mělo vypadat vyplňování informací ve facility management softwaru a jak budou tato data transformována do podoby potřebné pro výpočet LCC.

Kód LCC	Funkční díl	výměra	MJ	...	Ø cyklus výměn (rok)	Ø Náklady na výměnu (CZK/1m2)	Ø cyklus oprav (rok)	Ø Náklady na opravu (CZK/1m2)	Ø cyklus údržby (rok)	Ø Náklady na údržbu (CZK/1m2)
Kód	Funkční díl	Q	m2	...	CycleRM	CostRM	CycleR	CostR	CycleM	CostM

akce	datum	popis akce	náklady na m2 (CZK)	náklady celkové (CZK)
výstavba	D	první implementace na stavbu	C	Q * C
údržba	dm ₁	pravidelná údržba	M ₁	Q * M ₁
údržba	dm ₂	pravidelná údržba	M ₂	Q * M ₂
oprava	dr ₁	oprava	R ₁	Q * R ₁
údržba	dm ₃	pravidelná údržba	M ₃	Q * M ₃
oprava	dr ₂	oprava	R ₂	Q * R ₂
...
výměna	drm ₁	kompletní výměna	RM ₁	Q * RM ₁

Obr. 2: Příklad struktury dat ve facility management softwaru a převod do LCC výpočtu [44]

Hodnoty CycleRM, CycleR a CycleM, které vyjadřují průměrný cyklus výměn, oprav a údržby v tomto pořadí, se počítají dle níže uvedených vztahů [44]:

$$CycleRM = \frac{(D - drm_1) + \sum_{i=2}^n (drm_i - drm_{i-1})}{n} \quad (2)$$

$$CycleR = \frac{(D - dr_1) + \sum_{i=2}^n (dr_i - dr_{i-1})}{n} \quad (3)$$

$$CycleM = \frac{(D - dm_1) + \sum_{i=2}^n (dm_i - dm_{i-1})}{n} \quad (4)$$

kde:

D datum výstavby,
 drm_n, dr_n, dm_n data provedení n-té výměny (RM), opravy (R), údržby (M).

Hodnoty CostRM, CostR a CostM, které vyjadřují průměrné náklady na 1 MJ výměny, opravy a údržby v tomto pořadí, se počítají dle níže uvedených vztahů [44]:

$$CostRM = \frac{\sum_{i=1}^n RM_i}{n} \quad (5)$$

$$CostR = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (6)$$

$$CostM = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad (7)$$

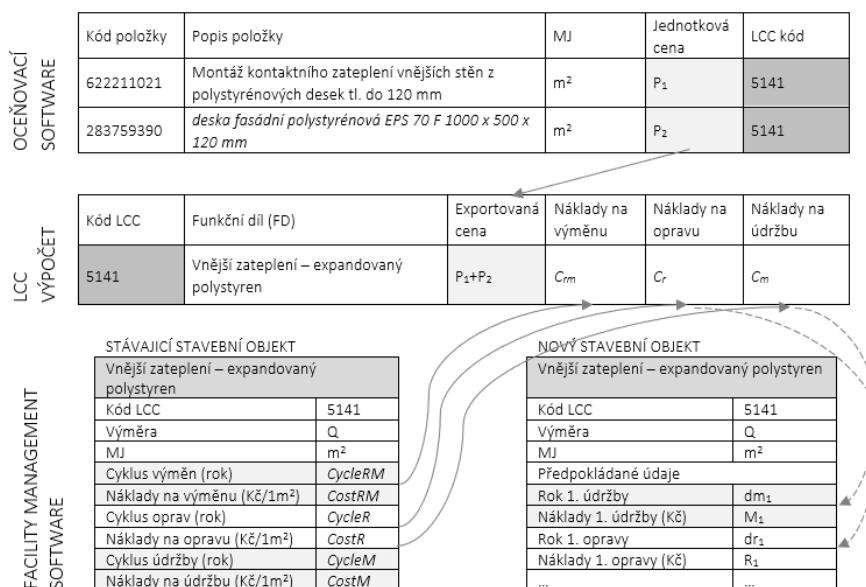
kde:

RM_n, R_n, M_n jednotkové náklady n-té výměny (RM), opravy (R), údržby (M).

4.5 Předání informací do výpočtu LCC

Na schématu níže (viz obr. 3) je nastíněn data flow mezi jednotlivými softwary. Nejprve se v oceňovacím softwaru sjednotí všechny položky se stejným kódem z LCC databáze (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) a převezme se jejich pořizovací cena. Z FM softwaru se ze stávajícího objektu převezmou informace o opravách, výměnách a údržbě (viz obr. 2).

Následně se provede výpočet nákladů životního cyklu stavebního objektu, který může sloužit nejen k vyhodnocení efektivity investice, ale také pro předpokládané termíny a nákladnosti oprav, údržby a výměn.



Obr. 3: Příklad přenosu dat mezi softwary

Hodnoty C_{rm} , C_r a C_m , které vyjadřují dílčí složky LCC, konkrétně náklady na výměny, opravy a údržbu v tomto pořadí, se počítají dle vzorce (1), přičemž vztahy pro jednotlivé složky jsou následující:

$$C_{rm} = \sum_{t=0}^T \frac{RM_t}{(1+r)^t} \quad (8)$$

$$C_r = \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+r)^t} \quad (9)$$

$$C_m = \sum_{t=0}^T \frac{M_t}{(1+r)^t} \quad (10)$$

kde:

- RM_t náklady na výměny jako ekvivalentní peněžní tok v roce t ,
- R_t náklady na opravy jako ekvivalentní peněžní tok v roce t ,
- M_t náklady na údržbu jako ekvivalentní peněžní tok v roce t ,
- r diskontní sazba,
- t analyzovaný rok ($t = 0, 1, 2 \dots, T$),
- T délka životního cyklu v letech.

4.6 Návrh 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Níže uvedená metodika včetně ověření byla publikována v časopise Buildings. [45]

Celý proces začíná u návrhu stavebního objektu. V případě, že je návrh zpracováván v BIM nástroji, je důležité, aby tvůrce BIM modelu měl vyplněny veškeré informace, které jednoznačně zařadí všechny konstrukce do funkčních celků, resp. funkčních dílů. Úroveň BIM modelu se pohybuje ve vyšší podrobnosti tak, aby byly zadány konstrukční, materiálové a rozměrové řešení, obecné informace o stavbě a samotné výměry jednotlivých konstrukcí. V případě, že je návrh zpracováván klasickou cestou (2D návrh), musí projektant zadat všechny potřebné informace do systému výpočtu LCC ručně. Potřebné informace (parametry) jsou závislé na typu funkčního dílu, ale obecně se jedná o materiálovou a rozměrovou charakteristiku. Mimo potřebné informace k jednotlivým funkčním dílům je potřebné zadat i informace související obecně s celou stavbou – výšku stavby, umístění stavby atd.

Jakmile je stavební objekt rozříděn dle klasifikace LCC, proběhne komunikace mezi systémem pro výpočet LCC a systémem pro oceňování staveb. Jednotlivé položky z cenové databáze nesou informaci o zařídění do klasifikace LCC, resp. informaci, ze kterých položek se převedou informace potřebné pro výpočet LCC (jednotkové ceny, jednotkové hmotnosti materiálu či suti, informace o době nutné pro montáž či demontáž v Nh (normohodiny)).

Další fází je zjištění informací pro výpočet nákladů v provozní fázi stavby. Jedná se o náklady na opravy, údržby a výměny (R/M/R). Informace o nákladnosti R/M/R jsou převedeny z cenové soustavy systému pro oceňování staveb. Jak už bylo popsáno výše, problémem jsou informace o rozsahu a četnosti R/M/R. Tyto informace je možné do systému LCC přenést dvěma způsoby:

- Informace o rozsazích a četnostech R/M/R jednotlivých funkčních dílů vycházejí ze sledování již postavených staveb. Tyto informace jsou spravovány v systému facility managementu, tudíž mohou být prostřednictvím propojovací databáze převedeny do systému výpočtu LCC (viz podkapitola 4.4).
- Opravy jsou simulovány samotným projektantem/facility manažerem (uživatel systému LCC) na základě zkušeností či předpokladů dle orientace či využití stavby. Životnost a údržba může být dána výrobcem materiálu či mohou být stejně jako opravy simulované uživatelem. Tuto možnost zápisu využije uživatel, který nemá k dispozici data z facility management systému.

Poslední fází je zadání podmínek výpočtu. Tyto podmínky vycházejí ze samotného vzorce pro výpočet LCC – diskontní sazby a hodnoceného období. Tyto parametry jsou závislé na zvyklostech či požadavcích investora a jsou dány charakterem stavebního objektu.

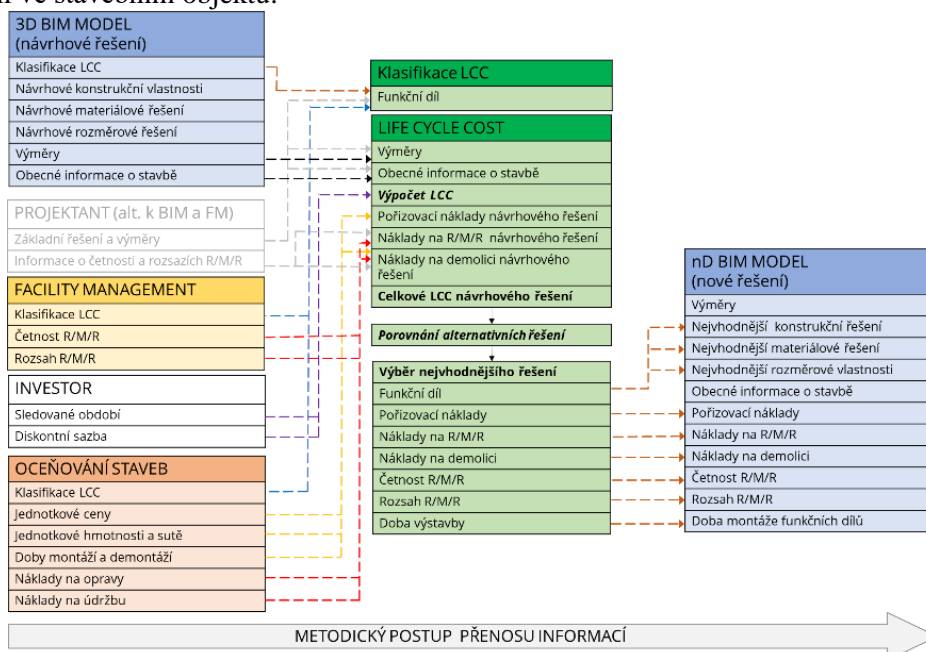
Jakmile jsou všechny informace potřebné pro výpočet LCC zadány, resp. převedeny z jednotlivých systémů, proběhne výpočet. Celý proces výpočtu lze rozdělit na pět fází:

- výpočet pořizovacích nákladů,
- výpočet nákladů na výměnu,
- výpočet nákladů na údržbu,
- výpočet nákladů na opravy,
- výpočet nákladů na demolici na konci životnosti stavebního objektu.

Jednotlivé fáze výpočtu, resp. struktura výpočtu, jsou pro každý funkční díl odlišné, jelikož způsob ocenění např. pro ŽB stěnu je jiný než pro skladbu fasády. Způsob ocenění vychází ze zvyklostí a zásad oceňování stavebního objektu.

Po výpočtu je klíčové nalézt ideální řešení, které bude mít stejné nebo lepší vlastnosti než původní. To závisí na vlastnostech funkčního dílu, jako jsou tepelná izolace, rozměry, pevnost atd. Navržený systém vypočítá LCC pro různá řešení a seřadí je podle uživatelské preference – pořizovací náklady, LCC, LCC bez pořizovacích nákladů apod. Uživatel má podklady pro volbu nejvhodnější varianty. BIM model může převést informace z výpočtu LCC a zahrnout je do finančního plánování a facility managementu nového objektu. BIM model tedy nese náklady, facility management a částečně i časové informace.

Celý proces výměny dat mezi jednotlivými systémy je znázorněn na obr. 4. Stejně tak metodika neřeší náklady spojené s celkovým projektem – náklady spojené s projektovou dokumentací a dalšími náklady investora nebo dodavatelské firmy. Navrhovaná metodika definuje náklady spojené čistě s konstrukcí zabudovanými ve stavebním objektu.



Obr. 4: 1. verze metodiky přenosu informací mezi jednotlivými systémy [45]

4.7 Ověření 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Pro ukázkou navrhovaného metodického postupu je vybrán funkční díl fasáda – kontaktní zateplovací systém s tenkovrstvou omítkou (ETICS). Na základě cenové databáze (ÚRS [46]) jsou vybrány možné typy kontaktních zateplovacích systémů (KZS) a tenkovrstvé omítky. Celkově je vybráno 11 typů KZS a 13 typů tenkovrstvých omítek. Celkem je možné vytvořit až 143 kombinací. Tloušťka materiálu je závislá na typu KZS, resp. tenkovrstvé omítky.

Materiálové a rozměrové vlastnosti jsou klíčové pro správné zařazení navrhovaného řešení a je nutné, aby je tvůrce BIM modelu do systému zadal. Níže v odrážkách je ukázán výčet vstupních informací, které jsou nutné pro výpočet LCC. Mimo materiálové a rozměrové vlastnosti souvrství fasády zahrnuje i informace, které musí tvůrce BIM modelu zadat pro potřeby identifikace veškerých nákladů spojených s prováděním souvrství fasády. Pro samotný výpočet LCC je nutné zadat i požadavky investora na modelaci LCC – diskontní sazbu a délku hodnoceného období, které vycházejí z DCF modelu.

Pro konkrétní ukázkou fungování navrženého systému je zvoleno jako výchozí materiálové řešení – KZS deska EPS 70 fasádní tl. 120 mm a minerální zrnitá omítka tl. 2 mm. Zadání parametrů diskontní sazby a hodnoceného období je modelováno ve třech variantách:

- Varianta 1 a 3 – Sledované období je stanoveno na celou životnost stavebního objektu (100 let) a diskontní sazba je stanovena na 5 %, varianty se od sebe liší v databázi údajů R/M/R (blíže viz tab. 2). [7] [23] [47]
- Varianta 2 – Sledované období je stanoveno na 30 let, což je udávaná minimální životnost „vnější omítky, zateplení“ v publikaci [7], a diskontní sazba zůstává stejná jako ve variantě 1, tedy 5 %.

Dalšími vstupy pro výpočet LCC jsou:

- Vlastnost KZS: bez zvláštních vlastností
- Výška budovy: 10 m
- Vzdálenost skládky: 30 km
- Kolik let před výměnou KZS neprovádět údržbu: 2 roky
- Živostnost stavby: 100 let

4.7.1 Výpočet pořizovacích nákladů

Výpočet pořizovacích nákladů na provedení souvrství fasády se skládá z položek cenové databáze. [48] Použití jednotlivých položek z cenové databáze závisí na typu KZS, resp. tenkovrstvé omítky. Kontaktní zateplovací systém se oceňuje zvlášť pro montáž a zvlášť pro dodávku materiálu. Montáž KZS je odlišena dle typu a tloušťky KZS.

V ceně položky montáže KZS jsou zahrnuty náklady na montáž a dodání stěrkové hmoty a sklovláknité tkaniny. Každá položka montáže obsahuje informaci nejen o jednotkové pořizovací ceně, ale také informaci o hmotnosti, což je důležité pro výpočet přesunu hmot, a o časové náročnosti práce v normohodinách, což je nutná hodnota pro výpočet doby montáže.

Každá položka materiálu obsahuje informaci o jednotkové ceně, hmotnosti a je doložen tepelný odpor dle součinitele tepelné vodivosti a tloušťky izolantu. Tepelný odpor je důležitý k nalezení varianty z jednotlivých typů KZS o stejných nebo lepších vlastnostech.

Součástí ocenění KZS jsou i možné příplatky. Použití těchto příplatků je podmíněno zadáním informace v BIM modelu jakožto přidruženého parametru. Jedná se o příplatky:

- za upevnění desek ve výšce přes 22,5 m – rozlišuje se použití položky dle tloušťky izolantu,
- za použití tepelněizolačních zátek – rozlišuje se dle typu KZS,
- za použití disperzní (organické) armovací hmoty.

Každá položka tenkovrstvé omítky obsahuje stejně jako KZS informace o pořizovací ceně, hmotnosti a době montáže v normohodinách. Tepelný odpor v případě tenkovrstvé omítky je zanedbatelný, a tedy o něm není uvažováno.

Pro kompletní dodávku a montáž funkčního dílu kontaktního zateplovacího systému s tenkovrstvou omítkou je nutné počítat i s přidruženými náklady, které jsou s tím spojeny. Jedná se o přesun hmot, který se počítá dle součtu všech hmotností použitých položek. Položky přesunů hmot závisí jak na výšce, typu a konstrukčním řešení stavebního objektu, tak i na tom, zda je mechanizace užitá plně, částečně nebo není užitá. Pro výstavbu je v případové studii uvažováno plné užití mechanizace při přesunu hmot. Dalšími náklady jsou zřízení, pronájem a odstranění lešení, případně použití ochranné sítě. Cenová databáze rozlišuje mnoho typů lešení – řadové lešení trubkové lehké, řadové lešení trubkové těžké, řadové lešení rámové lehké,

řadové lešení rámové těžké. Pro potřeby výpočtu bude počítáno s nejběžněji používaným lešením – řadové rámové lehké šířky podlahy do 1,2 m. Náklad na pronájem lešení vychází z doby montáže ETICS převedené na pracovní dny. Výška budovy, která ovlivňuje použití položek pro příplatky k montáži KZS, lešení a přesunu hmot, je jedním z parametrů zadaných uživatelem.

4.7.2 Výpočet nákladů na výměnu

Výměna konstrukce se uvažuje na konci životnosti daného funkčního dílu, přičemž náklady na výměnu jsou dány součtem nákladů na bourání a pořizovacích nákladů. U navrženého systému se počítá s tím, že životnost tenkovrstvé omítky je stejná jako životnost KZS. Životnost KZS vychází z databáze R/M/R. Ta je buď převedena z facility managementu systému, nebo ji může zadat projektant sám na základě zkušenosti (viz podkapitola 4.6).

Cenová databáze [48] rozlišuje bourání polystyrenových desek a desek z minerální vlny, přičemž zohledňuje pouze tloušťku bouraného izolantu. V položce bourání KZS je započten i náklad na bourání tenkovrstvé omítky. Důležitou částí výpočtu jsou náklady spojené s přesunem sutě a na nakládání s odpadem. Vše se odvíjí od hmotnosti bouraného materiálu (sutě). Každá bourací položka obsahuje informaci o hmotnosti bourané konstrukce, avšak pro přesnou hodnotu budou přebrány hmotnosti z položek použitých pro výpočet nákladů na zařízení. Náklady spojené s přesunem sutě se dělí na dvě části – svislý přesun, který se odvíjí od výšky budovy a souvisí s přesunem v rámci stavebního objektu, a vodorovný přesun sutě, který souvisí s odvozem sutě ze staveniště na skládku. Vzdálenost skládky od stavby je jedním z parametrů, které musí uživatel vyplnit. Dalším nákladem je poplatek za skládku sutě, jehož cena se odvíjí od zařídění odpadu.

4.7.3 Výpočet nákladů na údržbu

Každá konstrukce se musí během své provozní fáze určitým způsobem udržovat. U funkčního dílu fasády se jedná o udržování vrstvy, která je v kontaktu se vzduchem, tedy tenkovrstvé omítky. Jak bylo psáno výše, je nutné zjistit, co a jak často je nutné provádět. Zde přichází dvojí možnost tvorby databáze R/M/R – na základě vlastního sledování nebo dle předpisu výrobce či vlastního uvážení (viz podkapitola 4.6).

Vlastní databáze určí rozsah a četnost údržby, kdy není možné zasahovat do samotných dat, jelikož jsou dána dlouhodobým sledováním. Další možností je simulace údržby na základě doporučení výrobce a vlastních zkušeností. Hlavní výhodou vlastní simulace je možnost ovlivnění vstupů z důvodu, že na každou stavbu mohou působit jiné vlivy. Jiná potřeba údržby je nutná ve městech s velkou prašností (a tedy s větší špinavostí fasády) a jiná je na venkově s menší možností špinavosti od okolního provozu. Uživatel systému má k dispozici doporučení výrobce, které může dle vlastních zkušeností upravovat. Dle technologického předpisu výrobce omítkových systémů je nutné:

- každých cca 3–5 let očistit fasádu tlakovou vodou,
- každých cca 10–15 let provést nátěr omítkových ploch fasádní nátěrovou hmotou.

Uživatel má možnost ovlivnit pouze četnost jednotlivých fází údržby. Náklady jednotlivých fází údržby jsou dány cenovou databází. Očištění tlakovou vodou je pro všechny typy omítek stejně nákladné, pouze typ nátěru je daný typem omítky. V cenové databázi [48] se rozlišují 4 typy nátěru pro tenkovrstvé omítky, jednotková cena je dána členitostí fasády, ta je odstupňována od 1 do 5. Členitost 3 až 5 se u dnešních staveb téměř nevyskytuje, jelikož jejich provádění je značně nákladné – římsy, rámování oken, pilastry, polosloupky apod. Pro členitost 1 a 2 je jednotková cena stejná, tedy není nutné výpočet nějak přizpůsobovat.

Systém nabízí uživateli možnost ovlivnit výpočet nákladů na údržbu tím, že uživatel může určit, kdy nemá být do výpočtu LCC zahrnuta údržba tenkovrstvé omítky z důvodu blížící se výměny ETICS.

4.7.4 Výpočet nákladů na opravy

Opravy funkčního dílu se mohou, ale i nemusí vyskytnout v průběhu jeho životnosti. Právě u této části výpočtu LCC jsou asi nejdůležitější vlastní databáze R/M/R, které se objevily, u již provozovaných srovnatelných budov. Ale i zde může uživatel nastavit předpokládaný rozsah možných oprav dle vlastních zkušeností. Jedinou možností, kdy by musel být funkční díl KZS s tenkovrstvou omítkou v průběhu životnosti opravován, je mechanické poškození například prokopnutím. Z pohledu cenové databáze je oprava zateplovacího systému dána typem KZS, tloušťkou KZS a rozsahem opravované části.

V takovém případě je v jednotkové ceně výměny počítáno s vyřiznutím stávajícího izolantu, s přestěrkováním a vložením sklovláknité tkaniny. Bohužel není v cenové soustavě možnost vybrání jiných typů zateplení, jako

je tomu u nově budovaných konstrukcí. Proto byly pro potřebu výpočtu LCC upraveny položky z cenové databáze tak, aby tomu bylo stejně jako při nově budovaném KZS, tedy montáž a materiál zvlášť.

V případě poškození KZS je nutné opravit i tenkovrstvou omítku, a to ve stejném rozsahu jako u KZS. Samotnou omítku lze však opravovat i samostatně např. při vydrolení, opotřebením vlivem čištění tlakovou vodou apod. Cenová databáze rozlišuje rozsah opravované plochy buď přímo zadáním opravované plochy, nebo procentem opravované plochy. Typy omítky jsou shodné s členěním nové budované omítky.

4.7.5 Výpočet nákladů na bourání na konci životnosti stavebního objektu

Každý stavební objekt má stejně jako jeho jednotlivé části svou životnost. Životnost celého stavebního objektu je dána životností jeho nosných částí – základů, stěn, stropů atd. Na konci jeho životnosti je nutné stavební objekt s jednotlivými funkčními díly zbourat. Náklady na bourání jsou vysvětleny v kapitole výpočtu nákladů na výměnu. Výpočet tohoto nákladu je podmíněn zadáním sledovacího období pro celou životnost stavby. Při zadání kratšího sledovacího období pro výpočet LCC, než je životnost celého stavebního objektu, nebude tento náklad započítán.

4.7.6 Návrh struktury databáze R/M/R

Z výše uvedeného procesu výpočtu LCC vyvstala potřeba podoby databáze R/M/R. Databázi R/M/R, resp. její strukturu pro funkční díl fasáda – kontaktní zateplovací systém s tenkovrstvou omítkou (ETICS), je nutné rozdělit zvlášť na kontaktní zateplovací systém a zvlášť na tenkovrstvou omítku. Důvodem rozdělení je, že není možné sledovat v rámci facility managementu celé souvrství fasády jako celek, jelikož se u tohoto funkčního dílu jedná o 143 kombinací a dostat v rámci facility managementu relevantní vzorek informací R/M/R je nereálné.

U kontaktního zateplovacího systému je nutné sledovat v systému facility managementu informace o životnostech jednotlivých typů KZS, rozsazích oprav na 10 m² plochy a četnosti těchto oprav. V případě, že není k dispozici databáze R/M/R ze systému facility managementu, musí projektant tyto informace zadat sám.

Jak bylo uvedeno výše, životnost tenkovrstvé omítky odpovídá životnosti KZS, což je ve výpočtu LCC zohledněno, a tedy není nutné, aby to bylo součástí databáze R/M/R. U tenkovrstvé omítky je stěžejní sledování, resp. určení, četnosti údržby – mytí fasády a obnovení nátěru, a četnosti oprav pro jednotlivé typy tenkovrstvé omítky (mimo opravy KZS, kdy se automaticky počítá s opravou omítky).

Jelikož v České republice není dostupná použitelná databáze R/M/R, pro ukázkou fungování systému je přistoupeno k ručnímu zadání na základě informací výrobce či dle předpokládaného vývoje životnosti a četnosti oprav jednotlivých typů KZS.

Stejně jako zadání parametrů DCF modelu je i databáze R/M/R modelována ve třech variantách.

- Varianta 1 – životnosti a rozsahy a četnosti údržby jsou vyplněny na základě výrobce KZS. [49] Rozsah a četnost oprav odpovídá údajům v publikaci [7] (u opravy KZS není v navrženém systému možnost opravy v rozsahu 20 %, to je nahrazeno nejvyšší možnou hodnotou rozsahu oprav – od 0,5 m² do 1,0 m² a zvýšenou četností – po 15 letech).
- Varianty 2 a 3 – databáze R/M/R je vyplněna na základě možného předpokládaného vývoje životnosti a oprav KZS. Oproti variantě 1 je upravena životnost u jednotlivých typů KZS vycházející z intervalů životnosti uvedených v publikaci [7]. Dále je upravena četnost oprav, která vychází z předpokládané odolnosti proti mechanickému poškození jednotlivých typů KZS.

4.7.7 Výpočet LCC a vybrání nejvýhodnější varianty

V předchozích podkapitolách byl popsán proces výpočtu, resp. definování nákladů vznikajících v průběhu životního cyklu stavebního objektu v závislosti na předaných informacích z BIM modelu a z databáze R/M/R. Důležitým vstupem do výpočtu je stanovení parametrů pro samotný výpočet dle DCF modelu z pohledu investora – sledované období a diskontní sazba. Jednotlivé náklady na opravy, výměny, údržbu a demolici daného FD jsou následně diskontovány tak, aby investor získal čistou současnou hodnotu investice pro sledované období.

Systém výpočtu LCC zároveň nalezne alternativy k zadanému souvrství ETICS. Alternativy ke KZS musejí splňovat podmínku stejné nebo lepší tepelné vodivosti tak, aby byl zachován klíčový parametr při návrhu KZS, a u tenkovrstvé omítky musejí alternativy splňovat stejnou nebo vyšší tloušťku tak, aby byl zachován estetický vzhled. Pro alternativy je proveden stejný výpočet LCC jako pro navrhované řešení. Následně

systém výpočtu LCC seřadí nejlepší varianty KZS a tenkovrstvé omítky, a to jak z hlediska pořizovacích nákladů, tak i diskontovaných LCC. Projektant má tedy možnost vybrat nejvhodnější řešení pro svůj návrh. Výsledky výpočtu pro všechny tři modelované varianty zadání parametrů a databáze R/M/R jsou ukázány na obr. 5. V prvním řádku je výchozí návrhová varianta a pod ní jsou seřazeny alternativy dle nejnižší hodnoty LCC.

	celkové LCC	tepelný odpor KZS [m ² ·K/W]	rozdíl oproti navrhovému řešení
Varianta 1			
deska EPS 70 fasádní tl. 120 + minerální zrnitá omítka tl. 2 mm	212 039 Kč	3,08	
deska EPS 70 fasádní tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	187 977 Kč	3,08	-12%
deska EPS grafitová fasádní tl. 100 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	190 854 Kč	3,13	-10%
deska EPS 100 fasádní tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	191 772 Kč	3,24	-10%
Varianta 2			
deska EPS 70 fasádní tl. 120 + minerální zrnitá omítka tl. 2 mm	224 640 Kč	3,08	
deska fasádní polystyrénová soklová tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	168 044 Kč	3,43	-25%
deska fasádní polystyrénová pro tepelné izolace spodní stavby tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	188 272 Kč	3,53	-16%
deska EPS grafitová fasádní tl. 100 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	191 305 Kč	3,13	-15%
Varianta 3			
deska EPS 70 fasádní tl. 120 + minerální zrnitá omítka tl. 2 mm	257 592 Kč	3,08	
deska EPS grafitová fasádní tl. 100 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	212 195 Kč	3,13	-18%
deska fasádní polystyrénová soklová tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	213 112 Kč	3,43	-17%
deska EPS 100 fasádní tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	213 388 Kč	3,24	-17%

Obr. 5: Výstup z výpočtu LCC pro jednotlivé varianty [45]

Jakmile projektant vybere nejvhodnější řešení, je možné převést do BIM modelu informace potřebné jak pro výstavbu – pořizovací cenu, dobu montáže, tak i informace pro budoucí provozní část životního cyklu stavebního objektu – četnosti a nákladnosti R/M/R a náklad na demolici. Samotná hodnota LCC je závislá na parametrech výpočtu (délka hodnotícího období a diskontní sazba) a slouží v podstatě jako hodnotící kritérium pro výběr nejvhodnějšího řešení. Příklad transportu vybraných parametrů do BIM modelu je ukázán na obr. 6.

BIM parametry	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Typ KZS:	deska EPS 70 fasádní	deska fasádní polystyrénová soklová	deska EPS grafitová fasádní
Tloušťka KZS [mm]:	120	120	100
Použití tepelněizolačních zátek [ano/ne]:	ano	ano	ano
Použití disperzní (organické) armovací hmoty stěrkování [ano/ne]:	ne	ne	ne
Typ tenkovrstvé omítky:	silikonsilikátová rýhovaná omítka	silikonsilikátová rýhovaná omítka	silikonsilikátová rýhovaná omítka
Tloušťka omítky [mm]:	2	2	2
Vlastnost KZS:	bez zvláštních vlastností	soklová oblast	bez zvláštních vlastností
Tepelný odpor:	3,08 m ² ·K/W	3,43 m ² ·K/W	3,13 m ² ·K/W
Pořizovací cena:	115 744 Kč	131 206 Kč	118 929 Kč
Doba montáže souvrství fasády:	160,83 Nh	160,9 Nh	160,81 Nh
Životnost funkčního dílu [roky]:	50	40	30
Náklad na výměnu FD:	126 176 Kč	142 364 Kč	129 180 Kč
Náklad na 1 opravu KZS:	11 977 Kč	13 517 Kč	12 264 Kč
Četnost opravy KZS [roky]:	20	15	10
Náklad na 1 opravu tenkovrstvé omítky:	1 606 Kč	1 603 Kč	1 603 Kč
Četnost opravy tenkovrstvé omítky [roky]:	20	20	20
Náklad na 1 mytí tenkovrstvé omítky:	5 590 Kč	5 590 Kč	5 590 Kč
Četnost mytí tenkovrstvé omítky [roky]:	5	5	5
Náklad na 1 provedení nátěru fasády:	33 409 Kč	32 168 Kč	32 168 Kč
Četnost provedení nátěru [roky]:	15	15	15
Náklad na demolici:	17 213 Kč	17 625 Kč	16 726 Kč

Obr. 6: Ukázka výstupu informací, které je možné převést do BIM modelu [45]

4.8 Vyhodnocení 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Na začátku kapitoly 4 byly stanoveny požadavky na metodiku:

- Projektantovi pomoci s hledáním možných řešení.

ANO – výstupem výpočtu jsou seřazena různá materiálová řešení, která jsou efektivnější než navrhované řešení – viz obr. 5.

- Investorovi dát možnost sledovat jak náklady na výstavbu, tak i celkové LCC.

ANO – výstupem výpočtu jsou automaticky vyhodnoceny jak celkové LCC, tak i náklady na výstavbu, jelikož jsou jednou ze složek výpočtu LCC.

- Předat správci budovy/facility manažerovi podklad pro plánování.

ANO – pro vybrané řešení lze vyexportovat veškerá vstupní data, která byla použita pro výpočet LCC (viz obr. 6), a tím pádem lze tato data použít pro plánování následného provozu.

- Zajistit aktuálnost databáze informací z provozní fáze životního cyklu stavby.

OBEČNĚ ANO – návrh zjišťování informací o životnostech, intervalech oprav a údržby a souvisejících nákladech byl jen teoreticky navrhnut v kapitole 4.4. Nicméně při ověření metodiky nebyla k dispozici dostatečná databáze, která by tento návrh podrobila proveditelnosti.

- Znat orientační LCC už v nižších stupních dokumentace.

NE – navržená metodika uvažuje s tím, že je již známo konkrétní navrhované řešení. V nižších stupních dokumentace však jsou známy jen základní parametry, které má daná konstrukce splňovat.

Z výše uvedeného vyplývá, že je nutné metodiku upravit tak, aby byla schopna definovat orientační LCC v případě, kdy ještě není možné určit přesné informace pro výběr nejvýhodnějšího řešení. 1. verze metodiky by byla použitelná například u jednostupňových projektů (méně náročných projektů, kde se zpracovává pouze DPS), kdy už od začátku návrhu jsou známy všechny informace.

4.9 Návrh 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

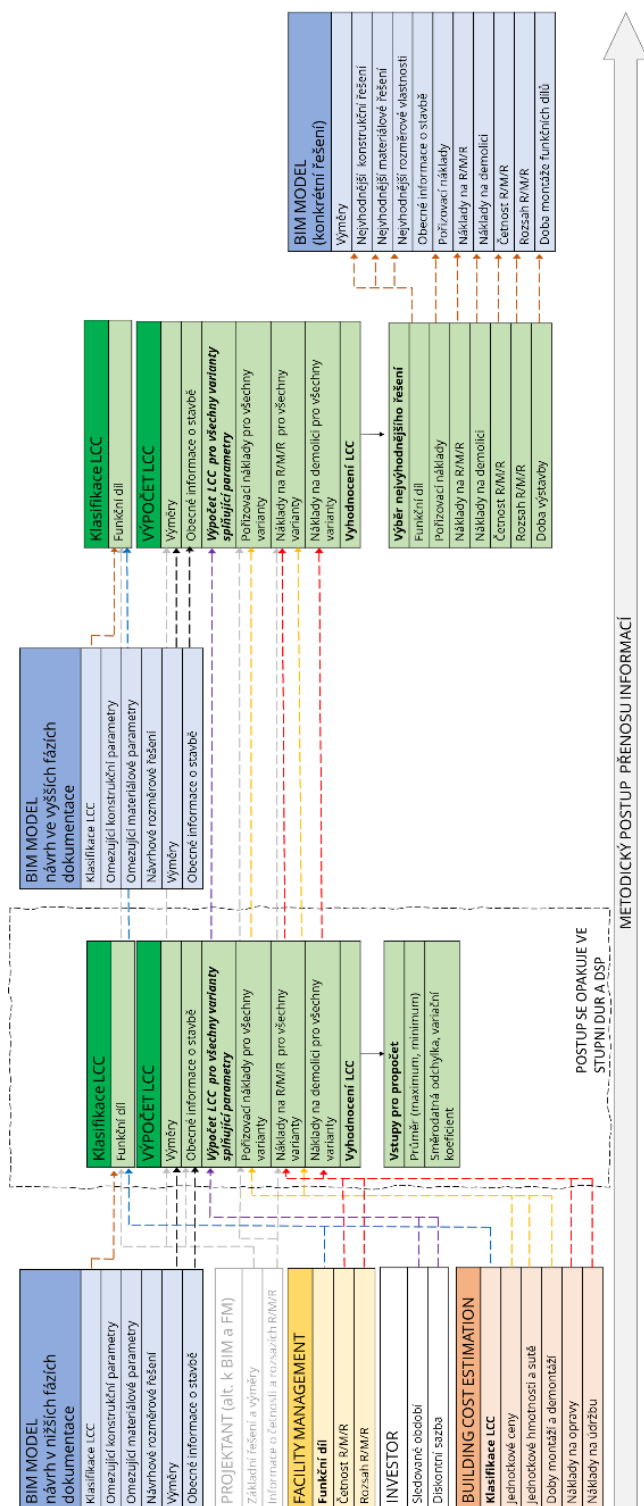
Jak bylo popsáno výše, 1. verze navržené metodiky nenaplnila požadavky na ni kladené. Dle autora je velmi důležitým aspektem sledování ceny stavby po celou dobu jejího návrhu, tj. od studie po prováděcí dokumentaci.

Druhá verze metodiky je v prvních krocích obdobná jako 1. verze. Konstrukce je nutné klasifikovat dle klasifikačního systému tak, aby je bylo možné spárovat. Vstupy od investora nutné pro výpočet LCC jsou rovněž stejné – investor musí zadat diskontní sazbu a sledované období, pro které chce provést výpočet LCC. Databázi R/M/R je možné zadat dvěma způsoby, a to z interní databáze již postavených a provozovaných staveb, nebo zadáním ručně dle zkušeností. Rozdíl je ve vstupech BIM modelu, resp. projektanta v případě nepoužití BIM.

Problematikou dokumentace v jejích nižších stupních je i nižší podrobnost projektu. Návrh obsahuje jen koncepční prvky, které jsou především nositeli tvaru. Nicméně zkušený architekt či projektant by měl znát minimální parametry dané konstrukce. Parametry mohou být materiálové, fyzikální, mechanické, rozměrové apod.

Každá konstrukce má několik variant řešení, jako tomu je například v podkapitole 4.7. V případě jakéhokoliv omezení parametru jsou některá řešení selektována. Konstrukce, které splňují požadavky, vytvářejí množinu možností, ze kterých lze statistickými metodami určit průměrnou cenu, variační koeficient či další statistické hodnoty (minimum, maximum atd.), čímž jsou dány vstupy do propočtu. Projektant tak může následně předat investorovi podklady, podle kterých lze například zjistit, jaký je možný rozsah budoucí ceny výstavbového projektu. Při velkém počtu kombinací jednotlivých konstrukcí lze použít metodu Monte Carlo [50], což je matematická metoda, která využívá náhodná čísla k hledání nejpravděpodobnějšího výsledku. Metoda Monte Carlo nebyla v práci použita, protože nebyly vypracovány všechny možné konstrukce, ze kterých se stavba skládá.

S postupným zpřesňováním dokumentace v dalších fázích návrhu se postupně zpřesňují i parametry. Množina možných řešení se zmenšuje a tím se zpřesňují vstupy do propočtu. V poslední fázi dokumentace (DPS) už je úkolem projektanta vybrat nejvhodnější řešení. Tato fáze už je srovnatelná s verzí 1, kdy jsou vybrané vstupy předány BIM modelu a následně do provozu budovy.



Obr. 7: 2. verze metodiky přenosu informací mezi jednotlivými systémy (vlastní zpracování)

4.10 Ověření 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Pro ukázkou navrhovaného metodického postupu jsou vybrány nenosné příčky.

Při návrhu staveb je klíčové rozdělit vnitřní prostor příčkami. Tyto příčky musí splňovat zvukovou izolaci a případně odolnost proti požáru, pokud oddělují požární úseky budovy. Tloušťka příček ovlivňuje velikost místností i cenu prostoru při prodeji či pronájmu. Hygiena hraje také roli, a proto se řídí požadavky na velikost místností a vzdálenost zařizovacích předmětů od stěn. V případech, kdy příčka odděluje vlhké prostory nebo je v blízkosti místností jako WC či koupelny, je třeba zohlednit i odolnost proti vlhkosti. V rámci navrhovaného modelu jsou zohledněny následující parametry:

- Typ příčky a související pořizovací náklady.
- Typ omítky a související pořizovací náklady (v případě zděných příček).
- Náklady na opravy a údržbu.
- Náklady na likvidaci.
- Vážená laboratorní neprůzvučnost.
- Požární odolnost.
- Vhodnost použití ve vlhkém prostředí.
- Tloušťka příčky.

Model bude zaměřen na běžně užívané typy nenosných příček: zděné a montované. Zděné příčky, často těžké, zahrnují cihly, tvárnice nebo bloky spojené maltou nebo lepidlem. Tyto příčky jsou obvykle celoplošně omítnuté, kromě dekorativních povrchů. Omítání zajišťuje neprůzvučnost a požární odolnost podle deklarací.[51]

Pro potřeby tvorby modelu se vychází z cenové databáze ÚRS [48], která obsahuje většinu v českém prostředí používaných zděných příček. Databáze obsahuje 63 možností zděných příček rozdělených do 8 kategorií. Jak bylo výše uvedeno, pro zajištění vlastností příček je nutné stěnu omítnout. Cenová databáze ÚRS obsahuje 4 základní typy vnitřních omítek a 3 typy speciálních omítek. Jako speciální omítky jsou uvažovány takové, které mají specifickou oblast použití a nejsou standardně používány. V modelu je uvažováno pouze s jednou vrstvou omítky bez konečného štukování či malování. Při omítání zdiva je nutné plochu zdiva připravit tak, aby se omítka dostatečně propojila se zdivem.

V případě montovaných příček se tyto zařazují do kategorie lehké. Jedná se o kombinaci roštu a tenkého deskovitého materiálu. Do roštu, který tvoří dutinu, se může umístit tepelná izolace, která zlepšuje vlastnosti příčky, případně je to vhodné místo pro vedení instalací. Desky mají různé tloušťky a vlastnosti. Pro zlepšení vlastností se záklop deskami může zdvojit či ztrojit. Před nanesením finální vrstvy je nutné nanést na montovanou stěnu základní penetraci.

Pro ukázkou fungování modelu byla zvolena příčka, která odděluje bytové prostory a chodbu a která je vedena jako chráněná úniková cesta (CHÚC). Podle normy ČSN 73 0532:2020 příčka musí splňovat následující parametry: minimální zvukovou neprůzvučnost 42 dB a minimální požární odolnost kvůli CHÚC v úrovni EI 45. [52]

V rámci případové studie bude prezentováno, jak lze model využít v různých stupních projektové dokumentace:

- **STS** – nezáleží na typu příčky, typu omítky a ani tloušťce.
- **DÚR** – nezáleží na typu příčky, bude použito pouze standardní omítky a kvůli úspoře místa je maximální tloušťka příčky 150 mm.
- **DSP** – příčka zděná, bude použito pouze standardní omítky a kvůli úspoře místa je maximální tloušťka příčky 150 mm.
- **DPS** – výběr konkrétní příčky na základě nejnižších diskontovaných LCC.

Pro výpočet je dále nutné zadat obecné parametry budovy, kde je nutné uvést výšku budovy (kvůli výpočtu přesunu hmot a sutě), vzdálenost skládky od stavby a předpokládanou životnost celé stavby, která je v tomto modelovém případě uvažována v délce 100 let. [21]

Dle výpočtu LCC je nutné zadat i diskontní sazbu a délku sledovaného období, po které chce investor vyhodnocovat LCC. V souladu s obecným přístupem [47] [23] byla diskontní sazba stanovena ve výši 5 % a sledované období v délce 100 let. Zadání jednotlivých parametrů a vlastností do výpočtového modelu je:

- Výška budovy: 6 m
- Vzdálenost skládky: 10 km
- Životnost stavby: 100 let

4.10.1 Výpočet pořizovacích nákladů

Výpočet pořizovacích nákladů na \. U výběru montovaných příček se vycházelo z cenové databáze, takže každé možnosti příčky přísluší jedna položka. Možností montovaných příček může být ve skutečnosti mnohem více, než je uvedeno v cenové databázi, jelikož je možné kombinovat různé typy desek či použití roštů (šířky profilů a osovou vzdálenost). V této ukázce však tato možnost není uvažována.

Každá položka obsahuje informaci nejen o jednotkové pořizovací ceně, ale také informaci o hmotnosti, což je důležité pro výpočet přesunu hmot, a o časové náročnosti práce v normohodinách, což je nutná hodnota pro výpočet doby montáže.

4.10.2 Výpočet nákladů na výměnu

Konstrukční výměna nastává na konci životnosti funkčního dílu. Náklady na výměnu zahrnují bourací a pořizovací náklady. Navrhovaný systém předpokládá, že omítka i zděné příčky mají stejnou životnost. Data o životnosti nenosných příček jsou získávána z databáze R/M/R, buď z facility managementu nebo od projektanta. Bourací náklady se odvíjí od tloušťky a materiálu zděných příček. Každé příčce je přiřazen cenový prvek z databáze. U montovaných příček se zohledňuje materiál (sádrokarton nebo sádrovláknitá deska) a počet opláštěných desek. Přenos sutě a nakládání s odpadem jsou klíčovými faktory nákladů. Váha sutě určuje výdaje spojené s přesunem – svislým (v závislosti na výšce budovy) a vodorovným (odvoz na skládku). Vzdálenost skládky a třídění odpadu ovlivňují cenu za skládkování.

4.10.3 Výpočet nákladů na údržbu

U nenosných příček není uvažována nutná údržba, a to z důvodu, že na příčky se aplikuje finální vrstva, která je součástí jiného funkčního dílu – povrchové úpravy vnitřních prostor. Je to dáno tím, že příčky oddělují různé místnosti a každá místnost může mít jinou povrchovou úpravu, proto je nutné i v rámci tvorby BIM modelu uvažovat s oddělením těchto dvou konstrukcí.

4.10.4 Výpočet nákladů na opravy

Opravy funkčního dílu se mohou, ale i nemusí vyskytnout v průběhu jeho životnosti. Právě u této části výpočtu LCC je asi nejdůležitější vlastní databáze R/M/R, takové databáze se objevily, u již provozovaných srovnatelných budov. Ale i zde může uživatel nastavit předpokládaný rozsah možných oprav dle vlastních zkušeností. U zděných příček se může předpokládat vyspravení omítky například po mechanickém poškození. Cenová databáze rozlišuje několik možností oprav různých typů omítek, a to jak zadáním plochy opravy, tak i procentuálním rozsahem.

Stejně tak se může mechanicky poškodit montovaná příčka. U montovaných příček cenová databáze rozlišuje opravy dané plochou opravy a dané typem desky.

4.10.5 Výpočet nákladů na bourání na konci životnosti stavebního objektu

Každý stavební objekt má stejně jako jeho jednotlivé části svou životnost. Životnost celého stavebního objektu je dána životností jeho nosných částí – základů, stěn, stropů atd. Na konci jeho životnosti je nutné stavební objekt s jednotlivými funkčními díly zbourat. Náklady na bourání jsou vysvětleny v kapitole výpočtu nákladů na výměnu. Výpočet tohoto nákladu je podmíněn zadáním sledovacího období pro celou životnost stavby. Při zadání kratšího sledovacího období pro výpočet LCC, než je životnost celého stavebního objektu, nebude tento náklad započítán.

4.10.6 Návrh struktury databáze R/M/R

Jelikož v České republice není dostupná použitelná databáze R/M/R, pro ukázkou fungování systému je přistoupeno k ručnímu zadání na základě informací výrobce či dle předpokládaného vývoje životnosti a četnosti oprav jednotlivých typů dle literatury [7]:

- Rozsah všech typů opravy omítek: do 50%
- Četnost oprav: 30 let

4.10.7 Výpočet LCC a vybrání nejvýhodnější varianty

Z výše uvedených informací o typech příček lze v rámci výpočtu LCC vytvořit databázi konkrétních možností příček, a to jak zděných v kombinaci s omítkou, tak i montovaných. V tab. 4 je ukázán rozsah možných zadání nenosné příčky pro jednotlivé parametry:

Tab. 4: Rozsah zadání jednotlivých parametrů pro nenosné příčky (vlastní zpracování)

Stavební zvuková neprůzvučnost R_w [dB]:	35–74 – korekce
Požární odolnost:	EI 15 – EI 180 nebo neuvedeno
Vhodné do vlhka:	ANO / NE
Tloušťka příčky [mm]:	70–290

Kromě těchto informací je z cenové databáze možno doplnit údaje o:

- jednotkové pořizovací ceně,
- jednotkové hmotnosti v t – pro určení hmotnosti přepravovaného materiálu a hmotnosti sutě,

- jednotkové pracnosti v Nh – pro určení časové náročnosti a vytvoření harmonogramu.

Celkem lze vytvořit 828 variant provedení zděných a montovaných příček.

Na základě zadaných vstupních informací (viz podkapitola 4.10) model posuzoval 373 možných řešení pro úroveň STS, 155 možností řešení pro fázi DÚR a 80 možností pro fázi DSP. Pro úroveň DPS je dle zadání vybráno řešení s nejnižšími diskontovanými LCC.

Tab. 5 uvádí konkrétní výsledky modelace LCC, a to jak diskontované, tak i nediskontované hodnoty. Data názorně ukazují rozdílné hodnoty dosažených výsledků v závislosti na podrobnosti zadání informací v různých úrovních projektové dokumentace.

Tab. 5: Výsledky LCC pro jednotlivé úrovně dokumentace – STS, DÚR, DSP (vlastní zpracování)

	LCC diskontované (Kč/m ²)			LCC nediskontované (Kč/m ²)		
	STS	DÚR	DSP	STS	DÚR	DSP
Průměr	1 857,4	1 545,3	1 501,6	3 549,3	2 852,0	3 842,1
Maximum	4 265,0	2 694,2	1 774,0	8 919,4	4 445,3	4 445,3
Minimum	939,5	939,5	1 177,0	1 150,8	1 150,8	3 289,0
Směrodatná odchylka	590,3	300,7	137,1	1 619,4	1 039,4	341,8
Variační koeficient	32 %	19 %	9 %	46 %	36 %	9 %

Ve fázi DPS se dle zadání mělo vybrat nejvhodnější řešení s nejnižšími diskontovanými LCC – výsledek je prezentován v tab. 6.

Tab. 6: Vybraná příčka pro DPS (vlastní zpracování)

Popis:	Příčky nebo přízdívky jednoduché z příčekovek betonových na cementovou maltu, tl. 120 mm
Typ příčky:	zděná
Typ materiálu:	příčka z cihel
Typ omítky:	vápenocementová omítka
Typ podkladu:	penetrace akrylát-silikonová
MJ:	m ²
LCC:	3 289,0 Kč/m ² nediskontované, 1 177 Kč/m ² diskontované
Požizovací náklady:	995,6 Kč/m ²
Náklady na 1 opravu: *dle zadaných dat	594,4 Kč/m ² nediskontované
Náklady na bourání:	507,6 Kč/m ² nediskontované
Celková hmotnost:	0,147 t
Celkové normohodiny:	1,7 Nh
Vážená laboratorní neprůzvučnost Rw:	44 dB
Požární odolnost:	EI 90
Vhodnost do vlhka:	ANO
Tloušťka příčky:	140 mm

Příklad konstrukce nenosných příček ukazuje možnosti využití modelu pro kalkulaci LCC. Projektant do modelu zadává jednotlivé požadavky na základě známých informací o příčce v různých úrovních projektové dokumentace. Čím přesnější informace jsou zadané, tím se zužuje počet vybraných konstrukcí, které splňují požadavky, a proto bude přesnější hodnota LCC s nižším cenovým rozsahem. Naopak čím méně informací je k dispozici, tím bude rozsah vybraných možností širší, a model bude nabízet větší cenový rozsah.

V rámci disertační práce byl řešen příklad možností nenosné příčky mezi bytovým prostorem a chodbu, která je vedena jako chráněná úniková cesta. Toto zadání dle normy definuje minimální požadavky na laboratorní zvukovou neprůzvučnost (42 dB) a minimální požární odolnost (EI 45). Model simuloval jednotlivé stupně dokumentace od studie po dokumentaci pro provedení stavby. S podrobnější dokumentací se zpřesňovaly požadavky od obecných po konkrétní výběr řešení příčky.

Do výpočtu LCC vstupují náklady z provozní fáze stavby (R/M/R). U nenosných příček byla databáze R/M/R převzata z literatury [7] a je uvažováno se stejnou životností a rozsahem oprav u zděných i montovaných příček. Samozřejmě investor, resp. facility manažer, může mít s konkrétními příčkami rozdílné zkušenosti, a tedy si může databázi R/M/R nastavit dle svých poznatků nebo dat ze své interní databáze. Jednotlivé parametry navrženého modelu lze tedy upravovat tak, aby výstupy co nejvíce korespondovaly s okolnostmi a podmínkami, ve kterých se zkoumaný objekt nachází.

4.11 Vyhodnocení 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Na začátku kapitoly 4 byly stanoveny požadavky na metodiku:

- Projektantovi pomoci s hledáním možných řešení.
ANO – výstupem výpočtu jsou různá materiálová řešení, která jsou efektivnější než navrhované řešení.
- Investorovi dát možnost sledovat jak náklady na výstavbu, tak i celkové LCC.
ANO – výstupem výpočtu jsou automaticky vyhodnoceny jak celkové LCC, tak i náklady na výstavbu, jelikož jsou jednou ze složek výpočtu LCC. Navíc je možné v průběhu návrhu postupně sledovat vyvíjející se náklady, a tedy investor má možnost lépe plánovat finance pro realizaci a případně zasahovat do návrhu.
- Předat správci budovy/facility manažerovi podklad pro plánování.
ANO – pro vybrané řešení lze vyexportovat veškerá vstupní data, která byla použita pro výpočet LCC (viz tab. 6) a tímto způsobem lze tato data použít pro plánování následného provozu.
- Zajistit aktuálnost databáze informací z provozní fáze životního cyklu stavby.
OBECNĚ ANO – návrh zjišťování informací o životnostech, intervalech oprav a údržby a souvisejících nákladech byl jen teoreticky navrhnut v kapitole 4.4. Nicméně při ověření metodiky nebyla k dispozici dostatečná databáze, která by tento návrh podrobila proveditelnosti.
- Znat orientační LCC už v nižších stupních dokumentace.
ANO – 2. verze metodiky pracuje s postupným zpřesňováním informací v průběhu návrhu. I když jsou v nižších stupních dokumentace jen základní požadavky, lze statistickými metodami dospět k orientačním výsledkům LCC, a jelikož se pracuje se všemi možnými variantami splňujícími základní požadavky, lze stanovit nejhorší a nejlepší scénář.
U 2. verze metodiky se již podařilo splnit požadavky na ni kladené.

ZÁVĚR

V úvodu práce je zdůrazněna důležitost ceny při výstavbě a provozu projektů. Investor, který stavbu provozuje, by měl zohlednit nákladovou efektivitu stavby po celý její životní cyklus. V literární rešerši byly definovány pojmy spojené s životním cyklem stavby, náklady a modely kalkulace nákladů. Také se zmiňuje o problémech včetně nedostatečné účasti správců budov, chybějící databáze pro výpočet nákladů a konstantního používání stejných systémů při projektování.

Cílem disertační práce bylo vytvořit metodiku pro efektivní náklady životního cyklu stavby. Metodika měla využívat technicko-ekonomické informace pro přesný ukazatel LCC a být použitelná i ve nižších fázích dokumentace. Cíle zahrnovaly pomoc projektantům, umožnění investorům sledovat náklady a LCC, poskytnutí podkladů správcům budov, udržování aktuální databáze informací a získání orientačního LCC již na začátku dokumentace.

Výzkum se zaměřil na nalezení efektivní metodiky pro výpočet nákladů životního cyklu stavby. Propojení systémů využívajících technicko-ekonomické informace bylo zvažováno a zdůrazněna potřeba jednotné klasifikace. Autor navrhl klasifikaci LCC. Metodika byla omezena na konstrukce stavby a nezahrnovala spotřebu energie a vody.

Byly formulovány a ověřeny dvě verze metodiky pro výpočet LCC. První verze neposkytovala orientační cenu LCC v nižších fázích dokumentace. Ve druhé verzi byl přidán krok pro odstranění tohoto nedostatku. Metodika byla aplikována na konstrukci nenosných příček s různými výstupy pro vyhodnocení. Řešená výzkumná otázka byla položena jedna a autorovi se podařilo v rámci této práce nalézt odpovědi:

VO1: Je možné ukazatel hodnocení investice nákladů životního cyklu stavby – LCC efektivně využít při návrhu stavebního objektu?

Odpověď:

Ano. Metodika pomáhá při návrhu stavby tak, že na základě vstupních parametrů a technicko-ekonomických informací z facility managementu a oceňování staveb dokáže pro jednotlivé navržené konstrukce vybrat možnosti, které splňují zadané parametry, a vypočítat LCC. Architekt, projektant, ale i investor mají k dispozici všechny možnosti a podklady pro efektivní rozhodování ve všech fázích dokumentace.

Přínos pro teorii

Disertační práce přináší metodu a nové poznatky, které mohou být využity v dalších výzkumech a aplikacích v oblasti managementu stavebnictví. Samotná navržená metodika může být nadále rozvíjena a zdokonalována, a to na základě postupného zavádění do stavebního procesu.

Přínos pro praxi

Metodika je navržena pro potřeby v běžné praxi tak, aby zefektivnila práci projektanta či architekta a investor měl podklady pro efektivní rozhodování v průběhu návrhu stavby a následně vstupu pro provoz stavby.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŠPALEK, Robert. Nejnižší cena jako základní parametr výběrového řízení je špatně. *Konstrukce: Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství* [online]. Ostrava, 1. 2. 2023 [cit. 2023-08-01]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <https://konstrukce.cz/lide/nejnizsi-cena-jako-zakladni-parametr-vyberoveho-rizeni-je-spatne-1171>
- [2] MUSTAFA, S. Sadliwala a Nivedita G. GOGATE. Life Cycle Costing Methodology for Sustainable Construction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2022, **1084**, 012023 [cit. 2023-08-01]. ISSN 1755-1315. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1084/1/012023>
- [3] ROSENAUL, Milton D. *Řízení projektů: příprava a plánování, zahájení, výběr lidí a jejich řízení, kontrola a změny, vyhodnocení a ukončení*. 2. vyd. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-722-6218-1.
- [4] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb.
- [5] AIGEL, Petr, Jana NOVÁKOVÁ a Miloš WALDHANS (editoři). *Cena a životní cyklus stavebního díla: sborník příspěvků ze semináře s mezinárodní účastí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006. ISBN 80-214-3189-X.
- [6] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).
- [7] MARKOVÁ, Leonora. *Náklady životního cyklu stavby: náklady investora, celospolečenské dopady*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-762-8.
- [8] ŠPIČKOVÁ, Markéta a Renáta MYŠKOVÁ. Costs Efficiency Evaluation using Life Cycle Costing as Strategic Method. *Procedia Economics and Finance* [online]. 2015, **34**, 337–343 [cit. 2023-08-02]. ISSN 2212-5671 Dostupné: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221256711501638X>.
- [9] ODUYEMI, Olufolahan, Michael Iheoma OKOROH, Oluwaseun Samuel FAJANA a Oluwumi AROWOSAFE. The need for economic performance measures for life cycle costing of sustainable commercial office buildings. *Journal of Facilities Management* [online]. 2018, **16**(1), 54–64 [cit. 2023-08-02]. ISSN 1472-5967. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/JFM-08-2017-0035>.
- [10] KUDA, František a Eva WERNEROVÁ. *Facility management v technické správě a údržbě budov*. Praha: Professional Publishing, 2012. ISBN 978-80-7431-114-7.
- [11] HAMIDUL, Islam, Margaret JOLLANDS a Sujeeva SETUNGE. Life cycle assessment and life cycle cost implication of residential buildings – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2015, **42**, 129–140 [cit. 2023-08-02]. ISSN 1364-0321. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.006>
- [12] BOGENSTÄTTER, Ulrich. Prediction and optimization of life-cycle costs in early design. *Building Research & Information* [online]. 2010, **28**(5–6), 376–386 [cit. 2023-08-04]. ISSN 0961-3218. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/096132100418528>
- [13] CAMEB. *Metodika hodnocení celoživotních nákladů staveb a popis aplikačního software řešení* [online]. Centrum pokročilých materiálů a efektivních budov, 2013 [cit. 2023-08-04]. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/5d7770269a48ef7ecdbbc91f/t/610aa04e3abf57190815455e/1628086356685/LCC++metodika.pdf>
- [14] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. Life Cycle Cost optimization within decision making on alternative design of public buildings. *Procedia Engineering* [online]. 2014, **85**, 454–463 [cit. 2023-08-05]. ISSN 1877-7058. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.572>
- [15] ČSN ISO 15686-5. *Budovy a jiné stavby – Plánování životnosti – Část 5: Posuzování nákladů životního cyklu*. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- [16] Zákon č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek.
- [17] *Zákon o zadávání veřejných zakázek: úplné znění podle stavu k 1. 10. 2016*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2016. ISBN 978-80-87438-80-0.
- [18] PROSTĚJOVSKÁ, Zita. *Management výstavbových projektů*. Praha: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04142-0.

- [19] TILLMANN, Jiří. *Příprava, provádění a užívání staveb (1. díl)*. Praha: Prospektrum, 1997. ISBN 80-717-5050-6.
- [20] ELLINGEROVÁ, Helena. Planning and Management of Construction Budgetary Costs. *Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal* [online]. 2011, **3**(2), 296–301 [cit. 2023-08-07]. ISSN 1847-5450. Dostupné z: <https://hrcak.srce.hr/clanak/111295>
- [21] KUPILÍK, Václav. *Závady a životnost staveb*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-581-5.
- [22] BMVBS. *Leitfaden Nachhaltiges Bauen: Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden* [online]. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2019 [cit. 2023-08-08]. Dostupné z: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/bauen/leitfaden-nachhaltiges-bauen.pdf;jsessionid=BF05D1D53FCC9268E8CFFDD41E439D7D.2_cid350?__blob=publicationFile&v=5
- [23] KORYTÁROVÁ, Jana a Petra PAPEŽÍKOVÁ. Assessment of Large-Scale Projects Based on CBA. *Procedia Computer Science* [online]. 2015, **64**, 736–743 [cit. 2023-08-08]. ISSN 1877-0509. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.602>
- [24] LENNARTZ, Katharina Marie, Reinhard WIMMER a Christoph Alban VAN TREECK. Mathematik mit Unschärfen: Vergleichende Gegenüberstellung von Verfahren zur Berechnung von Lebenszykluskosten von Büroimmobilien. *Der Facility-Manager: Gebäude und Anlagen besser planen, bauen, bewirtschaften* [online]. 2013, **20**(9), 8–11 [cit. 2023-08-09]. ISSN 0947-0026. Dostupné z: <https://www.e3d.rwth-aachen.de/cms/E3D/Forschung/Publikationen/~iync/Details/?file=236231>
- [25] KOVACIC, Iva a Veronika ZOLLER. Building life cycle optimization tools for early design phases. *Energy* [online]. 2015, **92**(3), 409–419 [cit. 2023-08-09]. ISSN 0360-5442. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.027>
- [26] SCHNEIDEROVA HERALOVA, Renata. Life cycle costing as an important contribution to feasibility study in construction projects. *Procedia Engineering* [online]. 2017, **196**, 565–570 [cit. 2023-08-09]. ISSN 1877-7058. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.031>
- [27] KNEIFEL, Joshua. Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings. *Energy and Buildings* [online]. 2010, **42**(3), 333–340 [cit. 2023-08-09]. ISSN 0378-7788. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.09.011>
- [28] JAROŠ, Petr. *Recyklace EPS z kontaktního zatepovacího systému* [online]. ASB portál, 22. 9. 2009 [cit. 2023-08-09]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zatepleni/recyklace-eps-z-kontaktneho-zatepovacího-systemu>
- [29] NS 3454:2013. *Livssyklusostnader for byggverk – Prinsipper og klassifikasjon (Life cycle costs for construction works – Principles and classification)*. Lysaker: Standard Norge, 2013.
- [30] ÚZSVM. *Centrální registr administrativních budov* [online]. Úřad pro zastupování státu ve věcech majetkových, 2020 [cit. 2023-08-10]. Dostupné z: <https://www.uzsvm.cz/crab>
- [31] MPO. *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, září 2017 [cit. 2023-08-11]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>
- [32] ČERNÝ, Martin. *BIM příručka*. Praha: Odborná rada pro BIM, 2013. ISBN 978-80-260-5296-8.
- [33] ARAYICI, Yusuf a Aouad GHASSAN. Building information modelling (BIM) for Construction Lifecycle Management. In DOYLE, Sofie G. (ed.). *Construction and Building: Design, Materials, and Techniques (Construction Materials and Engineering)*. London: Nova Science Publishers, 2010. ISBN 978-1-617612-11-4.
- [34] SMITH, Dana a Michael TARDIF. *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. Hoboken: Wiley, 2012. ISBN 978-1-118-39923-1.

- [35] Cenová soustava ÚRS. *Jak jsou rozděleny katalogy ÚRS?* [online]. 1. 7. 2020 [cit. 2023-08-11]. Dostupné z: <https://www.cs-urs.cz/jak-jsou-rozdeleny-katalogy-urs-2/>
- [36] Cenová soustava ÚRS. *Třídník stavebních konstrukcí a prací (TSKP)* [online]. [cit. 2023-08-11]. Dostupné z: <https://www.cs-urs.cz/tridniky-a-ciselniky/tskp/>
- [37] KREJČÍ, Luboš. *Rozpočtování staveb (TP 3.1)* [online]. Profesní informační systém ČKAIT, 2018 [cit. 2023-08-11]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-3-1/#3-3>
- [38] MACEK, Daniel a Jiří DOBIAŠ. Buildings Renovation and Maintenance in the Public Sector. *Procedia Engineering* [online]. 2014, **85**, 368–376 [cit. 2023-08-11]. ISSN 1877-7058. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.562>
- [39] MCARTHUR, Jennifer. A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability. *Procedia Engineering* [online]. 2015, **118**, 1104–1111 [cit. 2023-08-12]. ISSN 1877-7058. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.450>
- [40] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Udržitelné pořizování staveb: ekonomické aspekty*. Praha: Wolters Kluwer, 2011. ISBN 978-80-7357-642-4.
- [41] MIKŠ, Lubomír. *Optimalizace technickoekonomických charakteristik životního cyklu stavebního díla*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-599-0.
- [42] ČSN EN ISO 16739-1. *Datový formát Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a ve facility managementu – Část 1: Datové schéma*. Praha: Český normalizační institut, 2020.
- [43] BIOLEK, Vojtěch, Tomáš HANÁK a Michal HANÁK. Proposed Interconnecting Database for BIM Models and Construction-Economic Systems in The Czech Republic. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2019, **471**, 112079 [cit. 2023-08-12]. ISSN 1757-8981. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/11/112079>
- [44] BIOLEK, Vojtěch, Tomáš HANÁK a Ivan MAROVIĆ. Data Flow in Relation to Life-Cycle Costing of Construction Projects in the Czech Republic. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2017, **245**, 072032 [cit. 2023-08-12]. ISSN 1757-8981. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/7/072032>
- [45] BIOLEK, Vojtěch a Tomáš HANÁK. LCC Estimation Model: A Construction Material Perspective. *Buildings* [online]. 2019, **9**(8), 182 [cit. 2023-08-13]. ISSN 2075-5309. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/buildings9080182>
- [46] ÚRS. *KROS 4 – profesionální rozpočtování staveb* [online]. Praha [cit. 2023-08-13]. Dostupné z: <https://www.urs.cz/software-a-data/kros-4-ocenovani-a-rizeni-stavebni-vyroby>
- [47] LAZZARIN, Renato M., Filippo BUSATO a Francesco CASTELLOTTI. Life cycle assessment and life cycle cost of buildings' insulation materials in Italy. *International Journal of Low-Carbon Technologies* [online]. 2008, **3**(1), 44–58 [cit. 2023-08-14]. ISSN 1748-1325. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ijlct/3.1.44>
- [48] ÚRS. *Katalog stavebních konstrukcí a prací ÚRS*.
- [49] SAINT-GOBAIN, ISOVER. *Katalog výrobků Isover*. 2019.
- [50] DŘÍMAL, Jiří, David TRUNEC a Antonín BRABLEC. *Úvod do metody Monte Carlo*. Brno: Masarykova univerzita, 2006.
- [51] ESTAV.cz. *Příčky zděné (těžké)* [online]. [cit. 2023-08-14]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/808.pricky-zdene-tezke>
- [52] ČSN 730532. *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2020.

CURRICULUM VITAE

Ing. Vojtěch Biolek

Bytová adresa:

Podlesí 553/22, 624 00 Brno-Komín

Kontakty:

e-mail: vbiolek@seznam.cz

Rok narození: 1991
Státní příslušnost: česká
Rodinný stav: ženatý

Vzdělání:

Základní:

Základní škola Raškovice 1997 – 2006,

Středoškolské:

Střední průmyslová škola Frýdek-Místek, Technické lyceum 2006 – 2010,

Vysokoškolské:

Fakulta stavební VUT, Ústav stavební ekonomie a řízení, Bc. + Ing. 2010 – 2016,

Fakulta stavební VUT, Ústav stavební ekonomie a řízení, PhD. 2016 – současnost,

Jazykové znalosti:

Anglický jazyk – středně pokročilý,
Český jazyk – rodilý mluvčí.

Počítačové znalosti:

Microsoft Office – pokročilý,
AutoCAD – středně pokročilý,
KROS – pokročilý,
Autodesk Revit – středně pokročilý.

Pracovní zkušenosti:

2015, rozpočtář-přípravář, DEUFOL a.s.

2015-2018, asistent manažerky pro zahraniční projekty, ÚRS Praha s.r.o.

2016-současnost, OSVČ v oboru stavební ekonomika

2019-2021, asistent, Ústav stavební ekonomiky a řízení, Fakulta stavební VUT v Brně.

2021-současnost, stavební ekonom, Ateliér Velehradský s.r.o.

ABSTRACT

This dissertation focuses on the issue of the effective use of information on construction life cycle costing (LCC) when designing buildings. Information is key data about the environment, conditions and processes, but nowadays it is increasingly important to use it effectively, especially in the construction industry.

In the current state of construction practice, the close connection between architects/designers and construction economists in the phase of construction designing is underutilized. For investors, such as developers or public entities, it is crucial to ensure the efficient use of funds and the consideration of construction life cycle costing. The life cycle costing of construction (LCC) indicator seems to be ideal for investment evaluation, as it includes the costs associated with the entire construction life cycle from procurement to disposal.

However, the LCC indicator is still underutilized or is used inappropriately with imprecise inputs. For its effective use, accurate technical and economic information is needed, which in current practice is often missing or inaccurate. The resulting LCC indicators are thus only informative and provide limited information on the future costs of the construction.

The aim of this thesis is to propose a methodology for the effective use of the LCC indicator in the design of buildings. The methodology will be focused on obtaining accurate technical-economic information, such as repair and maintenance costs, construction life and acquisition costs. In this way, it will be possible to create high-quality constructions with optimal life cycle costing. The effective use of the LCC indicator will contribute to better decision-making by investors and support a sustainable approach in the construction industry.