

## INFLUENCE OF THE SEALING OF FACADE OPENINGS ON THE ENERGY BALANCE OF A MULTI-FAMILY RESIDENTIAL BUILDING

Ana Mitrović

Academy of Technical Vocational Studies Niš, Serbia, ana.mitrovic.ni@akademijanis.edu.rs

Milan Protić

Academy of Technical Vocational Studies Niš, Serbia, milan.protic@akademijanis.edu.rs

**Abstract:** Facade openings, as essential elements of buildings where people live and work, have a great influence on the heat balance of the entire building (up to 40%). With the development and emergence of new materials, the standards for the design of residential buildings also changed regarding the minimum area of openings in relation to the area of the room (according to the standards from 2012, it is 15%). It is necessary, at the same time, to ensure good insulation and sealing, and the possibility of air exchange and transparency. In Serbia, the representation of wooden windows is around 72%, which over time, due to drying, exposure to the sun and temperature differences, lose their volume and become weathered. Considering the condition and age of the joinery and the fact that the certified high performance of new joinery refers to installation in ideal conditions, which in practice is very often not met, in order to achieve energy savings, it is necessary to carry out rehabilitation in order to reduce losses. In most cases, due to the high cost of replacing the complete joinery, it is possible to improve, with various methods, the sealing of the joint between the window sill and the wall (with acrylic materials or mineral wool, if the space is larger, and waterproofing), the sill and the window wing (door) (with rubber moldings or silicone), wings and glass (change of sealants or entire packages of glass) and joints of blind boxes and facade openings (by insulating the space inside the box and the joints of the box with the walls and ceiling). On the specific example of a four-story building with an attic built in 1950, the KnaufTerm2 software analyzed the impact of different levels of sealing of facade openings with the aim of determining, based on the condition, their impact on energy consumption. First, a basic model was made for the existing condition and it was determined that, for the given positions, materials, and other parameters, the building belongs to the energy class "G" and the value of the required annual heating energy of 193.75 kWh/m<sup>2</sup> was obtained, which is far less from today's requirements when creating projects for the construction of new buildings, which are determined by the Rulebook on conditions and norms for the design of residential buildings and apartments from 2012. After that, two more models were made and in each of them, in relation to the basic model, the parameter that defines the tightness of the facade openings was changed, so that the value of the required annual energy for the model with medium tightness was 165.32 kWh/m<sup>2</sup>, which is 28.43 kWh/m<sup>2</sup> less than the basic model, and for the model with good sealing it was 158.22 kWh/m<sup>2</sup>, which is 7.1 kWh/m<sup>2</sup> less than the basic model, thus both modified models achieved energy class "F". Through such an analysis of the results obtained by changing the parameters, we have an insight into how they affect the required amount of energy for heating the building, i.e. the building's energy class, noting that currently the regulations do not define criteria for determining the quality of sealing.

**Keywords:** facade openings, tightness, energy class, KnaufTerm2

## UTICAJ ZAPTIVENOSTI FASADNIH OTVORA NA ENERGETSKI BILANS VIŠEPORODIČNE STAMBENE ZGRADE

Ana Mitrović

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš, Serbia, ana.mitrovic.ni@akademijanis.edu.rs

Milan Protić

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš, Serbia, milan.protic@akademijanis.edu.rs

**Rezime:** Fasadni otvori, kao bitni elementi objekata u kome borave i rade ljudi, imaju veliki uticaj na toplotni bilans celog objekta (i do 40%). Sa razvojem i pojavom novih materijala menjali su se i normativi za projektovanje stambenih zgrada u pogledu minimalne površine otvora u odnosu na površinu prostorije (prema normativima iz 2012. godine iznosi 15%). Neophodno je, u isto vreme, obezbediti dobru izolaciju i zaptivenost, i mogućnost razmene vazduha i transparentnost. U Srbiji je zastupljenost drvenih prozora oko 72%, koji vremenom, zbog sušenja, izloženosti suncu i temperaturnim razlikama, gube na volumenu i vitopere se. S obzirom na stanje i starost stolarije i na to da se sertifikovane visoke performanse nove stolarije odnose na ugradnju u idealnim uslovima, što u praksi veoma često nije ispunjeno, da bi se postigla ušteda energije neophodno je vršiti sanaciju radi smanjenja

gubitaka. U većini slučajeva je, zbog prevelike cene za zamenu kompletne stolarije, moguće raznim metodama poboljšati zaptivenost na spoju doprozornika i zida (akrilnim sredstvima ili mineralnom vunom, ukoliko je prostor veći, i hidroizolacijom), doprozornika i krila prozora (vrata) (lajsnama od gume ili silikona), krila i stakla (promena zaptivnih sredstava ili čitavih paketa stakala) i spojeve kutija za roletne i fasadnog otvora (izolacijom prostora unutar kutije i spojeve kutije sa zidovima i plafonom). Na konkretnom primeru četvorospratne zgrade sa potkrovljem građene 1950. godine u softveru KnaufTerm2 analiziran je uticaj različitih nivoa zaptivenosti fasadnih otvora sa ciljem da se, na osnovu stanja, utvrdi njihov uticaj na energetske potrošnje. Prvo je urađen osnovni model za postojeće stanje i utvrđeno da, za date pozicije, materijale, i druge parametre, objekat pripada energetske razredu „G“ i dobijena je vrednost potrebne godišnje energije za grejanje od 193,75 kWh/m<sup>2</sup>, što je daleko manje od današnjih zahteva pri izradi projekata za izgradnju novih objekata koji su određeni Pravilnikom o uslovima i normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova iz 2012. godine. Nakon toga urađena su još dva modela i u svakom od njih je, u odnosu na osnovni model, promenjen parametar koji definiše zaptivenost fasadnih otvora, čime je vrednost potrebne godišnje energije za model sa srednjom zaptivenošću iznosila 165,32 kWh/m<sup>2</sup>, što je za 28,43 kWh/m<sup>2</sup> manje od osnovnog modela, a za model sa dobrom zaptivenošću iznosila 158,22 kWh/m<sup>2</sup>, što je za 7,1 kWh/m<sup>2</sup> manje od osnovnog modela, čime su oba izmenjena modela postigla energetske razred „F“. Takvom analizom rezultata dobijenih promenom parametara, imamo uvid u to kako oni utiču na potrebnu količinu energije za grejanje objekta odnosno energetske razred objekta, uz napomenu da trenutno pravilnicima nisu definisani kriterijumi za određivanje kvaliteta zaptivenosti.

**Ključne reči:** fasadni otvori, zaptivenost, energetske razred, KnaufTerm2

## 1. UVOD

Fasadni otvori imaju veoma važnu ulogu u životu čoveka. Oni pružaju pogled na okruženje, od njih zavisi komfor u smislu osvetljenja, toplote i buke, što doslovno utiče na psihofizičko stanje svakog čoveka. Pravilno projektovani fasadni otvori, njihov oblik, materijal od kog su napravljeni, način ugradnje, a pre svega njihova pozicija u prostoru, jako utiču na kvalitet našeg života i rada. Još u 19. veku u pojedinim lokalnim regulativima u Srbiji, počinju da se definišu određene norme vezane za fasadne otvore tj. minimalna površina otvora u odnosu na površinu prostorije u kojoj se nalaze. Daljom evolucijom graditeljstva, sa novim prohtevima, novim materijalima i inovacijama, dolaze i novi normativi, ali što se otvora tiče stagnacija, pa čak i umanjenje nekih minimalnih vrednosti.

Pravilnik o uslovima i normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova – 2012 definiše da je minimalna površina otvora 15% od površine prostorije, a visina parapeta je 90 cm. Značajne promene po energetske uštedu dešavaju se od 2005. godine kada Srbija pristupa Evropskoj energetske zajednici, a 2007. godine potpisuje Kjoto protokol tj. obavezuje se da uvede, poštuje i implementira određene norme u pogledu energetske performansi objekata.

Doneta su dva pravilnika: Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, Službeni glasnik RS, broj 61/2011 i Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada, Službeni glasnik RS, broj 69/2012. Prozori, kao neophodni građevinski elementi su odgovorni za visok udeo u ukupnim gubicima toplote koji se ispoljavaju usled njihovih loših izolacionih karakteristika ili usled njihove nezaptivenosti (Mirković et al, 2019). Fasadni otvori, osim estetskog izgleda, kvaliteta osvetljenja, mogu pozitivno (ili negativno) uticati i na ostale komfore koji čine život ugodnim.

U ovom radu pokazano je koliko se može postići promenom određenih performansi prozorskih elemenata ili promenom pojedinih parametara.

## 2. ISTRAŽIVANJE

### 2.1. Opšti podaci

Geometrija objekta, položaj, izolacija, izloženost vetru, kao i projektovani termički omotač, direktno utiču na njegov energetske bilans. Kao dodatni pokazatelji energetske efikasnosti pojavljuju se koeficijenti transmisionih i ventilacionih gubitaka toplote, ukupni godišnji gubici toplote, iskoristivi godišnji unutrašnji dobitci toplote, solarni dobitci i ukupni iskoristivi godišnji dobitci toplote (Petrović et al, 2019). U zimskom periodu dolazi do odavanja toplote kroz građevinski omotač. Ta količina toplote se mora nadoknaditi grejanjem i zove se toplotni gubitak.

Toplotni bilans objekta ( $Q_k$ ) je količina energije koja treba da se obezbedi za grejanje objekta kako bi se postigla adekvatna toplota vazduha u prostoru i jednaka je zbiru transmisionih gubitaka ( $Q_{trans}$ ), ventilacionih gubitaka ( $Q_{vent}$ ), toplotnih internih dobitaka ( $Q_{in}$ ) i toplotnih solarnih dobitaka ( $Q_{sun}$ ).

Kada se govori o fasadnim otvorima, ako se uzmu u obzir performanse samog elementa, način ugradnje kao i izolovanost konstruktivnih elemenata otvora, može se uticati na energetske bilans objekta i do 40% od celokupnog omotača. Fasadni otvori imaju zadatak da štite od hladnoće u zimskom periodu, od toplote u letnjem periodu, od kiše, vetra i ostalih vremenskih nepogoda, ali i buke koja dolazi od spolja. Isto tako, fasadni otvori treba da

obezbede adekvatan vazduh u prostoriji, spreče širenja vatre u slučaju požara, kao i da spreče odavanje zvukova iz prostorije ka spolja (radi intime). Karakteristike elemenata fasadnih otvora uglavnom se dobijaju od proizvođača, kao što je, na primer, ukupan otpor prelazu, tj. koeficijent prolaza toplote transparentnih površina.

## 2.2. Razlika teorija – praksa

Rezultate toplotnih gubitaka, kao i dobitaka kroz fasadne otvore možemo dobiti korišćenjem specijalizovanih softvera unosom glavnih karakteristika prozorskih elemenata (kao što su materijal rama, vrsta ispune između stakala, debljina stakala i sl.). Takvi rezultati su proverljivi numeričkom proračunom tj. računskom metodom, a uporednom analizom se dolazi do zaključka da postoji dobro slaganje eksperimentalnih i numeričkih vrednosti (Kijanović et al, 2020).

Sertifikati stolarije fasadnih otvora garantuju visoke performanse samo pod određenim uslovim i pravilima ugradnje. Ta činjenica dovodi do velikih mimoilaženja rezultata u teoriji i praksi.

**Slika 1. Prikaz ispitivanja građevinske stolarije u laboratoriji**  
(Izveštaj o ispitivanju građevinske stolarije, Euroinspekt – drvokontrola d.o.o.)



Na slici 1 prikazan je način na koji se ispituje građevinska stolarija u laboratorijskim uslovima. Uzorak je ispitan sa ugrađenim okvirom, okov uzorka pre ispitivanja postavljen u neutralan položaj, pre ispitivanja izvršeno je podešavanje prozorskog krila po visini i dijagonalno na škarama. Očekivano je da će rezultati određenih performansi stolarije biti drugačiji (nepovoljniji) nakon njihove ugradnje, zbog pojave ventilacionih gubitaka toplote između stolarije i drugih građevinskih elemenata. To je posledica loše izolovanosti građevinskih elemenata i loše tretiranje prostora između građevinskog otvora i prozorskog elementa, koji vrlo često u praksi budu delimično ili skroz ispunjeni zaptivnim materijalom loših karakteristika (koji vremenom gube zaptivna svojstva).

Vrednosti zvučne izolacije prozora date od strane proizvođača (30 dB) manja je za 3 dB od vrednosti dobijene računskom metodom (33 dB), dok sa sigurnošću možemo očekivati da će vrednost ugrađenog prozora na terenu biti još veća, što je takođe rezultat nemogućnosti precizne ugradnje kakva je pretpostavljena u teoriji.

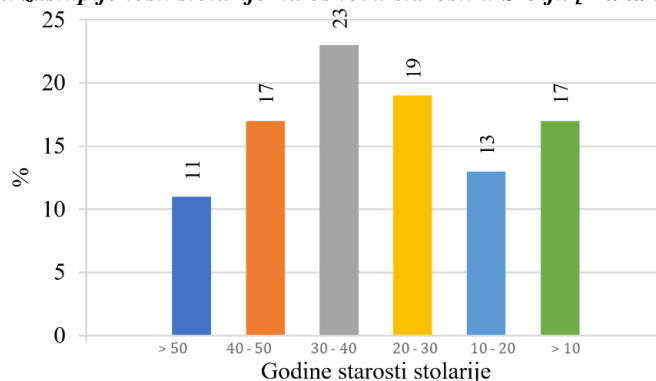
Otvori veoma često nisu pravougaonog oblika, i kada se postavi stolarija po meri javljaju se trougaone šupljine između zida i stolarije, koje se u praksi prekrivaju umesto ispunjavanja odgovarajućim izolacionim materijalom.

## 2.3. Rešavanje problema ventilacionih gubitaka poboljšanjem zaptivenosti fasadnih otvora

U Srbiji su još od prve polovine prošlog veka primenjivani drveni prozori, dvostruki, sa širokom kutijom. Najveći fond predstavljaju objekti iz osamdesetih godina prošlog veka, kada su počeli da se ugrađuju drveni prozori sa termoizolacionim staklom. Tek nakon 1995. godine počela je ugradnja PVC i aluminijumske stolarije sa termo prekidima i termo staklima [Đukanović, Lj, 2022/2023]. Može se reći da je upotreba materijala od punog drveta, koji je tradicionalan i neophodan materijal u proizvodnji prozora, u savremenom društvu, izgubila prednost u odnosu na alternativne materijale (plastika, aluminijum, kompozitni materijal, itd.) u proizvodnji prozora (Tuncer et al, 2018). Sa druge strane, jedinstvena strukturalna i funkcionalna svojstva drveta, čine ga perspektivnim i skupim materijalom za izradu prozora (Laurentius et al, 2023). Iz stručne literature [Đukanović, Lj, 2022/2023], dolazi se i do podataka da su u Srbiji drveni prozori najzastupljeniji sa 72%, PVC stolarija 24% dok se aluminijumska stolarija ugrađuje samo 4%. Dolazi se do zaključka da je neophodno preduzeti mere u vezi energetske efikasnosti postojećih objekata. Na žalost, u praksi, za objekte za višeporodično stanovanje teže je promeniti sve fasadne otvore iz ekonomskog aspekta. Utvrđeno je da problemi izazvani delimičnom izolacijom fasade ili delimičnom zamenom fasadne stolarije dovode do pojave toplotnih mostova i povećanja toka toplote u pojedinim delovima konstrukcija uz smanjenje unutrašnje kontaktne temperature, što povećava rizik od kondenzacije, sa posledicama u vidu razvoja plesni i mikroorganizama, što dovodi do smanjenja životnog komfora i mogućih specifičnih oboljenja korisnika

(Rajčić et al, 2018). Delimično rešenje bi možda bilo i kada bi država imala značajnije subvencije i time pomogla u realizaciji plana o energetskej uštedi. Za sada jedina alternativa ostaje da se utiče na svest ljudi i dokažu prednosti energetske uštede, čime bi i pojedinci imali koristi, a doprinelo bi se i održivom razvoju. Svako pojedinačno poboljšavanje zaptivenosti doprinelo bi i na globalnom nivou. Istraživanja su pokazala da je za uštedu energije od značaja položaj rama prozora i način postavljanja izolacije (Francesca et al, 2011).

**Grafik 1 – Procenat zastupljenosti stolarije na osnovu starosti u Srbiji. [Đukanović, Lj, 2022/2023]**



Karakteristična mesta gde se javljaju ventilacioni gubici su sledeća:

1. Spoj doprozornika (dovratnika) i zida. Najproblematičniji je tipično perimetar ugradnje prozora, gde se zahvaljujući pričvršćivanju rama za noseću konstrukciju formira linearni toplotni most (Stanislavs et al, 2022). Kako bi se umanjili ventilacioni gubici na spoju postojećih doprozornika (dovratnika) i fasadnog zida, potrebno je da se ispuni prostor između građevinskog otvora i samog prozorskog elementa. Način i materijal zavise od veličine prostora ili pukotina. Kod manjih pukotina, moguće je intervenciju vršiti akrilnim sredstvima. Kada je prostor veći između fasadnog otvora i prozorskog elementa, ispuna se vrši mineralnom vunom ili poliuretanskom penom. Postoji mogućnost izolovanja i gumom na bazi bitumena, koja je prilično elastična i ima visoka izolaciona svojstva, ali je i skupa. Ukoliko prostor između građevinskog otvora i prozorskog elementa dozvoljava, moguće je izvesti kosinu gipskartonskim pločama a prostor popuniti mineralnom vunom. Ispunjavanje šupljina hidroizolacijom sprečilo bi pojavu vlage. Kod novih fasadnih otvora (pri izgradnji novih objekata ili zamene stare stolarije na postojećim objektima), situacija je mnogo jednostavnija zato što se već na samom početku primenjuju propisani materijali koji obezbeđuju termičku, akustičku i hidro izolovanost kao i sam način ugradnje, čime se obezbeđuju i osnovni zahtevi propisani pravilima gradnje (Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada, Službeni glasnik RS, broj 61/2011.).

2. Spoj doprozornika (dovratnika) i krila prozora (vrata) je jedno od najčešćih mesta na kojima se javljaju ventilacioni gubici, naročito kod postojeće, stare, drvene stolarije. Razlozi za pojavu ventilacionih gubitaka na ovom mestu jesu starost stolarije, pre svega sušenje drveta pri dugogodišnjoj eksploataciji, izloženosti suncu, kao i temperaturnim razlikama, što dovodi do gubitka na volumenu ili vitoperenju. Navedene posledice mogu se umanjiti uz redovno i pravilno održavanje specijalnim premazima. Još jedan razlog ventilacionih gubitaka na mestu je što su neki stari prozori proizvedeni bez ikakvih zaptivnih elemenata, odnosno spoj doprozornika i krila je „drvo na drvo“. U praksi, zaptivenost spoja rama i krila prozorskog elementa, može se poboljšati lajsnama od gume ili silikona, različitih debljina i profila. Mana ovakvih elemenata je njihov rok trajanja tj. vreme eksploatacije. Lajsne (metlice) se montiraju na dnu krila vrata i time umanjuju ventilacioni gubici između donje strane vrata i poda. Bolja zaptivenost postiže se i ugradnjom aluminijumskih lajsni, za koje proizvođači tvrde da imaju neograničeni rok eksploatacije (što se postojanosti materijala tiče) kao i da, osim izolovanosti od termičkih gubitaka, imaju i ulogu akustičke zaštite. Kod novih prozora i vrata, već pri proizvodnji samog elementa predviđena su mesta na kojima se postavljaju zaptivne trake, čime proizvođači garantuju određene karakteristike (kao što su toplotna i akustička izolovanost) stolarije.

3. Spoj krila i stakla. Kod drvenih prozora i vrata koja su ugrađivana na objektima u Srbiji u prvoj polovini dvadesetog veka, najveći problem bila su jednoslojna stakla koja su bila tanka i imala jako loše karakteristike. Takva vrsta zastakljenja dovela je do velikih toplotnih gubitaka u zimskom periodu kao i toplotnih dobitaka u letnjem. Za razliku od drugih spojeva gde takođe dolazi do pojave ventilacionih gubitaka, na postojećim fasadnim otvorima „starijeg datuma“ i koji se mogu sanirati u potpunosti ili delimično, spoj krila i prozora se jedino može redovno održavati. Nakon dužeg vremena eksploatacije prozora, kao i izloženost temperaturnim razlikama, spoljašnjim uticajima, vlaženju i sl. dolazi do pucanja kita koji se nalazi na spoju stakla i krila prozora (vrata). Neophodno je

ukloniti postojeći i naneti novi, prefarbati stolariju namenskim premazima za bojenje i održavanje drvenih površina. Drveni prozori sa termoizolacionim staklom koji su u Srbiji ugrađivani u objekte osamdesetih godina dvadesetog veka, najzastupljeniji su u našem građevinskom fondu. Termoizolaciono staklo, kod ovog tipa prozora, podrazumeva dva sloja stakla (od po 4 mm) između kojih je prostor ispunjen plemenitim gasom (npr. argonom). Vremenom dolazi do promene svojstava zaptivnih elemenata i do isparenja gasa što može dovesti do magljenja ili orošavanja stakala ka međuprostoru. Rešenje problema jeste da se promene zaptivna sredstva ili čitavi paketi stakala. Što se tiče vrste zastakljenja kao i spoja stakla i krila prozora, kod novih stolarija, obezbeđena je dobra zaptivenost, savremenim materijalima, formama i metodama ugradnje. Zastakljenje se vrši termo paketom, sa dva ili tri stakla (debljine 4 mm) i hermetički zatvorenim prostorom između njih, koji je ispunjen plemenitim gasom. Proizvođači garantuju visoke performanse: toplotnu i akustičnost i dugi period eksploatacije. S obzirom na to da su ovi prozori na našem tržištu noviji i manje zastupljeni od ostalih tipova fasadnih otvora, potrebno je vreme da bi se utvrdila praktičnost.

4. Spojevi kutije za roletnu i fasadnog otvora. Strujanje vazduha kroz kutije za roletne je uobičajena pojava. Rešenje se postiže ispunjavanjem prostora unutar kutije. Način postavljanja i odabir izolacionog materijala zavisi od same kutije i veličine prostora oko zastora. Izolacija se može vršiti postavljanjem mineralne vune ili profilisanih elemenata od polistirena. Nakon izolacije prostora unutar kutije, neophodno je sve spojeve kutije sa zidovima i plafonom, kao i moguće prisutne pukotine, sanirati akrilnim zaptivnim sredstvima. Nove kutije za roletne su uglavnom već termoizolovane.

#### 2.4. Istraživanje konkretnog primera

Ovaj rad prikazuje razlike rezultata dobijenih analizom u cilju proučavanja varijacija i optimizacije energetskog razreda, pomoću softvera KnaufTerm2. Predmetni objekat za koji je urađen Elaborat energetske efikasnosti, nalazi se u Beogradu u ul. Ljubomira Stojanovića br. 30, k. p. br. 832, K. O. Palilula. U pitanju je višeporodična stambena zgrada spratnosti  $P_o + P + 4 + P_k$ . Funkcionalno, zgrada se sastoji od podruma koji se nalazi ispod čitave površine objekta, prizemlja, četiri tipske etaže i potkrovlja koje je naknadno dograđeno. Na svim etažama su stambene jedinice. Za analizu, prvo je urađen Elaborat energetske efikasnosti postojećeg stanja. Model postojećeg stanja biće referentan i u odnosu na njega će se upoređivati ostali modeli. Cilj proračuna je vrednost potrebne godišnje energije za grejanje. Kompletna struktura objekta ostaje nepromenjena kao i dimenzije i tip prozorskih elemenata, jedino što se menja je njihova zaptivenost. U softveru KnaufTerm2 obrađena su tri modela tako što se, u odnosu na osnovni model, menjani parametri zaptivenosti transparentnih konstrukcija, koji potencijalno utiču na vrednost potrebne količine energije za grejanje, a samim tim mogu uticati i na energetski razred.

#### 2.5. Analiza

##### 1. Osnovni model,

- postojeća, stambena zgrada sa više stanova
- podrum je negrejani prostor
- vertikalne i horizontalne komunikacije su negrejane
- grejanje bez prekida, daljinsko, na gas
- zaptivenost prozora „loša“
- Dobijena vrednost potrebne godišnje energije za grejanje je  $Q_{h,an} = 193,75 \text{ kWh/m}^2$ , a i objekat pripada „G“ energetskom razredu.
- Ukupna potrebna energija za nadoknađivanje transmisionih gubitaka  $Q_t = 345.003,61 \text{ kWh}$
- Ukupna potrebna energija za nadoknađivanje ventilacionih gubitaka  $Q_v = 149.736,15 \text{ kWh}$
- Ukupni solarni dobici  $Q_{sol} = 48.282,6 \text{ kWh}$

##### 2. Model

Svi parametri su isti kao kod osnovnog modela osim zaptivenosti otvora koja je u ovom primeru „srednja“

- Dobijena vrednost potrebne godišnje energije za grejanje je  $Q_{h,an} = 165,32 \text{ kWh/m}^2$  a i objekat pripada „F“ energetskom razredu.
- Ukupna potrebna energija za nadoknađivanje transmisionih gubitaka  $Q_t = 345.003,61 \text{ kWh}$
- Ukupna potrebna energija za nadoknađivanje ventilacionih gubitaka  $Q_v = 89.841,69 \text{ kWh}$
- Ukupni solarni dobici  $Q_{sol} = 48.282,6 \text{ kWh}$

##### 3. Model

Svi parametri su isti kao kod osnovnog modela osim zaptivenosti otvora koja je u ovom primeru „dobra“

- Dobijena vrednost potrebne godišnje energije za grejanje je  $Q_{h,an} = 158,22 \text{ kWh/m}^2$ , a i objekat pripada „F“ energetskom razredu.

- Ukupna potrebna energija za nadoknađivanje transmisionih gubitaka  $Q_t = 345.003,61$  kWh
- Ukupna potrebna energija za nadoknađivanje ventilacionih gubitaka  $Q_v = 74.868,07$  kWh
- Ukupni solarni dobici  $Q_{sol} = 48.282,6$  kWh

### 3. DISKUSIJA REZULTATA

Izradom Elaborata energetske efikasnosti dobijena je vrednost potrebne godišnje energije za grejanje od 193,75 kWh/m<sup>2</sup>, tako da predmetna zgrada pripada „G“ energetskom razredu, što je daleko ispod minimalnih uslova za projektovanje novih objekata na osnovu Pravilnika o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada (Pravilnikom o uslovima i normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova – 2012.).

Izradom drugog primera Elaborata, gde je promenjen samo parametar zaptivenosti fasadnih otvora, sa „loše“ na „srednju“, dok su svi ostali parametri ostali kao u prvobitnom primeru, dobijena je vrednost potrebne godišnje energije od 165,32 kWh/m<sup>2</sup>, što znači da je energetski bilans predmetne zgrade poboljšan za 28,43 kWh/m<sup>2</sup> i dobijen energetski razred „F“.

U trećem primeru zaptivenost fasadnih otvora je „dobra“, dok su svi ostali parametri ostali nepromenjeni, i time je dobijena vrednost potrebne godišnje energije od 158,22 kWh/m<sup>2</sup>, što znači da je energetski bilans predmetne zgrade poboljšan za još 7,1 kWh/m<sup>2</sup>, a energetski razred ostao „F“.

Međutim, pravilnikom nisu definisani kriterijumi prema kojima se određuje kvalitet zaptivenosti u proračunu. Iako se naši pravilnici oslanjaju na evropski standard, kriterijumi nigde nisu bliže objašnjeni. Na projektantu je da proceni i unese u proračun da li je zaptivenost loša, srednja ili dobra.

### 4. ZAKLJUČAK

Elaborat energetske efikasnosti objekata je dokument kojim možemo predvideti na koji način i u kojoj meri pojedini parametri utiču na potrebnu godišnju potrošnju energije pri rekonstrukciji ili izgradnji novih objekata, unakrsnom analizom u cilju proučavanja varijacija rezultata i optimizacije energetskog rejtinga.

Različite karakteristike, lokacija, orijentacija i oblik objekta, kao i karakteristike, debljine i ostale performanse građevinskih materijala kao i termičke karakteristike fasadnih otvora, mogu znatno uticati na potrebnu godišnju potrošnju energije.

Iz ovog rada možemo zaključiti da, promena zaptivenosti prozora bez drugih oblika energetske obnove u ovom slučaju nije dovela do postizanja zahtevanog energetskog razreda koji je neophodan kod novih objekata ali je situacija u odnosu na postojeće stanje poboljšana za jedan energetski razred što se zahteva prilikom obnove postojećih objekata.

Pitanje koje se uvek na kraju postavlja, jeste koliko je nešto ekonomski opravdano, za šta je takođe moguće uraditi analizu ekonomskih bilansa i izabrati najpovoljnije rešenje.

### LITERATURA

- Đukanović, Lj. (2022/2023). Predavanja na predmetu „Savremeni principi projektovanja fasadnih otvora“, Arhitektonski fakultet u Beogradu, SAS.
- Francesca, C., Andrea, G., Piercarlo, R., & Paolo, B. (2011). Analysis of the influence of installation thermal bridges on windows performance: The case of clay block walls. *Energy and Buildings*, 6, 1435-1442.
- Kijanović, A., Rudonja, N., & Gojak, M. (2020). Eksperimentalno i numeričko određivanje koeficijenta prolaženja toplote kroz šestokomorni dvostruko zastakljeni PVC prozor sa argonskom ispunom. *Zbornik Međunarodnog kongresa o KGH*, 50, 329-334.
- Laurentius, K. H., Nur, A. S., Sentagi, S. U., & Ahmad, I. R. F. (2023). Delignified wood biocomposites as Sustainable and transparent materials for passive cooling applications, *Wood Material Science and Engineering*.
- Mirković, Z., Stošić, N., & Martinović, D. (2019). Uredaj za određivanje koeficijenta prolaza toplote prozora. *Zbornik Međunarodnog kongresa o KGH*, 13, 243-252.
- Petrović, S. (2019). Parametri energetske sertifikacije zgrada. *Zbornik Međunarodnog kongresa o KGH*, 38, 71-77.
- Rajčić, A., Đukanović, Lj., & Radivojević, A. (2018). Partial Interventions on the Facades in the Process of Energy Renovation of Residential Buildings – Examples From The Serbian Construction Practice, *Conference: Seismic and Energy Renovation for Sustainable Cities*, 540-550.
- Stanislavs, G., (2022). Numerical Calculations of the Installation Thermal Bridge for the Optimization of Windows Placement. *Proceedings of 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022*. 22.
- Šumarac, D. M., Todorović, M. N., Đurović-Petrović, M. D., & Trišović, N. R. (2010). Energy efficiency of residential buildings in Serbia, *Thermal Science*, 14, 97-113.
- Tuncer, D., & Uğur, K. (2018). A Review of Determining Principles of Industrial Wood Windows Manufacturing. *ICELIS 2018 – International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu/Turkey*, 630-636.