

# Rekonstrukcija zgrade u gotovo nula energetska zgradu

---

Kišić, Alen

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:754582>

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

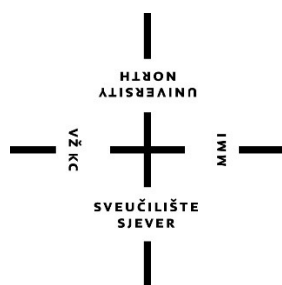
Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-29**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 383/GR/2019**

## **Rekonstrukcija zgrade u gotovo nula energetska zgradu**

**Alen Kišić, 1585/336**

Varaždin, rujan 2019. godine





**Sveučilište  
Sjever**  
Odjel za graditeljstvo

**Završni rad br. 383/GR/2019**

**Rekonstrukcija zgrade u gotovo nula energetska zgrada**

**Student**

Alen Kišić, 1585/336

**Mentor**

dr.sc. Željko Kos, struč. spec. ing. aedif.

Varaždin, rujan 2019. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Alen Kišić

MATIČNI BROJ 1585/336

DATUM 19. 09. 2019.

KOLEGIJ Zgradarstvo II

NASLOV RADA Rekonstrukcija zgrade u gotovo nula energetska zgrada

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Reconstruction of the building into a near zero energy building

MENTOR dr.sc. Željko Kos

ZVANJE Predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Božo Soldo
2. dr.sc. Željko Kos, predavač
3. doc.dr.sc. Aleksej Aniskin
4. doc.dr.sc. Matija Orešković
5. doc.dr.sc. Danko Markovinović

## Zadatak završnog rada

BROJ 383/GR/2019

OPIS

Pristupnik u radu treba izložiti utjecaj implementacije mjera energetske učinkovitosti na način dovođenja zgrade u gotovo nula energetska na primjeru rekonstrukcije obrazovne ustanove.

Izračunati utrošak energije za postojeće stanje te za stanje nakon implementacije mjera energetske učinkovitosti, izraditi troškovnik za implementirane mjere, analizirati ekonomsku isplativost mjera i detaljno opisati način izračuna potrebne godišnje energije za grijanje i hlađenje po m<sup>2</sup> neto korisne površine.

U radu je potrebno obraditi sljedeće teme:

- Opis izračuna potrebne energije za grijanje i hlađenje te pripremu tople vode
- Izračun za postojeće stanje
- Izračun za novo stanje i troškovnik za implementirane mjere
- Analiza ekonomske isplativosti za svaku mjeru posebno i za sve mjere ukupno (može i u okviru izračuna)
- Dokazati da je mjerama energetske učinkovitosti zgrada dovedena u stanje gotovo nula energetske

ZADATAK URUČEN 19.09.2019.



## **Predgovor**

Zahvaljujem mentoru dr.sc. Željku Kosu, struč. spec. ing. aedif., na ukazanom strpljenju, sugestijama, uputstvima i pomoći, prije i tijekom izrade ovog završnog rada. Zahvala ide i svim ostalim profesorima Sveučilišta Sjever. Najveća zahvala mojoj obitelji i curi Petri, koji su mi bili velika potpora tijekom cijelog studija.

## Sažetak

Cilj ovog završnog rada u pogledu energetske učinkovitosti je napraviti analizu postojećeg stanja zgrade, analizirati i predložiti mjere za dovođenje zgrade u gotovo nula energetska te prikazati uštede koje su postignute nakon provedbe predloženih mjera energetske učinkovitosti na primjeru obrazovne ustanove (područne škole).

Analiza postojećeg stanja sastoji se od snimka postojećeg stanja zgrade. Nakon analize, opisana je metodologija proračuna potrebne energije za grijanje. Prije proračuna, potrebni su podaci o geometrijskim karakteristikama zgrade, lokacija građevine te klimatski podaci lokacije. Proračun potrebne toplinske energije za grijanje proveden je u računalnom programu KI expert Plus - „free software“, koji je redovito ažuriran i kao takav podržan od strane Ministarstva Graditeljstva!

Na temelju rezultata proračuna, predložene su mjere za dovođenje zgrade u gotovo nula energetska, te je proveden novi postupak proračuna kako bi se mogla izračunati konačna razlika u potrošnji toplinske energije za grijanje te ušteda koja je postignuta u slučaju obnove zgrade prema predloženim mjerama.

**Ključne riječi:** energetska učinkovitost, postojeće stanje zgrade, gotovo nula energetska zgrada, obrazovna ustanova, snimak postojećeg stanja, proračun, KI Expert Plus, potrebna potrošnja energije za grijanje, razlika u potrošnji toplinske energije za grijanje

## **Abstract**

The purpose of this final thesis in terms of energy efficiency is to provide an analysis of the existing building conditions, and to suggest measures to bring the building to near zero energy and to show the savings achieved after the implementation of the proposed energy efficiency measures on the example of the institution's faces.

The analysis of the existing condition consists a snapshot of the existing condition of the building. After the analysis, the methodology for calculating the energy required for heating is described. Before the calculation, data on the geometric characteristics of the building, the location of the building and the climatic data of the location are required. The calculation of the required heat energy for heating was carried out in the computer program KI expert Plus - free software, which was regularly updated and as such supported by the Ministry of Construction!

Based on the budget results, measures have been proposed to bring the building to near zero energy, and a new budget procedure has been implemented to calculate the final difference in heating energy consumption and the savings achieved in the event of renovation of the building under the proposed measures.

**Keywords:** energy efficiency, existing building condition, almost zero energy building, educational institution, snapshot of the existing situation, budget, KI Expert Plus, required energy consumption for heating, difference in consumption of heat energy for heating



## Popis korištenih kratica

ETICS - Ecternal Thermal Insulation Composite System

PTV – potrošna topla voda

$\vartheta_e$  – srednja vanjska temperatura za proračunski period

SS – srednja dozračena sunčeva energija za proračunski period

$\vartheta_{int}$  - unutarnja proračunska temperatura pojedinih temperaturnih zona

n – broj izmjena zraka svake proračunske zone u jednom satu

$A_k$  – ploština pojedinih građevnih dijelova zgrade

$A_f$  – površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama

A – ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora

$V_e$  - bruto obujam

V – neto obujam

f – udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja

$Q_{Tr}$  – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu

$Q_{Ve}$  – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu

$\eta_{H,gn}$  – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka

$Q_{int}$  – unutarnji toplinski dobitci zgrade

$Q_{sol}$  – toplinski dobitci od Sunčeva zračenja

$H_{Tr}$  – koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

$H_{Ve}$  – koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

$\vartheta_{int,H}$  – unutarnja postavna temperatura grijane zone (°C);

$\vartheta_{e,m}$  – srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec) (°C);

t - trajanje proračunskog razdoblja (h);

$\Phi_{m,g}$  - toplinski tok izmjene topline s tlom za proračunski mjesec (W)

$Q_{Ve,inf}$  – potrebna toplinska energija uslijed infiltracije vanjskog zraka (kWh);

$Q_{Ve,win}$  – potrebna toplinska energija uslijed pozračivanja otvaranjem prozora (kWh);

$Q_{H,Ve,mech}$  – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod zagrijavanja zraka (kWh).

$Q_{C,Ve,mech}$  – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod hlađenja zraka (kWh).

$H_{Ve,win}$  - koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed otvaranja prozora (W/K);

$H_{H,Ve,mech}$  -koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije/klimatizacije kod zagrijavanja zraka (W/K);

$H_{C,Ve,mech}$  -koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije/klimatizacije kod hlađenja zraka (W/K);

$Q_{C,nd}$  - potrebna toplinska energija za hlađenje (kWh)

$Q_{C,gn}$  - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu hlađenja: ljudi, rasvjeta, uređaji, solarni dobici (kWh)

$Q_{C,ht}$  - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu hlađenja (kWh)

$\eta_{C,ls}$  – faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja

$Q_{int}$  – unutarnji toplinski dobici zgrade: ljudi, rasvjeta i uređaji (kWh)

$Q_{sol}$  – toplinski dobici od Sunčeva zračenja (kWh)

$Q_{Tr}$  – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh)

$Q_{Ve}$  – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh)

$V_{pp}$  – prosječna potrošnja tople vode u litrama (na godišnjoj razini)

# Sadržaj

1.	Općenito o energetskej učinkovitosti.....	1
2.	Metodologije proračuna .....	3
2.1.	Proračun potrebne energije za grijanje - metodologija .....	3
2.1.1.	Ulazni/izlazni podaci proračuna.....	4
2.1.2.	Potrebna toplinska energija za grijanje ( $Q_{H,nd}$ ).....	6
2.1.3.	Izmjenjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom (kWh).....	6
2.1.4.	Potrebna toplinska energija za ventilaciju ( $Q_{ve}$ ).....	7
2.1.5.	Unutarnji toplinski dobici (ljudi, uređaji, rasvjeta).....	8
2.1.6.	Solarni toplinski dobici ( $Q_{sol}$ ).....	8
2.2.	Godišnja potrebna energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ .....	9
2.2.1.	Ukupni toplinski dobici za promatrani proračunski period.....	9
2.3.	Energija potrebna za pripremu potrošne tople vode $E_{PTV}$ .....	10
3.	Postojeće stanje.....	11
3.1.	Opis građevine.....	11
3.2.	Podjela po zonama .....	14
3.3.	Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada .....	15
3.3.1.	Vanjski zidovi 1 – VZ1 .....	15
3.3.2.	Podovi na tlu 1 – PT1 .....	16
3.3.3.	Stropovi prema provjetravanom tavanu 1 – ST1.....	17
3.3.4.	Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 – ZG1 (granica) .....	18
3.3.5.	Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade .....	19
3.3.6.	Zaštita od prekomjernog sunčevog zračenja (ljetni period) .....	20
3.4.	Sustav grijanja/hlađenja, ventilacije.....	21
4.	Rezultati proračuna .....	22
4.1.	Zona 1.....	22
4.2.	Zona 2.....	25
5.	Prijedlog mjera za gotovo nula energetske zgradu .....	28
5.1.	Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada .....	30
5.1.1.	Vanjski zid 1 – VZ1 .....	30
5.1.2.	Stropovi prema provjetravanom tavanu 1 – ST1.....	31
5.1.3.	Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade .....	33
5.2.	Sustav grijanja/hlađenja, ventilacije, pripreme PTV-a.....	35
6.	Rezultati proračuna .....	37
6.1.	Zona 1.....	37
6.2.	Zona 2.....	38
7.	Uštede – postojeće / novo stanje.....	40
8.	Zaključak.....	41
9.	Literatura.....	42

# 1. Općenito o energetskej učinkovitosti

U zgradama se troši oko 40% od ukupne potrošnje energije, stoga je izuzetno važna njihova energetska učinkovitost tj. osiguravanje minimalne potrošnje energije da bi se postigla optimalna ugodnost stanovanja i korištenja zgrade. Potrošnja energije u zgradi ovisi o karakteristikama zgrade (materijalima, obliku), energetskih sustava u njoj (sustava grijanja, hlađenja, prozračivanja, električnih uređaja i rasvjete koji se u njoj koriste), ali i o klimatskim uvjetima područja na kojem se nalazi.

Zgrade u Hrvatskoj većinom su građene prije 1987. godine te kao takve nemaju odgovarajuću toplinsku zaštitu. Čak oko 83% zgrada ne zadovoljava ni Tehničke propise iz 1987. i imaju velike gubitke topline, uz prosječnu potrošnju energije za grijanje od 150 do 200 kWh/m<sup>2</sup>, što ih svrstava u energetske razred E! Povećana potrošnja energije podrazumijeva i veće emisije CO<sub>2</sub> u atmosferi te je nužno poduzeti potrebne mjere kako bi se smanjila njihova nepotrebna potrošnja i racionaliziralo korištenje dostupnih energenata.

Energetska učinkovitost u zgradama uključuje niz različitih područja mogućnosti uštede toplinske i električne energije, uz racionalnu primjenu fosilnih goriva te primjenu obnovljivih izvora energije u zgradama, gdje god je to funkcionalno izvedivo i ekonomski opravdano. Toplinska zaštita zgrada jedna je od najvažnijih tema, zbog velikog potencijala energetskih ušteda. Naime, poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika zgrade, moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za prosječno od 30 do 60%. [1]

Energetski pregled zgrade je ključan u analizi energetske učinkovitosti zgrade, odnosno potrošnje energije i vode u zgradama. Energetski pregled podrazumijeva analizu svih energetskih pa i tehničkih svojstava zgrade koji troše energiju i vodu, s ciljem utvrđivanja učinkovitosti odnosno neučinkovitosti potrošnje istih te donošenje zaključaka i preporuka za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade.

Osnovni cilj energetskeg pregleda zgrade je utvrđivanje energetske svojstava iste, s obzirom na:

- građevinske karakteristike (toplinska zaštita, potrošnja energije)
- energetska svojstva sustava za pripremu PTV-a
- energetska svojstva potrošnje električne energije
- energetska svojstva sustava za grijanje, hlađenje, klimatizaciju i ventilaciju
- energetska svojstva sustava potrošnje pitke i sanitarne vode [2]

Energetskim pregledom te analizom, ustanovljeno je da je postojeće stanje predmetne zgrade o kojoj će se govoriti u ovom završnom radu nezadovoljavajuće u odnosu na potencijalne mogućnosti lokacije, značaj objekata te strateške ciljeve koje sama zgrada pruža. Interijer objekata je u zadovoljavajućem stanju s mjestimičnom potrebom za sanacijom, međutim ovim završnim radom nije obuhvaćena temeljita adaptacija, već samo oni zahvati koji su isključivo u funkciji povećanja energetske učinkovitosti i povećanja korištenja obnovljivih izvora energije zgrade. Svi podaci vezani uz predmetnu zgradu, biti će opisani u 2. poglavlju – postojeće stanje.

Ovim završnim radom planira se povećanje energetske učinkovitosti, sukladno „Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama“.

## 2. Metodologije proračuna

### 2.1. Proračun potrebne energije za grijanje - metodologija

Metodologija proračuna potrebne toplinske energije za grijanje izračunava se prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15) koji predviđa normu HRN EN ISO 13790 koja opisuje metodologiju proračuna potrošnje energije za grijanje/hlađenje stambenih i nestambenih zgrada.

Norma HRN EN ISO 13790 nudi 3 tipa proračuna potrošnje energije za grijanje i hlađenje s obzirom na vremenski korak proračuna:

- kvazistacionarni proračun na bazi sezonskih vrijednosti
- kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti
- dinamički proračun s vremenskim korakom od jednog sata ili kraćim

Kod energetskog certificiranja zgrada, za proračun  $Q_{H,nd}$  koristiti se kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti. Godišnja vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje izračunava se kao suma pozitivnih mjesečnih vrijednosti.

Energetski razredi iskazuju se za referentne klimatske podatke (prema podacima iz pravilnika koji se odnosi na mjere učinkovitosti u zgradama).

Referentni klimatski podaci određuju se posebno za kontinentalnu i za primorsku Hrvatsku u odnosu na broj stupanj dana grijanja.

Podjela na proračunske zone za koje se odvojeno računa potrebna energija za grijanje i hlađenje, te se za svaku zonu zasebno izdaje energetski certifikat, provodi se za dijelove zgrade ako se razlikuju:

- vrijednosti unutarnje projektne temperature za više od 4 °C,
- namjena drugačija od osnovne i to u iznosu od 10 % i više neto podne površine prostora veće od 50 m<sup>2</sup>
- u pogledu ugrađenog termotehničkog sustava i njegovog režima uporabe.

Proračun prema normi HRN EN ISO 13790 moguć je na tri načina:

- cijela zgrada tretirana kao jedna zona,
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura <5°C, pa se izmjena topline između samih zona ne uzima u obzir
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura <5°C, pa se izmjena topline između zona uzima u obzir

### 2.1.1. Ulazni/izlazni podaci proračuna

Potrebni ulazni podaci za proračun QH,nd [kWh]:

#### Klimatski podaci:

- $\vartheta_e$  – srednja vanjska temperatura za proračunski period, ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Prilog 1, za Referentne klimatske podatke i za Stvarne klimatske podatke);
- SS – srednja dozračena sunčeva energija za proračunski period, ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) (Prilog 1, za Referentne klimatske podatke i za Stvarne klimatske podatke za mjesečni proračun).  
Stvarni klimatski podaci sadržani su u tehničkom propisu koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama.

#### Proračunski parametri:

- $\vartheta_{\text{int}}$  - unutarnja proračunska temperatura pojedinih temperaturnih zona ( $^{\circ}\text{C}$ )
- n – broj izmjena zraka svake proračunske zone u jednom satu

#### Podaci o zgradi:

- $A_k$  – ploština pojedinih građevnih dijelova zgrade ( $\text{m}^2$ );  
(vanjski zidovi, zidovi između stanova, zidovi prema garaži/tavanu, zidovi prema negrijanom stubištu, zidovi prema tlu, stropovi između stanova, stropovi prema tavanu, stropovi iznad vanjskog prostora, stropovi prema negrijanom podrumu, podovi na tlu, podovi s podnim grijanjem prema tlu, kosi krovovi iznad grijanih prostora, ravni krovovi iznad grijanih prostora)
- $A_f$  – površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama ( $\text{m}^2$ );
- $A_K$  – ploština korisne površine zgrade ( $\text{m}^2$ );  
za stambene zgrade može se približno odrediti  $A_K = 0,32 \cdot V_e$
- A – ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (omotač grijanog dijela zgrade), uređena prema HRN EN ISO 13789:2007, dodatak B, za slučaj vanjskih dimenzija ( $\text{m}^2$ );
- $V_e$  - bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje A ( $\text{m}^3$ );
- V – neto obujam, obujam grijanog dijela zgrade u kojem se nalazi zrak ( $\text{m}^3$ );  
Taj se obujam određuje koristeći unutarnje dimenzije ili prema približnom izrazu  $V = 0,76 \cdot V_e$  za zgrade do tri etaže, odnosno  $V = 0,8 \cdot V_e$  u ostalim slučajevima
- f – udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja.

Podaci o termotehničkim sustavima:

- način grijanja zgrade,
- izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu PTV-a,
- vrsta ventilacije (prirodna, prisilna),
- karakteristike unutarnjih izvora topline.



### 2.1.2. Potrebna toplinska energija za grijanje ( $Q_{H,nd}$ )

Sumiranje se provodi za sve mjesece u godini ako su vrijednosti mjesečne potrebne toplinske energije za grijanje pozitivne.

Proračun  $Q_{H,nd,cont}$  uključuje sljedeći izraz:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol}) \text{ [kWh]} \quad (1)$$

gdje su:

$Q_{Tr}$  – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh);

$Q_{Ve}$  – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh);

$\eta_{H,gn}$  – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-);

$Q_{int}$  – unutarnji toplinski dobitci zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) (kWh);

$Q_{sol}$  – toplinski dobitci od Sunčeva zračenja (kWh)

### 2.1.3. Izmjenjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom (kWh)

Izmjena toplinske energije transmisijom i ventilacijom proračunske zone za promatrani period računa se pomoću koeficijenta toplinske izmjene topline  $H$  (W/K):

$$Q_{Tr} = H_{Tr}/1000(\vartheta_{int,H} - \vartheta_e)t \text{ [kWh]} \quad (2)$$

$$Q_{Ve} = H_{Ve}/1000(\vartheta_{int,H} - \vartheta_e)t \text{ [kWh]} \quad (3)$$

gdje su:

$H_{Tr}$  – koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

$H_{Ve}$  – koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

$\vartheta_{int,H}$  – unutarnja postavna temperatura grijane zone (°C);

$\vartheta_{e,m}$  – srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec) (°C);

$t$  - trajanje proračunskog razdoblja (h);

$\Phi_{m,g}$  - toplinski tok izmjene topline s tlom za proračunski mjesec (W)

#### 2.1.4. Potrebna toplinska energija za ventilaciju ( $Q_{ve}$ )

Potrebna toplinska energija za ventilaciju ( $Q_{ve}$ ) računa se prema Algoritmu za ventilaciju/klimatizaciju. U nastavku su dani osnovni izrazi:

Period grijanja

$$Q_{Ve} = (H_{H,Ve}(\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) / 1000)t \text{ [kWh]} \quad (4)$$

Period hlađenja

$$Q_{Ve} = (H_{C,Ve}(\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) / 1000)t \text{ [kWh]} \quad (5)$$

Pri čemu je koeficijent ventilacije izmjene topline:

Period grijanja

$$H_{Ve} = H_{Ve,inf} + H_{Ve,win} + H_{H,Ve,mech} \text{ [W/K]} \quad (6)$$

Period hlađenja

$$H_{Ve} = H_{Ve,inf} + H_{Ve,win} + H_{C,Ve,mech} \text{ [W/K]} \quad (7)$$

gdje su:

$Q_{Ve,inf}$  – potrebna toplinska energija uslijed infiltracije vanjskog zraka (kWh);

$Q_{Ve,win}$  – potrebna toplinska energija uslijed pozračivanja otvaranjem prozora (kWh);

$Q_{H,Ve,mech}$  – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod zagrijavanja zraka (kWh).

$Q_{C,Ve,mech}$  – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod hlađenja zraka (kWh).

$H_{Ve,win}$  - koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed otvaranja prozora (W/K);

$H_{H,Ve,mech}$  -koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije/klimatizacije kod zagrijavanja zraka (W/K);

$H_{C,Ve,mech}$  -koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije/klimatizacije kod hlađenja zraka (W/K);

$t$  - proračunsko vrijeme (h).

### 2.1.5. Unutarnji toplinski dobici (ljudi, uređaji, rasvjeta)

Unutarnji toplinski dobici  $Q_{int}$  od ljudi i uređaja računaju se s vrijednošću od  $6W/m^2$  korisne površine za nestambene prostore

$$Q_{int} = q_{Spec} A_K \cdot t / 1000 \text{ [kWh]} \quad (8)$$

gdje su:

$q_{Spec}$  – specifični unutarnji dobitak po  $m^2$  korisne površine,  $6W/m^2$

$A_K$  – korisna površina ( $m^2$ )

$t$  – proračunsko vrijeme (h)

### 2.1.6. Solarni toplinski dobici ( $Q_{sol}$ )

Solarni toplinski dobici  $Q_{sol}$  za promatrani vremenski predio  $t(h)$  :

$$Q_{sol} = \sum q_{sol,k} + \sum (1 - b_{tr,l}) Q_{sol,u,l} \text{ [kWh]} \quad (9)$$

gdje su:

$Q_{sol}$  – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz  $k$ -ti građevni dio u grijani prostor (kWh);

$b_{tr,l}$  – faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom  $l$

$Q_{sol,u,l}$  – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz  $l$ -ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (kWh) [3]

## 2.2. Godišnja potrebna energija za hlađenje $Q_{C,nd}$

Potrebna toplinska energija za hlađenje proračunske zone:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht} \quad [\text{kWh}] \quad (10)$$

$Q_{C,nd}$  - potrebna toplinska energija za hlađenje (kWh);

$Q_{C,gn}$  - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu hlađenja: ljudi, rasvjeta, uređaji, solarni dobici (kWh);

$Q_{C,ht}$  - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu hlađenja (kWh);

$\eta_{C,ls}$  – faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja (-)

Proračun potrebne toplinske energije za hlađenje  $Q_{C,nd}$

$$Q_{C,nd} = Q_{int} + Q_{sol} - \eta_{C,ls} (Q_{Tr} + Q_{Ve}) \quad [\text{kWh}] \quad (11)$$

$Q_{int}$  – unutarnji toplinski dobici zgrade: ljudi, rasvjeta i uređaji (kWh);

$Q_{sol}$  – toplinski dobici od Sunčeva zračenja (kWh);

$Q_{Tr}$  – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh);

$Q_{Ve}$  – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh).

### 2.2.1. Ukupni toplinski dobici za promatrani proračunski period

$$Q_{C,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [\text{kWh}] \quad (12)$$

Unutarnji toplinski dobici i toplinski dobici od sunčeva zračenja izračunavaju se na isti način kao kod proračuna godišnje potrebne toplinske energije za grijanje.

Toplinski dobici od Sunčeva zračenja  $Q_{sol}$

U odnosu na proračun  $Q_{H,nd}$  faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja  $F_C$  je stalno uključen te se efektivna površina otvora  $k$  (prozirnog elementa) na koju upada sunčevo zračenje  $A_{sol,k}$  računa iz sljedećeg izraza:

$$A_{sol,k} = g_{gl+sh} (1 - F_F) A_p \quad [\text{m}^2] \quad (13)$$

$$g_{gl+sh} = F_C \cdot F_W \cdot g \quad [-] \quad (14)$$

Ostale jednadže vrijede kao i za proračun  $Q_{H,nd}$ ! [3]

### 2.3. Energija potrebna za pripremu potrošne tople vode $E_{PTV}$

$$E_{PTV}=[V_{pp} \cdot 1000 \cdot 4,183 \cdot (60-13,5)] \quad [J] \quad (15)$$

$V_{pp}$  – prosječna potrošnja tople vode u litrama (na godišnjoj razini). Kako je  $V_{pp}$  iskazan u litrama, valja ga pomnožiti s gustoćom vode, ovdje uzetom kao 1000 kg/m<sup>3</sup>, toplinskim kapacitetom vode koji je uzet kao 4183 J/kgK, no u jednadžbi je podijeljen s tisuću kako bismo pretvorili litre, tj decimetre kubne vode u metre kubne prije množenja s gustoćom. Temperatura na koju se priprema topla voda je uzeta kao 60 stupnjeva celzijusa, a kao ulazna temperatura vode je uzeta temperatura u vodovodnoj mreži koja iznosi 13,5 stupnjeva celzijusa.

### 3. Postojeće stanje

#### 3.1. Opis građevine

Na lokaciji Veliki Poganac 28B, 48312 Rasinja na k.č.br. 559/1, k.o. Veliki Poganac, smještena je postojeća zgrada obrazovne namjene – područna škola Andrije Palmovića, Školska ulica 15, 48312 Rasinja.

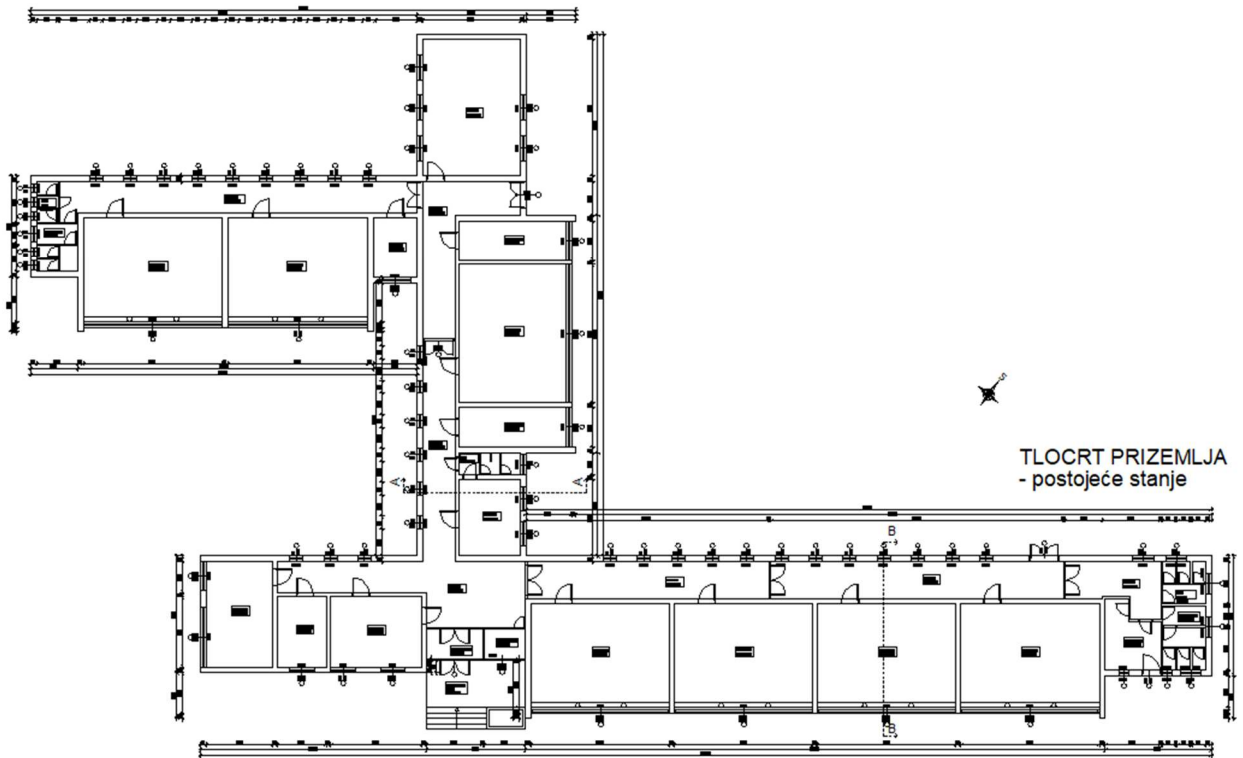


*Slika 3.1 Ulazno(jugoistočno) pročelje zgrade i kotlovnica*

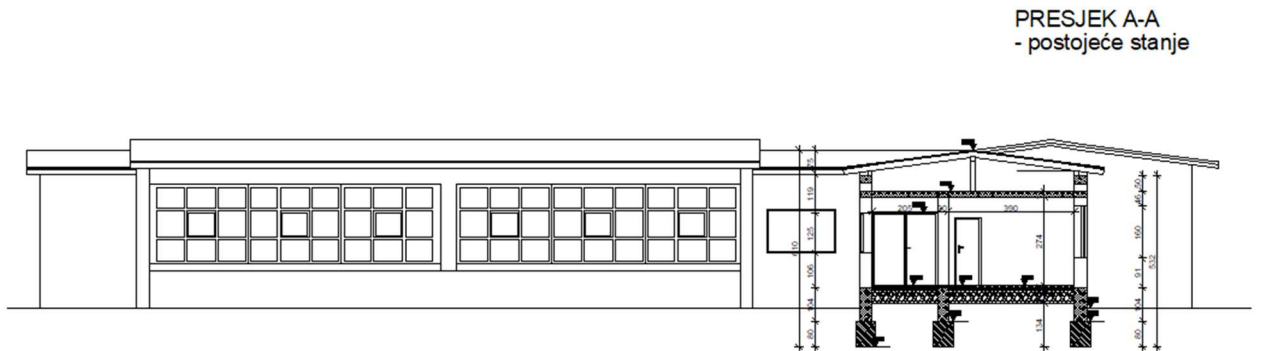


*Slika 3.2 Jugozapadno pročelje zgrade*

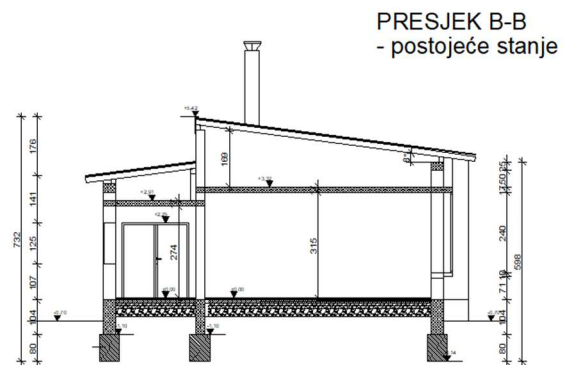
Predmetna zgrada je prizemne etažnosti. Maksimalni tlocrtni gabariti iznose 65,59 m x 33,88 m, visina od vrha sljemena do najniže točke uređenog terena (na jugoistoku) iznosi 6,12 m.



Slika 3.3 Tlocrt prizemlja – postojeće stanje



Slika 3.4 Presjek A-A – postojeće stanje



Slika 3.5 Presjek B-B – postojeće stanje

U tablici 3.1. prikazan je iskaz površina svih prostorija zgrade. „Zakon o vlasništvu i drugim stvarnim pravima“ definira što je to korisna površina u članku 74. :

Korisna površina je ukupna podna površina stana ili druge samostalne prostorije, umanjena za širinu zidova koji je prekidaju. Prigodom izračunavanja korisne površine neće se uzeti u obzir podrumске i tavanačke prostorije koje po svojoj opremi nisu prikladne za stambene ili poslovne svrhe, kao ni negrijana (vanjska) stubišta, otvoreni balkoni i terase; isto vrijedi i za druge dijelove nekretnine koji su pripadak nekog stana ili druge samostalne prostorije.

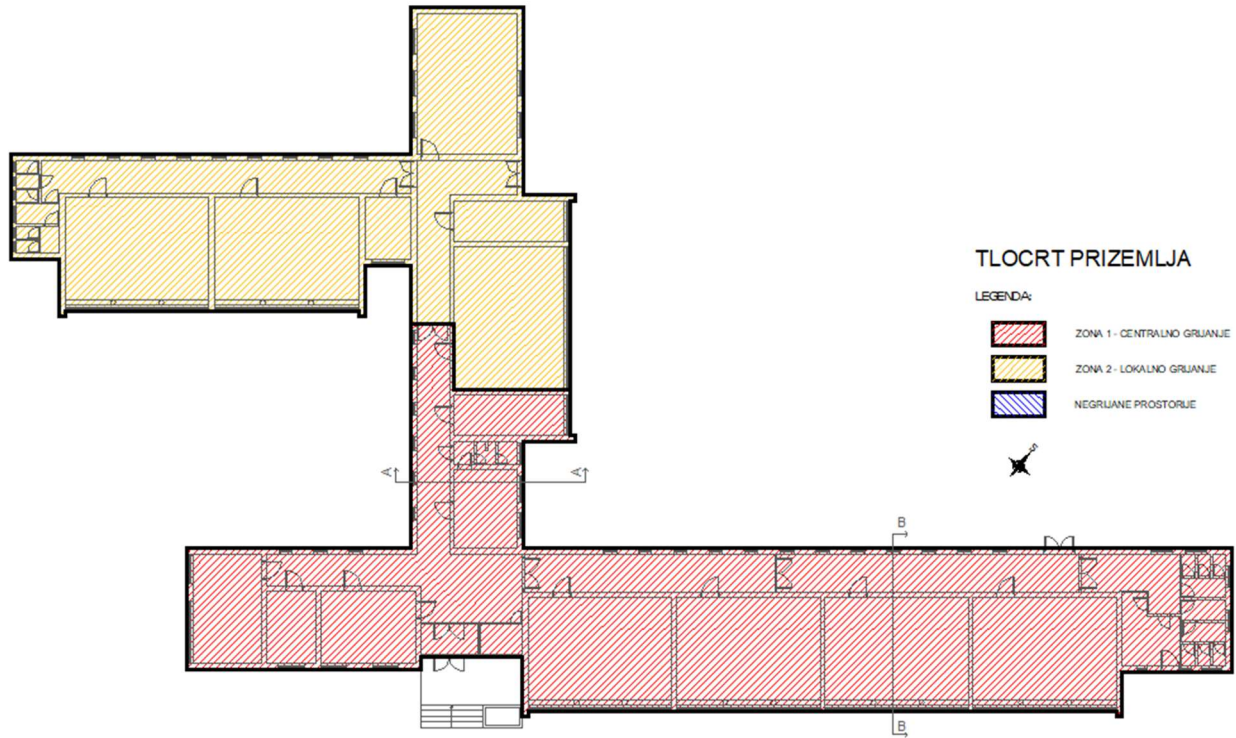
Redni broj	Etažnost	Naziv prostorije	Korisna površina (m <sup>2</sup> )
1	Prizemlje	Vjetrobran	7,40
2	Prizemlje	Portirnica	4,50
3	Prizemlje	Hodnik	46,20
4	Prizemlje	Učionica	26,80
5	Prizemlje	Zbornica	14,20
6	Prizemlje	Učionica	29,30
7	Prizemlje	Hodnik	37,50
8	Prizemlje	Učionica	60,00
9	Prizemlje	Dvorana	57,80
10	Prizemlje	Hodnik	45,40
11	Prizemlje	Učionica	57,50
12	Prizemlje	Učionica	57,70
13	Prizemlje	Hodnik	17,20
14	Prizemlje	Spremište	6,90
15	Prizemlje	Spremište	6,10
16	Prizemlje	WC muški	10,50
17	Prizemlje	WC ženski	6,90
18	Prizemlje	Kuhinja	19,30
19	Prizemlje	WC	15,60
20	Prizemlje	Hodnik	29,40
21	Prizemlje	Spremište	17,70
22	Prizemlje	Učionica	61,40
23	Prizemlje	Spremište	17,70
24	Prizemlje	Hodnik	30,00
25	Prizemlje	Kabinet	11,00
26	Prizemlje	Arhiva	55,10
27	Prizemlje	Učionica	57,90
28	Prizemlje	Hodnik	47,90
29	Prizemlje	Učionica	57,90
30	Prizemlje	WC ženski	3,40
31	Prizemlje	WC muški	7,60

Tablica 3.1 Iskaz površina



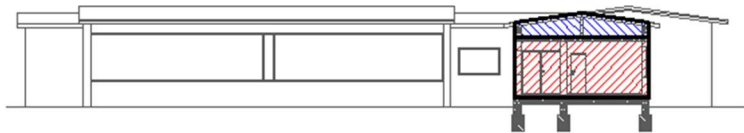
### 3.2. Podjela po zonama

Predmetna zgrada podijeljena je u 2 zone u pogledu ugrađenog termotehničkog sustava i njegovog režima uporabe. U zoni 1 kao sustav grijanja koristi se centralno, dok se u zoni 2 koristi lokalno grijanje.

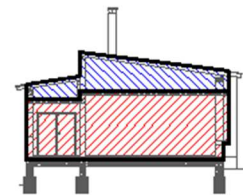


Slika 3.2.1 Tlocrt prizemlja – podjela po zonama

PRESJEK A-A



PRESJEK B-B



LEGENDA:



Slika 3.2.2 Presjeci A-A, B-B – podjele po zonama

### 3.3. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

#### 3.3.1. Vanjski zidovi 1 – VZ1

Vanjski zidovi u pravilu čine najveći dio vanjske ovojnice zgrade i njihova funkcija je nosivost, sprečavanje gubitka topline... Svaki zid ima slojeve koji određuju njegova svojstva. Promatrana zgrada, izvedena je od punih opečnih blokova od gline debljine 35 cm s armirano betonskim horizontalnim i vertikalnim serklažima, te je ožbukana sa vanjske i unutarnje strane vapnenom žbukom debljine 1,5 cm. **Vanjski zidovi ne zadovoljavaju uvjete toplinske zaštite!**

ZONA 1			
VANJSKI ZID 1 – VZ1			
R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]
1	3.02 Vapnena žbuka	1,500	0,800
2	1.01 Puna opeka od gline	35,000	0,810
3	3.02 Vapnena žbuka	1,500	0,800
Koeficijent prolaska topline		U[W/m <sup>2</sup> K]	1,56
Maks. dozvoljeni koef. prolaska topline		U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	0,30
Definirane ploštine [m <sup>2</sup> ]		Sjeveroistok	45,30
		Jugoistok	99,39
		Jugozapad	61,10
		Sjeverozapad	122,20

Tablica 3.3.1.1 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela VZ1 (zona 1)

ZONA 2			
VANJSKI ZID 1 – VZ1			
R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]
1	3.02 Vapnena žbuka	1,500	0,800
2	1.01 Puna opeka od gline	35,000	0,810
3	3.02 Vapnena žbuka	1,500	0,800
Koeficijent prolaska topline		U[W/m <sup>2</sup> K]	1,56
Maks. dozvoljeni koef. prolaska topline		U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	0,30
Definirane ploštine [m <sup>2</sup> ]		Sjeveroistok	40,00
		Jugoistok	23,00
		Jugozapad	42,70
		Sjeverozapad	84,70

Tablica 3.3.1.2 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela VZ1 (zona 2)

### 3.3.2. Podovi na tlu 1 – PT1

Pod na tlu izveden je kao armirano betonska ploča debljine 10 cm, ispod koje je 30 cm debljine dreniranog sloja pijeska i šljunka. Iznad armirano betonske ploče dolazi bitumenska ljepenka, na nju dolazi cementni estrih debljine 7 cm te je kao završni materijal iskorišten drveni parket (crnogorica) debljine 1 cm. **Pod na tlu ne zadovoljava uvjete toplinske zaštite!**

ZONA 1			
POD NA TLU 1 – PT1			
R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]
1	4.05 Drvo - meko - crnogorica	1,000	0,130
2	3.19 Cementni estrih	7,000	1,600
3	Bitumenska ljepenka (traka)	0,500	0,230
4	2.01 Armirani beton	10,000	2,600
5	6.04 Pijesak, šljunak,	30,000	0,810
Koeficijent prolaska topline		U[W/m <sup>2</sup> K]	3,20
Maks. dozvoljeni koef. prolaska topline		U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	0,40
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]			404,20

Tablica 3.3.2.1 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela PT1(zona 1)

ZONA 2			
POD NA TLU 1 – PT1			
R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]
1	4.05 Drvo - meko - crnogorica	1,000	0,130
2	3.19 Cementni estrih	7,000	1,600
3	Bitumenska ljepenka (traka)	0,500	0,230
4	2.01 Armirani beton	10,000	2,600
5	6.04 Pijesak, šljunak,	30,000	0,810
Koeficijent prolaska topline		U[W/m <sup>2</sup> K]	3,20
Maks. dozvoljeni koef. prolaska topline		U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	0,40
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]			592,30

Tablica 3.3.2.2 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela PT1(zona 2)

### 3.3.3. Stropovi prema provjetravanom tavanu 1 – ST1

Strop prema provjetravanom tavanu izveden je kao armirano betonska ploča debljine 17 cm. Sa donje strane strop je ožbukana vapnenom žbukom debljine 1 cm. Sa gornje strane nalazi se sloj slabo provjetravanog zraka debljine 1 m te je kao pokrov korišten lim. **Pod na tlu ne zadovoljava uvjete toplinske zaštite!**

ZONA 1			
STROP PREMA PROVJETRAVANOM TAVANU 1 – ST1			
R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]
1	3.02 Vapnena žbuka	1,000	0,800
2	2.01 Armirani beton	17,000	2,600
3	Slabo provjetravan sloj zraka	100,00	-
4	Nehrđajući čelik	0,200	17,000
Koeficijent prolaska topline		U[W/m <sup>2</sup> K]	1,52
Maks. dozvoljeni koef. prolaska topline		U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	0,25
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]			698,60

Tablica 3.3.3.1 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela ST1(zona 1)

ZONA 2			
KOSI KROVOVI IZNAD GRIJANOG PROSTORA – ST1			
R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]
1	3.02 Vapnena žbuka	1,000	0,800
2	2.01 Armirani beton	17,000	2,600
3	Slabo provjetravan sloj zraka	100,00	-
4	Nehrđajući čelik	0,200	17,00
Koeficijent prolaska topline		U[W/m <sup>2</sup> K]	2,15
Maks. dozvoljeni koef. prolaska topline		U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	0,25
Definirane ploštine [m <sup>2</sup> ]		Sjeveroistok	154,10
		Jugoistok	167,00
		Jugozapad	40,00
		Sjeverozapad	93,20

Tablica 3.3.3.2 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela ST1(zona 2)

### 3.3.4. Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 – ZG1 (granica)

U ovom slučaju, ovaj zid je granica između zona. Zid se sastoji od pune opeke od gline debljine 35 cm, te je sa svake strane zid ožbukovan vapnenom žbukom debljine 1,5 cm.

**Zid između dviju zona ne zadovoljava!**

ZONA 1-2			
ZID IZMEĐU DVIJU ZONA 1 – ZG1			
R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]
1	3.02 Vapnena žbuka	1,500	0,800
2	1.01 Puna opeka od gline	35,000	0,810
3	3.02 Vapnena žbuka	1,500	0,800
Koeficijent prolaska topline		$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	1,37
Maks. dozvoljeni koef. prolaska topline		$U_{\max}$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,60
Definirane ploštine [m <sup>2</sup> ]			39,20

Tablica 3.3.4.1 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela ZG1

### 3.3.5. Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

Prozori, vrata, staklene stijene te ostali građevinski otvori pročelja zgrade, uvelike imaju utjecaj na energetska učinkovitost zgrade. Mogu imati velike koeficijente prolaska topline, te će za takve energetska učinkovitost biti izrazito loša, dok za one s manjim koeficijentom prolaska topline će učinak biti puno veći! Prozori općenito služe zatvaranje prostora, za ulazak svjetlosti u prostor, ali i za prirodno prozračivanje. Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske i na gubitke ventiliranjem.

Prilikom analiziranja postojećeg stanja otvora, pretpostavljaju se koeficijenti prolaska topline ovisno o vrsti ostakljenja, materijalu izrade te debljini okvira (štoka) ugrađenog prozora odnosno vratiju. Vanjski prozori izrađeni su od 3 vrste materijala : drva, PVC-a te aluminija. Koeficijent toplinske provodljivosti je izrazito visok, pogotovo na aluminijskim i drvenim prozorima. Slijedom toga, može se zaključiti kako **otvori ne zadovoljavaju uvjete toplinske zaštite!**

ZONA 1				
Naziv otvora	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Orijentacija	Aw	n
V1 360/240 PVC	2,20	Jugo-istok	8,64	1,00
V2 180/245 Metalna	5,90	Sjevero-zapad	4,16	1,00
V3 120/215 Metalna	5,90	Jugo-istok	2,58	1,00
P1 160/160 PVC	2,20	Sjevero-istok	2,56	2,00
P1 160/160 PVC	2,20	Jugo-istok	2,56	3,00
P2 385/160 PVC	2,20	Jugo-zapad	6,16	1,00
P3 185/160 PVC	2,20	Jugo-zapad	2,96	1,00
P4 85/125 Drvo	3,10	Sjevero-zapad	1,06	15,00
P4 85/125 Drvo	3,10	Jugo-zapad	1,06	6,00
P5 890/240 PVC	2,20	Jugo-istok	21,48	2,00
P6 135/75 Drvo	3,10	Sjevero-istok	1,01	3,00
P6 135/75 Drvo	3,10	Sjevero-zapad	1,01	2,00
P7 60/75 Drvo	3,10	Jugo-istok	0,45	2,00
P8 235/155 Drvo	3,10	Jugo-istok	3,64	1,00
P9 890/240 Drvo	3,10	Jugo-istok	21,48	2,00
V5205/240PVC	3,50	Jugo-Istok	4,92	1,00

Tablica 3.3.5.1 Vrsta otvora, količina, koeficijent toplinske provodljivosti otvora (zona 1)

ZONA 2				
Naziv otvora	$U_w$ [W/m <sup>2</sup> K]	Orijentacija	$A_w$ [m <sup>2</sup> ]	n
P10 258/240	3,10	Sjevero-istok	6,19	2,00
P11 895/210 Drvo	3,10	Sjevero-istok	18,79	1,00
P12 100/75	3,10	Jugo-zapad	0,75	1,00
P13 215/135	3,10	Jugo-istok	2,90	1,00
P14 160/160 Drvo	3,10	Sjevero-istok	2,56	2,00
P14 160/160 Drvo	3,10	Jugo-zapad	2,56	3,00
P15 85/125 Drvo	3,10	Sjevero-zapad	1,06	9,00
P16 60/75 Drvo	3,10	Jugo-zapad	0,45	5,00
P17 895/240 Drvo	3,10	Jugo-istok	21,48	2,00
V4 170/245 Drvo	3,10	Sjevero-zapad	4,16	1,00

Tablica 3.3.5.2 Vrsta otvora, orijentacija, količina, koeficijent toplinske provodljivosti otvora (zona 2)

### 3.3.6. Zaštita od prekomjernog sunčevog zračenja (ljetni period)

Naziv prostorije		$A_g$	f	$g_{totf}$	max	Zadovoljava
Učionica	Jugoistok	4,10	0,24	0,10	0,20	Da

Tablica 3.3.6.1 Podaci o prostoriji s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja – zona 1

Naziv prostorije	Naziv otvora	$A_g$ [m <sup>2</sup> ]	$f_c$	$g_{\perp}$	n
Učionica	P1 160/160	2,05	0,80	0,60	2

Tablica 3.3.6.2 Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna – zona 1

### 3.4. Sustav grijanja/hlađenja, ventilacije

Za predmetnu zgradu, u zoni 1 energija se dobiva centralno, s pomoću sustava grijanja koji se sastoji od toplovodnog kotla na pelete tipa Centrometal snage 110 kW te radijatorskog grijanja prostorija i čeličnog razvoda. Za grijanje zone 2 koristi se sustav decentralizirane peći na kruto gorivo. U sanitarijama se potrošna topla voda priprema pomoću električnog zagrijača. Sustav hlađenja u promatranj zgradi nije riješen. Ventilacija u zgradi je prirodna kroz prozore i vrata.



*Slika 3.4.1 Postojeći kotao na pelete*



*Slika 3.4.2 Postojeći spremnik za pripremu PTV-a*



## 4. Rezultati proračuna

### 4.1. Zona 1

Nakon provedenog proračuna u računalnog programu KI expert Plus, prikazat ću iskaznicu energetske svojstava zgrade (dviju zona) i energetske razrede zona.

<b>ZONA 1 – CENTRALNO GRIJANJE ISKAZNICA ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE OPIS ZGRADE</b>	
Naziv zgrade ili dijela zgrade	Centralno grijanje
Vrsta zgrade	Obrazovna
Namjena zgrade	Nestambeni dio
k.č.br./k.o.	K.č.br.: 559/1, K.o.: Veliki Poganac
Adresa/lokacija zgrade (ulica i kućni broj, poštanski broj, mjesto, nadmorska visina)	Veliki Poganac, 28B
Mjesec i godina izrade projekta	Rujan 2019. godine
Oplošje grijanog dijela zgrade $A$ (m <sup>2</sup> )	1773,87
Obujam grijanog dijela zgrade $V_e$ (m <sup>3</sup> )	2060,20
Faktor oblika zgrade $f\theta$ (m <sup>-1</sup> )	0,86
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade $A_K$ (m <sup>2</sup> )	556,20
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, mješovito)	Centralno
Prosječna unutarnja projektna temperatura grijanja °C	20,00
Prosječna unutarnja projektna temperatura hlađenja °C	22,00
Meteorološka postaja s nadmorskom visinom	Koprivnica (141,00 m n.v.)
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,min}$ (°C)	0,50
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najtoplijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,max}$ (°C)	21,50

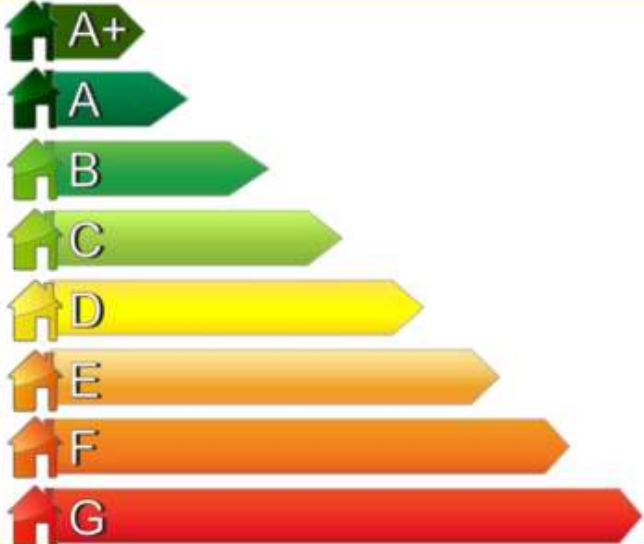
Tablica 4.1.1 Iskaznica energetske svojstava zgrade.

<b>POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZGRADE</b>		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	104209,05	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	38,80	187,36
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	12237,39	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	70,00	22,00
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunati</i>
	0,63	1,44

Tablica 4.1.2 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zone

<b>OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE</b>		
POTREBNO ZA OSTVARENJE UVJETA	OSTVARENO %	ISPUNJENO (DA/NE)
Najmanje 20% ukupne isporučene energije za rad sustava u zgradi podmireno energijom iz obnovljivih izvora energije	76,44	DA

Tablica 4.1.3 Obnovljivi izvori energije

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}^{*}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
	180,18	72,97
 <p>A+</p> <p>A</p> <p>B</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>E</p> <p>F</p> <p>G</p>	E	C

Slika 4.1. Energetski razred zone

## 4.2. Zona 2

<b>ZONA 2 – LOKALNO GRIJANJE</b> <b>ISKAZNICA ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE</b> <b>OPIS ZGRADE</b>	
Naziv zgrade ili dijela zgrade	Lokalno grijanje
Vrsta zgrade	Obrazovna
Namjena zgrade	Nestambeni dio
k.č.br./k.o.	K.č.br.: 559/1, K.o.: Veliki Poganac
Adresa/lokacija zgrade (ulica i kućni broj, poštanski broj, mjesto, nadmorska visina)	Veliki Poganac, 28B
Mjesec i godina izrade projekta	Rujan 2019. godine
Oplošje grijanog dijela zgrade $A$ (m <sup>2</sup> )	1155,43
Obujam grijanog dijela zgrade $V_e$ (m <sup>3</sup> )	1326,40
Faktor oblika zgrade $f\theta$ (m <sup>-1</sup> )	0,87
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade $A_K$ (m <sup>2</sup> )	367,60
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, mješovito)	Lokalno
Prosječna unutarnja projektna temperatura grijanja °C	20,00
Prosječna unutarnja projektna temperatura hlađenja °C	22,00
Meteorološka postaja s nadmorskom visinom	Koprivnica (141,00 m n.v.)
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,min}$ (°C)	0,50
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najtoplijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,max}$ (°C)	21,50


Tablica 4.2.1 Iskaznica energetskih svojstava zgrade

<b>POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZGRADE</b>		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	74850,68	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	39,21	203,62
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	9013,35	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	50,00	24,52
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunati</i>
	0,47	1,70

Tablica 4.2.2 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zone

<b>OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE</b>		
POTREBNO ZA OSTVARENJE UVJETA	OSTVARENO %	ISPUNJENO (DA/NE)
Najmanje 20% ukupne isporučene energije za rad sustava u zgradi podmireno energijom iz obnovljivih izvora energije	0,00	NE

Tablica 4.2.3 Obnovljivi izvori energije

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}^{*}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
	195,70	342,50
 <p>The image shows a vertical energy rating scale on the left side of the table. It consists of eight horizontal arrows pointing to the right, each with a house icon and a letter. From top to bottom: A+ (dark green), A (green), B (light green), C (yellow-green), D (yellow), E (orange), F (dark orange), and G (red). The arrows increase in length from A+ to G.</p>	E	G

Slika 4.2. Energetski razred zone

## 5. Prijedlog mjera za gotovo nula energetska zgradu

Nakon analize postojećeg stanja, te provedbe proračuna u računalnom programu KI expert Plus, dobila se energetska učinkovitost ovojnice zgrade koja je nezadovoljavajuća. U ovom dijelu završnog rada, predložene su mjere obnove koje će ishoditi boljoj energetskoj učinkovitosti zgrade te lakšem upravljanju i korištenju iste. U slučaju novog stanja, predloženo je da se centralno grijanje provede u obje zone (energent – drveni peleti), a priprema PTV-a bi bila preko dizalice topline, čime je zadovoljen uvjet vezan uz obnovljive izvore energije. Predložena je ugradnja mehaničke ventilacije sa rekuperatorom u svim prostorijama objekta. U eventualnu obnovu bi ulazila fasada (toplinska izolacija vanjskih zidova), stropovi prema provjetrovanom tavanu, te otvori zgrade (prozori, vrata), dok se podovi na tlu ne bi sanirali odnosno obnavljali zbog velikog obujma radova te velikog troška. Mjere koje će biti predložene, unose se u proračun te će se na kraju vidjeti kolika je ušteda i isplativost odnosno povrat investicije.

Zgrada gotovo nulte energije jest zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva. Ta gotovo nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u vrlo značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi na zgradi ili u njezinoj blizini, a za koju su zahtjevi utvrđeni propisom. [4]

ZAHTEVI ZA NOVE ZGRADE i GOEZ	Q'' <sub>H,nd</sub> [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]						E <sub>prim</sub> [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]			
	NOVA ZGRADA i GOEZ						NOVA		GOEZ	
VRSTA ZGRADE	kontinent, θ <sub>mm</sub> ≤ 3 °C			primorje, θ <sub>mm</sub> > 3 °C			kont	prim	kont	prim
	f <sub>0</sub> ≤ 0,20	0,20 < f <sub>0</sub> < 1,05	f <sub>0</sub> ≥ 1,05	f <sub>0</sub> ≤ 0,20	0,20 < f <sub>0</sub> < 1,05	f <sub>0</sub> ≥ 1,05	θ <sub>m</sub> ≤ 3 °C	θ <sub>mm</sub> > 3 °C	θ <sub>mm</sub> ≤ 3 °C	θ <sub>mm</sub> > 3 °C
Višestambena	40,50	32,39 + 40,58·f <sub>0</sub>	75,00	24,84	19,86 + 24,89·f <sub>0</sub>	45,99	120	90	80	50
Obiteljska kuća	40,50	32,39 + 40,58·f <sub>0</sub>	75,00	24,84	17,16 + 38,42·f <sub>0</sub>	57,50	115	70	45	35
Uredska	16,94	8,82 + 40,58·f <sub>0</sub>	51,43	16,19	11,21 + 24,89·f <sub>0</sub>	37,34	70	70	35	25
Obrazovna	11,98	3,86 + 40,58·f <sub>0</sub>	46,48	9,95	4,97 + 24,91·f <sub>0</sub>	31,13	65	60	55	55
Bolnica	18,72	10,61 + 40,58·f <sub>0</sub>	53,21	46,44	41,46 + 24,89·f <sub>0</sub>	67,60	300	300	250	250
Hotel i restoran	35,48	27,37 + 40,58·f <sub>0</sub>	69,98	11,50	6,52 + 24,89·f <sub>0</sub>	32,65	130	80	90	70
Sportska dvorana	96,39	88,28 + 40,58·f <sub>0</sub>	130,89	37,64	32,66 + 24,91·f <sub>0</sub>	58,82	400	170	210	150
Trgovina	48,91	40,79 + 40,58·f <sub>0</sub>	83,40	13,90	8,92 + 24,91·f <sub>0</sub>	35,08	450	280	170	150
Ostale nestambene	40,50	32,39 + 40,58·f <sub>0</sub>	75,00	24,84	19,86 + 24,89·f <sub>0</sub>	45,99	150	100	/	/

Tablica 5.1 Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije zgrade

Red- ni broj	Građevni dio	U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
		$\theta_{m,ext,II} \geq 18\text{ °C}$		$12\text{ °C} < \theta_{m,ext,II} < 18\text{ °C}$	
		$\theta_{e,m,ext} \leq 3\text{ °C}$	$\theta_{e,m,ext} > 3\text{ °C}$	$\theta_{e,m,ext} \leq 3\text{ °C}$	$\theta_{e,m,ext} > 3\text{ °C}$
1.	Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, zidovi prema provjetravanom tavanu	0,30	0,45	0,50	0,60
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, ostali prozirni elementi ovojnice zgrade	1,60	1,80	2,50	2,80
3.	Ostakljeni dio prozora, balkonskih vrata, krovnih prozora, prozirnih elemenata ovojnice zgrade ( $U_p$ )	1,10	1,40	1,40	1,40
4.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu	0,25	0,30	0,40	0,50
5.	Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže	0,25	0,30	0,40	0,50
6.	Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0 °C	0,40	0,60	0,90	1,20
7.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	0,40 <sup>1)</sup>	0,50 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,80 <sup>1)</sup>
8.	Vanjska vrata, vrata prema negrijanom stubištu, s neprozirnim vratnim krilom i ostakljene pregrade prema negrijanom ili provjetravanom prostoru	2,00	2,40	2,90	2,90
9.	Stjenke kutija za rolete	0,60	0,80	0,80	0,80
10.	Stropovi i zidovi između stanova ili između različitih grijanih posebnih dijelova zgrade (poslovnih prostora i sl.)	0,60	0,80	1,20	1,20
11.	Kupole i svjetlosne trake	2,5	2,5	2,5	2,5
12.	Vjetrobrani, promatrano u smjeru otvaranja vrata	3,0	3,0	3,0	3,0

Tablica 5.2 Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline,  $U$  [W/(m<sup>2</sup> · K)], građevnih dijelova novih zgrada, i nakon rekonstrukcije postojećih zgrada



## 5.1. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

### 5.1.1. Vanjski zid 1 – VZ1

Ovim prijedlogom predviđa se cijelokupna energetska obnova vanjskih zidova grijanog prostora.

Izolacija vanjskih zidova (ETICS sustav) biti će izvedena sa 20 cm mineralne vune.

Ukupni koeficijent prolaska topline „U“ svih vanjskih zidova iznosi  $U \leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]
1	3.02 Vapnena žbuka	1,500	0,800
2	1.01 Puna opeka od gline	35,000	0,810
3	3.02 Vapnena žbuka	1,500	0,800
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900
5	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,038
6	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900
7	Silikonska žbuka	0,200	0,700
	Koeficijent prolaska topline	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,20
	Maks. dozvoljeni koef. prolaska topline	$U_{\max}$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,30

Tablica 5.1.1.1 VZ1 – slojevi – novo stanje

U nastavku slijedi procjena troškova svih usluga za obnovu fasade (VZ1).

Poz.	Naziv artikla / Opis usluge	Mj.	Kol.	Jed. Cij. (kn)	Ukupno (kn)
1.1.	- toplinska izolacija zidova (MV) d = 20 cm	m2	<b>984,50</b>	<b>180,00</b>	<b>177.210,00</b>
1.2.	- toplinska izolacija i hidroizolacija zidova (XPS) d = 8 cm	m2	<b>371,90</b>	<b>115,00</b>	<b>42.768,50</b>
1.3.	- toplinska izolacija špaleta (MV) d = 2 cm,	m2	<b>77,20</b>	<b>60,00</b>	<b>4.632,00</b>
1.4.	- završno žbukanje (armirano polimercementno ljepilo, impregnacijski premaz, završna <b>silikonska</b> dekorativno-zaštitna žbuka)	m2	<b>1.171,73</b>	<b>95,00</b>	<b>111.314,35</b>
1.5.	- završno žbukanje <b>špaleta prozora</b> (armirano polimercementno ljepilo, impregnacijski premaz, završna <b>silikonska</b> dekorativno-zaštitna žbuka)	m1	<b>371,30</b>	<b>30,00</b>	<b>11.139,00</b>
1.6.	- završno žbukanje <b>podnožja građevine</b> (armirana polimercementna žbuka, impregnacijski premaz, završna <b>akrilatna i vodoodbojna mozaična žbuka</b> )	m2	<b>371,90</b>	<b>105,00</b>	<b>39.049,50</b>
					<b>386.113,35</b>

Tablica 5.1.1.2 Procjena troškova obnove – VZ1

	Potrošnja		Razlika
	Prije	Poslije	ukupno
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
ZONA 1	104209,05	92866,04	11343,01
ZONA 2	74850,68	69022,67	5828,01
UKUPNO	179059,73	161888,71	17171,02

Tablica 5.1.1.3 VZI – ušteda

Ako se uzme da se kao energent za grijanje koriste drveni peleti, te da cijena 1 kWh iznosi 0,33 kn (s PDV-om), dolazi se do toga da se prije obnove trošilo 59.089,71 kn godišnje za grijanje zgrade. Ako bi vanjske zidove izoliralo prema gore navedenim mjerama, potrošnja na godišnjoj razini za grijanje sada bi iznosila 53.423,27 kn.

Dobiva se godišnja ušteda na grijanju od 5.666,44 kn, što je 9,59%!

Povrat investicije je 68 godina.

### 5.1.2. Stropovi prema provjetravanom tavanu 1 – ST1

Ovim prijedlogom predviđa se cjelokupna energetska obnova stropova iznad grijanog prostora. Stropovi prema provjetravanom tavanu iznad grijanog prostora biti će izvedeni sa 15+10 cm mineralne vune. Ukupni koeficijent prolaska topline „U“ stropova koji su predmet zahvata iznosi  $U \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

R.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]
1	3.02 Vapnena žbuka	1,000	0,800
2	2.01 Armirani beton	17,000	2,600
3	Knauf Insulation LDS 35 parna	0,020	0,500
4	Knauf Insulation višenamijski filc NatuRoll	15,000	0,040
5	Knauf Insulation višenamijski filc NatuRoll	10,000	0,040
6	HOMESEAL LDS 0,02 paropropusna-vodonepropusna	0,020	0,200
	Koeficijent prolaska topline	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,15
	Maks. dozvoljeni koef.	$U_{\max}$ [W/m <sup>2</sup>	0,25

Tablica 5.1.2.1 ST1 – slojevi – novo stanje

U nastavku slijedi procjena troškova svih usluga za obnovu stropa prema provjetravanom tavanu (ST1).

Poz.	Naziv artikla / Opis usluge	Mj.	Kol.	Jed. Cij. (kn)	Ukupno (kn)
2.1.	- parna brana	m2	<b>1.051,30</b>	<b>10,00</b>	<b>10.513,00</b>
2.2.	- toplinska izolacija iz mineralne vune d=15+10cm - strop oznake ST1	m2	<b>1.051,30</b>	<b>170,00</b>	<b>178.721,00</b>
2.3.	- paropropusna, vodonepropusna folija	m2	<b>1.051,30</b>	<b>14,00</b>	<b>14.718,20</b>
					<b>203.952,20</b>

Tablica 5.1.2.2 Procjena troškova obnove – ST1

	Potrošnja		Razlika
	Prije	Poslije	ukupno
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
ZONA 1	104209,05	78802,98	25406,07
ZONA 2	74850,68	52148,91	22701,77
UKUPNO	179059,73	130951,89	48107,84

Tablica 5.1.1.3 ST1 – ušteda

Ako se uzme da se kao energent za grijanje koriste drveni peleti , te da cijena 1 kWh iznosi 0,33 kn ( s PDV-om), dolazi se do toga da se prije obnove trošilo 59.089,71 kn godišnje za grijanje zgrade. Ako bi strop prema tavanu obnovili prema gore navedenim mjerama, potrošnja na godišnjoj razini za grijanje sada bi iznosila 43.214,12 kn.

Dobiva se godišnja ušteda na grijanju od 15.875,59 kn, što je 26,87%!

Povrat investicije je 12 godina.

### 5.1.3. Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

Postojeća stolarija će biti zamijenjena novom, dijelom PVC okvirima, sa trostrukim izolirajućim staklom, s dvostrukim premazom niske emisije (Low-E), punjeno plinom, a dijelom ALU okvirima, sa sa trostrukim izolirajućim staklom, s dvostrukim premazom niske emisije (Low-E), punjeno plinom. Profili su iz PVC šesterokomornog profila sa prekinutim termičkim mostom. Toplinski koeficijent kompletne stijene sa ostakljenjem iznosi  $U_w \leq 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a toplinski koeficijent ostakljenja iznosi  $U_g \leq 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Za kompletnu stolariju, predvidjeti RAL ugradnju.

POZ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	KOM	VRSTA OTVORA	ROLETE
1	3,60	2,40	1	VRATA	-
2	1,70	2,45	1	VRATA	-
3	1,80	2,45	1	VRATA	-
4	1,20	2,15	1	VRATA	-
5	1,60	1,60	10	PROZOR	DA
6	3,85	1,60	1	PROZOR	DA
7	1,85	1,60	1	PROZOR	DA
8	0,85	1,25	30	PROZOR	-
9	2,15	1,35	1	PROZOR	DA
10	8,90	2,50	2	PROZOR	DA
11	2,58	2,40	2	PROZOR	DA
12	8,95	2,40	1	PROZOR	DA
13	1,35	0,75	1	PROZOR	-
14	0,60	0,75	7	PROZOR	-
15	8,95	2,40	2	PROZOR	DA
16	8,96	2,40	2	PROZOR	DA
17	2,35	1,55	1	PROZOR	-
18	1,00	0,75	1	PROZOR	-
19	1,35	0,75	5	PROZOR	-

Tablica 5.1.3.1 Otvori – novo stanje

Poz.	Naziv artikla / Opis usluge	Mj.	Kol.	Jed. Cij. (kn)	Ukupno (kn)
	<b>ALU STOLARIJA</b>				
3.1.	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom aluminijskih ulaznih vrata u zidarskom otvoru <b>360x240cm. – POZ 1</b>	kom	1	<b>12.560,00</b>	<b>12.560,00</b>
	<b>PVC STOLARIJA</b>				
3.2.	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC ulaznih vrata u zidarskom otvoru <b>170x245cm. – POZ 2</b>	kom	1	<b>3.850,00</b>	<b>3.850,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC ulaznih vrata u zidarskom otvoru <b>180x245cm. – POZ 3</b>	kom	1	<b>4.158,00</b>	<b>4.158,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC ulaznih vrata u zidarskom otvoru <b>120x215cm. – POZ 4</b>	kom	1	<b>2.555,00</b>	<b>2.555,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>160x160cm. – POZ 5</b>	kom	10	<b>2.905,00</b>	<b>29.050,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>385x160cm. – POZ 6</b>	kom	1	<b>7.553,00</b>	<b>7.553,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>185x160cm. – POZ 7</b>	kom	1	<b>2.877,00</b>	<b>2.877,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>85x125cm. – POZ 8</b>	kom	30	<b>714,00</b>	<b>21.420,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>215x135cm. – POZ 9</b>	kom	1	<b>3.479,00</b>	<b>3.479,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>890x250cm. – POZ 10</b>	kom	2	<b>16.380,00</b>	<b>32.760,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>258x240cm. – POZ 11</b>	kom	2	<b>7.609,00</b>	<b>15.218,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>895x240cm. – POZ 12</b>	kom	1	<b>16.492,00</b>	<b>16.492,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>135x75cm. – POZ 13</b>	kom	1	<b>1.141,00</b>	<b>1.141,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>60x75cm. – POZ 14</b>	kom	7	<b>567,00</b>	<b>3.969,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>895x240cm. – POZ 15</b>	kom	2	<b>16.492,00</b>	<b>32.984,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>896x240cm. – POZ 16</b>	kom	2	<b>16.527,00</b>	<b>33.054,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>235x155cm. – POZ 17</b>	kom	1	<b>3.192,00</b>	<b>3.192,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>100x75cm. – POZ 18</b>	kom	1	<b>805,00</b>	<b>805,00</b>
	Izrada dostava i kompletna montaža s ugradbom PVC prozora u zidarskom otvoru <b>135x75cm. – POZ 19</b>	kom	5	<b>1.141,00</b>	<b>5.705,00</b>
					<b>232.822,00</b>

Tablica 5.1.3.2 Procjena troškova obnove stolarije

	Potrošnja		Razlika
	Prije	Poslije	ukupno
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
ZONA 1	104209,05	92373,14	11835,91
ZONA 2	74850,68	66292,16	8558,52
UKUPNO	179059,73	158665,29	20394,44

*Tablica 5.1.1.3 Stolarija – ušteda*

Ako se uzme da se kao energent za grijanje koriste drveni peleti , te da cijena 1 kWh iznosi 0,33 kn ( s PDV-om), dolazi se do toga da se prije obnove trošilo 59.089,71 kn godišnje za grijanje zgrade. Ako bi stolariju zgrade obnovili prema gore navedenim mjerama, potrošnja na godišnjoj razini za grijanje sada bi iznosila 52.359,55 kn.

Dobiva se godišnja ušteda na grijanju od 6.730,16 kn, što je 11,39%!

Povrat investicije je 35 godina.

## **5.2. Sustav grijanja/hlađenja, ventilacije, pripreme PTV-a**

Sustav grijanja novog dijela građevine je u dobrom stanju i neće se mijenjati. U starom dijelu predviđa se spoj novih radijatora sa pripadajućim termostatskim ventilima na postojeći izvor topline. Predviđena je ugradnja visoko učinkovite cirkulacijske crpke, nepovratni ventil, troputni ventil, ventil za hidrauličko balansiranje krugova grijanja.

Za ventilaciju je predviđen sustav rekuperacije zraka.

Sustav pripreme PTV-a biti će izveden preko dizalice topline. S dizalicama topline koje služe isključivo za pripremu PTV-a, građevina se tijekom cijele godine na jednostavan način može opskrbiti potrošnom toplom vodom. Dizalicom topline može se uštedjeti do 70 % energiju u usporedbi s uobičajenom pripremom tople vode. Dizalica topline sa integriranim spremnikom je najkvalitetnija izvedba te će takva biti ugrađena u sustav zgrade. Spremnik PTV-a je volumena 200 litara. Unutar građevine od dizalice topline koja će biti smještena u potkrovlju, pri čemu će se do iste dovesti hladna sanitarna voda odnosno odvesti topla sanitarna voda. Upravljanje pripremom PTV-a biti će riješeno automatskom regulacijom integriranom na dizalici topline.

Poz.	Naziv artikla / Opis usluge	Mj.	Kol.	Jed. Cij. (kn)	Ukupno (kn)
4.1.	- visokoučinkovita cirkulacijska crpka	kom	<b>1,00</b>	<b>1.500,00</b>	<b>9.000,00</b>
4.2.	- nepovratni ventil za crpku	kom	<b>3,00</b>	<b>250,00</b>	<b>750,00</b>
4.3.	- troputni ventil	kom	<b>1,00</b>	<b>85,00</b>	<b>2.000,00</b>
4.4.	- ventil za hidrauličko balansiranje krugova grijanja	kom	<b>1,00</b>	<b>1.500,00</b>	<b>1500,00</b>
4.5.	- radijatori sa pripadajućim termostatskim ventilima	kom	<b>17,00</b>	<b>1.200,00</b>	<b>20.400,00</b>
4.6.	- crne čelične bešavne cijevi za grijanje uključivo fazonske komade, prelazne komade bakar/čelik, obujmice i zaštitne cijevi za proboje kroz zidove	m'	<b>380,00</b>	<b>150,00</b>	<b>57.000,00</b>
4.7.	- mehanička ventilacija sa rekuperacijom	kom	<b>2,00</b>	<b>124.000,00</b>	<b>248.000,00</b>
4.8.	- dizalica topline zrak/voda za pripremu potrošne tople vode	kom	<b>1,00</b>	<b>22.000,00</b>	<b>22.000,00</b>
4.9.	- ventilacijske cijevi za odvod zraka iz dizalice topline	kom	<b>5,00</b>	<b>180,00</b>	<b>900,00</b>
					<b>352.135,00</b>

Tablica 5.2.1 Procjena troškova strojarskog dijela

	Potrošnja		Razlika
	Prije	Poslije	ukupno
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
ZONA 1	104209,05	72430,88	31778,17
ZONA 2	74850,68	53685,51	21165,17
UKUPNO	179059,73	126116,39	52943,34

Tablica 5.2.3 Strojarski dio – ušteda

Ako se uzme da se kao energent za grijanje koriste drveni peleti, te da cijena 1 kWh iznosi 0,33 kn (s PDV-om), dolazi se do toga da se prije obnove trošilo 59.089,71 kn godišnje za grijanje zgrade. Ako bi strojarski dio zgrade obnovili prema gore navedenim mjerama, potrošnja na godišnjoj razini za grijanje sada bi iznosila 41.618,41 kn.

Dobiva se godišnja ušteda na grijanju od 17.471,30 kn, što je 29,57%!

Povrat investicije je 20 godina.

## 6. Rezultati proračuna

### 6.1. Zona 1

Nakon provedenog proračuna novog stanja, prikazat će iskaznicu energetske svojstava zgrade (dviju zona) i energetske razrede zona koji bi bili ukoliko bi sproveli energetske obnovu nad predmetnom zgradom.

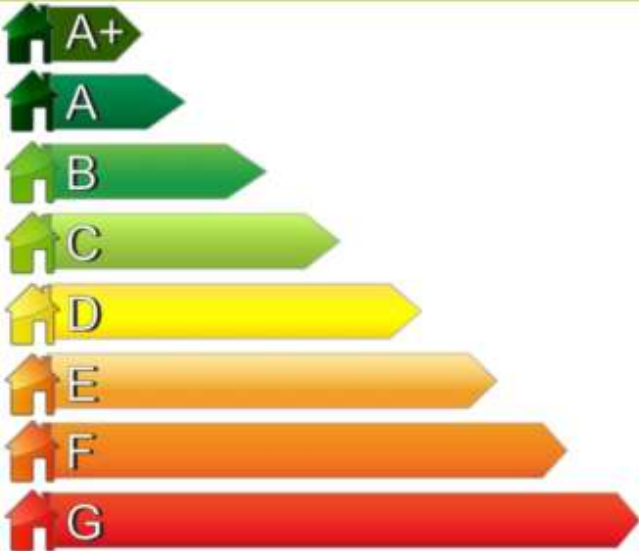
<b>POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZGRADE</b>		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	20253,12	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	38,80	36,41
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	6234,26	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	70,00	11,21
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunati</i>
	0,63	0,38

Tablica 6.1.1 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zone – nakon obnove

<b>OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE</b>		
POTREBNO ZA OSTVARENJE UVJETA	OSTVARENO %	ISPUNJENO (DA/NE)
Najmanje 20% ukupne isporučene energije za rad sustava u zgradi podmireno energijom iz obnovljivih izvora energije	84,08	DA

Tablica 6.1.2 Obnovljivi izvori energije



ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
	34,42	28,57
	<b>B</b>	<b>A+</b>

Slika 6.1 Energetski razred zone

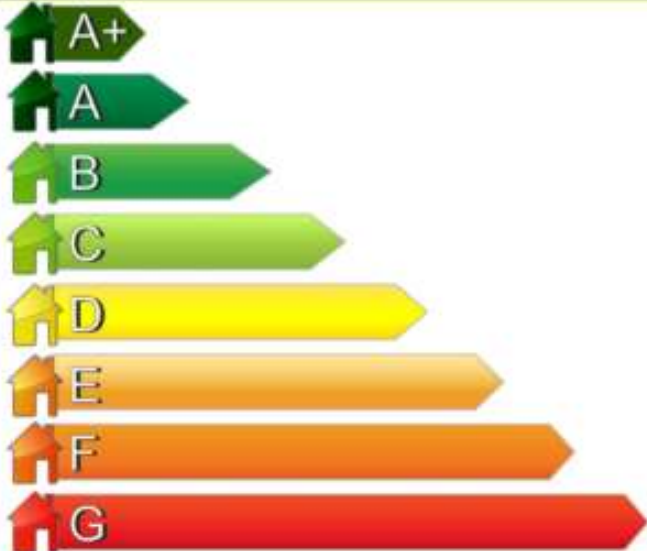








## 6.2. Zona 2

POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZGRADE		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	13661,90	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	39,21	37,17
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	4197,77	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	70,00	11,42
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunati</i>
	0,63	0,38

Tablica 6.2.1 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zone – nakon obnove

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE		
POTREBNO ZA OSTVARENJE UVJETA	OSTVARENO %	ISPUNJENO (DA/NE)
Najmanje 20% ukupne isporučene energije za rad sustava u zgradi podmireno energijom iz obnovljivih izvora energije	82,81	DA

Tablica 6.2.2 Obnovljivi izvori energije

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{Hnd}^*$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
	35,07	27,11
 <ul style="list-style-type: none"> <li> A+</li> <li> A</li> <li> B</li> <li> C</li> <li> D</li> <li> E</li> <li> F</li> <li> G</li> </ul>		<b>A+</b>

Slika 6.2 Energetski razred zone

## 7. Uštede – postojeće / novo stanje

Rezultatima proračuna novog stanja, možemo zaključiti da se energetska učinkovitost koja zadovoljava uvjete gotovo nul energetske zgrade!

U zoni 1, prije obnove  $Q_{hn,d}$  je iznosio 187,36 kWh/m<sup>2</sup>a što je svrstava u energetske razred E! Nakon obnove zona je smještena u energetske razred B sa  $Q_{hn,d}$  od 36,41 kWh/m<sup>2</sup>a.

U zoni 2 prije obnove  $Q_{hn,d}$  je iznosio 203,62 kWh/m<sup>2</sup>a što je svrstava u energetske razred F! Nakon obnove zona je smještena u energetske razred B sa  $Q_{hn,d}$  od 37,17 kWh/m<sup>2</sup>a.

DIO ZGRADE	Potrošnja		Razlika
	Prije	Poslije	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
ZONA 1	104209,05	20253,12	83955,93
ZONA 2	74850,68	13661,90	61188,78
UKUPNO	179059,73	33915,02	145144,71

Tablica 7. Uštede

Ako se uzme da se kao energent za grijanje koriste drveni peleti, te da cijena 1 kWh iznosi 0,33 kn (s PDV-om), dolazi se do toga da se prije obnove trošilo 59.089,71 kn godišnje za grijanje zgrade. Ako bi se zgradu obnovilo prema gore navedenim mjerama, potrošnja na godišnjoj razini za grijanje sada bi iznosila 11.191,96 kn.

Dobiva se godišnja ušteda na grijanju od 47.897,75 kn, što je ukupno 81,06%!

Krene li se u izračun povrata investicije, dolazi se do toga da će se ukupno investirani iznos od 1.175.082,55 kn „vratiti“ za 24 godine. S obzirom da je Republika Hrvatska članica Europske unije, često se otvaraju natječaji za energetske obnovu javnih zgrada.

Pa je tako u 2017. godini otvoren Poziv 'Energetska obnova zgrada i korištenje obnovljivih izvora energije u zgradama javnog sektora' u sklopu kojeg je osigurano 380 milijuna kuna iz Europskog fonda za regionalni razvoj za energetske obnovu zgrada javnog sektora. Najniži iznos bespovratnih sredstava koji se dodjeljivao za financiranje prihvatljivih troškova projekta je bio 80.000,00 kuna, a najviši 40.000.000,00 kuna. Bespovratna sredstva dodjeljivala su se putem otvorenog postupka dodjele bespovratnih sredstava u modalitetu trajnog Poziva. [1]

Ukoliko bi se prijavilo ovakvu zgradu na natječaj, te da se ostvari 60% bespovratnih sredstava, investirani dio bi iznosio 470.033,02 kn te bi u tom slučaju povrat sredstava bio postignut u roku od 9 godina!

## 8. Zaključak

U današnje vrijeme energetska učinkovitost sve više dobiva na važnosti, kako u Europskoj uniji, tako i u Hrvatskoj. Klimatske promjene, nestabilne cijene energenata, porast potrošnje potaknuli su Europsku uniju da osigura sigurnu i pristupačnu energiju za svoje građane. Poznato je da se u zgradama troši oko 40% od ukupne potrošnje energije, stoga je energetska učinkovitost jedna od najvažnijih faktora u svakodnevnom životu. Na primjeru ovog rada odnosno zgrade, može se vidjeti koliko se povećala kvaliteta iste, preko manjih troškova za grijanje, smanjenje negativnog utjecaja vlage, estetski kvalitetnijeg izgleda zgrade pa sve do kvalitetnijeg boravka za ljude.

Analizom i obradom rezultata, provedenih proračuna u računalnom programu KI Expert Plus, izračunata je potrebna godišnja energija za grijanje od 179059,73 kWh prije obnove, te 33915,02 kWh nakon obnove. Ušteda potrošnje energije za grijanje prije i nakon obnove je 145144,71 kWh gdje se dolazi do zaključka da je ušteda poprilična, odnosno potrebna godišnja energija za grijanje smanjila se za čak 81,06%, što bi uštedjelo cca. 48000 kn godišnje!

## 9. Literatura

- [1] [http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/enu\\_u\\_zgradarstvu](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu), dostupno 20.08.2019.
- [2] Pravilnik o energetsom pregledu zgrada i energetsom certificiranju zgrada [NN 48/14, 150/14], Zagreb, 2014.
- [3] V.Soldo, S.Novak, I.Horvat : Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790
- [4] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama ((NN 128/15, 70/18, 73/18)
- [5] M. Andrassy, I. Balen, I.Boras, D.Dović, Ž. Hrs Borković, K. Lanić, D. Lončar, B. Pavković, V. Soldo, B. Sučić, S. Svaić; Priručnik za energetske certificiranje zgrada, Zelina, 2010.
- [6] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/>, dostupno 29.08.2019.
- [7] <https://www.knaufinsulation.hr/>, dostupno 03.09.2019.

## Popis slika

Slika 3.1 Ulazno(jugoistočno) pročelje zgrade i kotlovnica.....	11
Slika 3.2 Jugozapadno pročelje zgrade.....	11
Slika 3.3 Tlocrt prizemlja – postojeće stanje.....	12
Slika 3.4 Presjek A-A – postojeće stanje.....	12
Slika 3.5 Presjek B-B – postojeće stanje .....	12
Slika 3.2.1 Tlocrt prizemlja – podjela po zonama .....	14
Slika 3.2.2 Presjeci A-A, B-B – podjele po zonama .....	14
Slika 3.4.1 Postojeći kotao na pelete .....	21
Slika 3.4.2 Postojeći spremnik za pripremu PTV-a.....	21
Slika 4.1. Energetski razred zone .....	24
Slika 4.2. Energetski razred zone .....	27
Slika 6.1 Energetski razred zone .....	38
Slika 6.2 Energetski razred zone .....	39

## Popis tablica

Tablica 3.1 Iskaz površina .....	13
Tablica 3.3.1.1 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela VZ1(zona 1).....	15
Tablica 3.3.1.2 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela VZ1(zona 2).....	15
Tablica 3.3.2.1 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela PT1(zona 1) .....	16
Tablica 3.3.2.2 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela PT1(zona 2) .....	16
Tablica 3.3.3.1 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela ST1(zona 1) .....	17
Tablica 3.3.3.2 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela ST1(zona 2) .....	17
Tablica 3.3.4.1 Sastav, debljina i koeficijent prolaska topline građevnog dijela ZG1 .....	18
Tablica 3.3.5.1 Vrsta otvora, količina, koeficijent toplinske provodljivosti otvora (zona 1).....	19
Tablica 3.3.6.1 Podaci o prostori s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja – zona 1	20
Tablica 3.3.6.2 Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna – zona	120
Tablica 4.1.1 Iskaznica energetske svojstava zgrade. ....	22
Tablica 4.1.2 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zone.....	23
Tablica 4.1.3 Obnovljivi izvori energije.....	23
Tablica 4.2.1 Iskaznica energetske svojstava zgrade .....	25
Tablica 4.2.2 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zone.....	26
Tablica 4.2.3 Obnovljivi izvori energije.....	26
Tablica 5.1 Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije zgrade .....	28
Tablica 5.2 Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], građevnih dijelova novih zgrada, i nakon rekonstrukcije postojećih zgrada.....	29
Tablica 5.1.1.1 VZ1 – slojevi – novo stanje .....	30
Tablica 5.1.1.2 Procjena troškova obnove – VZ1 .....	30
Tablica 5.1.1.3 VZ1 – ušteda.....	31
Tablica 5.1.2.1 ST1 – slojevi – novo stanje.....	31
Tablica 5.1.2.2 Procjena troškova obnove – ST1 .....	32
Tablica 5.1.1.3 ST1 – ušteda .....	32
Tablica 5.1.3.1 Otvori – novo stanje .....	33
Tablica 5.1.3.2 Procjena troškova obnove stolarije.....	34
Tablica 5.1.1.3 Stolarija – ušteda .....	35
Tablica 5.2.1 Procjena troškova strojarskog dijela.....	36
Tablica 5.2.3 Strojarski dio – ušteda .....	36
Tablica 6.1.1 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zone – nakon obnove.....	37

Tablica 6.1.2 Obnovljivi izvori energije.....	37
Tablica 6.2.1 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zone – nakon obnove.....	38
Tablica 6.2.2 Obnovljivi izvori energije.....	39
Tablica 7. Uštede .....	40






IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ALEN KIŠIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom REKONSTRUKCIJA ZGRADE U GOTOVO NUKA ENERGETSKU (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez <sup>ZGRADU</sup>pravih citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

  
\_\_\_\_\_  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ALEN KIŠIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom REKONSTRUKCIJA ZGRADE U GOTOVO NUKA (upisati naslov) čiji sam autor/ica. ENERGETSKU ZGRADU

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

  
\_\_\_\_\_  
(vlastoručni potpis)