

## Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade

### Dragan Katić

Sveučilište u Mostaru, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, doc. dr. sc.,  
dragan.katic@fgag.sum.ba

### Monika Tadić

mag. građ., monika.tadic@fgag.sum.ba

**Sažetak:** U radu je prikazana struktura troškova životnog ciklusa novoprojektirane poslovne zgrade gdje su analizirani troškovi planiranja, izgradnje, uporabe i održavanja za vremenska razdoblja od 20 i 30 godina prema trenutnim cijenama na tržištu i isti su svedeni na neto sadašnju vrijednost. Rezultati analize troškova životnog ciklusa pokazuju kako je za razdoblje od 20 godina približno podjednak udio inicijalnih ili kapitalnih troškova i troškova uporabe i održavanja. Za razdoblje od 30 godina udio kapitalnih troškova iznosi 42,6%, a udio troškova uporabe i održavanja iznosi 57,4%, čime isti premašuju kapitalne troškove. Ovi rezultati potvrđuju prethodna istraživanja i značaj troškova uporabe i održavanja, te upućuju kako je potrebno u inženjerskoj praksi u fazi projektiranja vršiti analizu i proračun ukupnih troškova životnog ciklusa zgrada u svrhu vrjednovanja varijantnih rješenja.

**Ključne riječi:** troškovi životnog ciklusa zgrada, kapitalni troškovi, troškovi uporabe, troškovi održavanja

## Life cycle cost analysis of an office building

**Abstract:** The paper presents the life cycle cost structure of a newly designed office building where the costs of planning, construction, operation and maintenance are analyzed for time periods of 20 and 30 years according to current market prices and reduced to net present value. The results of the life cycle cost analysis show that for a period of 20 years, the shares of initial or capital costs and operation and maintenance costs are approximately equal. For a period of 30 years, the share of capital costs is 42.6%, and the share of operation and maintenance costs is 57.4%, which exceeds capital costs. These results confirm previous research and the significance of the operation and maintenance costs, and indicate that in engineering practice in the design stage it is necessary to analyze and calculate the total costs of the life cycle of buildings for the purpose of evaluating variant solutions.

**Key words:** life cycle costs of buildings, capital costs, operation costs, maintenance costs

Katić, D., Tadić, M.

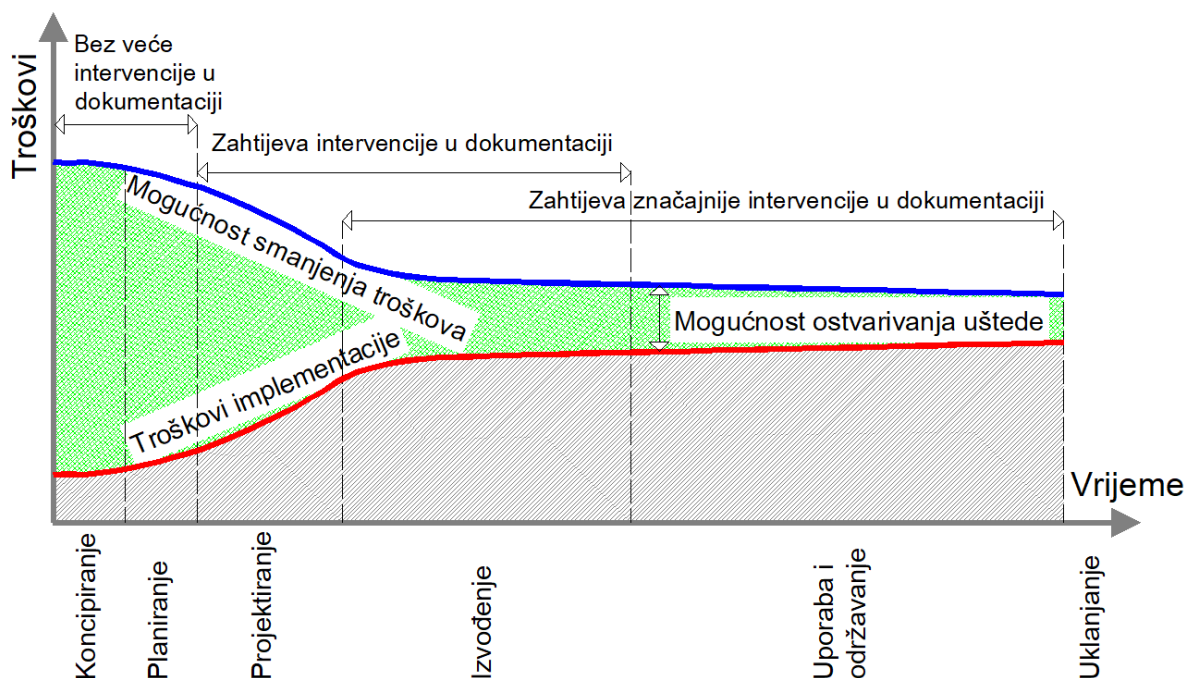
**Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade****1. UVOD**

Životni ciklus zgrade odnosi se na zgradu tijekom cijelog njenog života, odnosno promatrajući zgradu ne samo u uporabi, već uzimajući u obzir i projektiranje, izgradnju, korištenje, rušenje, recikliranje i zbrinjavanje otpada [1]. Životni ciklus zgrade uključuje nekoliko faza. Prva faza je faza planiranja, projektiranja i izgradnje zgrade, druga i ujedno i najduža faza je faza uporabe i održavanja građevine i treća faza je faza kraja životnog vijeka i uklanjanja zgrade [2].

U početnoj fazi planiranja, projektiranja i izgradnje zgrade moguć je najveći utjecaj na ukupne troškove životnog ciklusa zgrade jer se u fazi planiranja i projektiranja donose odluke koje će utjecati na sve buduće troškove u idućim fazama životnog ciklusa. Izborom odgovarajućih materijala, konstrukcija, sustava grijanja i hlađenja uz veće početne troškove izgradnje može se značajno utjecati na smanjenje troškova uporabe i održavanja zgrade u fazi uporabe. Istraživanja su pokazala kako se u fazi projektiranja može utjecati na 70% do 80% troškova uporabe i održavanja zgrade [3].

U fazi uporabe i održavanja zgrade provode se aktivnosti koje imaju direktan utjecaj na duljinu životnog vijeka zgrade. Troškovi u ovoj fazi predstavljaju veliki dio troškova životnog ciklusa zgrade i cilj je postići ravnotežu između troškova uporabe i održavanja zgrade i ograničiti rizik neispunjavanja potreba služnosti i sigurnosnih zahtjeva koje zgrada mora ispunjavati [2].

Zadnja faza predstavlja kraj životnog vijeka zgrade. Obuhvaća aktivnosti na rušenju, uklanjanju, recikliranju i ponovnom korištenju, i odlaganju otpadnog materijala na deponiju. U sve faze životnog ciklusa zgrade intenzivno je uključena upotreba i potrošnja prirodnih resursa, energije i vode što ima velikog i dugoročnog utjecaja na prirodu i okoliš [2]. Na slici 1 shematski je prikazana ovisnost mogućnosti smanjenja ukupnih troškova životnog ciklusa zgrade u odnosu na troškove primjene određenih aktivnosti.



Slika 1. Shema ovisnosti smanjenja na troškovima uporabe i održavanja zgrade u odnosu na troškove primjene određenih aktivnosti [4], [5]

Katić, D., Tadić, M.

## Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade

Najveća mogućnost ušteda troškova životnog ciklusa zgrade je u fazi planiranja (faza koncipiranja i planiranja projekta) bez većih intervencija u projektnoj dokumentaciji uz niske troškove implementacije. Faza projektiranja također omogućuje značajne uštede troškova životnog ciklusa zgrade uz veće troškove implementacije vezane za intervencije na projektnoj (investicijsko-tehničkoj) dokumentaciji. Mogućnost ostvarivanja ušteda troškova životnog ciklusa zgrade se značajno smanjuje u fazi izvođenja i uporabe zgrade zbog značajnijih intervencija i visokih troškova za implementaciju istih [2].

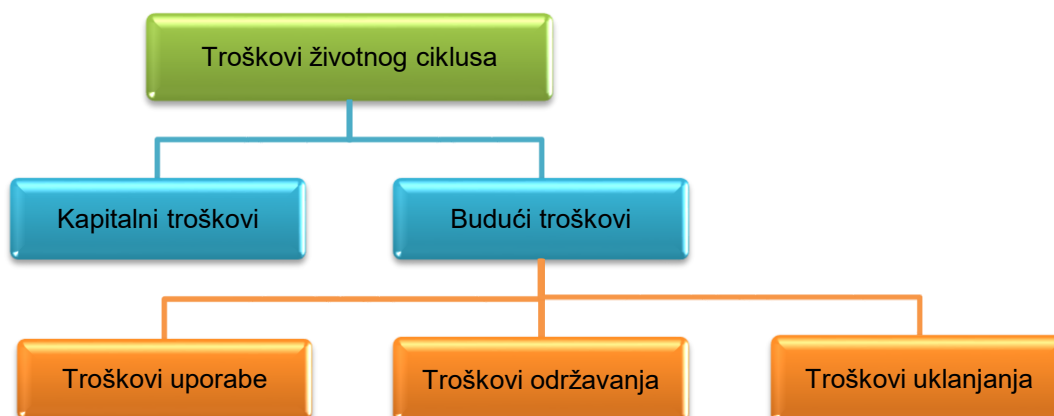
Donedavno sva pažnja investitora, arhitekata i izvođača radova bila je usmjerena na smanjenje građevinskih troškova izgradnje, a malo je sudionika posvećivalo pažnju smanjenju troškova uporabe i održavanja građevina ili još važnije, smanjenju ukupnih troškova [6].

U radu su definirane aktivnosti po pojedinim fazama životnog ciklusa, a zatim su analizirani troškovi planiranja, izgradnje, uporabe i održavanja novoprojektirane poslovne zgrade (zgrade koja nije izgrađena) za vremenska razdoblja od 20 i 30 godina prema trenutnim cijenama na tržištu. Struktura troškova životnog ciklusa kao i rezultati istraživanja su prikazani u nastavku rada.

## 2. STRUKTURA TROŠKOVA ŽIVOTNOG CIKLUSA ZGRADA

Izraz troškovi životnog ciklusa prvi je put korišten 1965. godine u izvješću pod nazivom „Trošak životnog ciklusa u nabavi opreme“. Ovo je izvješće je izradio Institut za upravljanje logistikom, Washington, D.C., a odnosio se sa na nabavu vojne opreme [7]. Troškovi životnog ciklusa (*Life Cycle Cost, LCC*) predstavljaju neto sadašnju vrijednost svih relevantnih troškova tijekom ukupnog životnog razdoblja zgrade, uključujući troškove izgradnje, troškovi održavanja, popravaka i zamjene, troškove uporabe i preostale vrijednosti [8].

Osnovna namjena metode troškova životnog ciklusa jeste omogućiti izbor optimalne varijante pri izboru projekta s obzirom na ukupne troškove životnog ciklusa. Primjena je moguća u bilo kojoj fazi projekta, ali je najučinkovitija u početnim fazama planiranja i projektiranja [4]. Procjena ukupnih troškova omogućuje nam usporedbu alternativnih rješenja u ekonomskom i inženjerskom pogledu, uspoređujući sve značajne opcije projektiranja, građenja, održavanja i uporabe zgrade tijekom zadanoga vremenskog razdoblja i odabir optimalnog [9]. Na slici 2 prikazana je struktura troškova životnog ciklusa zgrade koji nastaju kroz sve životne faze.



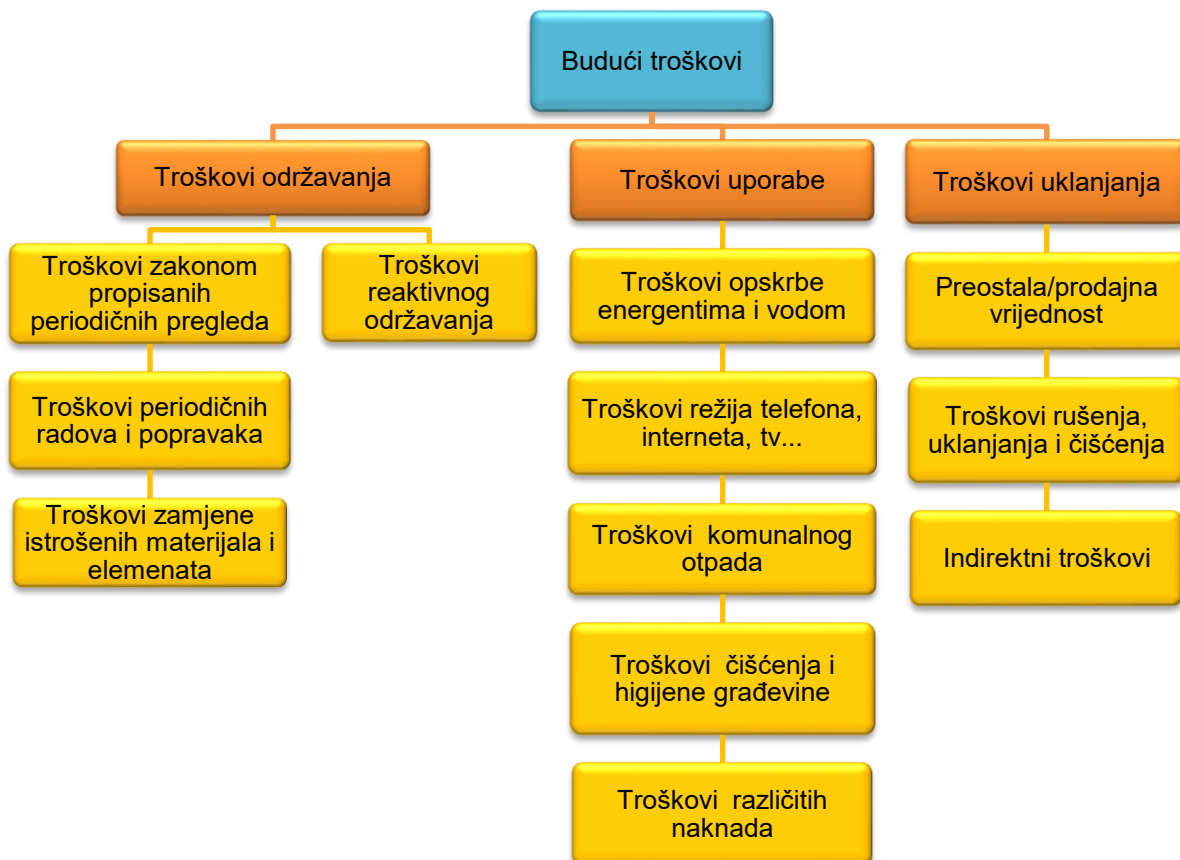
Slika 2. Struktura troškova životnog ciklusa zgrade [4], [10]

Katić, D., Tadić, M.

## Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade

Kapitalni troškovi, u ovisnosti o namjeni buduće građevine, uvijek predstavljaju značajan udio u ukupnim troškovima životnog ciklusa. Ovi troškovi se odnose na troškove za nabavku zemljišta, projektiranje, izgradnju i opremanje građevine i ostale druge troškove koji se odnose na aktivnosti u fazi planiranja, projektiranja i izgradnje građevine [2]. Početni kapitalni troškovi projekta uglavnom su oni koji se najviše uzimaju obzir od strane naručitelja i projektnog tima u studijama izvodljivosti, a u nedostatku procjene ukupnih troškova predstavljaju vrijednost koja će najvjerojatnije odrediti hoće li projekt započeti ili ne [11].

Budući troškovi se odnose na 2. i 3. fazu životnog ciklusa zgrade. Održavanje zgrada je niz aktivnosti kojima se postiže da izgrađene zgrade omogućuju adekvatnu uporabu i funkcionalnost za namjenu za koju su projektirane. Održavanje zgrada može se podijeliti na preventivno održavanje odnosno planirano održavanje na temelju projekta održavanja i reaktivno održavanje, odnosno hitno ili nepredvidivo održavanje. Preventivno održavanje može biti bazirano na vremenu ili stanju istrošenosti pojedinih elemenata. Obuhvaća zakonom propisane periodične preglede, periodične radove i popravke i zamjenu istrošenih materijala i elemenata. Reaktivno održavanje zgrade predstavlja popravke i zamjene materijala tek nakon što je nastupio kvar ili oštećenje i zbog navedenog gotovo je nemoguće predvidjeti sve kvarove [3]. Na slici 3 prikazana je struktura budućih troškova zgrade.



Slika 3. Struktura budućih troškova zgrade [3], [6]

Troškovi održavanja su troškovi koji „drže“ zgradu u funkcionalnom stanju, odnosno to su troškovi koji se javljaju nakon određenog vremenskog razdoblja kojima se određeni element vraća u prvobitno stanje. Ključno je precizno predviđanje i planiranje budućih troškova. Prema

Katić, D., Tadić, M.

## Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade

ISO standardu 15686-5:2017 troškovi održavanja (*maintenance cost*) zgrada obuhvaćaju troškove potrebnog rada, materijala i ostale povezane troškove koji se javljaju pri održavanju određene razine uslužnosti neke zgrade [12].

Troškovi uporabe su troškovi koji se javljaju tijekom cijelog uporabnog vijeka zgrade. Troškovi uporabe zgrade se definiraju kao troškovi nužni za korištenje zgrade i uključuju pogonske troškove opskrbe energentima (električna energija, toplinska energija, energija za hlađenje i ventilaciju prostora), troškove opskrbe pitkom vodom, troškove odvoza komunalnog otpada i otpadnih voda, režijske troškove telefona, interneta, TV-a, troškove čišćenja i higijene, te druge slične troškove [3], [4].

Prema ISO standardu 15686-5:2017 troškovi uporabe (*operation cost*) su troškovi nastali korištenjem i upravljanjem zgradom ili izgrađenim okolišem, uključujući usluge administrativne podrške. Ovi troškovi mogu uključivati rente, kamate, osiguranja, energiju i ostale troškove inspekcije zaštite okoliša ili regulatornih propisa, lokalne poreze i naknade i slično [12].

U troškove uklanjanja zgrade uključena je preostala ili prodajna vrijednost zgrade kao i troškovi koji nastaju za radove rušenja, uklanjanja i čišćenja zemljišta (gradilišta) na kraju predviđenog vijeka trajanja zgrade. Ovdje su uključeni i svi indirektni troškovi koji nastaju u ovoj fazi [6].

Dosadašnja istraživanja o troškovima životnog ciklusa zgrada pokazala su kako su ukupni troškovi dobro razrađeni u teoriji, ali pri uporabi u praksi nastaju poteškoće. Kao jedna od glavnih zapreka za uspješnu primjenu u praksi navodi se nedostatak korisnih, pouzdanih i konzistentnih podataka potrebnih za procjenu ukupnih troškova životnog ciklusa. Ako podatci i postoje, ili su nekonzistentni, ili su u obliku koji ne omogućava efikasnu analizu istih. Nedostatak podataka djelomično se objašnjava nedostatkom prihvatljivih standarda u graditeljstvu koji bi definirali način prikupljanja i analizu istih radi planiranja ukupnih troškova projekata [6].

### 3. REZULTATI ANALIZE TROŠKOVA ŽIVOTNOG CIKLUSA POSLOVNE ZGRADE

Za analizu troškova životnog ciklusa odabrana je poslovna zgrada namijenjena za uredske prostore koja se treba izgraditi na prostoru općine Žepče. Sastoji od prizemlja i 3 kata. Ukupna neto korisna površina zgrade iznosi oko 2.667,00 m<sup>2</sup>. Troškovi životnog ciklusa predmetne zgrade podijeljeni su po vrstama, i to troškovi planiranja, troškovi izgradnje, troškovi uporabe, troškovi preventivnog i troškovi reaktivnog održavanja. Troškovi uklanjanja nisu analizirani. Sve aktivnosti po pojedinim fazama životnog ciklusa kao i analizirani troškovi detaljno su prikazani u diplomskom radu pod nazivom „Troškovi planiranja, izgradnje, uporabe i održavanja poslovne zgrade“ [9].

Troškovi planiranja predstavljaju troškove nastale poduzimanjem aktivnosti na koncipiranju projekta (izrada idejnog rješenja, prethodnih istraživanja i izrada studije izvodljivosti), nabavke zemljišta i rješavanja imovinsko pravnih odnosa, izradi i reviziji investicijsko-tehničke dokumentacije (izrada i kontrola glavnog projekta) i ishođenju odobrenja za gradnju. Troškovi planiranja su određeni na temelju tržišnih cijena i administrativnih taksi nadležnih općinskih službi.

Troškovi izgradnje su određeni na temelju količina radova iz predmjera radova za građevinsko-zanatske i instalaterske radove i prosječnih jediničnih cijena na tržištu. U ove troškove uključeni su i troškovi stručnog nadzora nad građenjem, tehničkog pregleda zgrade i ishođenja uporabne dozvole.

Za predmetnu zgradu izrađen je plan održavanja u kojem se definirane aktivnosti na održavanje zgrade. Troškovi uporabe se odnose na troškove opskrbe toplinskom i električnom energijom, troškove opskrbe pitkom vodom, troškove odvoza komunalnog otpada i otpadnih voda, režijske troškove, troškove čišćenja i troškove održavanja sustava grijanja i ventilacije.

Katić, D., Tadić, M.

## Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade

Troškovi nastali poduzimanjem aktivnosti vezanih za propisane periodične preglede, periodične radove i popravke, zamjene materijala i elemenata svrstani su u troškove preventivnog održavanja. Izvršena je procjena troškova reaktivnog održavanja.

Nakon definiranja svih aktivnosti i troškova izvršen je proračun nominalnih godišnjih troškova, kao i troškova životnog ciklusa za razdoblja od 20 i 30 godina. Pri proračunu neto sadašnje vrijednosti (NSV) korištene su diskontne stope u odnosu na promatrana vremenska razdoblja gdje se za neposrednu budućnost (1-5 godina) preporučuje diskontna stopa od 5%, za blisku budućnost (6-25 godina) 4% i daljnju budućnost (26-50 godina) 3% [10].

### 3.1 Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade za razdoblja od 20 i 30 godina

Za razdoblje od 20 godina, pri proračunu neto sadašnje vrijednosti, primijenjena je diskontna stopa od 3,5%, a za razdoblje od 30 godina primijenjena je diskontna stopa od 3,0%. U tablici 1 prikazana je struktura i pojedinačni udjeli troškova životnog ciklusa predmetne zgrade svedeni na NSV za razdoblja od 20 i 30 godina.

Tablica 1. Udio troškova životnog ciklusa predmetne zgrade za razdoblja od 20 i 30 godina [9]

Struktura troškova	NSV 20 god. (%)	NSV 30 god. (%)
Troškovi planiranja	3,3%	2,8%
Troškovi izgradnje	47,8%	39,9%
Troškovi uporabe	41,4%	47,7%
Troškovi preventivnog održavanja	3,2%	4,7%
Troškovi reaktivnog održavanja	4,4%	5,0%
<b>Ukupno troškovi:</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Analizirajući udjele pojedinih vrsta troškova životnog ciklusa u ukupnim troškovima životnog ciklusa svedenih na NSV za razdoblje od 20 godina najveći udio čine troškovi izgradnje predmetne zgrade od 47,8%, a zatim slijede troškovi uporabe sa udjelom od 41,4%. Ukupni troškovi održavanja za promatrano razdoblje iznose 7,6%. Povećavajući promatrano razdoblje na 30 godina tada najveći udio čine troškovi uporabe sa udjelom od 47,7% a zatim troškovi izgradnje predmetne zgrade sa udjelom od 39,9%. Vidljivo je kako su troškovi uporabe premašili početne kapitalne troškove.

Najveći udio u ukupnim troškovima uporabe imaju troškovi opskrbe toplinskom energijom (udio 35,5%) a zatim troškovi opskrbe električnom energijom (udio 33,8%). Navedeni rezultati upućuju kako je potrebno sagledati projektno rješenje vezano za termo-tehničke instalacije koje rezultira troškovima potrošnje energenata za toplinsku i električnu energiju. Moguće je analizirati varijantna rješenja za termo-tehničke instalacije predmetne zgrade koja će za promatrano razdoblje dati najniže ukupne troškove životnog ciklusa.

### 3.2 Usporedba rezultata troškova životnog ciklusa poslovne zgrade

U nastavku su prikazani primjeri udjela pojedinih komponenti troškova životnog ciklusa na temelju dosadašnjih istraživanja i pregleda literature u svrhu usporedbe rezultata sa analiziranom poslovnom zgradom. U tablici 2. prikazana je usporedba rezultata za 3 studije



Katić, D., Tadić, M.

**Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade**

koje se odnosile na proračun troškova životnog ciklusa za 25-godišnje razdoblje za zgrade različitih namjena smještenih u Indoneziji.

Tablica 2. Usporedba i udio troškova životnog ciklusa za razdoblje od 25 godina [13]

Zgrada/namjena	Kapitalni troškovi (%)	Troškovi uporabe (%)	Troškovi održavanja (%)
Hostel Jimbun Medika	46	26	28
Sveučilišne zgrade Atma Jaya Yogyakarta	43	46	11
Apartmanska građevina sveučilišta Atma Jaya Yogyakarta	42	39	19
Prosjek	43,7	37,0	19,3

Analizirajući prosječne vrijednosti troškova životnog ciklusa (kapitalni troškovi, troškovi uporabe i troškovi održavanja) za 25-godišnje razdoblje može se zaključiti kako pojedinačno kapitalni troškovi imaju najveći udio od cca 43,7%. Promatrajući zajedno troškove uporabe i održavanja koji nastaju u fazi uporabe zgrade njihov udio zajednički iznosi cca 56,3% što je više u odnosu na početne kapitalne troškove.

Istraživanje troškova životnog ciklusa uredskih poslovnih zgrada za 40-godišnje razdoblje u Velikoj Britaniji prikazano je u tablici 3.

Tablica 3. Udio troškova životnog ciklusa poslovnih zgrada za razdoblje od 40 godina [14]

R. broj	Vrsta troška	Udio (%)
1.	Kapitalni troškovi	42 %
2.	Troškovi čišćenja	20 %
3.	Troškovi kamata	16 %
4.	Troškovi održavanja	12 %
5.	Troškovi za energiju	10 %

Iz tablice 3 je vidljivo kako troškovi uporabe i održavanja uredskih poslovnih zgrada za 40-godišnje razdoblje zajedno čine cca 58,0% što je više u odnosu na početne kapitalne troškove.

Prethodno prikazane analize udjela pojedinih troškova životnog ciklusa (premda imaju različita razdoblja za koja su vršene analize) pokazuju kako su budući troškovi koji se odnose na troškove uporabe i održavanja veći u odnosu na početne kapitalne troškove. Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade također pokazuje kako budući troškovi za razdoblje od 20 godina iznose cca 49%, a za razdoblje od 30 godina 57,4% čime premašuju kapitalne troškove koji iznose cca 42,6%.

Rezultati analize troškova životnog ciklusa poslovne zgrade potvrđuju prethodna istraživanja te upućuju kako je potrebno u inženjerskoj praksi u fazi projektiranja vršiti analizu i proračun ukupnih troškova životnog ciklusa zgrada u svrhu vrjednovanja varijantnih rješenja i donošenja najboljih investicijskih odluka. Također, planirane aktivnosti vezane za održavanje predstavljaju osnovu ili plan za potrebe vlasnika zgrade u svrhu upravljanja istom.

#### 4. ZAKLJUČAK

Troškovi životnog ciklusa (*LCC*) predstavljaju sadašnju vrijednost svih troškova planiranja-koncipiranja i definiranja projekta i budućih troškova izgradnje zgrade, te uporabe i održavanja iste tijekom životnog vijeka. Ovakav pristup omogućava analizu mogućih ušteda u fazi uporabe zgrade koje je moguće ostvariti različitim scenarijima i aktivnostima u fazi projektiranja i izgradnje zgrade. Analiza troškova životnog ciklusa poslovne zgrade pokazala je kako troškovi uporabe i održavanja za razdoblje od 30 godina premašuju početne kapitalne troškove.

Vlada Velike Britanije 2002. godine donijela je uredbu kojom se mora vršiti procjena ukupnih troškova projekata (za razliku od dotadašnje prakse kada su ponuđači radova morali davati samo procjenu troškova građevinskih radova) pri donošenju odluka vezanih uz gradnju ili rekonstrukciju javnih zgrada kao što su škole, bolnice, vrtići i druge javne zgrade [10]. Shodno prikazanom velikom udjelu troškova uporabe i održavanja u ukupnim troškovima životnog ciklusa zgrade predlaže se donošenje zakonskih odredbi kojima bi se trebali u fazi projektiranja analizirati troškovi životnog ciklusa za sve javne zgrade koje se financiraju iz proračunskih sredstava.

#### LITERATURA

1. Kotaji S., Schuurmans A., Edwards S.: Life-cycle assessment in building and construction: a state-of-the-art report, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 2003.
2. Katić D.: Modeli procjene troškova toplinske energije školskih zgrada na području Federacije Bosne i Hercegovine, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Osijek, 2022.
3. Krstić H., Marenjak S.: Analiza troškova održavanja i uporabe građevina, Građevinar, vol. 64, 293-303, 2012.
4. Krstić H.: Model procjene troškova održavanja i uporabe građevina na primjeru građevina Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2011.
5. Kishk M., Al-Hajj A., Pollock R. et al.: Whole life costing in construction: a state of the art review, RICS Research Paper Series, vol. 4, 2003.
6. Marenjak S., El-Haram M.A., Horner R.M.W.: Procjena ukupnih troškova u visokogradnji, Građevinar, 54, 393-401, 2002.
7. Dhillon B.S.: Life Cycle Costing for Engineers, CRC Press, 2010.
8. Kneifel J.: Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings, Energy and Buildings, vol. 42, 333–340, 2010. doi:10.1016/j.enbuild.2009.09.011
9. Tadić M.: Troškovi planiranja, izgradnje, uporabe i održavanja poslovne zgrade, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Mostaru, 2023.
10. Petrović M.: Upravljanje troškovima uporabe i održavanja javnog objekta, Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, 2018.
11. Kirkham R. J.: A stochastic whole life cycle cost model for a National Health Service acute care hospital building, Department of Architecture and Building Engineering, Faculty of Social and Environmental Studies, University of Liverpool, 2002.
12. ISO 15686-5:2017(en), Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 5: Life-cycle costing.
13. Kaming P. F.: Implementation of life cycle costing for a commercial building: case of a residential apartment at Yogyakarta, in MATEC Web of Conferences, 2017.
14. Boussabaine A. H., Kirkham R. J., Grew R. J.: Modelling total energy costs of sport centres, Facilities, vol. 17, no. 12/13, pp. 452-461, 1999.