

PREDVIĐANJE TROŠKOVA ODRŽAVANJA GRAĐEVINA

Obradović, Dino

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics in Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:145:096154>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-08**



Repository / Repozitorij:

[EFOS REPOSITORY - Repository of the Faculty of Economics in Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Ekonomski fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij Poslovna ekonomija; smjer Menadžment

Dino Obradović

PREDVIĐANJE TROŠKOVA ODRŽAVANJA GRAĐEVINA

Diplomski rad

Osijek, 2023.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Ekonomski fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij Poslovna ekonomija; smjer Menadžment

Dino Obradović

PREDVIĐANJE TROŠKOVA ODRŽAVANJA GRAĐEVINA

Diplomski rad

Kolegij: Operacijski menadžment

JMBAG: 0149204933

e-mail: dinoob0810@gmail.com

Mentor: izv. prof. dr. sc. Martina Briš Alić

Osijek, 2023.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Economics and Business in Osijek
Graduate Study Business Economics; Major: Management


Dino Obradović

PREDICTING MAINTENANCE COSTS OF BUILDINGS

Graduate paper

Osijek, 2023.

IZJAVA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI,
PRAVU PRIJENOSA INTELEKTUALNOG VLASNIŠTVA,
SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA
I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da je Ekonomski fakultet u Osijeku, bez naknade u vremenski i teritorijalno neograničenom opsegu, nositelj svih prava intelektualnoga vlasništva u odnosu na navedeni rad pod licencom *Creative Commons Imenovanje – Nekomercijalno – Dijeli pod istim uvjetima 3.0 Hrvatska*. 
3. Kojom izjavljujem da sam suglasan da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Ekonomskoga fakulteta u Osijeku, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti, NN 119/2022).
4. Izjavljujem da sam autor predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

Ime i prezime studenta: Dino Obradović

JMBAG: 0149204933

OIB: 44824291831

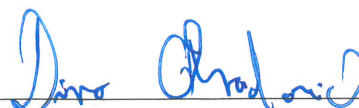
e-mail za kontakt: dinoob0810@gmail.com

Naziv studija: Sveučilišni diplomski studij Poslovna ekonomija; smjer Menadžment

Naslov rada: Predviđanje troškova održavanja građevina

Mentorica diplomskog rada: izv. prof. dr. sc. Martina Briš Alić

U Osijeku 2023. godine

Potpis 

Predgovor

Ovaj diplomski rad obrađuje problematiku održavanja građevina. Na primjeru građevine visokogradnje izrađen je te prikazan plan i program održavanja. Kada bi se za građevine izrađivao navedeni plan i program održavanja, bilo bi moguće planirati budžet za održavanje te bi time i sam postupak održavanja bio učinkovitiji.

Zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Martini Briš Alić na pomoći u izradi diplomskoga rada.

Najveća hvala mojoj obitelji koja me je ohrabivala, podupirala i uvijek vjerovala u mene.

Hvala svima koji su osigurali neophodne podatke te pomogli na bilo koji način.

Također, hvala svim mojim studentima. Hvala svima od kojih sam učio i od kojih još uvijek učim.

Predviđanje troškova održavanja građevina

SAŽETAK

Svaka građevina ima svoj životni vijek te pripadajuće faze u njemu. Faze u životnom ciklusu građevine su: definiranje potreba, planiranje i projektiranje, izgradnja, uporaba i održavanje te, na kraju, rušenje, uklanjanje i recikliranje. Već tijekom projektiranja potrebno je voditi računa o troškovima održavanja građevine jer se u fazi projektiranja na troškove održavanja može utjecati najlakše i uz najmanje troškove izmjena projekta. Budući da faza održavanja građevine traje najdulje, ona je jako važna. Kako bi korisnici građevine mogli na siguran način boraviti i koristiti građevinu, kako bi im bilo ugodno, kako bi građevina ispunjavala temeljne zahtjeve, mora se redovito i pravilno održavati. Održavanje građevine odnosi se na poduzimanje neophodnih radnji kako bi ista bila uporabljiva i kako bi se mogla koristiti tijekom svoga životnog vijeka. Međutim, redovito i pravilno održavanje nije moguće ako se u planiranom budžetu ne osiguraju dostatna novčana sredstva. Uobičajeno se sredstva za održavanje bilo koje vrste građevina ne planiraju, nego se održavanje provodi tek po pojavi neke pogreške, nedostatka ili kvara. Stoga, nema planiranja održavanja, a samim time nema ni planiranja troškova održavanja. Predviđanje troškova održavanja te izrada plana i programa održavanja izuzetno su važni. U ovom diplomskom radu na primjeru građevine visokogradnje izrađen je plan i program održavanja za petnaestogodišnje razdoblje. Definirani su troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda, troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata, troškovi periodičnih radova i popravaka, troškovi reaktivnoga održavanja i troškovi uporabe. Razdoblje za koje je izrađen plan i program održavanja jest od 2023. do 2038. godine. Provedena je analiza osjetljivosti s obzirom na promjenu diskontne stope i razdoblje analize.

Ključne riječi: održavanje građevina, plan održavanja, predviđanje, procjena, troškovi održavanja i uporabe

Predicting Maintenance Costs of Buildings

ABSTRACT

Each building has its own life cycle and its associated phases. The phases in the life cycle of a building are: definition of needs, planning and design, construction, use and maintenance, and finally, demolition, removal and recycling. It is necessary to take into account the maintenance costs of the building already in the design phase, because during this phase, the maintenance costs can be influenced most easily and with the lowest costs of design changes. Since the maintenance phase of the buildings is the longest, it is very important. The building must be regularly and properly maintained in order to enable its users to stay in and use the building in a safe way, to make it comfortable for them and in order for the building to meet the basic requirements. Building maintenance refers to undertaking the necessary activities so that the building is usable and so that it can remain usable throughout its life cycle. However, regular and proper maintenance is not possible unless sufficient funds are provided for that in the planned budget. Generally, the funds for maintenance of any kind of buildings are not planned; instead, maintenance is carried out only upon the occurrence of a defect, deficiency or failure. Therefore, there is no maintenance planning and there is thus likewise no maintenance cost planning. Predicting maintenance costs and drawing up a maintenance plan and schedule is important. In this thesis, a maintenance plan and schedule for a period of fifteen years was developed using the example of a high-rise building. Costs of statutory periodic inspections, costs of replacing worn materials and elements, costs of periodic works and repairs, costs of reactive maintenance and costs of use are defined in this paper. The period for which the maintenance plan and schedule was developed is from 2023 to 2038. Sensitivity analysis was performed with regard to change in the discount rate and the analysis period.

Keywords: building maintenance, maintenance plan, predicting, estimation, maintenance and operation costs

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	VIII
POPIS TABLICA.....	VIII
POPIS KRATICA I SIMBOLA	X
1. Uvod	1
2. Metodologija rada	3
2.1. Predmet istraživanja	3
2.2. Ciljevi istraživanja.....	3
2.3. Metode i postavke istraživanja.....	3
2.4. Struktura rada	4
3. Teorijska podloga i prethodna istraživanja	6
3.1. Regulatorna iz područja održavanja građevina	6
3.1.1. Zakonska regulatorna.....	6
3.1.2. Norme niza ISO 15686	7
3.2. Životni ciklus građevine i održavanje	8
3.3. Troškovi životnog ciklusa i održavanja građevine.....	10
3.4. Faktorska metoda	14
3.5. Metoda neto sadašnje vrijednosti	16
3.5.1. Diskontna stopa	18
3.6. Inflacija.....	20
3.7. Analiza osjetljivosti.....	23
3.8. Dosadašnja istraživanja o predviđanju i procjeni troškova održavanja građevina.....	25
4. Studija slučaja: tehnički opis analizirane građevine	33
4.1. Oblik, veličina i uređenje čestice	33
4.2. Namjena građevine i tlocrtna dispozicija	34
4.3. Funkcionalna organizacija prostora	35
4.4. Iskaz površina građevine.....	36
4.5. Nosiva konstrukcija i materijali gradnje	39
4.6. Instalacije	41
4.7. Projektirani vijek uporabe i uvjeti za uporabu i održavanje.....	43
5. Plan i program održavanja analizirane građevine	44
5.1. Troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda.....	45
5.2. Troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata	51
5.3. Troškovi periodičnih radova i popravaka.....	54

5.4. Troškovi reaktivnog održavanja.....	56
5.5. Troškovi uporabe.....	58
5.6. Usporedba ukupnih troškova i troškova svedenih na sadašnju vrijednost.....	61
5.6.1. Ukupni troškovi održavanja i uporabe.....	61
5.6.2. Ukupni troškovi svedeni na sadašnju vrijednost	63
5.7. Analiza osjetljivosti.....	64
5.8. Odnos kapitalnih troškova i troškova održavanja građevine	66
6. Rasprava	68
7. Zaključak.....	70
Popis literature	72
PRILOG 1 – Situacija.....	81
PRILOG 2 – Analiza faktorskom metodom.....	83
PRILOG 3 – Plan i program održavanja za 15 godina	85
PRILOG 4 – Analiza osjetljivosti – promjena diskontne stope.....	88
PRILOG 5 – Analiza osjetljivosti – promjena razdoblja analize.....	93

POPIS SLIKA

Slika 3.1. Životni ciklus građevine (prema [30], [34])	8
Slika 3.2. Propadanje i održavanje građevina kroz vrijeme [35]	9
Slika 3.3. Elementi ukupnih životnih troškova (WLC) i troškova životnog ciklusa (LCC) [30]	11
Slika 3.4. Troškovi upravljanja, održavanja i uporabe građevine [39]	12
Slika 3.5. Kategorije ukupnih troškova [39], [40]	13
Slika 3.6. Kretanje inflacije u Hrvatskoj mjerene CPI-om (izrada autora prema [63])	21
Slika 3.7. Kretanje temeljne inflacije u Hrvatskoj (izrada autora prema [65])	22
Slika 3.8. Točnost procjene troškova tijekom vremena (prema [84])	26
Slika 3.9. Mogućnost utjecaja na troškove projekta i rizik projekta (prema [83])	27
Slika 4.1. Položaj građevine na katastarskoj čestici [112]	33
Slika 4.2. Interna prometnica, popločenje pješačke staze i parkirališna mjesta	34
Slika 4.3. Pogled na sjeverno pročelje, glavni ulaz u školu i natkriveni trijem	35
Slika 4.4. Pogled na zapadno pročelje – dva učionička trakta	36
Slika 4.5. Parketni pod u sportskoj dvorani i krovni nosači od LLD-a	41
Slika 4.6. Zidni hidrant i aparat za gašenje požara u hodniku zgrade	42
Slika 4.7. Radijatori u zgradi	43
Slika 5.1. Protupanična rasvjeta u hodniku zgrade i na izlazu iz sportske dvorane	46
Slika 5.2. Protupožarno tipkalo postavljeno u vjetrobranu zgrade	46
Slika 5.3. Vanjski hidrant s jugozapadne strane zgrade	47
Slika 5.4. Grafički prikaz troškova zakonom propisanih periodičnih pregleda	50
Slika 5.5. Podna obloga od porculanskih pločica u hodniku zgrade i parketni pod u knjižnici	51
Slika 5.6. Stube obložene pločama kamenoga kompozita, željezna ograda i rukohvat	51
Slika 5.7. Umivaonici u svlačionici	52
Slika 5.8. Grafički prikaz zamjene istrošenih materijala i elemenata	54
Slika 5.9. Grafički prikaz troškova periodičnih radova i popravaka	56
Slika 5.10. Grafički prikaz troškova reaktivnoga održavanja	58
Slika 5.11. Grafički prikaz troškova uporabe	61
Slika 5.12. Ukupni troškovi održavanja po skupinama troškova za 15 godina	62
Slika 5.13. Prikaz udjela pojedinih skupina troškova u ukupnom trošku	62
Slika 5.14. Ukupna sadašnja vrijednost troškova održavanja po skupinama troškova za 15 godina	63
Slika 5.15. Prikaz udjela pojedinih skupina troškova u ukupnoj sadašnjoj vrijednosti troška 64	
Slika 5.16. Rezultati analize osjetljivosti – promjena diskontne stope za +/- 1 %	65
Slika 5.17. Rezultati analize osjetljivosti – promjena razdoblja analize za +/- 5 godina	66
Slika 5.18. Odnos troškova održavanja i uporabe i troškova izgradnje za 10, 15 i 20 godina 67	
Slika 5.19. Troškovi održavanja i uporabe za razdoblje od 15 godina te troškovi izgradnje ..	67

POPIS TABLICA

Tablica 3.1. Referentni uporabni vjekovi [45], [41]	14
Tablica 3.2. Popis popravnih faktora u faktorskoj metodi [31], [41]	15
Tablica 3.3. Kriterij za ocjenu isplativosti projekta [48] – [50].....	18
Tablica 3.4. Diskontna stopa i vremensko razdoblje (izrada autora prema [52])	19
Tablica 3.5. Sažeti kronološki prikaz istraživanja o modelima predviđanja i procjene troškova održavanja različitih vrsta građevina (prilagođeno prema [76]).....	32
Tablica 4.1. Podatci o površini i volumenu građevine (izrada autora prema [113])	36
Tablica 4.2. Iskaz površina škole [113]	37
Tablica 5.1. Troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda.....	49
Tablica 5.2. Troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata.....	52
Tablica 5.3. Troškovi periodičnih radova i popravaka	55
Tablica 5.4. Troškovi reaktivnoga održavanja.....	57
Tablica 5.5. Troškovi uporabe	60
Tablica 5.6. Ukupni troškovi održavanja građevine za 15 godina.....	61
Tablica 5.7. Ukupna sadašnja vrijednost troškova održavanja građevine za 15 godina.....	63
Tablica 5.8. Analiza osjetljivosti – promjena diskontne stope za +/- 1 %.....	65
Tablica 5.9. Analiza osjetljivosti – promjena razdoblja analize za +/- 5 godina.....	65
Tablica 5.10. Odnos troškova održavanja i kapitalnih troškova za promatrana tri razdoblja..	66

POPIS KRATICA I SIMBOLA

AB	armiranobetonsko
AHP	Analytic Hierarchy Process (hrv. analitičko-hijerarhijski proces)
AIJ	Architectural Institute of Japan (hrv. Japanski arhitektonski institut)
ANN	Artificial neural network (hrv. umjetna neuronska mreža)
CBA	Cost-Benefit Analysis (hrv. analiza koristi i troškova)
CBR	Case Based Reasoning (hrv. rasuđivanje temeljeno na slučajevima)
CPI	Consumer Price Index (hrv. indeks potrošačkih cijena)
d	debljina
DDD	dezinfekcija, dezinsekcija i deratizacija
DOF	digitalna ortofoto karta
engl.	engleski
E_{prim}	specifična godišnja primarna energija
ESB	Europska središnja banka (engl. European Central Bank, ECB)
ESL	Estimated service life (hrv. procijenjeni vijek trajanja materijala ili komponenti građevine)
ESLC	Estimated service life of a component (hrv. procijenjeni uporabni vijek elementa)
Ø	fi, promjer
FM	Facility Management (hrv. gospodarenje građevinama)
FV	Future value (hrv. konačna vrijednost glavnice)
GA	Genetic algorithm (hrv. genetski algoritam)
HICP	Harmonised Index of Consumer Prices (hrv. harmonizirani indeks potrošačkih cijena)
HNB	Hrvatska narodna banka
HRN	hrvatska norma
i	Nominal interest rate (hrv. nominalna kamatna stopa)

ICB	infracrvena baterijska
IPC	indeks proizvođačkih cijena; (engl. Producer price index, PPI)
I_0	početni novčani izdatak za projekt
IFMA	The International Facility Management Association (hrv. Međunarodna udruga stručnjaka za gospodarenje građevinama)
ISO	International Organization for Standardization (hrv. Međunarodna organizacija za normiranje)
KPI	Key performance indicators (hrv. ključni pokazatelji uspješnosti)
LCC	Life cycle cost (hrv. troškovi životnoga ciklusa)
LED	Light Emitting Diode (hrv. svjetleća dioda)
LLD	lijepljeno lamelirano drvo
n	broj kamatnih razdoblja
NKP	neto korisna površina
NN	Narodne novine
NPV	Net present value (hrv. neto sadašnja vrijednost)
NSV	neto sadašnja vrijednost
P	opća razina cijena
PE	Polyethylene (hrv. polietilen)
π	Inflation rate (hrv. stopa inflacije)
$1/P$	vrijednost novca
PPI	Producer price index (hrv. indeks proizvođačkih cijena)
PV	Present value (hrv. početna vrijednost glavnice)
PVC	poli(vinil-klorid), <i>plastika</i>
$Q''_{H,nd}$	specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje
r	Real interest rate (hrv. realna kamatna stopa)
RSL	Reference service life (hrv. referentni vijek trajanja materijala ili komponente građevine)

RSLC	Reference service life of a component (hrv. referentni uporabni vijek elementa)
r.š.	razvijena širina
SA	Sensitivity analysis (hrv. analiza osjetljivosti)
SAD	Sjedinjene Američke Države
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (hrv. statistički paket za društvene znanosti)
š	širina
TPV	topla potrošna voda
UPOV	uređaj za pročišćavanje otpadnih voda
VRF	Variable refrigerant volume (hrv. varijabilni volumen radne tvari)
WLC	Whole life cost (hrv. ukupni životni trošak)

1. Uvod

Održavanje tek u novije vrijeme dobiva zasluženu važnost. Tako je do sredine 60-ih godina mnogo investitora donosilo investicijske odluke isključivo na temelju kapitalnih troškova. Tada je za to postojalo mnogo opravdanih razloga. Oni koji su osigurali kapital često nisu bili odgovorni za kasnije operativne troškove i troškove rušenja. Neki investitori, posebno u javnom sektoru, imali su zasebne račune kapitalnih i tekućih izdataka. Za njih je prioritet bila izgradnja objekata uz minimalne kapitalne troškove, u nadi da će kasnije pronaći novac za pokrivanje svih operativnih troškova i troškova održavanja koji bi se mogli pojaviti. Neki nisu uspjeli shvatiti važnost ukupnih troškova životnoga ciklusa, dok su ih drugi odlučili jednostavno zanemariti [1].

Svaka građevina zahtijeva određene financijske resurse za izgradnju. Cijena građevine obuhvaća sve troškove koji se javljaju kako bi se građevina završila. Uobičajeno se cijena u ugovoru izražava jedinicom mjere ili po m² neto površine građevine koja se gradi. Tijekom investicije dolazi do različitih poremećaja koji uzrokuju promjenu cijene iste, i to iz dvaju razloga:

- podbačaj ili prebačaj cijene uslijed netočnih ulaznih podataka koji na nju utječu
- promjena na tržištu tijekom trajanja investicije [2].

Bilo koji od dvaju navedenih uzroka zahtijeva stalnu kontrolu i korigiranje cijene, čime se cijena približava konačnoj. Kako se izgradnja građevine sastoji od velikoga broja aktivnosti, tako se i ukupna cijena sastoji od zbroja cijena svih tih aktivnosti [2]. Također, održavanje se sastoji od većega broja aktivnosti različitih vrsta čijim se zbrojem dolazi do ukupnoga troška održavanja određene građevine.

O važnosti održavanja, odnosno o visokim troškovima održavanja, govore i sljedeći podatci. Proračun za izgradnju korišten za pregled, održavanje ili popravak oštećenih građevina u SAD-u procjenjuje se na 18 do 21 milijardu dolara godišnje. Procjenjuje se da se gotovo 50 % građevinskoga budžeta godišnje u Europi koristi za popravke, u što ulazi i održavanje [3], [4]. U Ujedinjenom Kraljevstvu radovi održavanja generiraju skoro 50 % proizvodnje u njihovoj građevinskoj industriji [5]. U Ujedinjenom Kraljevstvu ono sudjeluje s više od 5 % bruto domaćega proizvoda, što bi značilo preko 30 bilijuna funti godišnje [6].

Upravljanje održavanjem zgrada oduvijek se smatralo *Pepeljgom* građevinske industrije i nikada nije bilo prepoznato samo po sebi [5], [7], [8]. Oduvijek se promatralo i provodilo kao dio druge funkcije ili discipline, tj. arhitekata, geodeta, inženjera ili, u novije vrijeme, upravitelja objekata [7]. Održavanje je velik posao te se njime mora pravilno upravljati [7].

Kada se govori o upravljanju održavanjem zgrada, potrebno je ukazati na pojam gospodarenje građevinama (engl. Facility Management, FM). Prema IFMA-i (International Facility Management Association, Međunarodna udruga stručnjaka za gospodarenje građevinama) gospodarenje građevinama organizacijska je funkcija koja integrira ljude, mjesta i procese unutar izgrađenoga prostora sa svrhom poboljšanja kvalitete života ljudi i produktivnosti osnovne djelatnosti [9], [10].

Upravitelji objekata imaju različite zadatke kao što su poslovi poput održavanja čistoće, sigurnosti, upravljanja i održavanja zemljišta, odgovaranje na hitne slučajeve i katastrofe te ublažavanje posljedica na iste, planiranje održivosti, upravljanje projektima i tijekomima kapitala, upravljanje nekretninama [9], općenito održavanje zgrada i sl.

Općenito govoreći, FM se može shvatiti kao generalizirano upravljanje zgradama koje je međusobno povezano s poslovima koji se odvijaju u zgradama svaki dan. Ono uključuje razna dugoročna planiranja, strategije te se usmjerava na svoje korisnike [11].

Također, održavanje građevina treba promatrati u više konteksta, kao što su:

- politički
- ekonomski
- društveni
- tehnološki
- okolišni [12].

Svaki od navedenih pet konteksta ima utjecaj na mogućnosti održavanja, kao i na troškove održavanja.

U ovom će se diplomskom radu uporabom različitih metoda, kao što su faktorska metoda, metoda neto sadašnje vrijednosti i analiza osjetljivosti, prikazati važnost troškova održavanja i uporabe. Izradit će se plan i program održavanja građevine visokogradnje za razdoblje od 15 godina.

2. Metodologija rada

2.1. Predmet istraživanja

Predmet su istraživanja ovoga diplomskog rada metode procjene i predviđanja troškova održavanja građevina. Dan je pregled dosadašnjih istraživanja o predviđanju troškova održavanja građevina. Literatura koja obrađuje problematiku održavanja građevina većinom je teorijske prirode te nedostaje stvarnih podataka o troškovima održavanja i uporabe građevina, stoga će se u radu istražiti i prikazati troškovi održavanja i uporabe građevine visokogradnje za razdoblje od 15 godina.

2.2. Ciljevi istraživanja

Cilj je provedenoga istraživanja u teorijskom dijelu ukazati na važnost redovitoga i pravilnoga održavanja građevina, odnosno na planiranje aktivnosti održavanja. Također, važno je planirati novčana sredstva za održavanje kako se ne bi dogodilo da ona nedostaju te da se građevina ne može održavati, a da korisnici ne mogu koristiti građevinu.

Ciljevi ovoga diplomskog rada su:

- ukazati na važnost održavanja građevina
- prikazati dosadašnja istraživanja o modelima predviđanja troškova održavanja
- odrediti troškove uporabe za promatranu građevinu
- odrediti troškove održavanja za promatranu građevinu
- prikazati koliki udio imaju troškovi održavanja i uporabe u odnosu na kapitalne troškove
- prepoznati važnost planiranja troškova održavanja i uporabe.

2.3. Metode i postavke istraživanja

Kako bi se izradio diplomski rad, prvotno je napravljen pregled dostupne literature o održavanju građevina, troškovima održavanja te modelima procjene i predviđanja troškova održavanja. U teorijskom dijelu korištena je metoda klasifikacije radi preglednosti i reda u diplomskom radu. Također, korištena je deduktivna metoda gdje se od općih znanja spoznavalo ono posebno i pojedinačno. U sklopu navedene deduktivne metode korištena je i metoda

analize. U praktičnom dijelu rada analizirani su troškovi održavanja i uporabe po svakoj pojedinačnoj stavci, odnosno cjelovito se rastavilo na sastavne dijelove.

2.4. Struktura rada

Struktura diplomskoga rada oblikovana je prema *Uputama za pisanje seminarskih, završnih, diplomskih, specijalističkih i doktorskih radova* Ekonomskoga fakulteta u Osijeku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. U radu se nalaze stručni pojmovi koji se uobičajeno koriste i poznati su u svom izvornom obliku na stranom jeziku, obično engleskome, oni su zadani u tom obliku, ali je također ponuđen i prijevod na hrvatski jezik.

Diplomski se rad sastoji od predgovora, sažetka i ključnih riječi na hrvatskom i engleskom jeziku, sadržaja, popisa slika i popisa tablica, popisa kratica i simbola, glavnoga teksta te, na kraju, popisa korištene literature i priloga. Glavni tekst diplomskoga rada podijeljen je u sedam poglavlja.

U prvom poglavlju dan je uvod o važnosti održavanja građevina te općenito o problematici koja se obrađuje u radu.

U drugom poglavlju prikazan je predmet istraživanja, navedeni su ciljevi istraživanja, metode i postavke istraživanja te je opisana struktura diplomskoga rada

Budući da je treće poglavlje složeno, obuhvaća mnogo tema i sadrži teorijsku podlogu rada, ono se sastoji od najvećega broja potpoglavlja. Poglavlje, između ostaloga, sadrži pregled dosadašnjih saznanja o održavanju građevina i troškovima održavanja građevina. Stavljen je fokus na pregled postojeće literature koja obrađuje prethodno navedenu tematiku. Dan je pregled osnovne zakonske regulative u području održavanja građevina te su navedene norme koje se odnose na planiranje uporabnoga vijeka građevina. Prikazan je životni ciklus građevine, teorijski prikazana faktorska metoda, metoda neto sadašnje vrijednosti s osvrtom na diskontnu stopu. Također, objašnjen je pojam inflacije i kretanje stope inflacije u Republici Hrvatskoj.

Četvrto poglavlje prikazuje studiju slučaja: dan je tehnički opis analizirane građevine, smještaj građevine u prostoru i na katastarskoj čestici, funkcionalna organizacija prostora, iskaz površina građevine. Kratko su opisani nosiva konstrukcija, materijali gradnje, instalacije u građevini te su prikazane fotografije analizirane građevine. Dani su osnovni podatci o broju zaposlenika i učenika u školi.

U petom poglavlju prikazan je plan i program održavanja promatrane građevine. Izračunati su troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda, troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata, troškovi periodičnih radova i popravaka, troškovi reaktivnoga održavanja i troškovi uporabe. Određeni elementi, kao što su protupanična rasvjeta, protupožarna tipkala, vanjski hidrant, različite podne obloge, stubište u građevini te sanitarije, prikazani su fotografijama. Napravljena je usporedba ukupnih troškova održavanja i ukupnih troškova održavanja svedenih na sadašnju vrijednost te analiza osjetljivosti. Također je prikazan odnos troškova održavanja i uporabe i kapitalnih troškova za analizirano razdoblje.

Šesto je poglavlje rasprava gdje su komentirane dobivene vrijednosti troškova održavanja, vrijednosti dobivene analizom osjetljivosti te odnos troškova održavanja i uporabe i kapitalnih troškova.

U sedmom poglavlju dani su zaključci rada s obzirom na sve izloženo. Ukazano je na važnost održavanja građevine.

Na kraju rada nalazi se popis korištene literature u pisanju diplomskoga rada.

3. Teorijska podloga i prethodna istraživanja

3.1. Regulatorna iz područja održavanja građevina

3.1.1. Zakonska regulatorna

Regulatorna koja je potrebna i koju je potrebno koristiti u poslovima održavanja građevina ima mnogo. U nastavku će se navesti samo osnovna.

Osnovna zakonska regulatorna koja obuhvaća pojmove održavanja građevine, propisuje postupak i način održavanja te novčane kazne u slučaju neodržavanja jest sljedeća:

- *Zakon o gradnji* (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19) [13]
- *Pravilnik o održavanju građevina* (NN 122/14, 98/19) [14]
- *Uredba o održavanju zgrada* (NN 64/97) [15].

Članak 3. *Zakona o gradnji* (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19) navodi: „Održavanje građevine je izvedba građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini radi očuvanja temeljnih zahtjeva za građevinu tijekom njezina trajanja, kojima se ne mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena.“ Nadalje članci 150., 151. i 152. *Zakona o gradnji* govore o održavanju građevine. Tako, članak 150. *Zakona o gradnji* navodi da je „vlasnik građevine odgovoran za njezino održavanje“ [13].

U članku 8. *Pravilnika o održavanju građevina* (NN 122/14, 98/19) navedeno je što se podrazumijeva pod pojmom održavanje građevina [14].

Uredbom o održavanju zgrada (NN 64/97) „uređuju se pitanja namjene sredstava zajedničke pričuve radi održavanja zgrada u suvlasništvu, vrste i način poduzimanja hitnih i nužnih popravaka na zgradama i pitanja u svezi dostavljanja podataka o stanovima“ [15].

Ostali zakonski propisi relevantni za poslove održavanja su:

- *Zakon o zaštiti na radu* (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18) [16]
- *Zakon o vlasništvu i drugim stvarnim pravima* – pročišćeni tekst zakona (91/96, 68/98, 137/99, 22/00, 73/00, 129/00, 114/01, 79/06, 141/06, 146/08, 38/09, 153/09, 143/12, 152/14, 81/15, 94/17) [17]
- *Zakon o zaštiti od požara* (NN 92/10, 114/22) [18]
- *Pravilnik o sigurnosti strojeva* (NN 28/11) [19]

- *Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša* (NN 16/16, 120/22) [20]
- *Pravilnik o sigurnosti dizala u uporabi* (NN 5/19) [21]
- *Pravilnik o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom visoke razine opasnosti* (NN 75/20) [22]
- *Pravilnik o opremi i zaštitnim sustavima namijenjenim za uporabu u potencijalno eksplozivnim atmosferama* (NN 33/16) [23]
- *Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju* (NN 88/17, 90/20, 01/21, 45/21) [24]
- *Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara* (NN 44/12, 98/21, 89/22) [25].

Naravno, ima još zakonskih i podzakonskih propisa koji se primjenjuju u poslovima održavanja građevina, međutim ovdje je navedena samo osnova. Osim prethodno navedenih postoje i različiti tehnički propisi.

3.1.2. Norme niza ISO 15686

Međunarodna organizacija za normizaciju (International Organization for Standardization, ISO) međunarodno je tijelo zaduženo za donošenje normi [26]. Navedena organizacije donijela je određene norme koje koriste održavatelji – to su norme niza ISO 15686, a samo su određene usvojene kao hrvatske norme.

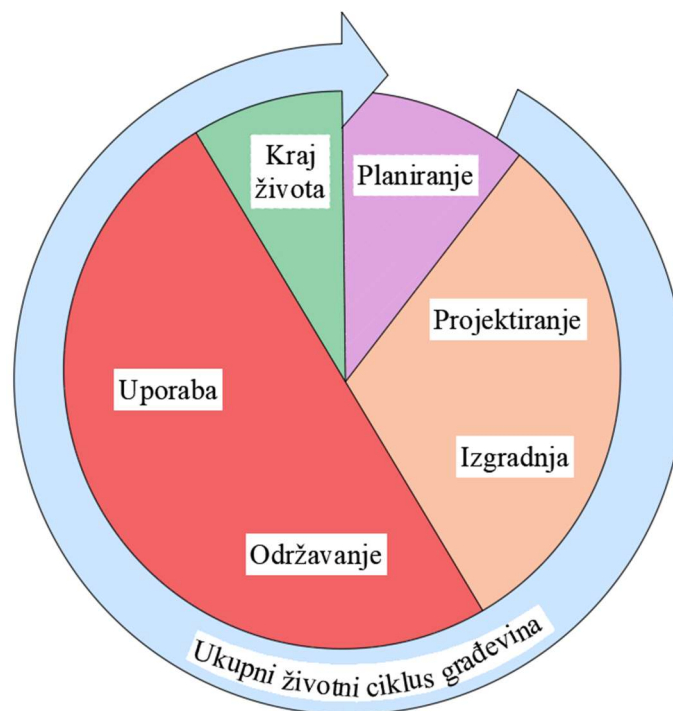
Kao hrvatske norme niza ISO 15686 usvojene su sljedeće [27]–[31]:

- HRN ISO 15686-1:2011 *Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 1. dio: Opća načela i okvir* [27]
- HRN ISO 15686-2:2013 *Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 2. dio: Postupci predviđanja vijeka uporabe* [28]
- HRN ISO 15686-3:2004 *Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 3. dio: Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava* [29]
- HRN ISO 15686-5:2009 *Građevine – Planiranje uporabnog vijeka – 5. dio: Trošak životnog ciklusa* [30]
- HRN ISO 15686-8:2009 *Građevine – Planiranje uporabnog vijeka – 8. dio: Referentni uporabni vijek i njegova procjena* [31].

3.2. Životni ciklus građevine i održavanje

Životni ciklus građevine sastoji se od nekoliko faza. Prva je faza javljanje potrebe za izgradnjom građevine. Nakon toga se pristupa fazi planiranja i projektiranja građevine pa se građevina gradi. Faza planiranja ima jako velik utjecaj na uspješnost kasnije realizacije projekta [32]. Nakon što je građevina izgrađena, ishodi se uporabna dozvola i građevina se može početi koristiti. Ta faza zahvaća najdulje vremensko razdoblje, ovisno o tome radi li se o obiteljskoj kući (gdje uporabni vijek može biti 50 godina) ili o mostu za koji uporabni vijek može biti 80 do 100 godina. Faza održavanja građevine u životnom ciklusu iste traje najdulje pa čak i ako se trajanje svih faza koje prethode uporabi i održavanju zbroji s fazom rušenja. Održavanje i uporaba građevine važna je faza te je potrebno voditi računa o pravilnom i redovitom održavanju.

Održavanje je proces kojim se osigurava da zgrade i druga imovina zadrže dobar izgled i rade s optimalnom učinkovitošću. Neprimjereno održavanje može rezultirati propadanjem, degradacijom i smanjenom učinkovitošću te može utjecati na zdravlje i ugroziti sigurnost korisnika, stanara i drugih u blizini [33]. Najkraća definicija održavanja bila bi da je održavanje građevine osiguranje da građevina bude prikladna za uporabu. Ukupni životni ciklus građevine može se jednostavno prikazati slikom 3.1.



Slika 3.1. Životni ciklus građevine (prema [30], [34])

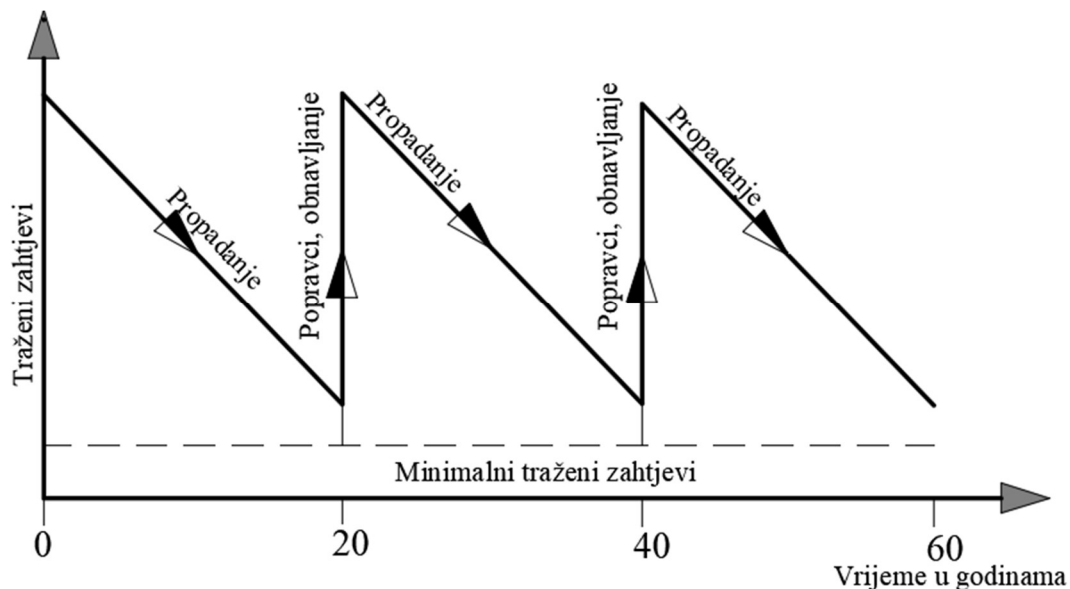
Uobičajeno trajanje pojedinih faza u životnom ciklusu građevine:

- definiranje potreba – 1 godina
- razdoblje planiranja i projektiranja – 2 godine
- razdoblje izgradnje – 1 do 2 godine
- početak uporabe – 1 godina
- razdoblje uporabe – 30 do 50 godina
- Rušenje, uklanjanje i recikliranje – 1 godina [35].

Ovisno o dizajnu, kvaliteti materijala i izrade, funkciji i položaju, zgrade propadaju različitim brzinama i zahtijevaju različite razine pažnje. Nijedna zgrada nikada neće biti bez održavanja, ali kvaliteta dizajna i izrade može minimalizirati potrebnu razinu održavanja [33].

Ako bi se željelo pojednostaviti proces održavanja, onda bi se ono moglo promatrati kao periodično propadanje i periodično obnavljanje građevina u određenim vremenskim razdobljima [35].

Svaka građevina propada s vremenom te kada se uopće ne bi održavala, više ne bi ispunjavala tražene zahtjeve. Tada nastupa održavanje te se popravcima i obnavljanjem ponovno uspostavlja određena tražena razina zahtjeva koje građevina treba ispuniti. Navedeno je prikazano na slici 3.2.



Slika 3.2. Propadanje i održavanje građevina kroz vrijeme [35]

Nakon etape uporabe zgrada se ruši. Pri rušenju zgrade stvara se mnogostruko više otpada, troši se veća količina energije u odnosu na obnovu. Stoga se pri odlučivanju o načinu završetka životnoga ciklusa građevine treba dati prednost obnovi [36].

Komponente pravilnoga održavanja građevine:

- tehnološki napredak u potpunosti istražen i korišten
- vrlo osjetljivo, fino podešeno, pojedinačni korisnici imaju kontrolu
- zeleno je, niska potrošnja energije, pogodnost za okoliš
- inteligentno usmjereno na kupca, ne nužno automatizirano, prilagođeno
- uporaba komponenti za višekratnu upotrebu, standardizirani sustavi, metode i materijali [12].

Održavanje može pomoći:

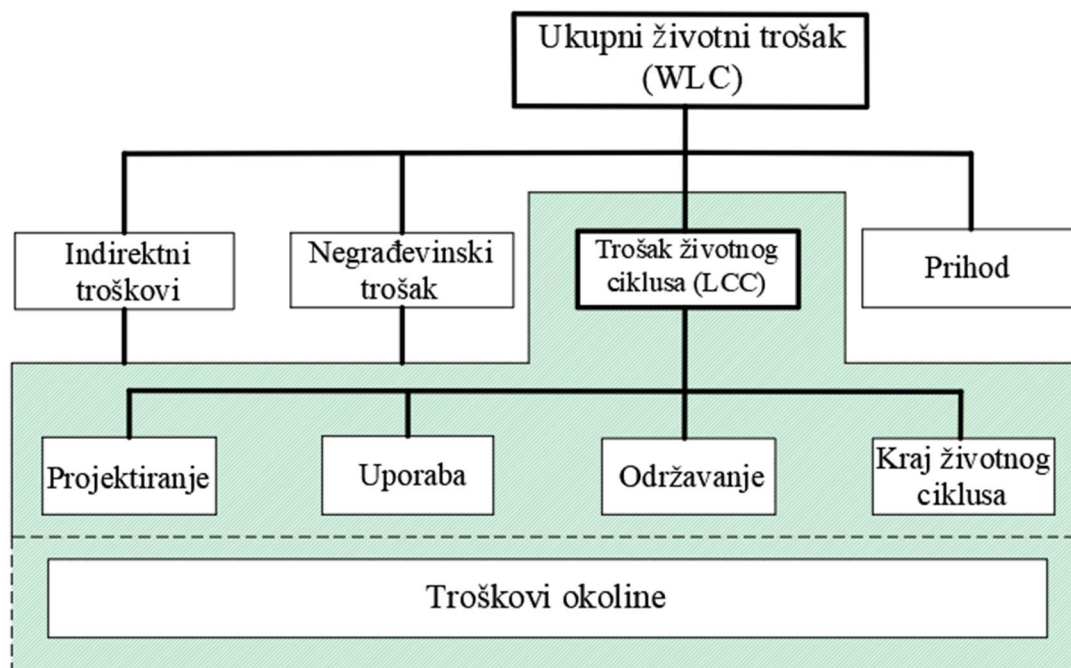
- spriječiti proces truljenja i degradacije
- održati strukturnu stabilnost i sigurnost
- spriječiti nepotrebnu štetu od vremenskih prilika ili uporabe
- optimizirati performanse
- pomoći u informiranju o planovima za renoviranje, preuređenje, naknadno opremanje ili nove zgrade
- utvrditi uzroke nedostataka i tako spriječiti ponovno pojavljivanje ili ponavljanje
- osigurati stalnu usklađenost sa zakonskim zahtjevima [33].

3.3. Troškovi životnog ciklusa i održavanja građevine

Utvrdjivanje troškova životnoga ciklusa (engl. Life Cycle Costing) proces je ekonomske analize s ciljem procjene ukupnih životnih troškova od nabave, preko troškova uporabe tijekom cijeloga životnog vijeka, uključujući i troškove zbrinjavanja. Ova analiza osigurava bitne podatke u tijeku donošenja odluka vezanih za projektiranje, razvoj, uporabu i zbrinjavanje [37].

Definiciju i procjenu ukupnih troškova građevine daje niz normi HRN ISO 15686, a detaljno je opisana u petom dijelu normi HRN ISO 15686 naziva *Građevine – Planiranje uporabnog vijeka – 5. dio: Trošak životnog ciklusa*. Navedena norma omogućuju usporednu procjenu troškova tijekom definiranoga vremenskog trajanja građevine [26], [38].

Kako je prikazano na slici 3.3., norma ISO 15686-5:2009 razlikuje ukupne životne troškove i troškove životnoga ciklusa.



Slika 3.3. Elementi ukupnih životnih troškova (WLC) i troškova životnog ciklusa (LCC) [30]

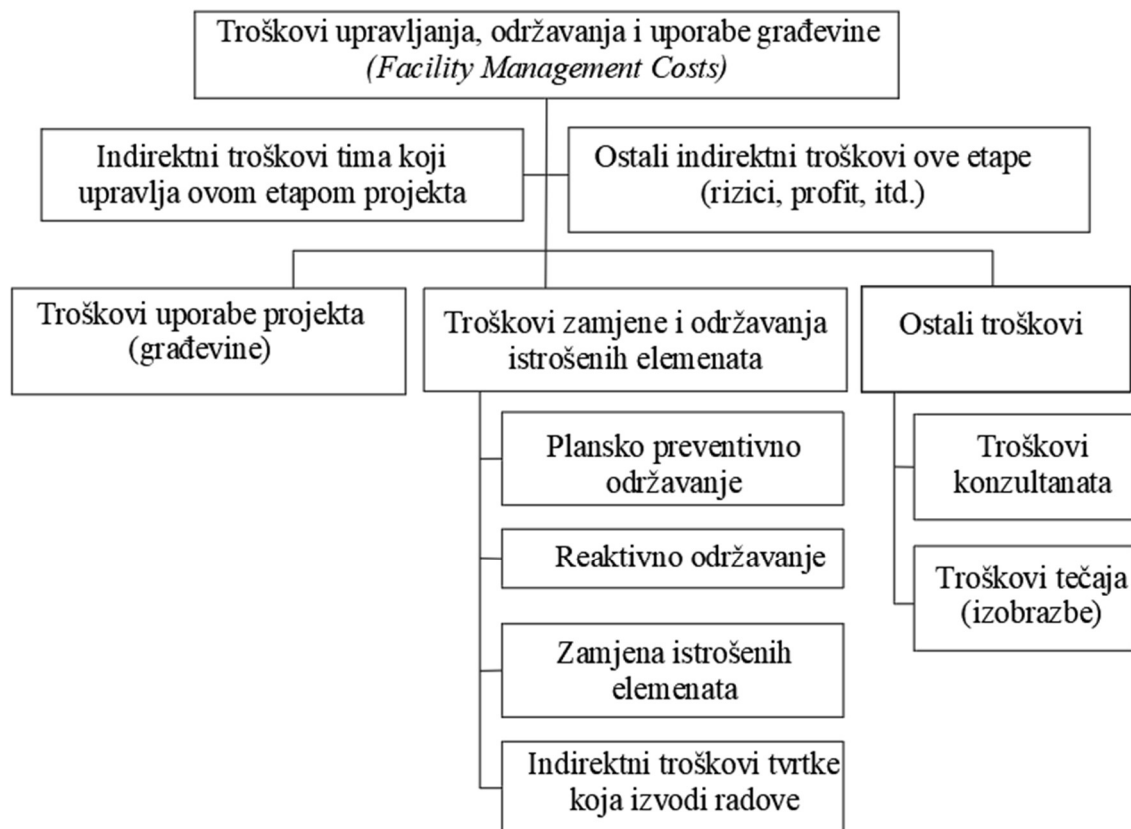
Norme, određujući trošak životnoga vijeka građevine, definiraju da taj trošak obuhvaća sve životne faze od koncipiranja, definiranja, izvođenja, uporabe, do održavanja i uklanjanja građevine. U obzir se uzimaju svi čimbenici koji imaju utjecaja kako na početne kapitalne troškove, tako i na buduće operative troškove građevine [26], [38].

Trošak životnoga ciklusa (LCC) trošak je imovine ili njezinih dijelova tijekom njezinoga životnog ciklusa, uz ispunjavanje zahtjeva izvedbe [30].

Ukupni su životni trošak (WLC) svi značajni i relevantni inicijalni i budući troškovi imovine, kao i koristi od imovine, tijekom njezinoga životnog ciklusa, dok ispunjava zahtjeve izvedbe [30].

U troškove navedene faze ubrajaju se svi troškovi koji su potrebni za uporabu, održavanje i logističku potporu građevine, tijekom cijeloga njezinog vijeka uporabe te potrebni indirektni troškovi za upravljanje ovom fazom [39].

Na slici 3.4. prikazana je cjelovita struktura troškova upravljanja, održavanja i uporabe građevine.



Slika 3.4. Troškovi upravljanja, održavanja i uporabe građevine [39]

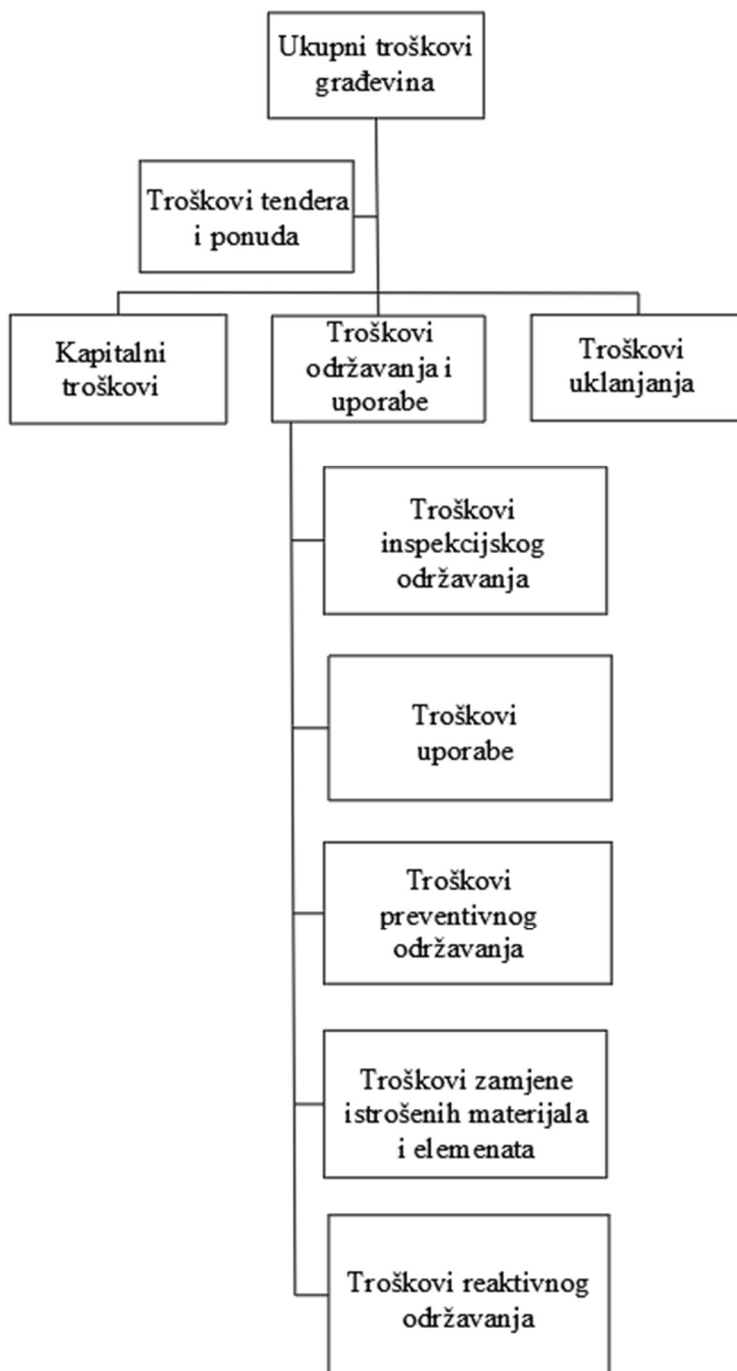
Preventivno je održavanje takvo održavanje gdje se kvar sprječava pravovremenom zamjenom [37] elementa ili dijela građevine, a kod takvoga načina održavanja bitno je obavljanje radova prema utvrđenom planu i s rokovima prije pojave samoga otkazivanja sustava [26].

Korektivno održavanje takvo je održavanje koje se izvodi nakon otkrivanja greške, s ciljem dovođenja određenoga elementa u stanje u kojem može obavljati zahtijevanu funkciju i takvo održavanje može biti vrlo skupo [26].

U ovom radu troškovi održavanja bit će svrstani u pet kategorija:

- troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda
- troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata
- troškovi periodičnih radova i popravaka
- troškovi reaktivnoga održavanja
- troškovi uporabe [39], [40].

Navedena kategorizacija troškova prikazana je na slici 3.5.



Slika 3.5. Kategorije ukupnih troškova [39], [40]

Svaka od pet kategorija troškova bit će kratko objašnjena i prezentirana u praktičnom dijelu diplomskoga rada, gdje će troškovi biti izračunati te prikazani tablično. Također, svaka od pet prikazanih kategorija troškova održavanja sastoji se od većeg skupa aktivnosti troškova održavanja. Količina aktivnosti ovisi, između ostaloga, o vrsti građevine koje se analizira. U ovom potpoglavlju neće se dalje prikazivati svaka kategorija troškova.

3.4. Faktorska metoda

Faktorska je metoda računaska metoda koja se koristi za procjenu uporabnoga vijeka (engl. Estimated service life, ESL) nekoga elementa ili sklopa u određenim uvjetima [26], [31], [41]. Faktorska metoda inicijalno potječe iz Japana, točnije iz Japanskoga arhitektonskog instituta (engl. Architectural Institute of Japan, AIJ) [31], [42], [43], iz 1989. godine [42]. Ona modificira referentni uporabni vijek (engl. Reference service life, RSL) uporabom popravnih faktora za određeni element ili sklop uzimajući u obzir razlike između pojedine građevine kao i razlike između određenih uporabnih uvjeta [41]. To je najpoznatija metoda koja je prvi put objavljena 2000. godine u ISO 15686. Prema faktorskoj metodi sedam popravnih faktora treba uzeti u obzir za predviđanje životnoga vijeka komponenti [44].

Podatci za referentni uporabni vijek informacije su koje uključuju referentni vijek trajanja elementa ili komponente građevine i sve kvalitativne ili kvantitativne podatke kojima se opisuje valjanost toga referentnog vijeka [26]. Referentni uporabni vjekovi nekih građevnih materijala i od njih izrađenih elemenata mogu se pronaći u tablici koja se nalazi u publikaciji *Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten, Info-Blatt Nr. 4.2* [45] (hrv. *Životni vijek komponenti i sastavnih dijelova, Informativni list br. 4.2*) koju je izdao Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung Geschäftsstelle (hrv. Savezni ured za graditeljstvo i prostorno planiranje).

Primjer, odnosno jedan dio tablice u kojem su dani referentni uporabni vjekovi za određene građevne elemente, dijelove ili obloge prikazan je tablicom 3.1.

Tablica 3.1. Referentni uporabni vjekovi [45], [41]

Građevni element/dio/obloga	Očekivani raspon uporabnog vijeka u godinama	Srednja vrijednost uporabnog vijeka u godinama
Stube, gazišta – prirodni kamen, tvrdi, vani/unutra	80 – 150	100
Obloga zidova, prozorske klupčice – keramika, pločice, umjetni kamen	60 – 80	70
Vanjska vrata, prozori – dovratnici/krila – tvrdo drvo, aluminij	40 – 60	50
Podne obloge, unutra – tvrdo drvo, keramika	50 – 70	60
Cinčani lim – prozorske klupčice, vani	20 – 30	25
Brave na vratima	20 – 30	25
Podne obloge, unutra – PVC, linoleum	15 – 25	20

U ovom radu koristit će se navedeni referentni uporabni vijekovi prema prethodno navedenoj literaturi [45] i prema literaturi [41] u kojoj je ponuđen prijevod s njemačkoga jezika.

Budući da se navedena metoda temelji na vrijednostima referentnoga uporabnog vijeka, vrlo je važno uzimati točne i pouzdane vrijednosti. Nije potrebno uzimati sve elemente, već samo one koje projektni tim i vlasnik odredi kao kritične za uporabu građevine i za cijenu iste [26].

Izraz za izračun procijenjenoga uporabnog vijeka elementa (engl. Estimated service life of a component, ESLC) glasi [26], [31]:

$$ESLC = RSLC * A * B * C * D * E * F * G \quad (3.1)$$

Gdje su:

- ESLC (od engl. Estimated service life of a component, procijenjeni uporabni vijek elementa)
- RSLC (od engl. Reference service life of a component, referentni uporabni vijek elementa)
- A do G – popravni faktori.

Vrijednost koja se dobije je u godinama.

Popis popravnih faktora prikazan je u tablici 3.2.

Tablica 3.2. Popis popravnih faktora u faktorskoj metodi [31], [41]

Faktor	Značenje faktora
A	unutarnja razina izvedbe (kvaliteta elementa)
B	razina projekta
C	razina izvedbe
D	unutarnji okoliš
E	vanjski okoliš
F	uporabni uvjeti
G	razina održavanja

Opis za svaki od faktora (A do G) jest sljedeći:

Faktor A – Ovaj faktor predstavlja stupanj kvalitete isporučena elementa na gradilište, odnosno predstavlja mjeru kvalitete projekta samoga elementa.

Faktor B – Ovaj faktor odražava montažu elementa u zgradi, a temelji se na tome predviđa li projekt zgrade montažu elementa s iznadprosječnom zaštitom na učinak uzročnika ili ih izlaže njima.

Faktor C – prikazuje razinu osposobljenosti i vjerojatnu kontrolu izvedbe.

Faktor D – Ovaj faktor označava ocjenu okoliša, izlaganje uzročnicima degradacije i njihovoj žestini.

Faktor E – Ovaj faktor može se prikladno ocijeniti na mezorazini i na lokalnoj razini, no potrebno je uzeti u obzir i mikrookoliš.

Faktor F – odražava učinak uporabe zgrade.

Faktor G – uzima u obzir planiranu razinu održavanja, dostupnost elemenata i stručnost pri čišćenju i održavanju elemenata [31], [41].

Faktori A, B i C odnose se na svojstvene odrednice kvalitete materijala i elemenata, faktori D i E odnose se na okoliš, a faktori F i G na uvjete pogona [31], [41].

Faktori koji djeluju negativno ili povećavaju učinak ne smiju se udvostručavati. Svaki faktor predstavlja odstupanje od pretpostavljenih uporabnih uvjeta. To može uzrokovati da procjena uporabnoga vijeka bude neopravdano oprezna [31], [41]. Kod odabira vrijednosti faktora preferira se da one budu od 0,8 do 1,2, a još više se teži da faktori budu iz intervala od 0,9 do 1,1 [31]. Faktori veći od 1 produljuju procijenjeni uporabni vijek, dok ga faktori manji od 1 skraćuju.

3.5. Metoda neto sadašnje vrijednosti

Neto sadašnja vrijednost (engl. Net present value, NPV) razlika je između sadašnje vrijednosti novčanih priljeva i sadašnje vrijednosti novčanih odljeva tijekom određenoga vremenskog razdoblja. NPV se koristi u ocjeni isplativosti ulaganja i planiranju ulaganja za analizu isplativosti predviđenoga ulaganja ili projekta [46]. Koncept sadašnje vrijednosti temelji se na vremenskoj vrijednosti novca, odnosno na ideji da više vrijedi novac koji se primi danas nego onaj koji se primi u budućnosti [47].

Navedena je metoda osobito pogodna u građevinskim projektima koji su dugotrajni i vremenska vrijednost novca ima posebnu ulogu jer se tom metodom buduća vrijednost novca svodi na sadašnju vrijednost. U sadašnjosti korist, trošak i šteta imaju veću vrijednost nego u

budućnosti. Postupak svođenja buduće vrijednosti novca na sadašnju vrijednost nazive se diskontiranje [48]. Što se upotrebljava veća diskontna stopa, to će rezultirati manjom sadašnjom vrijednošću. Zbog toga će ulagatelj biti zainteresiran ulagati po nižoj cijeni [47].

Buduća vrijednost određuje se prema izrazu [49]:

$$FV = PV * (1 + r)^n \quad (3.2)$$

Gdje su:

- FV (engl. Future value), konačna vrijednost glavnice
- PV (engl. Present value), početna vrijednost glavnice
- r – kamatna stopa
- n – broj kamatnih razdoblja.

Sadašnja vrijednost određuje se prema izrazu [48]–[51]:

$$PV = \frac{FV}{(1 + r)^n} \quad (3.3)$$

U navedenom izrazu r mijenja značenje te postaje diskontna stopa [49].

Gdje su:

- PV (engl. Present value), početna vrijednost glavnice
- FV (engl. Future value), konačna vrijednost glavnice
- r – diskontna stopa
- n – broj kamatnih razdoblja.

U slučaju vrednovanja projekta početna vrijednost glavnice naziva se sadašnja vrijednost, a konačna vrijednost glavnice naziva se buduća vrijednost [49].

Neto sadašnja vrijednost investicije sadašnja je vrijednost neto tokova novca umanjena za početni izdatak novca projekta [51].

Napisano u obliku jednadžbe prethodno navedeno glasilo bi [49]:

$$NPV = PV - I_0 \quad (3.4)$$

Gdje su:

- NPV (engl. Net present value), neto sadašnja vrijednost projekta
- PV (engl. Present value), sadašnja vrijednost projekta
- I_0 – početni novčani izdatak za projekt.

Iznos NSV može poprimiti različite vrijednosti te može biti pozitivan, jednak nuli i negativan. Ocjene isplativosti projekta, odnosno kriterija prihvaćanja projekta s obzirom na vrijednost NSV, prikazane su u tablici 3.3.

Tablica 3.3. Kriterij za ocjenu isplativosti projekta [48]–[50]

Vrijednost NSV	Prihvatljivost projekta
$NSV > 0$	Projekt je opravdan/prihvatljiv.
$NSV = 0$	Projekt je granično prihvatljiv/na granici opravdanosti.
$NSV < 0$	Projekt je neopravdan/neprihvatljiv.

U slučaju da je NSV vrijednost jednaka 0, govori da sadašnje vrijednosti kvantificiranih koristi projekta pokrivaju početne investicije projekta [49], odnosno takav projekt neće donijeti profit, no koristi su takvoga projekta velike i važne za npr. širu društvenu zajednicu. Primjer takvoga projekta može biti dječji vrtić koji ne donosi profit, međutim svakako ima velike društvene koristi.

Drugi je način kriterija prihvaćanja da će projekt biti prihvaćen ako je sadašnja vrijednost primitaka novca veća od sadašnje vrijednosti izdataka novca [51].

3.5.1. Diskontna stopa

Kamatna stopa po kojoj će sadašnja vrijednost narasti na budući iznos zove se diskontna stopa [47]. Koncept diskontne stope središnji je za ekonomsku analizu jer omogućuje usporedbu učinaka koji se javljaju u različitim vremenima u budućnosti pretvarajući svaki budući iznos u novčanim jedinicama u ekvivalent sadašnjih novčanih jedinica. Zbog te središnje važnosti izbor odgovarajuće diskontne stope jedan je od najkritičnijih problema u cijeloj ekonomiji. Problem nesigurnosti odabira diskontne stope dugo je zaokupljao analizu koristi i troškova (engl. Cost benefit analysis, CBA), ali je u posljednje vrijeme ponovno dobio na važnosti jer se od ekonomista sada traži da analiziraju ekološke projekte ili aktivnosti čiji će se učinci

proširiti na stotine godina, a čija je procjena stoga iznimno osjetljiva na diskontnu stopu koja se koristi [52].

Važna varijabla za izračun neto sadašnje vrijednosti jest diskontna stopa koja značajno utječe na rezultat. Odabir previsoke diskontne stope preusmjerit će odluke u korist opcija kratkoročnih projekata s niskim troškovima kapitala, dok će diskontna stopa koja je preniska biti nepotrebno pristrana mogućnosti uštedi troškova u budućnosti. Budući da je točnost odabira određene diskontne stope neizvjesna, rezultat izračuna troškova životnoga ciklusa (LCC) uvijek se može dovesti u pitanje [53]. Najčešća podjela diskontnih stopa u ekonomsko-financijskoj praksi je prema predmetu diskontiranja (financijska i društvena diskontna stopa) te prema vrsti iskazanih cijena (nominalna i realna diskontna stopa) [54].

Realna kamatna stopa (r) stvarna je stopa koju moraju platiti investitori. Ona je korigirana za postotne promjene u vrijednosti novca koje proizlaze iz očekivane inflacije [55]. Realna kamatna stopa aproksimativna je razlika između nominalne kamatne stope i stope inflacije [56]. Što je manja realna kamatna stopa, to je viša razina investiranja. Nominalna kamatna stopa (i) uobičajeno se korigira očekivanom, a ne stvarnom inflacijom [55].

Izraz za realnu kamatnu stopu glasi [56]:

$$r = i - \pi \quad (3.5)$$

Weitzman u svom radu predlaže diskontne stope ovisno o duljini vremenskoga razdoblja, a što je prikazano u tablici 3.4.

Tablica 3.4. Diskontna stopa i vremensko razdoblje (izrada autora prema [52])

Vremensko razdoblje	Raspon godina	Diskontna stopa
neposredna budućnost	1 – 5	4 %
bliska budućnost	6 – 25	3 %
dalja budućnost	26 – 75	2 %
daleka budućnost	76 – 300	1 %
jako daleka budućnost	> 300	0 %

Vrijednost diskontne stope koja će se koristiti u ovom diplomskom radu iznosi 3,64 %, a dana je u *Obavijesti Europske komisije o referentnoj, diskontnoj i povratnoj stopi* koja je u primjeni od 1. lipnja 2023. godine [57].

3.6. Inflacija

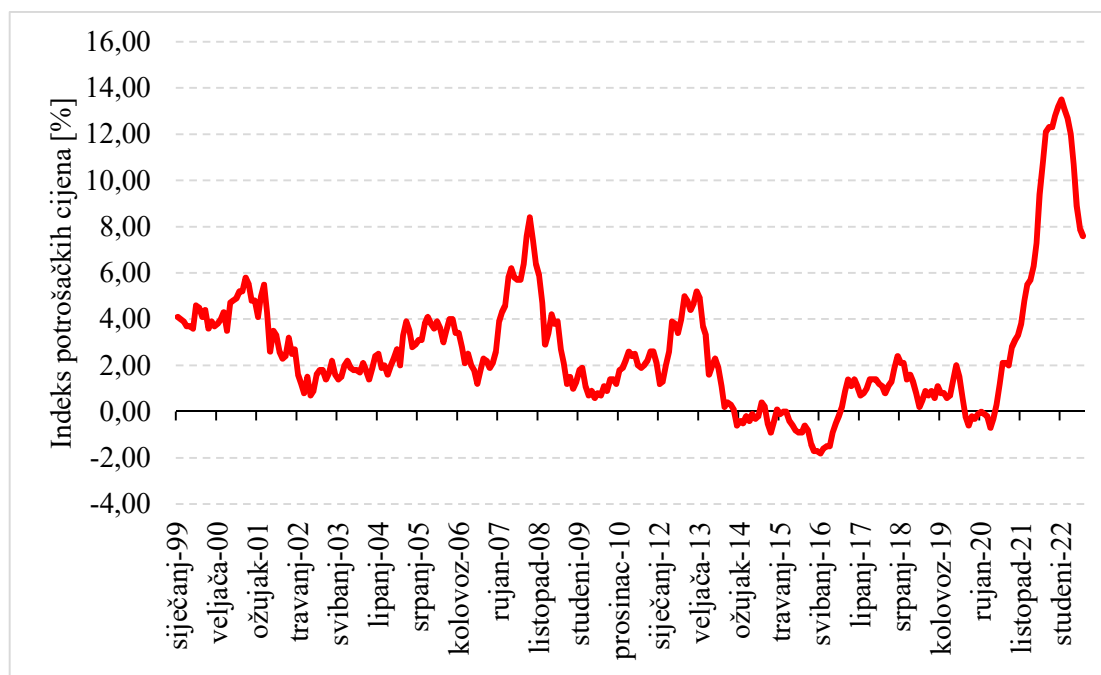
Budući da se u ovom diplomskom radu izrađuje plan održavanja građevine za razdoblje od 15 godina, a živi se u inflatornom gospodarstvu, što je obilježeno rastom cijena [47], treba se razmotriti i utjecaj inflacije. Također, svjedoci smo porasta razine cijena energenata – električne struje i plina, kao i cijena građevinskoga materijala te se u obzir treba uzeti i inflacija. Nije realno i nije moguće za očekivati kako će razine cijena u narednih 15 godina ostati na istoj razini kao danas. Električna energija i prirodni plin važne su stavke u troškovima uporabe građevine, dok cijene građevinskoga materijala poput PVC cijevi, čelika i drva utječu na troškove održavanja građevine.

Geopolitička situacija, uzrokovana ruskom agresijom na Ukrajinu i pandemijom COVID-19, opterećuje globalno gospodarstvo i dovodi do novih nestašica materijala i inputa te nagloga povećanja troškova energije. Velika energetska kriza uzrokovana porastom cijena nafte, plina i električne energije pogodila je svijet gospodarstva u 2021./2022. godini i uzrokovala gospodarske poremećaje [58]. Tako je i aktualni intenzivni energetska šok u 2022. godini imao ozbiljne posljedice na hrvatsku inflaciju te učinak energetska šoka na razinu ukupnih cijena u Hrvatskoj iznosi više od 4 % [58]. Rezultati istraživanja Bednářa i suradnika iz 2022. godine naglašavaju sve veću ulogu električne energije u europskoj ekonomiji te rezultati pokazuju da će se šokovi cijena energije vjerojatno ponavljati češće i stoga se ne mogu zanemariti kao jednokratni događaji u formuliranju monetarne politike. Navedeno istraživanje potvrđuje da cijene energije imaju značajan utjecaj na očekivanja inflacije [59].

Općenito govoreći, inflacija je rast razine cijena [60]–[62], što se može prevesti kao pad kupovne moći tijekom vremena. Brzina pada kupovne moći može se odraziti na prosječni rast cijene košarice odabranih dobara i usluga u nekom vremenskom razdoblju. Porast cijena, koji se često izražava kao postotak, znači da se jedinicom valute zapravo može kupiti manje nego u prethodnim razdobljima [60], [61]. Suprotnost inflaciji jest deflacija koja se događa kada cijene padaju, a kupovna moć raste [61]. Moguće su dvije grupe definicija inflacije. Jedna je vezana uz razinu cijena, a druga uz kupovnu moć novca. Definicija vezana uz razinu cijena navodi da inflacija predstavlja rast opće razine cijena (P). U slučaju da razina cijena kontinuirano raste, zemlja se suočava s inflacijom, odnosno stopa inflacije (π) raste. Druga definicija vezana uz vrijednost novca ($1/P$) kaže da prisustvom inflacije novac gubi svoju vrijednost. Tako je vrijednost novca količina dobara i usluga, izražena vrijednosno, koja se može kupiti danom količinom novca [56]. Temelj za mjerenje inflacije čine indeksi razine

cijena. U praksi se razina cijena mjeri određenim indeksom cijena. Najčešće korišteni indeksi cijena jesu indeks potrošačkih cijena (engl. Consumer Price Index, CPI), indeks proizvođačkih cijena (hrv. IPC, engl. Producer price index, PPI) [56] i harmonizirani indeks potrošačkih cijena (engl. Harmonised Index of Consumer Prices, HICP) [60].

Inflacija mjerena ukupnom godišnjom stopom promjene indeksa potrošačkih cijena (CPI) prikazana je na slici 3.6.

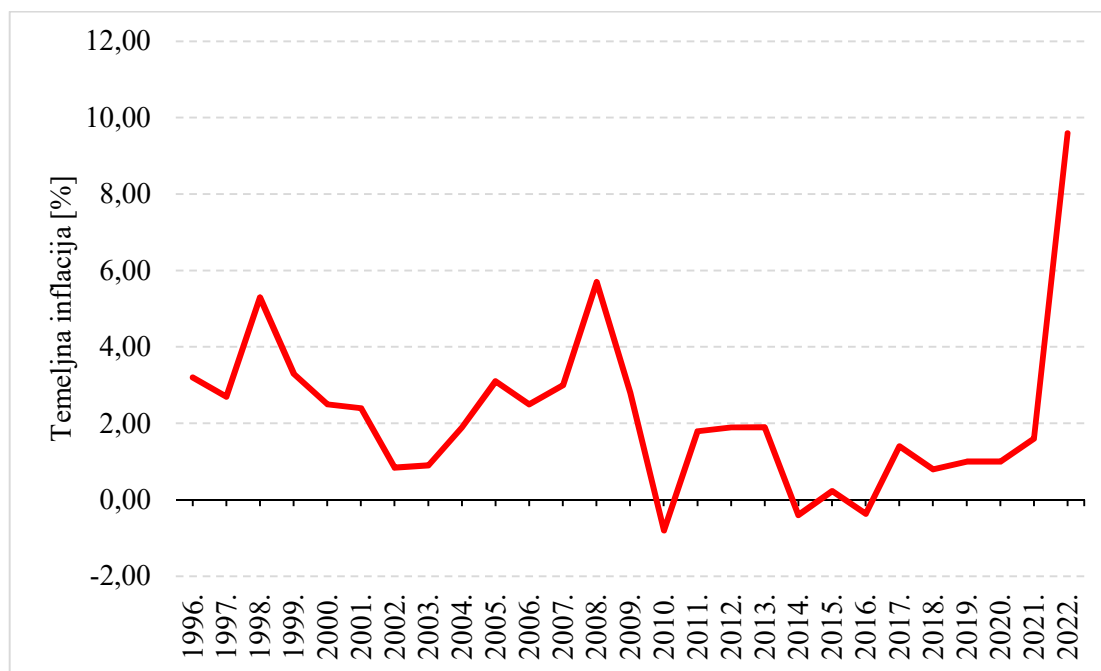


Slika 3.6. Kretanje inflacije u Hrvatskoj mjerene CPI-om (izrada autora prema [63])

„Indeks potrošačkih cijena koristi se kao opća mjera inflacije u Republici Hrvatskoj, a odražava promjene u razini cijena dobara i usluga koje u tijeku vremena nabavlja, koristi se njima ili ih plaća referentno stanovništvo (privatna kućanstva) radi potrošnje. Harmonizirani indeks potrošačkih cijena čini skupinu europskih indeksa potrošačkih cijena izračunanih prema harmoniziranom pristupu i posebnom setu definicija koji omogućuje usporedivu mjeru inflacije u području eura, Europskoj uniji, Europskome ekonomskom području te za zemlje kandidatkinje“ [64].

Za praćenje indikatora kretanja cijena dobara i usluga može se upotrebljavati i temeljna inflacija. Ona se izračunava tako da se iz košarice dobara i usluga za izračun ukupne inflacije, tj. ukupnoga indeksa potrošačkih cijena, izuzmu najvolatilnije komponente i administrativno regulirane cijene. Tako se prati kretanje cijena koje se oblikuju tržišno [56].

Slika 3.7. prikazuje kretanje temeljne inflacije u Hrvatskoj od 1996. do 2022. godine.



Slika 3.7. Kretanje temeljne inflacije u Hrvatskoj (izrada autora prema [65])

Za razdoblje od 1996. do 2022. godine izračunata je aritmetička sredina temeljne inflacije koja iznosi 2,21 %.

Na europodručju godišnja stopa inflacije u svibnju 2023. godine iznosila je 6,1 %. Također, temeljna inflacija se s 5,6 % u travnju smanjila na 5,3 % u svibnju 2023. godine. Ipak, temeljna je inflacija i dalje relativno visoka [66].

Na području Republike Hrvatske ukupna inflacija mjerena harmoniziranim indeksom potrošačkih cijena kontinuirano se smanjivala tijekom prvih pet mjeseci 2023. godine te je u svibnju 2023. godine prema prvoj procjeni iznosila 8,3 %. Temeljna inflacija usporila se s 10,5 % u prosincu 2022. na 9,6 % u svibnju 2023. godine. Projekcije za Hrvatsku navode da bi se cijene energenata, a posebno cijene plina i električne energije, trebale zadržati na razinama koje su primjetno niže od prošlogodišnjih, ali i dalje iznad dugoročnih povijesnih prosjeka duž cijeloga projekcijskog horizonta. U 2024. godini očekuje se smanjenje godišnje stope inflacije na 3,9 % te u 2025. godini na 2,3 % [66].

U trenutku pisanja ovog rada stopa inflacije iznosi 7,6 % [67]. Za potrebe izrade ovoga diplomskog rada uzet će se stopa inflacije za 2024. godinu od 3,9 %, a u 2025. godini od 2,3 %. Za 2026. godinu pa do kraja analiziranoga razdoblja (do 2038. godine) uzet će se temeljna

stopa inflacije od 2,20 %, što je prosječna godišnja stopa inflacije dobivena analizom autora ovoga rada za razdoblje od 1996. do 2022. godine.

Nadalje, treba spomenuti i proces ciljanja inflacije. Proces ciljanja inflacije može se ukratko opisati na način da središnja banka (u Republici Hrvatskoj to je Hrvatska narodna banka, HNB) izrađuje projekciju buduće putanje inflacije. Zatim se ta projekcija uspoređuje sa stopom inflacije koja je postavljena kao cilj, a razlika između prognoze (prognozirane stope inflacije) i cilja određuje prijedlog potrebno prilagođivanje instrumenata monetarne politike [68].

U Republici Hrvatskoj, kako navodi guverner HNB-a, ciljana je stopa inflacije 2 % na koju bi se inflacija trebala vratiti u 2025. godini [69], [70]. Upravno vijeće Europske središnje banke (ESB) navodi da se zalaže na povratak inflacije na srednjoročni cilj od 2 % [71], [72]. Stoga, inflacija od 2,20 %, koja će se uzeti u ovom diplomskom radu, približno je jednaka ciljanoj stopi inflacije, a ipak je nešto veća, te se smatra da će se biti na strani sigurnosti kod izračuna troškova.

3.7. Analiza osjetljivosti

Analiza osjetljivosti pruža korisnicima matematičkih i simulacijskih modela alat za procjenu ovisnosti izlaza modela o ulazu modela te za istraživanje koliko je važan svaki ulaz modela za određivanje izlaza iz modela [73]. Ona je specijalni slučaj analize što-ako? [74]. Analiza osjetljivosti (engl. Sensitivity analysis, SA) metoda je koja mjeri kako utjecaj nesigurnosti jedne ili više ulaznih varijabli može dovesti do nesigurnosti izlaznih varijabli. Budući da ta metoda poboljšava predviđanje modela ili smanjuje netočnost proučavanjem kvalitativnoga i/ili kvantitativnoga odgovora modela na promjenu ulaznih varijabli [75], [76] ili razumijevanjem fenomena koji se proučava analizom interakcija između varijabli, ista je izuzetno korisna [75].

Analiza osjetljivosti provodi se s ciljem određivanja u kojoj mjeri je projekt osjetljiv na promjene ulaznih varijabli koje je određena osoba koristila prilikom ocjene projekta u determinističkim uvjetima [50]. Polazi se od činjenice da u stvarnom životnom vijeku projekta ključni parametri podliježu različitim nepredvidivim utjecajima te dobivaju vrijednosti koje su veće ili manje od onih što su u trenutku planiranja procijenjene kao najvjerojatnije [77].

Postupak analize osjetljivosti sastoji se od:

- definiranja varijabli projekta

- određivanja pokazatelja osjetljivosti projekta
- određivanja kritičnih parametara projekta
- određivanja mogućih intervala vrijednosti kritičnih parametara
- proračun osjetljivosti projekta [50].

Kod analize osjetljivosti treba izabrati *kritične varijable* [48] i parametre modela. Kritičnim varijablama mogu se smatrati one varijable čije pozitivne ili negativne varijacije imaju najveći utjecaj na pokazatelje učinkovitosti promatranoga projekta [78]. Kao preporuka može se smatrati *kritičnima* one varijable čija varijacija od ± 1 % od vrijednosti usvojene u temeljnom slučaju daje porast varijaciji veći od 1 % u vrijednosti NSV-i [78].

Najčešće, motivacija za provođenje analize osjetljivosti su iz sljedećih razloga:

- evaluacija modela
- pojednostavljenje modela
- podešavanje/pročišćavanje modela
- istraživanje modeliranja
- prioritizacija varijabli
- fiksiranje varijabli [79].

Određeni ograničavajući čimbenici analize osjetljivosti su što ista ne uzima u obzir vjerojatnost pojavljivanja analiziranoga događaja, ne razmatraju se korelacije između ulaznih parametara, a uobičajena praksa variranja ulaznih varijabli koja iznosi od ± 10 do 20 % uopće ne mora odgovarati stvarnim rasponima ulaznih varijabli [80].

Kada se provodi analiza osjetljivosti, varijable uobičajeno variraju od -10 (20) % do +10 (20) %, što olakšava i ubrzava proračun, ali uopće ne mora odgovarati mogućim rasponima promjene promatrane varijable. Potrebno je da iznosi promjene varijable budu u granicama u kojima se očekuje moguća promjena istih [80]. Rezultate analize osjetljivosti najjasnije je prikazati grafičkim načinom (grafom) i to tako da se u koordinatni sustav unose podatci o kretanju jedne od izlaznih varijabli u ovisnosti o ispitivanom smanjenju ili povećanju određene ulazne varijable [77] te je takav grafički prikaz najlakši za interpretaciju rezultata [81].

Kao primjer postupka provođenja analize osjetljivosti može se uzeti izračun promjene ukupnih troškova održavanja i uporabe ako se varira razdoblje analize. Razdoblje analize iznosi 15 godina te se razdoblje analize smanji za pet godina (te iznosi 10 godina) i poveća za pet godina

(i iznosi 20 godina). Za navedena dva nova razdoblja analize izračunaju se novi ukupni troškovi održavanja i uporabe. Nađe se postotna promjena ulazne varijable (razdoblje analize u godinama) te postotna promjena izlazne varijable (ukupni troškovi održavanja i uporabe). Navedeno se nacrtu u koordinatnom sustavu te se može vidjeti osjetljivost promjene ulazne varijable (razdoblje analize) na izlaznu varijablu (ukupne troškove održavanja i uporabe).

3.8. Dosadašnja istraživanja o predviđanju i procjeni troškova održavanja građevina

Procjena i predviđanje troškova svakodnevni je proces. Jedan je od najuobičajenijih načina predviđanja troškova građenja izrada troškovnika. U troškovniku radi se detaljan opis te se unosi količina po svakoj stavci iz dokaznice mjera, u analizi cijena računa se cijena svake stavke te se, na kraju, množenjem s ukupnom količinom i cijenom dobije cijena po određenoj poziciji radova. Nakon toga sve se pozicije po vrstama radova zbroje. Na kraju se zbroje sve vrste radova te se dobiva ukupna cijena građenja građevine. Što su troškovi bolje izračunati, procijenjeni ili predviđeni, time je manji rizik za investitora ili bilo koju drugu osobu da neće imati dovoljno novčanih sredstava za provođenje namjeravanoga posla (građenja, održavanja).

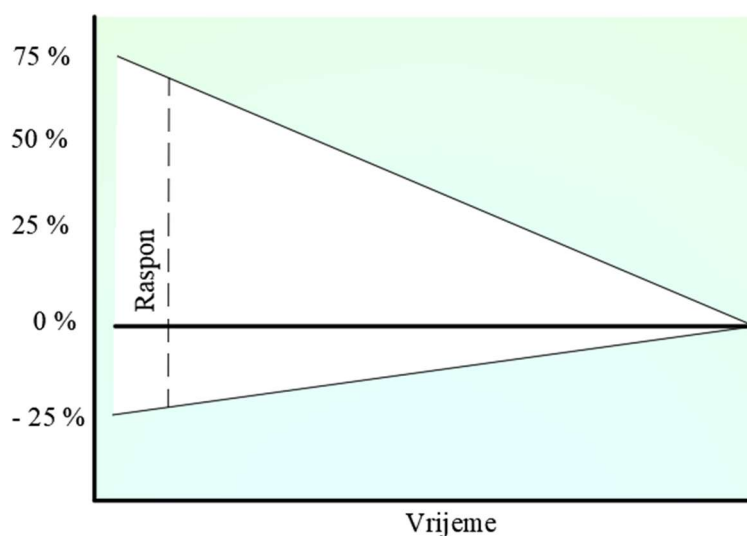
Predviđanje troškova važan je proces u svakom poslu jer prethodi proračunu cijena i raspodjeli resursa u životnom ciklusu projekta. Zapravo, teško je doći do ulaznih podataka za procjenu troškova, a pogotovo dok je opseg posla slabo poznat što može dovesti do loših i grubih procjena. Naravno, što je opseg projekta više poznat, time su veće mogućnosti za generiranje točnijih procjena jer se raspolože s više specifikacija projekta [82].

U procjeni troškova građevinske proizvodnje treba poznavati i pratiti troškove na mjestu nastajanja troška. Osim po navedenom troškovi se mogu promatrati vremenski pa tako mogu biti fiksni ili varijabilni. Na investicije djeluju različiti utjecaji kao što su proizvođači i dobavljači građevinskoga materijala i opreme, banke, financijske organizacije, inspekcije, projektantska poduzeća, različita poduzeća koja su povezana s pružanjem usluga u građevinarstvu, komunalna poduzeća, investitor i njegov konzultant [2].

Procjena je troškova proces razvijanja aproksimacije novčanih sredstava potrebnih za dovršetak projektnih aktivnosti. Ključna je prednost toga procesa u tome što se određuje iznos troškova potreban za dovršetak projekta [83]. Procjene su troškova predviđanja koja se temelje na informacijama poznatim u određenom trenutku. Procjene troškova uključuju identifikaciju i razmatranje alternativnih troškova za pokretanje i dovršetak projekta [83].

Procjene troškova treba pregledati i doraditi tijekom projekta kako bi odražavale dodatne pojedinosti kada one postanu dostupne i kada se pretpostavke testiraju. Točnost procjene projekta povećavat će se kako projekt napreduje tijekom životnoga ciklusa samoga projekta. Na primjer, projekt u početnom razdoblju može imati grubu procjenu reda veličine u rasponu od -25 % do +75 %. Kasnije u projektu, kako bude poznato više podataka, konačne procjene mogle bi biti točnije te bi raspon točnosti mogao biti -5 % do + 10 % [83].

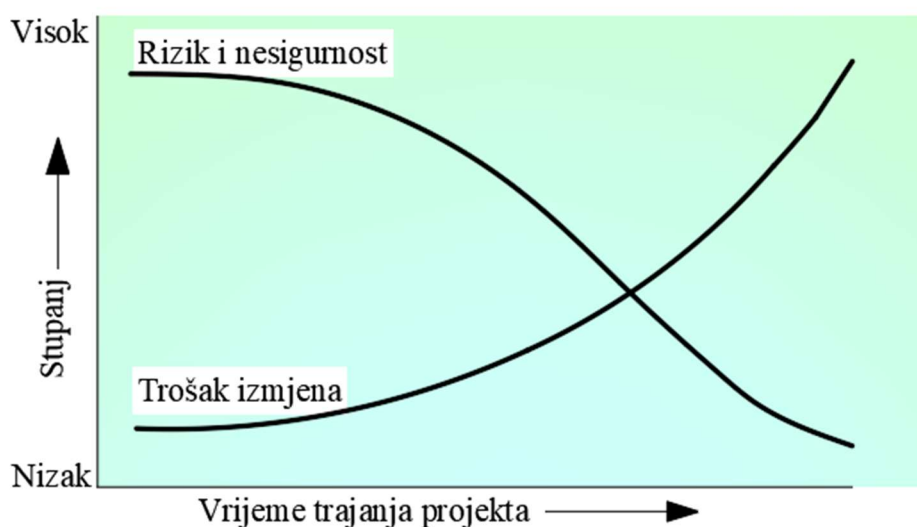
Kretanje točnosti procjene troškova tijekom vremena prikazano je na slici 3.8.



Slika 3.8. Točnost procjene troškova tijekom vremena (prema [84])

Nadalje, tijekom planiranja, izrade i razrade projekta potrebno je već odmah na početku istoga voditi brigu o mogućnostima, odnosno troškovima održavanja. U ranim fazama projekta (tijekom izrade studije izvodljivosti, preliminarnoga dizajna i sl.) troškovi su projekta niski kada se usporede s projektom u cjelini. U tom početnom razdoblju moguće je utjecati, uz niske troškove, na ukupne troškove projekta. Kako projekt dolazi u fazu građenja, samim su time promjene sve skuplje u odnosu na ukupnu cijenu projekta. Na kraju građenja, kada je građevina već izgrađena, troškovi su izmjena visoki [85].

Sposobnost utjecaja na konačne odrednice projekta, bez značajnoga utjecaja na troškove, najveća je na početku projekta i smanjuje se kako projekt napreduje prema završetku. Slika 3.9. ilustrira ideju da se troškovi unošenja promjena i ispravljanja pogrešaka obično značajno povećavaju kako se projekt približava završetku. Iako navedene odrednice ostaju u određenoj mjeri prisutne u gotovo svim životnim ciklusima projekta, nisu uvijek prisutne u istoj mjeri [83]. Navedeno je prikazano na slici 3.9.



Slika 3.9. Mogućnost utjecaja na troškove projekta i rizik projekta (prema [83])

Na slici 3.9. prikazan je porast troškova kako projekt napreduje te mogućnost utjecaja na iste.

Krivulja koja prikazuje trošak izmjena s protokom vremena naziva se Boehmova krivulja prema dr. Barryju Boehmu, istraživaču informatike, koji je otkrio da prosječna cijena popravljivanja kvarova eksponencijalno raste što je dulje potrebno da se pronade kvar [86].

U početnim razdobljima realizacije projekta uglavnom se koriste metode za brzu procjenu troškova. Te se metode oslanjaju na jednostavnije modele procjene troškova:

- gruba procjena na temelju kapaciteta (broj kreveta u bolnici, broj soba u hotelu, itd.)
- procjena po elementima ili matrici radova – funkcionalnim grupama radova (npr. za stambenu zgradu, pripremni radovi, temelji, konstrukcija, krov itd.)
- modeli troškovno značajnih pozicija radova (Temelji se na Paretovu pravilu koje je dobilo naziv po talijanskom ekonomistu Vilfredu Paretu koji je na bazi svoga istraživanja zapazio da 80 % svjetskoga bogatstva drži 20 % ljudi [87]) koje govori da oko 20 % pozicija definira veliki dio ukupnih troškova i to oko 80 %.
- parametarski (regresijski) modeli koji koriste formule koje povezuju troškove i jednu ili više karakteristika objekta (visina, duljina itd.) [88].

Važan preduvjet za predviđanje i procjenu troškova održavanja jest posjedovanje podataka o odrednicama građevina i o troškovima održavanja iz prošlosti [89]. Podatci o troškovima održavanja iz prošlosti najvažniji su dostupan alat kada se priprema i planira budžet za održavanje [90]. Međutim, svatko tko je ikada bio uključen u procjenu građevinskih troškova

svjestan je težine toga posla jer su takve procjene najčešće temeljene na povijesnim podacima o troškovima, ažuriraju se na temelju iskustva te podešavaju temeljem očekivanih ekonomskih kretanja [5]. Stoga, procjene troškova u budućnosti samo su – procjene. Niti je sigurno kada će se pojaviti ti troškovi niti hoće li se oni uopće dogoditi [5].

Autori Bouabaz i Horner u svome su radu [91] analizom povijesnih troškova predložili model koji u vezu stavlja površinu kolnika mosta i troškove popravaka. Istražili su troškovno značajne stavke, a analizirali su 37 troškovnika gdje su za svaki troškovnik prosječno analizirali 40 stavki. Zaključili su da bez kvalitetnih podataka iz prošlosti nije moguće odrediti i podesiti budžet za održavanje [91]. Jedan od prethodno navedenih autora – Bouabaz, u suradnji s Hamamijem, napravio je model procjene troškova održavanja mostova temeljen na umjetnoj neuronskoj mreži. Korišteni su podatci iz 40 projekata, a mreža je dala visok stupanj točnosti. Spomenuti su autori zaključili kako je razvijeni model precizniji i jednostavniji za korištenje u usporedbi s elementnim i parametarskim modelima, uz veliku uštedu vremena [92].

Procjenom troškova životnoga ciklusa mostova bavili su se Asadi i sur. [93] u svom radu. Analizirali su 14 mostova u Chicagu. Postignuti rezultati bili su ohrabrujući i podržavaju premisu da je model neuronske mreže obećavajući alat za predviđanje troškova životnoga ciklusa mosta. Najvažnija je prednost ANN-a sposobnost rješavanja složenih i nelinearnih tipova problema koji određuju većinu infrastrukturnih objekata [93]. U svom radu Shi i sur. koristili su povijesne podatke o armiranobetonskim mostovima na 11 brzih cesta kojima upravlja Shaanxi Province Transportation Group u Kini. Predložena su dva modela izračuna troškova redovnoga održavanja temeljena na linearnoj regresiji i analizi vremenskih serija [94].

Rowan i sur. promatrali su troškove održavanja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV). Poslali su 750 upitnika, a valjano ispunjenih bilo je 321 koji su korišteni u daljnjoj analizi. Analizirani su godišnji troškovi održavanja i uporabe u odnosu na prosječni godišnji dnevni protok, broj stanovnika koji se opslužuju i ekvivalent stanovnika [95].

Boussabaine i Kirkham predložili su inovativan pristup modeliranju troškova održavanja u sportskim zgradama lokalnih vlasti u Velikoj Britaniji koji se temelji na simulaciji. Dobiveni rezultati pokazuju da su bruto površina, veličina bazena i broj korisnika ključni čimbenici koji utječu na troškove održavanja u zgradama sportskih centara. Rezultati ispitivanja i validacije pokazali su da troškovi održavanja mogu modelirati multiregresijskim linearnim modelima. Rezultati toga rada mogu se koristiti za upravljanje i određivanje troškova održavanja sportskih objekata sličnih onima koji su analizirani u tom radu [96].

U radu autora Zaremskog i Patela predstavljen je pristup korišten u razvoju metodologije za procjenu troškova održavanja željezničkih koridora za mješoviti putnički i teretni promet većih brzina. Uključeni su svi elementi: kolosijek, mostovi, zgrade te komunikacije i signali. Konačni troškovi predstavljeni su kao skup troškovnih matrica u smislu ukupnoga troška po milji pruge i pokrivaju niz kombinacija prometa i konfiguracije kolosijeka, s minimalnim i maksimalnim troškovima razvijenim za svaki element u troškovnim matricama [97]. Također, rad, odnosno doktorska disertacija [98], bavi se troškovima obnove i održavanja željeznice. Cilj je navedenoga rada predstaviti strukturiranu metodologiju koja procjenjuje troškove obnove i održavanja željezničke infrastrukture kada nedostaju kvantitativni podatci o troškovima u ranim fazama životnoga ciklusa projekta. Model je implementiran unutar prototipa softverskoga alata [98].

U svojoj doktorskoj disertaciji autor Krstić napravio je modele procjene troškova održavanja i uporabe na primjeru građevina Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Utvrđena je mogućnost primjene višestruke linearne regresije te su definirane odrednice građevine koje najviše utječu na te troškove. Usvojeni model procjene troškova uporabe ima tri varijable: površinu sanitarnih prostora, površinu uredskih prostorija te prosječan broj djelatnika. Odrednica pomoću koje je moguće procijeniti troškove održavanja uporabe fakultetskih građevina površina je komunikacija (hodnici, ulazni predprostori i holovi) [89].

Autori Krstić i Marenjak [40] istražili su mogućnost prikupljanja podataka iz prošlosti o troškovima održavanja i uporabe građevina Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Napravljeni su upitnici o troškovima održavanja i uporabe, općim podacima i radu zgrada, a sve kako bi se odredila baza podataka nezavisnih varijabli (opće građevinske i uporabne odrednice) i zavisnih varijabli (troškovi održavanja i uporabe). Korištena je regresijska analiza. Također, isti autori opisali su razvoj i validaciju modela prosječnih godišnjih troškova održavanja i uporabe sveučilišnih građevina koje imaju slične odrednice na području Osijeka. Pokazali su da je moguće predvidjeti godišnje troškove održavanja i uporabe građevina slične namjene [99].

Autor Liu napravio je model procjene troškova održavanja i uporabe za uredske zgrade. Korištena je AHP metoda, a prototip programa kodiran je u *Visual basicu* u *Microsoft Windows* okruženju. Sustav koji je napravio daje numeričke i grafičke izvještaje [100]. Također, za poslovne zgrade u Maleziji Shah i sur. napravili su modele u program SPSS (skraćenica od

engl. Statistical Package for the Social Sciences) pomoću višestruke linearne regresije te su zaključili da se regresijski model može koristiti u praksi [101].

Kwon i sur. napravili su model za procjenu troškova održavanja stambenih zgrada temeljen na genetskom algoritmu (engl. Genetic algorithm, GA) i rasuđivanju temeljenom na slučajevima (engl. Case Based Reasoning, CBR). Korišteni su podaci od 1978. do 2009. godine, a analizirano je 90 slučajeva [102].

U svoja dva rada autori Li i Guo istraživali su troškove održavanja četiriju zgrade sveučilišta. Modeli su napravljeni jednostavnom linearnom regresijom, višestrukom regresijom i umjetnom neuronskom mrežom, a kao najbolji model pokazao se onaj izrađen pomoću umjetne neuronske mreže [103], [104].

Model za predviđanje troškova povijesnih zgrada napravili su Mahmoud i sur. Rad je spojio pregled literature, modeliranje troškova, anketu i studije slučaja. Korištena je višestruka linearna regresija. Rezultati validacije modela pokazuju da model predviđanja troškova održavanja ima točnost od oko 93 % u predviđanju godišnjih troškova održavanja za povijesne zgrade na temelju starosti zgrade, bruto podne površine i indeksa izvedbe zgrade [105].

Lee i Jeon na temelju podataka 30-godišnjih proračuna za upravljanje školskim građevinama iz prošlosti napravili su model za procjenu troškova održavanja osnovnih škola. Rezultati istraživanja mogu se koristiti kao objektivan kriterij za dugoročno i realno planiranje proračuna održavanja škola [106].

U radu [107] predlaže se model koji može odrediti troškove održavanja i popravka pomoću statističke analize evidencije stvarnih troškova. Istražuju se troškovi održavanja i popravaka u obrazovnim ustanovama za određivanje ključnih pokazatelja uspješnosti (KPI) te razvoj modela procjene troškova za integrirano upravljanje objektima.

U svojoj je doktorskoj disertaciji Nipp proveo istraživanje na 34 zgrade Sveučilišta Tennessee Martin u Martinu, Tennessee, SAD. Analizirao je zgrade u sveučilišnom kampusu te izradio regresijski model na temelju povijesnih podataka o troškovima za razdoblje od 10 godina. Ističe se važnost dostupnosti povijesnih podataka o održavanju te ističe da nijedan izraz za procjenu troškova ne osigurava 100-postotnu sigurnost izračuna i planiranja budžeta, ali može biti od velike pomoći [108].

U radu autora Gausmanna i sur. predstavljena je primjena algoritama strojnoga učenja: višeslojni perceptron – neuronska mreža i algoritam *k-sredina* za procjenu razine usluga potrebnih za očuvanje autocesta u Brazilu. Izrađen je temelj podataka koji sadrži podatke za povijest redovnoga održavanja, katalog cestovnih rješenja i cjenike. Primijenjeni su i evaluirani algoritmi strojnoga učenja te je zaključeno da algoritam *k-srednje* vrijednosti daje najbolju procjenu troškova održavanja brazilskih autocesta [109].

Gudac Hodanić u svojoj doktorskoj disertaciji napravila je model procjene troškova životnoga ciklusa pontona te sidrenoga sustava pontona i plovila. Primijenjene su metode strojnoga učenja: algoritmi slučajne šume, neuronske mreže, potporni vektori i podizanje vektora. U radu je postavljena osnova za previđanje troškova životnoga ciklusa koji se temelji na klimatološkim i geografskim odrednicama lokacije gdje su postavljeni pontoni te na odrednicama koje se utvrđuju prilikom projektiranja marine [110].

Tijanić Štrok provela je istraživanje o upravljanju održavanjem u javnim osnovnim i srednjim školama na području Primorsko-goranske županije. Razvijen je model upravljanja održavanjem kao i matematički model procjene troškova održavanja koji se temelji na regresijskoj analizi. Navedenim modelom za učinkovito upravljanje održavanjem javnih obrazovnih građevina određuje se postupanje tijekom planiranja, organiziranja, vođenja i kontroliranja aktivnosti održavanja. U doktorskoj disertaciji zaključuje se da bi se implementacijom takvoga modela moglo poboljšati trenutne procese upravljanja održavanjem [111].

Obradović u svojoj doktorskoj disertaciji istraživao je troškove održavanja kanalizacijskih sustava na području Republike Hrvatske. Na temelju prikupljenih podataka napravljena je baza podataka te su izraženi modeli linearnom regresijom. Pokazano je da odrednice koje najviše utječu na troškove održavanja kanalizacijskih sustava jesu ukupna duljina kanalizacijskoga sustava, ukupan broj priključaka na kanalizaciju, broj crpnih stanica te prosječna godišnja količina odvođenja otpadnih voda. Zaključeno je da bi uporaba modela mogla poboljšati učinkovitost održavanja kanalizacijskih sustava s obzirom da je moguće na godišnjoj razini planirati budžet za troškove održavanja [76].

Sažeti prikaz istraživanja o razvoju modela za predviđanje i procjenu troškova održavanja građevina ponuđen je u tablici 3.5., navedena je vrsta građevine, način na koji je izrađen model te autori i godina izrade modela.

Tablica 3.5. Sažeti kronološki prikaz istraživanja o modelima predviđanja i procjene troškova održavanja različitih vrsta građevina (prilagođeno prema [76])

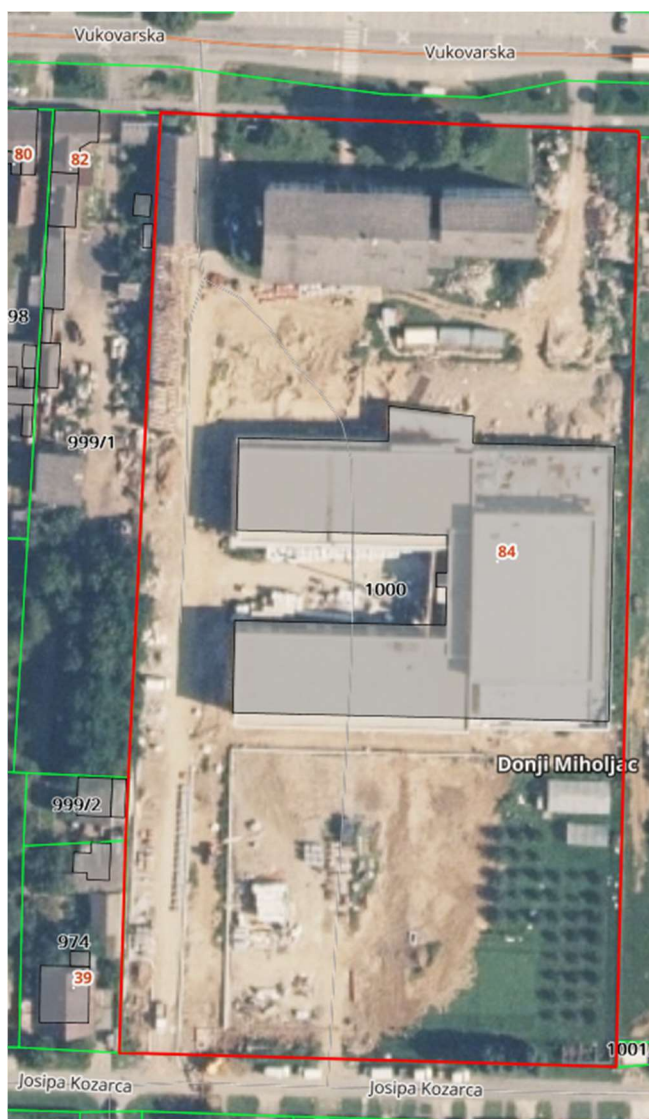
Vrsta građevine	Način izrade modela/metoda procjene troškova	Autori i godina
uređaji za pročišćavanje otpadnih voda	logaritamske transformacije	Rowan, Jenkins i Howells, 1961. [95]
mostovi	regresija	Bouabaz i Horner, 1990. [91]
sportski centri	višestruka linearna regresija	Boussabaine i Kirkham, 2004. [96]
željeznica	ekspertni sustav	Ling, 2005. [98]
uredske zgrade	AHP metoda, regresija	Liu, 2006. [100]
mostovi	umjetna neuronska mreža	Bouabaz i Hamami, 2008. [92]
željeznička infrastruktura	matrica troškova	Zaremski i Patel, 2010. [97]
sveučilišne građevine – fakulteti	višestruka linearna regresija	Krstić, 2011. [89]
mostovi	umjetna neuronska mreža	Asadi i sur., 2011. [93]
sveučilišne građevine	višestruka linearna regresija	Krstić i Marenjak, 2012. [40]
sveučilišne zgrade	jednostavna linearna regresija, višestruka regresija, neuronska mreža	Li i Guo, 2012. [103], [104]
poslovne zgrade	višestruka linearna regresija	Shah Ali i sur., 2013. [101]
povijesne zgrade	višestruka linearna regresija	Mahmoud i sur., 2015. [105]
sveučilišne građevine	višestruka linearna regresija	Krstić i Marenjak, 2017. [99]
osnovne škole	regresija	Lee i Jeon, 2017. [106]
zgrade sveučilišta – sveučilišni kampus	regresija	Nipp, 2017. [108]
škole	višestruka linearna regresija	Kim i sur., 2018. [107]
stambene zgrade	genetski algoritam, rasuđivanje temeljeno na slučajevima	Kwon i sur., 2019. [102]
mostovi	regresija	Shi i sur., 2019. [94]
pontoni i sidreni sustavi marine	slučajne šume, neuronske mreže, potporni vektori, podizanje gradijenta	Gudac Hodanić, 2020. [110]
autoceste	neuronske mreže, algoritam <i>k-sredina</i>	Gaussmann i sur., 2020. [109]
osnovne i srednje škole	regresija	Tijanić Štok, 2021. [111]
kanalizacijski sustavi	linearna regresija	Obradović, 2022. [76]

4. Studija slučaja: tehnički opis analizirane građevine

4.1. Oblik, veličina i uređenje čestice

Zgrada srednje škole nalazi se na čestici broj 1000 u katastarskoj općini Donji Miholjac na adresi Vukovarska 84, Donji Miholjac. Površina čestice iznosi 18.318 m² [112]. Situacija građevine dana je u prilogu 1.

Smještaj građevine prikazan je na digitalnoj ortofoto karti (DOF) na slici 4.1.



Slika 4.1. Položaj građevine na katastarskoj čestici [112]

Katastarska čestica pravilnoga je pravokutnoga oblika, dužom stranom orijentirana u smjeru sjever-jug. Duljina čestice iznosi oko 187 m, a širina oko 97 m. Sa sjeverne strane čestice nalazi

se Vukovarska ulica, s južne strane ulica Josipa Kozarca, sa zapadne strane graniči s česticama obiteljskih kuća, a s istočne strane s Grobljem svetoga Stjepana [113].

Glavni pješački i kolni ulaz oblikovan je sa sjeverne strane čestice spojem na Vukovarsku ulicu. Sekundarni kolni i pješački ulaz na česticu nalaze se na jugu spojem na ulicu Josipa Kozarca. Kolno-pješačka interna prometnica (Slika 4.2.) služi i kao vatrogasni prilaz te je asfaltirana.



Slika 4.2. Interna prometnica, popločenje pješačke staze i parkirališna mjesta

Uz internu prometnicu nalazi se parkirališni prostor s 47 parkirališnih mjesta. Pristupni pješački putovi popločeni su betonskim elementima. Uređenje pješačkih površina uključuje i postavljanje vanjske rasvjete na parceli. Zelene površine uređene su travnatim površinama i oplemenjene sadnjom stabala. Građevna čestica škole ograđena je prema okolnim prometnicama i susjednim česticama, s posebnim naglaskom na ograđivanje prema susjednoj parceli gradskoga groblja [113].

4.2. Namjena građevine i tlocrtna dispozicija

Građevina je javne i društvene namjene, u naravi srednja škola. U školi se održava nastava u jednoj smjeni. U školskoj godini 2022./2023. provedeni su upisi u tri četverogodišnja zanimanja: Opća gimnazija, Turističko-hotelijerski komercijalist i Agrotehničar; te pet trogodišnjih zanimanja: Cvjećar, CNC-operater, Automehaničar, Strojbravar i Tokar [114].

U srednjoj školi trenutno je zaposleno 56 djelatnika, a školu je u školskoj godini 2022./2023. pohađalo 245 učenika u 16 razrednih odjela.

U tlocrtnoj dispoziciji škola je projektirana kao pravilni volumen s tri učionička trakta postavljena u smjeru istok-zapad i prostorom dvodijelne dvorane s pratećim sadržajima [113].

4.3. Funkcionalna organizacija prostora

Građevina srednje škole tlocrtno je podijeljena u funkcionalne cjeline. Oblikovno se razlikuje dva izdužena volumena školskoga objekta visine prizemlje i kat te volumen dvorane s pratećim prostorima visine prizemlja. U dva izdužena trakta položena u smjeru istok-zapad smještene su učionice i prostor za organizaciju nastave, a u pravokutnom dijelu smještena je dvodijelna dvorana omeđena pratećim sadržajem na jugu i učioničkim traktom za organizaciju praktične nastave na sjeveru. Dvorana je predviđena za korištenje samo za potrebe škole, a u dvorani je predviđeno gledalište s teleskopskim tribinama, za oko 256 osoba [113]. Učionice su orijentirane tako da imaju sjeverno, odnosno južno osvjetljenje. Školska sportska dvorana osvijetljena je izravno sa sjeverne, istočne i južne strane. Prateći prostori dvorane – čisti hodnik, svlačionice, praonice i toaleti izvođenjem nadvišenja stropne ploče dobivaju dnevno svjetlo i prirodno odzračivanje [113]. Glavni ulaz u građevinu predviđen je sa sjeverne strane (Slika 4.3.) preko natkrivenoga trijema škole.



Slika 4.3. Pogled na sjeverno pročelje, glavni ulaz u školu i natkriveni trijem

Sporedni ulazi u školu mogući su sa zapadne strane – na krajevima obaju učioničkih traktova (Slika 4.4.) te sa zapadne i južne strane (evakuacijski izlazi). Vertikalna komunikacija unutar prostora škole ostvaruje se putem dvaju glavnih stubišta na sjevernom i južnom kraju centralne osi škole te putem sporednih stubišta na krajevima učioničkih traktova. Izvedeno je dizalo korisne nosivosti 800 kg [113].



Slika 4.4. Pogled na zapadno pročelje – dva učionička trakta

4.4. Iskaz površina građevine

Osnovni podatci o površini građevine i volumenu prikazani su u tablici 4.1.

Tablica 4.1. Podatci o površini i volumenu građevine (izrada autora prema [113])

Odrednica	Iznos
izgrađena površina zgrade (vertikalna projekcija građevine)	3.465,51 m ²
bruto razvijena površina	6.098,42 m ²
neto površina zgrade	4.644,51 m ²
neto korisna površina zgrade	4.614,31 m ²
ukupna zapremnina	25.981,00 m ³

Iskaz površina po pojedinim prostorijama i etažama građevine vidljiv je u tablici 4.2.

Tablica 4.2. Iskaz površina škole [113]

Prizemlje	NKP [m²]	1. kat	NKP [m²]
škola		škola	
natkriveni ulazni trijem	60,40	učionica ekonomije i trgovine	63,74
vjetrobran	18,52	kabinet ekonomije	21,87
vratarica	7,18	učionica informatike	63,56
prostor više namjena (pvn)	271,72	učionica strojarstva s računalima	63,56
knjižnica s čitaonicom	147,73	učionica za vježbe	45,53
spremište	16,12	učionica povijesti	63,22
pomoćno stubište	14,77	kabinet povijesti i geografije	16,98
zbornica s garderobom	60,95	učionica geografije	62,69
ured ravnatelja	26,66	kabinet strojarstva	18,20
ured psihologa i pedagoga	19,56	učionica strojarstva	62,52
ured tajnika	13,64	sanitarije zaposlenika	20,78
ured administratora/blagajnika	14,55	sanitarije učenika (ž)	23,35
računovodstvo	14,55	sanitarije osoba s invaliditetom	5,17
sanitarije zaposlenika (ž)	8,80	sanitarije učenika (m)	17,81
sanitarije zaposlenika (m)	7,01	spremište	3,60
sanitarije	7,59	pomoćno stubište	17,82
garderoba i sanitarije spremačica	7,45	hodnik	130,72
čajna kuhinja	5,83	spremište fizike	18,07
hodnik	33,82	učionica fizike	62,75
učionica poljoprivrede	62,93	učionica matematike	61,87
kabinet poljoprivrede	17,77	kabinet matematike i biologije	21,63
učionica poljoprivrede	61,52	učionica biologije i kemije	62,92
učionica	44,02	spremište biologije i kemije	17,77
frizerski praktikum	39,65	učionica hrvatskoga jezika	58,94
kabinet praktikuma	8,64	kabinet hrvatskoga jezika	15,62
garderoba praktikuma	8,84	učionica stranoga jezika	61,70
garaža za traktore	76,85	učionica stranoga jezika	62,23
praktikum poljoprivrede	39,65	učionica stranoga jezika	41,05
praktikum poljoprivrede	39,47	spremište	3,60
kabinet za poljoprivredu	17,90	sanitarije učenika (m)	17,57
praktikum poljoprivrede	42,80	sanitarije učenika (ž)	23,24
praktikum poljoprivrede	41,05	sanitarije osoba s invaliditetom	4,83
spremište	3,60	pomoćno stubište	18,00
sanitarije učenika (m)	17,57	hodnik	126,63
sanitarije učenika (ž)	23,34	stubište	48,18
sanitarije osoba s invaliditetom	4,93	hodnik	127,23

pomoćno stubište	2,76	stubište	48,30
hodnik	133,65	Neto površina 1. kata	1.594,91
stubište	22,41		
hodnik s garderobom	136,74		
stubište	22,55		
dizalo	4,26		
radionica	37,65		
zavarivanje, kovačnica	11,56		
kabinet strojarstva	10,67		
radionica	37,65		
spremište	14,25		
praktikum automehaničara	33,49		
praktikum mehan. polj. meh.	33,49		
sanitarije zaposlenika	4,60		
sanitarije učenika (m)	4,39		
sanitarije učenika (ž)	4,39		
hodnik	85,64		
kotlovnica	21,79		
Nastavno sportska dvorana			
hodnik	24,10		
nečisti hodnik	38,47		
svlačionica	18,63		
svlačionica	18,63		
svlačionica	18,63		
svlačionica	18,63		
tuševi	18,08		
tuševi	18,08		
toalet	3,08		
toalet	3,08		
toalet	3,08		
toalet	3,08		
kabinet TZK-a	14,77		
kabinet TZK-a	14,78		
čisti hodnik	57,46		
domar	13,72		
dvodijelna dvorana 32*22,5*8	753,41		
spremište sprava	75,07		
izlaz iz dvorane	5,50		
Neto površina prizemlja	3.049,60		

4.5. Nosiva konstrukcija i materijali gradnje

Građevina srednje škole sastoji se od triju dilatacija. Dilatacija B predstavlja zidanu građevinu katnosti prizemlje i kat. Dilatacija A predstavlja betonsku građevinu katnosti prizemlje i kat. Dilatacija C odnosi se na sportsku dvoranu s pratećim sadržajima koji su katnosti prizemlja [113].

Dilatacija B

Dilatacija B predstavlja zidanu konstrukciju. U stropu kata izvodi se klasični ravni krov s atikom. Stropna je ploča armiranobetonska debljine 20 cm. Ploča se oslanja na AB grede i na zidane nosive zidove. Ispod greda izvode se ispunski zidovi debljine 20 cm. Nosivi zidani zidovi debljine su 25 cm. Stropna je ploča prizemlja armiranobetonska debljine 20 cm. Stubišta se izvode kao AB kose ploče debljine 18 cm, a krakovi se oslanjaju na strop i na međupodestnu AB ploču. Na pročeljima objekta izvode se AB stupovi i AB zidovi debljine 25 cm, s duljinama po statičkom proračunu i planovima pozicija. Zidani su zidovi u dva međusobno okomita smjera povezani AB vertikalnim serklažima [113]. Temeljenje objekta izvedeno je na armiranobetonskim temeljnim trakama. Sve su temeljne trake dimenzija 100/60 cm. Trake se izvode ispod svih nosivih zidova prizemlja [113].

Dilatacija A

Radi se o betonskoj konstrukciji katnosti prizemlje i kat. Stropne su ploče armiranobetonske, a stropna ploča kata i prizemlja debljine je 20 cm. Vanjski nosivi AB zidovi debljine su 25 cm, a unutarnji AB zidovi debljine su 20 cm. Ploča se oslanja na AB grede i na betonske nosive zidove i stupove. Ispod nekih greda kata izvode se ispune, zidani zidovi debljine 20 cm, kao nenosivi. U stropu kata izvodi se klasični ravni krov s atikom. Vanjska stropna ploča nadstrešnice debljine je 16 cm sa zadebljanjem u obliku plitke grede dimenzija 80/30 cm iznad oslonaca. Ploča se oslanja na jednom dijelu na V čelične stupove, a na drugom na još dva stupa. Stubišta su AB ploče debljine 18 cm. Temeljenje je objekta izvedeno na armiranobetonskim temeljnim trakama dimenzija 100/60 cm i 120/60 cm prema statičkom proračunu [113].

Dilatacija C – sportska dvorana

Pokrov je dvorane trapezni plastificirani lim na originalnim hladno oblikovanim Z profilima (nosačima). Ispod lima ventilirani je zračni sloj, PE folija i termoizolacija. Z nosači gornjega pokrova s termoizolacijom leže na donjem trapeznom plastificiranom limu.

Svi slojevi oslanjaju se na drvene upuštene podrožnice 18/20 cm od punoga drveta klase S10 raspona 4,0 m i na rasteru 2,3 m. Krovna je konstrukcija u poprečnoj ravnini stabilizirana s dva horizontalna poprečna sprega. Kose dijagonale spregova izvode se od punih čeličnih profila. Glavni su nosači krovišta od lijepljenoga lameliranog drveta (LLD). Visina nosača na osloncu na AB konstrukciju jest 130 cm, a u sljemenu 190 cm. Širina je nosača 16 cm. Zidovi atike su AB debljine 15 cm. Svi su stupovi dvorane dimenzija 50/70 cm osim rubnih koji su 60/60 cm [113].

AB konstrukciju dvorane predstavljaju okviri sa stupovima, gredama i zidanim ispunama. Oko dvorane izvodi se katni dio objekta (hodnik) i prizemni dio oko dvorane. Izvode se AB ploče u četiri razine (strop kata, strop uzdignutoga dijela na južnom krovu, strop višega prizemlja i strop nižega prizemlja). Sve stropne ploče su AB debljine 20 cm [113].

Stropne ploče oslanjaju se na grede i stupove te na AB i zidane zidove. Zidani nosivi zidovi debljine su 30 cm. AB zidovi i stupovi debljine su 25 cm, osim uzdužnoga zida u hodniku koji je debljine 20 i uzdužnih zidova okna dizala koji su debljine 30 cm. Zidani zidovi prizemnoga dijela objekta debljine su 30 cm, omeđeni vertikalnim serklažima. Temeljenje objekta izvedeno je na armiranobetonskim temeljnim trakama i temeljnim stopama u dijelu stupova [113].

Materijali gradnje

Pregradne zidove u cijelom objektu predviđeno je izvesti iz opeke normalnoga formata, obostrano ožbukane. Zidovi su završno obrađeni bojanjem ili oblaganjem keramičkim pločicama ovisno o namjeni prostorija.

Zidovi sanitarnih prostorija oblažu se keramičkim pločicama do visine oko 210 cm. Zidovi tuševa dvorane obloženi su do vrha keramičkim pločicama. Svi su vanjski otvori izvedeni od aluminijskih okvira. Izvode se s padajućim okovom, ostakljeni dvostrukim IZO-staklom 4+16+6 mm, s postavom zaštitnoga lamistla stakla na predviđenim otvorima [113].

Zaštita od sunca prostorija na južnoj strani građevine osigurana je aluminijskim brisolejima koji se učvršćuju na nosivu AB konstrukciju. U prostoru svih učionica i kabineta predviđeno je izvođenje vanjskih platnenih roloa od *termoscreen* materijala. Unutarnja vrata i stijene u komunikacijama su od aluminijskih. U prostorima hodnika i sanitarija izvode se spuštene stropove unutar kojih se postavljaju razvodi instalacija. U sportskoj je dvorani, u svrhu zaštite od buke, strop u potpunosti obložen akustičkim pločama [113].

Međukatna konstrukcija škole sastoji se od plivajućega poda: mikrobetona $d=5$ cm armiranoga laganom armaturom na sloju zvučne izolacije od elastificiranoga ekspaniranog polistirena $d=2$ cm. Kao podna obloga u dvorani postavljen je površinsko-elastični dvoslojni parketni pod (Slika 4.5.) Parket se postavlja preko dvostrukoga drvenog roštilja na tvrdu podlogu od estriha. Na podovima učionica i kabineta postavljen je parket, a u prostoru svih komunikacija, prostora više namjena, radiona i praktikuma izvodi se PVC-pod. U prostoru garaže za traktore izvodi se *epoxy* pod. Prostori svih sanitarija obloženi su keramičkim pločicama. Vanjski natkriveni prilazni trijem opločen je protuklizno obrađenim kamenim pločama [113].



Slika 4.5. Parketni pod u sportskoj dvorani i krovni nosači od LLD-a

4.6. Instalacije

a) vodovod i kanalizacija

Građevina je priključena na gradsku vodovodnu i kanalizacijsku mrežu prema posebnim uvjetima. Priprema tople potrošne vode za umivaonike, tuševe jest centralna, iz kotlovnice bojlerom volumena 750 litara za školu i sanitarne uređaje sportske dvorane. U građevini predviđene su dvije mreže: sanitarni vod i vod unutarnje hidrantske mreže. Za zaštitu od požara u školi i sportskoj dvorani predviđeni su zidni hidranti te aparati za početno gašenje požara tip S-9 ABC [113]. Zidni hidrant i aparat za gašenje požara prikazani su na slici 4.6.



Slika 4.6. Zidni hidrant i aparat za gašenje požara u hodniku zgrade

Dio čiste oborinske vode s krova škole pustit će se na zelenu površinu, a ostalu odvodnju uvesti u kanalizaciju. Otpadne vode iz radionice, praktikuma mehaničara, praktikuma poljoprivredne mehanizacije odvođe se preko separatora ulja prije upuštanja u internu vanjsku kanalizaciju. Oborinske vode s betonskih i asfaltnih površina, parkirališta i cesta vodit će se preko taložnice i separatora ulja.

b) elektroinstalacije

Rasvjeta je izvedena fluo svjetiljkama s paraboličnim rasterom i elektronskim predspojnim napravama. Rasvjeta školskih ploča izvedena je pomoću svjetiljki ovješanih o strop s 1x49W fluo cijevima i asimetričnim odsijačem.

Na hodnike i stubišta postavljena je protupanična rasvjeta sa suhom baterijom za dva sata autonomnoga rada. Vanjska rasvjeta izvedena je svjetiljkama na rasvjetnim stupovima visine 4 m te zidnim svjetiljkama s *luxomat* i senzorom. Na cijeloj građevini postoji gromobranska instalacija [113].

U cijelom objektu izvedena je telefonska i računalna mreža. Po hodnicima postavljena su zvona i impulsni satovi. U svakoj učionici, kabinetu i zbornici postoji priključak za televizor. U zbornicu je postavljeno pojačalo i mikrofoni, a u svakoj učionici jedan zvučnik. Postavljena je protuprovalna centrala na koju su spojeni senzori postavljeni u cijelom objektu. Također, postavljen je centralni uređaj videonadzora. U građevini je izveden sustav vatrodajave [113].

c) grijanje, hlađenje i ventilacija

U objektu je napravljena instalacija grijanja, pripreme tople potrošne vode (TPV), ventilacije, hlađenja dijela građevine, plinske kotlovnice i instalacije prirodnoga plina. U plinskoj kotlovnici priprema je ogrjevnoga medija, tople vode 80/60 °C za potrebu grijanja i pripremu TPV. Energent je prirodni plin. Prostorije građevine griju se radijatorima – toplovodnim radijatorskim grijanjem (Slika 4.7.) s regulacijom temperature prema vanjskoj temperaturi i mogućnošću programiranja režima rada. Za prostor dvorane predviđeno je izvođenje temeljnoga radijatorskog grijanja [113]. Za prostore garderoba i tuševa uz sportsku dvoranu predviđeno je izvođenje podnoga grijanja.

Za sve prostore bez mogućnosti odgovarajuće prirodne ventilacije (sportska dvorana, garderobe, sanitarije) postoji prisilna ventilacija. Za prostore dvorana predviđeno je izvođenje toplozračnoga grijanja u kombinaciji s ventilacijom prostora. Za upravni dio škole i sve učionice hlađenje je pomoću *VRF* sustava s izravnom ekspanzijom freona [113].



Slika 4.7. Radijatori u zgradi

4.7. Projektirani vijek uporabe i uvjeti za uporabu i održavanje

Projektirani vijek građevine takav je da u uvjetima korištenja sukladno namjeni građevine i redovitoga održavanja iznosi 100 godina. Građevina se smije rabiti samo na način sukladan svojoj namjeni [113]. Energetski certifikat zgrade [115] navodi da je energetski razred zgrade škole *C* prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje ($Q''_{H,nd}$), a prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji (E_{prim}) također je *C*.

5. Plan i program održavanja analizirane građevine

Prijava početka građenja srednje škole bila je 20. svibnja 2020. godine, a uporabna dozvola izdana je 23. lipnja 2022. godine. Škola je svečano otvorena 9. siječnja 2023. godine te se otada u njoj održava nastava.

U nastavku rada prikazat će se troškovi održavanja i uporabe građevine raspodijeljeni u pet kategorija. Određeni su troškovi stvarni troškovi za predmetnu građevinu, dok su neki podaci o cijenama, odnosno troškovima dobiveni u razgovoru s osobama zaduženima za održavanje sličnih građevina (stručnim osoba koje provode ispitivanja), uporabom različite literature kao što su cjenici ili mrežne stranice proizvođača opreme i materijala, izravnim kontaktom s proizvođačima materijala i izvođačima, a nešto je određeno temeljem iskustva. Kao važan izvor podataka o cijenama korišten je *Bilten Standardna kalkulacija radova u visokogradnji*, i to Bilten XII 2021 (IV kvartal 2021) – nadogradnja I [116].

Nadalje, svjedoci smo brze promjene cijena različitih vrsta proizvoda i to na tjednoj ili mjesečnoj bazi, a pogotovo promjene cijena u građevinarstvu, stoga je svaki trošak potrebno pomno odrediti. Također, postoji razlika u cijeni ovisno o robnoj marki proizvoda, građevnoga elementa ili materijala. Težilo se što stvarnije prikazati troškove pojedinih aktivnosti održavanja i uporabe građevine.

Troškovi održavanja, a samim time i popravaka i/ili zamjene opreme sportske dvorane (ljestve, zaštitne mreže, golovi za nogomet/rukomet, koševi za košarku, gimnastička odskočna daska, strunjače, konj s hvataljkama i sl.), iscrtavanje linija osnovnih igrališta (rukomet, mali nogomet, košarka, odbojka i badminton) u dvorani, opreme vanjskoga igrališta (koševi za košarku, zaštitna mreža igrališta, iscrtavanje linija igrališta), opreme učionica (školski stolovi i stolice, katedre, projektori, projektorska platna, školske ploče), učeničkih ormarića, različite vanjske opreme škole (stalci za bicikle, kante za smeće i sl.) neće se uzimati u obzir jer isti nisu nužni za uporabu građevine i njezino ispravno funkcioniranje, zamjenjivi su relativno lagano te se smatraju opremom građevine.

Također, analiza troškova održavanja i zamjene navedene opreme uvelike bi premašila sadržaj rada te bi zahtijevala dodatne analize koje nisu predmet ovoga diplomskog rada.

5.1. Troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda

Kako bi korisnici zgrade bili sigurni u istoj te kako ne bi došlo do neočekivanih kvarova opasnih po život i zdravlje ljudi, propisani su određeni periodični pregledi. Navedeni pregledi mogu biti propisani zakonom, pravilnikom i tehničkim propisima. Budući da je za školu dobivena uporabna dozvola 2022. godine te su tada provedeni svi pregledi, smatrat će se da se od 2023. godine počinju računati zakonom propisani periodični pregledi.

Troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda razvrstavaju se u nekoliko skupina:

1) Pregled i ispitivanje električnih instalacija

Propisano u *Zakonu o zaštiti od požara* (NN 92/10, 114/22) [18], u članku 38., stavku 2. U *Tehničkom propisu za niskonaponske električne instalacije* (NN 5/10) [117] navodi se da se učestalost redovitih pregleda s ciljem održavanja električne instalacije provodi sukladno zahtjevima iz projekta građevine, ali ne rjeđe od: četiri godine za građevine javne namjene, ako posebnim propisima nije određen drugačiji rok [117], dok je za određene građevine ili vrste instalacija propisan drugi rok ispitivanja. Također, koriste se određene norme. Osim toga obavlja se i mjerenje i ispitivanje otpora izolacije električnih vodiča.

2) Pregled i ispitivanje otpora uzemljenja s ciljem zaštite od statičkoga elektriciteta

Navedeno je propisano u *Pravilniku o tehničkim normativima za zaštitu od statičkoga elektriciteta* (Sl. list, 62/73.) [118] te prema *Preporukama za zaštitu od statičkoga elektriciteta Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske* korisnici su obvezni ispitati sredstva (pumpne rezervoare i sl.) svakih šest mjeseci [119].

3) Ispitivanje sustava zaštite od djelovanja munje na građevinama

Navedeno ispitivanje provodi se sukladno *Tehničkom propisu za sustave zaštite od djelovanja munje na građevine* (NN 87/08, 33/10) [120]. Provodi se mjerenje i ispitivanje sustava zaštite od djelovanja munje na građevinama te vizualni pregled sustava zaštite od djelovanja munje na građevinama.

4) Pregled i ispitivanje protupanične rasvjete

Namjena sigurnosne i protupanične rasvjete (panik-rasvjete) pokazivanje je evakuacijskih putova i sigurnosnih oznaka u slučaju nestanka električne energije. Navedena rasvjeta obično je zelene boje piktograma koji pokazuje smjer najbližega izlaza iz građevine. Pregled i ispitivanje protupanične rasvjete propisani su u *Zakonu o zaštiti od požara* (NN 92/10, 114/22) [18], a provode se jednom godišnje [121], [122].

Primjer izvedene panik-rasvjete prikazan je na slici 5.1.



Slika 5.1. Protupanična rasvjeta u hodniku zgrade i na izlazu iz sportske dvorane

5) Ispitivanje stabilnoga sustava za otkrivanje i dojavu požara

Propisano u *Zakonu o zaštiti od požara* (NN 92/10, 114/22) [18] te u *Pravilniku o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara* (NN 44/12, 98/21, 89/22) [25]. Provodi se jednom godišnje [121], [122].

6) Pregled i ispitivanje protupožarnih tipkala

Propisano u *Zakonu o zaštiti od požara* (NN 92/10, 114/22) [18]. Provodi se najmanje jednom godišnje [122], [123]. Protupožarno tipkalo prikazano je na slici 5.2., a služi za isključenje napajanja u zgradi u slučaju požara.



Slika 5.2. Protupožarno tipkalo postavljeno u vjetrobranu zgrade

7) Pregled i ispitivanje unutarnje hidrantske mreže

Propisano u *Zakonu o zaštiti od požara* (NN 92/10, 114/22) [18], članku 40. i *Pravilniku o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara* (NN 44/12, 98/21, 89/22) [25], članku 13. Provodi se najmanje jednom godišnje [122], [123], a ispitivanje se obavlja sukladno *Pravilniku o hidrantskoj mreži za gašenje požara* (NN 08/06) [124].

8) Pregled i ispitivanje vanjske hidrantske mreže

Propisano u *Zakonu o zaštiti od požara* (NN 92/10, 114/22) [18], članku 40. i *Pravilniku o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara* (NN 44/12, 98/21, 89/22) [25], članku 13. Provodi se najmanje jednom godišnje [122], [123], a ispitivanje se obavlja sukladno *Pravilniku o hidrantskoj mreži za gašenje požara* (NN 08/06) [124]. Vanjski nadzemni hidrant i pripadajući hidrantski ormarić prikazani su na slici 5.3., a opremljeni su s dva komada tlačne cijevi Ø52 duljine 15 m sa spojnicom, dvije mlaznice na zasun Ø52 mm, dva ključa za spojnice ABC te ključem za nadzemni hidrant [125].



Slika 5.3. Vanjski hidrant s jugozapadne strane zgrade

9) Pregled i ispitivanje vatrogasnih aparata

Sukladno *Pravilniku o vatrogasnim aparatima* (NN 101/11, 74/13) propisano je obavljanje periodičnoga servisa vatrogasnih aparata u uporabi najmanje jednom godišnje, a ovisno o uvjetima smještaja i češće, te nakon svakoga aktiviranja ili uočenoga nedostatka na vatrogasnom aparatu [126].

10) Pregled i ispitivanje dizala

Provodi se sukladno *Pravilniku o sigurnosti dizala u uporabi* (NN 5/19), a mora se obaviti najmanje jednom godišnje [21].

11) Pregled i ispitivanje sustava ventilacije

Provodi se sukladno *Tehničkom propisu o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada* (NN 3/07) i to ne rjeđe od jednom godišnje [127].

12) Pregled i ispitivanje instalacija za sprječavanje širenja požara (protupožarnih zaklopki)

Propisano u *Zakonu o zaštiti od požara* (NN 92/10, 114/22) [18], članku 40. i *Pravilniku o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara* (NN 44/12, 98/21, 89/22) [25]. Provodi se najmanje jednom godišnje.

13) Ispitivanje radnoga okoliša

Obveza o ispitivanju radnoga okoliša propisana je u *Zakonu o zaštiti na radu* (71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18) [16], članku 45., *Pravilniku o ispitivanju radnoga okoliša* (NN 16/16, 120/22) [20]. Navedena ispitivanja obuhvaćaju ispitivanje radnoga okoliša kao što su: buka, osvijetljenost, mikroklima i kemijske štetnosti. Ispitivanje se obavlja periodički u rokovima koji ne mogu biti duži od tri godine ako nije drukčije određeno posebnim propisom [20].

14) Obveza posjedovanja energetskega certifikata

Obveza izrade, odnosno posjedovanja energetskega certifikata zgrade propisana je u *Pravilniku o energetskega pregledu zgrade i energetskega certificiranju* (NN 88/17, 90/20, 01/21, 45/21) [24] te se energetskega pregled provodi svakih deset godina.

15) Deratizacija i dezinfekcija

Pravilnikom o načinu provedbe obvezatne dezinfekcije, dezinfekcije i deratizacije (NN 35/07, 76/12) utvrđuju se načini provedbe obvezatne dezinfekcije, dezinfekcije i deratizacije (DDD mjere) te fumigacije kao posebnoga načina provedbe obvezatnih DDD mjera [128]. Navedeno se provodi dvaput godišnje.

16) Ispitivanje plinske kotlovnice

Ispitivanje plinske kotlovnice propisano je *Zakonom o zapaljivim tekućinama i plinovima* (NN 108/95, 56/10, 114/22) [129] te *Pravilnikom o tehničkim normativima za projektiranje, gradnju, pogon i održavanje plinskih kotlovnica* (Sl. list, 10/90, 52/90) [130] u vremenskom intervalu od dvije godine.

17) Ispitivanje ispravnosti i nepropusnosti unutarnjih plinskih instalacija

Ispitivanje ispravnosti i nepropusnosti unutarnjih plinskih instalacija obavlja se temeljem *Zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima* (NN 108/95, 56/10, 114/22) [129], *Mrežnim pravilima plinskog distribucijskog sustava* (NN 50/18, 88/19, 36/20,

100/21) [131] i *Pravilnika o uvjetima i postupku ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti plinskih instalacija* (HSUP – P601.111) [132] te je propisano da se instalacije plina u zgradi u kojima ima plinska kotlovnica moraju ispitati jednom godišnje [132].

18) Ispitivanje plinskih trošila

Propisano je *Zakonom o zapaljivim tekućinama i plinovima* (NN 108/95, 56/10, 114/22) [129] te je preporuka da se provodi jednom godišnje [133].

19) Pregled i ispitivanje dimnjaka

Sukladno *Tehničkom propisu za dimnjake u građevinama* (NN 3/07) redoviti pregledi u svrhu održavanja dimnjaka provode se sukladno zahtjevima iz projekta građevine, ali najmanje jednom godišnje [134].

20) Ispitivanje radne opreme i strojeva

Obavlja se sukladno *Pravilniku o pregledu i ispitivanju radne opreme* (NN 16/16, 120/22) između ostaloga u rokovima koje je u uputama za uporabu i održavanje odredio proizvođač radne opreme ili u roku koji je utvrđen posebnim propisom ili periodički u rokovima koji ne mogu biti duži od tri godine [135].

21) Pregled sustava klimatizacije

Provodi se sukladno *Tehničkom propisu o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada* (NN 3/07) i to ne rjeđe od jednom godišnje [127].

Iznosi pojedinačnih aktivnosti troškova zakonom propisanih periodičnih pregleda dobiveni su od osoba koje provode navedene preglede, analizom literature te pregledom relevantnih mrežnih stranica poduzeća zaduženih za takva ispitivanja.

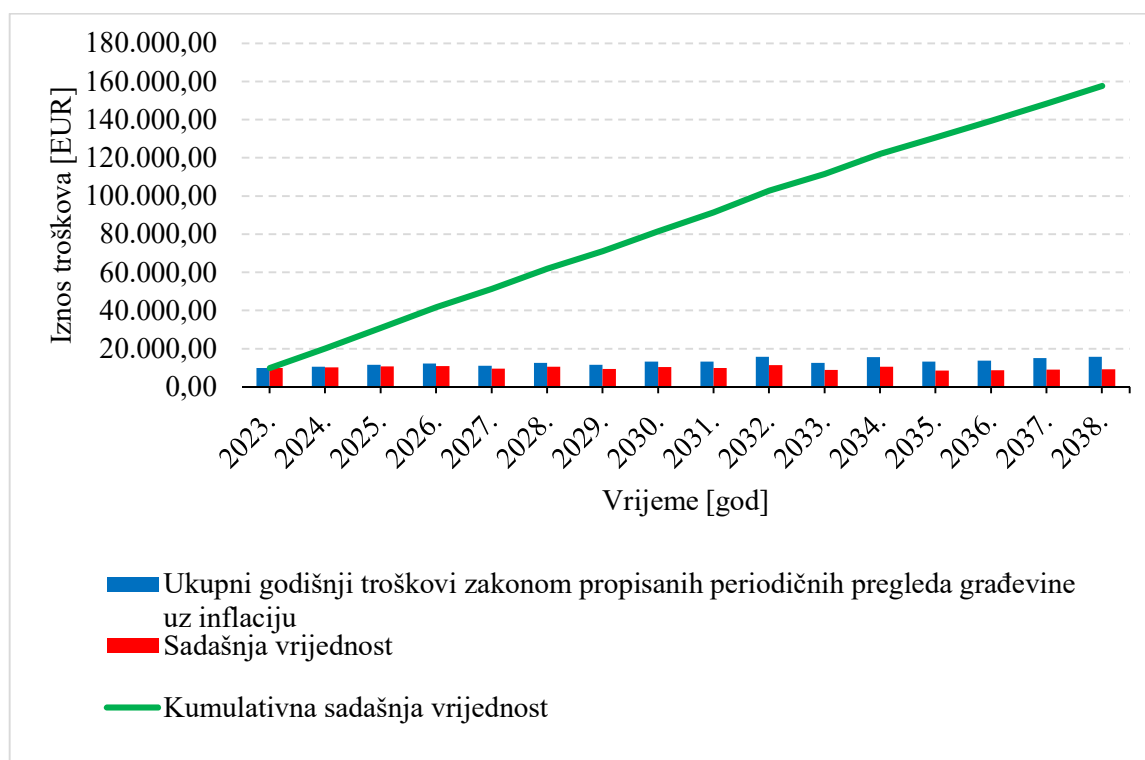
Troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda za razdoblje od 15 godina za analiziranu zgradu prikazani su u tablici 5.1. Detaljniji proračun troškova nalazi se u prilogu 3.

Tablica 5.1. Troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda

Redni broj	Opis aktivnosti	Ukupan trošak [EUR]
1.	pregled i ispitivanje električnih instalacija	4.000,00
2.	pregled i ispitivanje zaštite od statičkoga elektriciteta	16.000,00
3.	vizualni pregled sustava zaštite od djelovanja munje na građevinama	1.000,00
4.	ispitivanje sustava zaštite od djelovanja munje na građevinama	1.500,00
5.	pregled i ispitivanje protupanične rasvjete	11.520,00
6.	ispitivanje stabilnoga sustava za otkrivanje i dojavu požara	10.800,00
7.	pregled i ispitivanje protupožarnih tipkala	8.480,00

8.	ispitivanje unutarnje hidrantske mreže	3.200,00
9.	ispitivanje vanjske hidrantske mreže	2.560,00
10.	ispitivanje vatrogasnih aparata	2.720,00
11.	pregled dizala	1.920,00
12.	pregled i ispitivanje protupožarnih zaklopki	3.200,00
13.	ispitivanje i mjerenje štetnosti u radnom okolišu	3.125,00
14.	energetsko certificiranje i energetski certifikat zgrade	2.500,00
15.	obvezatne mjere deratizacije i dezinfekcije	32.000,00
16.	ispitivanje plinske kotlovnice	880,00
17.	ispitivanje ispravnosti i nepropusnosti unutarnjih plinskih instalacija	4.000,00
18.	ispitivanje plinskih trošila	1.600,00
19.	ispitivanje dimnjaka	1.920,00
20.	ispitivanje ventilacijskih kanala	4.000,00
21.	ispitivanje radne opreme i strojeva	4.000,00
22.	pregled sustava klimatizacije	51.200,00
	Ukupni troškovi za 15 godina	207.389,86
	Sadašnja vrijednost troškova za 15 godina	157.680,97

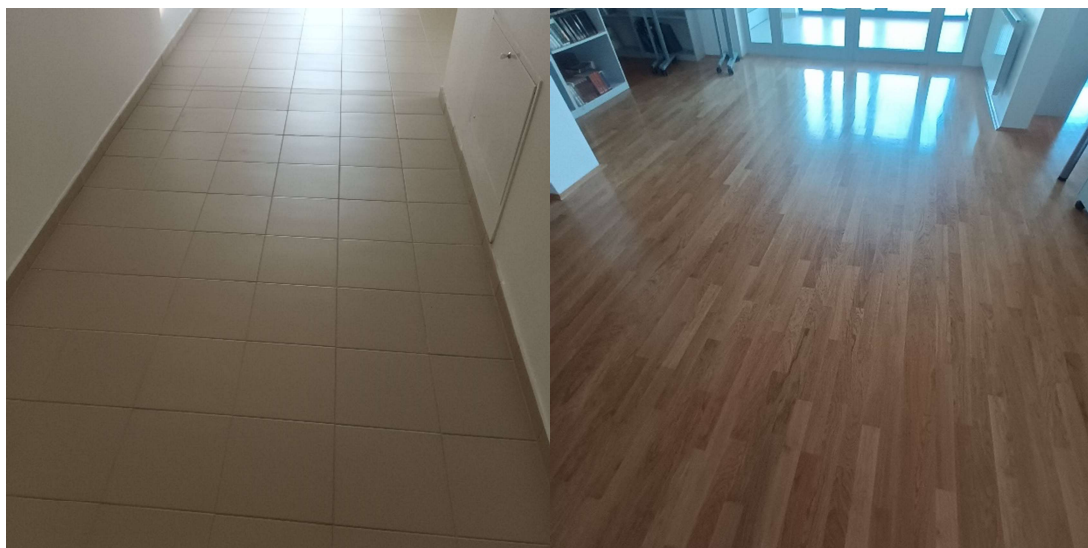
Na slici 5.4. vidljiv je grafički prikaz kumulativnih troškova zakonom propisanih periodičnih pregleda za 15 godina na godišnjoj razini, troškova svedenih na sadašnju vrijednost i kumulativna sadašnja vrijednost troškova.



Slika 5.4. Grafički prikaz troškova zakonom propisanih periodičnih pregleda

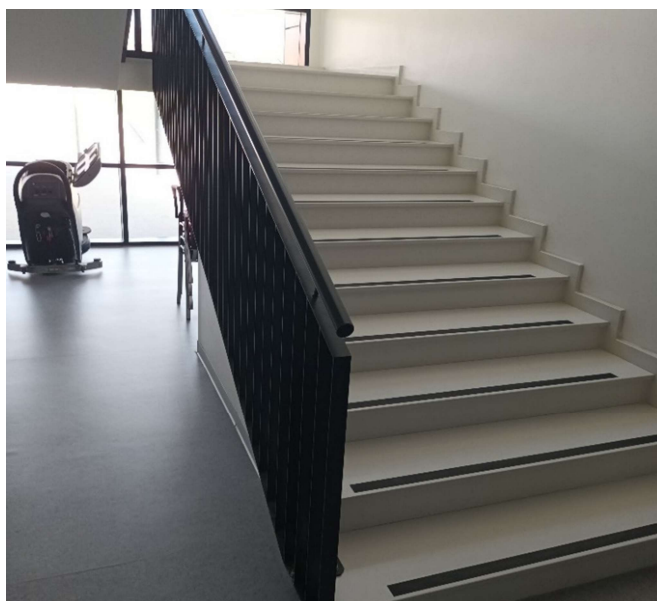
5.2. Troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata

Uobičajeni primjer zamjene istrošenih materijala i elemenata zamjena je podnih i zidnih obloga. U analiziranoj građevini neke od najučestalijih unutarnjih vrsta podova/podnih obloga: *gres* porculanske pločice, hrastov parket (Slika 5.5.) i linoleum.



Slika 5.5. Podna obloga od porculanskih pločica u hodniku zgrade i parketni pod u knjižnici

Unutarnje stube i podesti obloženi su pločama industrijskoga kamenog kompozita (mramornih aglomerata za *terrazzo* izgled), velikoga formata, debljine 2 cm, svijetloga tona s udjelom većega agregata [136], što je prikazano na slici 5.6.



Slika 5.6. Stube obložene pločama kamenoga kompozita, željezna ograda i rukohvat

Nadalje, jedna od aktivnosti zamjene istrošenih materijala i elemenata zamjena je umivaonika i baterija za toplu i hladnu vodu. Na slici 5.7. prikazane su sanitarije u svlačionici – ugradbeni keramički umivaonik na ploču, jednoručna stojeća baterija za toplu i hladnu vodu te ostala oprema.



Slika 5.7. Umivaonici u svlačionici

Općenito govoreći, troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata obuhvaćaju troškove aktivnosti temeljene na ostvarenim izmjenama određenih materijala i elemenata građevine koji su dotrajali. Razdoblja zamjene dotrajalih materijala i elemenata građevine analizirani su faktorskom metodom (proračun je detaljnije prikazan u prilogu 2).

Troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata za analiziranu građevinu za razdoblje od 15 godina prikazani su u tablici 5.2., a detaljnije su vidljivi u prilogu 3.

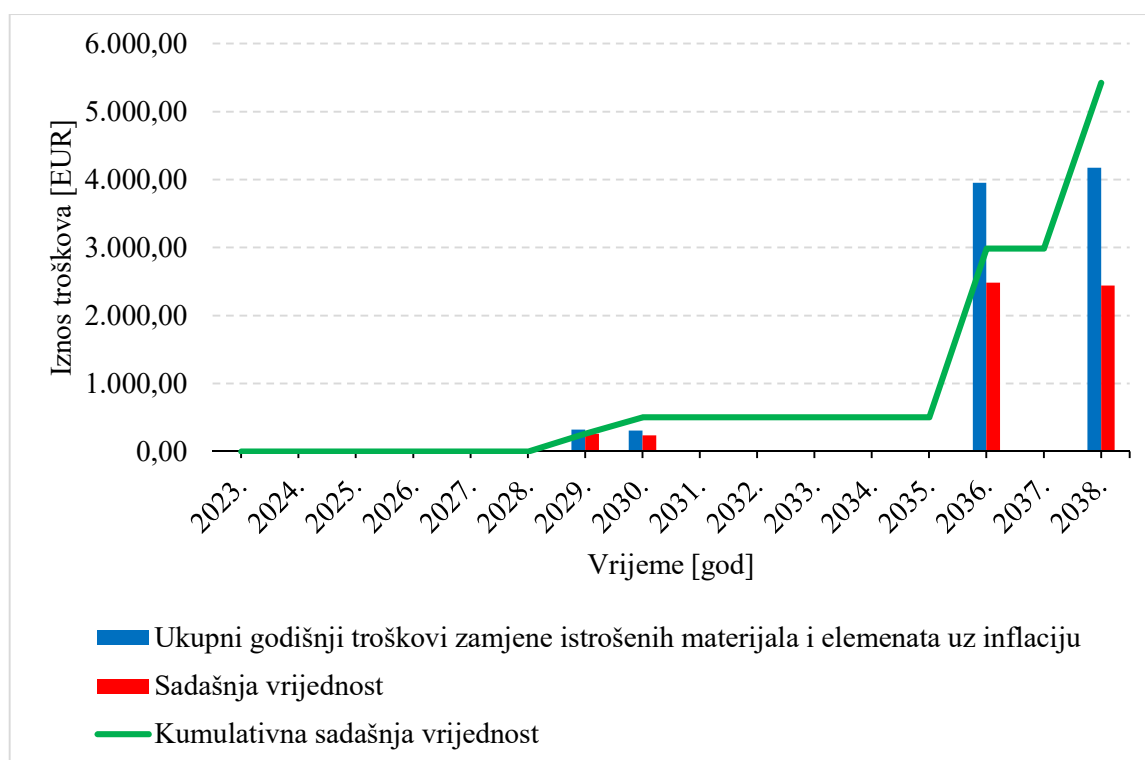
Tablica 5.2. Troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata

Redni broj	Opis aktivnosti	Ukupan trošak [EUR]
1.	zamjena horizontalne oborinske odvodnje (oluka) od lima	0,00
2.	zamjena vertikalne oborinske odvodnje od lima, r.š. 40 cm	0,00
3.	zamjena limenih aluminijskih prozorskih klupčica, r.š. 40 cm	0,00
4.	zamjena limenoga opšava atika i opšava nadstrešnice iznad ulaza, r.š. do 80 cm	0,00
5.	zamjena porculanskih podnih pločica u tuševima	0,00

6.	zamjena porculanskih podnih pločica u sanitarijama, spremištima i svlačionicama	0,00
7.	zamjena zidnih pločica u sanitarnim prostorijama	0,00
8.	zamjena zidnih pločica iza umivaonika u učionicama i kabinetima	0,00
9.	zamjena hrastovoga parketnog poda	0,00
10.	zamjena elastične podne obloge od linoleuma	0,00
11.	zamjena sportskoga poda u sportskoj dvorani	0,00
12.	zamjena poda od tankoslojnoga premaza na bazi epoksidnih smola (<i>epoxy</i>)	0,00
13.	zamjena taktilnih oznaka (polja upozorenja i linije vođenja, ploče 40x40 cm)	0,00
14.	zamjena unutarnjih kamenih prozorskih klupčica, š=35 cm	0,00
15.	zamjena podne obloge od granita – vanjske površine	0,00
16.	zamjena podne obloge od ploča <i>terrazza</i> , d=2 cm (unutarnje stube i podesti)	0,00
17.	zamjena ventilirane fasade od plastificiranih čeličnih lamela	0,00
18.	obnova silikatne zaštitno-dekorativne žbuke – fasada unutarnje strane atike	0,00
19.	obnova silikatne zaštitno dekorativne žbuke – sokl	0,00
20.	zamjena vanjskoga otirača ispred glavnoga ulaza	560,00
21.	zamjena unutarnjega otirača u vjetrobranu glavnoga ulaza	520,00
22.	zamjena osmodijelne aluminijske ostakljene stijene ulaznih vrata	0,00
23.	zamjena zaokretnih punih čeličnih vrata, ulaz u kotlovnice	0,00
24.	zamjena električnih industrijskih sekcijskih podiznih vrata u radionicama	0,00
25.	zamjena jednokrlnih zaokretnih punih čelična vrata učionica	0,00
26.	zamjena jednokrlnih zaokretnih punih čeličnih vrata	0,00
27.	zamjena vanjskih stijena s prozorima	0,00
28.	zamjena električne instalacije	0,00
29.	zamjena sustava dojave požara	0,00
30.	zamjena instalacije vodovoda i kanalizacije	0,00
31.	zamjena instalacije videonadzora	0,00
32.	zamjena sustava ventilacije i klimatizacije	0,00
33.	zamjena sustava grijanja	0,00
34.	zamjena instalacije dizala	0,00
35.	zamjena tuševa u svlačionicama	2.700,00
36.	zamjena pisoara s vertikalnim ispiranjem, komplet ICB elektronika	0,00
37.	zamjena ugradbenih keramičkih umivaonika na ploču	0,00
38.	zamjena jednoručne stojeće baterije za toplu i hladnu vodu (ugradbeni umivaonik)	2.646,00
39.	zamjena keramičkoga umivaonika	0,00
40.	zamjena jednoručne stojeće baterije za toplu i hladnu vodu (umivaonik)	0,00
41.	zamjena keramičke toaletne školjke s ugradbenim vodokotlićem	0,00
42.	zamjena radijatora	0,00
43.	zamjena brava i kvaka	0,00

44.	zamjena unutarnjih VRF jedinica klimatizacije	0,00
45.	zamjena parne brane ravnoga krova	0,00
46.	zamjena toplinske izolacije ravnoga krova	0,00
47.	zamjena prosijanoga šljunka na ravnom krovu d=8 cm	0,00
Ukupni troškovi za 15 godina		8.758,85
Sadašnja vrijednost troškova za 15 godina		5.426,21

Na slici 5.8. ponuđen je grafički prikaz kumulativnih troškova zamjene istrošenih materijala i elemenata za 15 godina na godišnjoj razini, troškova svedenih na sadašnju vrijednost te kumulativna sadašnja vrijednost troškova.



Slika 5.8. Grafički prikaz zamjene istrošenih materijala i elemenata

5.3. Troškovi periodičnih radova i popravaka

Budući da postoje različite aktivnosti koje se ponavljaju u određenim vremenskim intervalima koji su slični, takvi se radovi nazivaju periodični radovi i popravci. Jedan od najučestalijih primjera navedenoga jest bojanje zidova i stropova koji se uobičajeno obavlja svakih pet

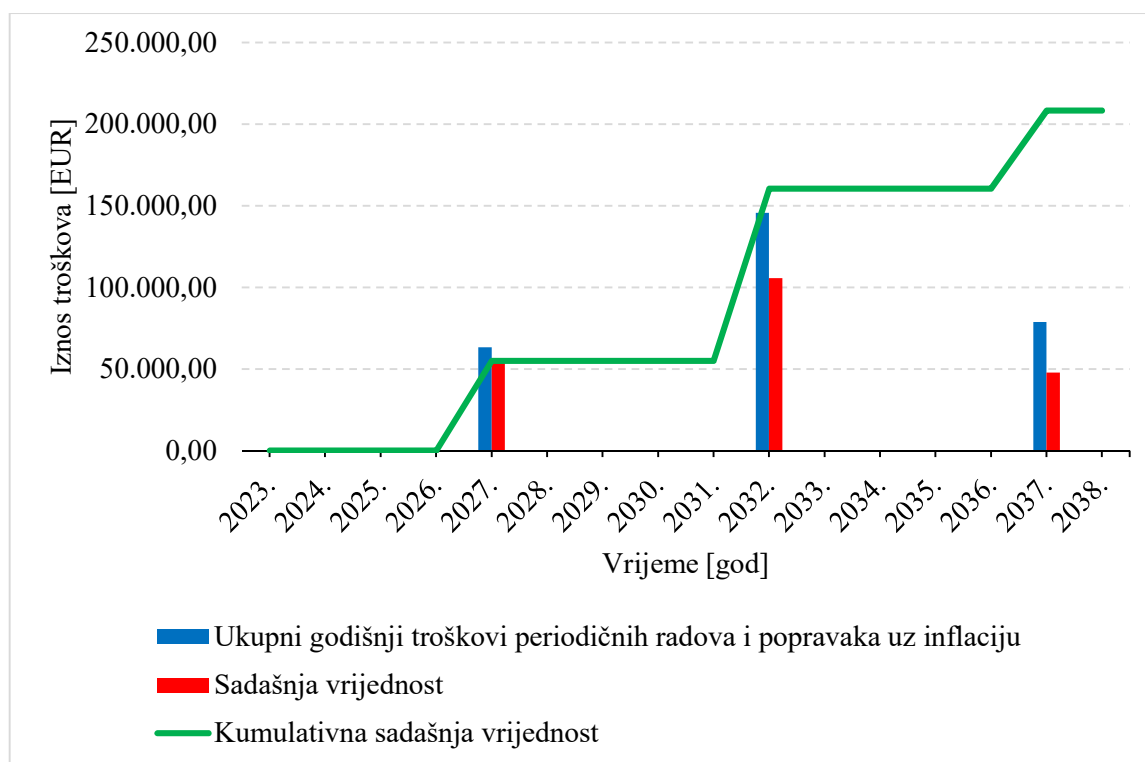
godina. Naravno, ti radovi i popravci ovise o intenzitetu uporabe, kulturi i ponašanju korisnika, vrsti građevine, radnim postupcima koji se obavljaju u zgradi, vanjskim uzročnicima i sl.

Troškovi periodičnih radova i popravaka za analiziranu građevinu za razdoblje od 15 godina prikazani su u tablici 5.3., a detaljnije su izloženi u prilogu 3.

Tablica 5.3. Troškovi periodičnih radova i popravaka

Redni broj	Opis aktivnosti	Ukupan trošak [EUR]
1.	bojanje unutarnjih zidova disperzivnom bojom	103.425,00
2.	bojanje stropova disperzivnom bojom	48.825,00
3.	bojanje fasade (sokla) fasadnom bojom	2.387,00
4.	brušenje i čišćenje podne obloge od kamenoga kompozita – stube i podesti	1.527,75
5.	brušenje i čišćenje podne obloge od granita – vanjske površine	2.445,00
6.	brušenje i lakiranje hrastovog parketa	39.420,00
7.	izrada razdjelne isprekidane crte puno-prazno 3/3, unutarnja prometnica	398,25
8.	obilježavanje parkirališta punom bijelom linijom širine 15 cm	433,50
9.	ličenje metalnoga dijela ograde na granici parcele	14.178,00
10.	ličenje ograde dvokrakoga stubišta visine 1 m	692,00
11.	ličenje cijevne mreže grijanja lakom otpornim na povećanu temperaturu	7.344,00
12.	ličenje radijatora	10.839,50
	Ukupni troškovi za 15 godina	287.899,64
	Sadašnja vrijednost troškova za 15 godina	208.330,41

Na slici 5.9. nalazi se grafički prikaz kumulativnih troškova periodičnih radova i popravaka za 15 godina na godišnjoj razini, troškova svedenih na sadašnju vrijednost te kumulativna sadašnja vrijednost troškova.



Slika 5.9. Grafički prikaz troškova periodičnih radova i popravaka

5.4. Troškovi reaktivnog održavanja

Reaktivno održavanje može se promatrati kao način održavanja kada dođe do određenoga kvara, oštećenja elementa ili sklopa građevine te obuhvaća različite vrste popravaka i zamjena. Troškove reaktivnoga održavanja nemoguće je predvidjeti ili je to jako teško jer nije moguće znati kada će se pojaviti određeni kvar. Na primjer, nije moguće znati hoće li i kada netko razbiti prozor, kada će se dogoditi olujno nevrijeme koje će oštetiti ili uništiti konstrukciju krova ili sam krovni pokrov, kada će vodovodna ili kanalizacijska cijev puknuti i sl. Iako su troškovi reaktivnoga održavanja nepredvidivi, potrebno ih je navesti što je više moguće s obzirom na promatranu građevinu kako bi ih se imalo na umu ako i kada dođe do kvara.

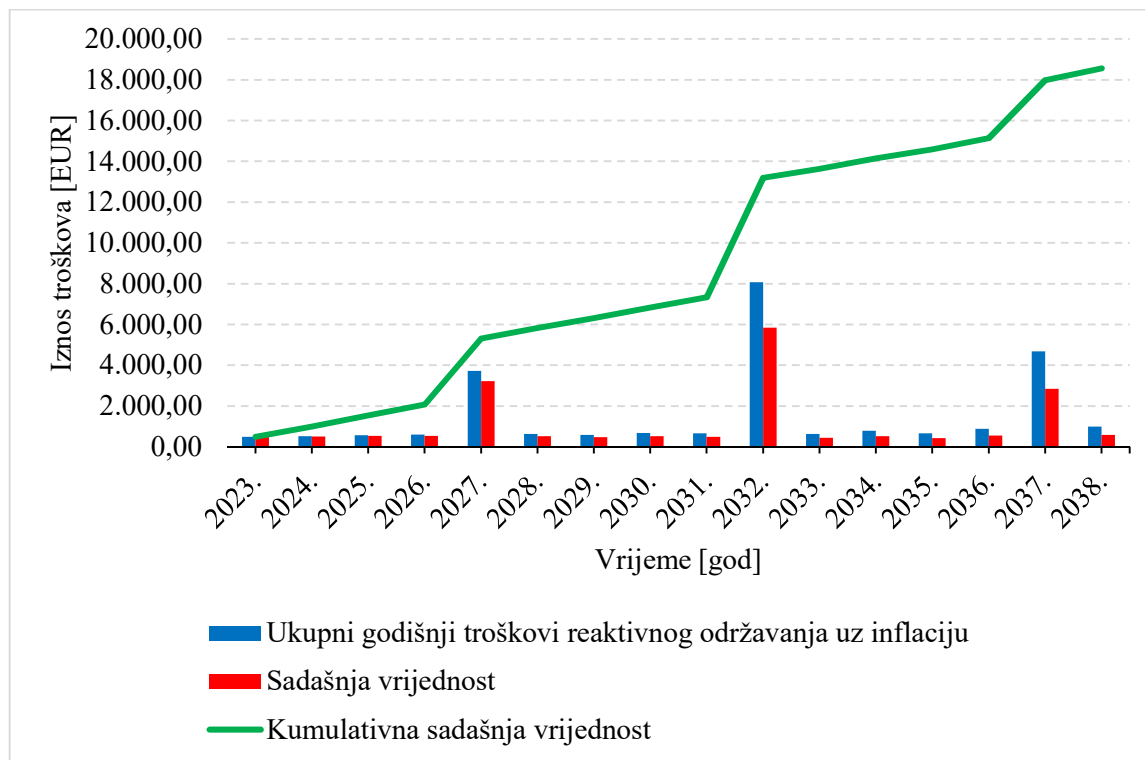
Troškovi su u planu održavanja građevine uzeti u iznosu od 5 % od ukupnoga zbroja prve tri grupe troškova (troškova zakonom propisanih periodičnih pregleda, troškova zamjene istrošenih materijala i elemenata te troškova periodičnih radova i popravaka).

Troškovi reaktivnoga održavanja građevine za razdoblje od 15 godina prikazani su u tablici 5.4., a detaljnije su izloženi u prilogu 3.

Tablica 5.4. Troškovi reaktivnoga održavanja

Redni broj	Opis aktivnosti	Ukupan trošak [EUR]
1.	ostakljenje razbijenih staklenih površina	5 % troškova iz stavki 5.1., 5.2. i 5.3.
2.	popravak limenoga opšava atike i nadstrešnice iznad ulaza	
3.	popravak ili zamjena okova, brava i kvaka	
4.	zamjena toaletne daske te opreme toaleta (držač toaletnoga papira, papirnatih ručnika i sl.)	
5.	popravak ili zamjena dijelova oborinske odvodnje	
6.	popravak ili zamjena baterija za toplu i hladnu vodu	
7.	zamjena rasvjetnih LED tijela	
8.	popravak gromobranske instalacije	
9.	popravak unutarnjih jedinica klima uređaja i sustava klimatizacije	
10.	popravak vatrodojave	
11.	popravak ili zamjena aluminijskih člankastih radijatora	
12.	popravak sustava grijanja	
13.	održavanje kanalizacijske mreže	
14.	održavanje vodovodne mreže	
15.	popravak ili zamjena podne obloge od hrastovog parketa	
16.	popravak popločenja od granitnih ploča	
17.	popravak podne obloge od keramičkih pločica	
18.	popravak podne obloge od linoleuma	
19.	popravak sustava videonadzora	
20.	popravak dijelova ulazne rampe (ograda, kamena podna obloga)	
21.	popravak unutarnjih prozorskih klupčica od kamenoga kompozita	
22.	zamjena električnih utičnica i prekidača	
23.	zidarski i soboslikarski popravak unutarnjih zidova	
24.	popravak protuprovalnoga sustava	
25.	popravak dizala	
26.	popravak dijelova unutarnje i vanjske hidrantske mreže	
27.	popravak aluminijskih vrata i prozora	
28.	zamjena ili popravak umivaonika, pisoara, vodokotlića i toaletne školjke	
29.	popravak sustava ventilacije	
30.	izvanredni popravak krova	
31.	popravak ili zamjena dijelova ventilirane fasade	
32.	popravak fasade izrađene od dekorativne žbuke	
33.	popravak ili zamjena ograde parcele	
34.	popravak električne podizne kombinirane pregrade u sportskoj dvorani	
35.	popravak ili zamjena pregradnih vodootpornih stijena toaleta	
	Ukupni troškovi za 15 godina	25.202,42
	Sadašnja vrijednost troškova za 15 godina	18.571,88

Na slici 5.10. vidljiv je grafički prikaz kumulativnih troškova reaktivnoga održavanja za 15 godina na godišnjoj razini, troškova svedenih na sadašnju vrijednost te kumulativna sadašnja vrijednost troškova.



Slika 5.10. Grafički prikaz troškova reaktivnoga održavanja

5.5. Troškovi uporabe

U troškove uporabe građevine svrstavaju se svi troškovi koji se javljaju samom uporabom zgrade. Važna stavka koja nosi velik udio troškova uporabe jest čišćenje zgrade i okoliša te kontrola i *sitni* popravci škole. Navedeno rade spremačice te domar i kotlovnica. U ovom su slučaju domar i kotlovnica jedan zaposlenik.

U *Državnom pedagoškom standardu srednjoškolskoga sustava odgoja i obrazovanja* (NN 63/08, 90/10), članku 10., stavku 1., podstavku 1.1. navodi se da je potreban „jedan radnik na poslovima čišćenja na svakih 800 m² zatvorenoga školskog prostora s centralnim grijanjem ili na 700 m² učioničkoga prostora (ili drugoga zatvorenog prostora u kojem se održava nastava) koji se grije na drva ili loživo ulje u svakoj prostoriji. Ukoliko je prostor zatvorenog školskog prostora za najmanje 25 % veći, odnosno manji od prethodno utvrđenog, broj izvršitelja utvrđuje se u odgovarajućem omjeru“ [137].

Kako je neto korisna površina škole 4.614,31 m², potrebno je šest radnika na poslovima čišćenja, odnosno točnije radi pet spremača na puno radno vrijeme i jedan na nepuno radno vrijeme.

Broj potrebnih spremača dobije se na sljedeći način:

broj spremača = $4.614,31 \text{ m}^2 / (800\text{m}^2/\text{spremač}) = 5,77$ spremača (5 spremača na puno radno vrijeme i jedan spremač na 80 % radnoga vremena)

Također, potreban je jedan domar i kotlovnica (kako je već navedeno da je to jedan te isti zaposlenik). Sveukupno na poslovima čišćenja zgrade i okoliša škole radi sedam zaposlenika. Osim uobičajenih troškova uporabe u obzir se uzeo i trošak potrošnog materijala kao što su sredstva i oprema za čišćenje jer se bez toga ne može održavati čistoća objekta te potrošni materijal u toaletima. Nadalje, kako se u troškove uporabe građevine ubraja i održavanje, odnosno čišćenje okoliša škole, potrebno je uračunati osnovna sredstva rada domara koje koristi za održavanje okoliša kao što su traktorska kosilica i motorni trimmer.

Troškovi uporabe građevine – električna energija, pitka voda i prirodni plin – dobiveni su izravno od škole te se mogu smatrati stvarnim troškovima. Dobiveni su troškovi po mjesecima te je napravljena njihova aritmetička sredina. Budući da je škola počela s radom tek početkom siječnja 2023. godine, ne postoje podatci za cijelu godinu te je, kako bi se bilo na strani sigurnosti, pretpostavljeno da se prosječni mjesečni trošak za električnu energiju, vodu i plin javlja svaki mjesec bez obzira na održavanje nastave u školi jer se tijekom praznika obavljaju različiti poslovi čišćenja škole, određeni zaposlenici rade, zalijevaju se biljke i stabla oko škole, provodi se stručna praksa učenika i sl.

Troškovi telefonskih i internetskih usluga, odvoza komunalnoga otpada i naknade za slivne vode također su dobiveni izravno iz administrativnih priloga škole te će se smatrati stvarnim troškovima. Prosječni mjesečni trošak potrošnog materijala je pretpostavljen.

Trošak kupovine nove traktorske kosilice i trimera za travu koji su nužni za održavanje okoliša škole određeni su s obzirom na trenutni tip i robnu marku s kojima škola raspolaže, odnosno koje trenutno koristi. Navedena traktorska kosilica i trimmer za travu smatraju se dugotrajnom materijalnom imovinom te takva imovina podliježe amortizaciji.

Amortizacija je postupno trošenje dugotrajne materijalne i nematerijalne imovine tijekom korisnoga vijeka upotrebe [138], odnosno smanjenje vrijednosti imovine zbog fizičkoga

trošenja, uništenja ili moralnoga odnosno ekonomskoga zastarijevanja kao posljedice razvoja znanosti i tehnologije [139]. Također, autori Crnković i sur. navode da je: „amortizacija sustavno otpisivanje dugotrajne nematerijalne i materijalne imovine razmjerno vremenu ili učestalosti njezine uporabe“ [140].

Dva su glavna razloga amortizacije fizičko kvarenje i zastarijevanje. Fizičko kvarenje materijalne imovine događa se uslijed njezine uporabe, izloženosti suncu, vjetru i sl. Zastarijevanje se odnosi na proces starenja, odnosno navedeno se događa kad su dostupne bolje inačice materijalne imovine zbog tehnološkoga napretka, kvalitetnijega dizajna i odrednica [47]. Razdoblje zamjene određeno je prema *Zakonu o porezu na dobit* (NN 177/04, 90/05, 57/06, 146/08, 80/10, 22/12, 148/13, 143/14, 50/16, 115/16, 106/18, 121/19, 32/20, 138/20, 114/22) [141] te *Pravilniku o porezu na dobit* (NN 95/05, 133/07, 156/08, 146/09, 123/10, 137/11, 61/12, 146/12, 160/13, 12/14, 157/14, 137/15, 1/17, 2/18, 1/19, 1/20, 59/20, 1/21, 156/22) [142]. U *Zakonu o porezu na dobit* navode se godišnje amortizacijske stope za različitu dugotrajnu imovinu te se traktorska kosilica i trimer za travu mogu svrstati u opremu ili mehanizaciju te amortizacijska stopa iznosi 25 %, odnosno amortizacijski vijek iznosi četiri godine [141].

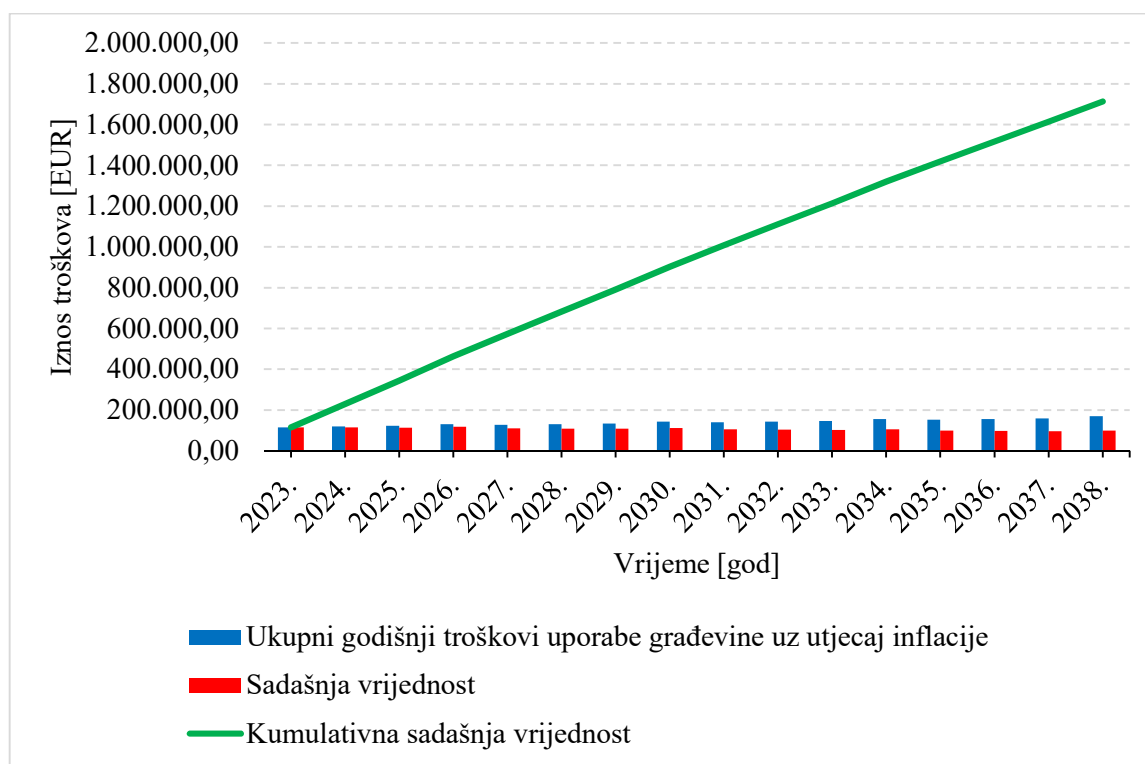
Troškovi osoblja zaposlenika za šest čistača i domara dani su u ukupnom trošku plaća koje plaća poslodavac. Navedeni troškovi plaća izračunati su temeljem autoru dostupnih podataka.

Troškovi uporabe građevine za razdoblje od 15 godina prikazani su u tablici 5.5., a detaljnije su vidljivi u prilogu 3.

Tablica 5.5. Troškovi uporabe

Redni broj	Opis aktivnosti	Ukupan trošak [EUR]
1.	opskrba električnom energijom	158.591,04
2.	opskrba pitkom vodom	13.893,12
3.	opskrba prirodnim plinom	135.708,67
4.	telefonske i internetske usluge	29.568,00
5.	odvoz komunalnoga otpada	35.520,00
6.	naknada za slivne vode	15.231,36
7.	čišćenje zgrade i okoliša	1.363.200,00
8.	potrošni materijal (sredstva i oprema za čišćenje)	96.000,00
9.	osnovna sredstva rada domara (kosilica, motorni trimer)	22.400,00
	Ukupni troškovi za 15 godina	2.250.491,68
	Sadašnja vrijednost troškova za 15 godina	1.714.484,19

Na slici 5.11. izložen je grafički prikaz kumulativnih troškova uporabe za 15 godina na godišnjoj razini, troškova svedenih na sadašnju vrijednost te kumulativna sadašnja vrijednost troškova.



Slika 5.11. Grafički prikaz troškova uporabe

5.6. Usporedba ukupnih troškova i troškova svedenih na sadašnju vrijednost

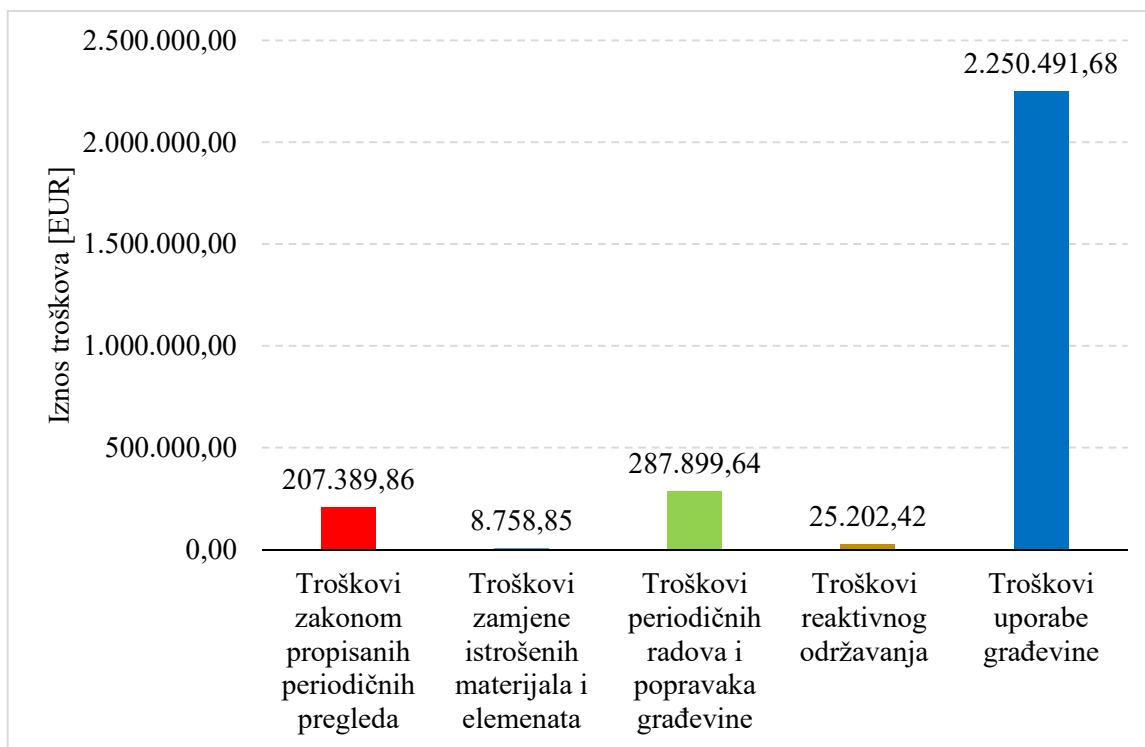
5.6.1. Ukupni troškovi održavanja i uporabe

U tablici 5.6. prikazani su ukupni troškovi održavanja i uporabe za 15 godina.

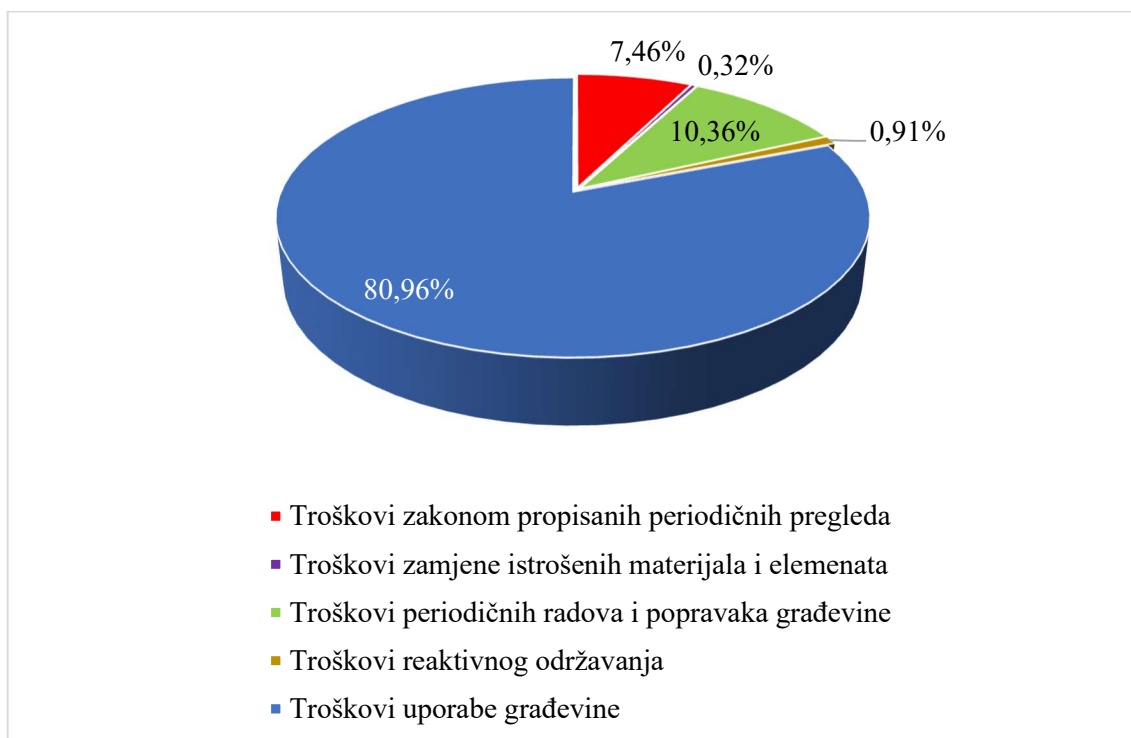
Tablica 5.6. Ukupni troškovi održavanja građevine za 15 godina

Skupina troškova	Ukupni troškovi [EUR]	Udio u ukupnom trošku [%]
troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda	207.389,86	7,46
troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata	8.758,85	0,32
troškovi periodičnih radova i popravaka građevine	287.899,64	10,36
troškovi reaktivnoga održavanja	25.202,42	0,91
troškovi uporabe građevine	2.250.491,68	80,96
Ukupno za 15 godina	2.779.742,45	100,00

Na slici 5.12. vidljiv je grafički prikaz svake skupine troškova od analiziranih pet skupina, dok su na slici 5.13. prikazani udjeli pojedinih skupina troškova u ukupnom trošku održavanja.



Slika 5.12. Ukupni troškovi održavanja po skupinama troškova za 15 godina



Slika 5.13. Prikaz udjela pojedinih skupina troškova u ukupnom trošku

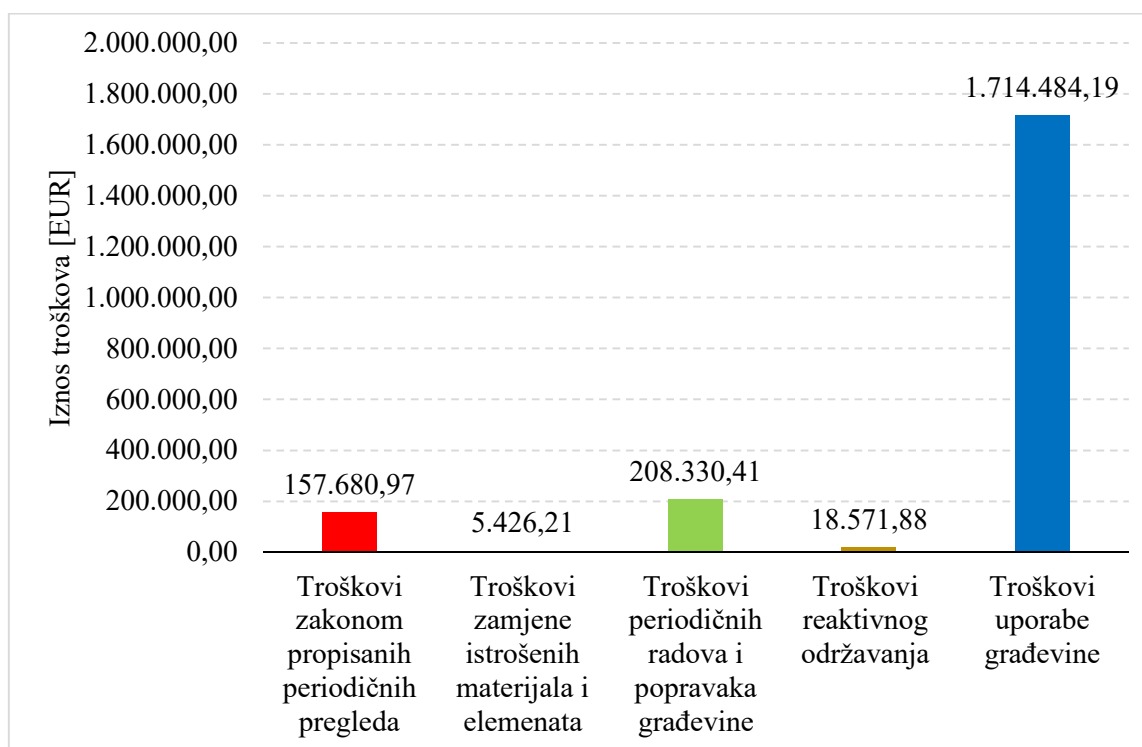
5.6.2. Ukupni troškovi svedeni na sadašnju vrijednost

U tablici 5.7. prikazana je ukupna sadašnja vrijednost troškova održavanja za 15 godina. Korištena diskontna stopa iznosi 3,64 %.

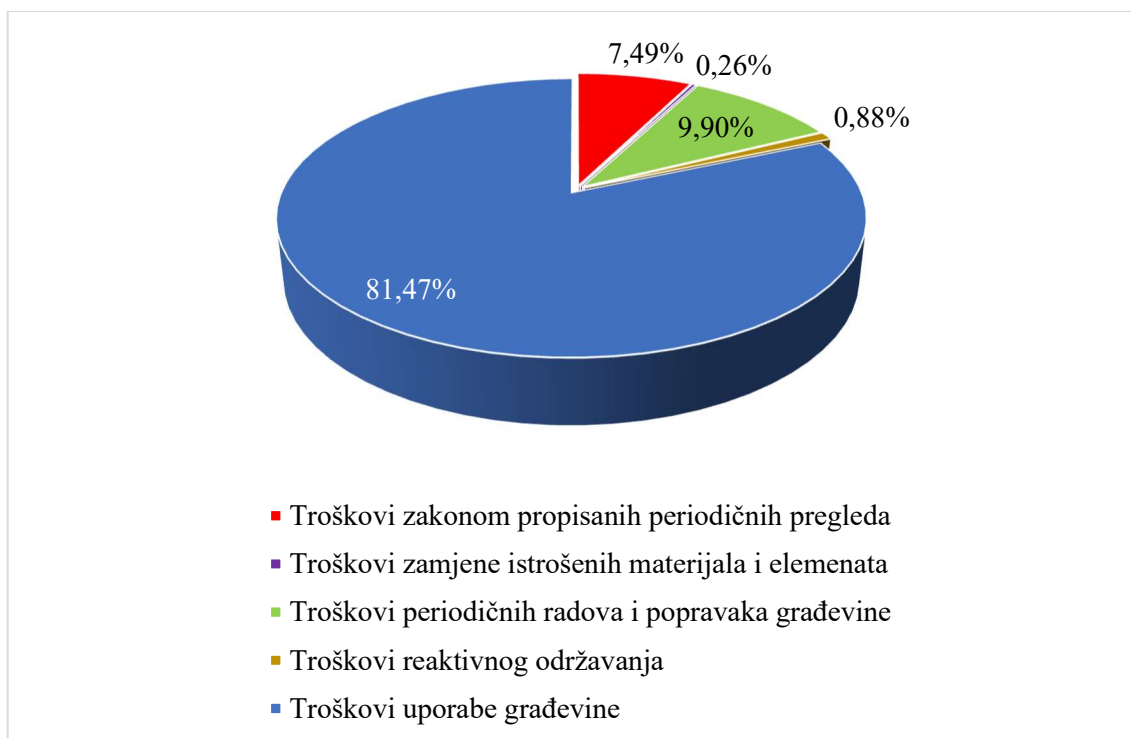
Tablica 5.7. Ukupna sadašnja vrijednost troškova održavanja građevine za 15 godina

Skupina troškova	Ukupni troškovi [EUR]	Udio u ukupnom trošku [%]
troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda	157.680,97	7,49
troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata	5.426,21	0,26
troškovi periodičnih radova i popravaka građevine	208.330,41	9,90
troškovi reaktivnoga održavanja	18.571,88	0,88
troškovi uporabe građevine	1.714.484,19	81,47
Ukupno za 15 godina	2.104.493,66	100,00

Na slici 5.14. izložen je grafički prikaz svake skupine sadašnje vrijednosti troškova od analiziranih pet skupina, dok su na slici 5.15. prikazani udjeli pojedinih skupina troškova u ukupnoj sadašnjoj vrijednosti troška održavanja i uporabe.



Slika 5.14. Ukupna sadašnja vrijednost troškova održavanja po skupinama troškova za 15 godina



Slika 5.15. Prikaz udjela pojedinih skupina troškova u ukupnoj sadašnjoj vrijednosti troška

5.7. Analiza osjetljivosti

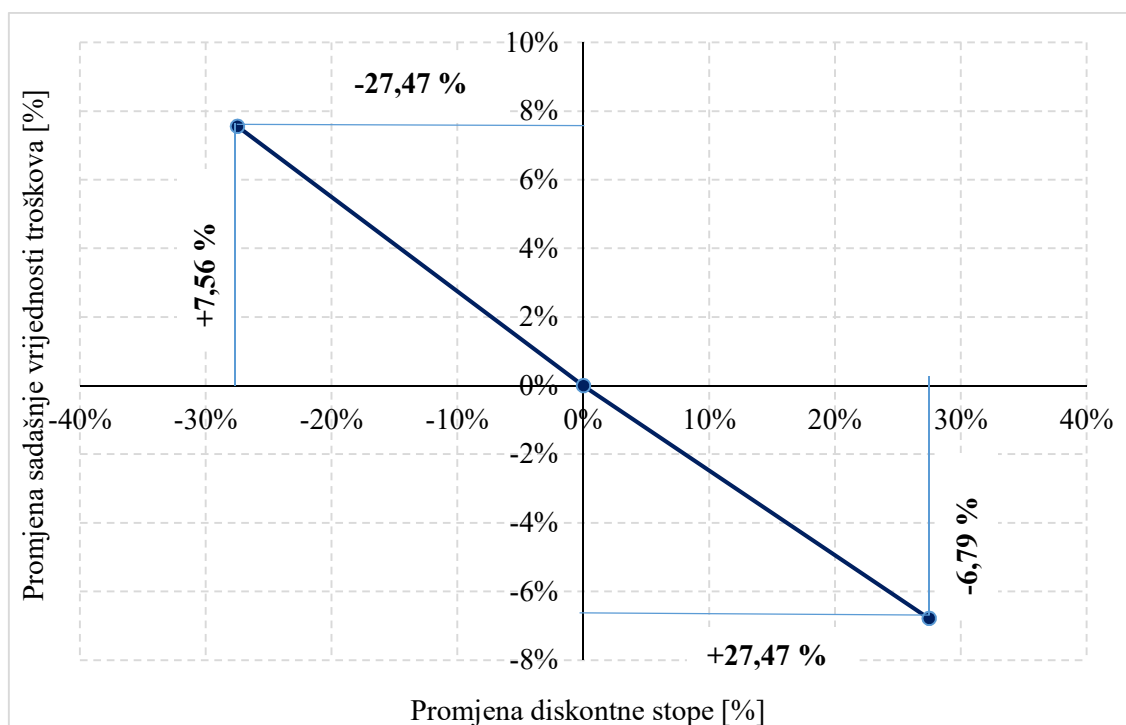
U provedbi analize osjetljivosti prvo će se varirati diskontna stopa za +1 %, odnosno za -1% od one koja je uzeta na početku analize. Navedeno znači da ako je početna diskontna stopa jednaka 3,64 %, onda će nove dvije vrijednosti biti 2,64 %, odnosno 4,64 %. Tada će se izračunati novi ukupni troškovi održavanja i uporabe građevine i pripadajuća promjena navedenih troškova u postotcima.

Zatim će se varirati razdoblje analize za +5 godina, odnosno za -5 godina od razdoblja koje iznosi 15 godina i koje je napravljeno u početnom planu i programu održavanja. Stoga će novodobivene vrijednosti iznositi 10 godina, odnosno 20 godina. Nakon toga izračunat će se ukupni troškovi održavanja i uporabe građevine i promjene troškova izražene u postotcima.

U tablici 5.8. prikazana je analiza osjetljivosti u kojoj je varirana diskontna stopa za +/- 1 % u odnosu na početnu, dok je grafički prikaz vidljiv na slici 5.16. Detaljniji prikaz nalazi se u prilogu 4.

Tablica 5.8. Analiza osjetljivosti – promjena diskontne stope za +/- 1 %

Diskontna stopa	Promjena diskontne stope	Sadašnja vrijednost troškova [EUR]	Promjena sadašnje vrijednosti troškova
2,64 %	-27,47 %	2.263.591,93	7,56 %
3,64 %	0,00 %	2.104.493,66	0,00 %
4,64 %	27,47 %	1.961.671,20	-6,79 %

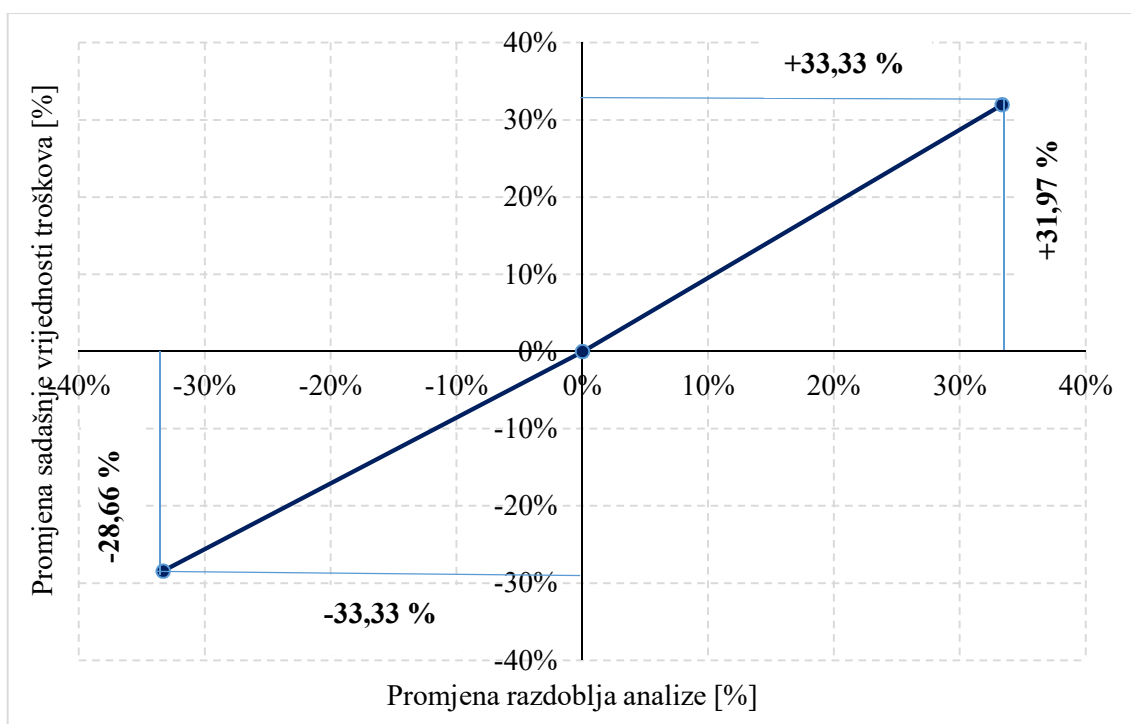


Slika 5.16. Rezultati analize osjetljivosti – promjena diskontne stope za +/- 1 %

U tablici 5.9. prikazana je analiza osjetljivosti u kojoj je varirano razdoblje analize za +/- 5 godina u odnosu na početno, dok je grafički prikaz ponuđen na slici 5.17. Detaljniji prikaz nalazi se u prilogu 5.

Tablica 5.9. Analiza osjetljivosti – promjena razdoblja analize za +/- 5 godina

Razdoblje analize [god]	Promjena razdoblja analize	Sadašnja vrijednost troškova održavanja i uporabe [EUR]	Promjena sadašnje vrijednosti troškova
10	-33,33 %	1.501.340,33	-28,66 %
15	0,00 %	2.104.493,66	0,00 %
20	33,33 %	2.777.349,16	31,97 %



Slika 5.17. Rezultati analize osjetljivosti – promjena razdoblja analize za +/- 5 godina

5.8. Odnos kapitalnih troškova i troškova održavanja građevine

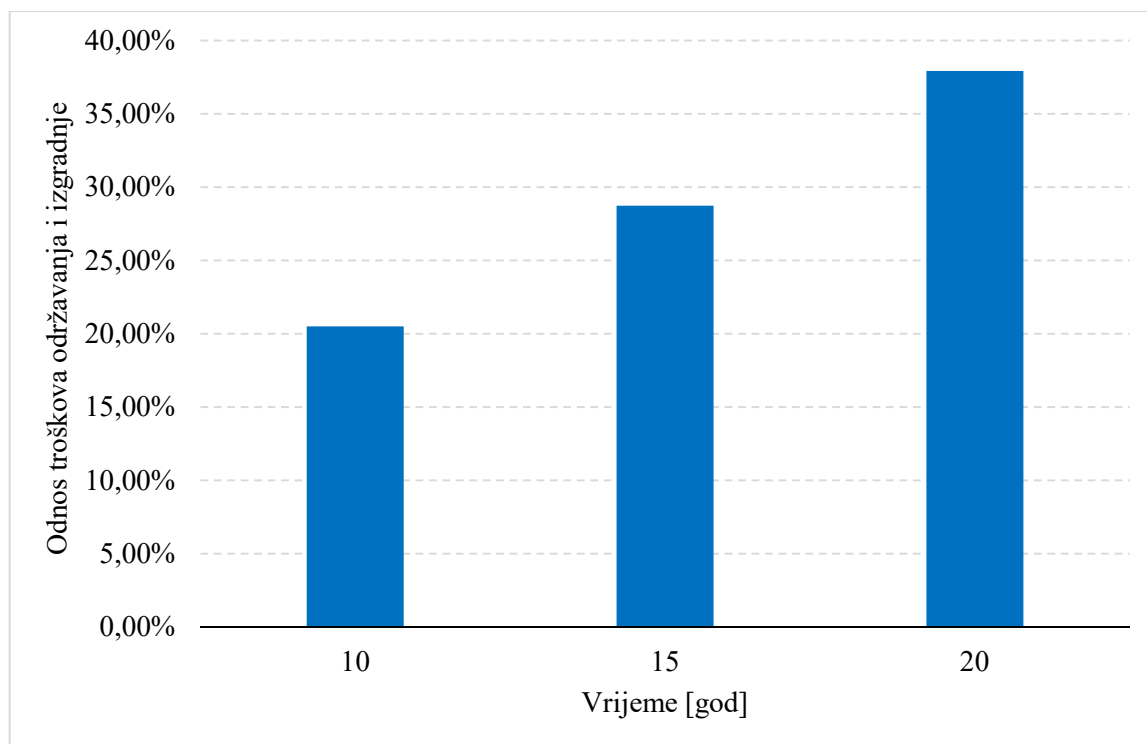
Trošak izgradnje i opremanja školske zgrade i nastavno-sportske dvorane ukupne je vrijednosti više od 62 milijuna kuna [143], [144] (8,30 milijuna EUR), odnosno vrijednost je izgradnje 7.320.498,46 EUR, a njeno opremanje 991.703,74 EUR [145].

U tablici 5.10. prikazan je odnos troškova održavanja i uporabe za 10, 15 i 20 godina, respektivno, u odnosu na troškove izgradnje škole.

Tablica 5.10. Odnos troškova održavanja i kapitalnih troškova za promatrana tri razdoblja

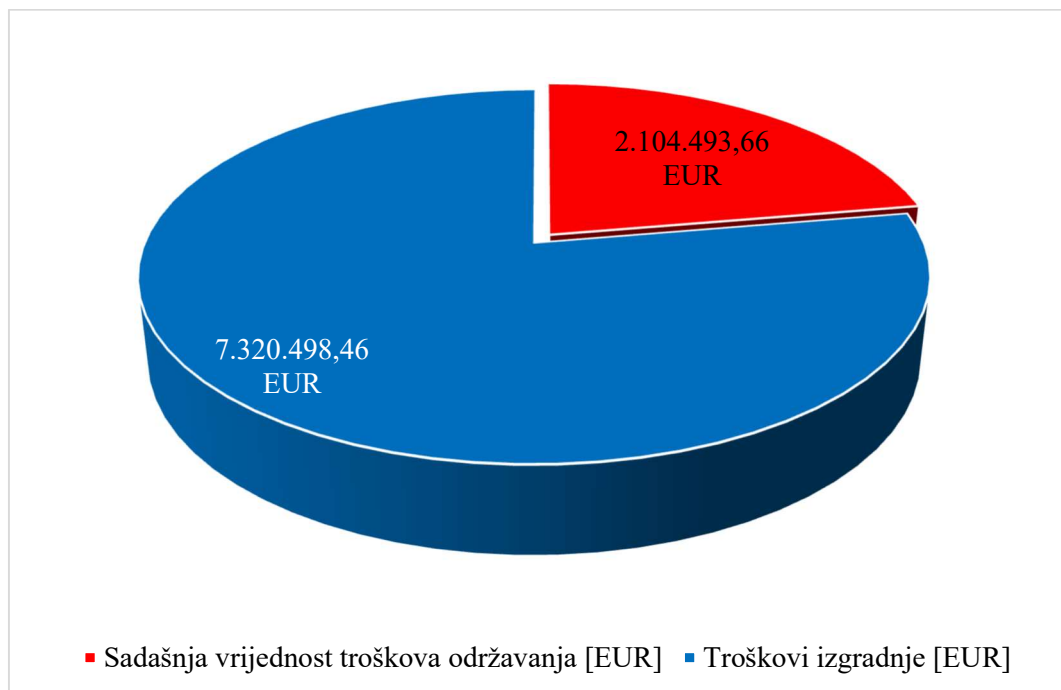
Razdoblje analize [god]	Sadašnja vrijednost troškova održavanja i uporabe [EUR]	Troškovi izgradnje [EUR]	Odnos troškova održavanja i troškova izgradnje
10	1.501.340,33	7.320.498,46	20,51 %
15	2.104.493,66		28,75 %
20	2.777.349,16		37,94 %

Na slici 5.18. prikazan je porast omjera troškova održavanja i uporabe i troškova izgradnje za razdoblja od 10, 15 i 20 godina.



Slika 5.18. Odnos troškova održavanja i uporabe i troškova izgradnje za 10, 15 i 20 godina

Na slici 5.19. prikazani su kapitalni troškovi (troškovi izgradnje škole) i troškovi održavanja i uporabe za 15 godina, uključujući ovu, početnu 2023. godinu.



Slika 5.19. Troškovi održavanja i uporabe za razdoblje od 15 godina te troškovi izgradnje

6. Rasprava

U ovom diplomskom radu izrađen je te prikazan plan i program održavanja građevine. Početna godina analize bila je ova, 2023. godina, dok je sam plan i program održavanja građevine izrađen za razdoblje od 15 godina, odnosno od 2023. do 2038. godine. Korištena diskontna stopa iznosi 3,64 %. Kod izračuna troškova uzela se u obzir i inflacija. Za procjenu uporabnoga vijeka nekoga elementa ili sklopa korištena je faktorska metoda. Navedeno je dalje poslužilo za određivanje intervala zamjene istrošenih materijala i elemenata, odnosno za izračun troškova.

Sadašnja vrijednost troškova održavanja i uporabe građevine za 15 godina iznosi 2.104.493,66 EUR, a najveći udio u tim troškovima ima trošak uporabe građevine s 1.714.484,19 EUR (81,47 %), zatim slijede troškovi periodičnih radova i popravaka građevine s 208.330,41 EUR (9,90 %). Treći su po veličini troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda koji iznose 157.680,97 EUR (7,49 %), a nakon toga su troškovi reaktivnoga održavanja s 18.571,88 EUR (0,88 %) i troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata s 5.426,21 EUR (0,26 %). Razumljivo je da su troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata najmanji jer je zgrada tek izgrađena te gotovo svi ugrađeni materijali i elementi imaju uporabni vijek dulji od 15 godina.

Analizom osjetljivosti napravljeno je variranje diskontne stope te su izračunati novi iznosi sadašnje vrijednosti troškova održavanja. Utvrđeno je da odabir diskontne stope ima velik utjecaj na sadašnju vrijednost troškova održavanja. Za diskontnu stopu od 3,64 % sadašnja je vrijednost troškova održavanja 2.104.493,66 EUR. Promjenom vrijednosti diskontne stope na 2,64 %, što je postotna promjena od -27,47 %, sadašnja vrijednost troškova održavanja i uporabe iznosi 2.263.591,93 EUR, odnosno porasla je za 7,56 %. Povećanjem diskontne stope na 4,64 %, što je postotna promjena od +27,47 %, sadašnja vrijednost troškova održavanja i uporabe smanjuje se na 1.961.671,20 EUR. To je smanjenje od 6,79 %. Iz navedenoga može se zaključiti da kod povećanja diskontne stope sadašnja vrijednost troškova održavanja smanjuje se sporije nego što se događa povećanje sadašnje vrijednosti troškova kod smanjenja diskontne stope.

Također, variralo se razdoblje analize. Početno razdoblje analize bilo je 15 godina te su ukupni troškovi iznosili 2.104.493,66 EUR. Za razdoblje analize od 10 godina sadašnja vrijednost troškova održavanja iznosi 1.501.340,33 EUR, odnosno razdoblje analize smanjilo se za 33,33

%, a troškovi su se smanjili za 28,66 %. Povećanjem razdoblja analize na 20 godina, što je povećanje od 33,33 %, dolazi do povećanja sadašnje vrijednosti troškova održavanja od 31,97 %, i u tom slučaju troškovi iznose 2.777.349,16 EUR. Uočava se kako povećanje razdoblja analize generira veći porast troškova nego što se događa smanjenje troškova u slučaju smanjenja razdoblja analize. Navedeno se može objasniti na način da građevina počinje znatnije starjeti, počinju određeni procesi degradacije materijala i elemenata građevine, sve veći broj materijala i elemenata potrebno je obnavljati ili zamijeniti te troškovi održavanja počinju rasti.

Prikazano je kako odnos sadašnje vrijednosti troškova održavanja i uporabe za razdoblje od 15 godina i kapitalnih troškova (troškova izgradnje) iznosi 28,75 %. Navedeno znači da za razdoblje od 15 godina troškovi održavanja i uporabe dostižu više od jedne četvrtine kapitalnih troškova. Kada se razdoblje smanji na 10 godina, taj odnos iznosi 20,51 %, a povećanjem razdoblja analize na 20 godina odnos sadašnje vrijednosti troškova održavanja i uporabe za razdoblje od 15 godina i kapitalnih troškova je 37,94 %.

7. Zaključak

Pregledom dosadašnjih istraživanja o predviđanju troškova održavanja građevina pokazano je kako je predmetno područje rezultat mnogih istraživanja. Međutim, bez obzira na navedeno nedostaje praktične literature koja bi pomogla u boljem proučavanju problematike održavanja građevina i predviđanju troškova istih. Literatura je većinom teorijske prirode.

U radu je dana teorijska podloga o održavanju građevina i predviđanju troškova održavanja. Dan je kratak osvrt na zakonsku regulativu koje ima dosta. Pokazano je kako u životnom ciklusu građevine razdoblje održavanja i uporabe traje najdulje. Uporabom faktorske metode izračunat je uporabni vijek određenih elemenata građevine. Pomoću metode sadašnje vrijednosti troškovi održavanja i uporabe građevine iz budućnosti svedeni su na sadašnju vrijednost. Također, kako je prisutan rast cijena, odnosno inflacija, u izračun je troškova uzet i utjecaj inflacije. Održavanje građevina važan je zadatak jer se tako produljuje uporabni vijek građevine, korisnici iste osjećaju se ugodno u njoj, troškovi uporabe su niži ako je građevina prikladna za uporabu. Za održavanje nužno je imati planirana novčana sredstva za svaku godinu. Ako sredstva nisu predviđena, neće biti moguće pravilno i pravovremeno održavati građevinu, građevina će sve više propadati, a njezino stavljanje u prvobitno stanje bit će sve skuplje, a u nekim slučajevima neće biti ni moguće ako dođe do prevelikih oštećenja koje će biti teško ili preskupo sanirati.

Već na početku životnoga vijeka građevine (pri projektiranju), moguće je uz niske troškove napraviti izmjene koje mogu pridonijeti smanjenju troškova održavanja i uporabe. Kako projekt traje dulje, ide prema fazi realizacije i kada biva izgrađen, time je sve teže i skuplje izvršiti izmjenu projekta (građevine). Stoga je na samom početku projekta izgradnje građevine važno voditi brigu o budućnosti, odnosno o troškovima održavanja i uporabe građevine.

Na primjeru građevine visokogradnje, u naravi srednje škole, prikazani su troškovi održavanja i uporabe. Izračunati su udjeli pojedinih grupa troškova u ukupnim troškovima održavanja i uporabe. Troškovi održavanja vrlo brzo dostižu značajne vrijednosti kapitalnih troškova građevine. Tako je ovdje slučaj da troškovi održavanja i uporabe za razdoblje od 20 godina iznose oko 38 % kapitalnih troškova. Od promatranih pet grupa troškova najveći su troškovi oni koje generira uporaba građevine i oni iznose oko 80 % ukupnih troškova održavanja građevine. Stoga je o troškovima uporabe važno voditi brigu. Samo se pravovremenim i pravilnim održavanjem sprječava propadanje građevine, a time se istovremeno i pravovremeno

razmišlja o troškovima uporabe građevine jer, na primjer, ako je toplinska izolacija zgrade nedostatna ili oštećena, ako su prozori i općenito svi otvori na građevini loši i velika je zrakopropusnost, to će generirati i velike troškove grijanja i hlađenja koji ulaze u troškove uporabe građevine.

Kod odabira kvalitete građevinskih dijelova i elemenata važno je voditi brigu jer neki element u početku može biti jeftiniji, ali njegov uporabni vijek kraći, a također ga može biti teško zamijeniti te će, na kraju, kada se sve uzme u obzir, takav inicijalno jeftiniji element biti skuplji od onoga koji je na prvi pogled bio skuplji.

Održavanje građevine važan je posao u građevinskom sektoru jer je sve manje raspoloživoga zemljišta za izgradnju novih građevina, a postojeće su građevine svakim danom starije i podložnije oštećenjima. Stoga, održavanje se ne smije prepustiti slučaju, kao ni planiranje budžeta za isto. Samo planiranjem budžeta može se računati na dostatne mogućnosti pravilnoga održavanja. U diplomskom je radu pokazano kako je moguće predvidjeti troškove održavanja i uporabe građevine. Naravno, važno je naglasiti da su to ipak predviđanja, a na troškove održavanja i uporabe utječe jako mnogo čimbenika kao što su troškovi građevinskih materijala, troškovi energenata, stručnost i sposobnost onoga koji procjenjuje, odnosno predviđa troškove, kvaliteta elemenata građevine i kvaliteta izgradnje, složenost građevine, stručnost onoga koji održava građevinu, odnos korisnika građevine prema istoj itd.

Popis literature

- [1] A. Al-Hajj, M. W. Horner, Modelling the running costs of buildings, *Construction Management and Economics*, vol. 16, no. 4, pp. 459–470, 1998.
- [2] G. Ćirović, O. Luković, *Građevinska ekonomija*, Četvrto izdanje. Beograd, Srbija: Visoka građevinsko-geodetska škola u Beogradu, 2007.
- [3] W. Du, J. Yu, Y. Gu, Y. Li, X. Han, Q. Liu, Preparation and application of microcapsules containing toluene-di-isocyanate for self-healing of concrete, *Construction and Buildings Materials*, vol. 202, pp. 762–769, 2019.
- [4] B. Van Belleghem, K. Van Tittelboom, N. De Belie, Efficiency of self-healing cementitious materials with encapsulated polyurethane to reduce water ingress through cracks, *Materiales de Construcción*, vol. 68, no. 330, 2018.
- [5] B. Wood, *Building Care*. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, 2003.
- [6] P. Wordsworth, *Lee's Building Maintenance Management*. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, 2001.
- [7] D. Allen, What Is Building Maintenance?, *Facilities*, vol. 11, no. 3, pp. 7–12, 1993.
- [8] I. H. Seeley, The Nature and Importance of Building Maintenance, in *Building Maintenance*, London: Macmillan Education UK, 1976, pp. 1–21.
- [9] The International Facility Management Association, What is Facility Management, 2021. [Online]. Dostupno na: <https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management>. (Pristupljeno 28.08.2023.).
- [10] ISO, ISO 41011:2017(en) Facility management — Vocabulary, 2017. [Online]. Dostupno na: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:41011:ed-1:v1:en>. (Pristupljeno 28.07.2023.).
- [11] S. A. Alhammadi, Phases of Facility Management and Role of Facility Manager: A Building Construction Perspective, *Indianan Journal of Science and Technology*, vol. 12, no. 35, pp. 1–8, 2019.
- [12] B. Wood, *Building Maintenance*. Wiley-Blackwell, 2009.
- [13] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Zakon o gradnji*. (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19), 2019.
- [14] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o održavanju građevina*. (NN 122/14, 98/19), 2019.
- [15] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Uredba o održavanju zgrada*. (NN 64/97), 1997.
- [16] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Zakon o zaštiti na radu*. (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18), 2018.
- [17] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Zakon o vlasništvu i drugim stvarnim pravima - pročišćeni tekst zakona*. (NN 91/96, 68/98, 137/99, 22/00, 73/00, 129/00, 114/01, 79/06, 141/06, 146/08, 38/09, 153/09, 143/12, 152/14, 81/15, 94/17), 2017.

- [18] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Zakon o zaštiti od požara*. (NN 92/10, 114/22), 2022.
- [19] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o sigurnosti strojeva*. (NN 28/11), 2011.
- [20] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša*. (NN 16/16, 120/22), 2022.
- [21] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o sigurnosti dizala u uporabi*. (NN 5/19), 2019.
- [22] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom visoke razine opasnosti*. (NN 75/20), 2020.
- [23] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o opremi i zaštitnim sustavima namijenjenim za uporabu u potencijalno eksplozivnim atmosferama*. (NN 33/16), 2016.
- [24] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju*. (NN 88/17, 90/20, 01/21, 45/21), 2021.
- [25] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara*. (NN 44/12, 98/21, 89/22), 2022.
- [26] S. Marenjak, H. Krstić, *Održavanje zgrada javne namjene*. Osijek: Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, 2020.
- [27] ISO, Hrvatski zavod za norme, *Zgrade i druge građevine - Planiranje vijeka uporabe - 1. dio: Opća načela i okvir (ISO 15686-1:2011)*, Zagreb, 2011.
- [28] ISO, Hrvatski zavod za norme, *Zgrade i druge građevine - Planiranje vijeka uporabe - 2. dio: Postupci i predviđanja vijeka uporabe (ISO 15686-2:2012)*, Zagreb, 2013.
- [29] ISO, Hrvatski zavod za norme, *Zgrade i druge građevine - Planiranje vijeka uporabe - 3. dio: Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava (ISO 15686-3:2002)*, Zagreb, 2004.
- [30] ISO, Hrvatski zavod za norme, *Građevine - Planiranje uporabnog vijeka - 5. dio: Trošak životnog ciklusa (ISO 15686-5:2008)*, 2009.
- [31] ISO, Hrvatski zavod za norme, *Građevine - Planiranje uporabnog vijeka - 8. dio: Referentni uporabni vijek i njegovca procjena (ISO 15686-8:2008)*, 2009.
- [32] R. Raković, *Kvalitet u upravljanju projektima*. Novi Sad: Građevinska knjiga, 2007.
- [33] Designing Buildings Ltd., *Maintenance*, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Maintenance>. (Pristupljeno 21.06.2023.).
- [34] PPP centar, *Ukupni životni troškovi*, 2016. [Online]. Dostupno na: <https://www.pppcentar.com/ukupni-zivotni-troskovi/>. (Pristupljeno 21.06.2023.).
- [35] A. Čaušević, N. Rustempašić, *Rekonstrukcije zidanih objekata visokogradnje*. Sarajevo, Bosna i Hercegovina: Univerzitet u Sarajevu, Arhitektonski fakultet, 2014.
- [36] S. Kosanović, *Ekološki ispravne zgrade, Uvod u planiranje i projektovanje*. Beograd, Srbija: Zadužbina Andrejević, 2009.
- [37] D. Frković i sur., *Održavanje i gospodarenje imovinom*. Zagreb: Hrvatsko društvo

- održavatelja, 2016.
- [38] B. Bognar, S. Marenjak, H. Krstić, Analiza stvarnih i planiranih troškova održavanja i uporabe građevina, *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS*, vol. 2, no. 3, pp. 85–96, 2011.
- [39] S. Marenjak, M. A. El-Haram, R. M. W. Horner, Procjena ukupnih troškova projekata u visokogradnji, *Građevinar*, vol. 54, no. 07, pp. 393–401, 2002.
- [40] S. Marenjak, H. Krstić, Analysis of buildings operation and maintenance costs, *Građevinar*, vol. 64, no. 4, pp. 293–303, 2012.
- [41] D. Aničić, *Planiranje uporabnog vijeka građevina (prijevod norma niza ISO 15686 s autorskim uvodom i komentarima)*. Zagreb: Hrvatski savez građevinskih inženjera, 2004.
- [42] T. Nireki, T. Inukai, K. Motohashi, Toward Practical Application of Factor Method for Estimating Service Life of Building, in *The 9th International Conference on Durability of Building Materials and Components*, 2002.
- [43] A. Jardim, A. Silva, J. de Brito, Application of the factor method to the service life prediction of architectural concrete, *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 46, no. 11, pp. 1054–1062, 2019.
- [44] Des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) sowie des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen - Endbericht, 2010.
- [45] Institut für Erhaltung und Modernisierung and von B. e. V. an der T. Berlin, Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten, Info-Blatt Nr. 4.2, Berlin, Germany, 2006.
- [46] F. Jason, Investopedia, Net Present Value (NPV): What It Means and Steps to Calculate It, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>. (Pristupljeno 19.06.2023.).
- [47] F. R. Meigs, B. W. Meigs, *Računovodstvo: Temelj poslovnog odlučivanja*, Deveto izdanje. Zagreb: MATE d.o.o. Zagreb, 1999.
- [48] K. Čulo, *Ekonomika investicijskih projekata*. Osijek: Građevinski fakultet Osijek, 2010.
- [49] B. Medanić, I. Pšunder, V. Skendrović, *Neki aspekti financiranja i financijskog odlučivanja u građevinarstvu*. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet, 2005.
- [50] J. Bendeković i sur., *Priprema i ocjena investicijskih projekata*. Zagreb: FOIP, 2007.
- [51] C. J. Van Horne, M. J. Wachowicz, *Osnove financijskog menadžmenta*, Trinaesto izdanje. MATE d.o.o. Zagreb, ZSEM, 2014.
- [52] M. L. Weitzman, Gamma Discounting, *American Economic Review*, vol. 91, no. 1, pp. 260–271, 2001.
- [53] E. Sterner, Life-cycle costing and its use in the Swedish building sector, *Building Research & Information*, vol. 28, no. 5–6, pp. 387–393, 2000.
- [54] Agencija za javno privatno partnerstvo, *Diskontiranje i diskontna stopa kod projekata javno-privatnog partnerstva*, *Priručnici za pripremu i provedbu modela javno-*

- privatnog partnerstva, Priručnik br. 1, Verzija 1*. Zagreb: Agencija za javno privatno partnerstvo, 2012.
- [55] Đ. Borozan, *Makroekonomija*, 2. izmijenjeno izdanje. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku, 2006.
- [56] Đ. Borozan, *Makroekonomija*, 4. izmijenjeno izdanje. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku, 2019.
- [57] Europska komisija, Obavijest Europske komisije o referentnoj, diskontnoj i povratnoj stopi od 1. 6. 2023., 2023.
- [58] D. Keček, The Effects of Rising Energy Prices on Inflation in Croatia, *Energies*, vol. 16, no. 4, p. 1583, 2023.
- [59] O. Bednář, A. Čečrdlová, B. Kadeřábková, P. Řežábek, Energy Prices Impact on Inflationary Spiral, *Energies*, vol. 15, no. 9, p. 3443, 2022.
- [60] European Central Bank, What is inflation?, 2023. [Online]. Dostupno na: https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/what_is_inflation.en.html. (Pristupljeno 25.07.2023.).
- [61] J. Fernando, Inflation: What It IS, How It Can Be Controlled, and Extreme Examples, *Investopedia*, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://www.investopedia.com/terms/i/inflation.asp>. (Pristupljeno 25.07.2023.).
- [62] M. Babić, *Makroekonomija*, Trinaesto izdanje. Zagreb: MATE d.o.o. Zagreb, 2003.
- [63] Hrvatska narodna banka, Tablica J1: Indeksi potrošačkih cijena i proizvođačkih cijena industrije, Zagreb, 2023.
- [64] Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Indeksi potrošačkih cijena u svibnju 2023. - Priopćenje, Zagreb, 2023.
- [65] Hrvatska narodna Banka, Inflacija mjerena indeksom potrošačkih cijena i temeljna inflacija h-rs_10, Zagreb, 2023.
- [66] Hrvatska narodna banka, Makroekonomska kretanja i prognoze, broj 14, 2023.
- [67] Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Inflacija, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://podaci.dzs.hr/>. (Pristupljeno 25.07.2023.).
- [68] A. Žigman, Ž. Lovrinčević, Monetarna politika ciljane inflacije i transmisijski mehanizam - iskustva za Hrvatsku, *Ekonomski pregled*, vol. 56, no. 7–8, pp. 433–457, 2005.
- [69] I. Bošnjak, Vujčić: "Inflacija će 2025. biti na razini od 2 posto", *Glas Slavonije*, 2023. [Online]. Dostupno na: <http://www.glas-slavonije.hr/523650/1/Vujcic-Inflacija-ce-2025-biti-na-razini-od-2-posto>. (Pristupljeno 07.08.2023.).
- [70] M. Klepo, Guverner HNB-a: 'Ciljana razina od dva posto inflacije trebala bi se vratiti 2025. godine', *Jutarnji list*, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://novac.jutarnji.hr/novac/aktualno/guverner-hnb-a-ciljana-razina-od-dva-posto-inflacije-trebala-bi-se-vratiti-2025-godine-15339992>. (Pristupljeno 07.08.2023.).
- [71] Europska središnja banka, Odluke o monetarnoj politici, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2023/html/ecb.mp230727~da80cfcf24.hr.html>
-

(Pristupljeno 07.08.2023.).

- [72] European Central Bank, Combined monetary policy decisions and statement, Frankfurt am Main, 2023.
- [73] B. Iooss, A. Saltelli, Introduction to Sensitivity Analysis, in *Handbook of Uncertainty Quantification*, Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 1103–1122.
- [74] J. O'Brien, G. Marakas, *Management Information Systems*, 10th edition, New York: McGraw-Hill, Irwin, 2011.
- [75] C. Pichery, Sensitivity Analysis, in *Encyclopedia of Toxicology*, Elsevier, 2014, pp. 236–237.
- [76] D. Obradović, Doprinis povećanju učinkovitosti održavanja kanalizacijskih sustava primjenom modela procjene troškova održavanja, doktorska disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, 2022.
- [77] M. Karić, *Analiza rizika*. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku, 2006.
- [78] European Union, European Commission, *Vodič kroz analizu troškova i koristi investicijskih projekata*. Brussels, Belgium: European Commission, Directorate-General for Regional and Urban policy, 2014.
- [79] P. M. Reed i sur., *Addressing Uncertainty in Multisector Dynamics Research*. 2022.
- [80] R. Kartelo, Analiza rizika u ekonomskoj ocjeni projekta na primjeru vodoopskrbnog sustava Zagreba, *Građevinar*, vol. 58, no. 11, pp. 889–898, 2006.
- [81] T. L. Blank, J. A. Tarquin, *Engineering economy*, Fourth edition. New York, USA: WCB, McGraw-Hill, 1998.
- [82] S. Tayefeh Hashemi, O. M. Ebadati, H. Kaur, Cost estimation and prediction in construction projects: a systematic review on machine learning techniques, *SN Applied Sciences*, vol. 2, no. 10, p. 1703, 2020.
- [83] Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, Fifth edition. 2013.
- [84] Project Management Institute, *PMBOK® Guide*, Seventh edition. 2021.
- [85] B. C. Paulson, Designing to Reduce Construction Costs, *Journal of the Construction Division*, vol. 102, no. 4, pp. 587–592, 1976.
- [86] Inc. Project Management Institute, Cost of Change on Software Teams, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://www.pmi.org/disciplined-agile/agile/costofchange>. (Pristupljeno 22.06.2023.).
- [87] G. Babić, Upravljanje vremenom - neophodna vještina menadžera, in *International May Conference on Strategic Management - IMKSM2013*, 2013, pp. 1110–1120.
- [88] S. Savić, *Kalkulacije u građevinarstvu*. Građevinska knjiga, 2007.
- [89] H. Krstić, Model procjene troškova održavanja i uporabe građevina na primjeru građevina Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, doktorska disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, 2011.

- [90] R. P. Waier, C. S. Plotner, Chapter 15 - Maintenance & Repair Estimating, in *RS Means: Cost Planning & Estimating for Facilities Maintenance*, R. P. Waier, C. S. Plotner, and S. Morris, ur. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 1996, pp. 231–251.
- [91] M. Bouabaz, R. M. W. Horner, Modelling and Predicting Bridge Repair and Maintenance Costs, in *Bridge Management*, Boston, MA: Springer US, 1990, pp. 187–197.
- [92] M. Bouabaz, M. Hamami, A Cost Estimation Model for Repair Bridges Based on Artificial Neural Network, *American Journal of Applied Sciences*, vol. 5, no. 4, pp. 334–339, 2008.
- [93] A. Asadi, A. Hadavi, R. J. Krizek, Bridge Life-Cycle Cost Analysis Using Artificial Neural Networks, in *Proceedings of the CIB W78-W102 2011: International Conference*, 2011.
- [94] X. Shi, B. Zhao, Y. Yao, F. Wang, Prediction Methods for Routine Maintenance Costs of a Reinforced Concrete Beam Bridge Based on Panel Data, *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, pp. 1–12, 2019.
- [95] P. P. Rowan, K. L. Jenkins, D. H. Howells, Estimating Sewage Treatment Plant Operation and Maintenance Costs, *Journal*, vol. 33, no. 2, pp. 111–121, 1961.
- [96] A. H. Boussabaine, R. J. Kirkham, Simulation of maintenance costs in UK local authority sport centres, *Construction Management and Economics*, vol. 22, no. 10, pp. 1011–1020, 2004.
- [97] A. M. Zarembski, P. Patel, Estimating Maintenance Costs for Mixed Higher Speed Passenger and Freight Rail Corridors, in *2010 Joint Rail Conference, Volume 2*, 2010, pp. 383–393.
- [98] D. Ling, Railway Renewal and Maintenance Cost Estimating, Cranfield University, School of Applied Sciences, 2005.
- [99] H. Krstić, S. Marenjak, Maintenance and operation costs model for university buildings, *Tehnički vjesnik*, vol. 24, no. Supplement 1, 2017.
- [100] Y. Liu, A forecasting model for maintenance and repair costs for office buildings, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada, 2006.
- [101] A. A. Shah, F. Ahmad, C. Peng Au-Yong, Office building maintenance: Cost prediction model, *Građevinar*, vol. 65, no. 9, pp. 803–809, 2013.
- [102] N. Kwon, K. Song, Y. Ahn, M. Park, Y. Jang, Maintenance cost prediction for aging residential buildings based on case-based reasoning and genetic algorithm, *Journal of Building Engineering*, vol. 28, p. 101006, 2020.
- [103] C.-S. Li, S.-J. Guo, Life Cycle Cost Analysis of Maintenance Costs and Budgets for University Buildings in Taiwan, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 87–94, 2012.
- [104] C.-S. Li, S.-J. Guo, Development of a Cost Predicting Model for Maintenance of University Buildings, 2012, pp. 215–221.
- [105] S. Mahmoud, M. F. Khamidi, A. Idrus, O. Abdul-Lateef Ashola, Development of Maintenance Cost Prediction Model for Heritage Buildings, *Jurnal Teknologi*, vol. 74,

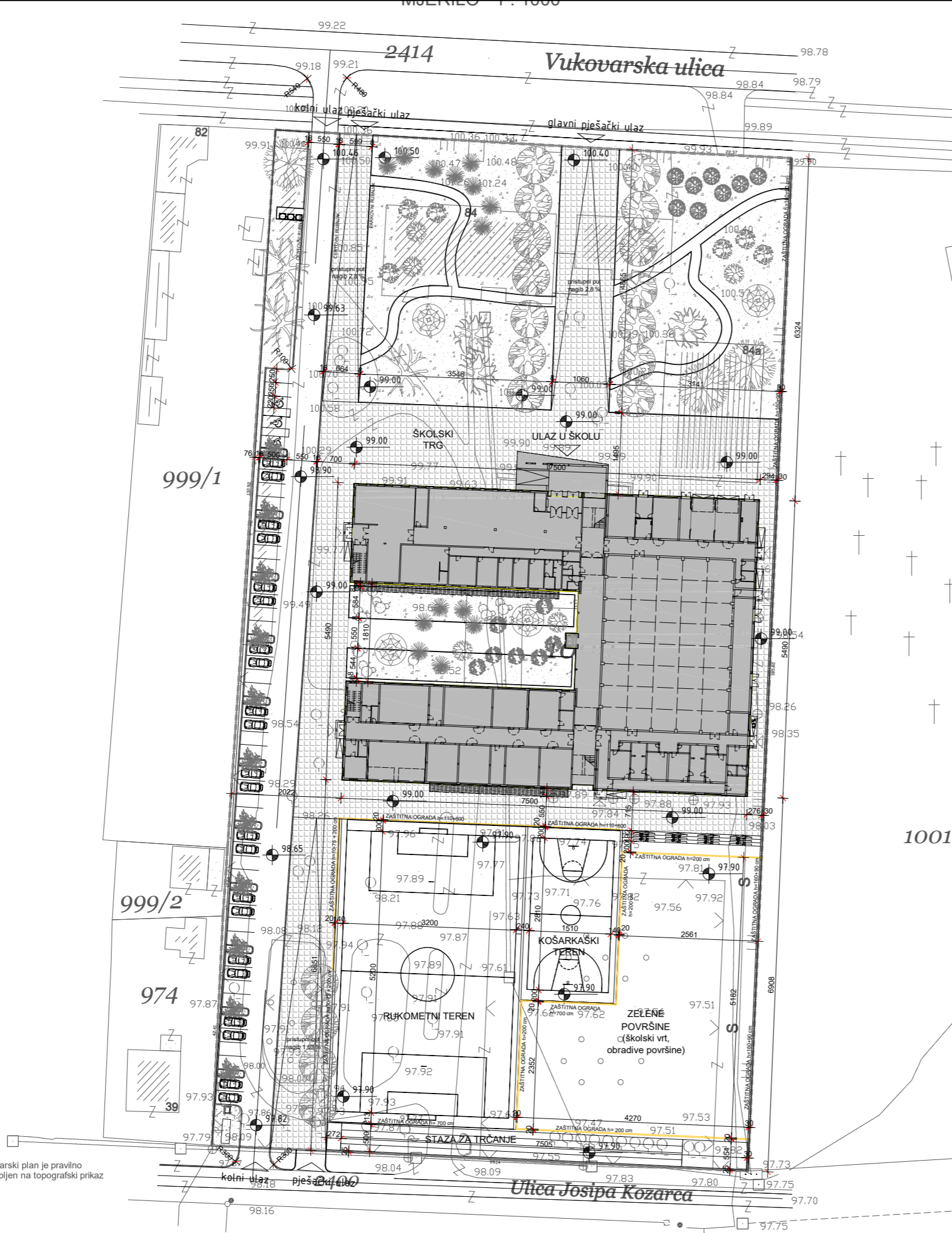
no. 2, 2015.

- [106] C.-K. Lee, Y.-I. Jeon, A maintenance cost prediction model for elementary schools by correcting FM budget history and performance data, *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*, vol. 6, no. 5, pp. 084–094, 2017.
- [107] J.-M. Kim, T. Kim, Y.-J. Yu, K. Son, Development of a Maintenance and Repair Cost Estimation Model for Educational Buildings Using Regression Analysis, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, vol. 17, no. 2, pp. 307–312, 2018.
- [108] T. J. Nipp, Development of a Mathematical Model for the Estimation of Required Maintenance for a Homogenous Facilities Portfolio Using Multiple Linear Regression, University of Tennessee, 2017.
- [109] R. Gaussmann, D. Coelho, A. Fernandes, P. Crocker, V. R. Q. Leithardt, Estimated Maintenance Costs of Brazilian Highways Using Machine Learning Algorithms, *Journal of Information Systems Engineering and Management.*, vol. 5, no. 3, p. em0119, 2020.
- [110] I. Gudac Hodanić, Model procjene troškova životnog ciklusa pontona kao podrška sustavu upravljanja marinama, doktorska disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, 2020.
- [111] K. Tijanić Štok, Razvoj modela za učinkovito upravljanje održavanjem javnih obrazovnih građevina, doktorska disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, 2021.
- [112] Republika Hrvatska Državna geodetska uprava, Geoportal, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://geoportal.dgu.hr/>. (Pristupljeno 23.06.2023.).
- [113] Capital ING d.o.o., Glavni projekt, mapa I, arhitektonski projekt, Zagreb, 2010.
- [114] Srednja škola Donji Miholjac, Natječaj za upis učenika u 1. razred za 2022./23. školsku godinu, 2023. [Online]. Dostupno na: <http://ss-donji-miholjac.skole.hr/>. (Pristupljeno 05.07.2023.).
- [115] D.S. CONSULTING d.o.o., Energetski certifikat zgrade.
- [116] INSTITUT IGH d.d., *Standardna kalkulacija radova u visokogradnji, Bilten XII 2021 (IV kvartal 2021) – nadogradnja I*. Zagreb: INSTITUT IGH d.d., 2021.
- [117] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije*. (NN 5/10), 2010.
- [118] Službeni list SFRJ, *Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta*. SFRJ, 1973.
- [119] Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti (ZIRS), Zaštita od požara, 2023. [Online]. Dostupno na: <http://www.zirs.hr/zastita-od-pozara>. (Pristupljeno 26.07.2023.).
- [120] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevine*. (NN 87/08, 33/10), 2010.
- [121] Anparo d.o.o za savjetovanje i usluge, Zaštita od požara, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://anparo.hr/usluge/zastita-od-pozara/>. (Pristupljeno 26.07.2023.).

- [122] Preventa Centar za integralnu sigurnost d.o.o., Usluge zaštite od požara, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://preventa.hr/usluge-zastite-od-pozara.html>. (Pristupljeno 26.07.2023.).
- [123] Zavod za unapređivanje sigurnosti d.d., Zaštita od požara, 2022. [Online]. Dostupno na: <https://www.zus.hr/zastita-od-pozara/>. (Pristupljeno 26.07.2023.).
- [124] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara*. (NN 08/06), 2006.
- [125] Vatropromet d.o.o., Hidrantski ormar za nadzemni hidrant OH-N, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://vatropromet.hr/hidrantski-ormar-nadzemni-hidrant-oh-n-proizvod-49/>. (Pristupljeno 14.08.2023.).
- [126] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o vatrogasnim aparatima*. (NN 101/11, 74/13), 2013.
- [127] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada*. (NN 3/07), 2007.
- [128] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o načinu provedbe obvezatne dezinfekcije, dezinfekcije i deratizacije*. (NN 35/07, 76/12), 2012.
- [129] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima*. (NN 108/95, 56/10, 114/22), 2022.
- [130] Službeni list SFRJ, *Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje, gradnju, pogon i održavanje plinskih kotlovnica*. 1990.
- [131] Hrvatska energetska regulatorna agencija, *Mrežna pravila plinskog distribucijskog sustava*. (NN 50/18, 88/19, 36/20, 100/21), 2021.
- [132] Hrvatska stručna udruga za plin, *Pravilnik o uvjetima postupku ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti plinskih instalacija (HSUP – P601.111)*. 2011.
- [133] HEP Plin d.o.o., Sigurnost priključka i mjere opreza, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://www.hep.hr/plin/pristup-mrezi/sigurnost-prikljucka-i-mjere-opreza/1619>. (Pristupljeno 27.07.2023.).
- [134] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Tehnički propis za dimnjake u građevinama*. (NN 3/07), 2007.
- [135] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o pregledu i ispitivanju radne opreme*. (NN 16/16, 120/22), 2022.
- [136] Capital ING d.o.o., Troškovnik radova na izgradnji srednje škole Donji Miholjac, novelacija (troškovnik bez cijena), Zagreb, 2018.
- [137] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Državni pedagoški standard srednjoškolskog sustava odgoja i obrazovanja*. (NN 63/08, 90/10), 2010.
- [138] Struna, Hrvatsko strukovno nazivlje, Amortizacija, 2023. [Online]. Dostupno na: <http://struna.ihj.hr/naziv/amortizacija/45614/>. (Pristupljeno 07.08.2023.).
- [139] Hrvatska enciklopedija mrežno izdanje, amortizacija, *Leksikografski zavod Miroslav Krleža*, 2021. [Online]. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=2341>. (Pristupljeno 07.08.2023.).

- [140] L. Crnković, J. Martinović, I. Mijoč, *Financijsko računovodstvo*, 2. dopunjeno izdanje. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku, 2008.
- [141] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Zakon o porezu na dobit*. (NN 177/04, 90/05, 57/06, 146/08, 80/10, 22/12, 148/13, 143/14, 50/16, 115/16, 106/18, 121/19, 32/20, 138/20, 114/22), 2022.
- [142] Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, *Pravilnik o porezu na dobit*. (NN 95/05, 133/07, 156/08, 146/09, 123/10, 137/11, 61/12, 146/12, 160/13, 12/14, 157/14, 137/15, 1/17, 2/18, 1/19, 1/20, 59/20, 1/21, 156/22), 2022.
- [143] N. Patković, Otvorena nova srednja škola u Donjem Miholjcu vrijedna više od 62 milijuna kuna, *Jutarnji.hr*, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/otvorena-nova-srednja-skola-u-donjem-miholjcu-vrijedna-vise-od-62-milijuna-kuna-15293857>. (Pristupljeno 24.07.2023.).
- [144] A. Dasović, 24 Sata, Sjajno izgledaju: U Zagrebu i Donjem Miholjcu otvorene nove zgrade gimnazije i srednje škole, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://www.24sata.hr/news/sjajno-izgledaju-u-zagrebu-i-donjem-miholjcu-otvorene-nove-zgrade-gimnazije-i-srednje-skole-884381>. (Pristupljeno 24.07.2023.).
- [145] Osječko-baranjska županija, U Donjem Miholjcu otvorena nova moderno izgrađena i vrhunski opremljena Srednja škola, 2023. [Online]. Dostupno na: <https://obz.hr/index.php/component/k2/item/3603-u-donjem-miholjcu-otvorena-nova-moderno-izgradena-i-vrhunski-opremljena-srednja-skola>. (Pristupljeno 24.07.2023.).

PRILOG 1 – Situacija



Katastarski plan je pravilno preklonjen na topografski prikaz

SREDNJA ŠKOLA DONJI MIHOLJAC
k.č. 1000, k.o. Donji Miholjac

GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT

SITUACIJA NA POSEBNOJ GEODETSKOJ PODLOZI
NOVO STANJE



SVE MJERE KONTROLIRATI U NARAVI!

±0.00= 99.3 mnv

U Osijeku, 12. veljača 2010. g.

"CAPITAL ING" d.o.o. <small>projektiranje, nadzor i koordinacija Klavrska cesta 6, Zagreb tel/fax: 01/467 44 44</small>	SADRŽAJ GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT SITUACIJA NA POSEBNOJ GEODETSKOJ PODLOZI - NOVO STANJE	OSJETAČ	TD 23/09
		INVESTITOR/NARUČITELJ OSJEČKO-BARANJSKA ŽUPANIJA Igor Arile Starčevića 2 Osijek	INJEKCIJA 1:500
GRAĐEVINA SREDNJA ŠKOLA DONJI MIHOLJAC DONJI MIHOLJAC k.č. 1000, k.o. Donji Miholjac	PROJEKTANT THOMIR HRANILOVIĆ, ĐA	SURADNIK VLATKA MAČJAREVIĆ, ĐA	GLAVNI PROJEKTANT THOMIR HRANILOVIĆ, ĐA
		LIST	3

PRILOG 2 – Analiza faktorskom metodom

Redni broj	Opis aktivnosti	Faktori							umnožak faktora	RSLC [god]	ESLC [god]	ESLC - usvojeno [god]
		A	B	C	D	E	F	G				
1.	Zamjena horizontalne oborinske odvodnje (oluka) od lima	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,95	0,86	25	21,38	21,00
2.	Zamjena vertikalne oborinske odvodnje od lima, r.š. 40 cm	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	0,95	25	23,75	23,00
3.	Zamjena limenih alu prozorskih klupčica, r.š. 40 cm	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	0,95	40	38,00	38,00
4.	Zamjena limenoga opšava atika i opšava nadstrešnice iznad ulaza, r.š. do 80 cm	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,90	0,81	35	28,35	28,00
5.	Zamjena porculanskih podnih pločica u tuševima	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,85	0,95	0,73	60	43,61	43,00
6.	Zamjena porculanskih podnih pločica u sanitarijama, spremištima i svlačionicama	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	60	57,00	57,00
7.	Zamjena zidnih pločica u sanitarnim prostorijama	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	1,00	0,90	70	63,18	63,00
8.	Zamjena zidnih pločica iza umivaonika u učionicama i kabinetima	1,00	1,00	1,05	0,95	1,00	0,95	1,00	0,95	70	66,33	66,00
9.	Zamjena hrastovog parketnog poda	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	55	55,00	55,00
10.	Zamjena elastične podne obloge od linoleuma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	20	19,00	19,00
11.	Zamjena sportskog poda u sportskoj dvorani	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	30	28,50	28,00
12.	Zamjena poda od tankoslojnog premaza na bazi epoksidnih smola (epoxy)	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	1,00	0,90	20	18,05	18,00
13.	Zamjena taktilnih oznaka (polja upozorenja i linije vođenja, ploče 40x40 cm)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	25	23,75	23,00
14.	Zamjena unutarnjih kamenih prozorskih klupčica, š= 35 cm	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	90	90,00	90,00
15.	Zamjena podne obloge od granita - vanjske površine	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	0,90	90	81,23	81,00
16.	Zamjena podne obloge od ploča terrazza, d= 2 cm (unutarnje stube i podesti)	1,00	1,05	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	80	79,80	79,00
17.	Zamjena ventilirane fasade od plastificiranih čeličnih lamela	1,05	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	45	44,89	44,00
18.	Obnova silikatne zaštitno-dekorativne žbuke - fasada unutarnje strane atike	1,00	1,00	0,95	1,00	0,90	1,00	1,00	0,86	25	21,38	21,00
19.	Obnova silikatne zaštitno-dekorativne žbuke - sokl	1,00	1,00	0,95	1,00	0,90	1,00	1,00	0,86	25	21,38	21,00
20.	Zamjena vanjskog otirača ispred glavnoga ulaza	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	0,95	0,77	10	7,70	7,00
21.	Zamjena unutarnjeg otirača u vjetrobranu glavnoga ulaza	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,90	1,00	0,86	10	8,55	8,00
22.	Zamjena 8-dijelne aluminijske ostakljene stijene ulaznih vrata	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	0,90	50	45,13	45,00
23.	Zamjena zaokretnih punih čeličnih vrata, ulaz u kotlovnicu	1,00	1,00	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	50	52,50	52,00
24.	Zamjena električnih industrijskih sekcijskih podiznih vrata u radionicama	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	0,90	35	31,59	31,00
25.	Zamjena jednokrlnih zaokretnih punih čelična vrata učionica	1,00	1,05	1,05	1,00	1,00	0,95	1,00	1,05	45	47,13	47,00
26.	Zamjena jednokrlnih zaokretnih punih čeličnih vrata	1,00	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	45	47,25	47,00
27.	Zamjena vanjskih stijena s prozorima	1,00	1,05	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	0,95	50	47,38	47,00
28.	Zamjena električne instalacije	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	30	28,50	28,00
29.	Zamjena sustava dojave požara	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	30	30,00	30,00
30.	Zamjena instalacije vodovoda i kanalizacije	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	35	35,00	35,00
31.	Zamjena instalacije videonadzora	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	0,95	0,90	30	27,08	27,00
32.	Zamjena sustava ventilacije i klimatizacije	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	35	35,00	35,00
33.	Zamjena sustava grijanja	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	35	33,25	33,00
34.	Zamjena instalacije dizala	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	30	30,00	30,00
35.	Zamjena tuševa u svlačionicama	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,81	20	16,20	16,00
36.	Zamjena pisoara s vertikalnim ispiranjem, komplet ICB elektronika	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,90	0,95	0,81	40	32,49	32,00
37.	Zamjena ugradbenih keramičkih umivaonika na ploču	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	1,00	0,90	50	45,13	45,00
38.	Zamjena jednoručne stojeće baterije za toplu i hladnu vodu (ugradb. umivaonik)	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,85	0,95	0,73	20	14,54	14,00
39.	Zamjena keramičkog umivaonika	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	1,00	0,90	50	45,13	45,00
40.	Zamjena jednoručne stojeće baterije za toplu i hladnu vodu (umivaonik)	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,95	1,00	0,86	20	17,10	17,00
41.	Zamjena keramičke toaletne školjke s ugradbenim vodokotlićem	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,90	0,95	0,77	50	38,48	38,00
42.	Zamjena radijatora	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	30	28,50	28,00
43.	Zamjena brava i kvaka	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,90	25	22,50	22,00
44.	Zamjena unutarnjih VRF jedinica klimatizacije	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	0,95	0,86	25	21,43	21,00
45.	Zamjena parne brane ravnoga krova	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,90	0,86	30	25,65	25,00
46.	Zamjena toplinske izolacije ravnoga krova	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,95	0,86	30	25,65	25,00
47.	Zamjena prosijanoga šljunka na ravnom krovu d= 8 cm	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,95	0,95	0,81	35	28,43	28,00

PRILOG 3 – Plan i program održavanja za 15 godina

PRILOG 4 – Analiza osjetljivosti – promjena diskontne stope

PRILOG 5 – Analiza osjetljivosti – promjena razdoblja analize

