

Energetski pokazatelj individualnog stambenog objekta u Banjaluci

Biljana Antunović¹, Adnan Murguz², Darija Gajić³, Jelena Rašović⁴

^{1,3,4}Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, Republika Srpska

²Bauprojekt d.o.o. Rd Pfeiler GmbH, Grac, Austria

biljana.antunovic@aggf.unibl.org, a.murguz@bauprojekt.ba, darija.gajic@aggf.unibl.org, jelena.rasovic@aggf.unibl.org

Sažetak—U radu je prikazana analiza energetske efikasnosti individualnog stambenog objekta u Banjaluci. Postojeće stanje objekta ocijenjeno je na osnovu detaljne analize strukturalnih elemenata omotača (zidovi, podovi i krovovi) i toplotnih performansi zgrade (toplotne karakteristike omotača dobijene proračunima i mjerenjima i sistem grijanja). Proračun je pokazao da koeficijenti prolaza toplote elemenata omotača kao i koeficijent specifičnih transmisionih gubitaka ne zadovoljavaju granične vrijednosti propisane nacionalnim propisima Pravilnikom o minimalnim zahtjevima za energetske karakteristike zgrada, odnosno da su gubici toplote veći od dozvoljenih. Mjerenjima koja su izvedena na omotaču nisu detektovana mjesta povećanih toplotnih gubitaka, niti prisustvo vlage na omotaču. Za sve vrste zgrada propisan je najniži energetski razred „C“, dok prema izvedenom proračunu, objekat u postojećem stanju pripada energetskom razredu „G“.

Ključne riječi—energetska efikasnost; stambeni objekat; toplotne performanse; energetski razred;

I. UVOD

Danas su zgrade najveći pojedinačni potrošači energije, a time i veliki zagađivač životne sredine. Zbog dugog životnog vijeka zgrada njihov uticaj na životnu sredinu je kontinuiran i veoma značajan. Prema dostupnim podacima oko 40 % potrošnje energije i oko 17 % emisija CO₂ u Evropskoj Uniji dolazi iz građevinskog sektora, tako da ovaj sektor nudi najveći potencijal za efikasnije korišćenje energije [1]. Sa druge strane, u Republici Srpskoj (RS) potrošnja energije u građevinskom sektoru je još veća i iznosi čak oko 55 % ukupne potrošnje energije [2]. Uzrok velikoj potrošnji energije u RS je nepostojeća ili loša toplotna izolacija zgrada. Potrošnja energije zgrade zavisi od njenih karakteristika (orijentacije faktora oblika, kvaliteta i karakteristika ugrađenih materijala i proizvoda, itd.), karakteristika energetskih sistema u njoj (sistema grijanja, električnih uređaja i rasvjete, itd.), ali i klime područja u kojem se zgrada nalazi. Energetska efikasnost podrazumijeva skup sveobuhvatnih mjera koje se primjenjuju u cilju smanjenja potrošnje energije, pri čemu se ostvaruje isti ili čak i viši stepen komfora korisnika.

Sa ciljem određivanja energetske efikasnosti, odnosno energetskog razreda individualnog stambenog objekta u Banjaluci, urađen je proračun toplotnih performansi omotača u skladu sa metodologijom propisanom u trenutno važećim podzakonskim regulativama [3]-[5] u Republici Srpskoj. Pri tome, detaljno su razmatrani pojedini elementi omotača zgrade, određeni koeficijenti prolaza toplote svih elemenata

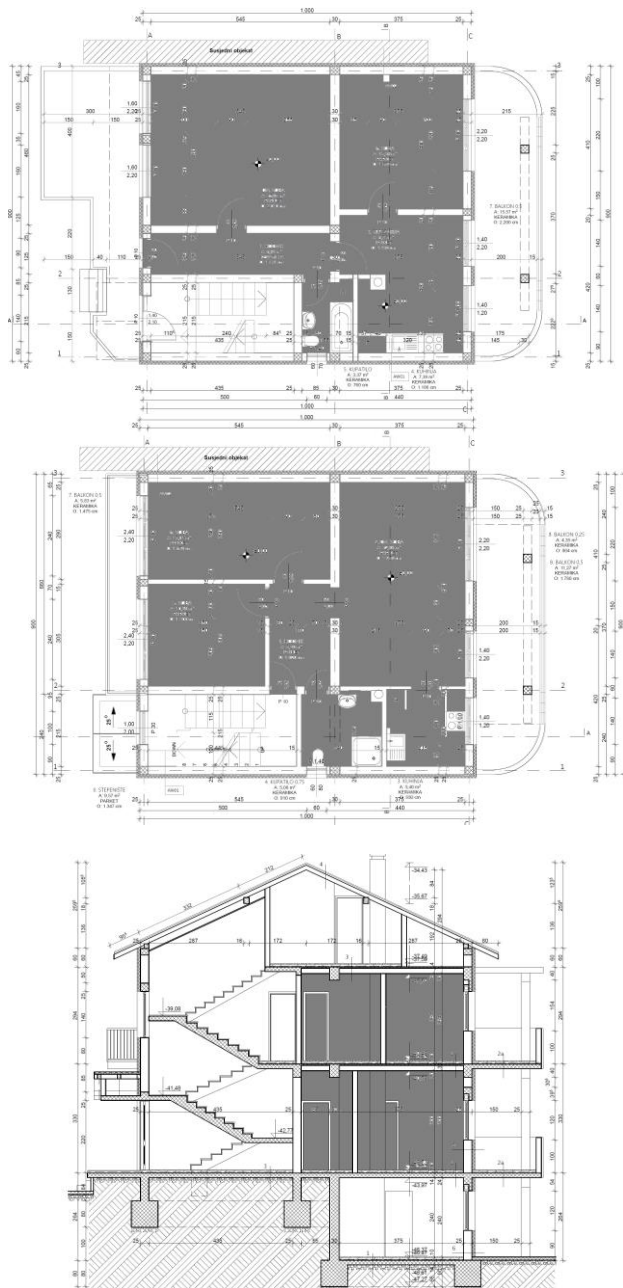
omotača, zatim koeficijenti transmisionih, specifičnih transmisionih i ventilacionih toplotnih gubitaka kao i toplotni dobici (solarni i interni). Pored navedenog, sprovedena su i mjerenja na omotaču (termovizijsko snimanje omotača i dijelova omotača sa unutrašnje i spoljašnje strane i mjerenje koeficijenta prolaza toplote na karakterističnom spoljašnjem zidu) u skladu sa važećim standardima. Dobijeni rezultati mjerenja su potvrdili kvalitet projektovanog stanja postojećeg objekta, kao i adekvatan pristup u proračunu karakteristika analiziranog spoljašnjeg zida s obzirom na nedostupnost preciznih podataka i starost objekta.

Na kraju, prema zahtjevima o racionalnoj upotrebi energije i toplotnoj zaštiti u zgradama, izračunata je potrebna toplotna energija za grijanje, te određena energetska efikasnost, odnosno, energetski razred objekta.

II. METODOLOGIJA

A. Podaci o objektu

Energetski pokazatelj, potrebna energija za grijanje, analizirana je na individualnoj stambenoj kući, koja je karakteristična za gradnju u Bosni i Hercegovini, nakon 1980. godine. Na početku upotrebe predmetna kuća nije imala toplotnu izolaciju na omotaču, a korisnici su samoinicijativno nakon 2000. godine unaprijedili samo vidni spoljašnji omotač (fasadni zid i novi prozori). Kako je kuća izgrađena u Banjaluci, pripada klimatskoj regiji Sjever. Spratnost kuće je Su+P+1+Pk, pri čemu se ne griju prostori suterena, tavana i stepenica. Kod stepenišnog prostora zidovi su sa spoljašnje strane obloženi toplotnom izolacijom, dok su unutrašnji grijani prostori stanova odvojeni, od tog negrijanog prostora, ulaznim vratima "Sl. 1". Korisna površina grijanog dijela objekta i ukupna površina grijanog omotača iznose 156,25 m² i 471,33 m², redom. Bruto zapremina objekta je 773,18 m³, a zapremina grijanog prostora 587,61 m³. Faktor oblika zgrade iznosi 0,61 m⁻¹, a udio transparentnih površina u omotaču je ~15 %. Objekat se grije sistemom centralnog grijanja [6].



Sl. 1. Osnove prizemlja i sprata i presjek, grijani prostori (slike gore redom); izgled kuće ulazni front (dolje lijevo) i pogled iz dvorišta (dolje desno).

B. Minimalni tehnički zahtjevi za energetske karakteristike zgrade

Proračun i mjerenja energetskih karakteristika zgrade urađeni su u skladu sa važećim međunarodnim standardima i pravilnicima Republike Srpske [3]-[5]. Pravilnicima su propisani minimalni tehnički zahtjevi za energetske karakteristike predmetnog objekta koji se odnose na racionalnu upotrebu energije i toplotnu zaštitu, koji treba da budu ispunjeni prilikom projektovanja i građenja, a određeni su:

- 1) Najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom toplotnom energijom za grijanje po jedinici korisne površine zgrade, odnosno po jedinici zapremine grijanog dijela zgrade;
- 2) Najvećim dopuštenim koeficijentom transmisivnog gubitka topline po jedinici površine omotača grijanog dijela zgrade;
- 3) Sprečavanjem pregrijavanja prostorija zgrade zbog djelovanja sunčevog zračenja tokom ljeta;
- 4) Ograničenjima zaptivenosti omotača zgrade;
- 5) Najvećim dopuštenim koeficijentima prolaza topline pojedinih građevinskih dijelova omotača zgrade;
- 6) Smanjenjem uticaja toplotnih mostova na omotaču građevine;
- 7) Najvećom dopuštenom kondenzacijom vodene pare unutar građevinskog dijela zgrade;
- 8) Sprečavanjem površinske kondenzacije vodene pare, ako ovim pravilnikom nije drugačije određeno.

C. Fizičke veličine i parametri za određivanje toplotnih performansi omotača

Metodologija za određivanje toplotnih gubitaka zgrade zasniva se na određivanju niza veličina kojima se opisuju transmisivni i ventilacioni toplotni gubici, kao i toplotni dobici zgrade.

Za proračun transmisivnih gubitaka topline, prvo se određuju koeficijenti prolaza topline U $W/m^2 \cdot K$ svih elemenata omotača zgrade, koeficijenti transmisivnog $H_{tr, adj}$ W/K i specifičnog transmisivnog gubitka topline $H'_{tr, adj}$ $W/m^2 \cdot K$. Pri tome, neophodno je uzeti i u obzir i dodatne gubitke topline koji nastaju usljed pojave toplotnih mostova.

Koeficijent prolaza topline U $W/m^2 \cdot K$ predstavlja količinu topline koja u jedinici vremena protekne kroz jediničnu površinu pregradnog elementa sa strane toplijeg na stranu hladnijeg vazduha, pri razlici njihovih temperatura od 1 K. Koeficijent prolaza topline elementa konstrukcije proračunava se u zavisnosti od vrste elementa omotača.

Za ravan višeslojan zid koeficijent prolaza topline, (U -vrijednost $W/m^2 \cdot K$), predstavlja recipročnu vrijednost toplotnog otpora zida [7]:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_s}}, \quad (1)$$

gdje su t_u °C, t_s °C temperature unutrašnjeg i spoljašnjeg vazduha, redom, λ W/m·K koeficijent toplotne provodljivosti sloja materijala, d m debljina sloja materijala, a α_u W/m²K i α_s W/m²K koeficijenti prelaza toplote između unutrašnjeg, odnosno spoljašnjeg vazduha i zida, redom.

Koeficijent prolaza toplote transparentnog elementa omotača (prozori i balkonska vrata) određuje se prema izrazu [8]:

$$U_W = \frac{U_f A_f + U_g A_g + l_g \psi_g}{A_g + A_f}, \quad (2)$$

gdje je A_g m² površina zastakljenja, A_f m² površina okvira, U_g W/m²K koeficijent toplotnog zastakljenja okvira bez uticaja toplotnog mosta (zavisi od širine proreza, visine proreza i gasa u prorezu, emisivnosti površine stakala u prorezu), U_f W/m²K koeficijent toplotnog prenosa okvira bez uticaja toplotnog mosta, l_g m dužina spoja staklo/okvir, ψ_g W/m·K koeficijent toplotnog prenosa prozora sveden na dužinu (faktor korekcije temperature za spoj staklo/okvir).

Koeficijent transmisionog toplotnog gubitka zgrade $H_{tr,adj}$ W/K, uzimajući u obzir dodatne gubitke usljed toplotnih mostova, računa se prema izrazu [9]:

$$H_{tr,adj} = \sum_i U_i \cdot A_i \cdot F_i + \Delta U \cdot A, \quad (3)$$

gdje je U_i W/m²·K koeficijent prolaza toplote i -te komponente, A_i m² odgovarajuća površina koju zahvata ta komponenta, F_i faktor korekcije temperature odgovarajuće komponente, ΔU W/m²·K korekcija U -vrijednosti usljed postojanja toplotnih mostova, a A m² površina termičkog omotača.

Koeficijent transmisionog toplotnog gubitka po jedinici površine omotača grijanog dijela zgrade $H'_{tr,adj}$ W/m²·K određuje se prema formuli [9]:

$$H'_{tr,adj} = \frac{H_{tr,adj}}{A}. \quad (4)$$

Prema pravilniku svaka stambena zgrada mora biti projektovana i izgrađena na način da koeficijent transmisionih gubitaka toplote po jedinici površine omotača grijanog dijela zgrade, $H'_{tr,adj}$ W/m²·K, zavisno od faktora oblika zgrade, f_0 m⁻¹, nije veći od vrijednosti utvrđene jednačinom [4]:

$$H'_{tr,adj} = 0,30 + 0,15 / f_0, \quad (5)$$

kada je srednja mjesečna temperatura vanjskog vazduha najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{min} \leq 3$ °C (regija Banja Luka [3]).

Za određivanje ventilacionih toplotnih gubitaka koristi se koeficijent ventilacionog gubitka toplote H_v W/K [10] fizički parametar koji predstavlja kvantitativnu mjeru gubitka toplote infiltracijom vazduha kroz omotač zgrade:

$$H_v = \rho_a \cdot c_a \cdot n \cdot V, \quad (6)$$

gdje je $\rho_a = 1,2$ kg/m³ gustina vazduha pri 20 °C, $c_a = 1000$ J/kg·K specifični toplotni kapacitet vazduha, a n h⁻¹ broj izmjena vazduha na čas (pokazuje koliko je objekat zaptiven i predstavlja odnos zapremine vazduha koji ventilacijom

dospijeva u prostoriju u toku jednog časa i zapremine prostorije). Kod zgrada sa prirodnom ventilacijom broj izmjena vazduha na čas se prema važećem Pravilniku o minimalnim zahtjevima za energetske karakteristike zgrada Republike Srpske [4] u kojem su preuzeti parametri iz standarda [9] grubo procjenjuje na osnovu izloženosti vjetru, klase zaptivenosti i zaklonjenosti objekta, što može dovesti do značajnih grešaka u proračunu.

Kada su poznati koeficijenti transmisionih i ventilacionih gubitaka i temperature unutrašnjeg i spoljašnjeg vazduha mogu se odrediti ukupni toplotni gubici objekta, kao zbir transmisionih i ventilacionih gubitaka toplote:

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve}. \quad (7)$$

Toplotne dobitke čine solarni i interni toplotni dobitci:

$$Q_{H,gn} = Q_{sol} + Q_{int}. \quad (8)$$

Solarni dobitci toplote kroz transparentne površine omotača zavise od orijentacije, površine, odnosa okvira i stakla, kvaliteta, zaprljanosti i zaklonjenost transparentnog dijela omotača:

$$Q_{sol} = F_{sh} \cdot A_w \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot I_{sol}, \quad (9)$$

gdje je F_{sh} faktor umanjenja ukupnog zasjenčenja, g_{gl} efektivni stepen propustljivosti energije, A_w m² površina prozora, F_F faktor okvira/rama i I_{sol} W/m² količina Sunčevog zračenja za zadati mjesec.

Unutrašnje toplotne dobitke Q_{int} čine dobitci od korisnika/ljudi Q_{lj} i dobitci koji nastaju odavanjem toplote od rasvjete i električnih uređaja Q_{el} :

$$Q_{int} = Q_{lj} + Q_{el}. \quad (10)$$

Toplotni dobitci od ljudi i rasvjete/el.uređaja određuju se prema sljedećim jednačinama, redom:

$$Q_{lj} = A_k \cdot q_{lj} \cdot h \cdot N, \quad Q_{el} = A_k \cdot q_{el} \cdot N, \quad (11)$$

gdje je A_k m² korisna grijana površina zgrade, q_{lj} W/m² gustina toplotnog fluksa koju odaju ljudi, h prisutnost korisnika prostora u časovima u toku dana, q_{el} W/m² doprinos toplotnim dobitcima od rasvjete i električnih uređaja (snaga i procjena rada u časovima), N – broj dana u mjesecu.

Objekti u Republici Srpskoj se certifikuju prema $Q_{H,nd}$ vrijednosti, odnosno godišnjoj potrebnoj toplotnoj energiji za grijanje, koja se izračunava prema normi BAS EN ISO 13790[10]:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}, \quad (12)$$

gdje su $Q_{H,ht}$ kWh/a - ukupni toplotni gubici, $\eta_{H,gn}$ - faktor iskorištenja dobitaka toplote i $Q_{H,gn}$ kWh/a - ukupni toplotni dobitci. Faktor iskorištenja toplotnih dobitaka pokazuje u kojoj mjeri se Sunčevo zračenje i unutrašnji toplotni dobitci od ljudi i uređaja pretvaraju u toplotu za zagrijavanje zgrada. Zavisi od vrste i materijalizacije konstrukcije zgrade i sposobnosti akumulacije toplote u građevinskim konstrukcijama.

III. ANALIZA STANJA OBJEKTA

A. Koeficijenti prolaza toplote

Koeficijenti prolaza toplote pojedinačnih elemenata konstrukcije dati su u tabeli „TABELA I. KOEFICIJENTI PROLAZA TOPLOTE SPOLJAŠNJIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE“, s tim što na objektu postoje 3 veličine balkonskih vrata i 10 veličina prozora sa PVC okvirima ($U_f = 1,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ i zastakljenim jedinicama $U_g = 1,10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), te je za ove elemente dat raspon U -vrijednosti ugrađenih elemenata. Kao što se može vidjeti iz tabele, za sve netransparentne elemente omotača izračunate vrijednosti su više od propisanih i ne ispunjavaju Pravilnikom propisane uslove, dok transparentni elementi ispunjavaju minimalni zahtjev.

TABELA I. PROSJEČNI KOEFICIJENTI PROLAZA TOPLOTE DOMINANTNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE OMOTAČA

Elementi omotača	U-vrijednosti ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)	
	Izračunata vrijednost	Propisana vrijednost
Pod – MK iznad negrijanog podruma bez toplotne izolacije	0,58	0,30
Zid – ošupljena opeka sa toplotnom izolacijom/ 10 cm EPS-a	0,32	0,30
Krov – MK ispod negrijanog tavana bez toplotne izolacije	2,42	0,30
Balkonska vrata	1,31-1,59	1,60
Prozori	1,26-1,55	1,60

Karakteristike spoljašnjeg zida iz tabele „TABELA I. KOEFICIJENTI PROLAZA TOPLOTE SPOLJAŠNJIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE“ prikazane su u tabeli „TABELA II. KARAKTERISTIKE SPOLJAŠNJEG ZIDA OBJEKTA“. Koeficijent prolaza toplote $U = 0,32 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ postojećeg dominantnog zida (cementni malter debljine 2 cm, ošupljena opeka 25 cm, TI EPS 10 cm i fasadni malter 1 cm) ne zadovoljava vrijednost propisanu Pravilnikom ($U_{max} = 0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ za stambeni objekat u klimatskoj zoni sjever).

TABELA II. KARAKTERISTIKE SPOLJAŠNJEG ZIDA OBJEKTA

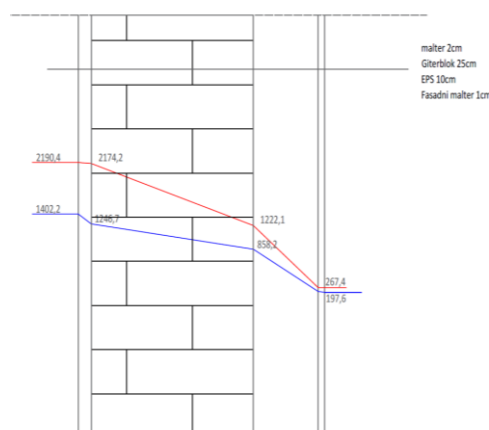
Materijal	Karakteristični dominantni spoljašnji zid			
	Debljina, $d(\text{cm})$	Gustina, $\rho(\text{kg/m}^3)$	Koeficijent toplotne provodljivosti, $\lambda(\text{W/mK})$	Faktor otpora difuziji vodene pare, $\mu(-)$
Cem. malter	2,00	2100	1,4	30
Giter opeka	25,00	1400	0,48	6
EPS	10,00	15	0,041	25
Završni fasadni sloj	1,00	1800	0,92	10

Pošto ne postoji podatak o toplotnoj provodljivosti EPS-a postavljenog na fasadi, pri proračunu U -vrijednosti pretpostavljeno je da EPS ima toplotnu provodljivost ($\lambda =$

$0,041 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Da je pri ovom proračunu korišten EPS sa boljim toplotno-izolacionim svojstvima tj. toplotnom provodljivošću $\lambda = 0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ koeficijent prolaza toplote bi bio $U = 0,29 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ čime bi bio ispunjen gorenavedeni uslov.

B. Kondenzacija vodene pare unutar i na površini zida

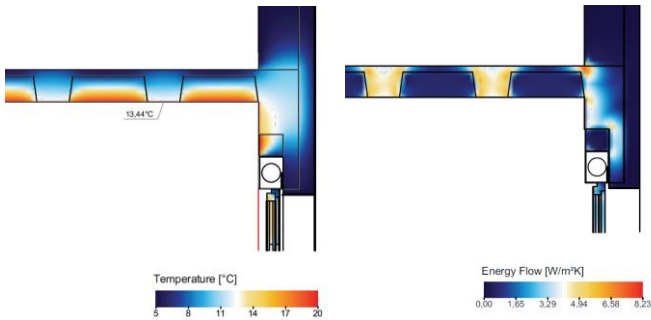
U skladu sa Pravilnikom o minimalnim zahtjevima za energetske karakteristike zgrada urađen je proračun difuzije i kondenzacije vodene pare (Glazerov analitičko-grafički postupak) unutar elemenata. Izračunati su pritisci zasićenja i parcijalni pritisci, te pokazano da se kriva pritiska zasićenja i parcijalnog pritiska ne sijeku ni u jednom elementu konstrukcije, što znači da ne dolazi do unutrašnje kondenzacije. Primjer raspodjele pritiska za zid iz tabele „TABELA I. KOEFICIJENTI PROLAZA TOPLOTE SPOLJAŠNJIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE“ prikazan je na slici „Sl. 2“. Pored toga, urađena je i provjera uslova pojave površinske kondenzacije za elemente omotača i pokazano je da ni na jednom elementu, osim međuspratne konstrukcije, prema negrijanom tavanu nije ispunjen uslov površinske kondenzacije. Na tavanici prema negrijanom tavanu proračun je pokazao da se vrijednosti temperatura mijenjaju u zavisnosti od mjesta presjeka na konstrukciji, zbog promjene debljine slojeva. U presjeku kroz opekarski blok ne dolazi do površinske kondenzacije, jer je temperatura na unutrašnjoj strani $16,35 \text{ }^\circ\text{C}$, ali kroz betonske gredice, gdje je temperatura $10,32 \text{ }^\circ\text{C}$ postoji mogućnost pojave površinske kondenzacije jer je temperatura niža od temperature tačke rose koja je $12 \text{ }^\circ\text{C}$.



Sl. 2. Raspodjela parcijalnog pritiska (plava linija) i pritiska zasićenja (crvena linija) spoljašnjeg zida predmetnog objekta (TABELA I).

Za detaljni proračun kondenzacije na ovom građevinskom elementu korišten je program EcoDesigner. Rezultat simulacije prikazan na slici „Sl.3“ pokazao je da površinska temperatura plafona iznosi $13,44 \text{ }^\circ\text{C}$, a pošto je viša od tačke rose na ovoj površini neće doći do kondenzacije. Sa slike „Sl.3“ – desno je vidljivo da najviše toplote prolazi kroz betonske gredice. Takođe, pregled objekta je pokazao da na

plafonu nema vidljivih oštećenja niti posljedica vlage koje bi nakon 45 godina postojanja i upotrebe objekta bili vidljivi.



Sl. 3. Rezultat simulacije raspodjele temperatura prema negrijanom tavanu (lijevo) i energetskog toka (desno)

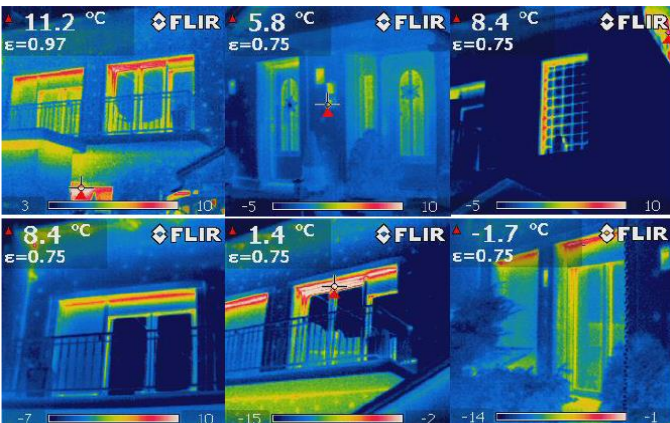
C. Koeficijenti toplotnih gubitaka

Koeficijent transmisionih toplotnih gubitaka, uzimajući u obzir uticaj toplotnih mostova ($\Delta U = 0,10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ po površini omotača) i faktor oblika zgrade iznosi $H_{tr,adj} = 361,1 \text{ W/K}$. Za stambenu zgradu u klimatskoj regiji sjever datog faktora oblika najviša dozvoljena vrijednost koeficijenta specifičnog transmisionog gubitka toplote je $H'_{tr,adj} = 0,55 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Međutim, za ovaj objekat dobijena je vrijednost $H'_{tr,adj} = 0,77 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, što znači da ni ovaj minimalni zahtjev za energetske karakteristike zgrada nije ispunjen.

Prema standardu BAS EN ISO 13790 [10], na osnovu zaklonjenosti i zaptivenosti zgrade pretpostavljena je druga klasa, tako da je uzet broj izmjena vazduha po satu, $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Koeficijent infiltracionih toplotnih gubitaka iznosi $H_v = 97,94 \text{ W/K}$.

D. Mjerenja na omotaču

Sa ciljem provjere stanja omotača sa aspekta gubitaka toplote izvedeno je termovizijsko snimanje prednje i zadnje fasade objekta i mjerenje koeficijenta prolaza toplote na karakterističnom spoljašnjem zidu. Za termovizijsko snimanje korišten je uređaj FLIR b60, a mjerenja su izvedena u skladu sa standardom (ISO 6781-1983, EN 13187:1998) [11].



Sl. 4. Termovizijski snimak prednje (gore) i zadnje (dolje) fasade

Snimanje objekta je urađeno 22.01.2022 godine po oblačnom danu u jutarnjim satima, pri čemu je spoljašnja temperatura vazduha iznosila -5°C , a temperaturna razlika unutrašnjeg i spoljašnjeg vazduha 26°C . Kao rezultat snimanja, na osnovu intenziteta elektromagnetnog zračenja koje površina emituje, dobijene su termovizijske slike raspodjela temperature na površini zgrade "Sl. 4". Na omotaču nisu uočeni povećani gubici toplote, a takođe ni prisustvo vlage sa unutrašnje ili spoljašnje strane objekta.

Mjerenje koeficijenta prolaza toplote je izvršeno uređajem Testo 435-2 i odgovarajućim sensorom „Sl.5“, u skladu sa standardom [12] u januaru 2022. godine po oblačnom danu kada nije bilo padavina, u periodu od 72 sata, sa intervalima mjerenja od 15 min. Unutrašnja temperatura vazduha je varirala između 21°C i 24°C , dok je spoljašnja temperatura varirala između -5°C i 5°C , tako da su zadovoljeni uslovi propisani odgovarajućim standardom.



Sl. 5. Prikaz pozicije mjernih uređaja termometar (gore lijevo), fluksmetar, (gore desno) i pozicija na omotaču (dolje)

Izmjerena je prosječna vrijednost koeficijenta prolaza toplote $U = 0,327 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, te se može zaključiti da se, u okviru eksperimentalne greške, izmjerena slaže sa proračunom U -vrijednošću koja iznosi $U = 0,32 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ "TABELA II. KARAKTERISTIKE SPOLJAŠNJEG ZIDA OBJEKTA".

E. Toplotni dobici

Udio površina transparentnih elemenata u omotaču je 15 %. S obzirom na to da ne postoje podaci o prosječnom toplotnom fluksu od unutrašnjih izvora toplotne energije i susjednoj nekondicioniranoj prostoriji može se, prema Pravilniku, koristiti pojednostavljena metoda određivanja unutrašnjih dotoka sa usvajanjem vrijednosti koje su preporučene. Ukupni toplotni dobici sa parametrima

potrebnim za proračun su prikazani u tabeli "TABELA III. TOPLOTNI DOBICI".

TABELA III. TOPLOTNI DOBICI

	Toplotni dobici			
	$I_s(kWh/m^2)$	Koef. solarne propustljivosti, g	Površina, $A(m^2)$	Dobici toplote, (kWh)
Sjever	145	0,50	17,66	1280,35
Istok	310	-	0,00	0,00
Jug	455	0,31	19,32	2725,09
Zapad	310	0,62	1,51	290,22
Ukupni sol.dobici	Q_{sol}			4295,66
Interni dobici	Q_{int}			1033,20
Ukupni dobici	$Q_{H,gn}=Q_{sol}+Q_{int}$			5328,86

Iz tabele se može zaključiti da su interni toplotni dobici relativno niski prema solarnim dobicima, odnosno oko četiri puta manji.

F. Energetski razred zgrade

Za razmatrani individualni stambeni objekat, u skladu sa Pravilnikom, najveća dopuštena godišnja potrebna toplotna energija za grijanje po jedinici korisne površine objekta, iznosi $Q''_{H,nd} = 72,39 kWh/m^2 \cdot a$. Potrebna godišnja toplotna energija za grijanje svedena na korisnu površinu objekta iznosi $Q'_{H,nd,ref} = 195 kWh/m^2 \cdot a$, što znači da je oko 2,7 puta veća od najviše dozvoljene potrebne toplotne energije za grijanje. Na osnovu navedenih veličina može se zaključiti da godišnja potrebna toplotna energija za grijanje ne zadovoljava propisane zahtjeve te da zgrada pripada energetskom razredu „G”.

IV. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljena detaljna analiza energetske efikasnosti individualnog stambenog objekta u Banjaluci koja pripada klimatskoj regiji sjever. Energetski pregled zgrade uključivao je i mjerenja koeficijenta prolaza toplote i termovizijsko snimanje omotača. Analiza i proračun su pokazali da koeficijenti prolaza toplote elemenata omotača kao i koeficijent specifičnih toplotnih gubitaka i godišnja potrebna toplotna energija za grijanje ne ispunjavaju minimalne propisane zahtjeve. Za individualni stambeni objekat, prema Pravilniku o vršenju energetskog pregleda i izdavanju energetskog certifikata, zahtjevana godišnja potrebna energija za grijanje po jedinici površine za energetski razred „C“ iznosi $\leq 65 kWh/m^2$. Za ovakav tip individualne kuće prema važećem Pravilniku o minimalnim zahtjevima za energetske karakteristike zgrada Republike Srpske dopuštena potrebna energija $72,39 kWh/m^2 \cdot a$. Prema proračunu, razmatrani objekat u postojećem stanju, iako energetski unaprijeđen, pripada energetskom razredu „G“, jer godišnja potrebna energija za grijanje po jedinici površine zgrade iznosi $195 kWh/m^2 \cdot a$. Glavni uzrok velikoj potrošnji energije i

energetskoj neefikasnosti objekta je toplotno neizolovana betonska ploča ispod krova, koja u značajnoj mjeri propušta toplotu zbog slabih izolacijskih svojstava betona, a čiji udio u toplotnim gubicima iznosi 33,4%. Istraživanje, između ostalog, ukazuje da propisani energetski razredi nisu u skladu sa minimalnim zahtjevima.

LITERATURA

- [1] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, Smjernice za zgrade gotovo nulte energije – DRUGI DIO [namijenjene za stručnu zainteresiranu javnost], 2019.
https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinokovito%20st/Smjernice_2_dio_nZEB_mgipu.pdf pristupljeno: februar 2023.
- [2] Vlada Republike Srpske, Energetski bilans Republike Srpske, plan za 2019.
- [3] Pravilnik o vršenju energetskog pregleda i izdavanju energetskog certifikata, Sl. gl. RS br. 30/15V.
- [4] Pravilnik o minimalnim zahtjevima za energetske karakteristike zgrada, Sl. gl. RS br. 30/15
- [5] Pravilnik o metodologiji za izračunavanje energetskih karakteristika zgrada, Sl. gl. RS br. 30/15
- [6] A. Murguz, „Analiza stanja individualnog stambenog objekta u Banjaluci nakon nadogradnje sa adekvatnim mjerama unapređenja energetske efikasnosti“, master teza, Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, 2022.
- [7] EN ISO 6946:2006 Building components and building elements -- Thermal resistance and thermal transmittance -- Calculation method
- [8] EN ISO 10077-1:2006 Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance -- Part 1: General
- [9] EN ISO 13789:2007 Thermal performance of buildings -- Transmission and ventilation heat transfer coefficients -- Calculation method
- [10] BAS EN ISO 13790:2008 Energy performance of buildings - Calculation of energy use required for space heating and cooling
- [11] ISO 6781:1983, EN 13187 Thermal insulation -- Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes -- Infrared method
- [12] ISO 9869-1:2014, Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance--Part 1: Heat flow meter method

ABSTRACT

The paper presents an analysis of the energy efficiency of an individual residential building in Banja Luka. The assessment of the existing condition is based on a detailed thermal performance of the building (structural elements (walls, floors, and roofs) and the heating system. The calculation showed that the heat transfer coefficients of the envelope elements, as well as the coefficients of specific transmission heat losses, do not meet the limit values prescribed by the Rulebook on minimum requirements for energy characteristics of buildings. The measurements on the envelope did not detect places of increased heat loss or the presence of moisture. The lowest energy class "C" is prescribed for all building types, while according to the calculation, the building in its current state belongs to energy class "G".

ENERGY INDICATOR OF INDIVIDUAL RESIDENTIAL BUILDING IN BANJALUKA

Biljana Antunović, Adnan Murguz, Darija Gajić, Jelena Rašović