



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva
i brodogradnje

University of Zagreb
Faculty of Mechanical
Engineering and Naval
Architecture



Energetska obnova zgrada koje imaju status kulturnog dobra

Izv. prof. dr. sc. Tea Žakula

Voditeljica Laboratorija za inteligentne energetske
sustave

Zagreb, 2024.

Studije slučaja

Pilot projekt energetske obnove na primjeru zgrade Ministarstva kulture



Idejno rješenje energetike Muzeja Slavonije u Osijeku





Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva
i brodogradnje

University of Zagreb
Faculty of Mechanical
Engineering and Naval
Architecture



Pilot projekt energetske obnove na primjeru zgrade Ministarstva kulture

Cilj projekta

1. Analizirati tehničku opravdanost te financijsku isplativost najučestalijih mjera energetske obnove za predmetnu zgrade te za slične zgrade pod konzervatorskom zaštitom.

2. Kvantificirati negativan utjecaj neprovođenja pojedinih mjera u slučajevima kada zbog konzervatorskih i drugih ograničenja navedena mjera nije provediva.



Ključni pokazatelji uspješnosti

Ugodnost

Mikroklimatski
uvjeti

Trošak

Investicijski
trošak

Vrijeme
povrata
investicije

Održivost

Smanjenje
emisija CO₂

Analizirane mjere

8 mjera poboljšanja fizike zgrade

Mjera FZ1	Brtvljenje vanjske ovojnice zgrade
Mjera FZ2	Zamjena unutarnjih prozorskih krila
Mjera FZ3	Dodavanje toplinske izolacije izvana na vanjske zidove s dvorišne strane
Mjera FZ4	Dodavanje toplinske izolacije izvana na vanjske zidove uličnih pročelja
Mjera FZ5	Dodavanje toplinske izolacije iznutra na vanjske zidove uličnih pročelja
Mjera FZ6	Dodavanje topl. izolacije iznutra i izvana na vanjske zidove uličnih pročelja
Mjera FZ7	Kombinacija mjera: Mjera FZ1 – Mjera FZ6
Mjera FZ8	Kombinacija mjera: Mjera FZ1 + Mjera FZ2 + Mjera FZ3

Analizirane mjere

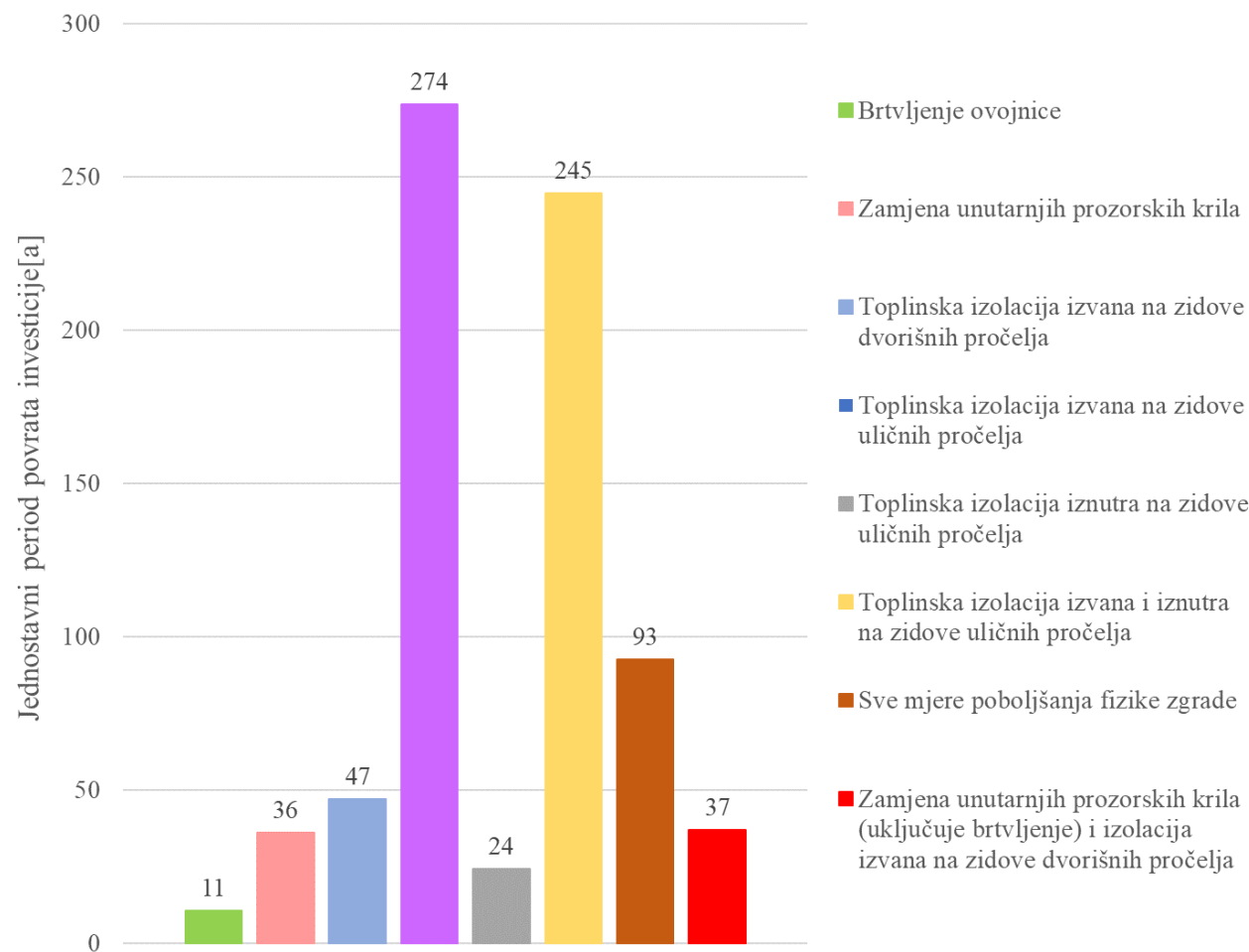
7 mjera poboljšanja tehničkih sustava

-
- | | |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mjera TS1 | Zamjena plinskog kotla i rashladnika vode dizalicom topline zrak-voda |
| Mjera TS2 | Uvođenje regulacije ogrjevnih tijela |
| Mjera TS3 | Zamjena postojećih radijatora i ventilokonvektora novim ventilokonvektorima uz dizalicu topline zrak-voda kao izvorom toplinske/rashladne energije |
| Mjera TS4 | Uvođenje sustava mehaničke ventilacije |
| Mjera TS5 | Uvođenje sustava automatizacije |
| Mjera TS6 | Instalacija fotonaponskih panela uz dizalicu topline zrak-voda kao izvorom toplinske/rashladne energije |
| Mjera TS7 | Kombinacija mjera: Mjera TS1 – Mjera TS6 |
-



Rezultati – fizika zgrade

Procjena perioda povrata investicije za mjere poboljšanja fizike zgrade





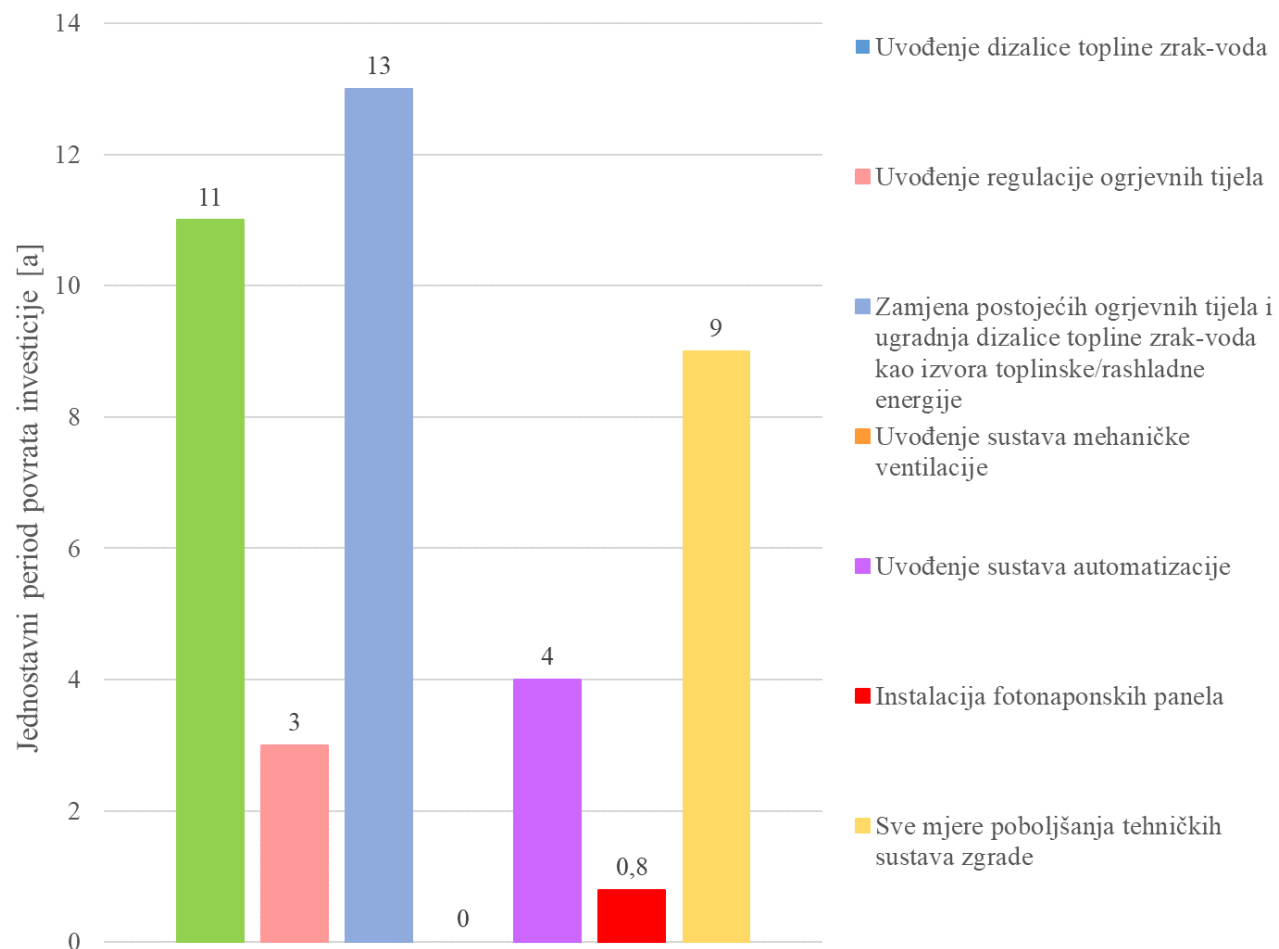
Glavni zaključci – fizika zgrade

1. Unatoč postignutim energetske uštedama, **većina mjera obnove fizike zgrade nije financijski opravdana (visoki investicijski troškovi i periodi povrata investicije)**, osim u slučaju subvencioniranja istih.
2. Mjerama poboljšanja fizike zgrade može se postići **smanjenje emisija do 15 % u slučaju individualne mjere (zamjene prozorskih krila)**, te **do 25 % kombinacijom** svih mjera poboljšanja fizike zgrade.
3. Na predmetnoj zgradi trenutno postoji izolacija u vidu izolacije krovišta (kamena vuna) i dvorišnih zidova (stiropor) što nije slučaj za većinu zgrada kulturnog dobra Donjeg Grada.
4. **Svakoj zgradi potrebno je pristupiti individualno** te detaljno analizirati spomenute mjere poboljšanja fizike zgrade.



Rezultati – tehnički sustavi

Procjena perioda povrata investicije za sve mjere poboljšanja tehničkih sustava zgrade



Napomena: jednostavni period povrata investicije za ugradnju sustava mehaničke ventilacije nije izračunat. Naime, ukupni pogonski troškovi za ovu mjeru su veći u odnosu na postojeće stanje (za 6 000 EUR/god), a uslijed povećane potrošnje energije za pripremu i dobavu vanjskog zraka.



Glavni zaključci – tehnički sustavi

1. Najveća **razina ugodnosti** u zgradi i najveće **energetske uštede** postižu se **kombinacijom svih mjera poboljšanja tehničkih sustava zgrade**.
2. Najveće smanjenje emisija CO₂ postiže se **kombinacijom svih mjera poboljšanja tehničkih sustava (74 %)**. Od pojedinačnih mjera, **najveće smanjenje postiže se ugradnjom dizalice topline zrak-voda te iznosi 55 %**.
3. Jednostavni period povrata investicije od 9 godina (za kombinaciju mjera) čini se prihvatljivim. To je kapitalna dobit cca 11 % godišnje, a što je puno bolje od dobiti u većini proizvodnih poduzeća (3 - 5 %).
4. Investicije za poboljšanje tehničkih sustava je najčešće jednostavnije realizirati od investicije u fiziku zgrade. Za instalacije su potrebni manji konzervatorski „ustupci“ nego za zahvate na fizici zgrade.
5. Iako uvođenje mehaničke ventilacije dovodi do povećanja pogonskih troškova (cca 6 000 EUR/god) mehaničke ventilacije kontrolirana dobava filtriranog, vanjskog zraka, što dovodi do značajnog **poboljšanja mikroklimatskih uvjeta u prostoru**.
6. Potrebno je osigurati prostor za uvođenje sustava mehaničke ventilacije.
7. Predviđena je ugradnja fotonaponskih panela ukupne površine 100 m² koja odgovara raspoloživoj površini krova. Ovim sustavom moguće je **pokriti 71 % godišnje potrošnje električne energije za hlađenje**.

Nagrada za individualni znanstveni i umjetnički rad

Dobitnica Rektorove nagrade u ak. god. 2023./2024.: Petra Rožman

Menotrica: izv. prof. dr. sc. Tea Žakula

Komentor: Nikola Bađun, mag. ing. mech



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Petra Rožman

Energetska obnova zgrada koje imaju status kulturnog dobra



Zagreb, 2024.





Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva
i brodogradnje

University of Zagreb
Faculty of Mechanical
Engineering and Naval
Architecture



Idejno rješenje energetike Muzeja Slavonije u Osijeku

Cilj projekta

1. Pronaći **optimalno rješenje** energetike zgrade.

2. Izraditi **projektni zadatak** sustava grijanja, ventilacije, klimatizacije i automatizacije.



Glavni zaključci

1. Analizirano je 5 scenarija u svrhu pronalaska troškovno-optimalnog rješenja koje:
 - ima **najniže kumulativne troškove** (investicijski plus pogonski trošak za 10 godina rada sustava)
 - ima **niske stope emisija CO₂** povezano s potrošnjom energije za grijanje, hlađenje i ventilaciju, odnosno najveću razinu održivosti sustava
2. Odabrani troškovno-optimalni scenarij predviđa korištenje:
 - **ventilokonvektora** kao ogrjevno-rashladnog tijela,
 - **dizalice topline zrak-voda** za proizvodnju toplinske i rashladne energije,
 - **klimatizacijske jedinice** za pripremu ventilacijskog zraka,
 - **fotonaponskog sustava** za pokrivanje ukupne godišnje potrošnje električne energije za pogon sustava grijanja, hlađenja i ventilacije.
4. Površina krova na koju je potrebno instalirati fotonaponski sustav za pokrivanje ukupne potrošnje energije za grijanje, hlađenje i ventilaciju iznosi **1 700 – 1 900 m²** (potrebno detaljno definirati u suradnji s proizvođačem panela).
5. S obzirom na raspoloživu površinu krova, preporuča se **dimenzionirati fotonaponski sustav za postizanje standarda zgrade nulte potrošnje energije**, pri čemu je potrebno predvidjeti dodatne fotonaponske panele za pokrivanje potrošnje od rasvjete i opreme (svi električni uređaji).

Dodatna, studentska! ideja

Ideju je dala i razradila studentica Karla Radić iz Vinkovaca u sklopu predmeta Niskouglične i pametne zgrade.



Karakteristike koraka

Količina ostvarenih koraka jedne osobe pri jednom plesanju Slavanskog kola u trajanju od 5 min	1 200
Količina napravljenih koraka ako dvije osobe svakih 1 h plešu Slavansko kolo u trajanju od 5 min tijekom radnog vremena	96 000
Količina ostvarenih koraka u godini	4 992 000

Posjećenost Muzeja

Ukupni broj posjetitelja muzeja u 2022. godini	55 000
Ukupni broj ostvarenih koraka posjetioca tijekom hodanja u muzeju (pretpostavka je da svaki posjetitelja tijekom posjeta prođe dvaput po Pavegen pločicama i pritom napravi 4 koraka po svakom prolazu)	440 000
Ukupni broj koraka ostvaren u godini dana	5 432 000

Tehničke karakteristike

Količina proizvedene snage pri jednom koraku [W]	5 [1]
--------------------------------------------------	-------

Investicijski troškovi

Cijena Pavegen pločica [€/m ²]	1 007
Površina postavljenih Pavegen pločica [m ²]	4
Ukupna investicija u Pavegen pločice [€]	4 029

Dobit i ušteda

Godišnja dobit električne energije pomoću Pavegen pločica [kWh/a]	27 160
Godišnja ušteda električne energije [€]	4 454