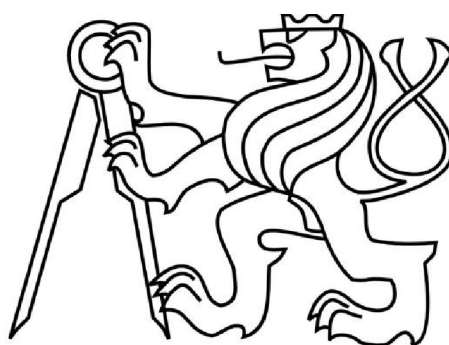


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

NÁVRH VYBRANÝCH KONSTRUKCÍ PODLE
ŽIVOTNOSTI, CEN A NÁKLADŮ NA ÚDRŽBU

Jan Vojtíšek

2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Návrh vybraných konstrukcí podle životnosti, cen a nákladů na údržbu“ vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Praze, dne 28.5.2017

.....

Poděkování

Rád bych využil této příležitosti k poděkování vedoucímu mé práce, panu Ing. Václavu Pospíchalovi, PhD., za vedení mé práce a jeho cenné rady, které jsem mohl během psaní využít.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vojtíšek	Jméno: Jan	Osobní číslo: 410150
Zadávací katedra: Katedra technologie staveb		
Studijní program: Příprava, provoz a realizace staveb		
Studijní obor: Stavební inženýrství		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh vybraných konstrukcí podle životnosti, ceny a nákladů na údržbu	
Název bakalářské práce anglicky: Constructions according to the durability, cost and maintenance costs	
Pokyny pro vypracování: Zákonné požadavky na konstrukce; Ostatní požadavky - cena, fyzická, morální a fyzická životnost, obnovitelnost, množství odpadu během výstavby a při demolici a ostatní faktory; Praktický návrh ve variantách na vybranou stavbu s výpočty; Multikriteriální vyhodnocení porovnatelných variant	
Seznam doporučené literatury: Kupilík, V. (1999) - Závady a životnost staveb; K. István (1972) - fyzikální a morální životnost staveb Anovčín J. (2013) - Agregované ceny stavebních konstrukcí;	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2017	Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku	

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

23.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Anotace

Bakalářská práce se zabývá problematikou navrhování konstrukcí z hlediska životnosti, ceny a nákladů na údržbu. V teoretické části je na navrhování konstrukcí pohlíženo ze socioekonomického kontextu pomocí definice životního cyklu staveb. V práci je podrobněji rozebráno téma definice a stanovení nákladů spojených se stavebními konstrukcemi a téma životnosti. V praktické části se práce zaměřuje na porovnání plánovaných nákladů konkrétních funkčních dílů stavby.

Klíčová slova

Náklady, životnost, životní cyklus budovy, cena, investiční fáze, aspekty

Annotation

The bachelor thesis deals with the issue of construction design regarding durability, initial cost and maintenance cost. In the theoretical part of the thesis, the construction design is taken into consideration alongside with social economical context and life cycle of a building. The thesis reviews the topic of definition and determination of costs connected with constructions and the topic of durability. In the practical part of the thesis, a comparison of planned costs of specific parts of the building is made.

Key words

Costs, durability, life cycle of a building, cost, investment phase, aspects

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Socioekonomický kontext navrhování konstrukcí	2
3	Životní cyklus staveb a jeho etapy	4
3.1	Předinvestiční fáze	4
3.2	Investiční fáze.....	5
3.3	Provozní fáze	6
3.4	Likvidační fáze	7
4	Náklady životního cyklu budovy	8
4.1	Nákladové metody	9
4.1.1	Analýza minimalizace nákladů	9
4.1.2	Analýza nákladů a užitků.....	11
4.1.3	Analýza efektivnosti nákladů	11
4.1.4	Analýza užitečnosti nákladů.....	11
4.2	Rozdělení nákladů životního cyklu budovy	12
4.2.1	Náklady přímo související s technickými parametry stavby	12
4.2.2	Náklady provozní	12
4.2.3	Náklady administrativní	12
4.3	Výpočet nákladů životního cyklu budovy.....	13
5	Životnost	14
5.1	Návrhová životnost	15
5.2	Životnost a normy	19
5.3	Návrh konstrukce z hlediska životnosti.....	21
5.3.1	Závady	22
5.3.2	Proces navrhování konstrukce z hlediska životnosti	23
5.3.3	Chyby při návrhu konstrukce, které ovlivňují životnost	25
5.3.4	Vybrané faktory ovlivňující návrh betonových konstrukcí z hlediska životnosti.....	27
6	Případová analýza – kancelářská budova	29
6.1	Analýza osvětlení.....	29

6.1.1	Předpoklady výpočtu	30
6.1.2	Varianty kancelářského osvětlení	31
6.1.3	Vyhodnocení variant osvětlení	35
6.2	Analýza zateplovacího systému	39
6.2.1	Varianty zateplovacího systému	39
6.2.2	Vyhodnocení variant zateplení	41
7	Závěr	44
8	Literatura	45
9	Zkratky	47
10	Seznam obrázků	48
11	Seznam tabulek	49
12	Seznam příloh	50

1 Úvod

Jak již v roce 1943 řekl Abraham Maslow, mezi základní lidské potřeby platí pocit bezpečí. Proto člověka provázela od nepaměti jakákoliv forma jeho obydlí, ať už se jednalo o primitivní přístřešek či velkolepé sídlo. S postupem času, jak se společnost vyvíjela, vzrůstaly nároky na technologii a provedení těchto staveb. Na začátku 20. století zažilo stavebnictví velkou revoluci, jak technologickou, které dominovaly objevy využití železobetonu či oceli, tak myšlenkovou, která byla podnětem pro vznik nových metod navrhování. Při výstavbě budov se musely začít brát v úvahu i aspekty, které nesouvisely jen s únosností a stabilitou. Do popředí se začaly dostávat i hlediska ekonomická a sociální. V této práci jsou některá z těchto hledisek popsána a je demonstrován jejich vzrůstající vliv při navrhování konstrukcí – konkrétně to jsou životnost, cena a náklady na údržbu.

2 Socioekonomický kontext navrhování konstrukcí

Velká část této práce je věnována životnosti, která je jeden z markantních rysů konstrukce. Cílem stavby ale většinou nebývá pouze jedna vynikající vlastnost, ale i optimalizace vlastností dalších, především v sektoru komerčním. Tato optimalizace probíhá s ohledem na jiné vlastnosti, které jsou pro zadavatele stavby důležité. S tím, jak se naše společnost vyvíjí, se vyvíjí i požadavky, které se pojí s výstavbou nových budov. Na stavby se už není nahlíženo jen z lokálního a krátkodobého hlediska, ale je snaha je vnímat v kontextu celého našeho socioekonomického systému. S tímto tématem se pojí hlavně efektivní využívání zdrojů. Pokud se hovoří o zdrojích, nemyslíme tím ovšem jen peníze. Zdroji rozumíme také práci, čas, energii a stavební materiál. V dnešní době, kdy cena materiálů rychle roste, platy jsou uměle zvyšovány pomocí inflace a náklady na energii se zvyšují, se stává optimalizace zdrojů jedním z fundamentálních požadavků investora. Nejsou to ale jen náklady na stavbu samotnou, v nedávné době je také zaznamenán růst úrokových sazeb u bank. Tento stav logicky vyústil v situaci, kdy se klient snaží najít lidi schopné k tomu, aby navrhli budovu s co nejefektivnější minimalizací nákladů s ní spojených. Nejedná se ovšem o přelomovou myšlenku, již v historii se bezesporu stavělo s ohledem na cenu a profit. To, co bychom ale mohli za přelomové označit, je přístup k ceně stavebního díla, potažmo konstrukce. V minulosti se hledělo především na počáteční náklady. Není to nic nečekaného, důvody pro to byly hlavně dva – jednak nebylo navrhování na takové úrovni a jednak nebyl dostatečný statistický podklad pro odhad budoucích nákladů. Dnešní tlak vyvíjený ze strany společnosti dal ale za vznik novým, pokročilejším metodám pro návrh jak konstrukce, tak odhad a určení nákladů s ní spojených. Nehovoříme zde ale pouze o tlaku ekonomickém, nýbrž i o požadavcích spojených s rostoucím trendem ochrany životního prostředí. Pokud by se hovořilo o dopadu tohoto trendu na socioekonomický systém, dalo by se říct, že i ten přinesl inovace z hlediska metodiky navrhování a byl celkovým přínosem pro společnost. Díky němu vzrůstá využitelnost recyklovaných surovin, objevují se nové cesty použití alternativních materiálů, ale dá se pozorovat i, z našeho pohledu druhotný, nicméně z pohledu globálnějšího velmi důležitý, efekt, a to ten, že vznikají nová pracovní místa a podporuje se vznik ekologicky přijatelnějších výrobků. [1]



Obrázek 1 – Vývoj cen ve stavebnictví [2]

Jedna ze zmíněných metod, která vznikla v druhé polovině dvacátého století, je takzvaný **life cycle costing**. Jedná se o metodu co nejefektivnějšího určení nákladů spojených se stavbou. Kombinuje přitom tři zásadní aspekty navrhování staveb, kterými se zabývá tato práce - životnost, cenu a náklady na provoz a údržbu. Pojem life cycle costing se do češtiny překládá jako určení nákladů životního cyklu. Jak už vyplývá z názvu, metoda spočívá v rozdělení jejího životního cyklu na dílčí fáze, u kterých je následně stanovena předpokládaná hodnota zdrojů, jenž se během fáze vynaloží.

3 Životní cyklus staveb a jeho etapy

Každé stavební dílo má svůj životní cyklus. Představuje časové období, kterým prochází celý projekt stavby. Jeho začátek je již samotná myšlenka na realizaci. Následuje přetvoření myšlenky v investiční záměr, plánování, projektování, realizace, využívání stavby, její údržba a opravy či rekonstrukce a nakonec samotná likvidace budovy. Tento cyklus lze rozdělit na jeho jednotlivé fáze, které jsou různě dlouhé a které jsou vymezeny konkrétními činnostmi, jež v dané fázi probíhají a definují současný stav stavebního projektu. Toto rozdělení je tedy následující:

Předinvestiční fáze

Investiční fáze

Provozní fáze

Likvidační fáze [3]

Výstavbový projekt					
Fáze předinvestiční		Fáze investiční		Fáze provozní	Fáze likvidační
Iniciování	Definování	Plánování	Realizace	Provoz	Likvidace
Životní cyklus majetku – stavebního díla					
Fáze výstavbového projektu				Fáze provozní	Fáze likvidační
				Životní cyklus užití stavebního díla	

Obrázek 2 – rozdělení životního cyklu stavebního díla [4]

3.1 Předinvestiční fáze

Předinvestiční fáze je doba, ve které se začíná vznikat projekt. Sestává se především ze získávání informací a dat, jejich analýzy a vyhodnocení. Nejdříve vznikne myšlenka, která nastíní podobu budoucího projektu. Začínají se formulovat počáteční otázky, které definují základní podobu záměru, jako jsou účel, umístění, způsob řešení a umístění do časového kontextu. Cílem této fáze je sestavení podnikatelského záměru a rozhodnutí o tom, zda se bude vůbec projekt realizovat. Probíhá analýza, která si klade za cíl zjištění technickoekonomických ukazatelů celé investice, to znamená nejen ekonomickou efektivnost, ale i technickou a finanční proveditelnost projektu stavby. Závěr této fáze je formulování závěrečné předinvestiční zprávy, která slouží jako podklad pro další rozhodnutí o budoucnosti projektu.

Hlavní činnosti předinvestiční etapy:

Stanovení strategie postupu

Definování cíle projektu

Výběr lokality budovy

Vymezení způsobu organizace a řízení projektu

Vypracování studie proveditelnosti [5] [6]

3.2 Investiční fáze

Následuje další etapa projektu, takzvaná investiční fáze, která přímo navazuje na předinvestiční fázi. Jedná se o zpracování výstupů z předchozí činnosti, jejich zpřesnění a vytvoření podkladu pro následující postup při realizaci stavby. Tato fáze je rozdělována na dvě části – etapu investiční a realizační přípravy a etapu realizační.

Hlavní činnosti etapy investiční fáze a realizační přípravy:

Tvorba časového harmonogramu

Vytvoření organizace a vedení projektu

Rozhodnutí o způsobu financování

Zpracování dokumentace (STS, DUR,DSP,DPS)

Vytvoření kontrolního rozpočtu

Výběr dodavatelů

Uzavření smlouvy o dílo

V etapě realizační, jak již název napovídá, probíhá samotná realizace stavebního díla. Její začátek je stanoven předáním staveniště dodavateli stavby. Cílem této etapy je provedení stavby za předem stanovených podmínek - hovoříme zde o podmínkách, které jsou určeny požadavky na cenu, čas a jakost.

Hlavní činnost etapy realizační:

- Předání a převzetí staveniště
- Kontrola kvality stavebních prací
- Vedení stavebního deníku
- Realizace stavby
- Předání a převzetí díla
- Odstranění vad a nedodělků
- Zpracování dokumentace (RDS, DSPS) [6]

3.3 Provozní fáze

Provozní fáze je zahájena, jakmile dojde k předání stavby investorovy (provozovateli). Zde je vhodné také rozdělit tuto etapu na dvě pomyslné části, respektive nahlížet na ni dvojím způsobem, zejména pokud je budova určena k poskytování služeb či výrobě produktů. První je krátkodobé hledisko, kdy se v provozu mohou projevit nedostatky z předchozí fáze, které jsou způsobeny například nedostatečným odhadem potřeby personálu nebo problémy s činností pracovních zařízení u výrobních projektů. Tyto nedostatky lze odstranit ještě poměrně snadno a rychle a mohou se ještě zařadit do investiční fáze. Druhé hledisko provozní fáze je dlouhodobé. Na rozdíl od krátkodobého hlediska a ostatních fází životního cyklu budovy tato etapa trvá dobu v řádu desítek let. Chyby či nedostatky, které vzniknou v tomto období je z pravidla velmi náročné odstranit, kvůli charakteristikám těchto defektů, které se většinou týkají provozních nákladů a příjmů (předpokládaných užitků) stavby. Pokud jsou tyto nedostatky přehlédnuty nebo ignorovány v investiční fázi, jejich následné řešení ve fázi provozní je z pravidla velmi obtížné a nákladné. Jejich výskyt v provozní etapě je hrubá chyba a nemělo by k nim v úspěšném projektu docházet. V průběhu projektu se během časového období provozní fáze sleduje tok veškerých zdrojů spojenými s každodenním chodem budovy. To znamená evidence nákladů na údržbu, opravy, modernizaci, provoz, případně zisků spojené s provozem. [3]

3.4 Likvidační fáze

V likvidační fázi již nedochází k provozu objektu, nicméně je s ním stále spojen pohyb peněz. Stavba může furt vykazovat jistý zisk, nebo je naopak potřeba další investice pro pokrytí nákladů s ukončením provozu stavby, respektive likvidací. Likvidace ale nemusí být jediné řešení, často se investor rozhodne pro rekonstrukci. V případě takovéto rozsáhlé rekonstrukce je ale potřeba nové stavební a kolaudační řízení, znamená to ve výsledku začátek nového životního cyklu. [3]

4 Náklady životního cyklu budovy

Nyní, když byly jasně definovány všechny fáze, kterým prochází stavební objekt, je třeba jasně stanovit cenu, potažmo životnost, celé konstrukce. Ještě donedávna se pro vyhodnocení ceny využívaly metody, které vyčíslily pouze počáteční náklady. Díky všem procesům zmíněným dříve ale rostla potřeba nových, přesnějších, metod, díky čemuž došlo k rozvoji Life Cycle Costing. Tato metoda vedla k určitému náhledu do budoucnosti, který umožňuje vytvoření širší škály řešení jednoho problému a analýzy jeho dopadu na cenu společně s dalšími aspekty. V poslední době je (nebo by být měla) hojně využívána především u větších stavebních projektů. Základní princip této metody je ten, že všechny podstatné náklady spojené s vlastněním (zahrnující nabytí a pozbytí) budovy či konstrukce se započítají do jejích celkových nákladů. Do návrhu tak zahrnujeme i myšlenku vhodnosti konkrétních konstrukčních řešení společně s tématem životnosti. [7]

Jak již bylo zmíněno, největší možnost ovlivnit celý projekt vzniká v investiční fázi, ve které je budoucí stavba optimalizována z hlediska jejích nákladů. Je to právě tato doba, kdy probíhají ta nejdůležitější rozhodnutí, která odlišují úspěšný projekt od ztrátového. Aby mohlo být rozhodnuto v základních koncepčních otázkách, a byla určena cesta, která je pro stanovený cíl nejvhodnější, je vhodné provést analýzu efektivnosti pořízení. Tato analýza má za cíl optimalizovat stavbu z hlediska nákladů a určit konkrétní materiálové a konstrukční řešení, která budou využita při stavbě a budou definovat životnost a náklady spojené s provozem jak jednotlivých funkčních dílu, tak i budovy jako celku. Pro vyhodnocení těchto rozhodnutí se v praxi využívá především nákladově výstupových metody. Jedná se o metody, které porovnávají output a input, tedy náklady (vstupy) a celkové výstupy. Čtyři základní metody, které jsou nejčastěji uplatňovány:

Analýza minimalizace nákladů (CMA z anglického Cost Minimasing Analysis)

Analýza nákladů a užitků (CBA z anglického Cost Benefit Analysis)

Analýza efektivnosti nákladů (CEA z anglického Cost Effectivnes Analysis)

Analýza užitečnosti nákladů (CUA z anglického Cost Utility Analysis) [8]

4.1 Nákladové metody

4.1.1 Analýza minimalizace nákladů

Tato metoda se využívá pro určení nákladů, které se objeví v životním cyklu budovy (konstrukce). Jsou vyčísleny jednak náklady na pořízení investice, které vzniknou během fází předinvestičních a investičních a jednak nákladů spojené s provozem konstrukce, které vzniknou v rámci provozní a likvidační fáze. Pomocí této metody se snažíme optimalizovat řešení z hlediska minimalizace výše zmíněných nákladů v průběhu životního cyklu.

Pro určení nákladů spojených s konstrukcí je využíván ukazatel BLCC (Building life cycle cost), který vyjadřuje velikost současných a budoucích nákladů spojených s danou konstrukcí z hlediska jejich technických parametrů během jednotlivých fází životního cyklu budovy. V období investiční fáze se jedná o pořizovací náklady, v průběhu provozu o opravy, údržbu, rekonstrukce a modernizaci, v likvidační etapě potom o náklady vynaložené na její odstranění. K určení ukazatele BLCC metoda využívá rozdělení budovy do jednotlivých funkčních dílů, jejich následné určení životnosti, cyklu oprav a údržby a s tím spojených nákladů. Další důležitý faktor této analýzy je fakt, že BLCC vyjadřuje výši nákladů v přítomnosti, je tedy nutné přepočítat budoucí výdaje na jejich současnou hodnotu. K tomu se využívá takzvaného principu časové hodnoty peněz (TVM z anglického Time Value of Money) [8]

4.1.1.1 Časová hodnota peněz

Pro lepší pochopení problematiky cen a nákladů je důležité představit následující tezi časové hodnoty peněz. Většina analýz a rozhodování v oblasti investic a nákladů je založeno na jednom ze základních pravidel ekonomiky, které předpokládá, že každá měna má v současné době větší hodnotu, než bude mít v budoucnu, protože bere úvahu potenciální možnost její investice v přítomnosti a její následné zvyšování hodnoty. Toto zvyšování hodnoty je právě takzvaná časová hodnota peněz. Finanční prostředky, které máme reálně k dispozici, můžeme použít na okamžitou spotřebu, nebo je investovat. Ekonomické analýzy nám pomáhají v rozhodnutí, jak velkou část vynaložit na potenciální investici a jak velkou část je vhodné efektivně spotřebovat. Za úspěšné rozhodnutí považujeme takové, které přinese nejlepší poměr mezi množstvím výdajů, které je vhodné spotřebovat a množstvím, které je vhodné investovat, s co největším ziskem.[8]

V propočtech je časová hodnota peněz matematicky vyčíslena pomocí diskontní sazby. V praxi se diskontní sazba rozlišuje na dva druhy, které se liší hlediska projektů, pro jejichž vyhodnocování jsou používány.

Finanční diskontní sazba se využívá při hodnocení komerčních projektů. Jedná se o projekty, kdy je hlavní kritérium úspěchu jeho zisk a vyjadřuje hodnotu ztracených zisků z jiných potenciálních investic.

Sociální diskontní sazba se využívá k především k hodnocení veřejných projektů (veřejně financovaných), u kterých není primární kritérium úspěchu zisk, ale celospolečenský dopad.[9]

4.1.1.2 Ukazatel BLCC

Ukazatel BLCC funguje na podobném principu jako metoda současné hodnoty peněz. NPV převádí všechny investice po dobu jejich předpokládaného trvání na současnou hodnotu peněz, BLCC dělá v podstatě to samé, akorát v prostředí stavebních konstrukcí – mapuje pořizovací náklady společně se všemi ostatními výdaji, které vzniknou během životnosti konstrukce, a převedou je na současnou hodnotu. Stejně tak, jako NPV, tak i BLCC používá metodu diskontování, která je vyjádřena pomocí diskontního faktoru f .

$$f = \frac{1}{(1+r)^i}$$

(1) Kde

f ...je diskontní faktor
 r ...je diskontní sazba
 i ...je počet let

Pomocí tohoto faktoru lze vyjádřit výpočet ukazatele BLCC následovně:

$$BLCC = \sum_{i=0}^n \frac{1}{(1+r)^i} \sum_{j=1}^t C_{ij}$$

(2) Kde

C_{ij} ... je j-tý náklad spojený s konstrukcí v i-tém roce
 i ... je rok, ve kterém vzniká náklad
 r ... je diskontní sazba
 n ... je počet let životnosti budovy [8]

4.1.2 Analýza nákladů a užitků

Metoda CBA sleduje hodnotu nákladů a výnosů v celém průběhu projektu a využití nachází především ve veřejném sektoru. Vedle technickoekonomického aspektu (náklady životního cyklu budovy) je zaměřena také na výsledný užitek budovy, to znamená, že analýzou prochází celý podnikatelský záměr a velká pozornost je věnována činnosti, která se stavbou souvisí. Jedná se o podrobnější studii proveditelnosti a je zde přidán rozbor socioekonomických aspektů, na které bude mít budova, potažmo její provoz, vliv. Výstupem této metody, je analýza, která převádí dopady a efekty provozu stavby, které nejsou primárně vyjádřené v penězích, na ekonomické hodnoty (současná hodnota, výnosové procento, doba návratnosti). [8]

4.1.3 Analýza efektivnosti nákladů

Metoda CEA má za cíl minimalizovat vynaložené náklady při dodržení předem daných kvalitativních zdrojů. Metoda se využívá tam, kde je komplikovaná monetizace výsledků, například u projektů, kde výslednou jednotkou bývá kilometr nové komunikace, obestavěná plocha apod. Rozhodujícím kritériem pro vyhodnocení záměru se potom stává převedení těchto jednotek na peněžní hodnotu, to znamená Kč za metr dálnice či Kč za metr čtverečná obestavěného prostoru. [8]

4.1.4 Analýza užitečnosti nákladů

CUA je multikriteriální metoda, která umožňuje matematicky vyhodnotit užitečnost stavby. Jejím výstupem je efektivnost E , která je vyjádřena podílem užitečnosti a pořizovacích nákladů. Užitečnost je bezrozměrná veličina, která je určena pomocí vhodné analýzy sledovaných kritérií.

$$E = \frac{U}{C_i}$$

(3) Kde

- E ... je užitečnost stavby
- U ... je užitečnost stavby
- C_i ... jsou investiční náklady stavby [8]

4.2 Rozdělení nákladů životního cyklu budovy

Pro potřeby finančních analýz nákladů životního cyklu budovy je nutné rozdělení jednotlivých výdajů rozdělit. V praxi se osvědčilo rozlišení jednotlivých režíí do tří následujících kategorií – náklady přímo související s technickými parametry stavby, náklady spojené s provozem budovy a náklady administrativní. [3]

4.2.1 Náklady přímo související s technickými parametry stavby

Náklady přímo související s technickými parametry jako jediné z výše zmíněných tří variant vznikají během více fází životního cyklu stavby. Zahrnují se sem všechny výdaje, které souvisí realizací konstrukce, to znamená, že v předinvestiční a investičně plánovací fázi do těchto nákladů zahrneme náklady spojené se sběrem dat a informací týkajících se výstavby společně s výdaji za dokumentaci spojenou s projektem. Ve fázi investičně realizační jsou to pak všechny náklady na realizaci stavby (zahrnující materiál, mzdy, zisk a další). V provozní etapě jsou sem zahrnuty náklady na opravy, modernizaci, rekonstrukci a celkovou údržbu budovy. Poslední fáze, ve které také vznikají náklady související s technickými parametry, je likvidační. Do nich zahrnete veškeré režie spojené s odstraněním stavby. V předešlém textu je uvedeno, že v likvidační fázi může namísto zbourání budovy dojít k její rekonstrukci, v takovém případě ale vzniká nový životní cyklus, tyto náklady se do přímo souvisejících s technickým stavem nezahrnují. [3]

4.2.2 Náklady provozní

Náklady provozní, stejně tak jako náklady administrativní, vznikají pouze v provozní fázi životního cyklu. Spadají pod ně výdaje za služby pracovníků zajišťujících provoz budovy, veškeré dodávky (voda, energie, teplo, plyn) a úklid budovy. Většinou se sem ještě započítávají náklady vynaložené na revizi konstrukcí. [3]

4.2.3 Náklady administrativní

Poslední kategorií nákladů jsou takzvané administrativní. Zahrnují náklady na zajištění ekonomického chodu budovy – administrativní správa, činnosti spojené s využitím budovy (například zajištění pronájmu) a k tomu vázané smlouvy; platby daně z nemovitosti a pojištění, výdaje za pasportizaci a další. [3]

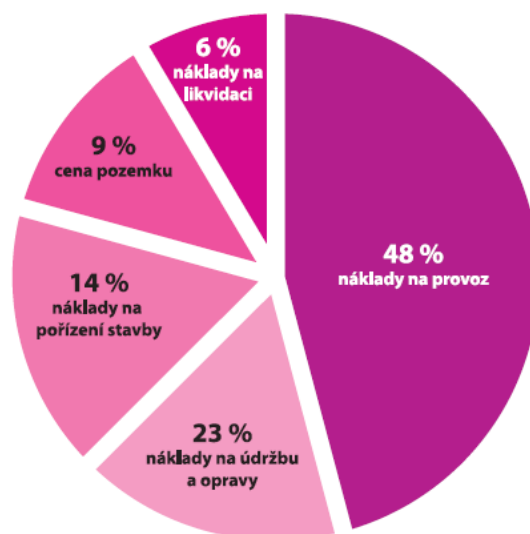
4.3 Výpočet nákladů životního cyklu budovy

V této kapitole práce bude představeno, jakým způsobem se vypočítají náklady, které byly popsány výše. Pro tento výpočet využijeme metodu minimalizace nákladů (CMA). Jedná se o hypotetický model, který se snaží co nejefektivněji odhadnout výši všech nákladů spojených s budovou (konstrukcí). Všechny ceny se přepočítávají na současnou hodnotu. Riziko této metody spočívá v nutnosti odhadu vývoje cen, inflace a diskontní sazby.

$$LCC = CP + \sum_{i=0}^n \frac{1}{(1+r)^i} \sum_{j=1}^t (C_{tij} + C_{aij} + C_{pij})$$

(4) Kde

- LCC ... jsou náklady životního cyklu konstrukce
- CP ... jsou pořizovací náklady
- r ... je diskontní sazba
- i ... rok, ve kterém vzniká náklad
- C_{tij} ... je j-tý náklad spojený s technickým stavem konstrukce v i-tém roce
- C_{aij} ... je j-tý náklad spojený administrativou konstrukce v i-tém roce
- C_{pij} ... je j-tý náklad spojený provozem konstrukce v i-tém roce [10]



Obrázek 3 – rozdělení nákladů životního cyklu budovy [6]

5 Životnost

Tato část práce se zabývá pojmem životnosti. Popisuje, co rozumíme tímto termínem a snaží se ho přiblížit, jakožto fundamentální prvek pro cíl této práce.

Životnost je jako samostatný termín velmi obecný. Každý produkt, ať už se jedná o stavební konstrukci, či auto, má svou vlastní životnost. Je to vlastnost, respektive doba, která uplyne do momentu, kdy produkt již dostatečně nesplňuje základní požadavky na jeho využitelnost. Tyto požadavky mohou být různých charakteristik a směrů, obecně můžeme tedy životnost rozdělit na určité typy či druhy. Z hlediska stavebních konstrukcí jsou nejčastěji rozeznávány tyto:

Technická životnost - je doba, po kterou jsou budova nebo části budovy schopny existovat po stránce konstrukční spolehlivosti a plnit svou základní funkci. Zde je vhodné rozlišovat konstrukce na nosné a doplňkové. Životnost konstrukcí nosných významně převyšuje životnost u konstrukcí doplňkových (U nosných hovoříme orientačně o 100 letech, zatímco u doplňkových zhruba o 20 letech.) Právě technická životnost hraje největší roli při navrhování staveb. Na její délku mají vliv hlavně faktory, jako jsou volba konstrukčního systému, údržba, rekonstrukce a modernizace, způsob založení stavby, návrh stavby, technologické provedení prvků apod. [11]

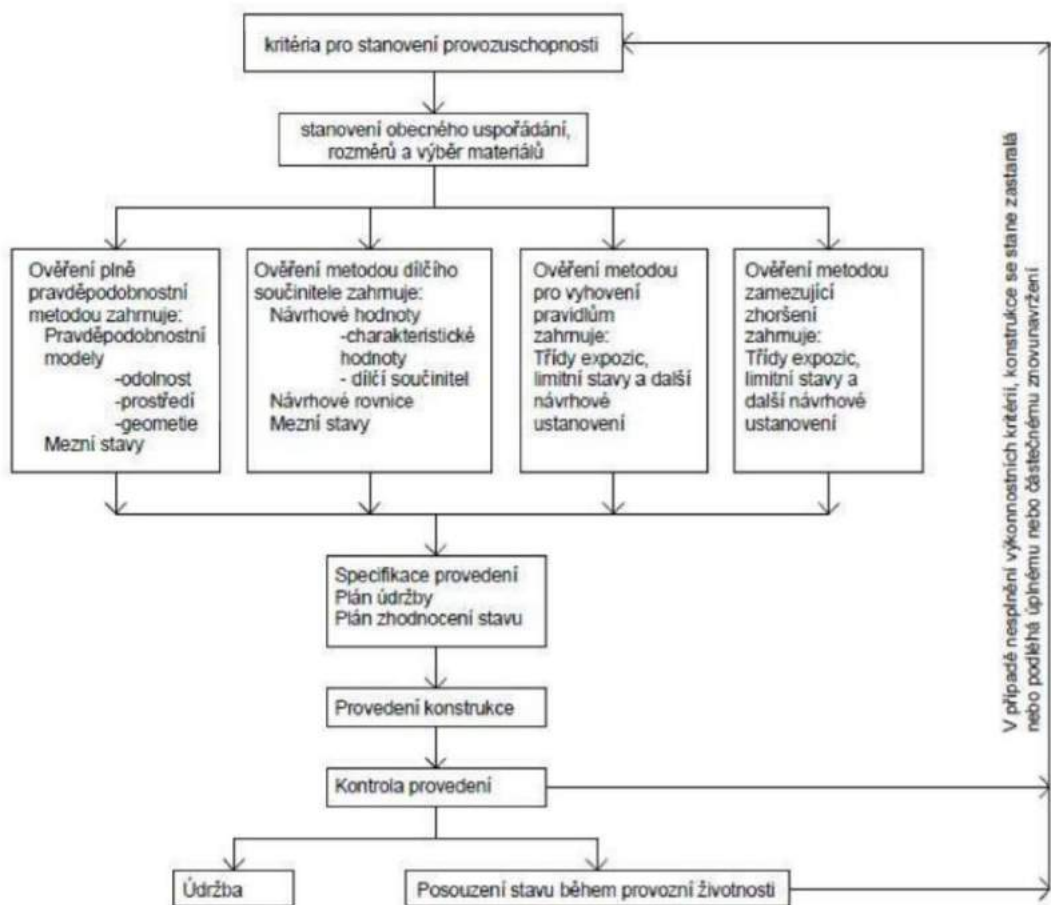
Morální životnost - je doba, po kterou konstrukce vyhovuje nárokům na běžný provoz v souladu s dobou a jí danými preferencemi, jako jsou například užití technologie, vzhled, prostorové řešení apod. Dalo by se říct, že je to časové období, během kterého není budova zastaralá. Je zajímavé sledovat rozpor mezi morální a technickou životností. Lze ho pozorovat zejména u menších staveb typu rodinných domů, kde se morální životnost u vedlejších konstrukcí vyčerpá daleko rychleji, než technická, což by teoreticky mělo vést k jejich modernizaci či rekonstrukci. Tento jev lze ale pozorovat i u budov komerčních (např. nároky na bezbariérový přístup). [12]

Ekonomická životnost - je doba, která uplyne od dokončení stavby po moment, ve kterém budova ztratí svou ekonomickou užitečnost, to znamená moment, ve kterém se již z ekonomických důvodů nevyplatí její provoz. Směrnice o stavebních výrobcích ještě zavádí takzvanou přiměřenou ekonomickou životnost, která je definována takto: "Ekonomicky přiměřená životnost předpokládá, že budou uvažována všechna příslušná hlediska, jako jsou: náklady na projekt, stavbu a užívání; náklady vznikající z provozních překážek; rizika a následky poruchy stavby během její životnosti, a náklady na pojištění k pokrytí těchto rizik, plánovaná částečná obnova; náklady na kontrolní prohlídky, údržby a opravy; provozní a správní náklady; odstranění; hlediska ochrany životního prostředí." [13]

Právní životnost - doba, která uplyne od kolaudace objektu do momentu, ve kterém rozhodnutí o jejím odstranění nabyde právní moci, tzn. je legálně povoleno její odstranění.[4]

5.1 Návrhová životnost

Pokud bereme životnost jako jeden z hlavních aspektů, kterým se zabýváme ve spojení s návrhem dané konstrukce, hovoříme většinou právě o životnosti technické. Pro naše využití ji tedy definujeme jako obecnou dobu, po kterou je konstrukce vyhovující požadavkům provozu za předpokládaných podmínek. Uvažujeme vliv pravidelné údržby a správného (předepsaného) zacházení s konstrukcí, neuvažujeme ovšem zásadní opravu. Její délka je vyjádřena v letech a její konec uvažujeme jako mezní stav použitelnosti (únosnosti). Při samotném procesu návrhu konstrukce je nutné znát její životnost, respektive takovou životnost, na kterou je konstrukce navrhována. Je to ovšem veličina náhodná, kterou ovlivňuje velké množství proměnných. K určení doby životnosti lze využít více metod, více, či méně přesných, záleží na projektantovi, jakou cestu zvolí. V zásadě můžeme tyto metody rozdělit na dva směry, respektive přístupy k této problematice. První je směr deterministický, který je v praxi uplatňován ve většině případů. Jedná se o postup, kdy je doba životnosti určována deterministicky, to znamená, že je tento údaj odvozen na základě výsledných hodnot u předešlých staveb. Tento model je jednoduchý a nevyžaduje mnoho času. K jejich určení většinou napomáhají normy, ve kterých jsou návrhové životnosti uvedeny s ohledem na typ konstrukce. Hodnotu návrhové životnosti můžeme také (stále hovoříme o deterministické metodě) převzít ze specifikace výrobku dodaným od výrobce či z odborné literatury. Druhá metoda pro stanovení životnosti je pravděpodobnostní. Tato metoda je složitější, její výsledek je ovšem daleko přesnější. Spočívá ve vytvoření modelů konstrukce, které zahrnují všechny aspekty stavby společně s teoretickou pravděpodobností poruch. Tato metoda je však složitá a bez výpočetní techniky prakticky nemožná, proto se v minulosti nevyžívala. Pro bližší představu této metody je v další části práce naznačen vývojový diagram pro sestavení modelu, ze kterého se při návrhu životnosti vychází. [14]



Obrázek 4 – postup při navrhování životnosti [15]

Následující tabulka slouží k přiblížení deterministických hodnot životnosti různých konstrukčních prvků stavby. Jako doplňující informace jsou zde také uvedeny přibližné cykly oprav, kterých lze využít při hrubých výpočtech nákladů na údržbu, se kterými se v průběhu práce také setkáme.

Funkční díl	Funkční poddíl	Konstrukční prvek	Životnost	Cyklus oprav	Rozsah oprav
			rok	rok	%
01 Základy	0110-Základy včetně výkopů	Základy pro strojní zařízení	100	-	100
	0120-Hydroizol. spodní stavby	Izolace proti zemní vlhkosti	50	-	100
02 Svislé konstrukce	0210-Svislé nosné a obvodové konstrukce	Obvodové a střešní zdivo	100	-	100
		Nadstřešní zdivo	60	20	20
		Obvodový plášť železobet.	30	-	100
		Obvodový plášť kov	100	-	100
		Obvodový plášť dřevo	30	-	100
	0220-Příčky a dělicí stěny	Příčky cihelné	100	-	100
		Příčky lehké	30	-	100
0230-Kominy	Kominy	100	-	100	
03 Vodorovné konstrukce	0310-Stropní konstrukce	Dřevěné	100	50	20
		Keramické	100	-	100
	0340-Schodiště	Betonové	100	-	100
		Ocel + kámen	100	50	50
04 Střecha	0410-Střecha	Tesař.práce – dřevěný krov	100	10	5
		Tesařské práce - laťování	60	10	15
	0430-Krytina a střechy	Pokryv. práce – pál. tašky	60	10	5
		Pokryv. práce – asfalt. pásy	30	-	100
		Pokryv. práce – asfalt. nátěr	5	-	100
		Klemp. práce - titanzinek	50	-	100
		Klemp. práce - měď	80	-	100
Klemp.práce - pozink.plech	25	-	100		
05 Povrchy vnitřních a vnějších stěn	0510-Povrchy vnitřních stěn	Malby	5	-	100
		Omitky vápenocementové	60	30	20
		Nátěry – kovových konst.	10	-	100
		Nátěry – dřevěných konst.	10	-	100
	0520-Povrchy vnitřních stěn-	Obklad keramický	80	20	100

	obklady, izolace	Obklad dřevěný	60	10	5
	0530-Povrchy vnějších stěn- omítky, zateplení fasády	Vnější omítky vápenocementové	50	20	20
		Sanační omítky	10	4	30
06 Výplně otvorů	0610-Dveře vnitřní	Dřevěné	80	10	15
	0620-Dveře vnější	Dřevěné	50	10	15
	0630-Vrata	Kovová	50	-	100
	0640-Okna, balkonové dveře	Dřevěná	80	20	15
		Kovová - ocelová	50	-	100
		Kovová - hliníková	80	-	100
Plastová		50	-	100	
07 Podlahy	0710-Podlahy	Izolace proti vodě	50	-	100
		Vlýsky	60	30	10
		Jekor	15	-	100
		Podlahy PVC	15	-	100
		Keramická dlažba	80	40	100
		Izolace tepelné - pěn. polyst.	50	-	100
08 Instalace	0811-Vodovod vnitřní	Ocel. potrubí studené vody	30	-	100
		Ocel. potrubí teplé vody	20	-	100
		Plastové potrubí vodovodní	80	-	100
	0812-Kanalizace vnitřní	Novodurová	80	-	100
		Kameninová	80	-	100
		Litínová	100	-	100
		Betonová	70	-	100
	0813-Zařizovací předměty	Umyvadlo	15	-	100
		Misíci baterie	20	-	100
		Záchodová mísa	20	-	100
	0821-Rozvody ÚT	Litínové radiátory	50	-	100
		Rozvod primární	40	-	100
		Rozvod sekundární	30	-	100
		Expanzivní nádrže	20	-	100
		Měření a regulace	20	-	100
	0822-Zdroj tepla, ohřev TUV, regulace	Čerpadla	15	-	100
		Kotle teplovodní	30	-	100
		Expanzivní nádrže	20	-	100
		Plynový sporák	30	-	100
	0840-Instalace plynu	Rozvod svařovaný	40	-	100
	0851-Elektroinstalace	Rozvody	40	-	100
		Zásuvky	20	-	100
		Vypínače	10	-	100
Osvětlovací tělesa		20	-	100	
Rozvaděče		20	-	100	

	0852-Hromosvod	Hromosvod	80	-	100
	0861-Slaboproudé rozvody	Slaboproudé zařízení	30	-	100
	0870-Výtahy, plošiny	Výtah	30	5	5
09 Ostatní	0910-Brány a závory	Zámečnické práce - vnitřní	80	-	100
	0920-Mříže, bezpečnost. rolety	Zámečnické práce - vnější	25	-	100
10 Vnější úpravy	1021-Komunikace	Betonová dlažba	60	30	10
	1022-Chodníky a zpev. plochy	Okapní chodníky	50	20	50
		Venkovní dlažby	80	10	20

Tabulka 1 – životnost, cyklus a rozsah oprav funkčních dílů budov [16]

5.2 Životnost a normy

Za zmínku jistě stojí fakt, že termín životnosti je také spjat s oblastí právních předpisů. V zákoně je často zmiňován pojmem "předpokládaná životnost", který se využívá při oceňování staveb či stavebních konstrukcí, konkrétně při výpočtu opotřebenosti stavby či dílčí konstrukce. Její význam si nejsnáze přiblížíme pomocí vzorce pro výpočet opotřebenosti analytickou metodou, který je definován v příloze č. 21 vyhlášky č. 441/2013 Sb.

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{B_i}{C_i} * 100 A_i \right)$$

(5) Kde

- n ...je počet položek konstrukcí a vybavení ve stavbě se vyskytujících,
 A_i ...jsou cenové podíly jednotlivých konstrukcí a vybavení uvedené v tabulkách č. 1 až 6 upravené podle skutečně zjištěného stavu v návaznosti na výpočet koeficientu vybavení K_4 ; součet cenových podílů se i po těchto úpravách rovná 1,000,
 B_i ...jsou skutečná stáří jednotlivých konstrukcí a vybavení,
 C_i ...je předpokládaná celková životnost příslušné konstrukce a vybavení uvedená v tabulce č. 7, popřípadě stanovená s ohledem na skutečný stavebně technický stav konstrukce, přičemž platí vztah $B_i \leq C_i$ (v případě ukončení technické životnosti některé konstrukce a vybavení se předpokládaná životnost rovná jejímu skutečnému stáří). [17]

Ve stejné vyhlášce je také souhrnná tabulka, ve které jsou uvedeny hodnoty předpokládaných životností dílčích prvků stavby. Je zajímavé tato čísla porovnat s hodnotami návrhové životnosti uváděnými v odborné literatuře či u výrobců. Je vidět, že zákon je v tomto ohledu mnohem benevolentnější a také obecnější, u některých

dílčích prvků, jako například u základů, nalezneme ve vyhlášce až dvakrát větší dobu životnosti. Níže je uvedena zkrácená verze tabulky.

Číslo položky	Název	Předpokládaná životnost v letech
1	Základy včetně zemních prací	150 - 200
2	Svislé konstrukce	80 - 200
3	Stropy	80 - 200
4	Zastřešení mimo krytinu	70 - 150
5	Krytiny, střecha	40 - 80
6	Klempířské konstrukce	30 - 80
7	Úpravy vnitřních povrchů	50 - 80
8	Úpravy vnějších povrchů	30 - 60
9	Vnitřní obklady keramické	30 - 50
10	Schody	80 - 200
11	Dveře	50 - 80
12	Vrata	30 - 50
13	Okna	50 - 80
14	Povrchy podlah	15 - 80
15	Vytápění	20 - 50
16	Elektroinstalace	25 - 50
17	Bleskosvod	30 - 50
18	Vnitřní vodovod	20 - 50
19	Vnitřní kanalizace	30 - 60
20	Vnitřní plynovod	20 - 50
21	Ohřev teplé vody	20 - 40
22	Vybavení kuchyní	15 - 30
23	Vnitřní hygienická zařízení včetně WC	30 - 60
24	Výtahy	30 - 50
25	Ostatní	-
26	Instalační prefabrikáty (jádra)	15 - 25

Tabulka 2 – předpokládaná životnost v letech [17]

5.3 Návrh konstrukce z hlediska životnosti

Jelikož životnost je jako vlastnost velmi důležitá pro další část této práce, v následující kapitole je demonstrován obecný postup, který je vhodné dodržet při návrhu konstrukce z hlediska životnosti. Optimalizace stavby s ohledem na životnost by měla být hlavní prioritou projektanta. V zásadě se jedná o analyzování všech dostupných vstupních hodnot, aby se návrh provedl s ohledem na veškeré vlivy, a to jak při přímé, tedy ty, které můžeme ovlivnit, tak i nepřímé, které souvisí hlavně s umístěním stavby a klimatickými podmínkami. Pro tento účel demonstrace využijeme fundamentální část stavby, a to nosné konstrukce, v našem případě betonové. Téma životnosti betonových konstrukcí je velmi obsáhlé téma a vystačilo by na samostatnou práci, proto zde uvedeme jen základní aspekty, které brát v úvahu při návrhu.

S problémem životnosti spojené s navrhováním betonových konstrukcí se setkáváme ve více normách. Dvě základní normy, které slouží jako podklady k dalším dokumentům, které se tímto tématem zabývají podrobněji (například Model Code 2010 (MC-2010) od fib - The International Federation for Structural Concrete), jsou následující: ISO 2394 a ČSN EN 1990 (73002). V obou těchto normách je zmíněn návrh životnosti konstrukce, který se přímo odvíjí od mezních stavů. Protože v normách není jasně definován konec životnosti, využívá se zde dvou mezních stavů. Jednak je to **mezní stav únosnosti**, pomocí kterého definujeme konec životnosti jako stav, kdy je konstrukce postižena vadou či chybou takovou, která snížila minimální hodnotu její statické únosnosti pod hodnotu maximálního napětí. Na konstrukci se tato vada projevuje drcením betonu, velkými plastickými průhyby a v extrémních případech borcením částí či celé konstrukce. Druhý mezní stav, který je v normách zmiňován v souvislosti s návrhem životnosti, je **mezní stav použitelnosti**. Životnost je v tomto případě vyčerpána, jakmile se na konstrukci objeví vada, která nezpůsobí snížení spolehlivosti konstrukce pod její minimum (z hlediska únosnosti), ale ovlivní hlavně vzhledové či provozní aspekty budovy. Jedná se hlavně o vznik přetvoření a trhlin, které ohrožuje bezpečný provoz budovy, způsobují korozi ocele či působí negativním dojmem z hlediska vzhledu. Níže jsou uvedené vlivy, které mohou nepříznivě ovlivnit životnost konstrukce. [15]

Mezi přímé vlivy jsou řazeny:

- Intenzita provozu
- Kontrola a údržba
- Technologické provedení
- Závady

Mezi nepřímé vlivy jsou řazeny:

Klimatické podmínky (povětrnostní a sněhové podmínky, vlhkost vzduchu)

Náhodné chování materiálu a zatížení

Agresivita prostředí (důležité pro nosné konstrukce) [14]

5.3.1 Závady

Asi největším problémem, se kterým je možné se setkat u tématu životnosti, jsou závady. Vznik závad na konstrukci znamená její sníženou životnost, větší náklady na údržbu anebo obojí. V každém případě ale platí, že vznik jakýchkoliv závad na stavbě znamená komplikaci, proto je nutné při návrhu brát v úvahu všechna rizika spojená s provedením a následnou údržbou konstrukce a snažit se je co nejefektivněji minimalizovat.

V odborné literatuře je uváděna definice závad, jakožto "nepříznivé jevy, které mají vliv na spolehlivost konstrukce z hlediska její použitelnosti a trvanlivosti". [14]

Závady můžeme obecně rozdělit na dva základní typy.

Závady vnější - závady estetické, které nemají vliv na použitelnost nebo spolehlivost konstrukce

Závady bezpečnostní - poruchy, které mají vliv z hlediska využitelnosti konstrukce, stability nebo hlediska hygienického či ekologického

Rozeznáváme dvě příčiny závad. Jednak jsou to závady náhodné, to znamená ty, které jsou způsobeny náhodným chováním materiálu a zatížení a jednak to jsou závady nenáhodné, to jsou ty, které jsou způsobené lidským činitelem. Odhaduje se, že až 80% celkového množství je způsobeno právě lidským faktorem. Tato lidská pochybení mohou mít tři základní příčiny, a to:

Nedostatek kvalifikace a zkušenosti - chyba vzniká na různé úrovni realizačního procesu, ať již při projektování, přípravě či samotné realizaci. Zahrnujeme sem i neznalost či nedbalost.

Nedostatečná kontrola a údržba - chyby způsobené nedokonalou údržbou či nedostatečnými požadavky na údržbu

Nedokonalé ekonomické podmínky - vada následkem špatné koordinace výrobních plánů a procesů, například dlouhé pauzy mezi jednotlivými procesy.

Podle [14] je možné příčiny závad rozdělit množství závad podle jednotlivých období stavebního procesu, ve kterém vznikla. Zjišťujeme, že pouze 4% chyb vznikají během samotného provozu budovy. Toto číslo jen potvrzuje, že je důležité věnovat se problematice možných závad již při návrhu a realizaci konstrukce.

Procentuální rozdělení chyb z různých hledisek

Podle období, kdy chyba vznikla		Podle původce chyby	
realizace	49 %	dotavatel	39 %
projekt	34 %	statik	33 %
úvodní projekt	11 %	architekt	8 %
provoz	4 %	uživatel	5 %
nezjištěno	2 %	jiní účastníci	15 %
Podle subjektivních příčin chyby (bez zřetele k původu)		Podle objektivních příčin chyby (bez zřetele k původu)	
nedostatek kvalifikace a nedbalost	35 %	nepochopení působení konstrukce	45 %
nedostatek zkušeností a znalostí	25 %	nekvalitní realizace	17 %
podcenění různých vlivů	13 %	nedodržení předpisů	15 %
omyl	9 %	nedokonalost předpisů	8 %
nedostatek odpovědnosti	6 %	chyba ve výpočtu nebo výkresu	8 %
nezaviněná neznalost zátížení a podmínek působení	4 %	nedokonalá vstupní informace	7 %
ostatní	8 %		

Tabulka 3 – procentuální rozdělení chyb [14]

5.3.2 Proces navrhování konstrukce z hlediska životnosti

Z předchozího textu vyplývá, že životnost a trvanlivost konstrukce závisí především na důslednosti, se kterou se přistupuje k otázkám vlivů, které ji ovlivňují během projekce, a preciznosti její realizace. Nesmí se však zapomínat na třetí proměnnou, která zde hraje vliv. Jedná se o požadavky a představy stavebníka, které nám určují typ a intenzitu provozu konstrukce. [14]

5.3.2.1 Životnost a zadavatel

Celý proces výsledného provedení konstrukce, která bude mít co největší životnost, tedy není jen v rukou projektanta, ale svým dílčím přínosem k němu přispívají i ostatní zúčastnění na stavbě. Funkce stavebníka je poměrně jednoduchá a jasná. Má za úkol stanovit vlastnosti konstrukce, aby co nejlépe splňovala požadovaný účel. To znamená následující:

Definování zatížení, které bude působit na konstrukci, stanovit hodnotu přípustných deformací konstrukce,

Určení umístění konstrukce, to znamená jasně definovat vlivy, které budou na konstrukci působit (vlhkost a teplota v závislosti na používání stavby)

Možné mechanické poškození konstrukce v závislosti na využití stavby (otřesy způsobené prací strojů, provozem vozidel apod.)

Zjednodušeně se dá říct, že stavebník určuje mezní stav použitelnosti a definuje rizika spojená s provozem stavby. [14]

5.3.2.2 Životnost a projekce

Po tom, co jsou ze strany zadavatele stavby sdělena všechna kritéria, vstupuje do návrhu projektant. Ten na základě dat, která mu byla předložena, sestaví model zatížení, navrhne konstrukci a posoudí ji. Projektantova role zahrnuje tedy hlavně:

Sestavení modelů zatížení, které bude na konstrukci působit

Vymezení vlivu prostředí na konstrukci a jeho následné zakomponování do projektu

Analýza geologických podkladů a charakteristik podloží

Návrh konstrukčního řešení

Posouzení spolehlivosti konstrukce [14]

5.3.2.3 Životnost a realizace

Při projektování je také nutné brát úvahu realizovatelnost konstrukce – to znamená, aby se dala „dobře“ realizovat, a později se udržovat či opravovat. Po převzetí projektové dokumentace se stavba dostane do fáze realizace. Zde je markantní, aby se dodržely všechny předepsané postupy, vše se důkladně zkontrolovalo a aby realita odpovídala návrhu. Realizace konstrukce tedy znamená:

Samotné provedení konstrukce

Následné ošetřování betonu

Kontrola kvality konstrukce [14]

5.3.2.4 Údržbový plán

Nedílná součást provozu stavby, se kterou se setkáme, pokud hovoříme o životnosti, je také údržba. I s ní bychom se měli setkat, během projekce. Při návrhu bychom měli také nastínit plán údržby, který jasně říká, kdy a jak máme konstrukci kontrolovat a jak se k ní chovat. Obvykle je takový plán sestaven tak, že se určí interval, po kterých by měla konstrukce podléhat inspekci. Pokud prohlídka nevyústí v nález enormní degradace, konstrukce je udržována běžným způsobem. Pokud je ale při prohlídce nalezen komponent, který trpí enormní degradací, musí se přistoupit k takzvané cílené údržbě. Cílená znamená údržba, která má za účel zmírnit degradaci určité konstrukce či její části. Je nutno zmínit, že intervaly této cílené údržby se liší od intervalů běžné údržby. V odborné literatuře se setkáváme s doporučenými intervaly, v jakých by se konstrukce měla podrobit prohlídce.

Pro betonové části staveb se setkáváme nejčastěji s následujícími intervaly:

Obytné a kancelářské stavby	10 let
Průmyslové stavby	5-10 let
Dálniční mosty	4 roky
Železniční mosty	2 roky
Silniční mosty	6 let [14]

5.3.3 Chyby při návrhu konstrukce, které ovlivňují životnost

Jak bylo zmíněno v předchozí části práce, největší riziko spojené s životností jsou závady na konstrukci. Níže jsou uvedeny nejčastější chyby, které mají za následek zhoršené vlastnosti konstrukce.

Obvyklé nedostatky při navrhování železobetonových konstrukcí, které vedou k vyčerpání životnosti dříve, než se předpokládalo, vzhledem k meznímu stavu únosnosti:

- Nepřesné a neúplné určení využití budovy
- Nevhodně zvolené umístění stavby
- Nedostatečný průzkum staveniště
- Špatné konstrukční řešení projektu
- Chyby ve statickém výpočtu
- Nedodržení norem
- Použití nekvalitních materiálů
- Nedodržení předepsaných technologických postupů
- Nedokonalé ošetřování betonu
- Špatné zabezpečení konstrukce proti nepříznivým vlivům prostředí

Obvyklé nedostatky při navrhování železobetonových konstrukcí, které vedou k vyčerpání životnosti dříve, než se předpokládalo, vzhledem k meznímu stavu použitelnosti:

- Opomenutí vlivu dotvarování a smrštění
- Zanedbání vlivu předpětí
- Zanedbání vlivu změn teploty a změn vlhkosti na přetvoření
- Zanedbání možných nepříznivých vlivů výroby
- Nedodržení předepsaného uložení prvků
- Nedodržení předepsaných průřezů tvarů či umístění výztuže
- Absence pracovního postupu při výstavbě
- Špatně provedená dilatace
- Nedostatečné zabezpečení konstrukce proti korozi [14]

5.3.4 Vybrané faktory ovlivňující návrh betonových konstrukcí z hlediska životnosti

5.3.4.1 Stupeň vlivu prostředí

Jedním ze základních vstupů, kterých se využívá při návrhu betonových konstrukcí, je takzvaný stupeň vlivu prostředí. Tento pojem je definován v normě ČSN EN 206 a určují se podle něj klasifikační třídy navrhovaného betonu. Vyjadřuje veškeré vlivy prostředí, které působí na beton a jeho výztuž. Jedná se o vlivy mechanické, chemické nebo fyzické. Stupeň vlivu prostředí je rozdělen do několika tříd, z nichž každá vyjadřuje jiný popis prostředí, ve kterém je konstrukce nebo její část uložena a jeho případný vliv na konstrukci.

X0 - pro beton bez nebezpečí koroze nebo narušení

XC1 až XC4 - pro beton s nebezpečím koroze vlivem karbonatace

XD1 až XD3 - pro beton s nebezpečím koroze vlivem chloridů (ne však z mořské vody)

XF1 až XF4 - pro beton vystavený mrazu a rozmrazování

XF1 a XF3 bez CHRL

XF2 a XF4 se současným vlivem CHRL

XA1 až XA3 - pro beton vystavený chemicky agresivnímu prostředí (podle tab. 2 normy ČSN EN 206)

XM1 až XM3 - pro beton s pohyblivým mechanickým zatížením (namáhání obrusem) [18]

5.3.4.2 Třídy následků

Další aspekt, který ovlivňuje návrhovou životnost, jsou třídy následků. Tyto třídy zavádějí do návrhu vliv společenského dopadu případné závady či poruchy konstrukce. Při návrhu jsou zohledňovány pomocí koeficientu K_{fi} , které se používají při stanovení základních kombinací zatížení.

Třídy následků	Popis	Příklady pozemních nebo inženýrských staveb
CC3	Velké následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo významné následky ekonomické, sociální nebo pro životní prostředí	Stadiony, budovy určené pro veřejnost, kde jsou následky poruchy vysoké (např. koncertní sály)
CC2	Střední následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo značné následky ekonomické, sociální nebo pro životní prostředí	Obytné a administrativní budovy a budovy určené pro veřejnost, kde jsou následky poruchy středně závažné (např. kancelářské budovy).
CC1	Malé následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo malé / zanedbatelné následky ekonomické, sociální nebo pro životní prostředí	Zemědělské budovy, kam lidé běžně nevstupují (např. budovy pro skladovací účely, skleníky)

Tabulka 4 – třídy následků [19]

Nedodržení doporučených postupů a norem a neuvažování všech vlivů, které na danou konstrukci působí, může mít negativní vyústění v podobě závad konstrukce. U betonových konstrukcí se nejčastěji setkáváme s vadami, jako jsou koroze betonu a oceli, nedostatečná mrazuvzdornost konstrukce, nedostatečná pevnost nebo vznik trhlin. [20]

6 Případová analýza – kancelářská budova

Praktická část práce se zabývá analýzou konkrétní kancelářské budovy. Pro tento účel byla vybrána pasivní administrativní budova INTOZA, která vznikla v projekční kanceláři ATOS-6. Budova slouží jako sídlo firmy INTOZA, s.r.o., jejíž vedení bylo zadavatelem stavby. Tato budova bude sloužit nejen jako sídlo, ale i jako místo pro pořádání, seminářů, školení a především jako kanceláře. Dům se chlubí svými technickými řešeními, která jsou energeticky úsporná.

Díky svému účelu bude budova sloužit jako vhodný kandidát pro demonstraci analýzy životního cyklu, která bude aplikována na vybrané konstrukce – svítidla a zateplovací systém.

6.1 Analýza osvětlení

Jako první příklad pro představu výpočtu nákladů bylo zvoleno kancelářské osvětlení. První krok, který se v takovém případě dělá, je analýza spotřeby energie, která bude na osvětlení místnosti spotřebována. Tuto hodnotu ovšem neovlivňuje jenom svítidlo samotné, záleží také na dispozici osvětlované místnosti. Na výsledek mají vliv proměnné jako rozměry pokoje, umístění světla, reflektivita povrchů apod. V tomto případě jsou ale všechny tyto vlivy známy, respektive jsou stejné u všech možných variant, takže jediný úkol analýzy je výběr co nejhodnějších svítidel.

Základní parametry osvětlení

Příkon – veličina udávána ve Watech (W), která říká, kolik energie spotřebuje světelný zdroj na vyřazování světla.

Vyzařované světlo – udávané v lumenech (lm) – je množství světla, které světelný zdroj vyřazuje do okolí

Doba životnosti – je hodnota technické životnosti svítidla v hodinách. Podle statistik je 1000 hodin svícení přibližně jeden rok (u běžné domácnosti =3 hodiny svícení denně)

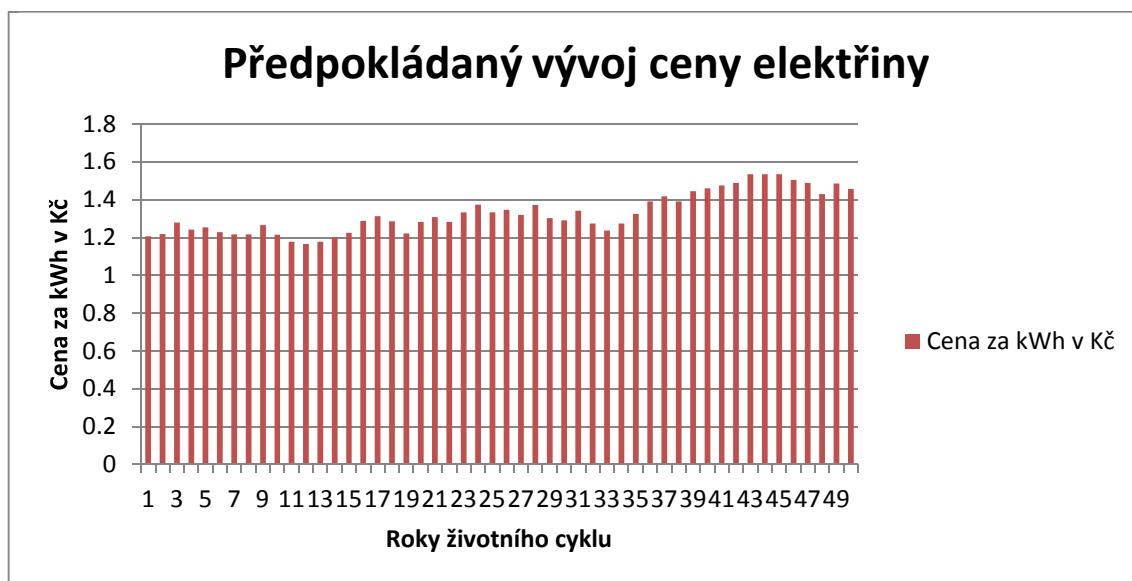
Barva světa – je vyjadřována pomocí stupně Kelvina teplá bílá 2 700 K (světlo standardní žárovky), studená bílá 3 000 K (halogenové světlo), denní světlo 6 500 K. Čím méně stupňů Kelvina, tím teplejší bílé světlo.

Reprodukce barev – Ra index (vyjádřený v procentech) je index, který de facto určuje, jak dobře jsou osvětleny předměty v místnosti. Čím vyšší procento, tím větší je shoda mezi barvou pod světlem a reálnou barvou předmětu. [21]

6.1.1 Předpoklady výpočtu

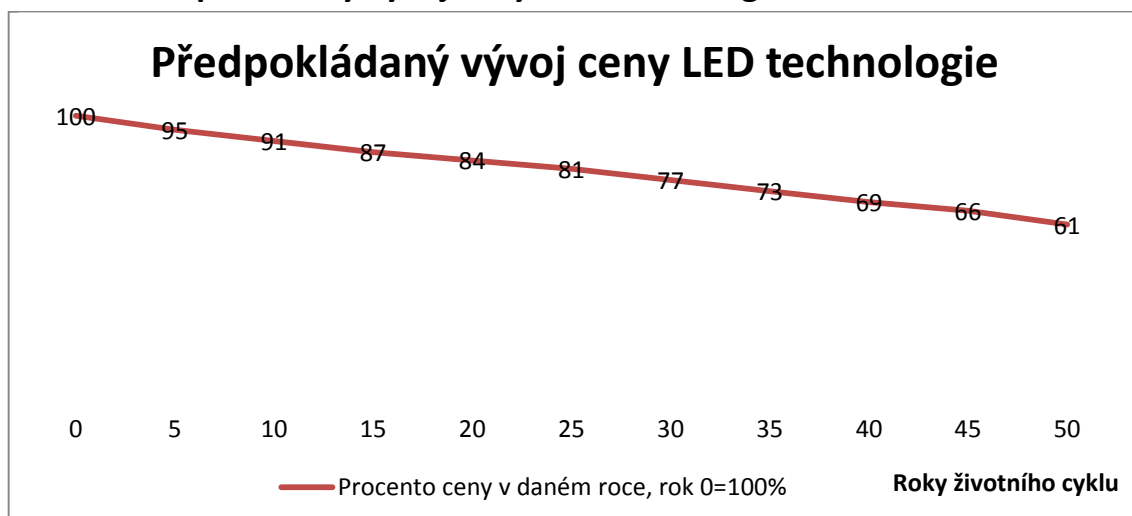
Pro výpočet celkových nákladů byly, kromě jiných faktorů ovlivňujících celkovou cenu konstrukce, vzaty v úvahu dva následující vlivy – vývoj ceny energie a vývoj ceny LED technologie. Oba dva faktory byly namodelovány na základě jejich vývoje v minulých letech – cena elektřiny meziročně klesá i roste o pár procent, zatímco ceny LED technologií pomalu klesají. Do výpočtu tedy byly zahrnuty dva následující modely

6.1.1.1 Předpokládaný vývoj cen elektřiny



Obrázek 5 – předpokládaný vývoj ceny elektřiny

6.1.1.2 Předpokládaný vývoj ceny LED technologie



Obrázek 6 – předpokládaný vývoj ceny LED technologie

6.1.2 Varianty kancelářského osvětlení

V budově bude rozlišováno mezi dvěma typy osvětlení. První typ se bude využívat v prostorech, kde se bude svítit nepřetržitě – to znamená kanceláře, recepce a společné otevřené prostory. Druhým typem jsou menší místnosti, jako WC, zázemí pro zaměstnance a některé kanceláře (vyššího managementu, které jsou řešeny jako jedna uzavřená místnost).

Pro první typ osvětlení – tedy kancelářské – jsou možné dvě varianty, které se pro tyto účely využívají. Jednak to jsou svítidla, do kterých se umísťují zářivkové trubice, a jednak to jsou svítidla, které svítí pomocí LED zdrojů. Požadavky zadavatele byly definovány z hlediska optimalizace dvou základních vlastností – světelného toku a nákladů životního cyklu. Byly zvoleny tři následující řešení, která odpovídají prvnímu kritériu, tedy hodnotě světelného toku.

1. Varianta: svítidlo MODUS ARESD235MATDP se zářivkovými trubicemi
2. Varianta: LED svítidlo ZEUS LED75W GPL44
3. Varianta: svítidlo MODUS LLX258ALEP s LED trubicemi

6.1.2.1 Varianta kancelářského osvětlení 1

Jako první vyhovující možnost bylo zvoleno osvětlení MODUS ARESD235MATDP 2x35W. Jedná se o kancelářské svítidlo pro přímé osvětlení. V tomto svítidle jsou zdroji osvětlení dvě zářivkové trubice TL 5 HE 35W, to znamená, že příkon je 70W.

Důležité informace pro výpočet nákladů životního cyklu:

Pořizovací cena MODUS ARESD235MATDP :	1500,- Kč
Pořizovací cena PHILIPS 35W/830 G5 MASTER TL5-H: 57 x 2 =	104,- Kč
Příkon MODUS ARESD235MATDP:	70W
Napětí MODUS ARESD235MATDP:	240V
Světelný tok PHILIPS 35W/830 G5 MASTER TL5-H: 3300 x 2 =	6600 lm
Průměrná doba svícení	12 hodin
Průměrná životnost	24000 hodin

Princip výpočtu nákladů životního cyklu první varianty

Nejprve jsou určeny základní položky, se kterými se dále počítá v průběhu životního cyklu.

A) Pořizovací náklady:

Zde se částka získá poměrně jednoduše - osloví se výrobce či obchodní zástupce, který navrhne cenu (v této ceně je zahrnuta i montáž série).

$$PC = 1500 + 2 * 57 = 1604 \text{ Kč}$$

B) Náklady na údržbu, opravy a likvidaci:

Hodnota nákladů na údržbu byla stanovena jako 10% pořizovací ceny. Cyklus údržby a kontrol byl stanoven na 5let, to znamená, že každých 5 let životního cyklu dojde k výdaji CP .

$$CP = 10\% PC = 0,1 * 1604 = 160,4 \text{ Kč}$$

C) Spotřeba energie na jeden cyklus životnosti

Výsledná cena za energii je vyjádřena sumou spotřeby roční energie za dobu životního cyklu stavby - 50ti let. Každý rok se cena energie pohybuje, příkon a počet svítících hodin je každý rok stejný.

$$E = \sum_{1}^{50} C_{ie} * t_i * P$$

Kde

E	...jsou náklady na energii
C_{ie}	...je cena za kWh v i-tém roce
t_i	...je počet svítících hodin v i-tém roce
P	... je příkon sestavy

D) Náklady na výměnu série po uplynutí její životnosti

Tyto náklady byly stanoveny jako 110% z pořizovací ceny (10 procentní přírůžkou je vyjádřena práce spojená s výměnou série – demontáž, montáž a likvidace), po každém uplynutí životnosti během životního cyklu tedy vzniknou náklady PC_n .

$$PC_n = 110\% PC = 1,1 * 1604 = 1764 \text{ Kč}$$

Toto jsou základní hodnoty, se kterými se dále bude počítat pomocí principu life cycle costing. Pro každý rok se stanoví celkové náklady spojené s užíváním a vlastním konstrukce, které se následně diskontují podle již zmiňovaných vzorců. Tyto výsledky

budou následně prezentovány v přehledné tabulce, která je rozdělena na pětiletá období.

6.1.2.2 Varianta kancelářského osvětlení 2

Jako druhá varianta bylo zvoleno svítidlo ZEUS LED75W GPL44. Jedná se o moderně koncipovaný a vysoce úsporný LED panel s hliníkovým rámem. Využívá technologii SMD LED čipů.

Důležité informace pro výpočet nákladů životního cyklu:

Pořizovací cena ZEUS LED75W GPL44:	3999,- Kč
Příkon ZEUS LED75W GPL44:	75W
Napětí ZEUS LED75W GPL44:	240V
Světelný tok ZEUS LED75W GPL44	6600 lm
Průměrná doba svícení	12 hodin
Průměrná životnost	50000 hodin

A) Pořizovací náklady:

Stejně jako u první varianty je cena stanovena výrobcem či prodejcem osvětlení a zahrnuje montáž osvětlení.

$$PC = 3999 \text{ Kč}$$

B) Náklady na údržbu, opravy a likvidaci:

Hodnota nákladů na údržbu byla stanovena jako 5% pořizovací ceny. Cyklus kontroly a údržby byl stanoven na 5 let

$$CP = 5\% PC = 0,05 * 3999 = 399 \text{ Kč}$$

C) Náklady spojené s energií

Tyto náklady opět vypočítáme sumou nákladů jednotlivých let, které byly vynaloženy na energie

$$E = \sum_{1}^{50} C_{ie} * t_i * P$$

D) Náklady na výměnu svítidla po uplynutí životnosti

Výlohy spojené s náhradou svítidla jsou opět vypočteny jako procento z pořizovacích nákladů. Je zde zahrnuta montáž, demontáž a likvidace. V tomto případě je nutno zmínit, že cena LED technologie má tendenci klesat. Když byla uvedena na trh, tak byla poměrově daleko větší, než je tomu dnes a lze předpokládat, že takovýmto směrem se bude ubírat i nadále. Tato tendence může být reprezentována určitým poklesem budoucích pořizovacích nákladů nového svítidla, který je vyjádřen pomocí procentuálního pohybu ceny směrem dolů. Na základě vývoje ceny z minulých let je odvozen model, ve kterém klesne pořizovací cena nového svítidla každých 5 let o 3 až 5 procent. Pro další výpočty je zaveden index I_c , který vyjadřuje poměrovou hodnotu ceny LED osvětlení v daném roce oproti v roku 0.

$$PC_n = 110\% PC * I_c$$

6.1.2.3 Varianta kancelářského osvětlení 3

Třetí možnost splňující kritéria výběru je svítidlo MODUS LLX258ALEP s dvěma LED trubicemi Philips MASTER LED tube 1500mm UO 25W 830. Závěsné svítidlo MODUS je podobné tomu, které bylo navrženo v první variantě, jen je zkomponováno na 2 zářivky o příkonu 58W. Ty byly nahrazeny LED trubicemi o příkonu 25W.

Důležité informace pro výpočet nákladů životního cyklu:

Požizovací cena MODUS LLX258ALEP:	635,- Kč
Požizovací cena Philips MASTER LED UO 25W 830 x 2 =	1450,- Kč
Příkon MODUS ARES235MATDP:	50W
Napětí MODUS ARES235MATDP:	240V
Světelný tok Philips MASTER LED UO 25W 830 x 2=	6800 lm
Průměrná doba svícení	12 hodin
Průměrná životnost	40000 hodin

A) Pořizovací náklady

Pořizovací náklady jsou opět pořizovací cena a montáž dohromady.

$$PC = 635 + 2 * 725 = 2085 \text{ Kč}$$

B) Náklady na údržbu, opravy a likvidaci:

Hodnota nákladů na údržbu byla stanovena jako 10% pořizovací ceny. Cyklus kontroly a údržby byl stanoven na 5 let

$$CP = 10\% PC = 0,1 * 2085 = 208,5 \text{ Kč}$$

C) Spotřeba energie na jeden cyklus životnosti

Výsledná cena za energie je znovu vyjádřena sumou spotřeby roční energie za dobu životního cyklu stavby - 50ti let. Každý rok se cena energie pohybuje, příkon a počet svítících hodin je každý rok stejný.

$$E = \sum_{1}^{50} C_{ie} * t_i * P$$

D) Náklady na výměnu svítidla po uplynutí životnosti

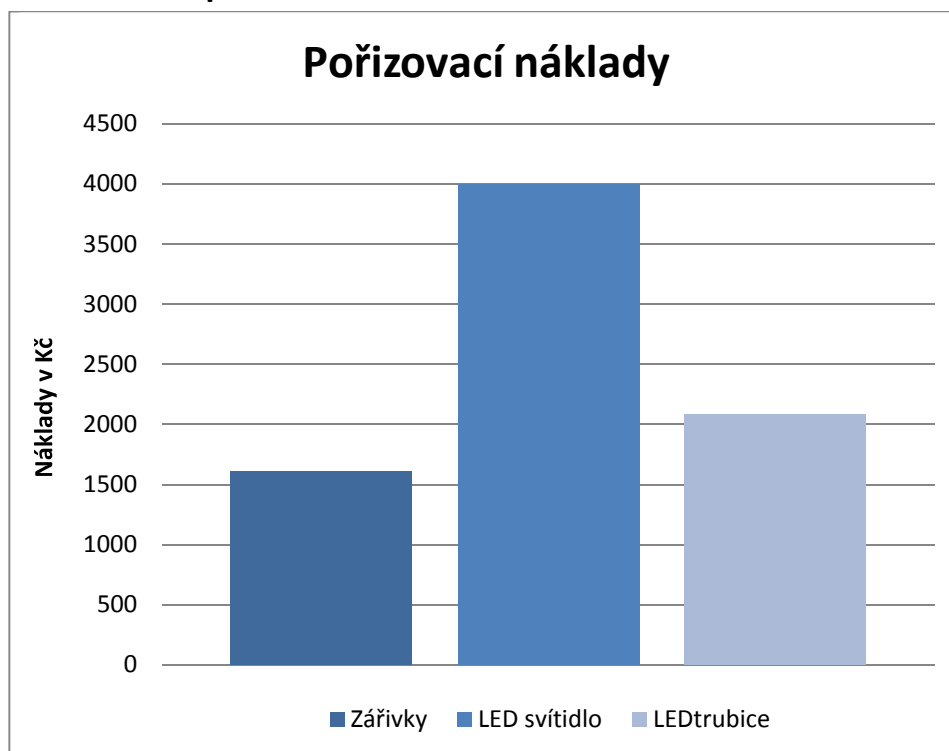
Výdaje spojené s nutnou náhradou této varianty osvětlení jsou trochu složitější, než tomu bylo u předchozích možností. Životnost led trubice je totiž větší, než životnost svítidla. To znamená, že po uplynutí 40000 hodin jsou vyměněny dvě LED trubice a zároveň je každých pět let vyměněno svítidlo. Náklady spojené s trubicemi jsou také ovlivněny předpokládaným propadem ceny technologie.

$$PC_n = 110\% PC_{trubice} * I_c + 110\% PC_{svítidlo}$$

6.1.3 Vyhodnocení variant osvětlení

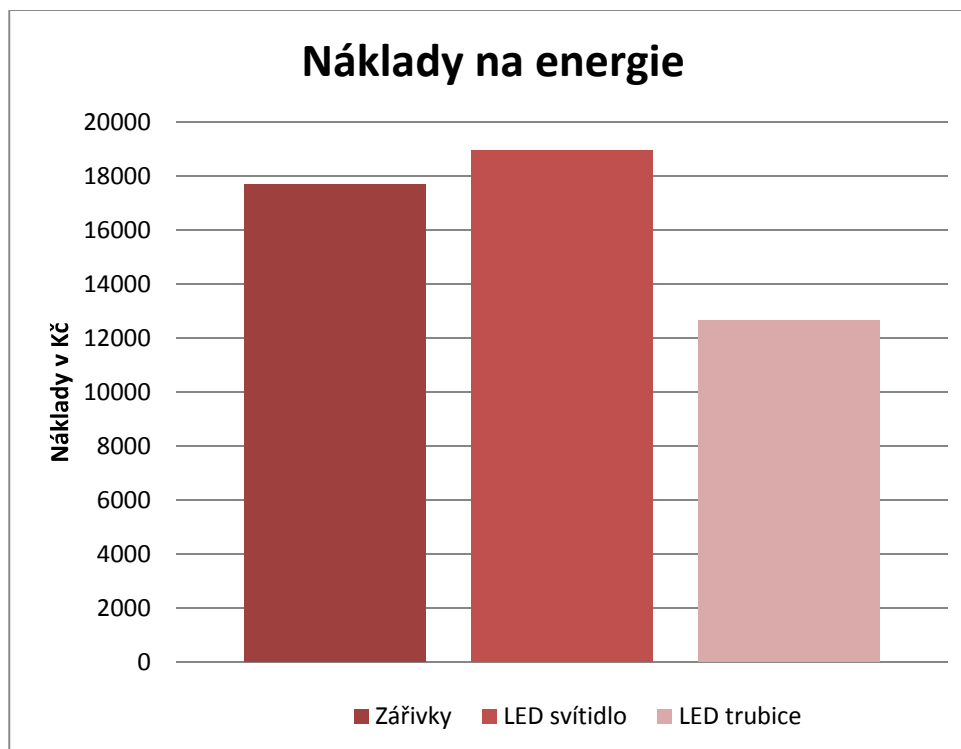
Pomocí metody LCC byly určeny náklady životního cyklu všech tří možností, které byly hodnoceny. V příložených tabulkách jsou rozepsány jednotlivé položky v průběhu let. Pro nejlepší znázornění výsledků byly vytvořeny následující grafy, které porovnávají jednotlivé výstupy metody.

6.1.3.1 Porovnání pořizovacích nákladů osvětlení



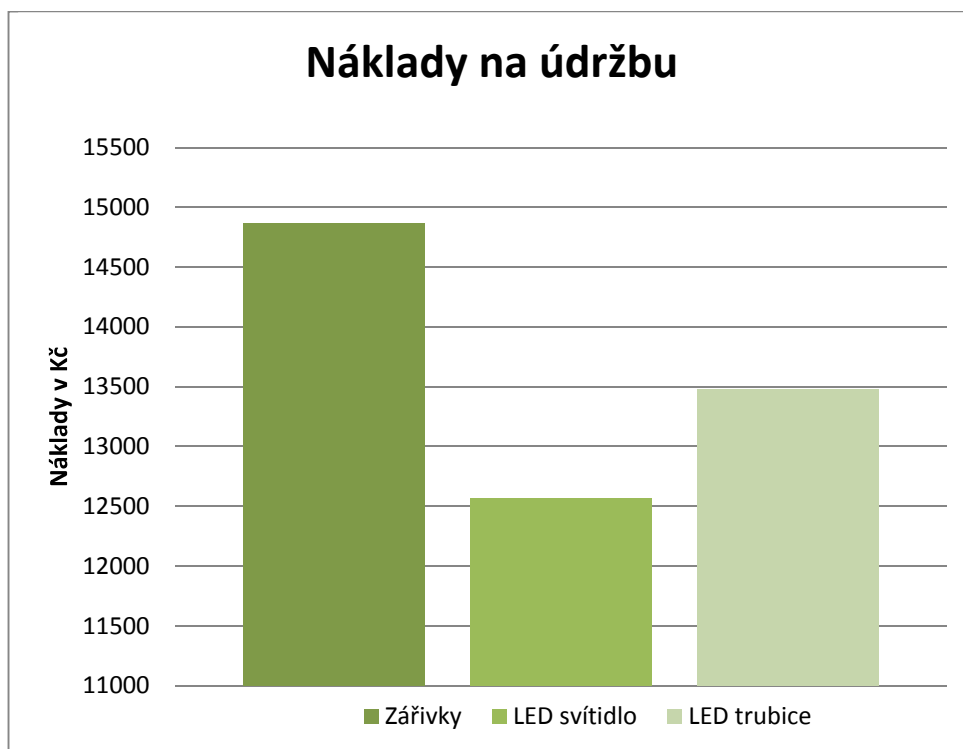
Obrázek 7 – porovnání pořizovacích nákladů osvětlení

6.1.3.2 Porovnání nákladů na energii



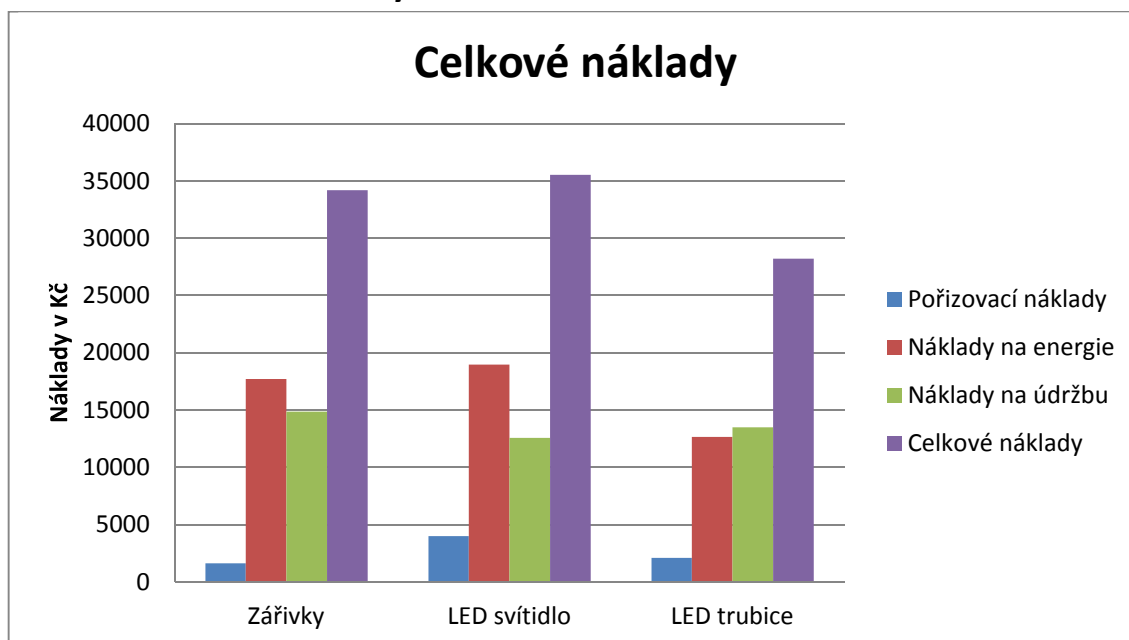
Obrázek 8 – porovnání pořizovacích nákladů na energii

6.1.3.3 Porovnání nákladů na údržbu osvětlení

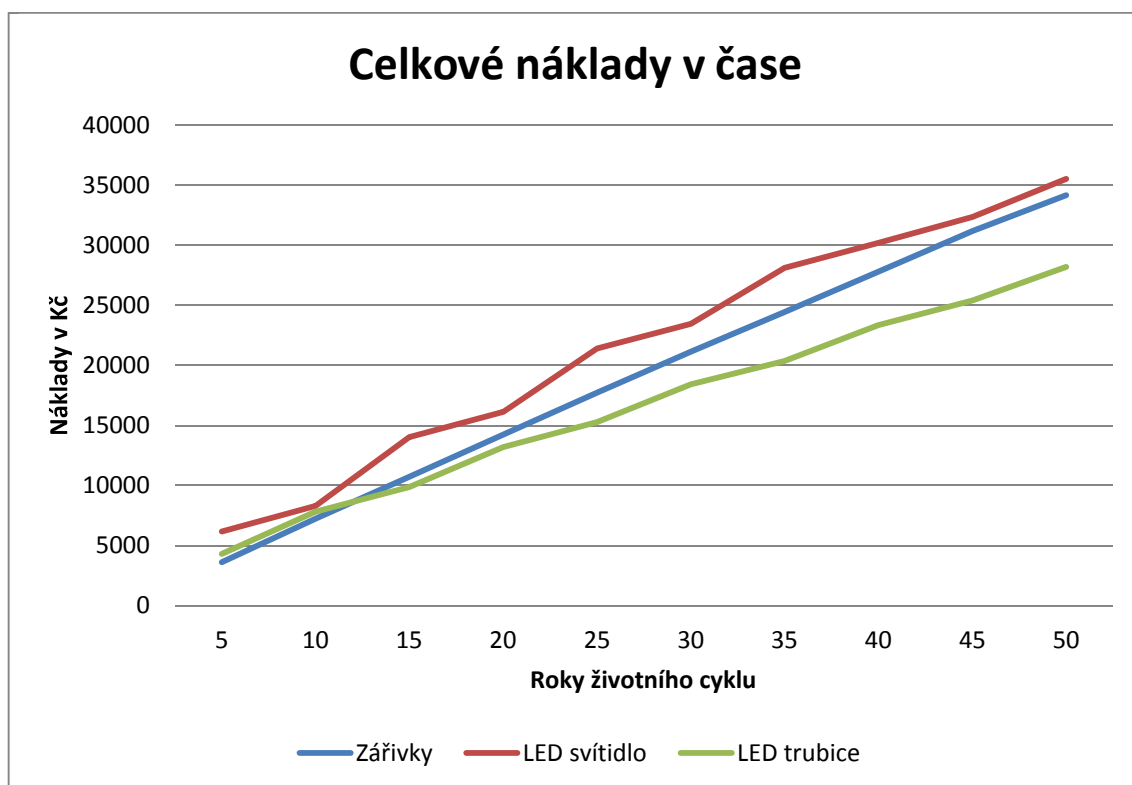


Obrázek 9 – porovnání nákladů na údržbu osvětlení

6.1.3.4 Porovnání celkových nákladů osvětlení



Obrázek 10 – porovnání celkových nákladů osvětlení



Obrázek 11 – celkové náklady na osvětlení v čase

V následující tabulce je kompletní porovnání jednotlivých variant. Jako nejlepší možná varianta vyšlo svítidlo MODUS s dvěma LED trubiciemi. Nejen, že má nejnižší náklady životního cyklu, má také nejlepší poměr cena/světelný tok. Zbylé dvě varianty vyšly z hlediska nákladů podobně, nicméně u LED svítidla tvoří nedílnou část ceny také jeho design a moderní vzhled. Další významný faktor, který ovlivnil výsledek, byl předpokládaný pokles cen LED technologií. Na celkové pořadí z hlediska nákladů by neměl menší pokles tak markantní vliv, nicméně cena druhé varianty (LED svítidla) by ještě narostla. Poslední hledisko, které může zajímavě ovlivnit výhodnost, je počet hodin svícení. Obecně platí, že při menším objemu hodin přestává z hlediska celkových nákladů vynikat úspora energie.

	Zářivky	LED svítidlo	LED trubice
Světelný tok	6600 lm	6600 lm	6800 lm
Příkon	70 W	75 W	50 W
životnost	24000 hodin	50000 hodin	40000 hodin
Pořizovací náklady	1 608 Kč	3 999 Kč	2 085 Kč
Náklady na svícení	17 714 Kč	18 979 Kč	12 653 Kč
Náklady na údržbu	14 865 Kč	12 569 Kč	13 476 Kč
Celkové náklady	34 187 Kč	35 547 Kč	28 214 Kč

Tabulka 5 – celkové porovnání variant osvětlení

6.2 Analýza zateplovacího systému

Pro stejnou budovu, pro jakou bylo navrženo kancelářské osvětlení, je ještě zpracováno porovnání zateplovacích systémů. Zde je situace o něco jednodušší, neboť se nepředpokládá výrazný pohyb cen izolantů, respektive ne takový, aby nebyl pokryt započítaným vlivem inflace v diskontní sazbě. Rozhodující činitele při výpočtu nákladů jsou tedy životnost konkrétního systému, cyklus oprav v letech a rozsah zmíněných oprav. Situaci dále ulehčuje fakt, že cyklus i rozsah oprav je u všech systémů stejný – výrobce udává cyklus oprav 15 let, jejich rozsah je stanoven na 15 z pořizovací ceny (v odborné literatuře je možné se setkat s intervalem oprav 20 let a rozsahem oprav 20 procent).

6.2.1 Varianty zateplovacího systému

I v tomto případě byly zvoleny tři základní varianty, které splňovaly požadavky zadavatele stavby. Jedná se o kontaktní zateplovací systémy, které mají prakticky shodné izolační vlastnosti, liší se ale v ceně za metr čtverečný a ve vlastnostech spojených s životností. Základní kritéria hodnocení byla dvě: součinitel tepelné vodivosti izolantu a výsledné náklady životního cyklu konstrukce. Vybrané varianty zateplovacího systému jsou tedy následující:

1. Zateplovací systém Baunit Open
2. Zateplovací systém Mamut-Therm Ps
3. Zateplovací systém ETICS Weber Therm Klasik

6.2.1.1 Varianta zateplovacího systému 1

První varianta, která bude hodnocena, je zateplovací systém Baunit Open. Jako izolant jsou využity bílé, difúzně otevřené fasádní desky na polystyrenové bázi, které jsou určeny na cihlu nebo zdivo. Základní informace o skladbě a ceně jsou popsány v tabulce. Systém je kotven pomocí StarTrack kotvení, díky němuž na konstrukci nevznikají tepelné mosty. Návrhová životnost je 40 let.

Vrstvy	Standardní skladba	spotřeba (kg/m ²)	cena za kg (Kč)	cena za m ² (Kč)
Lepící hmota	Baunit openContact	3,5	16,8	58,8
Izolant tl. 100mm	Baunit openTherm			154,05
Kotvení izolantu	Baunit StarTrack	6	14	84
Výztuž	Baunit openTex	1,1	24,4	26,84
Penetrace	Baunit PremiumPrimer	0,25	62	15,5
Povrchová úprava	Baunit NanoporTop K 2 škrábaná struktura 2 mm	2,9	75	217,5
Celkem za m²				543,01

Tabulka 6 – skladba Baunit Open

6.2.1.2 Varianta zateplovacího systému 2

Další možnost provedení, která je brána v úvahu, je zateplovací systém Mamut-Therm Ps. Izolantem jsou zde desky z šedého fasádního EPS polystyrenu. Základní informace o skladbě a ceně jsou uvedeny v tabulce. Kvůli polystyrenovým deskám, které jsou náchylné na poškození, byla stanovena životnost na 30 let.

Vrstvy	Standardní skladba	spotřeba (kg/m ²)	jednotky	cena za kg (Kč)	cena za m ² (Kč)
Lepící hmota	MAMUT Flex T	4	kg/m ²	9	36
Izolant tl. 100mm	polystyren EPS F				125
Kotvení izolantu	Ejothem NT U, NTK U (plastové zatluokací)	6	ks/m ²	14	84
Stěrková hmota	MAMUT Flex T	4	kg/m ²	9	36
Výztuž	SÍŤOVINA VERTEX R131	1,1	m	20,7	22,77
Penetrace	MAMUT Kontakt	0,2	litrů/m ²	68	13,6
Základ	MAMUT Silikat R	3,8	kg/m ²	48	182,4
Celkem za m²					499,77

Tabulka 7 – skladba Mamut Therm PS

6.2.1.3 Varianta zateplovacího systému 3

Jako třetí a zároveň poslední varianta byl vybrán zateplovací systém Tytan EOS. Jako izolant zde slouží desky Tytan EOS na bázi minerální vlny. Základní informace o skladbě a ceně jsou opět uvedeny v tabulce. Kvůli nesporné kvalitě materiálu je zde nejvyšší pořizovací cena, která je ale vykompenzována vysokou životností. U systémů, které využívají minerální vlnu, je uváděna životnost v rozsahu 50-60 let, což je vrchní hranice, kterou udává oceňovací vyhláška [17].

Vrstvy	Standardní skladba	spotřeba (kg/m ²)	jednotky	cena za kg (Kč)	cena za m ² (Kč)
Lepící hmota	TYTAN Lepící tmel EO	3,5	kg/m ²	7,7	26,95
Izolant tl. 100mm	Minerální izolace				340
Kotvení izolantu	Ejothem NT U, NTK U (plastové zatluokací)	6	ks/m ²	8	48
Stěrková hmota	Lepící a stěrkový tmel EO	4	kg/m ²	8,9	35,6
Výztuž	SÍŤOVINA VERTEX R131	1,1	m	20,7	22,77
Penetrace	TYTAN Penetrační nátěr EO	0,2	litrů/m ²	72,6	14,52
Základ	TYTAN omítka EO	4,3	kg/m ²	46,2	198,66
Celkem za m²					686,50

Tabulka 8 – skladba Tytan EOS

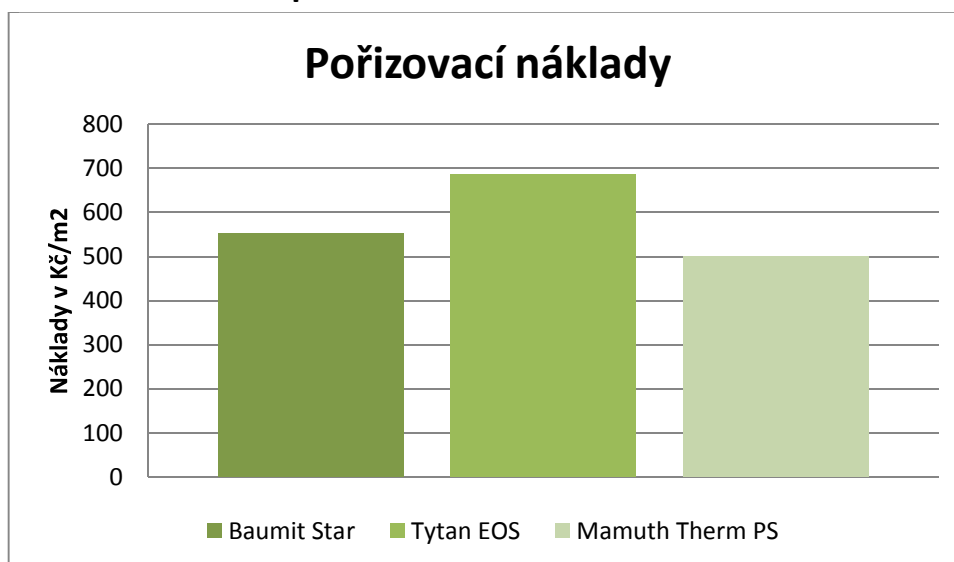
6.2.2 Vyhodnocení variant zateplení

Ze tří navrhovaných variant vyšla nejlépe první – zateplovací systém Baumit Open. Jeho průměrná pořizovací v kombinaci s dostatečně dlouhou životností vyústily v nejlepší cenu. Zde je nutno uvést, že v případě zateplovacích systémů se náklady na výměnu vypočítaly poměrově, to znamená, že když se ve 40tém roce životního cyklu vyměnil zateplovací systém s životností 30 let, tak se náklady na výměnu spočítaly jako pořizovací cena vynásobena poměrem zbývající doby životního cyklu a životností nového zateplovacího systému. Pořizovací cena, stejně jako u osvětlení, zahrnuje montáž, a práce potřebná k výměně systému je opět zahrnuta v desetiprocentní přírážce. Princip výpočtu je stejný jako u osvětlení, v přílohách jsou uvedeny podrobnější tabulky. Výsledné hodnoty jsou prezentovány pomocí grafů a souhrnné tabulky.

	Baumit Open	Tytan EOS	Mamum Therm PS
Součinitel tep. vodivosti	0,040 W/(m*K)	0,042 W/(m*K)	0,039 W/(m*K)
Cyklus oprav	15 let	15 let	15 let
Rozsah oprav	15%	15%	15%
Životnost	40 let	55 let	30 let
Pořizovací náklady	553 Kč	687 Kč	500 Kč
Náklady na údržbu	332 Kč	240 Kč	541 Kč
Celkové náklady	885 Kč	927 Kč	1 041 Kč

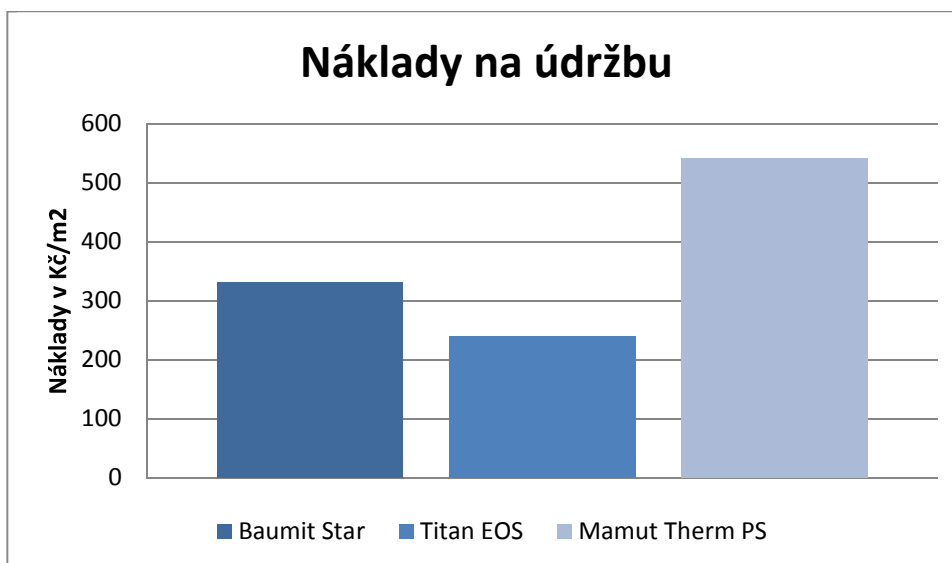
Tabulka 9 – celkové porovnání zateplovacích systémů

6.2.2.1 Porovnání pořizovacích nákladů



Obrázek 12 – porovnání pořizovacích nákladů zateplení

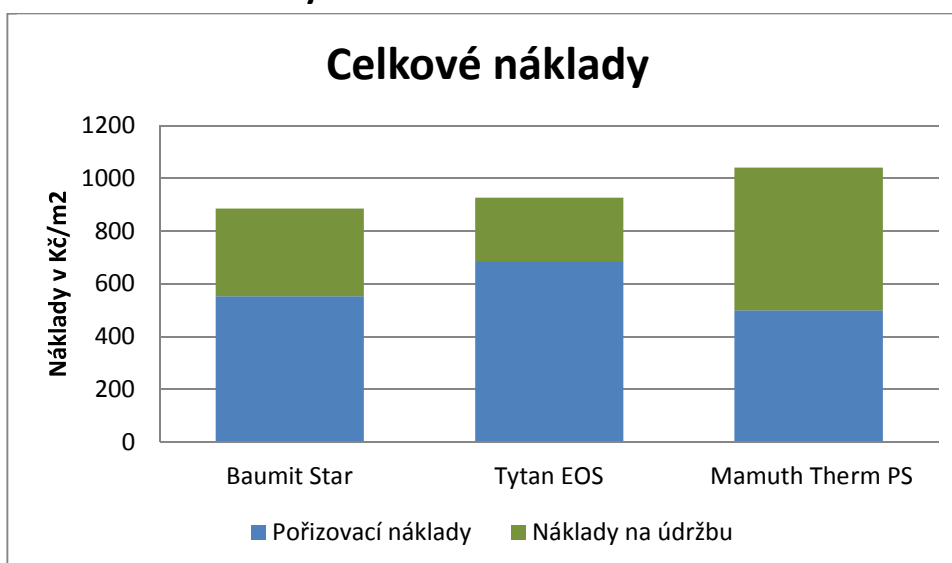
6.2.2.2 Porovnání nákladů na údržbu



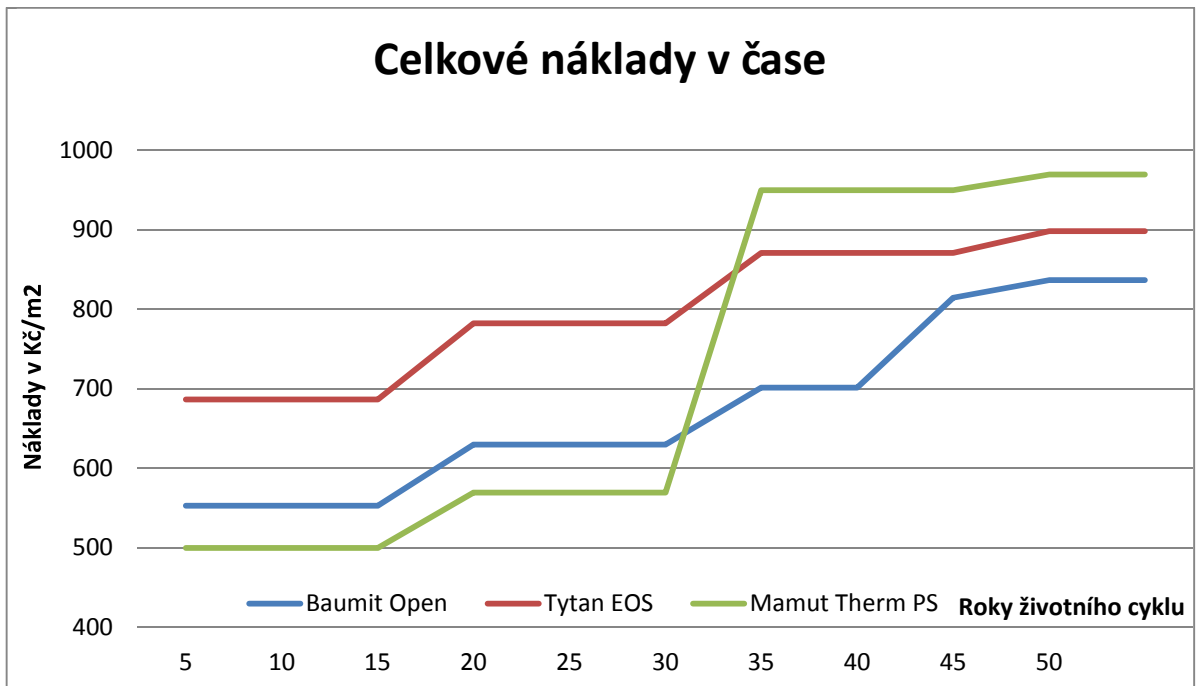
Obrázek 13 – porovnání nákladů na údržbu zateplení

6.2.2.3

6.2.2.4 Porovnání celkových nákladů



Obrázek 14 – porovnání celkových nákladů zateplení



Obrázek 15 - celkové náklady na zateplení v čase

7 Závěr

S postupem doby se vyvíjejí nejen stavební materiály a technologické postupy, společně s nimi směřují kupředu i metody využívané pro návrh konstrukce. Počítání nákladů životního cyklu budovy či konstrukce se stalo nedílnou součástí přípravy stavby. Tato práce si kladla za cíl zmíněnou metodu představit, přiblížit a aplikovat na vhodné konstrukce a ukázat tím, že i poměrně jednoduché principy mohou být v praxi běžně využívány. Je potřeba zmínit, že do metody vstupují veličiny náhodného charakteru v momentě, kdy se snaží odhadnout budoucí náklady, nicméně její přesnost se s postupem času a vývojem dokonalejších modelů konstrukcí zlepšuje. Tento fakt potom platí hlavně u odhadování a určování životnosti a cyklu oprav konstrukce, což jsou faktory, které výslednou cenu ovlivňují velkou mírou.

V teoretické části se práce zabývala teorií životního cyklu budovy, nákladů s ním spojených a životností. V části praktické byl potom proveden výpočet nákladů životního cyklu třech typů kancelářského osvětlení a zateplovacího systému. Jasně byly stanoveny varianty, které vyšly z hlediska nákladů nejvýhodněji a všechny poznatky nabyté díky metodě LCC byly přehledně formulovány do jednoduchých grafů a tabulek.

8 Literatura

- [1] Dell'Isola, Alphonse J, and Stephen J Kirk. Life Cycle Costing For Design Professionals. 1st ed. New York: McGraw-Hill, 1981. Print.
- [2] "Construction Inflation Cost Index". Construction Analytics. N.p., 2017. Web. 15 May 2017.
- [3] Aigel, Petr, Jana Nováková, and Miloš Waldhans. Cena A Životní Cyklus Stavebního Díla. 1st ed. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006. Print.
- [4] "Životní Cyklus Staveb". TZB-info. N.p., 2017. Web. 2 May 2017.
- [5] Tichá, Alena. Cena, Životnost A Ekonomická Efektivnost Stavebního Díla. 1st ed. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2007. Print.
- [6] "Životní Cyklus Výstavbového Projektu". Conference CM. N.p., 2017. Web. 19 May 2017.
- [7] Bull, John W. Life Cycle Costing For Construction. 1st ed. London: E & FN Spon, 2003. Print.
- [8] Marková, Leonora. Náklady Životního Cyklu Stavby. 1st ed. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. Print.
- [9] "Finanční Analýza". Is.mendelu.cz. N.p., 2017. Web. 25 Apr. 2017.
- [10] "Life-Cycle Cost Analysis (LCCA) | WBDG Whole Building Design Guide". Wbdg.org. N.p., 2017. Web. 12 April 2017.
- [11] Růžička, Martin. Stavíme Dům Ze Dřeva. 1st ed. Praha: Grada, 2006. Print.
- [12] : Hájek, Petr. Pozemní Stavitelství Pro 1. Ročník SPŠ Stavebních. 1st ed. Praha: Sobotáles, 2005. Print.
- [13] Pokyn F ke směrnici o stavebních výrobcích 89/106/EHS, Trvanlivost a směrnice o stavebních výrobcích, Brusel 2002, ENTRV/G5 Gk 24
- [14] Šmerda, Zdeněk. Životnost Betonových Staveb. 1st ed. Praha: ŠEL, 1999. Print.
- [15] "TRVANLIVOST A ŽIVOTNOST BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ". Beton TKS. N.p., 2013. Web. 17 Apr. 2017. Přeložila Bc. Iveta Bučilová
- [16] MIKŠ, L. - TICHÁ A. - KOŠULIČ J. - MIKŠ R. - A KOLEKTIV. Optimalizace technickoekonomických charakteristik životního cyklu stavebního díla. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2008.

- [17] Vyhláška č. 441/2013 Sb. Vyhláška k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška) - s účinností od 1. ledna 2014
- [18] WDF - Web Design Factory, s. r. o. "Stupeň Vlivu Prostředí | Ebeton - Specialista Na Beton". Ebeton.cz. N.p., 2017. Web. 29 May 2017.
- [19] Fakulta stavební, Katedra ocelových a dřevěných staveb, Spolehlivost a bezpečnost staveb – Web. 19 April 2017
- [20] : Lucka, Ondřej. "Vady A Poruchy Betonu - Svépomocí.Cz". Svpomoci.cz. N.p., 2017. Web. 12 May 2017.
- [21] "Umělé Osvětlení Vnitřního Prostředí". TZB-info. N.p., 2017. Web. 12 May 2017.

9 Zkratky

LCC	Life Cycle Costing
BLCC	Building life cycle cost
STS	Studie stavby
DUR	Dokumentace pro územní rozhodnutí
DSP	Dokumentace pro stavební povolení
DPS	Dokumentace pro provedení stavby
RDS	Realizační dokumentace stavby
DSPS	Dokumentace skutečného provedení stavby
TVM	Time value of money
CMA	Cost Minimasing Analysis
CBA	Cost Benefit Analysis
CEA	Cost Effectivnes Analysis
CUA	Cost Utility Analysis
kWh	Kilowatthodina
Kč	Koruna česká
EPS	Expandovaný polystyrem
Fib	International Federation for Structural Concrete

10 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vývoj cen ve stavebnictví

Obrázek 2 – rozdělení životního cyklu stavebního díla

Obrázek 3 – rozdělení nákladů životního cyklu budovy

Obrázek 4 – postup při navrhování životnosti

Obrázek 5 – předpokládaný vývoj ceny elektřiny

Obrázek 6 – předpokládaný vývoj ceny LED technologie

Obrázek 7 – porovnání pořizovacích nákladů osvětlení

Obrázek 8 – porovnání pořizovacích nákladů na energie

Obrázek 9 – porovnání nákladů na údržbu osvětlení

Obrázek 10 – porovnání celkových nákladů osvětlení

Obrázek 11 – celkové náklady na osvětlení v čase

Obrázek 12 – porovnání pořizovacích nákladů zateplení

Obrázek 13 – porovnání nákladů na údržbu zateplení

Obrázek 14 – porovnání celkových nákladů zateplení

Obrázek 15 - celkové náklady na zateplení v čase

11 Seznam tabulek

Tabulka 1 – životnost, cyklus a rozsah oprav funkčních dílů budov

Tabulka 2 – předpokládaná životnost v letech

Tabulka 3 – procentuální rozdělení chyb

Tabulka 4 – třídy následků

Tabulka 5 – celkové porovnání variant osvětlení

Tabulka 6 – skladba Baunit Open

Tabulka 7 – skladba Mamut Therm PS

Tabulka 8 – skladba Tytan EOS

Tabulka 9 – celkové porovnání zateplovacích systémů

12 Seznam příloh

Příloha 1 – Tabulka zachycující výpočty nákladů životního cyklu osvětlení varianty 1

Příloha 2 – Tabulka zachycující výpočty nákladů životního cyklu osvětlení varianty 2

Příloha 3 – Tabulka zachycující výpočty nákladů životního cyklu osvětlení varianty 3

Příloha 4 – Tabulka zachycující výpočty nákladů životního cyklu zateplení varianty 1

Příloha 5 – Tabulka zachycující výpočty nákladů životního cyklu zateplení varianty 2

Příloha 6 – Tabulka zachycující výpočty nákladů životního cyklu zateplení varianty 3

Zařívky	ROKY										
	0	5	10(6)	15(11)	20(16)	25(22)	30(27)	35(33)	40(39)	45(45)	50(49)
Hodnota d. koruny	1	0,975371	0,951348	0,927917	0,905063	0,882772	0,86103	0,839823	0,819139	0,798964	0,779286
Celkové diskontované	1608	2010,974	3626,868	3482,952	3519,641	3498,183	3411,665	3281,496	3365,022	3395,259	2987,342
Celkové nediskontované	1608	2061,754	3812,346	3753,517	3888,835	3962,726	3962,308	3907,366	4107,999	4249,576	3833,434
Pořizovací náklady	1608										34187,4
Náklady na energie		1900,954	1882,746	1823,917	1959,235	2033,126	2032,708	1977,766	2178,399	2319,976	2257,594
Náklady na údržbu		160,8	160,8	160,8	160,8	160,8	160,8	160,8	160,8	160,8	160,8
Výměna série			1768,8	1768,8	1768,8	1768,8	1768,8	1768,8	1768,8	1768,8	1415,04

Příloha 1

Led svítidlo	ROKY										
	0	5	10	15(11)	20	25(23)	30	35(34)	40	45	50(46)
Hodnota d. koruny	1	0,975371	0,951348	0,927917	0,905063	0,882772	0,86103	0,839823	0,819139	0,798964	0,779286
Celkové diskontované	3999	2181,598	2109,308	5754,138	2080,858	5283,74	2047,401	4681,318	2075,656	2145,729	3189,176
Celkové nediskontované	3999	2236,686	2217,178	6201,135	2299,131	5985,397	2377,852	5574,171	2533,949	2685,639	4092,433
Pořizovací náklady	3999										35547,92
Náklady na energie		2036,736	2017,228	1954,197	2099,181	2178,349	2177,902	2119,035	2333,999	2485,689	2418,851
Náklady na údržbu		199,95	199,95	199,95	199,95	199,95	199,95	199,95	199,95	199,95	199,95
Výměna série				4046,988		3607,098		3255,186			1473,632

Příloha 2

Led trubice	ROKY										
	0	5	10(9)	15	20(18)	25	30(27)	35	40(36)	45	50(46)
Hodnota d. koruny	1	0,975371	0,951348	0,927917	0,905063	0,882772	0,86103	0,839823	0,819139	0,798964	0,779286
Celkové diskontované	2085	2209,043	3538,271	2050,509	3314,525	2082,664	3157,254	1948,129	2984,368	2048,644	2796,248
Celkové nediskontované	2085	2264,824	3719,219	2209,798	3662,204	2359,233	3666,835	2319,69	3643,3	2564,126	3588,217
Pořizovací náklady	2085										
Náklady na energii		1357,824	1344,819	1302,798	1399,454	1452,233	1451,935	1412,69	1556	1657,126	1612,567
Náklady na údržbu		208,5	208,5	208,5	208,5	208,5	208,5	208,5	208,5	208,5	208,5
Výměna série		698,5	2165,9	698,5	2054,25	698,5	2006,4	698,5	1878,8	698,5	1767,15

Příloha 4

BAUMIT STAR / m ²	ROKY										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Hodnota d. koruny	1	0,975371	0,951348	0,927917	0,905063	0,882772	0,86103	0,839823	0,819139	0,798964	0,779286
Celkové dikontované	552,86	0	0	76,95122	0	0	71,40433	0	113,2173	22,08576	0
Celkové nediskontované	552,86	0	0	82,929	0	0	82,929	0	138,215	27,643	0
Pořizovací náklady	552,86										
Náklady na opravy				82,929							
Výměna systému							82,929			27,643	

Příloha 5

Tytan eos/ m ²	ROKY										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Hodnota d. koruny	1	0,975371	0,951348	0,927917	0,905063	0,882772	0,86103	0,839823	0,819139	0,798964	0,779286
Celkové dikontované	686,5	0	0	95,55224	0	0	88,66454	0	0	27,42444	0
Celkové nediskontované	686,5	0	0	102,975	0	0	102,975	0	0	34,325	0
Pořizovací náklady	686,5										
Náklady na opravy				102,975							
Výměna systému							102,975			34,325	

Mamut/m ²	ROKY										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Hodnota d. koruny	1	0,975371	0,951348	0,927917	0,905063	0,882772	0,86103	0,839823	0,819139	0,798964	0,779286
Celkové dikontované	499,7	0	0	69,55201	0	0	380,06	0	0	19,96212	0
Celkové nediskontované	499,7	0	0	74,955	0	0	441,4017	0	0	24,985	0
Požizovací náklady	499,7										
Náklady na opravy				74,955			74,955			24,985	
Výměna systému							366,4467				
											969,2741