

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN
PRAGUE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Summary

The evolution and state of the art of the life cycle costing of buildings is summarized in this lecture. The text proposes cost break-down structure, the most frequently used methods of life cycle cost (LCC) calculation (net present value and annual equivalent of LCC cost) and the data necessary for LCC calculation and analysis. It also highlights the difference in the deterministic and stochastic approaches to quantify the costs.

Furthermore, the text deals with the integration of LCC calculation into the preparation of building investments. The work procedure of the LCC analysis is defined for three levels:

- Preliminary LCC analysis for strategic investment decisions,
- Detailed LCC analysis for design options,
- Detailed LCC analysis for options of key structures, systems and equipment (as a part of structural design).

The application of LCC analysis consists of the following steps:

- Setting the objective of LCC analysis,
- Setting the scope of the LCC analysis,
- Defining the key parameters,
- Setting options for analysis,
- Gathering data to evaluated options,
- Performing the economic evaluation of options, incl. risk and sensitivity analyses (if required),
- Final Report.

The case studies briefly summarize the results of the LCC analysis applications at the preparation of public buildings, in this case the Central Depository of Museum of Decorative Arts in Prague.

The final section summarizes the client's benefits of LCC calculation integration into decision-making processes within building preparation.

Souhrn

Přednáška shrnuje problematiku analýzy a kalkulace nákladů životního cyklu staveb (LCC). Text seznamuje se strukturou nákladů životního cyklu, uvádí nejčastěji používané metody kalkulace nákladů (čistá současná hodnota a roční ekvivalent nákladů) a zpřehledňuje data nezbytná pro kalkulaci a analýzu LCC. Rovněž upozorňuje na rozdíl v deterministickém a stochastickém přístupu k vyčíslení nákladů.

Dále text pojednává o začlenění kalkulace LCC do přípravy stavební investice. Analýza LCC je vymezena pro tři úrovně:

- předběžná analýza LCC pro účely strategického rozhodování,
- detailní analýza LCC pro zpracované varianty návrhu budovy a
- detailní analýza LCC pro varianty klíčových konstrukcí, systémů a vybavení – jako součástí návrhu budovy.

Postup aplikace se skládá z těchto dílčích kroků :

- stanovení cíle analýzy LCC,
- stanovení rozsahu analýzy LCC,
- definování klíčových parametrů,
- stanovení variant pro provedení analýzy,
- shromáždění dat k hodnoceným variantám,
- ekonomické hodnocení variant vč. analýzy rizika a citlivosti,
- vypracování závěrečné zprávy.

V případové studii jsou stručně shrnuty výsledky aplikace analýzy LCC při přípravě veřejné stavební investice – Centrálního depozitáře Uměleckoprůmyslového muzea v Praze.

Závěrečná část rekapituluje přínosy začlenění kalkulace LCC do rozhodovacích procesů v rámci přípravy stavby pro investora.

Key words

Cost

Costing

Data

Life cycle of building

Life cycle cost

Net present value

Equivalent annual cost

Klíčová slova

Náklady

Kalkulace

Data

Náklady životního cyklu

Životní cyklus stavby

Čistá současná hodnota

Roční ekvivalent nákladů

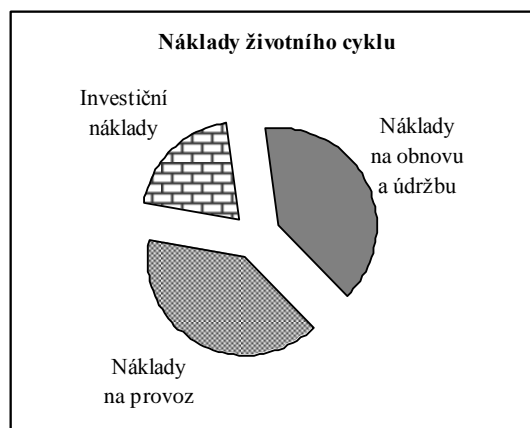
Obsah

1	ÚVOD	6
1.1	HISTORIE A DEFINICE	6
1.2	NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU.....	7
2	ŽIVOTNÍ CYKLUS STAVBY	8
2.1	PŘEDINVESTIČNÍ FÁZE.....	8
2.2	INVESTIČNÍ FÁZE	8
2.3	PROVOZNÍ FÁZE.....	9
2.4	FÁZE UKONČENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU	10
3	KALKULACE NÁKLADŮ ŽIVOTNÍHO CYKLU	10
3.1	STRUKTURA NÁKLADŮ ŽIVOTNÍHO CYKLU	10
3.2	METODY KALKULACE NÁKLADŮ	12
3.2.1	Čistá současná hodnota (NPV, Net Present Value)	12
3.2.2	Roční ekvivalent nákladů (EAC, Equivalent Annual Cost)	12
3.3	POŽADAVKY NA DATA PRO KALKULACI A ANALÝZU LCC.....	13
3.4	PŘÍSTUPY KE KALKULACI NÁKLADŮ ŽIVOTNÍHO CYKLU.....	15
3.4.1	Deterministický přístup ke kalkulaci LCC	15
3.4.2	Stochastický přístup ke kalkulaci LCC.....	16
4	ZAČLENĚNÍ KALKULACE LCC DO PŘÍPRAVY INVESTICE	16
4.1	SLED ČINNOSTÍ.....	16
4.2	POSTUP ANALÝZY LCC	17
4.3	PŘÍKLAD APLIKACE – PŘEDBĚŽNÁ ANALÝZA LCC	19
4.4	PŘÍKLAD APLIKACE - DETAILNÍ ANALÝZA LCC	22
5	SHRUTÍ A ZÁVĚR	24
6	LITERATURA	27
	AUTOR A CV	28

Náklady životního cyklu při přípravě stavební investice

1 Úvod

Prioritou při přípravě stavební investice jsou často pouze nejnižší investiční náklady na pořízení stavby (nejnižší cena). Uvážíme-li životnost staveb v řádu desítek roků, jeví se hodnocení variant projektu na základě investičních nákladů jako krátkozraké a nedostačující. Právě náklady vynakládané ve fázi užívání stavby (náklady na provoz a náklady na údržbu a obnovu) tvoří významný objem nákladů životního cyklu. Kalkulace nákladů životního cyklu (LCC) by měla být samozřejmou součástí rozhodování o finančně náročných investicích, kterými bezesporu investice do staveb jsou.



Obr. 1 Náklady životního cyklu

Problematika nákladů životního cyklu staveb byla na oboru ekonomika a řízení řešena v různých formách od roku 1985 nejčastěji formou odborných posudků. Otázky nákladů životního cyklu staveb byly zavedeny do výuky (např. předmět Kalkulace a nabídky, Hodnotový management, Modelování, Ekonomika a management) a jsou zahrnuty ve výzkumných aktivitách CIDEAS, VZ05¹, SGS.

Problematika nákladů životního cyklu se rozšířila i do klasických konstrukčních oborů inženýrského² a pozemního stavitelství³. Kalkulace nákladů životního cyklu vytváří zcela nový ekonomický pohled na navrhování staveb. Přednáška se zabývá uplatněním a začleněním kalkulací nákladů životního cyklu do přípravy stavebních investic, přičemž je zaměřena na především na budovy.

1.1 Historie a definice

V roce 1971 zavedl RICS⁴ metodu sběru dat o provozních nákladech staveb⁵. V roce 1977 publikovalo britské ministerstvo průmyslu materiál pod názvem „*Life-cycle costing in the management of assets*“⁶. V této publikaci je jedna z prvních definic kalkulace nákladů životního cyklu (LCC) :

¹ Management udržitelného rozvoje životního cyklu staveb, stavebních podniků a území - MSM 6840770006, MSM 210000006

² Optimalizace návrhu a úprav mostů z hlediska celoživotních nákladů - MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, CIDEAS, výzkumný projekt č. SGS10/023/OHK1/1T/11, výzkumný projekt č. 103/09/2059, podporovaný Grantovou agenturou ČR (Katedra betonových a zděných konstrukcí)

³ LEnSE 6.RP - *Methodology Development towards a Label for Environmental, Social and Economic Buildings* (2006 - 2008), SuPerBuildings 7.RP, PERFECTION 7.RP (2008-2010) (Katedra konstrukcí pozemních staveb)

⁴ RICS - Royal Institution of Chartered Surveyors, Velká Británie

⁵ BMCIS - Building Maintenance Cost Information Service

⁶ Kalkulace nákladů životního cyklu při správě majetku (překlad autorky)

„...Koncept, který spojuje mnoho technik – inženýrských, účetních, matematických, statistických – za účelem shromáždění všech významných čistých výdajů vznikajících během vlastnictví majetku. Kalkulace nákladů životního cyklu se týká kvantifikování možností k zjištění optimálního výběru konfigurace majetku. Poskytuje celkové náklady životního cyklu a kompromis mezi nákladovými prvky, v průběhu studovaných životních fází majetku a pro jejich optimální výběr a obnovu.“⁷ (vlastní překlad)

V roce 1983 byl publikován⁸ rámec pro sběr dat, která jsou použitelná pro sestavení nákladů životního cyklu projektu. Od roku 1992 je koncepce nákladů životního cyklu přijata jako norma ve Velké Británii – BS⁹ 3843 (1992). Definice nákladů životního cyklu byla revidována v roce 2000 a začleněna do normy ISO 15686 část 1-Service Life Planning. Definice LCC podle této normy je následující :

„Technika, která umožňuje vyčíslení srovnatelných nákladů ve vymezeném časovém období, s přihlédnutím ke všem relevantním ekonomickým faktorům jak z hlediska prvotních pořizovacích nákladů tak z hlediska budoucích provozních nákladů¹⁰.“ (vlastní překlad)

V roce 1999 bylo založeno Whole-life Cost Forum (WLCF)¹¹ a byl vytvořen WLC Comparator Tool. V roce 2001 vznikla skupina TG4 v rámci pracovní skupiny pro udržitelné stavebnictví za účelem zpracování zprávy o kalkulaci nákladů životního cyklu ve stavebnictví a formulaci doporučení, jak integrovat LCC do Evropské politiky. Výstupem je zpráva „Task Group 4: Life cycle costs in construction“. Poslední významnější iniciativou je projekt¹² společné evropské metodiky kalkulace nákladů životního cyklu ve stavebnictví „A common European methodology for Life Cycle Costing“.

1.2 Náklady životního cyklu

Náklady životního cyklu (LCC, Life Cycle Cost) představují celkové náklady vynakládané v průběhu celého životního cyklu stavby. Jejich struktura je uvedena v Obr. 1, jako součást celkových nákladů životního cyklu (WLC, Whole Life Cost).

Primární aplikaci kalkulace LCC lze spatřovat v jejím použití jako nástroje efektivního výběru mezi projektovými variantami, v libovolné fázi životního cyklu projektu. *Potenciál jejího efektivního využití spočívá zejména ve fázi návrhu stavby.* Možnost ovlivnit náklady životního cyklu klesá s rozvojem projektu ze 100% až na cca 20% ve fázi realizace stavby. V okamžiku zahájení užívání stavby je již jen velmi malá možnost ovlivnit provozní náklady. Literatura¹³ uvádí, že 80 – 90% nákladů na provoz, údržbu a obnovu je determinováno právě návrhem stavby. Začlenění odhadu celkových nákladů životního cyklu do rozhodování o

⁷ A concept which brings together a number of techniques – engineering, accounting, mathematical and statistical – to take account of all significant net expenditures arising during ownership of an asset. Life-cycle costing is concerned with quantifying options to ascertain the optimum choice of asset configuration. It enables the total life cycle-cost and the trade-off between cost elements, during the asset life phases to be studied and for their optimum selection use and replacement.

⁸ Flanagan, R., Norman, G.(1988): *Life Cycle Costing: Theory and Practice*, RICS, Surveyors publications Ltd. London.

⁹ BS - British Standard

¹⁰ A technique which enables comparative cost assessments to be made over a specified period of time, taking into account all relevant economic factors both in terms of initial capital costs and future operational costs.

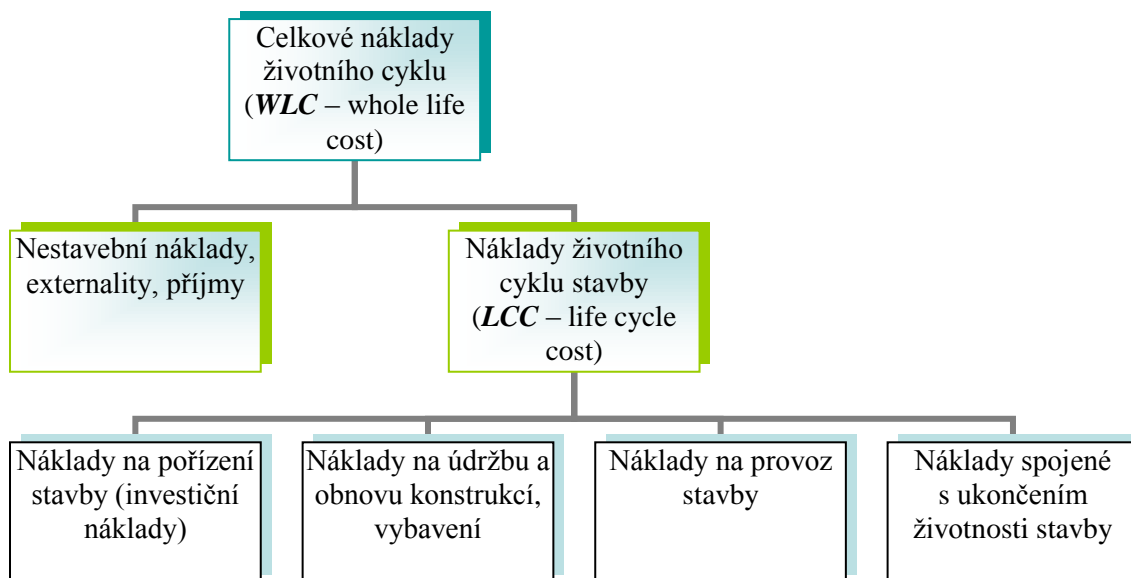
¹¹ www.wlcf.org.uk

¹² Davis Langdon : *A common European methodology for Life Cycle Costing*, European Commission, Davis Langdon Management Consulting, 2007

¹³ Kirk, S.J., Dell’Isola, A.J.(1995): *Life cycle costing for design professionals*, McGraw-Hill Book Company, New York

návrhu stavby umožní efektivnější výběr mezi konkurenčními variantami (návrhu, detailu, konstrukce, vybavení).

Obr. 2 Struktura nákladů WLC a LCC



Zpracováno podle ISO 15686-5

2 Životní cyklus stavby

Každá stavba prochází v průběhu svého životního cyklu několika fázemi. Je možné definovat základní čtyři fáze životního cyklu stavby:

- předinvestiční fáze,
- investiční fáze,
- provozní fáze,
- fáze ukončení životního cyklu (likvidace, znovuvyužití k jinému účelu, rekonstrukce apod.).

2.1 Předinvestiční fáze

V průběhu předinvestiční fáze jsou zpracovávány Studie příležitostí (Opportunity study), Předběžná studie proveditelnosti (Pre-feasibility study), Studie proveditelnosti (Feasibility study), Urbanistická/architektonická studie. Samozřejmě rovněž analýzy trhu, analýza nákladů a přínosů (Cost-Benefit analysis) apod. Vhodné je již do této fáze začlenit zpracování *předběžné kalkulace a analýzy nákladů životního cyklu*, dále analýzu životního cyklu (dopady na životní prostředí) a analýzu rizika.

2.2 Investiční fáze

Obsahem investiční fáze je příprava a realizace investičního záměru (stavby), obvykle je členěna do etapy projektování (plánování a projektování) a etapy realizace (příprava realizace, vlastní realizace a závěr realizace). Vhodné je rovněž do této fáze začlenit *zpracování kalkulace a analýzy nákladů životního cyklu* na základě dokumentace pro územní

řízení a její *aktualizace* při zpracování podrobnější projektové dokumentace, tzn. pro stavební řízení, dále analýzu životního cyklu (dopady na životní prostředí) a analýzu rizika. Projektová dokumentace by měla být zpracována právě na základě požadavků investora na úroveň LCC, tzn. optimalizovat nejen náklady na pořízení stavby, ale především náklady vznikající ve fázi provozování staveb. Náklady provozní (v případě budov na vytápění a chlazení, osvětlení, zásobování studenou a teplou vodou, odkanalizování apod.), a dále náklady na údržbu a obnovu budou podstatnou složkou výdajů provozovatele stavby. Uplatnění analýzy LCC stavby je při volbě variant návrhu stavby, při volbách variant jednotlivých konstrukcí (například obvodový plášť, zastřešení, výplně otvorů) a především při volbě vnitřních instalací a technických zařízení budov (například zdroje a systém vytápění, klimatizace, zabezpečovací zařízení apod.). V současné době jsou dodavatelé tlačeni k nejnižším pořizovacím cenám bez ohledu na budoucí náklady užívání. Větší důraz by měl být kladen na ekonomickou výhodnost v delším časovém období, aby došlo k redukci budoucí údržby a dalších nákladů. Podrobné analýze je třeba podrobit takové konstrukce, důsledkem jejichž selhání jsou abnormální náklady na obnovu.

Nízká kvalita provedení stavebních konstrukcí, horší parametry zabudovaných výrobků, neprofesionální montáž technického vybavení apod. se projeví nejen ve vyšších provozních nákladech ale i v nákladech na obnovu a údržbu. Kratší interval obnovy a vyšší nároky na údržbu zvyšují položku nákladů na obnovu a údržbu. Konstrukce a vybavení, které nedosahují plánovaných tepelně technických parametrů, jsou příčinou zvýšených nákladů na energii. Nekvalitně provedené povrchy konstrukcí se mohou projevit ve vyšších nákladech na úklid. Technický dozor by se měl zaměřit především na prvky, které mohou výrazně prodražit provozování stavby.

Případné změny projektové dokumentace je třeba posuzovat z hlediska vlivu na budoucí LCC. Pro každou takovou změnu, ať se jedná o záměnu materiálu, jiné řešení konstrukce nebo změnu v technickém vybavení, je vhodné provést kalkulaci LCC. Pokud by změna projektu zhoršila parametry stavby z tohoto hlediska, neměla by být připuštěna.

2.3 Provozní fáze

Ve fázi provozní hraje z hlediska celkových LCC důležitou roli management údržby. Plán údržby by měl být nastaven dle intenzity užívání stavby, aby sledoval nové potřeby uživatelů. Kritériem pro výměnu konstrukce nebo vybavení je porovnání rostoucích provozních nákladů s náklady na výměnu a s tím spojenými nižšími provozními náklady. Za zvážení stojí i neekonomické (lepší parametry z hlediska dopadů na životní prostředí převáží náklady na výměnu již v rámci této periody).

Až při užívání stavby lze ověřit předpoklady o výši provozních nákladů. Skutečná spotřeba energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, stejně jako spotřeba vody, odkanalizování jsou změřeny až v této fázi. Navíc jsou známy skutečné sazby za jednotlivá média. Proto je vhodné opět *aktualizovat kalkulaci LCC* a porovnat skutečné hodnoty s plánovanými. Případné odchylky mohou být zadáním pro facility management, ale i použity jako zpětná vazba při podobných investičních projektech.

2.4 Fáze ukončení životního cyklu

Poslední fází z celého životního cyklu stavby je fáze likvidace. Stavební hmoty musí být uloženy na skládku nebo recyklovány a území musí být rekultivováno nebo upraveno pro novou stavbu. Tím je ukončena nejen poslední fáze, ale i celý životní cyklus stavby.

3 Kalkulace nákladů životního cyklu

Jak již bylo uvedeno, náklady životního cyklu představují celkové náklady, které jsou vynakládány v průběhu celého životního cyklu stavby - to znamená náklady vynakládané ve všech čtyřech fázích životního cyklu, v předinvestiční, investiční, provozní a likvidační fázi. Nejpřínosnější je zabývat se jejich vyčíslením již ve fázi předinvestiční, kdy je nejvyšší potenciál ovlivnění výše nákladů celého životního cyklu. Mezi kritéria při rozhodování o investici patří mimo jiné velikost, konstrukční řešení, umístění budovy, užitná plocha, plocha k pronájmu atd. Všechny tyto charakteristiky budovy musí být optimálně navrženy vzhledem k jejímu budoucímu využití. Nestane-li se tak, může to mít negativní vliv na budoucí výši nákladů v průběhu celého životního cyklu. Pokud se investor rozhodne se pro levnější variantu obvodového zdiva s horšími tepelně-izolačními vlastnostmi, ušetří v okamžiku výstavby (náklady na pořízení), ale náklady na vytápění (provozní náklady) v průběhu desítek let životního cyklu budovy mnohonásobně překročí onu ušetřenou částku na levnějším zdivu. Důsledkem nevhodné volby konstrukčního řešení budovy jsou vyšší náklady na opravy a údržbu. Proto je jedním z důležitých podkladů při rozhodování o realizaci investičního záměru kalkulace nákladů životního cyklu. Finanční prostředky uspořené ve fázi předinvestiční a investiční mohou výrazně navýšit náklady ve fázi provozní.

3.1 Struktura nákladů životního cyklu

Možné členění LCC na dílčí položky uvádí Tab.3.1.

Tab. 3.1 Náklady životního cyklu budovy

Náklady životního cyklu (LCC)	
Investiční (pořizovací) náklady	Náklady na provoz
náklady na projektové a průzkumné práce	náklady na dodávky energií
náklady na stavební objekty	náklady na vodu a odpadní vodu
náklady na provozní soubory	náklady na likvidaci odpadu
náklady na nákup pozemku	servisní poplatky, pojištění
vedlejší nákl. spojené s umístěním stavby	náklady na ostrahu a bezpečnost
ostatní náklady	náklady na úklid a údržbu zeleně
náklady na stroje, zařízení, inventář	administrativní poplatky
ostatní investice	Náklady na likvidaci
provozní náklady na přípr. a realizaci stavby	náklady na odstranění stavby
Náklady na údržbu	náklady na recyklaci stavební sutě
Náklady na obnovu	náklady na úpravu terénu

U většiny budov tvoří největší podíl na LCC *provozní náklady*. Je to dáno především tím, že jsou tyto náklady spojeny s nejdelší fází jejich životního cyklu – užívání. Vedle provozních nákladů tvoří velkou část LCC *náklady na údržbu a obnovu*. Představují náklady, které je potřeba vynaložit za účelem zajištění provozuschopnosti objektu a předcházení, případně odstranění, vad a poruch, které se v průběhu užívání objeví. Každý konstrukční prvek a vybavení stavby má určitou předpokládanou životnost, po jejímž dosažení ztrácí svoji technickou funkci, spolehlivost a kvalitu přirozeným stárnutím a užíváním, je nutné vynakládat náklady na jejich průběžnou údržbu a obnovu. V závislosti na typu konstrukčního prvku a vybavení budovy mohou náklady vznikat jednorázově nebo v cyklech. Pravidelná údržba stavebního objektu je velice důležitá a neměla by být opomíjena. Náklady, které musí být vynaloženy při odstraňování různých havárií zapříčiněných zanedbanou údržbou, bývají obvykle podstatně vyšší než náklady na pravidelnou údržbu.

Náklady na ekologickou likvidaci mohou v závislosti na druhu odstraňované stavby tvořit významnou část LCC. Představují náklady na demolici stavby, odvoz sutí na skládku nebo k recyklaci, náklady na recyklaci nebo poplatky za skládku, rekultivaci území apod.

Relativní výše jednotlivých položek nákladů je uvedena v následujících tabulkách.

Tab. 3.2 Relativní náklady vlastnictví administrativní budovy (životní cyklus 30 roků)

Náklady na pořízení budovy	1,00
Náklady užívání budovy	5,00
Náklady na provoz budovy včetně mezd	200,00
Honoráře, konzultace (veškerá příprava)	0,15

Zpracováno dle Evans et al. (1998)¹⁴

Tab. 3.3 Poměr jednotlivých položek nákladů životního cyklu budovy

Náklad	Poměr z celkových nákladů vlastnictví
Návrh, projektová dokumentace budovy	3%
Realizace budovy	17%
Provoz a údržba budovy	40%
Opravy	30%
Periodická obnova	10%
Demolice	?
Náklady vlastnictví celkem	100 %

Zpracováno dle Evans et al. (1998)

¹⁴ Evans, R. et al. (1998): *The Long-term cost of Owning and Operating Buildings*, Royal Academy of Engineering

3.2 Metody kalkulace nákladů

Kalkulace nákladů životního cyklu pracuje s náklady vynaloženými v současnosti i s náklady, které budou vynakládány v budoucnosti. Pro zajištění srovnatelnosti těchto hodnot je nezbytné ve výpočtech uvažovat *časovou hodnotu peněz*. Kalkulace nákladů životního cyklu pracuje s prognózami délky životních cyklů, budoucích nákladů, diskontní sazby a míry inflace. Vzhledem k tomu, že nejsou k dispozici dostatečná data, je „ošetření“ nejistoty v informacích a datech klíčové pro úspěšnou implementaci kalkulace nákladů životního cyklu. Nejvhodnějším a nejpoužívanějším přístupem pro hodnocení nákladů životního cyklu staveb je čistá současná hodnota *NPV* a roční ekvivalent nákladů *EAC*. Druhý ze jmenovaných přístupů je výhodný především v případě variant s různě dlouhými životnostmi.

3.2.1 Čistá současná hodnota (NPV, Net Present Value)

Obvyklým přístupem k rozhodování o volbě varianty z hlediska nákladů životního cyklu je výběr varianty s nejnižší čistou současnou hodnotou nákladů. Čistá současná hodnota nákladů životního cyklu představuje současnou hodnotu budoucích nákladů vynakládaných během životního cyklu projektu. Protože se kalkulace nákladů životního cyklu zabývá spíše náklady než příjmy, je praktičtější uvažovat v tomto případě náklady jako kladné hodnoty. Vyčíslení NPV vyžaduje od klienta porozumění smyslu sumarizované hodnoty a porovnávání variant s různou životností.

Náklady životního cyklu stavby jsou kalkulovány jako současná hodnota kumulovaných budoucích ročních nákladů po dobu analyzovaného období¹⁵:

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

kde

NPV ... je současná hodnota nákladů životního cyklu (LCC),

C_t ... součet všech relevantních nákladů po odpočtu výnosů vzniklých v období *t*,

r ... je diskontní sazba,

t ... je analyzované období (*t=0...T*) (roky),

T ... je životní cyklus.

3.2.2 Roční ekvivalent nákladů (EAC, Equivalent Annual Cost)

Ekvivalent ročních nákladů slouží k převedení veškerých nákladů varianty předpokládaných během životního cyklu do nákladů vynakládaných za období 1 roku. Jedná se o čistou současnou hodnotu *LCC* *i-té* varianty vydělenou faktorem současné hodnoty konstantních splátek. Při hodnocení variant za použití ročního ekvivalentu nákladů je umožněno porovnávat varianty s různě dlouhou životností. Je to průměrná hodnota a nelze ji ztotožňovat se skutečnými náklady vynaloženými v určitém roce životního cyklu. Optimální

¹⁵ Task Group 4 (TG4) : (2003) *Report of Task Group 4: Life Cycle Costs in Construction*, the European Commission, <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/suscon/tgs/tg4/lccreport.pdf>.

varianta z hlediska celkových nákladů životního cyklu je varianta s minimální hodnotou ročního ekvivalentu nákladů EAC .

$$EAC_i = \frac{NPV_i}{f_{tai}} \quad [2]$$

kde

EAC_i ... je roční ekvivalent nákladů životního cyklu varianty i ,

NPV_i ... je čistá současná hodnota nákladů životního cyklu varianty i ,

f_{tai} ... je faktor pro přepočet ročních částek.

3.3 Požadavky na data pro kalkulaci a analýzu LCC

Data nezbytná pro kalkulaci a analýzu nákladů životního cyklu lze členit do tří skupin:

- data pro přepočet nákladů vynakládaných v průběhu životního cyklu na současnou hodnotu, tzn. diskontní sazba, míra inflace, délka analyzovaného období,
- data o nákladech, tzn. náklady v nedefinované struktuře, fáze životního cyklu,
- ostatní data, tzn. kvalita stavby a konstrukcí, intenzita a způsob užívání, technické parametry.

Diskontní sazba se stanovuje jako náklady na zapůjčení kapitálu pro realizaci projektu, tzn. na úrovni úrokové sazby případného úvěru. Tento přístup reprezentuje tržní hodnotu peněz, neuvažuje ale riziko ztráty spojené s úvěrem. Další možností je úprava sazby o procentní přírážku na riziko a nejistoty spojené s budoucími událostmi. Diskontní sazba může být rovněž definována jako míra návratnosti fondů použitých nejvýnosnějším způsobem. Diskontní sazba upravená o míru inflace je další možností – přístup je založen na předpokladu, že soukromý sektor očekává určitou míru návratnosti vyšší než míra inflace.

$$r_f = \frac{1+r}{1+f} - 1 \quad [3]$$

kde

r_f ... je diskontní sazba upravená o míru inflace,

r ... je úroková sazba,

f ... je míra inflace.

Diskontní sazba závisí na míře inflace, nákladech na kapitál, investičních možnostech a spotřebních preferencích. Dva možné přístupy k uvažování *míry inflace* ve výpočtech:

- nominální diskontní sazba, tzn. předpokládaná míra inflace je zabudována do predikovaných nákladů a cen,
- reálná diskontní sazba, tzn. budoucí náklady a ceny jsou kalkulovány v současných (reálných) cenách a očekávaná míra inflace je uvažována odděleně.

Pokud jsou míry inflace u kalkulovaných položek nákladů přibližně stejné, je běžné vyloučit míru inflace z analýzy LCC (tzn. použít reálnou diskontní sazbu). Pokud se míra inflace u některých položek výrazněji liší (např. ceny energií, mzdové sazby), je nutné míru inflace do výpočtu zahrnout (tzn. použít nominální diskontní sazbu). Stavby mají dlouhý životní cyklus a předpovědět míru inflace na dlouhé období je obtížné, je tedy doporučováno používat v analýzách LCC reálných cen a nákladů a reálných diskontních sazeb. Výsledky by

měly být testovány použitím minimálně dvou diskontních sazeb (jedné relativně nízké, například 0% a 2%).

V případě analýzy LCC je rozlišováno mezi *životností* stavby, resp. jejích konstrukcí a vybavení, a *délkou analyzovaného období*. Stavby se vyznačují dlouhou technickou životností, která ve většině případů přesáhne morální nebo ekonomickou životnost. Většina autorů¹⁶ se shoduje, že pro analýzu nákladů životního cyklu v případě staveb není vhodné uvažovat příliš dlouhé časové období. Platí, že čím delší je analyzované období, tím větší je riziko, že předpoklady nebudou v budoucnosti platit. Navíc se dá předpokládat, že cykly rekonstrukce se s rychlým vývojem techniky a technologie budou v budoucnosti zkracovat. Autoři se shodují na délce analyzovaného období *maximálně 25 – 30 roků*.

Pro provedení analýzy nákladů životního cyklu shromažďujeme informace o nákladech vynakládaných v různých časových rovinách:

- v současnosti, tzn. náklady pořízení stavby, resp. konstrukce, vybavení apod.,
- v budoucnosti, v průběhu životního cyklu – tzn. náklady na údržbu a opravy, obnovu, adaptaci, rekonstrukci, odhad zbytkové hodnoty a další náklady.

Náklady na pořízení stavby zahrnují náklady na projektové práce, inženýrské činnosti a průzkumné práce, náklady na stavební objekty, vedlejší náklady spojené s umístěním stavby, náklady na provozní soubory, náklady na stroje, zařízení a inventář, provozní náklady na přípravu a realizaci stavby apod. Tyto náklady není problém odhadnout již v počátečních fázích návrhu stavby, je možné využít celou řadu podkladů.

Pro odhad *nákladů na údržbu* lze využít historická data. Komplikací může být, že jsou ve formě údajů pro účetnictví. Dalším problémem je, že řada vlastníků nemovitostí neprovádí preventivní a systematickou údržbu a obnovu. V zahraničí existují databáze nákladů na údržbu a obnovu.¹⁷ Každá stavba je jiná a proto při odhadu nákladů na údržbu a obnovu hraje významnou roli odborný úsudek experta – v kontextu jeho nejlepšího profesionálního vědomí a etiky. Při odhadu *nákladů na adaptaci a rekonstrukci* je možné využít srovnání s obdobnými stavbami – pokud jde o odhad cyklu adaptace (modernizace) a výše nákladů.

Provozní náklady jsou v případě budov tvořeny náklady na energie, úklid, pojištění a správu nemovitosti apod. Náklady na energie jsou závislé na intenzitě užívání budovy, na typu provozu, klimatických podmínkách, požadavcích uživatelů na služby a komfort vnitřního prostředí, samozřejmě na návrhu stavby a tepelně-technických parametrech¹⁸. Proto je při hledání dat pro jejich odhad nutné správně zvolit srovnatelný objekt. Náklady na úklid závisí na typu budovy, plochách, které mají být uklízeny a čištěny, typu povrchů konstrukcí a požadovaných intervalech úklidu. Pro analýzu nákladů je třeba uvažovat *pouze relevantní náklady*, tzn. ty, kterými se například varianty návrhu stavby liší.

Fyzikální aspekty staveb jsou na rozdíl od nákladů jednoznačně měřitelné. Jedná se o plochy podlaží, stěn, plochy výplní otvorů apod. Velikost stavby, počet podlaží, dispozice,

¹⁶ Například : Flanagan, R., Kendell, A., Norman, G., Robinson, G.: (1987) *Life cycle costing and risk management*, Construction Management and Economics, 5: 53-71, Ashworth, A.: (1996) *Estimating the life expectancies of building components in life cycle costing calculations*, Structural Survey, 14 (2): 4-8

¹⁷ BMI Building maintenance price book 2007, RICS, London

¹⁸ Bordass, B. (2000) *Cost and value: fact and fiction*, Building Research & Information, 28 (5/6): 338-352

návrh mají vliv na velikost provozních nákladů. Dalším důležitým faktorem je provozní doba a profil uživatelů budovy, především pro veřejné budovy.

Tab. 3.4 Náklady na provoz budov dle způsobu užití

Kategorie výdajů	Komerční budovy	Rekreační budovy	Vzdělávací budovy	Obytné budovy
Energie, média	35 %	22 %	32 %	22 %
Režie	24 %	19 %	23 %	13 %
Administrativa	12 %	29 %	14 %	20 %
Úklid	12 %	13 %	16 %	25 %
Údržba	14 %	13 %	12 %	12 %
Dekorace (malba apod.)	3 %	4 %	3 %	8 %
celkem	100 %	100 %	100 %	100 %

Zpracováno podle The Construction Best Practice Programme

3.4 Přístupy ke kalkulaci nákladů životního cyklu

3.4.1 Deterministický přístup ke kalkulaci LCC

Postup spočívá ve vytvoření nákladového profilu hodnocených variant (série odhadů nákladů na přípravu stavby, realizaci stavby, údržbu, provoz a likvidaci po dobu životního cyklu). Pro nákladový profil je spočtena současná hodnota nebo roční ekvivalent současné hodnoty. Na základě výsledku jsou varianty seřazeny do pořadí a nejlepší varianta je doporučena k realizaci.

Deterministický přístup je založen na předpokladu, že každá vstupní hodnota kalkulace nákladů životního cyklu je fixní, diskrétní hodnota. Při výpočtu jsou používány hodnoty, které nejpravděpodobněji nastanou – na základě historické evidence a odborného posouzení. Deterministická kalkulace nákladů životního cyklu je výpočetně nenáročná, ovšem zahrnuje neurčitost spojenou s odhadem současných hodnot. Nadefinování nákladového profilu variant může být sofistikované, kombinující optimalizační techniky a prognózy životního cyklu. Deterministický přístup kalkulace nákladů životního cyklu je nutné doplnit o analýzu citlivosti.

$$LCC = C_p + \sum_{t=0}^{LC} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

[4]

kde

LCC ... jsou celkové náklady životního cyklu v současné hodnotě,

C_p ... náklady na pořízení,

r ... je diskontní sazba (časová hodnota peněz),

C_t ... je součet všech relevantních nákladů po dobu životnosti (LC) majetku po odečtení pozitivních peněžních toků, např. zbytkové hodnoty stavby nebo hodnoty pozemku pro prodej,

LC ... je délka životního cyklu stavby.

V kalkulacích nákladů životního cyklu je závislou proměnnou čistá současná hodnota (NPV) nebo roční ekvivalent nákladů (EAC) životního cyklu nejlevnější varianty a vstupním parametrem je neurčitá veličina. Zkoumá se citlivost čisté současné hodnoty (NPV) nebo ročního ekvivalentu nákladů (EAC) životního cyklu varianty na délce analyzovaného období, diskontní sazbě apod. Cílem je najít bod zvratu (*break-even point*) definovaný jako hodnota vstupního parametru, která způsobí, že se náklady životního cyklu nejlevnější varianty vyrovnají druhé nejlevnější variantě¹⁹.

3.4.2 Stochastický přístup ke kalkulaci LCC

Ve stochastickém přístupu nejsou vstupy výpočtu diskrétní veličiny, ale náhodné proměnné s přiřazenými funkcemi hustoty pravděpodobnosti. Tento přístup vychází z toho, že jednotlivé položky nákladů životního cyklu, diskontní sazba i časové období jsou náhodně rozdělené podle jedné z teoretických distribučních funkcí²⁰.

$$f(LCC) = f(C_p) + \sum_{i=0}^{LC} \frac{f(C_{ii})}{(1 + f(r))^i} \quad [5]$$

kde

$f(LCC)$... je distribuční funkce pravděpodobnosti LCC v současné hodnotě,

$f(C_p)$... je distribuční funkce pravděpodobnosti nákladů na pořízení,

$f(r)$... je distribuční funkce pravděpodobnosti diskontní sazby (časová hodnota peněz),

$f(C_{ii})$... je distribuční funkce pravděpodobnosti každé z položek relevantních nákladů po dobu životnosti (LC) majetku po odečtení pozitivních peněžních toků, např. zbytkové hodnoty stavby nebo hodnoty pozemku pro prodej,

LC ... je délka životního cyklu stavby.

Získání pravděpodobnostních dat pro modelování proměnných může být náročné. Výběr varianty je uskutečněn na základě míry preference rizika.

4 Začlenění kalkulace LCC do přípravy investice

4.1 Sled činností

Předběžnou analýzu LCC v předinvestiční fázi následuje detailní analýza LCC ve fázi investiční (etapa projektování). Současně s detailní analýzou LCC stavby jako celku jsou zpracovávány detailní analýzy pro konstrukce, vybavení, materiály apod., které jsou klíčové z hlediska nákladů. Typický sled činností:

1. model LCC pro stavbu v předinvestiční fázi,
2. detailní model LCC pro stavbu ve fázi investiční (založený na detailních informacích – návrhu, projektové dokumentaci),

¹⁹ Kishk, M., Al-Hajj, A., Pollock, R., Aouad, G., Bakis, N., Sun, M. (2003) *Whole life costing in construction. A state of the art review*. RICS Foundation Papers, 4(18).

²⁰ Boussabaine, A., Kirkham, R.(2004): *Whole Life-cycle Costing, Risk and risk responses*, Blackwell Publishing Ltd., Oxford.

3. kalkulace LCC pro vybrané klíčové systémy/prvky, resp. jejich varianty (součást hodnotového managementu projektu) – např. u budov systém klimatizace, obvodový plášť, prvky – ventilátor, čerpadlo, střešní krytina, úprava povrchu,
4. začlenění variant systémů/prvků z předchozího kroku do návrhu stavby a provedení detailní analýzy LCC stavby jako celku.

Tab. 4.1 Použití kalkulace nákladů životního cyklu

Použití	Cíl	Fáze životního cyklu
Předběžná analýza pro strategická rozhodnutí o investici	Hodnocení všech relevantních nákladů za celý životní cyklus – jako podpora pro strategická rozhodnutí o realizovatelnosti projektu nebo pro porovnání variant projektu	Během přípravy projektu Jako součást procesu hodnocení variant V předinvestiční fázi
Detailní analýza pro stavbu jako celek	Detailní hodnocení LCC za účelem plánování nákladů nebo investičního rozhodování	V investiční fázi - v etapě projektování Ve fázi užívání stavby - předchází rekonstrukci nebo adaptaci
Detailní analýza pro hodnocení variant systému / vybavení / materiálu	Detailní hodnocení LCC pro jednu nebo několik variant systému / vybavení / materiálu – jako podpora rozhodovacích procesů	V investiční fázi - v etapě projektování Ve fázi užívání stavby – předchází údržbě, obnově Ve fázi likvidace

4.2 Postup analýzy LCC

Pro aplikaci analýzy LCC je navržen postup sestávající ze sedmi dílčích kroků – uveden v Tab.4.2.

Tab. 4.2 Postup aplikace analýzy nákladů životního cyklu

1	Stanovení cíle analýzy LCC
2	Stanovení rozsahu analýzy LCC
3	Definování klíčových parametrů
4	Stanovení variant pro provedení analýzy
5	Shromáždění dat k hodnoceným variantám
6	Ekonomické hodnocení variant
7	Závěrečná zpráva

Prvním krokem analýzy LCC je *stanovení cíle*, jehož má být analýzou dosaženo. Může to být zpracování podkladu využitelného při strategickém rozhodnutí o investici, dále vytvoření plánu budoucích investic, sestavení budoucího provozního rozpočtu, hodnocení dlouhodobé dostupnosti navrhované stavby nebo variant, porovnání strategických variant investice. Dalším z cílů může být ohodnocení variantních řešení návrhu stavby nebo hodnocení LCC na úrovni systému nebo prvku, porovnání variant systému/prvku z hlediska LCC pro vymezené období.

Po stanovení cíle následuje stanovení časového plánu včetně případných milníků a vyjasnění požadavků na zprávu se zadavatelem analýzy. Analýza LCC souvisí s dalšími procesy, například s hodnotovým managementem.

Klíčovými parametry v kalkulaci LCC jsou:

- náklady, tzn. rozsah nákladů zahrnovaných do kalkulace, jejich strukturování, způsob vyčíslení, indexování z hlediska časového období, lokality apod.,
- čas, tzn. vymezení analyzovaného období (technická, morální, ekonomická životnost),
- metoda ekonomického hodnocení, tzn. použitá diskontní sazba, zahrnutí míry inflace do výpočtů, vymezení parametrů pro analýzu citlivosti a metody analýzy rizika.

V závislosti na fázi životního cyklu stavby, ve které je analýza LCC aplikována, mohou být *variantami*:

- možnosti/způsoby dosažení cílů, resp. naplnění potřeb klienta (např. rozšíření kapacity administrativní budovy oproti variantě vybavení pracovníků pro práci doma),
- způsoby využití stávající stavby (účel užití),
- alternativní možnost investice,
- různé rozsahy projektu (užitné plochy, počty podlaží),
- rekonstrukce stávajícího objektu vs. novostavba,
- návrhy stavby, návrhy rekonstrukce stavby,
- varianty systému, prvků – klíčové položky podstatně ovlivňující LCC (zastřešení, obvodový plášť, výplně otvorů, vytápění a klimatizace, topné médium apod.).

Aplikace vychází ze širokého spektra *dat*, jedná se především o:

- parametry variant,
- projektová dokumentace, technická zpráva, specifikace, harmonogram, výkaz výměr, technická dokumentace výrobců vybavení, systémů a materiálů, atesty apod.
- informace o zamýšleném provozu, požadavky na úklid, spotřeba energie, vody,
- požadavky klienta na standard funkcí stavby, požadavky na údržbu,
- náklady spojené s ukončením životnosti,
- administrativní náklady.

Ideální je využívat vlastní historická data, dále data ze srovnatelných staveb, služby konzultantů, publikovaná data – internet, materiály výrobců a dodavatelů, výzkumy apod. U cizích dat se doporučuje prověřit jejich původ, vypovídací schopnost (tzn. z kolika objektů jsou zprůměrována), použitelnost pro hodnocený objekt (srovnatelný typ stavby), provést přepočty na současnou cenovou úroveň, zohlednit lokalitu.

V rámci *ekonomického hodnocení* je proveden výpočet celkových LCC – například jako čistá současná hodnota nebo roční ekvivalent nákladů. Dále je možné počítat vnitřní míru výnosnosti, dobu návratnosti apod. Zjištěné náklady mohou být prezentovány jako:

- LCC v Kč (v současných cenách nebo NPV),
- LCC na 1m² užitné plochy, na 1 účelovou jednotku (m² kanceláře, 1 student),
- roční ekvivalent LCC stavby nebo LCC pro klíčové konstrukce a vybavení, tzn. Kč/rok,
- LCC na 1m² užitné plochy za rok (Kč/m².rok),
- náklady na funkční díl, komponentu, systém.

Závěrečná zpráva zpravidla obsahuje:

- popis stavby, projektu a procesu kalkulace LCC jako podpůrného nástroje rozhodnutí o investici,
- tabelární a grafické informace, tzn. sumarizace nákladů, harmonogramu, ročních výdajů, rekapitulace klíčových parametrů analýzy (období, originální data, modelovaná data, faktor lokality, míra inflace, diskontní sazba), náklady v reálných číslech a diskontované náklady na současnou hodnotu, roční cash flow (náklady za rok, kumulativní náklady, nominální náklady za rok (vč. inflace), NPV nákladů ročních, NPV kumulovaných nákladů), detailní model LCC pro analyzované varianty, zpráva k hodnocení rizika a analýza citlivosti pro klíčové proměnné.

4.3 Příklad aplikace – předběžná analýza LCC

Navrhovaný objekt Centrálního depozitáře Uměleckoprůmyslového musea v Praze o dvou podzemních a třech nadzemních podlažích kompaktního tvaru s kruhovým půdorysem pravidelného stodvacetiúhelníku. Nadzemní část tvaru komolého kužele s plochou střechou. Konstrukce objektu je tvořena železobetonovým monolitickým skeletem kombinovaným se železobetonovými stěnami. Novostavbou centrálního depozitáře je řešen nevyhovující stav stávajících depozitářů a jejich naplněnost – historická budova Praha (rekonstrukce), pivovar Brandýs nad Labem, zámek Kamenice nad Lipou, Chlumín. Jedná se o stavbu financovanou z veřejných prostředků.

V tab.4.3 je uveden postup předběžné analýzy nákladů životního cyklu pro připravovanou stavbu Centrálního depozitáře UPM.

V Tab.4.4 je uvedena kalkulace nákladů životního cyklu pro návrh stavby Centrálního depozitáře UPM. Výpočet byl proveden variantně pro délku analyzovaného období 30 a 50 roků. V případě nákladů na stavební objekt a provozní náklady se jedná o odhad nákladů na základě zpracované dokumentace pro územní řízení. Náklady na pozemek představují kupní cenu pozemku, částka za projektovou dokumentaci a inženýrskou činnost jsou výsledkem veřejné soutěže, částka za průzkumy je převzata z účetní evidence. Pro odhad nákladů na obnovu byl použit software Buildpass²¹(stanoveno za použití poměrového modelu pro srovnatelnou stavbu občanské vybavenosti). Vedle celkových nákladů životního cyklu pro stavební objekt jsou vyčísleny i náklady na 1 m² užité plochy. Náklady na likvidaci nejsou předmětem analýzy. Dále byla propočtena citlivost výsledných LCC na diskontní sazbu a délku analyzovaného období.

Na Obr.4.1 je podrobná struktura LCC pro návrh stavby Centrálního depozitáře Uměleckoprůmyslového musea pro uvažované období 30 roků a diskontní sazbu 3%.

²¹ www.Buildpass.eu

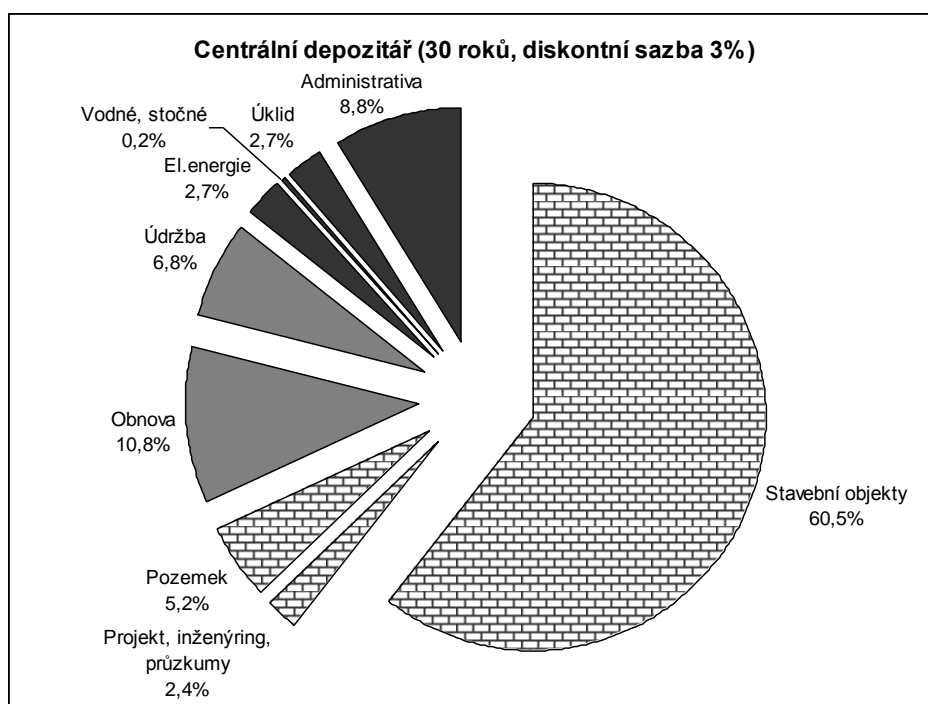
Tab. 4.3 Předběžná analýza nákladů životního cyklu

Krok		Obsah
1	Stanovení cíle analýzy LCC	Podpora strategického rozhodnutí o investici – stavba Centrálního depozitáře UPM v nízkoenergetickém standardu Podklad pro sestavení budoucího provozního rozpočtu
2	Stanovení rozsahu analýzy LCC	Účel analýzy : ověřit správnost rozhodnutí o investici do stavby Centrálního depozitáře UPM Časový plán : před zahájením prací na projektové dokumentaci pro stavební povolení Požadavky na výstup : model nákladů životního cyklu navrhovaného řešení v porovnání se stávajícím způsobem deponování uměleckých sbírek ve 4 objektech
3	Definování klíčových parametrů	Relevantní náklady : Náklady na pořízení stavby - stavební objekty, projektová a inženýrská činnost, průzkumy, pozemek Náklady na provoz – elektrická energie, vodné a stočné, úklid, správa a administrativa, pojištění
		Délka analyzovaného období : 30 roků (variantně 50)
		Depozice sbírek uměleckých předmětů - Sbírký – 4 základní provozy : Silikáty, Papír, Dřevo a kovy, Textil, Nízkoenergetický standard : stěny = 0,13 W/m ² K, střecha = 0,11 W/m ² K, podlaha a stěna přilehající k terénu = 0,2 W/m ² K Chlazení centrálního depozitáře s úpravou vlhkosti na celoročně požadovaných 50 % ± 5 %
		Metoda ekonomického hodnocení: NPV Diskontní sazba : 3% (variantně 0% a 6%)
		Analýza rizika/nejistoty: hodnoty LCC jako min a max (pro návrh stavby) Analýza citlivosti: dopad změny v diskontní sazbě, délce období
4	Stanovení variant	Varianta 1 (referenční) : stávající stav, tzn. deponování sbírek ve 4 objektech (Praha, Brandýs nad Labem, Kamenice nad Lipou, Chlumín) Varianta 2 : novostavba v nízkoenergetickém standardu
5	Shromáždění dat	Vlastní data (provozovatel) k variantě 1 Expertní odhady k variantě 2 (projektant, inženýrská organizace)
6	Ekonomické hodnocení	Analýza nákladů životního cyklu (vyčíslení NPV) Hodnocení rizika, nejistoty Analýza citlivosti
7	Závěrečná zpráva	Porovnání nákladů životního cyklu variant NPV pro LCC návrhu stavby Centrálního depozitáře, analýza citlivosti NPV na klíčové proměnné (tabulky, grafy)

Tab. 4.4 LCC pro návrh stavby Centrálního depozitáře

Objekt: Centrální depozitář UPM Analyzované období: 30 roků		Diskontní sazba: 3% Cenová úroveň: 2010		
Položka nákladů	Náklady celkem	Jednotkové náklady (Kč/m ²)	NPV	
			Náklady celkem	Jedn. nákl. (Kč/m ²)
Stavební objekty	350 000 000	33 879	350 000 000	33 879
PD, inženýring, průzkumy	13 600 000	1 316	13 600 000	1 316
Další náklady - pozemek	30 000 000	2 904	30 000 000	2 904
Investiční náklady celkem	393 600 000	38 099	393 600 000	38 099
Obnova prvků krátkodobé životnosti	96 386 500	9 330	62 358 748	6 036
Běžná údržba	60 000 000	5 808	39 200 883	3 794
Náklady na obnovu a údržbu	156 386 500	15 138	101 559 631	9 831
Vytápění, chlazení, TUV, osvětlení	24 000 000	2 323	15 680 353	1 518
Vodné, stočné	1 752 000	170	1 144 666	111
Úklid	24 000 000	2 323	15 680 353	1 518
Administrativa	78 000 000	7 550	50 961 148	4 933
Náklady na provoz	127 752 000	12 366	83 466 519	8 079
Náklady na likvidaci	0	0	0	0
Celkem LCC	677 738 500	65 602	578 626 150	56 009

Obr. 4.1 LCC pro návrh stavby Centrálního depozitáře



Rozhodnutí o pořízení investice, stavby Centrálního depozitáře Umělecko-průmyslového musea v Praze, je podpořeno jako správné. Provozní náklady vtažené na 1m² užité plochy jsou v případě navržené stavby Centrálního depozitáře výrazně nižší ve srovnání s referenční variantou, představují pouze 25% provozních nákladů aktuálně užívaných depozitářů.

4.4 Příklad aplikace - Detailní analýza LCC

Detailní analýza nákladů životního cyklu je zpracována pro varianty stínění oken. Jedná se o komponentu, která významně ovlivňuje spotřebu energie na chlazení a vytápění stavby. Projektová dokumentace pro stavební povolení předpokládá 199 oken stejného rozměru a parametrů (25 ks v 1.PP, 54 ks v 1.NP, 60 ks v 2.NP a 60 ks v 3.NP). V tab.4.5 je uveden postup detailní analýzy nákladů životního cyklu pro varianty stínění.

Tab. 4.5 Detailní analýza LCC pro hodnocení variant stínění

Krok		Obsah
1	Stanovení cíle analýzy LCC	Porovnání variant stínění oken z hlediska nákladů pro analyzované období
2	Stanovení rozsahu analýzy LCC	Účel analýzy : volba ekonomického řešení stínění oken Časový plán : podklad pro zpracování dokumentace pro provedení stavby LCC jako jedno z kritérií společně s kritériem úspory energie na chlazení a vytápění
3	Definice klíčových parametrů	Relevantní náklady : náklady na pořízení stínění, náklady na pořízení zasklení (oken), náklady na provoz – energie
		Délka analyzovaného období : 30 roků (předpokládaná životnost)
		Požadavky na komponentu : pasivní snížení vnějších tepelných zisků ze solární radiace
		Metoda ekonomického hodnocení : NPV (pro relevantní náklady po analyzované období) , Diskontní sazba : 3% (variantně 0% a 6%)
4	Stanovení variant	Analýza rizika/nejistoty : jednoduché schéma potenciálních rizik
		Analýza citlivosti – hodnocení dopadu změn diskontní sazby a ceny energie
		Varianta 1 : návrh dle dokumentace pro SP, tzn. bez stínění (referenční varianta);
		Varianta 2 : žaluzie venkovní mechanicky ovládané podle potřeby, umístěné po celém objektu;
		Varianta 3 : žaluzie venkovní ovládané automaticky podle intenzity sluneční radiace, umístěné po celém objektu;
		Varianta 4 : markýzy, umístěné po celém objektu;
		Varianta 5 : žaluzie venkovní ovládané automaticky podle intenzity sluneční radiace, umístěné pouze na část osluněné fasády;
Varianta 6: výplně otvorů (okna) splňující lepší energetické parametry oken v kombinaci se stíněním oken žaluziemi;		
Varianta 7 : výplně otvorů (okna) splňující lepší energetické parametry oken v kombinaci se stíněním oken žaluziemi za předpokladu absence strojního chlazení v administrativní části budovy		

5	Shromáždění dat	Náklady na pořízení : stínění (žaluzie, markýza), zasklení - dodavatelé Spotřeba energie : expertní posudek ²² (dynamický model FSv ČVUT) Životnost – informace od potenciálních dodavatelů, konzultace
6	Ekonomické hodnocení	Analýza nákladů životního cyklu Hodnocení rizika, nejistoty, Analýza citlivosti
7	Zpráva	Model celkových nákladů životního cyklu pro varianty zastínění Hodnocení rizika a analýza citlivosti pro klíčové proměnné (cena energie, diskontní sazba), Výsledky metod ekonomického hodnocení – NPV

Vzhledem k závěrům expertního posudku energetického chování objektu Depozitáře nejsou ekonomicky hodnoceny varianty 2, 4 a 7. Hodnoceny jsou varianty 1, 3, 5 a 6 – viz.Tab.4.6.

Tab. 4.6: Varianty pro ekonomické hodnocení

Položka	Varianta 1	Varianta 3	Varianta 5	Varianta 6
Skladba konstrukcí, obvodový plášť, Energetické systémy	Dle dokumentace pro stavební povolení			
Výplně otvorů - okna	U = 1,2 W/m ² .K Světelná prostupnost $T = 79 \%$ Solární faktor $g = 67 \%$			U = 0,9 W/m ² .K Světelná prostupnost $T = 67 \%$ Solární faktor $g = 40 \%$
Stínění výplní otvorů – oken	Není uvažováno	Venkovní žaluzie (šedý matný povrch) s manuálním ovládáním. Všechna okna	Venkovní žaluzie (šedý matný povrch) s manuálním ovládáním. $\frac{3}{4}$ oken budovy orientovaných od SV po SZ	Venkovní žaluzie (šedý matný povrch) s manuálním ovládáním. $\frac{3}{4}$ oken budovy orientovaných od SV po SZ

V případě variant 1, 3 a 5 se jedná o dvojsklo (441-16-441), v případě varianty 6 o sklo s fólií Heat Mirror (6-14-HM-14-441)²³. Exterierové žaluzie Cetta 80, Typ ovládání elektrické – 199 žaluzií, 199x motor, 199x vypínač Centralis UNO IB VB, 1x centrál. Vypínač Centralis IB, 1x čidlo slunce a vítr Soliris IB²⁴.

Z porovnání variant v Tab.4.7 vyplývá, že nejnižších pořizovacích nákladů dosahuje varianta referenční. Nejnižší náklady na energii za rok dosahuje varianta 3, která má i nejnižší náklady životního cyklu. Z Tab. 4.7 je patrné, že všechny varianty jsou z hlediska nákladů na energii i z hlediska LCC výhodnější ve srovnání s referenční variantou. Minimální nárůst v pořizovacích nákladech o 2 mil. Kč (náklady na stavební objekt jsou odhadovány ve výši 350 mil.Kč), tzn. nárůst o 0,57% , vede v případě varianty 3 k úspoře v nákladech na energii 10 mil. Kč (s uvažováním časové hodnoty peněz 6,75 mil. Kč) v uvažovaném období 30 roků,

²² Expertní posudek energetického chování objektu Centrálního depozitáře Uměleckoprůmyslového muzea v Praze na základě dynamického modelu, zpracovatel ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra technických zařízení budov (prof. Ing. Karel Kabele, CSc., Ing. Miroslav Urban, PhD.), č. zakázky 031640

²³ Ocenění dle poptávky Geus okna, a.s., prosinec 2010 – 7532,62 Kč/ks (LowE 6 mm - Fe 14 arg - HMsol - Fe 14 arg - VSG 441 LowE), 6651,00 Kč/ks

²⁴ Ocenění dle poptávky u ISOTRA, a.s., prosinec 2010 – 10347,00 Kč/ks

k úspoře v LCC 8 mil. Kč (s uvažováním časové hodnoty peněz 4,5 mil. Kč). Doba návratnosti (uvažující pouze náklady na energie) je v případě varianty 3 jen 6 roků, pro variantu 5 se jedná o 8,75 roku, pro variantu 6 činí návratnost 5 roků. Byla provedena analýza citlivosti LCC na cenu energie.

Tab. 4.7 Ekonomické hodnocení variant zastínění

Objekt: Centrální depozitář UPM		Diskontní sazba: 3%		
Analyzované období: 30 roků		Cenová úroveň: 2010		
Položka	Varianta 1	Varianta 3	Varianta 5	Varianta 6
Pořiz. náklady – zastínění (Kč)	0	2 059 137	1 544 353	1 544 353
Pořizovací náklady – zasklení (Kč)	1 323 468	1 323 468	1 323 468	1 498 868
Celkem pořizovací náklady (Kč)	1 323 468	3 382 605	2 867 821	3 043 221
Náklady na energii (Kč/rok)	841 306	496 874	664 944	539 673
Náklady na energii celkem (Kč)	25 239 165	14 906 205	19 948 320	16 190 175
Náklady na energii - NPV (Kč)	16 489 959	9 738 940	13 033 196	10 577 819
Náklady na obnovu stínění (Kč)	0	339 758	254 818	254 818
Náklady na opravy a výměny stínění NPV (Kč)	0	199 119	149 339	149 339
LCC (Kč)	26 562 633	18 628 567	23 070 959	19 488 214
LCC jako NPV (Kč)	17 813 427	13 320 664	16 050 356	13 770 379

5 Shrnutí a závěr

Analýza nákladů životního cyklu je pro investora přínosná. Mezi přínosy patří :

- transparentnost budoucích provozních nákladů stavby,
- možnost plánovat budoucí výdaje spojené s vlastnictvím stavby,
- lepší informovanost o celkových nákladech,
- schopnost ovlivňovat a optimalizovat budoucí náklady ve fázi návrhu projektu,
- dosahování a prezentace lepší hodnoty projektů (value for money),
- harmonizace s požadavky veřejného sektoru na pořizování staveb (princip 3E),
- vyhodnocení vzájemně zastupitelných variant návrhu stavby nebo částí,
- vyhodnocení kompromisního řešení mezi technickými parametry projektu a náklady (substituce materiálů, technologií apod.).

Přínosy analýzy nákladů životního cyklu pro vybrané subjekty jsou shrnuty v tab.5.1.

Tab. 5.1 Přínosy analýzy nákladů životního cyklu pro vybrané subjekty

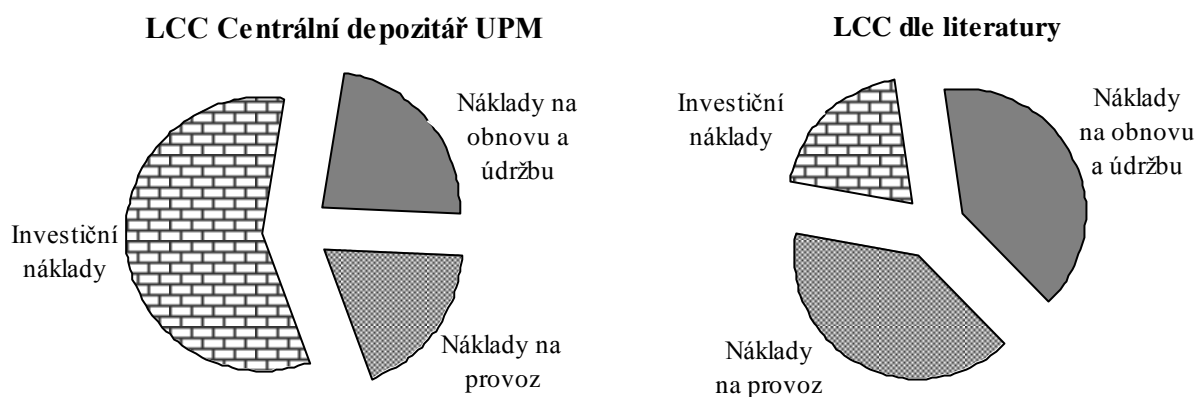
Subjekt	Přínos
Veřejný sektor - vlastníci a uživatelé	Prezentace hodnoty (value for money) Minimalizace dlouhodobých provozních nákladů Zachování uživatelského standardu majetku Prognóza budoucích nákladů Schopnost plánovat budoucí výdaje Hodnocení kompromisu mezi technickými parametry a náklady
Komerční sektor, investoři, developři	Konkurenceschopnost nabídky prostor k pronájmu Zachování dlouhodobé hodnoty majetku Odhad nákladů na servis apod.
Soukromý sektor - uživatelé	Minimalizace provozních nákladů Usnadnění tvorby rozpočtů a plánování nákladů Minimalizace přerušení podnikatelských aktivit (snížení počtu odstávek, dnů s omezeným provozem) Zachování hodnoty majetku Uspokojení požadavků nájemců na vyšší standardy

Pro dosažení uváděných přínosů je nezbytné zajistit:

- týmovou práci všech klíčových osob – investora (zadavatele), projektanta, technického dozoru, odborných konzultantů apod.,
- integraci kalkulací nákladů životního cyklu do celého investičního rozhodovacího procesu – tvorba koncepce, projektování, realizace, provozování,
- dostatečné vstupní informace – výstupy analýz nákladů životního cyklu jsou vysoce závislé na detailnosti a určitosti vstupů (především náklady, čas).

Použitelnost metodiky byla ověřena na příkladu analýzy nákladů životního cyklu pro veřejnou stavbu – Centrální depozitář Uměleckoprůmyslového muzea v Praze. Na základě podkladů získaných od inženýrské organizace a na podkladě projektové dokumentace pro územní řízení byla zpracována předběžná analýza LCC pro účely strategického rozhodování, která potvrdila správnost rozhodnutí o pořízení stavby Centrálního depozitáře v navrhovaném nízkoenergetickém standardu. Na podkladě projektové dokumentace pro stavební povolení, expertních odhadů a informací inženýrské organizace a expertního posudku energetického chování objektu Centrálního depozitáře Uměleckoprůmyslového muzea v Praze na základě dynamického modelu byla zpracována detailní analýza LCC pro jednu z klíčových komponent – stínění oken. Výsledek byl jedním z podkladů pro dopracování navazujícího stupně projektové dokumentace. Další analýzy a zpřesnění kalkulace nákladů životního cyklu jsou plánovány po dokončení projektové dokumentace pro zadání stavby.

Obr. 5.1 Náklady životního cyklu



Analýza nákladů životního cyklu přináší zcela nový ekonomický pohled na stavbu v etapě jejího navrhování. Posuzování návrhů staveb (investičních projektů) z hlediska nákladů životního cyklu je jednou z možností, jak zajistit splnění kritérií 3E, tzn. jejich hospodárnost, efektivnost a účelnost. To je důležité především pro projekty financované z veřejných prostředků, které musí jasně demonstrovat finanční efektivnost.

6 Literatura

- [1] Ashworth, A.(1996): Estimating the life expectancies of building components in life cycle costing calculations, *Structural Survey*, 14 (2): 4-8
- [2] *BMI Building maintenance price book 2007*, RICS, London
- [3] Bordass, B. (2000): Cost and value: fact and fiction, *Building Research & Information*, 28 (5/6): 338-352
- [4] Boussabaine, A., Kirkham, R.(2004): *Whole Life-cycle Costing, Risk and risk responses*, Blackwell Publishing Ltd., Oxford
- [5] Beran, V. (ed.): *Management udržitelného rozvoje životního cyklu staveb, stavebních podniků a území*, Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2006. 149 s. ISBN 80-01-03380-5
- [6] Davis Langdon : *A common European methodology for Life Cycle Costing*, European Commission, Davis Langdon Management Consulting. 2007
- [7] Evans, R. et al. (1998): *The Long-term cost of Owning and Operating Buildings*, Royal Academy of Engineering, London.
- [8] Flanagan, R., Norman, G.(1988): *Life Cycle Costing: Theory and Practice*, RICS, Surveyors publications Ltd. London.
- [9] Flanagan, R., Kendell, A., Norman, G.,Robinson, G.: (1987) Life cycle costing and risk management, *Construction Management and Economics*, 5: 53-71
- [10] Kirk, S.J., Dell'Isola, A.J.(1995): *Life cycle costing for design professionals*, McGraw-Hill Book Company, New York
- [11] Kishk, M., Al-Hajj, A., Pollock, R., Aouad, G., Bakis, N., Sun, M. (2003): *Whole life costing in construction. A state of the art review*. RICS Foundation Papers, 4(18).
- [12] Macek D.: *Buildpass – obnova a údržba budov*. ČVUT v Praze, Praha, 2007 <http://www.buildpass.eu>
- [13] Schneiderová Heralová, R.(2007): *Užitek, náklady a cena při pořizování, správě a obnově veřejného majetku.*, Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 168 s..
- [14] Schneiderová Heralová, R.(2011): *Udržitelné pořizování staveb (ekonomické aspekty)*. 1. vydání. Praha : Wolters Kluwer ČR, 254 s.
- [15] Schneiderová Heralová, R.: Energetická certifikace budov pro bydlení ve vztahu k nákladům životního cyklu, In: *Regenerace bytových domů - dynamika bydlení*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, s. 97-103
- [16] Schneiderová, R.: The Building's Value Assesment using the Utility and the LCC In: *Central Europe towards Sustainable Building 07 Prague*. Prague: CTU, Faculty of Civil Engineering, 2007, vol. 1, p. 126-131.
- [17] Task Group 4 (TG4) : (2003) Report of Task Group 4: Life Cycle Costs in Construction, the European Commission, <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/suscon/tgs/tg4/lccreport.pdf>.
- [18] Tománková, J., Schneiderová, R., Čápková, D., Kremlová, L.: Life Cycle Costing of the Building In: *Construction and Professional Practices (Proceedings of EASEC 10)*. Bangkok: Asian Institute of Technology, 2006, s. 97-102.

Autor a CV

Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.

datum a místo narození : 21.2.1972, Písek
zaměstnavatel : Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6
pracovní pozice : odborný asistent, Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví
e-mail : heralova@fsv.cvut.cz

Vzdělání

Absolventka doktorského studia na ČVUT, Fakulta stavební, Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví, postgraduálního specializačního studia znalectví v oboru ekonomika, odvětví ceny a odhady na IOM VŠE Praha, inženýrského studia na ČVUT, Fakulta stavební, obor Podnikání a řízení ve stavebnictví.

Pedagogická činnost

Od roku 1995 pracuje jako odborný asistent na ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra Ekonomiky a řízení ve stavebnictví (přednášející, vedoucí bakalářských prací, vedoucí diplomových projektů, školitel - doktorandské studium), dále je zpracovatelem řady znaleckých posudků v oboru ekonomika (za znalecký ústav FSv ČVUT). Výuka v rámci CŽV – Manažer staveb.

Podílí se na výuce předmětu Facility management a PPP na VŠE Praha, Fakulta podnikohospodářská, dále na přípravě osnov a výuce předmětu Kalkulace staveb na VŠTE v Českých Budějovicích. Oponent bakalářských a diplomových prací, člen komise pro státní závěrečné zkoušky a obhajoby bakalářských a diplomových prací na Bankovním institutu – vysoká škola.

Odborná činnost

Od roku 1999 působí jako znalec jmenovaný pro obor ekonomika, odvětví ceny a odhady, se specializací nemovitosti a pro obor stavebnictví, odvětví stavby obytné. V letech 1997 – 2002 manažer ve Stavební a inženýrské společnosti SPS, s.r.o. Od roku 2002 externí spolupráce (Feasibility study projektu Rekonstrukce Národního muzea, příprava zadání nízkoenergetické stavby Centrální depozitář Uměleckoprůmyslového muzea v Praze, návrh metod hodnocení nabídek ve veřejných soutěžích apod.). Hodnotitel projektů OP Výzkum a vývoj pro inovace (MŠMT ČR) – stavebnětechnické posudky.

Členka Education Committee v rámci CEEC (The European Council of Construction Economists), členka CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction). Členka KSZ (Komora soudních znalců), ČSS (Česká stavební společnost), předseda Expertní komise ARS (Asociace rozpočtářů staveb).

Výzkum

Výzkumný záměr č. 5 (MSM 6840770006) Management udržitelného rozvoje životního cyklu staveb, stavebních podniků a území, grant MMR ČR (WD-07-07-4) Koncepce územního plánování a disparity v území, CIDEAS (1M684077001), Výzkumný záměr č. 6 (MSM 210000006) Management udržitelného rozvoje životního cyklu staveb, stavebních podniků a území. Analýza cenového vývoje staveb plynových zařízení pro RWE GasNet.