



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

DISERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Vojtěch BIOLEK

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

doc. Ing. Tomáš HANÁK, Ph.D.

BRNO 2023

ABSTRAKT

Tato disertační práce se zaměřuje na problematiku efektivního využití informací o nákladech životního cyklu stavby (LCC) při návrhu staveb. Informace jsou klíčovými údaji o prostředí, stavech a procesech a v dnešní době je stále důležitější je efektivně využívat, a to zejména v oblasti stavebnictví.

V současném stavu stavební praxe je nedostatečně využíváno úzké propojení mezi architekty/projektanty a stavebními ekonomy ve fázi návrhu stavby. Pro investory, jako jsou developeri nebo veřejné subjekty, je klíčové zajistit efektivní vynaložení finančních prostředků a zohlednění nákladů životního cyklu stavby. Ukazatel nákladů životního cyklu stavby (LCC) se zdá být ideálním pro hodnocení investic, neboť zahrnuje náklady spojené s celým životním cyklem stavby od pořízení až po likvidaci.

Nicméně ukazatel LCC je zatím málo využíván nebo je používán nevhodně s nepřesnými vstupy. K jeho efektivnímu využití je zapotřebí přesných technicko-ekonomických informací, které v současné praxi často chybějí nebo jsou nepřesné. Výsledné ukazatele LCC tak mají pouze informativní charakter a poskytují omezené informace o budoucích nákladech stavby.

Cílem této disertační práce je navrhnout metodiku pro efektivní využití ukazatele LCC při návrhu staveb. Metodika bude zaměřena na získávání přesných technicko-ekonomických informací, jako jsou náklady na opravy a údržbu, životnost konstrukce a pořizovací náklady. Tímto způsobem bude možné vytvářet kvalitní stavby s optimálními náklady životního cyklu. Efektivní využití ukazatele LCC bude přispívat k lepšímu rozhodování investorů a podpoří udržitelný přístup ve stavebnictví.

Klíčová slova

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

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.

Keywords

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

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BIOLEK, Vojtěch. *Modelování technicko-ekonomických informací v průběhu životního cyklu stavby*. Brno, 2023. 97 s. + 6 s. příloh. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Školitel doc. Ing. Tomáš Hanák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané disertační práce s názvem *Modelování technicko-ekonomických informací v průběhu životního cyklu stavby* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 8. 2023

.....

Ing. Vojtěch Biolek

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem disertační práci s názvem *Modelování technicko-ekonomických informací v průběhu životního cyklu stavby* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 8. 2023

.....

Ing. Vojtěch Biolek

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 CÍLE PRÁCE A POSTUP ŘEŠENÍ.....	10
1.1 Cíl práce	10
1.2 Postup řešení	10
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
2.1 Fáze životního cyklu stavby.....	11
2.2 Náklady životního cyklu stavby.....	13
2.2.1 Náklady životního cyklu v zákoně o veřejných zakázkách	14
2.2.2 Ovlivnění nákladů životního cyklu stavebního objektu	16
2.3 Modely kalkulace nákladů životního cyklu stavby.....	17
2.3.1 DCF model.....	17
2.3.2 ASTM model	17
2.3.3 Model Bromilow a Pawsey.....	18
2.3.4 Model Sobanjo.....	18
2.3.5 Model Al Hajj a Horner	19
2.4 Vstupy pro výpočet nákladů životního cyklu stavby	20
2.5 Technicko-ekonomické informace.....	22
2.6 Systémy využívající technicko-ekonomické informace.....	24
2.6.1 Oceňování staveb	24
2.6.2 Facility management – správa budov	25
2.6.3 Ukazatel nákladů životního cyklu.....	26
2.7 Souhrnný popis problematiky a vymezení výzkumného problému.....	28
3 VÝZKUMNÁ OTÁZKA.....	31
4 POSTUP ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	32
4.1 Výzkumná metodika	32
4.2 Propojení systémů využívajících technicko-ekonomické informace.....	34
4.2.1 Návrh klasifikace	34

4.3	Zjišťování informací o nákladech na výstavbu	37
4.4	Zjišťování informací o životnostech, intervalech oprav a údržby a souvisejících nákladech	38
4.5	Předání informací do výpočtu LCC	39
4.6	Návrh 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	41
4.7	Ověření 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	43
4.7.1	Výpočet pořizovacích nákladů	46
4.7.2	Výpočet nákladů na výměnu	48
4.7.3	Výpočet nákladů na údržbu	48
4.7.4	Výpočet nákladů na opravy	49
4.7.5	Výpočet nákladů na bourání na konci životnosti stavebního objektu	50
4.7.6	Návrh struktury databáze R/M/R	51
4.7.7	Výpočet LCC a vybrání nejvýhodnější varianty	53
4.8	Vyhodnocení 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	55
4.9	Návrh 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	56
4.10	Ověření 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	59
4.10.1	Výpočet pořizovacích nákladů	63
4.10.2	Výpočet nákladů na výměnu	64
4.10.3	Výpočet nákladů na údržbu	64
4.10.4	Výpočet nákladů na opravy	65
4.10.5	Výpočet nákladů na bourání na konci životnosti stavebního objektu	65
4.10.6	Návrh struktury databáze R/M/R	66
4.10.7	Výpočet LCC a vybrání nejvýhodnější varianty	66
4.11	Vyhodnocení 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC	71
5	SHRNUTÍ METODIKY PRO EFEKTIVNÍ VYUŽITÍ UKAZATELE LCC	73
6	APLIKACE V PRAXI	76
	ZÁVĚR	79
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	82
	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	90

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	91
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	93
SEZNAM VLASTNÍ PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI	95
SEZNAM PŘÍLOH.....	97

PŘÍLOHY

Příloha 1: Ocenění za publikovaný článek v časopise Buildings v roce 2019	I
Příloha 2: Výpočty pro nejefektivnější řešení varianty 1 dle 1. verze metodiky	II
Příloha 3: Výpočty pro vybranou příčku dle 2. verze metodiky.....	V

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 zřídkakdy 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, až 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.

Cílem této disertační práce je nastavení metodiky, která by uchopila tento ukazatel tak, aby bylo jej bylo možné efektivně využít při návrhu stavby a vytvořit tak kvalitní stavbu s optimálními LCC.

1 CÍLE PRÁCE A POSTUP ŘEŠENÍ

1.1 Cíl práce

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.

1.2 Postup řešení

Disertační práce se zabývá životním cyklem stavebního objektu, resp. jeho náklady.

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

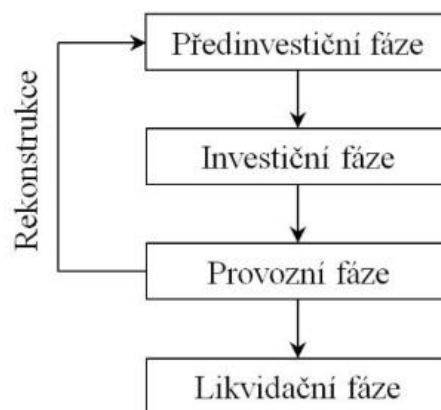
1. Literární rešerše, která podrobněji popisuje jednotlivé pojmy spojené s daným tématem, a následně je pojmenována problematika daného tématu.
2. Stanovení výzkumné otázky.
3. Vlastní výzkum, který na problematiku navazuje. Výzkum se snaží navrhnout vhodnou metodiku pro efektivní využití ukazatele LCC.
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 (viz obr. 1). Každá fáze je jinak časově náročná a také je charakteristická tím, jaké činnosti se v tomto stavu projektu provádějí. [3]



Obr. 1: Životní cyklus stavby (vlastní zpracování, [3] [5] [7])

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. Výstupem z této fáze mohou být studie příležitosti a studie proveditelnosti. [4] Cílem je nalezení ekonomické efektivnosti, ale i technická

a finanční proveditelnost projektu stavby. [5] Do této části spadá dokumentace pro územní řízení, která definuje účel stavby, její umístění a napojení na technickou a dopravní infrastrukturu. [6]

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]

Plánovací fáze se zabývá přípravou projektu, kdy se provádějí průzkumy, zajištění pozemku a projektové podklady jako prostředek pro výběrové řízení a následné uzavření smlouvy na inženýring a projektanta. V této části je provedena dokumentace pro stavební povolení, podle které se toto stavební povolení vydá. [5] Následuje vypracování dokumentace pro provedení stavby, resp. položkového rozpočtu, a slepý výkaz výměr, který slouží pro výběr zhotovitele. [6]

Ve fázi realizační vybraný zhotovitel zpracuje realizační dokumentaci a následně realizuje samotný výstavbový projekt, který následně předá zadavateli. [3]

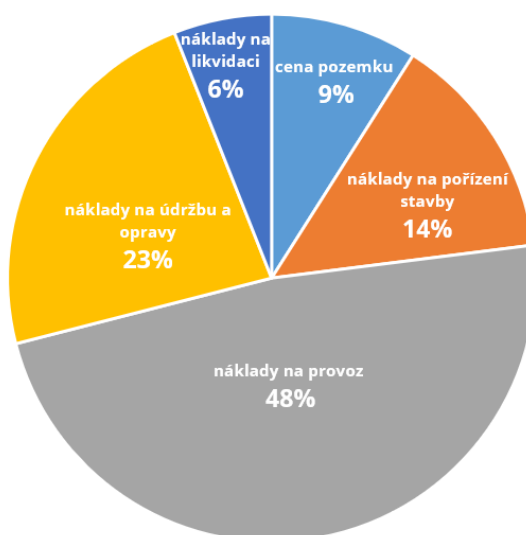
Provozní fáze je nejdelší fází životního cyklu díla a dochází zde k užívání stavby. Začíná předáním stavby a končí rozhodnutím o likvidaci projektu. V průběhu užívání se evidují údaje o ceně movitého a nemovitého majetku, nákladech spojených s provozem a modernizací či rekonstrukcí, údaje o ročním rozpočtu na energie a jiné náklady a údaje o výnosech z pronájmu. Pro plánování oprav, údržby a revizí je vhodné vedení seznamu pro každou místnost a funkční díl, kde se zapisují provedené činnosti ve formě času, nákladů a provedení. Pro toto plánování jsou v dnešní době využívány nejrůznější FM (facility management) softwary, které usnadňují správu majetku. [7]

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. [8]

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] [5]

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 [9] a [10]. 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 nejdelší 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 (viz obr. 2). [11] [12] [13]



Obr. 2: Procentuální rozdělení nákladů životního cyklu stavebního objektu (vlastní zpracování, [11])

Ukazatel LCC lze také využít pro posuzování různých variant návrhu – novostavba, rekonstrukce či pronájem. [14] [15]

Níže v tab. 1 je ukázána struktura nákladů životního cyklu stavebního objektu podle normy ČSN ISO 15686-5. [16]

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 zbývající 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. [16]

Tab. 1: Struktura LCC podle evropské normy ISO 15686_5 [16]

Pořizovací náklady – projektová dokumentace a realizace stavby	Profesionální služby – projektové řízení, architektonický návrh, projektová dokumentace stavby vč. profesí a dopadu na ŽP, řízení nákladů, hodnotový management
	Vyklizení staveniště, dočasné objekty
	Stavba – infrastruktura, kompletní stavební objekty (HSV, PSV, M), uvedení do provozu
	Zařizovací předměty, příslušenství, vybavení
	Zemní práce, terénní úpravy
Náklady na provoz	Nájemné
	Poplatky/místní daně, náklady na pozemek
	Pojištění
	Energie – vytápění, chlazení, osvětlení, vnitřní doprava (výtahy), slaboproud
	Média – voda, odpadní voda, telefon
	Facility management – úklid, ostražba, likvidace odpadů
	Regulační poplatky (hasiči, kontrola vstupu)
Náklady na údržbu	Management údržby – inspekce, smlouvy
	Malé opravy/výměny/obnova konstrukcí a vybavení
	Úklid
	Základní údržba
	Malby, tapety
	Oportunitní náklady během nečinnosti, ztráty provozuschopnosti
Náklady na plánované opravy	Adaptace – vystěhování, stavební práce, opětovné uvedení do provozu, vybavení
	Velká výměna/obnova/rekonstrukce
	Oportunitní náklady během nečinnosti, ztráty provozuschopnosti
Náklady na konci životnosti/na odstranění stavby/navrácení	Inspekce technického stavu vč. poplatků
	Navrácení – dle požadavků smlouvy
	Odstavení z provozu
	Demolice, odstranění, vyklizení staveniště

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 [17], 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). [18]

Podle § 117 zákona o veřejných zakázkách musejí náklady životního cyklu zahrnovat nabídkovou cenu a mohou zahrnovat:

- a) *„Náklady zadavatele nebo jiných uživatelů v průběhu životního cyklu předmětu veřejné zakázky, kterými mohou být zejména:*
 1. *ostatní pořizovací náklady,*
 2. *náklady související s užíváním předmětu veřejné zakázky,*
 3. *náklady na údržbu nebo*
 4. *náklady spojené s koncem životnosti, nebo*
- b) *náklady způsobené dopady na životní prostředí, které jsou spojeny s předmětem plnění veřejné zakázky kdykoli v průběhu jeho životního cyklu, a to v případě, že lze vyčíslit jejich peněžní hodnotu; mohou jimi být zejména náklady na emise skleníkových plynů nebo jiných znečišťujících látek nebo jiné náklady na zmírnění změny klimatu.“ [18]*

Metoda pro stanovení nákladů životního cyklu se řídí § 118:

„V případě, že do hodnocení nabídek jsou zahrnuty náklady životního cyklu, uvede zadavatel v zadávací dokumentaci údaje, které mají účastníci zadávacího řízení poskytnout, a metodu, kterou zadavatel použije ke stanovení nákladů životního cyklu podle těchto údajů.

Pro vyčíslení nákladů podle § 117 písm. b) musí zadavatel použít metodu, která je:

- a) *založena na objektivně ověřitelných a nediskriminačních kritériích,*
- b) *přístupná všem dodavatelům a*
- c) *založena na údajích, které mohou dodavatelé poskytnout bez vynaložení nepřiměřeného úsilí.*

Vláda může nařízením stanovit společné metody pro stanovení nákladů životního cyklu a rozsah jejich používání.“ [18]

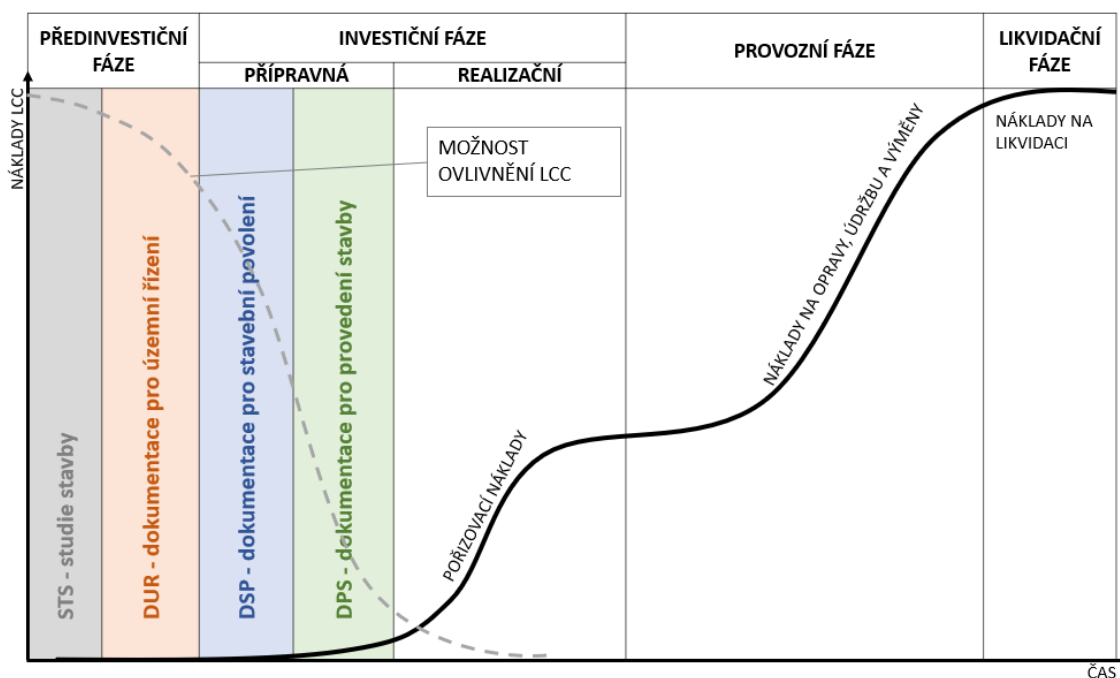
V běžné praxi se vesměs využívá model DCF (Discount Cash Flow, diskontované peněžní toky), který bude rozebrán v podkapitole 2.3. Zákon však neurčuje vstupy do výpočtu, kterými jsou životnost, cykly a nákladnost oprav a údržby, jež jsou klíčové pro výpočet.

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, kdy se rozhoduje o samotné výstavbě, se stanovují základní požadavky na budoucí výstavbu. V této fázi je obecně nejvyšší možnost ovlivnění budoucích nákladů životního cyklu stavby, a to jak při zpracování STS (studie stavby), tak při zpracování DÚR (dokumentace pro územní řízení). Správné stanovení požadavků, provedení analýz a správné naplánování mohou vést ke snížení nákladů v dalších fázích stavby. V přípravné části investiční fáze čili ve fázi DSP (dokumentace pro stavební povolení) a DPS (dokumentace pro provádění stavby) je v podstatě poslední možnost nějakým způsobem ovlivnit budoucí náklady životního cyklu stavby. Optimalizovat lze například pomocí výběru vhodných materiálů a postupu výstavby. [19] [20] [21]

Jak je ukázáno na obr. 3, možnost ovlivnění budoucích LCC klesá s přibývajícím podrobností projektové dokumentace.



Obr. 3: Graf závislosti vývoje LCC a možnosti jejich ovlivnění v jednotlivých fázích životního cyklu stavebního objektu (vlastní zpracování, [19] [20] [21])

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. [19] [20] [21]

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.

2.3.1 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. [16]

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

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.

2.3.2 ASTM model

Model ASTM je matematický model kalkulace nákladů americké asociace pro testování a materiály, který umožňuje počítat s odlišnou diskontní sazbou pro každé náklady zvlášť. [23] [24]

$$1. \text{ varianta} \quad NPV = C + R - S + A + M + E \quad (2)$$

$$2. \text{ varianta} \quad NPV = C + R - S + A + M + E + W + O \quad (3)$$

kde:

- C investiční náklady,
- R současná hodnota nákladů na obnovu/výměnu prvků/vybavení,
- S současná hodnota prodejní ceny na konci sledovaného období (při demolici se stanoví jako příjem za prodej dále použitelného materiálu minus náklady na demolici),
- A současná hodnota periodických nákladů na provoz, údržbu a opravy,
- M současná hodnota neperiodických nákladů na provoz, údržbu a opravy,
- E současná hodnota nákladů na energie,
- W současná hodnota nákladů na vodné a stočné,
- O současná hodnota ostatních nákladů.

2.3.3 Model Bromilow a Pawsey

Tento model má výhodu především v tom, že rozděluje periodické a neperiodické náklady, tj. náklady opakující se v určitém časovém období a náklady nárazové, pro které lze rozdílně stanovit diskontní sazbu. [22]

$$NPV = C_{0i} + \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \frac{C_{it}}{(1+r_{it})^t} + \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T \frac{C_{jt}}{(1+r_{jt})^t} - \frac{D}{(1+r_d)^T} \quad (4)$$

kde:

- C_{0i} náklady na pořízení v čase $t=0$ včetně všech projektových prací, realizací stavby, poplatků a dalších nákladů spojených s pořízením,
- C_{it} roční náklady vynakládané pravidelně – údržba, úklid, energie, ostraha, ...,
- C_{jt} náklady ve specifických obdobích a časech – opravy, výměny, ...,
- r_{it}, r_{jt} diskontní sazby pro periodické a neperiodické náklady,
- D hodnota majetku při likvidaci po odečtení nákladů spojených s jejím odstraněním,
- r_d diskontní sazba pro D .

2.3.4 Model Sobanjo

Model Sobanjo uvažuje, že všechny náklady a hodnoty jsou k dispozici jako budoucí nebo roční náklady. Výpočet je jednoduchý, avšak neperiodické náklady se uvažují

jako budoucí náklady s definovanou frekvencí v rámci životního cyklu. V rovnici se používají dva typy diskontních faktorů, a to podle pravidelných nebo nepravidelných nákladů. [25]

$$NPV = \sum C_{0i} + \sum F.PWS + \sum A.PWA \quad (5)$$

$$PWS = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (6)$$

$$PWA = \frac{(1+r)^t - 1}{r(1+r)^t} \quad (7)$$

kde:

- C_{0i} veškeré pořizovací náklady,
- F náklady vynaložené v budoucnosti,
- A roční pravidelné náklady,
- R diskontní sazba.

2.3.5 Model Al Hajj a Horner

Model Al Hajj a Horner předvídá provozní náklady a náklady na údržbu, kdy jsou nákladově významné položky identicky odvozeny podle statistického přístupu. [22]

$$NPV = C_0 + \frac{1}{cmf} \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \frac{C_{(csi)it}}{(1+r)^t} - \frac{D}{(1+r_d)^T} \quad (8)$$

kde:

- C_0 náklady na pořízení v čase $t=0$ včetně všech projektových prací, realizací stavby, poplatků a dalších nákladů spojených s pořízením,
- cmf faktor nákladového modelu (konstantní pro kategorii budovy),
- $C_{(csi)}$ položky nákladů – dekorace, oprava střechy, úklid, energie, náklady na management, poplatky, pojištění atd.,
- D hodnota majetku v okamžik likvidace po odpočtu nákladů způsobených likvidací,
- r_d diskontní sazba pro D .

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 efektivity 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. [26] Některé zahraniční směrnice doporučují horizont životnosti 50 let. [27]
- 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 blízká 5 % [28]). Při volbě vyšších diskontních sazeb mohou náklady z daleké budoucnosti ztratit význam, a naopak 0% diskontní sazba odpovídá statickému výpočtu. [29] [30]
- 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. [31]

Obecně se data pro výpočet shromažďují prostřednictvím analýzy existujících budov či stavebních prvků, případně se vztahují jako procento k pořizovacím nákladům. [30] [32] Výpočtem LCC se ve své publikaci zabývá doc. Marková, která pomocí dotazníkového šetření definovala cykly a nákladnost oprav, údržby a výměn pro funkční díly. Členění stavby na funkční díly je obdobné jako členění na stavební díly v TSKP

(třídník stavebních konstrukcí a prací v České republice), avšak stavební díly (TSKP) jsou přizpůsobeny obsahu a hodnotě stavební práce, ne však stavební konstrukci, jako je tomu u funkčních dílů. 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. [33] 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. [34] Problém jejich použití v České republice spočívá v odlišné struktuře cenové databáze (viz tab. 3) a v rozdílných národních zvyklostech ve stavebním sektoru.

Tab. 3: Příklad klasifikace stavebních částí dle norské normy NS 3451 [33]

Základy a zemní práce	Nosné konstrukce	Obvodové konstrukce	Krytiny a střechy	Vnitřní konstrukce
<ul style="list-style-type: none"> • Výkopové práce • Základy podle typu konstrukce • Izolace základů 	<ul style="list-style-type: none"> • Stěny • Sloupy • Stropy • Šikmé střechy a krov 	<ul style="list-style-type: none"> • Fasády (omítky, obklady, pláště) • Okna a dveře • Balkóny a terasy 	<ul style="list-style-type: none"> • Střešní krytiny • Hydroizolace střech • Okapy a svody 	<ul style="list-style-type: none"> • Příčky a předstěny • Podlahy • Schodiště • Stropy a podhledy

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. [35] 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 vložit uživatel sám. [14]

„V rámci projektu byl vytvořen a průběžně testován nástroj pro kalkulaci nákladů životního cyklu (LCC) v prostředí programu Microsoft Excel. Kalkulace LCC je založená na výpočtu nákladů na pořízení, údržbu, servis, obnovu a spotřeby energie ve variantním provedení. Obecně se jedná o komplexní nástroj, pro jehož fungování je potřeba zadat data do několika listů, které jsou tematicky oddělené. Toto rozdělení bylo zvoleno z důvodu vyšší přehlednosti zadávaných dat.“ [36]

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.

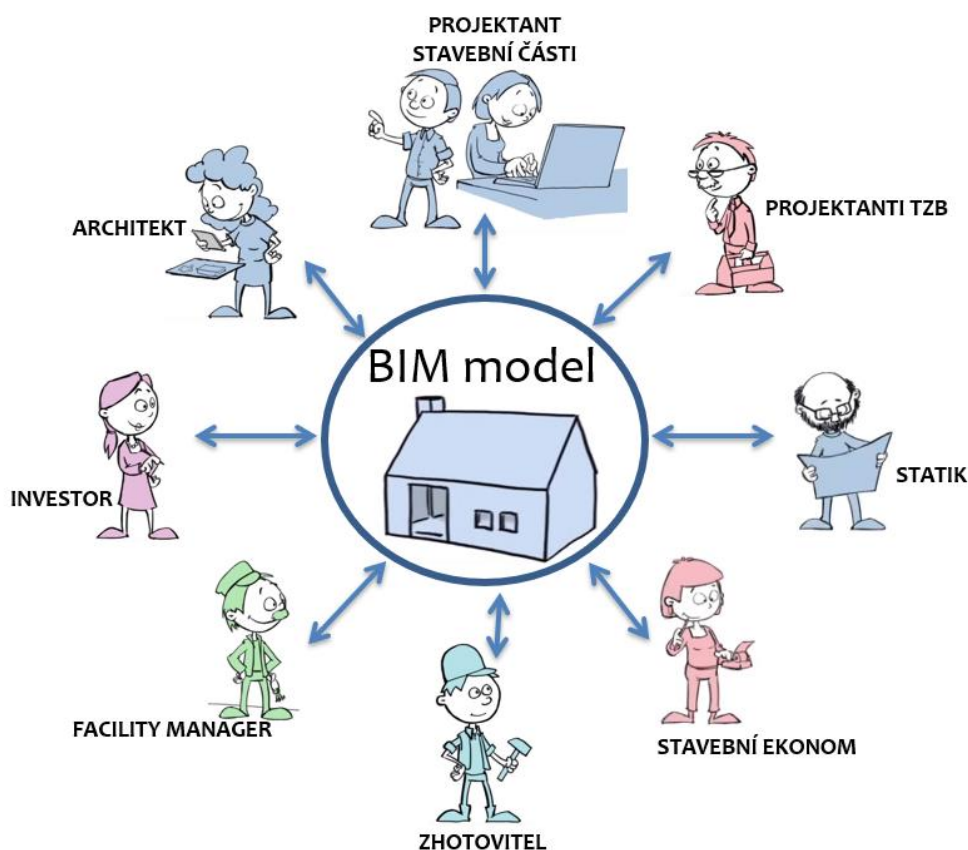
V současné době je možné se setkat s používaným pojmem BIM (Building Information Modelling, informační modelování budov). Jedná se o nový přístup ke stavebním projektům, který propojuje všechny účastníky stavebního procesu prostřednictvím 3D modelu a sdílení informací. BI ve zkratce označují „building 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. [37]

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. [38] [39]

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. [38] [39]

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). [40]



Obr. 4: BIM a účastníci stavebního projektu [41]

Fakt, že se pracuje s modelem, který odpovídá skutečné stavbě včetně všech jejích prvků, přenáší rizika z nepřesné nebo nedokonalé dokumentace do fáze, kdy ještě nebyly zahájeny stavební práce. [42] Projektanti všech profesí modelují jednotlivé části stavby v 3D modelu, a proto vidí každý prvek umístěn tam, kde bude i zaimplementován. To snižuje kolize například při styku více typů trubního vedení. Výhoda 3D modelu je i ve vizualizaci budoucí stavby. Investor si může lépe představit,

jak bude hotová stavba vypadat či jaké bude vnitřní uspořádání. Také případné investorské změny projektu (prodloužení zdi, probourání otvoru, zvětšení prostoru atd.) jsou mnohem jednodušší a hlavně s minimálními náklady.

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 velkého 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, zdravotníka, vytápění, vzduchotechnika apod.

2.6.1 Oceňování staveb

Pro oceňování staveb v prostředí České republiky se používá cenová databáze, která vychází z třídíku stavebních konstrukcí a prací (TSKP), jež historicky nahradila původní členění podle klasifikace stavebních oborů (KSO) a vychází z klasifikace průmyslových oborů a výrobků. [43] Hlavní členění TSKP je na práce hlavní stavební výroby (HSV) a práce přidružené stavební výroby (PSV). [44] [45]

Třídík TSKP je nejrozšířenějším nástrojem pro tuzemské členění stavebních prací, tudíž i pro členění stavebních prací ve většině tuzemských stavebních rozpočtů. [43]

V tab. 4 jsou vypsané stavební díly, které souvisejí se stavební částí (bez vnitřních instalací – zdravotníka, elektroinstalace, vzduchotechnika apod.).

Tab. 4: Základní členění stavební části TSKP (bez vnitřních instalací) [44] [45]

Číslování	Popis
HSV	Hlavní stavební výroba
1	zemní práce
2	základové konstrukce
3	svislé konstrukce
4	vodorovné konstrukce
5	komunikace pozemní
6	úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní
9	ostatní konstrukce a práce, bourání
PSV	Přidružená stavební výroba
71	izolace – proti vodě, vlhkosti a plynu; povlakové krytiny; tepelné; akustické a protiotřesová opatření; proti chemickým vlivům
76	konstrukce – prosvětlovací; tesařské; montované; klempířské; krytina skládaná; truhlářské; zámečnické; ocelové konstrukce
77	podlahy – z dlaždic; z kamene; z litého teraca; skládané; povlakové; lité
78	dokončovací práce – obklady keramické; obklady z kamene; nátěry; malby a tapety; čalounické úpravy; zasklívání; povrchové úpravy technologických zařízení
79	ostatní konstrukce a práce PSV

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. [46] [47] [48] Členění stavebního objektu v této oblasti je závislé na tom, co chce daná společnost sledovat, do jaké míry, s jakými podrobnostmi apod. Příklady základního členění stavebního objektu, které uvádí Kmochová ve své publikaci [49], jsou vypsány v tab. 5.

Tab. 5: Příklad členění stavebního objektu u facility management softwaru [49]

Číslování	Popis
1	střešní krytina
2	klempířské prvky
3	komíny
4	fasáda
5	podlahy
6	sklepy
7	okna
8	dveře, vrata
9	stropy

2.6.3 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 (viz tab. 6). [5] [50]

Tab. 6: Členění stavebního objektu na funkční díly [5]

Číslování	Popis
01	spodní stavba – základy včetně výkopů; hydroizolace
02	svislé konstrukce – svislé nosné a obvodové konstrukce; příčky a dělicí konstrukce; komíny
03	vodorovné konstrukce – stropní konstrukce; schodiště
04	střecha – konstrukce střechy; krytina a střechy
05	povrchy vnitřních a vnějších stěn
06	výplně otvorů – dveře vnitřní a vnější; vrata; okna
07	podlahy
08	instalace
09	ostatní

V rámci tvorby položkových rozpočtů pro výběr zhotovitele se používá, jak už bylo v podkapitole 2.6.1 napsáno, členění dle TSKP. Stejně tak všechny cenové a další informace jsou navázány právě na členění TSKP. Aby bylo možné ve výpočtu LCC pracovat s aktuálními daty, je nutné, aby byly jednotlivé položky vycházející z členění TSKP přeorganizovány do členění na funkční díly. [5]

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 [51] 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. Schéma dělení BIM modelu je ukázáno v tab. 7. [51]

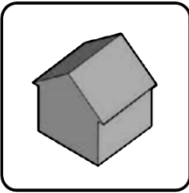
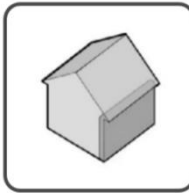


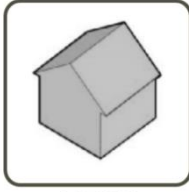
Tab. 7: Základní členění BIM modelu [51]

VÝROBEK		SYSTÉM
PRVKY	PROSTOR	
<ul style="list-style-type: none">• Stěna• Sloupy• Podlaha• Podhled/strop• Schodiště• Střecha• Komponent	<ul style="list-style-type: none">• Budova• Podlaží• Místnost• Zóna	<ul style="list-style-type: none">• Účel• Funkce

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.

U BIM modelu se rozlišuje 5 fází modelu – LOD 100 až LOD 500 (LOD – Level of Detail, úroveň podrobnosti). Každý stupeň detailnosti odpovídá i stupni dokumentace stavebního díla a každému stupni dokumentace odpovídá i různá úroveň ocenění. V tab. 8 je popsán vztah detailnosti na stupni dokumentace, resp. možné úrovně ocenění. [52]

Tab. 8: Závislost detailnosti modelu na stupni dokumentace a úrovni ocenění (vlastní zpracování, [52])

	Popis	Stupeň dokumentace	Úroveň ocenění
 LOD 100	LOD 100 – koncepční návrh stavby – obsahuje celkový objemový model stavby, orientační plochy, objemy, umístění a orientace ve 3D modelu. Tato fáze slouží pro investorovu představu stavby.	STS – studie stavby	Propočet
 LOD 200	LOD 200 – jednotlivé prvky jsou graficky reprezentovány v modelu jako obecný systém, objekt či sestava s přibližným množstvím, velikostí, tvarem, umístěním a orientací. Tato fáze (dokumentace) může být použita pro rozhodnutí o umístění stavby.	DÚR – dokumentace pro územní rozhodnutí	Méně podrobný položkový rozpočet
 LOD 300	LOD 300 – jednotlivé prvky jsou graficky reprezentovány v modelu jako specifický systém, objekt nebo sestavy s přesným množstvím, velikostí, tvarem, umístěním, orientací a rozhraním s ostatními stavebními systémy. Tato fáze odpovídá dokumentaci pro stavební povolení.	DSP – dokumentace pro stavební povolení	Položkový rozpočet
 LOD 400	LOD 400 – prvky jsou graficky reprezentovány v modelu přesným rozměrem, tvarem, umístěním, množstvím, orientací, informacemi o zhotoviteli a podrobnými detaily. Modelované stavební elementy představují konkrétní navrhované elementy, které jsou použitelné pro výstavbu.	DPS – dokumentace pro provádění stavby	Nabídkové a výrobní kalkulace
 LOD 500	LOD 500 – stavební prvky jsou modelovány tak, jak byly zabudovány a dodány s přesnými rozměry, množstvím, tvarem, polohou a orientací. I nadále se mohou přiřazovat negrafické informace. Model se může použít pro facility management.	DSPS – dokumentace skutečného provedení stavby	Data pro facility management

2.7 Souhrnný popis problematiky a vymezení výzkumného problému

Kalkulace nákladů životního cyklu stavebního objektu je logickým ukazatelem efektivnosti stavební investice. Ukazatel bere v úvahu jak pořizovací náklady, tak i náklady vzniklé v průběhu a konci životního cyklu stavby. Jak je vidět na obr. 2, tak právě tyto náklady tvoří největší část vynaložených nákladů v celém průběhu

životního cyklu stavby. Logická úvaha tedy je, proč není tento ukazatel častěji využíván ve stavební praxi? Níže je uvedeno několik důvodů, které vycházejí z literární rešerše a názoru autora.

Zákon o veřejných zakázkách a LCC

Z úvodu práce vyplývá, že veřejný investor má možnost vypsát zakázku s hodnocením dle LCC. Problém je vidět na obr. 3 – výběr zhotovitele probíhá na konci dokumentace pro provádění stavby, kdy už je jen minimální možnost ovlivnit LCC. Z tohoto jasně vyplývá, že je nutné, aby investor požadavek na efektivní LCC prosazoval již od začátku navrhování čili u architekta či projektanta.

Správa objektů

Investor je ve valné většině i provozovatelem již hotových stavebních objektů. Problémem je, že nedokáže efektivně předat informace, které by pomohly k optimálnímu návrhu s ohledem na provozní část životního cyklu stavby. V podstatě neexistuje databáze o informacích z provozní fáze životního cyklu. Jsou to právě správce budovy či facility manažer, kteří danou budovu budou provozovat nejdéle, a jejich snahou by měl být optimální návrh. V dnešní praxi jsou správce budovy nebo facility manažer jen zřídka součástí návrhu nové stavby.

Chybějící databáze budov s podrobnými informacemi oprav a údržby

V současné době neexistuje podrobnější databáze, která by jasně definovala informace o provozní části životního cyklu stavby čili o nákladnosti a rozsahu oprav a údržby či o životnosti jednotlivých konstrukcí na stavbě. Aby byl měl ukazatel LCC vypovídající hodnotu a bylo jej možné prakticky využívat, je nutné mít podrobnější databázi.

Projektanti a rutina

Stavební trh a zejména trh s materiály se neustále vyvíjejí. Projektant nemůže mít kapacitu na to, aby znal všechny aktuální technické a materiálové možnosti při tvorbě návrhu. Ve valné většině případů navrhuje vesměs obdobné systémy, se kterými má zkušenosti, a nemusí studovat nové možnosti. Zároveň nezná ceny jednotlivých možností, takže nemůže samostatně rozhodnout o efektivnosti pořizovací ceny, natož o LCC.

Oceňování staveb až na konci projekční fáze

Ke stavebnímu ekonomovi-rozpočtáři se dostává projekt k ocenění ve valné většině případů až na konci návrhu čili ve fázi DPS. Problém nastává v případě, kdy je vyrozpočtovaná cena vyšší, než byl předpoklad investora. I když to je jen jedna část z LCC, tak pořizovací cena bývá tím hlavním parametrem. Toto zjištění mívá mnoho negativních následků, ať už to jsou zastavení projektu, nepřiznání dotace, přepracování dokumentace atd. Snahou investora i projektanta by mělo být, aby měli kontrolu nad cenou po celou dobu 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

Propojení systémů využívajících technicko-ekonomické informace je klíčovým krokem při zajišťování úspěšného projektu nebo rozhodovacího procesu. Je nezbytné zajistit, aby různé systémy, které vstupují do výpočtu LCC, spolu bezchybně komunikovaly.

2. Zjišťování informací o nákladech na výstavbu

Náklady na výstavbu, tj. počáteční investice do projektu, jsou při výpočtu LCC obvykle značně vyšší než náklady na provoz a údržbu. Počáteční náklady nejsou diskontovány (při stanovení nultého roku ve vzorci 1 je diskontní faktor 1), což vytváří odlišnou váhu mezi těmito dvěma druhy nákladů v rámci LCC analýzy. Je proto nutné zajistit co nejpřesnější stanovení těchto nákladů.

3. Zjišťování informací o životnostech, intervalech oprav a údržby a souvisejících nákladech

Jak už bylo v předešlých kapitolách konstatováno, v praxi chybí databáze, která by detailně stanovovala životnosti, intervaly oprav a údržby a související náklady. Je třeba brát v úvahu, že každý investor přistupuje k provozování stavby svým vlastním způsobem. Je tedy pravděpodobné, že vstupní data pro výpočet mohou být pro každého investora jiná, a tím pádem budou i jiné výsledky.

4. Předání informací do výpočtu LCC

Správné a úplné předání relevantních informací do výpočtu je klíčové pro správné výsledky. Jelikož navrhovaná metodika by měla pracovat s velkým množstvím dat, je nutné zajistit co největší automatizace.

5. Návrh 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Na základě zjištěné problematiky bude navržena výchozí metodika efektivního využití ukazatele LCC, která bude brát v úvahu předešlé kroky výzkumné metodiky.

6. Ověření 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

První verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC bude podrobena ověření a testování, aby byly zhodnoceny její účinnost a spolehlivost, a to na konkrétní konstrukci – KZS s tenkovrstvou omítkou.

7. Vyhodnocení 1. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Na základě ověření je provedeno celkové vyhodnocení první verze metodiky. Jsou zhodnoceny její přednosti a omezení a získané poznatky jsou důležité pro další zdokonalení a úpravy.

8. Návrh 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Na základě výsledků prvního vyhodnocení je navržena druhá verze metodiky, která zahrnuje vylepšení a doplňuje nedostatky první verze. Nová metodika se snaží dosáhnout ještě lepší přesnosti a spolehlivosti při hodnocení nákladů a efektivity projektů.

9. Ověření 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Druhá verze metodiky je také podrobena ověření a testování, aby byly zhodnoceny její účinnost a spolehlivost, a to na konkrétní konstrukci – nenosné příčky.

10. Vyhodnocení 2. verze metodiky efektivního využití ukazatele LCC

Po druhém ověření a testování je provedeno celkové vyhodnocení druhé verze metodiky.

Tyto jednotlivé kroky jsou popsány v následujících kapitolách.

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.

Česká agentura pro standardizaci zveřejnila možný klasifikační systém CCI využitelný pro BIM projekty. Tato klasifikace si klade za cíl zajistit, že všechny používané nástroje budou konkrétní věc interpretovat stejně, což je shodné s výše uvedeným předpokladem. [53]

Popis klasifikačního systému CCI dle [54]: „*Klasifikační systém je v podstatě zorganizovaný seznam tříd (databáze), která každé jedné věci přiřazuje jedinečný kód složený z kombinace číslic a písmen. Přičemž své třídy má vše od stavebních entit (tedy druhů staveb) přes vybudované prostory a funkční či technické systémy až po jednotlivé komponenty.*“

Výše uvedená klasifikace CCI by měla být jednotnou klasifikací od celých stavebních komplexů až po žárovku, a proto v budoucnu použitelná i pro následnou metodiku. Jelikož je však klasifikace v pilotní fázi a nejde ji tedy zatím brát jako závaznou, byla autorem navržena vlastní klasifikace z roku 2019. [55]

4.2.1 Návrh klasifikace

Stavební objekt lze rozdělit na čtyři hlavní funkční celky – nosné konstrukce, střešní konstrukce, fasádu a povrchové úpravy vnitřních prostor. Takovéto členění má uplatnění nejen ve stavebně-ekonomických systémech. Příkladem je samotná výstavba stavebního objektu, kdy v první fázi se staví hlavní nosné konstrukce, které dávají stavebnímu objektu objem. Poté se jako celek dodávají střešní konstrukce a fasáda,

což jsou konstrukce, které chrání stavební objekt před povětrnostními podmínkami. A v konečné fázi se provádějí úpravy vnitřních prostor. Pro potřeby disertační práce bude tato klasifikace nazývána jako „**klasifikace LCC**“.

Tab. 9: Základní část klasifikace LCC [55]

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

Jednou z nejnákladnějších částí stavby z hlediska pořizovacích nákladů jsou **nosné konstrukce** – základy, stěny, sloupy, stropy, nosníky či schodiště. Zároveň jsou to konstrukce, které v provozní fázi stavebního objektu nevyžadují velkou pozornost, jelikož životnost těchto konstrukcí je shodná s životností celého stavebního objektu. Prvky nosných konstrukcí odpovídají prvkům používaných rodin v BIM modelu – elements (viz tab. 7). Pouze je nutné v některých případech přizpůsobit způsob jejich kreslení. Jedná se především o stěny (sloupy) a stropy. V běžné praxi jsou totiž kresleny nosné části včetně povrchových úprav, což nekoresponduje s navrženým systémem. Jiným případem je kreslení trámů či průvlaků. Ty se mohou modelovat jako jeden komponent či mohou být součástí stropu. Stejně tak to je u kreslení komínů, kdy je možnost je vložit do modelu jako stěnu nebo jako jeden komponent. Tyto možnosti kreslení nejsou však překážkou pro propojení s jinými systémy, a to za předpokladu budoucí domluvy jednotného používání.

Dalšími skupinami funkčních celků jsou **střešní konstrukce** a **fasáda**. Jedná se funkční celky, které je z pohledu facility managementu nutné sledovat, a to z důvodu kratších dob životnosti a také z důvodu potřeby častějších oprav daných působením vnějších vlivů. Taktéž to jsou soubory konstrukcí, které jsou jak při výstavbě, tak i v průběhu provozní fáze většinou realizovány jako jeden celek. V prostředí BIM odpovídají

konstrukce daných funkčních celků stejně jako u nosných konstrukcí používaným elementům modelu.

Povrchové úpravy vnitřních prostor jsou z hlediska řízení nákladů v průběhu životního cyklu důležitější, jelikož je zde nutnost úklidu, oprav povrchů stěn a stropů z důvodu kratších životností těchto konstrukcí, přizpůsobování interiéru požadavkům vlastníka apod. Z praktického hlediska jsou povrchové úpravy vnitřních prostor specifikovány pro každou místnost zvlášť, neboť každá místnost ve stavebním objektu má jiné využití, a tudíž i jiné požadavky na úpravy stěn, stropů a podlah. Tomu odpovídá i možnost zatřídění v BIM modelu, kde jsou dvě možnosti zapracování do modelu. Jednou možností je danou konstrukci vymodelovat pomocí elementů BIM modelu a druhou je zadat informaci o úpravách povrchů do samotné místnosti (viz tab. 10). U druhé možnosti však existuje problém v tom, že daný povrch nebude reálně součástí 3D modelu, ale pouze textovou informací u místnosti.

Tab. 10: Porovnání navržené klasifikace se strukturou BIM modelu a členění TSKP [55]

BIM model	Klasifikace LCC	Oceňování staveb (TSKP)
NOSNÉ KONSTRUKCE		
wall	základové konstrukce	základové konstrukce
wall	stěny	svislé konstrukce
column	sloupy	svislé konstrukce
floor	stropy	vodorovné konstrukce
floor / component	nosníky, průvlaky, trámy	vodorovné konstrukce
stairs	schodiště	vodorovné konstrukce
wall / component	nosná část komínu	svislé konstrukce
STŘEŠNÍ KONSTRUKCE		
roof	dřevěný krov	konstrukce tesařské
roof	krytina střechy	krytina skládaná; povlakové krytiny
component	oplechování střešních prvků	klempířské konstrukce
component	ostatní střešní prvky – střešní okna, světlíky, antény apod.	klempířské konstrukce; truhlářské konstrukce; zámečnické konstrukce
FASADA		
window	okna	truhlářské konstrukce
door	vchodové dveře, vrata	truhlářské konstrukce
wall	skladba fasády	úpravy vnějších povrchů
component	vnější parapety	klempířské konstrukce
component	ostatní prvky fasády – stříšky, zábradlí, rolety apod.	truhlářské konstrukce; zámečnické konstrukce
POVRCHOVÉ ÚPRAVY VNITŘNÍCH PROSTOR		
wall / room	omítka stěn	úpravy vnitřních povrchů
wall / room	obklady	keramické obklady
floor / room	omítky stropů	úpravy vnitřních povrchů
ceiling	podhledy	konstrukce suché výstavby
floor / room	podlaha	podlahové konstrukce; izolace tepelné; podlahy povlakové, z dlaždic atd.

Funkce klasifikace při oceňování staveb je ve správném zatřídění prvků BIM modelu do systému TSKP, a to z důvodu, že například element – wall má funkci hned v několika funkčních celcích. Je tedy nutné, aby tvůrce BIM modelu přiřadil danému elementu přesnou specifikaci z klasifikace. Na druhé straně bude klasifikace přesně specifikovat data či informace, jež musí projektant danému elementu vyplnit. Přesnost a dostatečné informace jsou nutné z hlediska toho, že jedna konstrukce v BIM modelu je z hlediska ocenění rozložena do více položek v jednom nebo i více stavebních dílech (TSKP). Příkladem může být železobetonová stěna, která je v BIM modelu zobrazena jako jeden element, ale v prostředí oceňování staveb se rozdělí na pět položek – betonová výplň; dodávka a montáž výztuže; zřízení a odstranění bednění. Takže jak z příkladu železobetonové stěny vyplývá, tak u BIM modelu musí být vyplněna informace o objemu betonu, třídě betonu, třídě výztuže, hmotnosti výztuže a ploše bednění, což jsou informace, které u zděné keramické stěny nejsou potřeba.

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.

Níže na obr. 5 je ukázán příklad komprimace položek databáze do výpočtu LCC.

Kód položky (TSKP)	Popis položky	MJ	Jednotková cena	Kód LCC	
622211021	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl. do 120 mm	m ²	P ₁	5141	
283759390	deska fasádní polystyrénová EPS 70 F 1000 x 500 x 120 mm	m ²	P ₂	5141	
Kód LCC	Funkční díl (FD)	Exportovaná cena	Náklady na výměny	Náklady na opravy	Náklady na údržbu
5141	Vnější zateplení – expandovaný polystyren	P ₁ + P ₂	...	...	...
5142	Vnější zateplení – minerální vata	...	...	...	...
5143	Vnější zateplení – další materiálová specifikace	...	...	...	...

Obr. 5: Příklad agregace položek cenové databáze do funkčních dílů [56]

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. 6 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	...	<i>CycleRM</i>	<i>CostRM</i>	<i>CycleR</i>	<i>CostR</i>	<i>CycleM</i>	<i>CostM</i>

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

Obr. 6: Příklad struktury dat ve facility management softwaru a převod do LCC výpočtu [56]

Hodnoty *CycleRM*, *CycleR* a *CycleM*, které vyjadřují průměrný cyklus výměn, oprav a údržby v tomto pořadí, se počítají dle níže uvedených vztahů [56]:

$$CycleRM = \frac{(D - drm_1) + \sum_{i=2}^n (drm_i - drm_{i-1})}{n} \quad (9)$$

$$CycleR = \frac{(D - dr_1) + \sum_{i=2}^n (dr_i - dr_{i-1})}{n} \quad (10)$$

$$CycleM = \frac{(D - dm_1) + \sum_{i=2}^n (dm_i - dm_{i-1})}{n} \quad (11)$$

kde:

D datum výstavby,
dr_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 [56]:

$$CostRM = \frac{\sum_{i=1}^n RM_i}{n} \quad (12)$$

$$CostR = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (13)$$

$$CostM = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad (14)$$

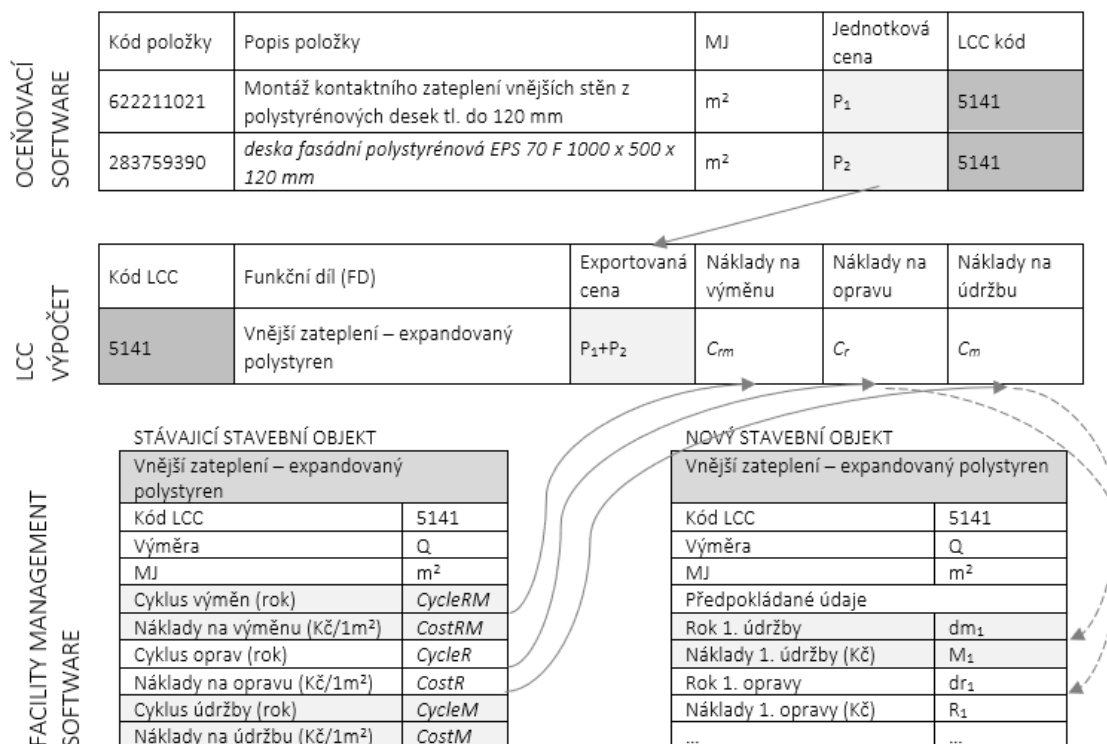
kde:

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. 7) je nastíněn data flow mezi jednotlivými softwary. Nejprve se v oceňovacím softwaru sjednotí všechny položky se stejným kódem z LCC databáze (viz obr. 5) a převezme se jejich pořizovací cena. Z FM softwaru se ze stávajícího objektu převezmou informace o opravách, výměnách a údržbě (viz obr. 6).

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. 7: 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:

$$C_{rm} = \sum_{t=0}^T \frac{RM_t}{(1+r)^t} \quad (15)$$

$$C_r = \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+r)^t} \quad (16)$$

$$C_m = \sum_{t=0}^T \frac{M_t}{(1+r)^t} \quad (17)$$

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. [57] V době dokončování této disertační práce má publikovaný článek celkem 29 citací (dle Web of Science) a umístil se v časopisu Buildings na 2. místě nejlepších článků (s ohledem na počet stažení, citací, recenzí a hodnocení editorů) vydaných v časopise Buildings za rok 2019 (ocenění viz příloha 1).

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 zatřídí všechny konstrukce do funkčních celků, resp. funkčních dílů. Úroveň BIM modelu se pohybuje ve vyšší podrobnosti (LOD 200 až LOD 300) tak, aby byly zadané 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 roztržiděn dle klasifikace LCC, proběhne komunikace mezi systémem pro výpočet LCC a systémem pro oceňování staveb. Jednotlivé položky z cenové databáze nesou informaci o zatřídění 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 (uživatelé 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:

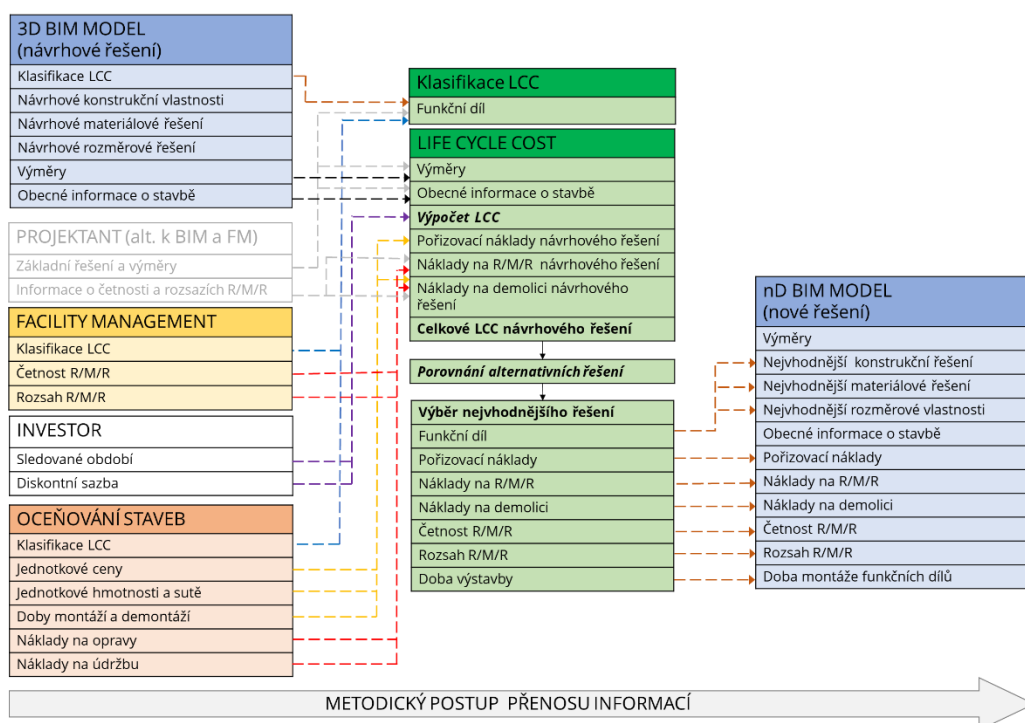
- výpočet pořizovacích nákladů,
- výpočet nákladů na výměnu,
- výpočet nákladů na údržbu,
- výpočet nákladů na opravy,
- výpočet nákladů na demolici na konci životnosti stavebního objektu.

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 provedení výpočtu je důležitou přidanou hodnotou navrženého systému nalezení nejvhodnějšího řešení, které bude splňovat stejné nebo lepší vlastnosti navrhovaného řešení. Tyto vlastnosti jsou závislé na typu funkčního dílu a pro něj typických vlastnostech, jde např. o tepelně izolační vlastnosti, rozměry, pevnost atd. Navržený systém poté vypočte LCC pro všechny alternativy a seřadí je podle potřeb uživatele – pořizovací náklady, LCC, LCC bez pořizovacích nákladů apod. Uživatel má k dispozici podklad, který mu umožní navrhnout nejvhodnější řešení. V případě, že je k dispozici BIM model, je možný převod informací ze systému výpočtu LCC do BIM modelu. Jedná se především o informace o pořizovací ceně či četnosti a nákladnosti R/M/R, což má přínos v plánování finančních zdrojů v nadcházející provozní fázi nově

budovaného stavebního objektu. Tím se stává BIM model vícedimenzionální, jelikož nese informace o nákladech, facility managementu a částečně i časové informace (doba montáže jednotlivých konstrukcí).

Celý proces výměny dat mezi jednotlivými systémy je znázorněn na obr. 8. V uvedeném schématu jsou nastíněny další možnosti propojení jednotlivých systémů – LCA (Life Cycle Assessment) a spotřeba energií, které však nejsou předmětem navrhované metodiky. 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 konstrukcemi zabudovanými ve stavebním objektu.



Obr. 8: 1. verze metodiky přenosu informací mezi jednotlivými systémy [57]

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 [58]) jsou vybrány možné typy kontaktních zateplovacích systémů (KZS) a tenkovrstvé omítky. Celkově je vybráno 11 typů KZS a 13 typů tenkovrstvých omítek, jejichž výčet spolu s dalšími údaji je ukázán v tab. 11 a tab. 12. Celkem je

možné vytvořit až 143 kombinací. Tloušťka materiálu je závislá na typu KZS, resp. tenkovrstvé omítky.

Tab. 11: Výpis jednotlivých typů KZS s možnostmi jejich tloušťek, součinitelem tepelné vodivosti a s určením zvláštní vlastnosti [59] [60] [61] [62] [63]

Typ KZS a referenční výrobek	Tloušťky [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	Vlastnost
deska EPS 70 fasádní (Isover EPS 70F)	10; 20; 30; 40; 50; 60; 80; 100; 120; 140; 150; 160; 180; 200	0,039	žádná
deska EPS 100 fasádní (Isover EPS 100F)	30; 50; 60; 80; 100; 120; 140; 160; 180; 200	0,037	žádná
deska EPS grafitová fasádní (Isover EPS GreyWall)	20; 30; 40; 50; 60; 80; 100; 120; 140; 160; 180; 200; 220; 240; 260; 280; 300	0,032	žádná
deska fasádní polystyrénová soklová (Isover EPS SOKL 3000)	20; 30; 40; 50; 60; 80; 100; 120	0,035	SO
deska fasádní polystyrénová pro tepelné izolace spodní stavby (Isover EPS PERIMETR)	40; 50; 60; 80; 100; 120; 140	0,034	SO
deska minerální podélné vlákno (Isover TF PROFÍ)	40; 50; 60; 70; 80; 100; 120; 140; 160; 180; 200; 220; 240; 260; 280; 300	0,036	PO
deska minerální kolmé vlákno (Isover NF 333)	20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 100; 120; 140; 160; 180; 200; 220; 240; 260; 280; 300	0,041	PO
deska z pěnoskla bez povrchové úpravy (FOAMGLAS®W+F)	50; 60; 80; 100; 120; 140	0,038	PO
deska z polystyrenu XPS (BACHL XPS 300 G)	30; 40; 50; 60; 80; 100; 120	0,036 (do 60 mm) 0,033 (přes 60 mm)	SO
deska izolační sendvičová (polystyren+vata) (Isover TWINNER)	100; 120; 140; 150; 160; 180; 200; 220; 240; 260; 280; 300	0,033 (do 200 mm) 0,032 (přes 200 mm)	PO
deska dřevovláknitá (STEICO Flex – dřevovláknitá izolace)	40; 60; 80; 100; 120; 140; 160; 180; 200	0,036	žádná

Poznámka: Zvláštní vlastnost (žádná = bez zvláštních vlastností; SO = určeno pro soklovou oblast; PO = s požární odolností).

Tab. 12: Výpis tenkovrstvých omítek s možnostmi jejich tloušťek [59]

Typ tenkovrstvé omítky	Tloušťky [mm]
minerální zrnitá omítka	1,0; 1,5; 2,0
minerální omítka rýhovaná	2,0
akrylátová zrnitá omítka	1,0; 1,5; 2,0
akrylátová rýhovaná omítka	2,0; 3,0
akrylátová mozaiková omítka	jemnozrná (1,0); střednězrná (2,0); hrubozrná (3,0)
silikátová zrnitá omítka	1,0; 1,5; 2,0; 3,0
silikátová rýhovaná omítka	2,0
silikonová zrnitá omítka	1,0; 1,5; 2,0; 3,0
silikonová rýhovaná omítka	2,0; 3,0
silikonová hydrofilní zrnitá omítka	1,0; 1,5; 2,0; 3,0
silikonová hydrofilní rýhovaná omítka	2,0; 3,0
silikonsilikátová zrnitá omítka	1,0; 1,5; 2,0; 3,0
silikonsilikátová rýhovaná omítka	2,0

Výše uvedené materiálové a rozměrové vlastnosti jsou klíčové pro správné zařazení navrhovaného řešení a je nutné, aby je tvůrce BIM modelu do systému zadal. Na obr. 9 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 (viz podkapitola 2.3.1).

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 (viz obr. 9). 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). [5] [28] [64]
- Varianta 2 – Sledované období je stanoveno na 30 let, což je udávaná minimální životnost „vnější omítky, zateplení“ v publikaci [5], a diskontní sazba zůstává stejná jako ve variantě 1, tedy 5 %.

Plocha [m ²]	100,00	
Parametry FD - Fasáda - kontaktní zateplovací systém s tenkovrstvou omítkou		
Typ KZS:	deska EPS 70 fasádní	
Tloušťka KZS [mm]:	120	
Použití tepelněizolačních zátek [ano/ne]:	ano	
Použití disperzní (organické) armovací hmoty stěrkování [ano/ne]:	ne	
Typ tenkovrstvé omítky:	minerální zrnitá omítka	
Tloušťka omítky [mm]:	2	
Vlastnost KZS:	bez zvláštních vlastností	
Obecné parametry		
Výška budovy [m]:	10	
Vzdálenost skládky [km]:	30	
Kolik let před výměnou KZS neprovádět údržbu [roky]:	2	
Životnost stavby [roky]:	100	
Parametry pro výpočet ekonomické efektivity:		
	Varianta 1 a 3	Varianta 2
Diskontní sazba:	5%	5%
Hodnocené období [roky]:	100	30

Obr. 9: Přehled vstupních parametrů pro výpočet LCC pro jednotlivé varianty [56]

4.7.1 Výpočet pořizovacích nákladů

Výpočet pořizovacích nákladů na provedení souvrství fasády se skládá z položek cenové databáze. [59] Použití jednotlivých položek z cenové databáze záleží na typu KZS, resp. tenkovrstvé omítky. Kontaktní zateplovací systém se oceňuje zvláště pro montáž a zvláště pro dodávku materiálu. Montáž KZS je odlišena dle typu a tloušťky KZS na:

- montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek – tloušťky do 40 mm, do 80 mm, do 120 mm, do 160 mm, do 200 mm, do 240 mm, přes 240 mm,
- montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z minerální vlny s podélnou orientací vláken – tloušťky do 40 mm, do 80 mm, do 120 mm, do 160 mm, přes 160 mm,
- montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z minerální vlny s kolmou orientací – tloušťky do 40 mm, do 80 mm, do 120 mm, do 160 mm, do 200 mm, přes 200 mm.

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.

Materiál odpovídá typům KZS uvedeným v tab. 12. Rozlišuje se tloušťka izolantu, která je dána výrobcem. Každá položka materiálu obsahuje informaci o jednotkové ceně, hmotnosti a je dopočten 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.

Montáž a dodávka tenkovrstvé omítky jsou v cenové databázi dány jako jedna položka. V ceně položky jsou započteny náklady na penetraci podkladu. 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 [59] 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 zatřídění odpadu dle vyhlášky o katalogu odpadu. [65]

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 [59] 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, polosloupce apod. Pro členitost 1 a 2 je jednotková cena stejná, tedy není nutné výpočet nějak přizpůsobovat. V tab. 13 je ukázáno přiřazování jednotlivých typů nátěru k jednotlivým typům omítek.

Tab. 13: Přiřazení typů nátěrů k jednotlivým typům omítek (bez uvažování struktury)

Typ tenkovrstvé omítky	Typ nátěru
minerální omítka	vápenný
akrylátová omítka	akrylátový
silikátová omítka	silikátový
silikonová a silikonsilikátová omítka	silikonový

System 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 nemusejí 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. Konkrétní členění je ukázáno v tab. 14.

Tab. 14: Členění oprav KZS dle cenové databáze [59]

Tloušťka polystyrenu	Tloušťka minerální vlny	Rozsah opravy pro polystyren a minerální vlnu
do 40 mm	do 40 mm	do 0,1 m ²
přes 40 do 80 mm	přes 40 do 80 mm	přes 0,1 do 0,25 m ²
přes 80 do 120 mm	přes 80 do 120 mm	od 0,25 do 0,5 m ²
přes 120 do 160 mm	přes 120 do 160 mm	od 0,5 do 1,0 m ²
přes 160 do 200 mm	přes 160 mm	
přes 200 do 240 mm		
přes 240 mm		

V takovém případě je v jednotkové ceně výměny počítáno s vyříznutím 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, opotřebování vlivem čištění tlakovou vodou apod. Cenová databáze rozlišuje rozsah opravované plochy buď přímo zadáním opravované plochy, nebo procentem opravované plochy. Konkrétní členění tenkovrstvé omítky je ukázáno v tab. 15. Typy omítky jsou shodné s členěním nové budované omítky.

Tab. 15: Členění oprav tenkovrstvé omítky dle cenové databáze [59]

Rozsah oprav dle plochy	Rozsah oprav daný procentem
do 0,1 m ²	do 10 %
přes 0,1 do 0,25 m ²	od 10 % do 30 %
od 0,25 do 0,5 m ²	od 30 % do 50 %
od 0,5 do 1,0 m ²	
od 1,0 do 4,0 m ²	

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. Možnost zápisu rozsahů oprav vychází z tab. 14. 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. Stejně jako KZS je nutné sledovat, resp. vypsát, rozsahy, které vycházejí z tab. 15, 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 (viz obr. 10):

- Varianta 1 – životnosti a rozsahy a četnosti údržby jsou vyplněny na základě výrobce KZS. [60] Rozsah a četnost oprav odpovídá údajům v publikaci [5] (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 [5]. Dále je upravena četnost oprav, která vychází z předpokládané odolnosti proti mechanickému poškození jednotlivých typů KZS.

DATABÁZE R/M/R					
KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM (KZS)	ŽIVOTNOST [roky]		OPRAVY		
	Varianta 1	Varianta 2 a 3	rozsah na 10 m ²	četnost [roky]	
				Varianta 1	Varianta 2 a 3
deska EPS 70 fasádní	50	30	od 0,5 do 1,0 m ²	15	5
deska EPS 100 fasádní	50	30	od 0,5 do 1,0 m ²	15	10
deska EPS grafitová fasádní	50	30	od 0,5 do 1,0 m ²	15	10
deska fasádní polystyrénová soklová	50	40	od 0,5 do 1,0 m ²	15	15
deska fasádní polystyrénová pro tepelné izolace spodní stěny	50	40	od 0,5 do 1,0 m ²	15	15
deska minerální podélné vlákno	50	60	od 0,5 do 1,0 m ²	15	5
deska minerální kolmé vlákno	50	60	od 0,5 do 1,0 m ²	15	5
deska z pěnoskla bez povrchové úpravy	50	60	od 0,5 do 1,0 m ²	15	10
deska z polystyrénu XPS	50	50	od 0,5 do 1,0 m ²	15	15
deska izolační sendvičová (polystyren+vata)	50	45	od 0,5 do 1,0 m ²	15	5
deska dřevovláknitá	50	40	od 0,5 do 1,0 m ²	15	5

TENKOVRSŤVÁ OMÍTKA	ÚDRŽBA		OPRAVY	
	četnost mytí fasády [roky]	četnost nátěru [roky]	rozsah na 10 m ² nebo v % celkové plochy	četnost [roky]
minerální zrnitá omítka	3	9	od 10 % do 30 %	20
minerální omítka rýhovaná	3	9	od 10 % do 30 %	20
akrylátová zrnitá omítka	3	9	od 10 % do 30 %	20
akrylátová rýhovaná omítka	3	9	od 10 % do 30 %	20
akrylátová mozaiková omítka	3	9	od 10 % do 30 %	20
silikátová zrnitá omítka	4	12	od 10 % do 30 %	20
silikátová rýhovaná omítka	4	12	od 10 % do 30 %	20
silikonová zrnitá omítka	4	12	od 10 % do 30 %	20
silikonová rýhovaná omítka	4	12	od 10 % do 30 %	20
silikonová hydrofilní zrnitá omítka	4	12	od 10 % do 30 %	20
silikonová hydrofilní rýhovaná omítka	4	12	od 10 % do 30 %	20
silikonsilikátová zrnitá omítka	5	15	od 10 % do 30 %	20
silikonsilikátová rýhovaná omítka	5	15	od 10 % do 30 %	20

Obr. 10: Databáze R/M/R pro výpočet LCC pro jednotlivé varianty [57]

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 demolicí 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. 11. V prvním řádku je výchozí návrhová varianta a pod ní jsou seřazeny alternativy dle nejnižší hodnoty LCC.

Podrobný výpočet je prezentován v příloze 2, a to pro nejefektivnější řešení varianty 1 – „deska EPS 70 fasádní tl. 120 mm + silikonsilikátová omítka tl. 2 mm“. Podrobnější výsledky pro všechny prezentované hodnoty nejsou součástí disertační práce z důvodu množství dat a možnosti, že nebudou dostatečně čitelné a srozumitelné, nicméně pro pochopení navrženého systému by měl být vzorový výpočet dostatečný.

Varianta 1	celkové LCC	tepelný odpor KZS [m ² ·K/W]	rozdíl oproti navrhovém u řešení
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%
deska fasádní polystyrénová soklová tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	205 434 Kč	3,43	-3%
deska izolační sendvičová (polystyren+vata) tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	215 492 Kč	3,64	2%
deska dřevovláknitá tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	219 566 Kč	3,33	4%
deska fasádní polystyrénová pro tepelné izolace spodní stavby tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	228 184 Kč	3,53	8%
deska z polystyrénu XPS tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	243 581 Kč	3,64	15%
deska minerální podélné vlákno tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	251 278 Kč	3,33	19%
deska minerální kolmé vlákno tl. 140 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	252 691 Kč	3,41	19%
deska z pěnoskla bez povrchové úpravy tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	358 841 Kč	3,16	69%

Varianta 2	celkové LCC	tepelný odpor KZS [m ² ·K/W]	rozdíl oproti navrhovém u řešení
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%
deska EPS 100 fasádní tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	192 394 Kč	3,24	-14%
deska z polystyrénu XPS tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	201 982 Kč	3,64	-10%
deska EPS 70 fasádní tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	205 756 Kč	3,08	-8%
deska izolační sendvičová (polystyren+vata) tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	206 687 Kč	3,64	-8%
deska dřevovláknitá tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	210 180 Kč	3,33	-6%
deska minerální podélné vlákno tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	243 513 Kč	3,33	8%
deska minerální kolmé vlákno tl. 140 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	246 426 Kč	3,41	10%
deska z pěnoskla bez povrchové úpravy tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	317 918 Kč	3,16	42%

Varianta 3	celkové LCC	tepelný odpor KZS [m ² ·K/W]	rozdíl oproti navrhovém u řešení
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%
deska EPS 70 fasádní tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	229 920 Kč	3,08	-11%
deska fasádní polystyrénová pro tepelné izolace spodní stavby tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	237 309 Kč	3,53	-8%
deska z polystyrénu XPS tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	243 581 Kč	3,64	-5%
deska izolační sendvičová (polystyren+vata) tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	254 084 Kč	3,64	-1%
deska dřevovláknitá tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	263 637 Kč	3,33	2%
deska minerální podélné vlákno tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	288 204 Kč	3,33	12%
deska minerální kolmé vlákno tl. 140 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	292 005 Kč	3,41	13%
deska z pěnoskla bez povrchové úpravy tl. 120 mm + silikonsilikátová rýhovaná omítka tl. 2 mm	364 660 Kč	3,16	42%

Obr. 11: Výstup z výpočtu LCC pro jednotlivé varianty [57]

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. 12.

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. 12: Ukázka výstupu informací, které je možné převést do BIM modelu [57]

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. 11.
- 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. 12), a tím pádem 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.
 - 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 případech, 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

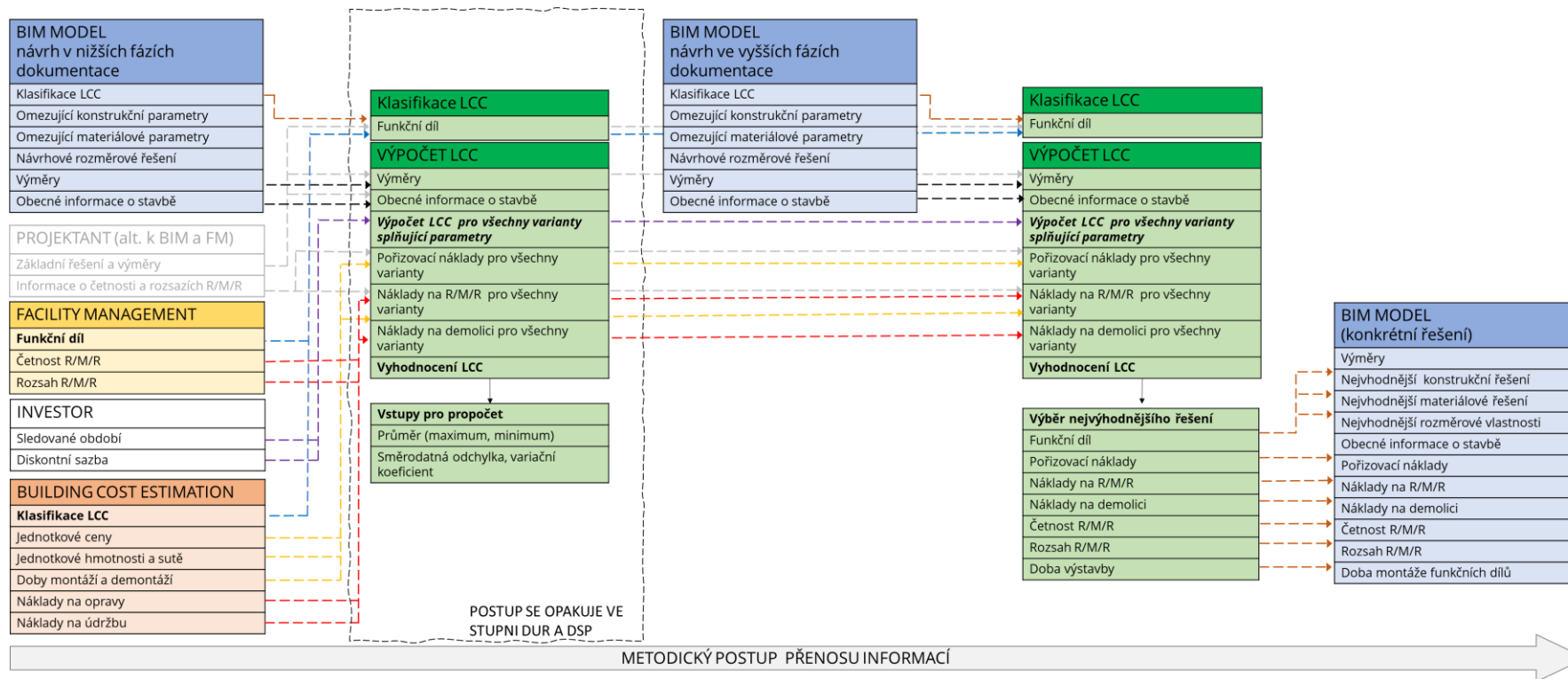
Jak bylo popsáno výše, 1. verze navržené metodiky nenaplnila požadavky na ni kladené. Dle autora je velmi důležitým aspektem sledování ceny stavby po celou dobu jejího návrhu, tj. od studie po prováděcí dokumentaci.

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 [66], 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 výstupy předány BIM modelu a následně do provozu budovy.



Obr. 13: 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 navrhování staveb je důležité vnitřní prostor rozdělit na místnosti nebo ucelené části. K tomuto účelu se používají vnitřní příčky. Na příčky nejsou kladeny zvláštní požadavky na únosnost – měly by unést svou vlastní tíhu či předměty na ně zavěšené. Hlavními požadavky na příčky jsou zvuková neprůzvučnost a případně požární odolnost, a to v případě, že oddělují požární úseky stavby. Vzhledem k tomu, že příčky jsou vnitřní konstrukcí, zasahují do plochy místností. Čím je menší tloušťka příčky, tím je větší plocha místnosti. To je důležité nejen z hlediska prodeje či pronájmu prostor, kdy větší plocha znamená i větší cenu, ale i z hlediska hygieny prostředí, kdy jsou důležité požadavky na velikosti místností či vzdálenosti například zařizovacích předmětů od stěn. V případě, že příčka odděluje prostor zatížený vlhkem anebo se v této místnosti přímo nachází (WC, koupelny apod.), je nutné splnit i požadavek odolávání 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.

Dělení a typů příček je velké množství, proto bude model navržen tak, aby zohledňoval běžně používané typy nenosných příček, a to zděné a montované. Zděné příčky se zařazují do kategorie těžké. Jedná se o cihly, tvárnice či bloky různých materiálů, které se zdí za pomoci malty či lepidla na vazbu tak, aby byla dosažena základní únosnost. Zděné příčky je nutné až na výjimky dekorativních povrchů celoplošně omítat. Ve většině případů jsou totiž deklarovány zvuková neprůzvučnost či požární odolnost dané omítnutým zdivem. [67]

Pro potřeby tvorby modelu se vychází z cenové databáze ÚRS [59], která obsahuje většinu v českém prostředí používaných zděných příček. Databáze obsahuje 63 možností zděných příček rozdělených do 8 kategorií (viz tab. 16). 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. Varianty přípravy podkladů dle cenové databáze ÚRS jsou také uvedeny v tab. 16.

Tab. 16: Seznam posuzovaných typů zděných příček, omítek a přípravy podkladu (vlastní zpracování, [59])

Typy zděné příčky	Typy omítky	Typy přípravy podkladu
příčky z cihel pálených	vápenná omítka	polymercementovým spojovacím můstkem
příčky z cihel nepálených	vápenocementová omítka	penetračním hliněným nátěrem
příčky z betonových tvárnic	cementová omítka	penetrační akrylát-silikonovou
příčky z keramických tvárnic	sádrová omítka	jílovým postříkem
příčky vápenopískové	hliněná omítka (speciální)	vápenným postříkem
příčky pórobetonové	tepelněizolační omítka (speciální)	cementovým postříkem
příčky betonové pro bezomítkové zdění	barytová omítka (speciální)	
příčky sádrové pro bezomítkové zdění		

Příprava podkladu je v závislosti na typu materiálu pro každý typ omítky jiná. Proto bylo dle dostupných podkladů sestaveno schéma kombinací zdivo – podklad – omítka, které při realizaci zděné příčky přicházejí v úvahu, a to pro běžné omítky (viz tab. 17) a omítky speciální (viz tab. 18).

Tab. 17: Schéma možných kombinací zdivo – podklad – standardní omítka (vlastní zpracování, [68])

	vápená omítka						vápenocementová omítka						cementová omítka						sádrová omítka					
	polymercementový spojovací můstek	penetrační hliněný nátěr	penetrace akrylát-silikonová	jílový postřík	vápenný postřík	cementový postřík	polymercementový spojovací můstek	penetrační hliněný nátěr	penetrace akrylát-silikonová	jílový postřík	vápenný postřík	cementový postřík	polymercementový spojovací můstek	penetrační hliněný nátěr	penetrace akrylát-silikonová	jílový postřík	vápenný postřík	cementový postřík	polymercementový spojovací můstek	penetrační hliněný nátěr	penetrace akrylát-silikonová	jílový postřík	vápenný postřík	cementový postřík
příčky z cihel	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
příčky z cihel nepálených	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
příčky z betonových tvárnic	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	-	X	X	-	X	-	-	X	X	-	X	-	-	-
příčky z keramických tvárnic	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-
příčky vápenopískové	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-
příčky pórobetonové	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-

Poznámka: (X...použitelné, O...není potřeba použít podkladní vrstvu, -...nepoužívá se / nelze použít).

Tab. 18: Schéma možných kombinací zdivo – podklad – speciální omítka (vlastní zpracování, [68])

	hliněná omítka						tepelněizolační omítka						barytová omítka					
	polymercementový spojovací můstek	penetrační hliněný nátěr	penetrace akrylát-silikonová	jílový postřík	vápenný postřík	cementový postřík	polymercementový spojovací můstek	penetrační hliněný nátěr	penetrace akrylát-silikonová	jílový postřík	vápenný postřík	cementový postřík	polymercementový spojovací můstek	penetrační hliněný nátěr	penetrace akrylát-silikonová	jílový postřík	vápenný postřík	cementový postřík
příčky z cihel	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
příčky z cihel nepálených	O	O	O	O	O	O	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
příčky z betonových tvárnic	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X
příčky z keramických tvárnic	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
příčky vápenopískové	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
příčky pórobetonové	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X

Poznámka: (X...použitelné, O...není potřeba použít podkladní vrstvu, -...nepoužívá se / nelze použít).

V případě montovaných příček se tyto zařazují do kategorie lehké. Jedná se o kombinaci roštu (nejčastěji tenkostěnného ocelového plechu) a tenkého deskovitého materiálu (nejčastěji sádrokartonové či sádrovláknité desky). 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 (od 10 do 15 mm) a vlastnosti (standardní, impregnované do vlhkého prostředí, protipožární, akustické či jejich kombinace). Pro zlepšení vlastností se záklop deskami může zdvojit či ztrojit. Před nanesením finální vrstvy je nutné nanést na montovanou stěnu základní penetraci. Pro potřeby kalkulací v modelu se montované příčky dělí na sádkartonové a sádrovláknité.

Na montované příčky se už nemusí nanášet omítka, tudíž není nutné řešit vztah příčky s omítkou. Tenkovrstvá omítka či přestěrkování se používá pouze v estetických případech, kdy je kladen důraz na stejnou strukturu stěn v místnosti či pro dosažení dokonalého vzhledu. Pro potřeby tohoto výzkumu nejsou však tyto příklady uvažovány.

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. [69]

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.

Tab. 19: Stanovení požadavků na příčku v různých úrovních projektové dokumentace (vlastní zpracování)

Úroveň projektové dokumentace	Typ příčky	Typ omítky	Tloušťka příčky
STS	0	0	0
DÚR	0	1	1
DSP	1	1	1

Poznámka: (1 – stanoveno, 0 – nestanoveno).

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. [26]

Dle výpočtu LCC je nutné zadat i diskontní sazbu a délku sledovaného období, po které chce investor vyhodnocovat LCC. V souladu s obecným přístupem [64] [28] byla diskontní sazba stanovena ve výši 5 % a sledované období v délce 100 let. Zadání jednotlivých parametrů a vlastností do výpočtového modelu je ukázáno na obr. 14.

	STS	DUR	DSP
Plocha [m2]	1,00	1,00	1,00
Parametry FD - Příčka			
Typ příčky:	nerozhoduje	nerozhoduje	zděné
Typ omítky u zděných příček:	nerozhoduje	standardní	standardní
Minimální stavební zvuková neprůzvučnost R'w [dB]:	42	42	42
Korekce Rw pro zděné příčky [dB]:	4	4	4
Korekce Rw pro montované příčky do 55 dB [dB]:	8	8	8
Korekce Rw pro montované příčky nad 55 dB [dB]:	8	8	8
Minimální požární odolnost:	EI 45	EI 45	EI 45
Vhodné do vlhka:	nerozhoduje	nerozhoduje	nerozhoduje
Tloušťka příčky [mm]:	nerozhoduje	do 150 mm	do 150 mm
Obecné parametry			
Výška budovy [m]:	6	6	6
Vzdálenost skládky [km]:	10	10	10
Životnost stavby [roky]:	100	100	100
Parametry pro výpočet ekonomické efektivity:			
Diskontní sazba:	5%	5%	5%
Hodnocené období [roky]:	100	100	100

Obr. 14: Zadání jednotlivých parametrů do výpočtového modelu pro všechny stupně dokumentace (vlastní zpracování)

4.10.1 Výpočet pořizovacích nákladů

Výpočet pořizovacích nákladů na provedení nenosné příčky se skládá z položek cenové databáze. Použití jednotlivých položek z cenové databáze záleží na typu nenosné příčky. Jak už bylo popsáno v podkapitole 4.10, v případě zděné příčky je nutné uvažovat o kombinaci tří položek, kterými jsou samotná příčka, podklad pod omítku a omítky. Jen dva typy zděné příčky jsou určeny pro bezomítkové zdění čili není u nich uvažováno s omítkou. 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

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 omítky je stejná jako životnost zděné příčky. Životnost nenosných příček vychází z databáze R/M/R. Ta je buď převedena z facility management systému, nebo ji může zadat projektant sám na základě zkušenosti.

Bourání zděné příčky je databázově rozlišené dle tloušťky a materiálu, takže je možné každé příčce přiřadit položku z cenové databáze. U montovaných příček se rozlišují materiál příčky (sádkartonová, sádrovláknitá) a počet opláštěných desek. Důležitou částí výpočtu jsou náklady spojené s přesunem sutě a s nakládáním 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 pořízení. 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 zařazení odpadu dle vyhlášky o katalogu odpadu. [65]

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 opravy (viz tab. 20).

Tab. 20: Členění oprav omítky dle cenové databáze [32]

Rozsah oprav dle plochy	Rozsah oprav daný procentem
do 0,09 m ²	do 10 %
přes 0,09 do 0,25 m ²	od 10 do 30 %
od 0,25 do 0,5 m ²	od 30 do 50 %
od 0,5 do 1,0 m ²	
od 1,0 do 4,0 m ²	

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

Tab. 21: Členění oprav montované příčky dle cenové databáze [32]

Rozsah oprav dle plochy
do 0,02 m ²
přes 0,02 do 0,1 m ²
od 0,1 do 0,25 m ²
od 0,25 do 1,0 m ²
od 1,0 do 1,5 m ²

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 [5] (viz tab. 22).

Tab. 22: Databáze životností a rozsahy a četnosti oprav pro zděné a montované příčky (vlastní zpracování, [5])

PŘÍČKY ZDĚNÉ	ŽIVOTNOST [roky]	OPRAVY	
		Rozsah v %	Četnost [roky]
příčky zděné	100	-	-
vápenná omítka	100	do 50 %	30
vápenocementová omítka	100	do 50 %	30
cementová omítka	100	do 50 %	30
sádrová omítka	100	do 50 %	30
hliněná omítka	100	do 50 %	30
tepelněizolační omítka	100	do 50 %	30
barytová omítka	100	do 50 %	30
PŘÍČKY MONTOVANÉ	ŽIVOTNOST [roky]	OPRAVY	
		Rozsah v %	Četnost [roky]
příčky sádrokartonové	100	do 50 %	30
příčky sádrovláknité	100	do 50 %	30

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. 23 je ukázán rozsah možných zadání nenosné příčky pro jednotlivé parametry:

Tab. 23: 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 suti,
- jednotkové pracnosti v Nh – pro určení časové náročnosti a vytvoření harmonogramu.

Celkem lze vytvořit 828 variant provedení zděných a montovaných příček. Příklad specifikace zděné příčky je ukázán v tab. 24 a specifikace montované příčky v tab. 25.

Tab. 24: Příklad zděné příčky z databáze (vlastní zpracování)

Popis:	Příčky jednoduché z cihel děrovaných klasických spojených na pero a drážku na maltu M5, pevnost cihel do P15, tl. příčky 115 mm
Typ příčky:	zděná
Typ materiálu:	příčka z cihel
Typ omítky:	vápenocementová omítka
Typ podkladu:	penetrace akrylát-silikonová
MJ:	m ²
Pořizovací náklady:	1 106,7 Kč/m ²
Náklady na 1 opravu: *dle tab. 22	478,0 Kč/m ² (nediskontované)
Náklady na bourání:	297,0 Kč/m ² (nediskontované)
Celková hmotnost:	0,14331 t
Celkové normohodiny:	1,3 Nh
Vážená laboratorní neprůzvučnost Rw:	46 dB
Požární odolnost:	EI 180
Vhodnost do vlhka:	ANO
Tloušťka příčky:	135 mm

Tab. 25: Příklad montované příčky z databáze (vlastní zpracování)

Popis:	Příčka ze sádrokartonových desek s nosnou konstrukcí z jednoduchých ocelových profilů UW, CW jednoduše opláštěná deskou standardní A tl. 12,5 mm, příčka tl. 75 mm, profil 50, s izolací, EI 30, Rw do 45 dB
Typ příčky:	montovaná
Typ materiálu:	příčka sádrokartonová
Typ desky:	A 1x12,5 mm
MJ:	m ²
Pořizovací náklady:	841,5 Kč/m ²
Náklady na 1 opravu: *dle tab. 22	494,7 Kč/m ² (nediskontované)
Náklady na bourání:	130,1 Kč/m ² (nediskontované)
Celková hmotnost:	0,02493 t
Celkové normohodiny:	0,02476 Nh
Vážená laboratorní neprůzvučnost Rw:	45 dB
Požární odolnost:	EI 30
Vhodnost do vlhka:	NE
Tloušťka příčky:	100 mm

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. 26 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. Data označená jako „maximum“ představují nejdražší možnou variantu řešení příčky z pohledu LCC, „minimum“ pak ekonomicky nejvýhodnější variantu. Data jsou dále doplněna o průměr, směrodatnou odchylku a variační koeficient.

Tab. 26: 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. 27.

Tab. 27: Vybraná příčka pro DPS (vlastní zpracování)

Popis:	Příčky nebo přízdívky jednoduché z příčkovek 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 tab. 22	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

Podrobné výpočty jsou prezentovány v příloze 3, a to pro vybranou příčku dle tab. 27. Podrobnější výsledky pro všechny prezentované hodnoty nejsou součástí disertační práce z důvodu množství dat a možnosti, že nebudou dostatečně čitelné a srozumitelné, nicméně pro pochopení navrženého systému by měl být vzorový výpočet dostatečný.

Příklad konstrukce nenosných příček ukazuje možnosti využití modelu pro kalkulaci LCC. Projektant do modelu zadává jednotlivé požadavky na základě známých informací o přičce 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 (tj. čím více se projekt nachází v úvodních fázích životního cyklu), tím bude rozsah vybraných možností širší, a model bude nabízet větší cenový rozsah.

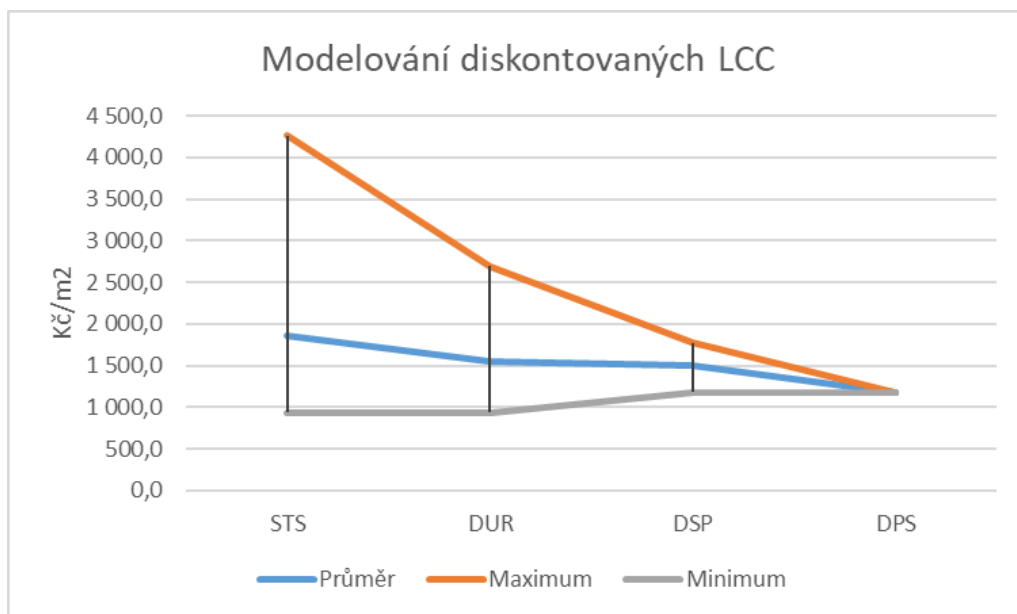
V rámci disertační práce byl řešen příklad možností nenosné příčky mezi bytovým prostorem a chodbu, která je vedena jako chráněná úniková cesta. Toto zadání dle normy definuje minimální požadavky na laboratorní zvukovou neprůzvučnost (42 dB) a minimální požární odolnost (EI 45). Model simuloval jednotlivé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

V tab. 28 jsou ukázány jednotlivé složky LCC – pořizovací ceny, náklady na R/M/R, náklady na likvidaci, a to v nediskontované formě. Tyto dílčí hodnoty mohou být dalším možným rozhodovacím kritériem při výběru konečné varianty pro DPS, a to z důvodu kladení důrazu například na nejnižší pořizovací cenu nebo nízké náklady v provozní fázi stavby.

Tab. 28: Rozdělení nediskontovaných složek LCC v jednotlivých stupních dokumentace (vlastní zpracování)

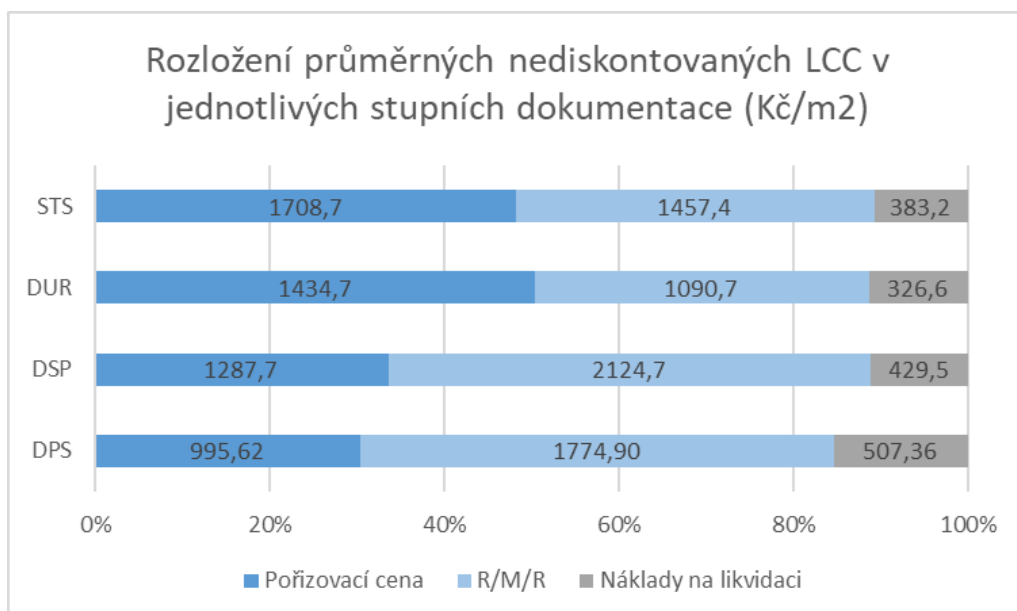
	Pořizovací cena (Kč/m ²)			R/M/R (Kč/m ²)			Náklady na likvidaci (Kč/m ²)		
	STS	DŮR	DSP	STS	DŮR	DSP	STS	DŮR	DSP
Průměr	1 708,7	1 434,7	1 287,7	1 457,4	1 090,7	2 124,7	383,2	326,6	429,5
Maximum	3 816,5	2 685,0	1 549,7	4 413,2	2 439,8	2 439,8	689,6	528,3	528,3
Minimum	930,8	930,8	995,6	67,1	67,1	1 774,9	139,0	139,0	289,6
Směrodatná odchylka	538,9	327,6	129,0	1 260,7	1 027,1	280,5	145,1	121,5	74,6
Variační koeficient	32 %	23 %	10 %	87 %	94 %	13 %	38 %	37 %	17 %

Na obr. (16 je možné vidět rozsah hodnot diskontovaných LCC v různých stupních dokumentace dle zadaných informací. V řešeném případě byly požadavky investora nenáročné po celou dobu přípravy projektu (postačovala standardní omítka místo speciální, menší tloušťka apod.), proto se cenový rozsah z pohledu LCC zužoval postupným vyřazování ekonomicky náročnějších řešení (tj. došlo k poklesu maximálních možných hodnot). Pokud by nastala situace, že investor by byl nucen požadavky kladené na příčku zvýšit, cenový rozsah by se upravoval i ve směru vyřazování nejlevnějších potenciálně dostupných řešení.



Obr. 15: Rozsahy hodnot LCC pro jednotlivé stupně dokumentace (vlastní zpracování)

Obr. (16) prezentuje rozložení jednotlivých složek LCC – pořizovací cenu, náklady R/M/R a náklady na likvidaci v různých stupních dokumentace, a to v nediskontované formě. Z obrázku je patrné postupné snižování zastoupení pořizovací ceny, která je u vybrané varianty cca 38 % z celkových LCC. Náklady v provozní fázi zabírají 44 % z celkových LCC a 19 % zabírají náklady na likvidaci. Právě náklady na likvidaci se zvýšily v zastoupení LCC v STS o cca 10 %, což je dáno výběrem zděné varianty, která je hmotnostně těžší než montovaná příčka, a tedy náklady na likvidaci jsou vyšší.



Obr. 16: Rozložení průměrných nediskontovaných složek LCC v jednotlivých stupních dokumentace (vlastní zpracování)

Do výpočtu LCC vstupují náklady z provozní fáze stavby (R/M/R). U nenosných příček byla databáze R/M/R převzata z literatury [5] 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. 27) 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.

5 SHRNU TÍ METODIKY PRO EFEKTIVNÍ VYUŽITÍ UKAZATELE LCC

Metodika efektivního využití ukazatele LCC (ukazatel nákladů životního cyklu stavby) slouží k optimalizaci nákladů a celkové efektivity stavebního projektu. Tato metodika umožňuje investorům a facility manažerům získat relevantní informace o nákladech životního cyklu stavby již od samotné studie, což v konečném důsledku povede k nákladově efektivně navržené stavbě.

Cílová skupina této metodiky je široká a zahrnuje investory, kteří následně provozují stavební objekty, stejně jako investory a developery, kteří se zaměřují na minimalizaci nákladů na výstavbu. Tímto způsobem je metodika přínosná pro různé typy subjektů, které mají zájem o dlouhodobé nákladově efektivní řešení.

Postup této metodiky lze rozdělit do několika kroků:

- 1. Volba diskontní sazby:** Investor si vybírá diskontní sazbu, která se použije při výpočtu LCC. Volba této sazby by měla odpovídat výnosnosti podobných projektů nebo specifickým požadavkům pro konkrétní typy veřejných projektů. Diskontní sazba ovlivní hodnotu nákladů z dlouhodobého hlediska, a proto je důležité zvolit ji uvážlivě. Více v podkapitole 2.4.
- 2. Volba sledovaného období:** Investor určuje sledované období, které odpovídá předpokládané životnosti stavebního objektu. Alternativně mohou investoři zadat do výpočtu požadovanou délku, která souvisí s návratností investice. Více v podkapitole 2.4.
- 3. Vstupní data o konstrukcích:** Investor nebo facility manažer vyplní tabulku s informacemi o jednotlivých konstrukcích a jejich materiálovém řešení. Tato data zahrnují rozsah a četnost oprav, údržby a životnost jednotlivých konstrukcí. Informace mohou být doplňovány na základě odhadovaných dat nebo na základě zkušeností z již provozovaných staveb. Možný přístup k zjišťování dat vstupujících do výpočtu je znázorněn v podkapitole 4.4. Níže je v tab. 29 nastíněn obecný formulář pro vyplnění dat.

Tab. 29: Obecný formulář pro vyplnění dat z provozní fáze LCC (vlastní zpracování)

	Životnost	Opravy		Údržba	
		Rozsah	Četnost	Rozsah	Četnost
funkční díl					
funkční část					
konstrukce 1					
materiálové řešení 1					
materiálové řešení ...					
materiálové řešení X					
konstrukce ...					
materiálové řešení 1					
materiálové řešení ...					
materiálové řešení X					
konstrukce X					
materiálové řešení 1					
materiálové řešení ...					
materiálové řešení X					

4. **Návrh stavby:** V prvních fázích projektování je nutné architektem/projektantem navrhnout danou stavbu, která bude obsahovat jednotlivé konstrukční části (v souladu s tab. 29). Návrh stavby začíná studií (STS) a pokračuje přes dokumentaci pro územní rozhodnutí a stavební povolení (DÚR a DSP) a končí dokumentací pro provádění staveb (DPS). V prvních třech fázích (STS, DÚR, DSP) se nevybírá konkrétní materiálové řešení, ale na danou konstrukci se kladou různé požadavky či omezení (ukázáno na příkladu vnitřních příček, viz tab. 23).
5. **Výpočet nákladů vstupujících do výpočtu LCC:** Pro každou konstrukci, resp. její materiálové varianty, musejí být stanoveny dílčí náklady – na pořízení, na výměnu, na údržbu, na opravu a demolici. Příklady výběru položek pro výpočet nákladů je ukázán v podkapitolách 4.8.1 až 4.8.5 pro KZS s tenkovrstvou omítkou, resp. 4.11.1 až 4.11.5 pro vnitřní nenosné příčky.
6. **Výpočet LCC (STS, DÚR, DSP):** Všechny vstupy z bodů 1–5 uvedených výše jsou nutné pro výpočet LCC. Pro každou konstrukci, resp. všechna materiálová řešení, která splňují požadavky či omezení, se provede výpočet LCC dle zadaných vstupů. Pro jednotlivé konstrukce je možné provést přesné vyhodnocení statickými metodami a určit tak např. nejlepší, nejhorší nebo nejpravděpodobnější scénář. V úvodních fázích je však velmi pravděpodobné, že v případě kombinace všech konstrukcí a jejich materiálových řešení bude

velké množství kombinací, které splní dané parametry. Je tedy vhodné použití metody Monte Carlo ke stanovení nejpravděpodobnější ceny, což je důležitá informace pro investora, který může s danou informací pracovat v průběhu návrhu.

- 7. Výpočet LCC (DPS):** Postupným zpřesňováním požadavků se v konečné fázi návrhu dospěje k množině možných materiálových řešení jednotlivých konstrukcí a projektant vybere tedy finální řešení s nejefektivnější LCC.
- 8. Předání dat pro facility management:** Vybrané nejefektivnější řešení obsahuje všechny informace vstupující do výpočtu. Tyto informace je možné následně předat pro následný provoz stavby. Sloužit mohou k dlouhodobému plánování nákladů či k stanovení plánu oprav a údržby. Příklady výstupu dat jsou prezentovány na obr. 12 a v tab. 27.

Mezi omezení této metodiky patří zaměření pouze na stavební součásti stavby. Nezahrnuje náklady na spotřebu energií a vody, což může být další důležitý aspekt provozních nákladů, který by měl být brán v úvahu zvlášť.

6 APLIKACE V PRAXI

Navržená metodika byla částečně použita na konkrétním řešeném projektu projektovaným Ateliérem Velehradský s. r. o. Jedná se o projekt novostavby budovy pro výuku, který probíhá v režimu design and build. Z důvodu, že je projekt v době vypracování disertační práce ve fázi výběru zhotovitele, nejsou zveřejnovány bližší identifikační údaje.

Zadáním bylo vytvořit podklady pro výběr zhotovitele – knihu standardů a BIM model. Investor mimo jiné požadoval vypočítat náklady životního cyklu stavby na 20 let při 5% diskontní sazbě.

Metodika byla použita jen částečně, jelikož zatím nebyla zpracována dokumentace pro provedení stavby, a tedy chybí vybrání konkrétního řešení a přenos dat pro provoz budovy. Detailněji byly řešeny nenosné vnitřní příčky, a to dle výše uvedeného řešení. Ostatní konstrukce byly oceněny na základě vhodných alternativ dané konstrukce, které splnily parametry.

Bohužel investor neposkytl vlastní vstupy z již provozovaných staveb a tedy životnosti, nákladnosti a četnosti oprav byly stanoveny odborným odhadem. Investor pouze specifikoval mzdové náklady na vlastní zaměstnance – údržbáře a uklízečky. Činnosti, které by tito zaměstnanci mohli provádět, nebyly v rámci výpočtu pro jednotlivé konstrukce uvažovány, nicméně se tento náklad projevil v celkových LCC jako náklad na vlastní zaměstnance.

Konkrétní výsledky pro dva druhy vnitřních příček jsou ukázány v tab. 30 a tab. 31. Projektantem byly zadány parametry – zděné příčky, maximální tloušťka 150 mm, minimální požární odolnost EI90, standardní omítky, zvuková neprůzvučnost byla v jednom případě bez požadavku (maximálně 42 dB) a v druhém minimálně 42 dB.

Tab. 30: Výsledné hodnoty pro příčku bez požadavku na akustické vlastnosti (vlastní zpracování)

plocha [m ²]	1 532		
počet možností	106		
	Pořizovací cena	LCC	LCC disk
jedn. cena – průměr [Kč/m ²]	1 154,0	1 840,7	1 276,5
celková cena – průměr [Kč]	1 767 928,00	2 819 937,08	1 955 628,64
jedn. cena – max. [Kč/m ²]	1 394,2	2 235,5	1 539,0
jedn. cena – min. [Kč/m ²]	987,5	1 533,0	1 085,8
směr. odchylka [Kč/m ²]	85,0	152,4	94,8
variační koeficient	7,4 %	8,3 %	7,4 %

Tab. 31: Výsledné hodnoty pro příčku s vyššími požadavky na akustické vlastnosti (vlastní zpracování)

plocha [m ²]	851		
počet možností	80		
	Pořizovací cena	LCC	LCC disk
jedn. cena – průměr [Kč/m ²]	1 274,1	2 602,4	1 441,0
celková cena – průměr [Kč]	1 084 290,51	2 214 618,15	1 226 293,37
jedn. cena – max. [Kč/m ²]	1 549,7	3 159,7	1 752,0
jedn. cena – min. [Kč/m ²]	995,6	2 120,4	1 140,3
směr. odchylka [Kč/m ²]	124,7	246,2	138,5
variační koeficient	9,8 %	9,5 %	9,6 %

Mimo náklady na realizaci, výměnu stavebních konstrukcí, externí údržbu/servis a opravy, které vycházejí z navržené metodiky, byly dopočteny další náklady vstupující do celkových LCC:

- projektová dokumentace,
- energie a voda,
- vlastní zaměstnanci,
- ostatní a spotřební materiál.

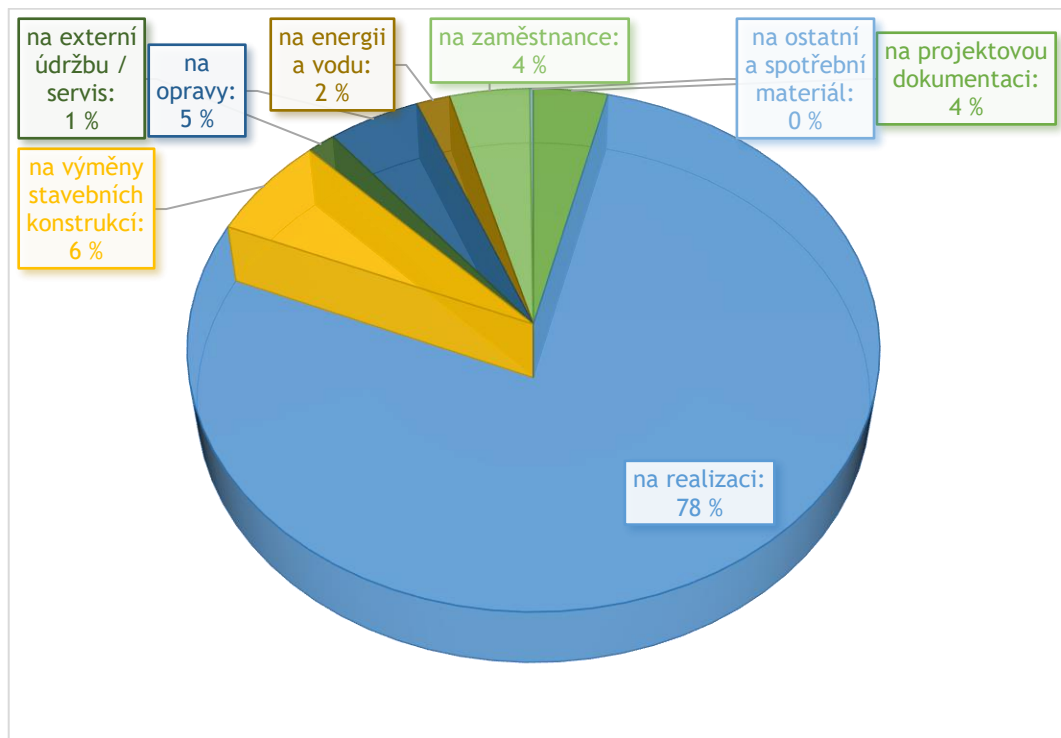
Náklady na projektovou dokumentaci vycházely z honorářového řádu za výkony projektových prací a obstaratelských činností.

Náklady na energii a vodu byly stanoveny na základě cenových vstupů od zadavatele a na základě předpokládané spotřeby energie z dynamického energetického modelu a vody dle výpočtu specialisty na zdravotně technické instalace.

Náklady na vlastní zaměstnance stanovil zadavatel na základě svých zkušeností s obdobným provozem.

Náklady na ostatní a spotřební materiál byly stanoveny odhadem.

Na obr. 17 je vidět rozložení celkových LCC při hodnoceném období 20 let a diskontní sazbě 5 %. Zvolené hodnocené období i diskontní sazba ukazují, že převládajícími náklady, a to 78 %, jsou náklady na realizaci.



Obr. 17: Graf rozložení LCC na konkrétním projektu pro hodnocení na 20 let při 5% diskontní sazbě (vlastní zpracování)

Závěrem lze konstatovat, že navržená metodika umožnila provést podrobnější výpočet nákladů životního cyklu stavby, a to alespoň u nenosných vnitřních příček.

ZÁVĚR

Jak už bylo v úvodu práce uvedeno, jednou z nejdůležitějších informací u výstavbových projektů je cena. Investor, který bude danou stavbu následně i provozovat, by měl dbát na to, aby navržená stavba byla nákladově efektivní v rámci celého životního cyklu stavby.

V rámci literární rešerše byly definovány základní pojmy týkající se daného tématu – fáze životního cyklu stavby, náklady životního cyklu stavby, modely kalkulace nákladů životního cyklu stavby, technicko-ekonomické informace a systémy využívající technicko-ekonomické informace. Na konci literární rešerše byla autorem popsána problematika využívání kalkulace nákladů životního cyklu staveb, resp. jejich nevyužívání.

Bylo upozorněno na několik základních problémů, kterými jsou:

- Využití ukazatele LCC až při výběru zhotovitele čili v době, kdy lze jen minimálně ovlivnit LCC.
- 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 při vysoké ceně minimální možnost změnit případný návrh.

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

Na základě výše uvedených problematických bodů byly nastaveny cíle, které by měla navržená metodika 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.

Výzkumná část práce se zaměřila na hledání metodiky pro efektivní výpočet nákladů životního cyklu stavby. V první fázi se výzkum zabýval možným propojením systémů využívajících technicko-ekonomické informace. Pro správné propojení byla konstatována potřeba jednotné klasifikace, která by zajistila kompatibilitu mezi jednotlivými systémy. Autorem byla navržena možná klasifikace třídění nazvaná klasifikace LCC. Nicméně je důležité upozornit, že pro dále navrženou metodiku je možné použít jakoukoliv jednotnou klasifikaci.

Jak již bylo uvedeno v úvodu práce, navržená metodika má své omezení. Autor práce si uvědomuje, že součástí ukazatele LCC jsou i náklady na spotřebu energie a vody, nicméně tato část nebyla v disertační práci řešena. Metodika je zaměřena pouze na konstrukce, ze kterých se stavba skládá.

V rámci výzkumu byly formulovány a prakticky ověřeny dvě verze metodiky pro efektivní využití ukazatele LCC.

První verze metodiky zcela nenaplnila cíl znát orientační cenu LCC už v nižších stupních dokumentace. Z tohoto důvodu byl ve druhé verzi metodiky přidán krok, který tento nedostatek odstranil. Praktické využití metodiky bylo předvedeno na konstrukci nenosných příček, kde, jak je možné vidět v podkapitole 4.10.7, lze vidět několik možných výstupů, které je možné použít 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 vstupy 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] DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. *Projektový management podle IPMA*. 2., akt. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-2474-275-5.
- [5] MARKOVÁ, Leonora. *Náklady životního cyklu stavby: náklady investora, celospolečenské dopady*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-762-8.
- [6] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb.
- [7] 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.
- [8] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).
- [9] 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>.
- [10] 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>.
- [11] KUDA, František a Eva WERNEROVÁ. *Facility management v technické správě a údržbě budov*. Praha: Professional Publishing, 2012. ISBN 978-80-7431-114-7.
- [12] 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>
- [13] 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>
- [14] 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>
- [15] 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>
- [16] ČSN ISO 15686-5. *Budovy a jiné stavby – Plánování životnosti – Část 5: Posuzování nákladů životního cyklu*. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- [17] Zákon č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek.
- [18] *Zákon o zadávání veřejných zakázek: úplné znění podle stavu k 1. 10. 2016*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2016. ISBN 978-80-87438-80-0.
- [19] PROSTĚJOVSKÁ, Zita. *Management výstavbových projektů*. Praha: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04142-0.

- [20] TILLMANN, Jiří. *Příprava, provádění a užívání staveb (1. díl)*. Praha: Prospektrum, 1997. ISBN 80-717-5050-6.
- [21] 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>
- [22] KISHK, Mohammed. On the mathematical modelling of whole-life costs. *21st Annual ARCOM Conference, 7–9 September 2005* [online]. SOAS, University of London, ACROM, 2005, 239–248 [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: https://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2005-0239-0248_Kishk.pdf
- [23] *ATSM E917 – 17 Standard Practice for measuring Internal Rates of Return for Investments in Buildings and Building Systems*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1985.
- [24] BICCARI, Carla Di, Jimmy ABUALDENIEN, Andre BORRMANN a Alessandro CORALLO. A BIM-Based Framework to Visually Evaluate Circularity and Life Cycle Cost of buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2019, **290**, 012043 [cit. 2023-08-07]. ISSN 1755-1315. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/290/1/012043/pdf>
- [25] SOBANJO, John O. Facility life-cycle cost analysis based on fuzzy sets theory. *8 DBMC – 8th International Conference on Durability of Building Materials and Components, Vancouver, May 30 – June 3 1999* [online]. DBMC, 1999 [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB1808.pdf>
- [26] KUPILÍK, Václav. *Závady a životnost staveb*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-581-5.
- [27] 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

- [28] 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>
- [29] 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>
- [30] 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>
- [31] 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>
- [32] 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>
- [33] 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-kontaktniho-zatepovaciho-systemu>
- [34] NS 3454:2013. *Livssyklusluskostnader for byggverk – Prinsipper og klassifikasjon (Life cycle costs for construction works – Principles and classification)*. Lysaker: Standard Norge, 2013.

- [35] 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>
- [36] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Dosažené výsledky projektu Metodika LCC* [online]. Centrum pokročilých materiálů a efektivních budov, 2013 [cit. 2023-08-10]. Dostupné z: <https://www.cameb.cz/metodika-lccvysledky>
- [37] 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>
- [38] ČERNÝ, Martin. *BIM příručka*. Praha: Odborná rada pro BIM, 2013. ISBN 978-80-260-5296-8.
- [39] 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.
- [40] 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.
- [41] BIOLEK, Vojtěch. *Stavební objekt a jeho životní cyklus z pohledu BIM*. Brno, 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Vedoucí práce Petr Aigel.
- [42] JUSZCZYK, Michał, Miloslav VÝSKALA a Krzysztof ZIMA. Prospects for the use of BIM in Poland and the Czech Republic – Preliminary Research Results. *Procedia Engineering* [online]. 2015, **123**, 250–259 [cit. 2023-08-11]. ISSN 1877-7058. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.086>
- [43] 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/>

- [44] Cenová soustava ÚRS. *Třídění stavebních konstrukcí a prací (TSKP)* [online]. [cit. 2023-08-11]. Dostupné z: <https://www.cs-urs.cz/tridniky-a-ciselniky/tskp/>
- [45] 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>
- [46] MACEK, Daniel a Jiří DOBIÁŠ. 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>
- [47] 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>
- [48] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Udržitelné pořizování staveb: ekonomické aspekty*. Praha: Wolters Kluwer, 2011. ISBN 978-80-7357-642-4.
- [49] KMOCHOVÁ, Alena. *Pasporty domů, bytů a nebytových prostor*. Praha: Polygon, 1996. ISBN 80-85967-39-1.
- [50] MIKŠ, Lubomír. *Optimalizace technickoekonomických charakteristik životního cyklu stavebního díla*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-599-0.
- [51] 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.
- [52] PITTARD, Steve a Peter SELL (eds.). *BIM and Quantity Surveying*. London: Routledge, 2016. ISBN 978-0-415-87043-6.
- [53] BUNEŠ, Jiří. *Klasifikační systém CCI – Přínosy užívání CCI ve stavebnictví* [online]. Koncepce BIM, 2022 [cit. 2023-08-12]. Dostupné z: https://www.koncepcebim.cz/uploads/inq/files/Klasifikační%20systém%20CCI_a_gentura%20ČAS.pdf

- [54] Česká agentura pro standardizaci. *Klasifikační systém CCI* [online]. [cit. 2023-08-12]. Dostupné z: <https://www.koncepcbim.cz/846-klasifikacni-system-cci>
- [55] 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>
- [56] BIOLEK, Vojtěch, Tomáš HANÁK a Ivan MAROVIČ. 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>
- [57] 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>
- [58] 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>
- [59] ÚRS. *Katalog stavebních konstrukcí a prací ÚRS*.
- [60] SAINT-GOBAIN, ISOVER. *Katalog výrobků Isover*. 2019.
- [61] BACHL. *Fyzikální vlastnosti extrudovaného polystyrénu XPS* [online]. Modřice: BACHL, spol. s r.o. [cit. 2023-08-13]. Dostupné z: https://www.bachl.cz/media/files/Fyzikalni_vlastnosti_extrudovaneho_polystyrenu_XPS.pdf
- [62] Pittsburgh Corning CR. *FOAMGLAS W+F: Technický list* [online]. 1. 8. 2021 [cit. 2023-08-13]. Dostupné z: <https://www.foamglas.com/-/media/project/foamglas/public/shared/files/foamglas-b/foamglas-f/pds/pds-foamglas-f-cz.pdf>
- [63] STEICO. *STEICOFlex 036: Technický list* [online]. [cit. 2023-08-14]. Dostupné z: https://web.steico.com/fileadmin/steico/content/pdf/Marketing/Czech/Products/STEICOflex_036_cz_i.pdf

- [64] 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>
- [65] Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů).
- [66] DŘÍMAL, Jiří, David TRUNEC a Antonín BRABLEC. *Úvod do metody Monte Carlo*. Brno: Masarykova univerzita, 2006.
- [67] ESTAV.cz. *Příčky zděné (těžké)* [online]. [cit. 2023-08-14]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/808.pricky-zdene-tezke>
- [68] CEMIX. *Jednovrstvé a dvouvrstvé omítkové systémy* [online]. Cemix, s.r.o., 2012 [cit. 2023-08-14]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/data/files/cemix_omitkove_systemy_2012.pdf
- [69] ČSN 730532. *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2020.
- [70] NS 3451:2022. *Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder (Table of building elements and table of codes for systems in buildings with associated outdoor areas)*. Lysaker: Standard Norge, 2022.

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1: Životní cyklus stavby (vlastní zpracování, [3] [5] [7]).....	11
Obr. 2: Procentuální rozdělení nákladů životního cyklu stavebního objektu (vlastní zpracování, [11]).....	13
Obr. 3: Graf závislosti vývoje LCC a možnosti jejich ovlivnění v jednotlivých fázích životního cyklu stavebního objektu (vlastní zpracování, [19] [20] [21])	16
Obr. 4: BIM a účastníci stavebního projektu [41]	23
Obr. 5: Příklad agregace položek cenové databáze do funkčních dílů [56].....	37
Obr. 6: Příklad struktury dat ve facility management softwaru a převod do LCC výpočtu [56].....	38
Obr. 7: Příklad přenosu dat mezi softwary	40
Obr. 8: 1. verze metodiky přenosu informací mezi jednotlivými systémy [57]	43
Obr. 9: Přehled vstupních parametrů pro výpočet LCC pro jednotlivé varianty [56]	46
Obr. 10: Databáze R/M/R pro výpočet LCC pro jednotlivé varianty [57]	52
Obr. 11: Výstup z výpočtu LCC pro jednotlivé varianty [57]	54
Obr. 12: Ukázka výstupu informací, které je možné převést do BIM modelu [57]	55
Obr. 13: 2. verze metodiky přenosu informací mezi jednotlivými systémy (vlastní zpracování).....	58
Obr. 14: Zadání jednotlivých parametrů do výpočtového modelu pro všechny stupně dokumentace (vlastní zpracování)	63
Obr. 15: Rozsahy hodnot LCC pro jednotlivé stupně dokumentace (vlastní zpracování)	70
Obr. 16: Rozložení průměrných nediskontovaných složek LCC v jednotlivých stupních dokumentace (vlastní zpracování)	70
Obr. 17: Graf rozložení LCC na konkrétním projektu pro hodnocení na 20 let při 5% diskontní sazbě (vlastní zpracování).....	78

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1: Struktura LCC podle evropské normy ISO 15686_5 [16].....	14
Tab. 2: Data pro výpočet LCC stavebního objektu pro položky povrchů	21
Tab. 3: Příklad klasifikace stavebních částí dle norské normy NS 3451 [33]	21
Tab. 4: Základní členění stavební části TSKP (bez vnitřních instalací) [44] [45].....	25
Tab. 5: Příklad členění stavebního objektu u facility management softwaru [49]	26
Tab. 6: Členění stavebního objektu na funkční díly [5]	26
Tab. 7: Základní členění BIM modelu [51]	27
Tab. 8: Závislost detailnosti modelu na stupni dokumentace a úrovni ocenění (vlastní zpracování, [52]).....	28
Tab. 9: Základní část klasifikace LCC [55].....	35
Tab. 10: Porovnání navržené klasifikace se strukturou BIM modelu a členění TSKP [55]	36
Tab. 11: Výpis jednotlivých typů KZS s možnostmi jejich tloušťek, součinitelem tepelné vodivosti a s určením zvláštní vlastnosti [59] [60] [61] [62] [63]	44
Tab. 12: Výpis tenkovrstvých omítek s možnostmi jejich tloušťek [59]	45
Tab. 13: Přiřazení typů nátěrů k jednotlivým typům omítek (bez uvažování struktury)	49
Tab. 14: Členění oprav KZS dle cenové databáze [59]	50
Tab. 15: Členění oprav tenkovrstvé omítky dle cenové databáze [59].....	50
Tab. 16: Seznam posuzovaných typů zděných příček, omítek a přípravy podkladu (vlastní zpracování, [59]).....	60
Tab. 17: Schéma možných kombinací zdivo – podklad – standardní omítka (vlastní zpracování, [68]).....	61
Tab. 18: Schéma možných kombinací zdivo – podklad – speciální omítka (vlastní zpracování, [68]).....	61
Tab. 19: Stanovení požadavků na příčku v různých úrovních projektové dokumentace (vlastní zpracování).....	62
Tab. 20: Členění oprav omítky dle cenové databáze [32]	65
Tab. 21: Členění oprav montované příčky dle cenové databáze [32].....	65
Tab. 22: Databáze životností a rozsahy a četnosti oprav pro zděné a montované příčky (vlastní zpracování, [5]).....	66

Tab. 23: Rozsah zadání jednotlivých parametrů pro nenosné příčky (vlastní zpracování)	66
.....	
Tab. 24: Příklad zděné příčky z databáze (vlastní zpracování)	67
Tab. 25: Příklad montované příčky z databáze (vlastní zpracování)	67
Tab. 26: Výsledky LCC pro jednotlivé úrovně dokumentace – STS, DÚR, DSP (vlastní zpracování)	68
Tab. 27: Vybraná příčka pro DPS (vlastní zpracování)	68
Tab. 28: Rozdělení nediskontovaných složek LCC v jednotlivých stupních dokumentace (vlastní zpracování)	69
Tab. 29: Obecný formulář pro vyplnění dat z provozní fáze LCC (vlastní zpracování)	74
Tab. 30: Výsledné hodnoty pro příčku bez požadavku na akustické vlastnosti (vlastní zpracování)	77
Tab. 31: Výsledné hodnoty pro příčku s vyššími požadavky na akustické vlastnosti (vlastní zpracování)	77

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ASTM	americká asociace pro testování a materiály
BIM	Building Information Modelling, informační modelování budov
CAMEB	Centre for Advanced Materials and Efficient Buildings, Centrum pokročilých materiálů a efektivních budov
CCI	Construction Classification International
CRAB	Centrální registr administrativních budov
ČSN	české technické normy
DCF	Discount Cash Flow, diskontované peněžní toky
DPS	dokumentace pro provádění stavby
DSP	dokumentace pro stavební povolení
DSPS	dokumentace skutečného provedení stavby
DÚR	dokumentace pro územní řízení (rozhodnutí)
EN	evropské normy schválené evropskými normalizačními organizacemi
EPS	expandovaný polystyren
ETICS	kontaktní zateplovací systém s tenkovrstvou omítkou
FD	funkční díl
FM	Facility Management
HSV	hlavní stavební výroba
CHÚC	chráněná úniková cesta
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	mezinárodní normy schválené Mezinárodní organizací pro normalizaci
KSO	klasifikace stavebních oborů
KZS	kontaktní zateplovací systém
LCA	Life Cycle Assessment

LCC	Life Cycle Cost, náklady životního cyklu
LOD	Level of Detail, úroveň podrobnosti
MJ	měrná jednotka
Nh	normohodiny
NPV	Net Present Value, čistá současná hodnota
NS	norská norma
PSV	přidružená stavební výroba
R/M/R	Repair/Maintenance/Replace, opravy/údržba/výměny
STS	studie stavby
tl.	tloušťka
TSKP	třídník stavebních konstrukcí a prací
ÚRS	Ústav racionalizace ve stavebnictví, dnes cenová databáze
XPS	extrudovaný polystyren
ŽB	železobeton
ŽP	životní prostředí

SEZNAM VLASTNÍ PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI

BIOLEK, V. *BIM a stavebně-ekonomické systémy v prostředí České republiky*. Juniorstav 2019. Brno: VUT, FAST, 2019. s. 585-589. ISBN 978-80-86433-71-4.

BIOLEK, V. Cost estimation of BIM models at lower levels of detail. In *PBE PhD FORUM 2016*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2016. p. 6-15. ISBN 978-80-214-5407-1.

BIOLEK, V.; DOMANSKÝ, V.; VÝSKALA, M. Interconnection of Construction-Economic Systems with BIM in the Czech Environment. In *International Scientific Conference "People, Buildings and Environment 2018 (PBE)*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Velká Británie: IOP Conference Series, 2019. p. 1-7. ISSN 1755-1307.

BIOLEK, V.; HANÁK, T. BIM a oceňování staveb. In *Juniorstav 2017*. Brno: VUT, FAST, 2017. s. 1-6. ISBN 978-80-214-5462-0.

BIOLEK, V.; HANÁK, T. Conceptual framework for management of the life cycle costs of buildings. In *26th International Scientific Conference on Economic and Social Development - "Building Resilient Society"*. Book Series: International Scientific Conference on Economic and Social Development. Varazdin, Croatia: Varazdin Development and Entrepreneurship Agency, 2017. p. 466-472. ISSN 1849-7535.

BIOLEK, V.; HANÁK, T. LCC Estimation Model: A Construction Material Perspective. *Buildings*, 2019, vol. 9, no. 8, p. 1-19. ISSN 2075-5309.

BIOLEK, V.; HANÁK, T. Material life cycle costing of buildings: A case study. In *International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM 2017)*. Řecko: AIP Conference Proceedings, 2018. p. 1-4. ISBN 978-0-7354-1690-1.

BIOLEK, V.; HANÁK, T.; HANÁK, M. Proposed Interconnecting Database for BIM Models and Construction-Economic Systems in The Czech Republic. In *4th World Multidisciplinary Civil Engineering, Architecture, Urban Planning Symposium (WMCAUS 2018)*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. UK: IOP Conference Series, 2019. p. 1-7. ISSN 1757-8981.

BIOLEK, V.; HANÁK, T.; MAROVIĆ, I. Data Flow in Relation to Life-Cycle Costing of Construction Projects in the Czech Republic. In *IOP Conference Series-Materials Science and Engineering*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Science, 2017. p. 1-9. ISSN 1757-8981.

HANÁK, T.; BIOLEK, V.; JÉGL, A. Aspects of IT adoption in the construction sector: an empirical study. In *International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2016*. International multidisciplinary geoconference SGEM. Sofie, Bulharsko: International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM, 2016. p. 85-92. ISBN 978-619-7105-58-2. ISSN 1314-2704.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Ocenění za publikovaný článek v časopise Buildings v roce 2019	I
Příloha 2: Výpočty pro nejefektivnější řešení varianty 1 dle 1. verze metodiky	II
Příloha 3: Výpočty pro vybranou příčku dle 2. verze metodiky	V

PŘÍLOHY

Příloha 1: Ocenění za publikovaný článek v časopise Buildings v roce 2019



CERTIFICATE EDITOR'S CHOICE ARTICLES

This certificate is given to

Vojtěch Biolek and Tomáš Hanák

in recognition of the outstanding publication
"LCC Estimation Model: A Construction Material Perspective"
Buildings 2019, 9(8), 182, doi:10.3390/buildings9080182



Dr. Shu-Kun Lin
President & Publisher
MDPI

**Příloha 2: Výpočty pro nejefektivnější řešení varianty 1 dle 1. verze metodiky –
deska EPS 70 fasádní tl. 120 mm + silikonsilikátová omítka tl. 2 mm**

Pořizovací náklady

Náklady soupisu celkem							115 744,32
D	HSV	Práce a dodávky HSV					115 744,32
D	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní					104 930,00
1	K	622211021	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 120 mm	m2	100,000	544,00	54 400,00 CS ÚRS 2019 01
2	M	28375939	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 120mm	m2	100,000	138,00	13 800,00 CS ÚRS 2019 01
3	K	622251101	Příplatek k cenám kontaktního zateplení stěn za použití tepelněizolačních zátek z polystyrenu	m2	100,000	90,30	9 030,00 CS ÚRS 2019 01
4	K	622541051	Tenkovrstvá silikonsilikátová ryhovaná omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	100,000	277,00	27 700,00 CS ÚRS 2019 01
D	9	Ostatní konstrukce a práce, bourání					10 438,23
5	K	941211111	Montáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	100,000	42,80	4 280,00 CS ÚRS 2019 01
6	K	941211211	Příplatek k lešení řadovému rámovému lehkému š 0,9 m v do 25 m za první a ZKD den použití	m2	2 010,300	1,77	3 558,23 CS ÚRS 2019 01
7	K	941211811	Demontáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	100,000	26,00	2 600,00 CS ÚRS 2019 01
D	998	Přesun hmot					376,09
8	K	998011002	Přesun hmot pro budovy zděné v do 12 m	t	1,348	279,00	376,09 CS ÚRS 2019 01

Náklady na výměnu

Náklady soupisu celkem							126 176,42
D	HSV	Práce a dodávky HSV					126 176,42
D	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní					104 930,00
1	K	622211021	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 120 mm	m2	100,000	544,00	54 400,00 CS ÚRS 2019 01
2	M	28375939	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 120mm	m2	100,000	138,00	13 800,00 CS ÚRS 2019 01
3	K	622251101	Příplatek k cenám kontaktního zateplení stěn za použití tepelněizolačních zátek z polystyrenu	m2	100,000	90,30	9 030,00 CS ÚRS 2019 01
4	K	622541051	Tenkovrstvá silikonsilikátová ryhovaná omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	100,000	277,00	27 700,00 CS ÚRS 2019 01
D	9	Ostatní konstrukce a práce, bourání					16 441,20
5	K	941211111	Montáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	100,000	42,80	4 280,00 CS ÚRS 2019 01
6	K	941211211	Příplatek k lešení řadovému rámovému lehkému š 0,9 m v do 25 m za první a ZKD den použití	m2	2 537,400	1,77	4 491,20 CS ÚRS 2019 01
7	K	941211811	Demontáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	100,000	26,00	2 600,00 CS ÚRS 2019 01
8	K	966080103	Bourání kontaktního zateplení z polystyrenových desek tloušťky do 120 mm	m2	100,000	50,70	5 070,00 CS ÚRS 2019 01
D	997	Přesun sutě					4 429,13
9	K	997013153	Vnitrostaveništní doprava sutí a vzbouřených hmot pro budovy v do 12 m s omezením mechanizace	t	1,348	1 010,00	1 361,48 CS ÚRS 2019 01
10	K	997013501	Odvoz sutí a vzbouřených hmot na skládku nebo meziskládku do 1 km se složením	t	1,348	237,00	319,48 CS ÚRS 2019 01
11	K	997013509	Příplatek k odvozu sutí a vzbouřených hmot na skládku ZKD 1 km přes 1 km	t	39,092	10,30	402,65 CS ÚRS 2019 01
12	K	997013814	Poplatek za uložení na skládce (skládkovné) stavebního odpadu izolaci kód odpadu 170 604	t	1,348	1 740,00	2 345,52 CS ÚRS 2019 01
D	998	Přesun hmot					376,09
13	K	998011002	Přesun hmot pro budovy zděné v do 12 m	t	1,348	279,00	376,09 CS ÚRS 2019 01

Náklady na demolici

Náklady soupisu celkem							17 213,33
D	HSV	Práce a dodávky HSV					17 213,33
D	9	Ostatní konstrukce a práce, bourání					12 784,20
1	K	941211111	Montáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m ²	100,000	42,80	4 280,00 CS ÚRS 2019 01
2	K	941211211	Příplatek k lešení řadovému rámovému lehkému š 0,9 m v do 25 m za první a ZKD den použití	m ²	471,300	1,77	834,20 CS ÚRS 2019 01
3	K	941211811	Demontáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m ²	100,000	26,00	2 600,00 CS ÚRS 2019 01
4	K	966080103	Bourání kontaktního zateplení z polystyrenových desek tloušťky do 120 mm	m ²	100,000	50,70	5 070,00 CS ÚRS 2019 01
D	997	Přesun sutě					4 429,13
5	K	997013153	Vnitrostaveništní doprava sutí a vybouraných hmot pro budovy v do 12 m s omezením mechanizace	t	1,348	1 010,00	1 361,48 CS ÚRS 2019 01
6	K	997013501	Odvoz sutí a vybouraných hmot na skládku nebo meziskládku do 1 km se složením	t	1,348	237,00	319,48 CS ÚRS 2019 01
7	K	997013509	Příplatek k odvozu sutí a vybouraných hmot na skládku ZKD 1 km přes 1 km	t	39,092	10,30	402,65 CS ÚRS 2019 01
8	K	997013814	Poplatek za uložení na skládce (skládkovné) stavebního odpadu izolací kód odpadu 170 604	t	1,348	1 740,00	2 345,52 CS ÚRS 2019 01

Náklady na opravy KZS

Náklady soupisu celkem							11 976,88
D	HSV	Práce a dodávky HSV					11 976,88
D	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní					11 137,10
1	K	622215124	Oprava kontaktního zateplení stěn z polystyrenových desek tloušťky do 120 mm plochy do 1,0m ²	kus	10,000	624,71	6 247,10 CS ÚRS 2019 01
2	M	28375939	deska EPS 70 fasádní λ=0,039 tl 120mm	m ²	10,000	138,00	1 380,00 CS ÚRS 2019 01
3	K	622525104	Tenkovrstvá omítka malých ploch do 1,0m ² na stěnách	kus	10,000	351,00	3 510,00 CS ÚRS 2019 01
D	9	Ostatní konstrukce a práce, bourání					611,00
4	K	949101112	Lešení pomocné pro objekty pozemních staveb s lešeníovou podlahou v do 3,5 m zatížení do 150 kg/m ²	m ²	10,000	61,10	611,00 CS ÚRS 2019 01
D	998	Přesun hmot					228,78
5	K	998018002	Přesun hmot ruční pro budovy v do 12 m	t	0,186	1 230,00	228,78 CS ÚRS 2019 01

Náklady na opravy tenkovrstvé omítky

Náklady soupisu celkem							1 606,22
D	HSV	Práce a dodávky HSV					1 606,22
D	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní					978,00
1	K	622525202	Oprava tenkovrstvé omítky stěn v rozsahu do 30%	m ²	10,000	97,80	978,00 CS ÚRS 2019 01
D	9	Ostatní konstrukce a práce, bourání					611,00
2	K	949101112	Lešení pomocné pro objekty pozemních staveb s lešeníovou podlahou v do 3,5 m zatížení do 150 kg/m ²	m ²	10,000	61,10	611,00 CS ÚRS 2019 01
D	998	Přesun hmot					17,22
3	K	998018002	Přesun hmot ruční pro budovy v do 12 m	t	0,014	1 230,00	17,22 CS ÚRS 2019 01

Náklady na omytí fasády

Náklady soupisu celkem							5 590,00
D	HSV	Práce a dodávky HSV					5 590,00
D	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní					5 590,00
1	K	629995101 Očištění vnějších ploch tlakovou vodou	m2	100,000	55,90		5 590,00 CS ÚRS 2019 01

Náklady na nátěr omítky

Náklady soupisu celkem							33 409,36
D	HSV	Práce a dodávky HSV					8 609,36
D	9	Ostatní konstrukce a práce, bourání					8 134,58
1	K	941211111 Montáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	100,000	42,80		4 280,00 CS ÚRS 2019 01
2	K	941211211 Příplatek k lešení řadovému rámovému lehkému š 0,9 m v do 25 m za první a ZKD den použití	m2	708,800	1,77		1 254,58 CS ÚRS 2019 01
3	K	941211811 Demontáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	100,000	26,00		2 600,00 CS ÚRS 2019 01
D	998	Přesun hmot					474,78
4	K	998018002 Přesun hmot ruční pro budovy v do 12 m	t	0,386	1 230,00		474,78 CS ÚRS 2019 01
D	PSV	Práce a dodávky PSV					24 800,00
D	783	Dokončovací práce - nátěry					24 800,00
5	K	783801505 Omytí omítek s odmaštěním před provedením nátěru	m2	100,000	48,60		4 860,00 CS ÚRS 2019 01
6	K	783823135 Penetrační silikonový nátěr hladkých, tenkovrstvých zrnitých nebo štukových omítek	m2	100,000	43,40		4 340,00 CS ÚRS 2019 01
7	K	783827425 Krycí dvojnásobný silikonový nátěr omítek stupně čístenosti 1 a 2	m2	100,000	156,00		15 600,00 CS ÚRS 2019 01

Výpočet LCC

rok	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
pořizovací náklady [Kč]	115 744										
údržba [Kč]		5 590	5 590	38 999	5 590	5 590	38 999	5 590	5 590	38 999	
opravy [Kč]				11 977	1 606		11 977		1 606	11 977	
výměny [Kč]											126 176
demolice [Kč]											
celkem LCC - nedisk. [Kč]	115 744	5 590	5 590	50 976	7 196	5 590	50 976	5 590	7 196	50 976	126 176
diskontní faktor (5%)	1	0,78353	0,61391	0,48102	0,37689	0,2953	0,23138	0,18129	0,14205	0,1113	0,0872
celkem LCC - disk. [Kč]	115 744	4 380	3 432	24 520	2 712	1 651	11 795	1 013	1 022	5 673	11 003
rok	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	celkem
pořizovací náklady [Kč]											
údržba [Kč]	5 590	5 590	38 999	5 590	5 590	38 999	5 590	5 590	38 999		
opravy [Kč]			11 977	1 606		11 977		1 606	11 977		
výměny [Kč]											17 213
demolice [Kč]											
celkem LCC - nedisk. [Kč]	5 590	5 590	50 976	7 196	5 590	50 976	5 590	7 196	50 976	17 213	638 493
diskontní faktor (5%)	0,06833	0,05354	0,04195	0,03287	0,02575	0,02018	0,01581	0,01239	0,00971	0,0076	
celkem LCC - disk. [Kč]	382	299	2 138	237	144	1 029	88	89	495	131	187 977

Příloha 3: Výpočty pro vybranou příčku dle 2. verze metodiky – příčky nebo přizdívky jednoduché z příčkovek betonových na cementovou maltu, tl. 120 mm + penetrace akrylát-silikonová + vápenocementová omítka

Pořizovací náklady

Náklady soupisu celkem							995,68
D	HSV	Práce a dodávky HSV					995,68
D	3	Svislé a kompletní konstrukce					539,00
1	K	342242223	Příčky jednoduché z příčkovek betonových tl 120 mm	m2	1,000	539,00	539,00 CS ÚRS 2021 01
D	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní					406,80
2	K	612131321	Penetrační disperzní nátěr vnitřních stěn nanášený strojně	m2	2,000	51,40	102,80 CS ÚRS 2021 01
3	K	612321311	Vápenocementová omítka hrubá jednovrstvá zatřená vnitřních stěn nanášená strojně	m2	2,000	152,00	304,00 CS ÚRS 2021 01
D	998	Přesun hmot					49,88
4	K	998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	t	0,175	285,00	49,88 CS ÚRS 2021 01

Náklady na opravy

Náklady soupisu celkem							594,37
D	HSV	Práce a dodávky HSV					594,37
D	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní					478,00
1	K	612325403	Oprava vnitřní vápenocementové hrubé omítky stěn v rozsahu plochy do 50%	m2	2,000	239,00	478,00 CS ÚRS 2021 01
D	9	Ostatní konstrukce a práce, bourání					85,00
2	K	978013161	Otlučení (osekání) vnitřní vápenné nebo vápenocementové omítky stěn v rozsahu do 50 %	m2	2,000	42,50	85,00 CS ÚRS 2021 01
D	997	Přesun sutě					20,13
3	K	997013111	Vnitrostaveništní doprava sutí a vyloučených hmot pro budovy v do 6 m s použitím mechanizace	t	0,014	517,00	7,24 CS ÚRS 2021 01
4	K	997013501	Odvoz sutí a vyloučených hmot na skládku nebo meziskládku do 1 km se složením	t	0,014	233,00	3,26 CS ÚRS 2021 01
5	K	997013509	Příplatek k odvozu sutí a vyloučených hmot na skládku ZKD 1 km přes 1 km	t	0,126	10,20	1,29 CS ÚRS 2021 01
6	K	997013871	Poplatek za uložení stavebního odpadu na recyklační skládce (skládkovné) směsného stavebního a demoličního kód odpadu 17 09 04	t	0,014	596,00	8,34 CS ÚRS 2021 01
D	998	Přesun hmot					11,24
7	K	998017001	Přesun hmot s omezením mechanizace pro budovy v do 6 m	t	0,014	803,00	11,24 CS ÚRS 2021 01

Náklady na demolici

Náklady soupisu celkem							507,63
D	HSV	Práce a dodávky HSV					507,63
D	9	Ostatní konstrukce a práce, bourání					256,00
1	K	962041315	Bourání příček z betonu prostého tl do 150 mm	m2	1,000	256,00	256,00 CS ÚRS 2021 01
D	997	Přesun sutě					251,63
2	K	997013111	Vnitrostaveništní doprava sutí a vyloučených hmot pro budovy v do 6 m s použitím mechanizace	t	0,175	517,00	90,48 CS ÚRS 2021 01
3	K	997013501	Odvoz sutí a vyloučených hmot na skládku nebo meziskládku do 1 km se složením	t	0,175	233,00	40,78 CS ÚRS 2021 01
4	K	997013509	Příplatek k odvozu sutí a vyloučených hmot na skládku ZKD 1 km přes 1 km	t	1,575	10,20	16,07 CS ÚRS 2021 01
5	K	997013871	Poplatek za uložení stavebního odpadu na recyklační skládce (skládkovné) směsného stavebního a demoličního kód odpadu 17 09 04	t	0,175	596,00	104,30 CS ÚRS 2021 01

Výpočet LCC

rok	0	30	60	90	100	celkem
pořizovací náklady [Kč/m ²]	996					
opravy omítka [Kč/m ²]		595	595	595		
demolice [Kč/m ²]					508	
celkem LCC - nedisk. [Kč/m ²]	996	595	595	595	508	3 289
diskontní faktor (5%)	1	0,231377	0,053536	0,012387	0,007604	
celkem LCC - disk. [Kč/m ²]	996	138	32	7	4	1 177