

Dušan VUKSANOVIĆ<sup>1</sup>

## **SANACIJA ZGRADA GRADITELJSKOG NASLJEĐA UZ PRIMJENU ENERGETSKE EFIKASNOSTI – OGRANIČENJA I SPECIFIČNOSTI**

**Sažetak:** U radu su razmatrane neke od brojnih specifičnosti vezanih za renoviranje zgrada koje pripadaju graditeljskom nasljeđu pod zaštitom, posebno u aktuelnim okolnostima kada su postupci sanacije/rekonstrukcije veoma često orijentisani i na primjenu strategije energetske efikasnosti (EE). Selekcija i primjena mjera EE kod ovih objekata zahtijeva i odgovarajući profesionalni senzibilitet, s obzirom na to da je povezana sa nizom fizičkih i tehničkih ograničenja koja potiču od masivne zidane strukture, uz ograničenja koja dolaze od konzervatorskih uslova. U kontekstu teme u domaćim okvirima analizirani su rezultati energetskog pregleda zgrade bivšeg Engleskog poslanstva na Cetinju koju danas koristi Muzička akademija.

**Ključne riječi:** *graditeljsko nasljeđe, rehabilitacija zgrade, energetska efikasnost*

### **1. UVOD**

Aktuelni postupci sanacije i rekonstrukcije zgrada graditeljskog nasljeđa pod zaštitom uključuju primjenu principa energetske efikasnosti (EE), uprkos okolnosti da kod ovih objekata ne postoji zakonska obaveza primjene mjera EE. Kod rješavanja sanacije i/ili rekonstrukcije ovih zgrada, čija je tipična namjena vezana za kulturu i obrazovanje, javljaju se izražene funkcionalne potrebe da se prije svega sačuvaju sami objekti i njihovi sadržaji od dalje degradacije i propadanja, a da se istovremeno uspostave i odgovarajući modeli održivosti vezani za potrošnju energije, odn. emisiju CO<sub>2</sub>. Na ovom planu postoje već značajna iskustva, kako u zemljama Mediterana tako i u zemljama Sjeverne Evrope.

---

<sup>1</sup> Prof. dr Dušan Vuksanović, Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, telefon: + 382 (0)20 242 517; fax: + 382 (0)20 269 317; e-mail: dusan@ac.me

## 2. PRINCIPI ENERGETSKE SANACIJE ISTORIJSKIH ZGRADA (PRISTUPI I ISKUSTVA U EVROPI)

Nesporan ideal djelovanja u ovom osjetljivom kontekstu su oni modeli i rješenja koji promovišu naprednu tehnologiju namijenjenu energetskej efikasnosti, uz očuvanje autentičnosti kroz uvažavanje konzervatorskih uslova. Potrebno je naglasiti da standardne mjere EE nijesu primjenjive kod zaštićenih objekata, s obzirom na to da svaka od ovih zgrada zahtijeva individualni tretman uz odgovarajućí profesionalni/stručni senzibilitet. Kao očigledna argumentacija u prilog ovakvoj tezi može poslužiti ilustracija na Slici 1 koja ukazuje na moguće kontroverze u slučaju primjene spoljašnje toplotne izolacije (TI) kod fasada istorijskih objekata [1].

Prioritet u sanaciji istorijskih zgrada treba da bude podređenost mjera EE ukupnoj rehabilitaciji zgrade. Rehabilitacija zgrade započinje provjerom njenih konstruktivnih karakteristika, a obuhvata i sanaciju svih oštećenja arhitektonske strukture, u prvom redu fasada i krovova. Konačno, osnovni cilj rehabilitacije je da korisnicima zgrade obezbijedi povišeni kvalitet u korišćenju prostora koji će uključiti i izbalansirane atribute energetske efikasnosti.

Primjena toplotne izolacije fasada je veoma ograničena, posebno kada je u pitanju njena primjena na spoljašnjoj strani zida, ali načelno je moguće pitanje TI rješavati selektivno, čak i u okviru istog objekta. To se može odraziti u vidu spoljašnje ili unutrašnje TI, u slučaju različitih režima konzervatorskih uslova kod „ulične” i „dvorišne” fasade. Mogućnosti primjene TI postoje kod plafonskih konstrukcija prema tavanu, kod krovnih konstrukcija, kod zidova i podova podrumskih etaža, kao i kod unutrašnjih prozorskih



Slika 1. Primjena spoljašnje toplotne izolacije kao potencijalni konflikt u slučaju istorijskih zgrada

(parapetnih) niša, tipičnog detalja masivnih istorijskih fasada.

Imajući u vidu da se kod fasada po pravilu radi o masivnim zidovima od kamena ili opeke, sa sličnim ograničenjima, kao tehnički i konzervatorski savladljivija zona djelovanja javljaju se otvori (prozori) u fasadama i krovovima. Orijetisanost intervencija EE i rehabilitacije omotača zgrade na prozore dodatno je opravdana, zbog njihovog intenzivnijeg udjela u energetskeom ponašanju zgrade, u odnosu na fasadne zidove.

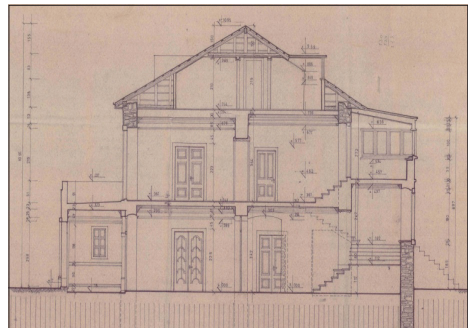
Drugi ključni aspekt energetske sanacije i kod istorijskih zgrada predstavljaju instalacije za obezbjeđivanje toplotnog komfora, u ovom slučaju to je sistem grijanja, po mogućnosti

povezan sa sistemom kontrolisane (prinudne) ventilacije. Od interesa je i funkcionalnost i efikasnost električnog osvjetljenja u zgradi.

Sve projektovane mjere potrebno je zasnivati na provjerenim metodama, materijalima i tehnologijama, pri čemu kod materijalizacije naročito treba da budu zastupljene karakteristike trajnosti (dugoročnog očuvanja karakteristika).

### 3. ANALIZA ENERGETSKOG PREGLEDA ZGRADE BIVŠEG ENGLSKOG POSLANSTVA NA CETINJU (CASE STUDY)

Zgrada bivšeg Engleskog poslanstva (Slika 2) pripada istorijskom jezgru Cetinja i zakonom je zaštićena kao spomenik kulture. U svojoj izvornoj funkciji bila je krajem XIX i početkom XX vijeka (1879–1916), a danas je koristi Muzička akademija. Objekat ima tri etaže (prizemlje, sprat i potkrovlje), dok je 80-ih godina XX vijeka formiran i suteran ispod manjeg dijela osnove objekta, u koji je smještena toplotna podstanica i sanitarni čvor.



Slika 2. Zgrada Engleskog poslanstva na Cetinju: ulična fasada i poprečni presjek

#### 3.1. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA (NA OSNOVU ENERGETSKOG PREGLEDA OBJEKTA)

##### 3.1.1. Omotač

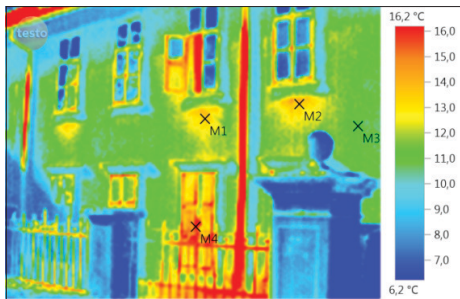
Osnovnu konstrukciju zgrade formiraju masivni zidovi od lomljenog kamena i međuspratne drvene konstrukcije. Oko 90% fasada čine zidovi debljine 70 cm, obostrano malterisani, dok su parapetne niše izvedene sa debljinom od 30 cm. Prozori su karakteristične konstrukcije: dvostruki sa širokim razmakom krila i jednostruko zastakljeni (box-type windows). Vrijednosti koeficijenta prolaza topline  $U$  različitih tipova postojećih drvenih prozora usvojene su na osnovu procjene. (Srednja vrijednost za sve prozore i vrata na objektu  $U = 3,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) Krovna konstrukcija je od drvene građe sa krovnim pokrivačem od pocinčanog lima [3].

### 3.1.2. Sistem grijanja

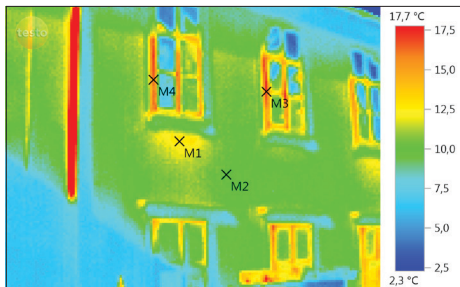
Za grijanje prostora koristi se sistem centralnog grijanja sa dva identična toplovodna kotla kapaciteta 2 x 30 kW. Topla voda je temperature 65 °C, a postiže se za oko 1,5–2 h, pri maksimalnom opterećenju. Sistem radi punim kapacitetom od 7 do 19 h, a tokom noći sa jednim kotlom. Razvod cijevne mreže je dvocijevni i bio je predviđen za uslove priključenja na centralnu gradsku kotlarnicu. Na nekoliko mjesta razvod je isprekidan, a u potkrovlju je i naknadno doraden. Radijatori su liveni člankasti, bez termostatske regulacije. Za grijanje se koristi i električna energija, na koju se odnosi cca 85% ukupne potrošnje električne energije.

## 3.2. REZULTATI MJERENJA I ANALIZA IZMJERENIH VRIJEDNOSTI

### 3.2.1. Termografija



Ulična fasada 1



Ulična fasada 2

No	Temp. [°C]
M1	13,3
M2	13,7
M3	11,2
M4	16,4

Ulična fasada 1

No	Temp. [°C]
M1	12,6
M2	10,0
M3	16,7
M4	16,1

Ulična fasada 2

Slika 3. Termografski snimci sa označenim temperaturama karakterističnih tačaka

Snimanje omotača termografskom kamerom izvršeno je u svrhu vizuelizacije toplotnih gubitaka (termograf. kamera Testo 880, pri spoljašnjoj temperaturi od 11°C). Na snimljenim termogramima vidljiv je povećan toplotni fluks na spojevima prozorske konstrukcije i zida, usljed oštećenja spojnica i samih prozorskih ramova. Takođe se uočavaju mjesta povišenih toplotnih gubitaka spoljašnjeg zida manje debljine (parapetne niše), gdje su smještena grejna tijela (M1 i M2 kod fasade 1 i M1 kod fasade 2, Slika 5).

Može se zaključiti da je termografsko snimanje potvrdilo očekivani raspored i nivo toplotnih gubitaka, uključujući i činjenicu da najveći potencijal uštede toplotne energije leži u zamjeni fasadne stolarije.

### 3.3. MJERE ENERGETSKE SANACIJE

U proračunima energetske karakteristika korišćen je softver, razvijen u Norveškoj („ENSI”), koji je usklađen sa ključnim evropskim standardom u ovoj oblasti EN 13790: 2008. Rezultat analize predstavljaju mjere EE – intervencije na omotaču zgrade i na instalacijama: zamjena fasadne stolarije, toplotna izolacija potkrovlja (TI sa unutrašnje strane), toplotna izolacija parapetnih djelova fasade (TI sa unutrašnje strane), zamjena instalacije grijanja uključujući kotlove, zamjena postojećih sijalica (sa užarenom niti) fluokompaktnim sijalicama, energetske menadžment. Za potrebe proračuna potrošnje energije kao efekata mjera energetske efikasnosti, kao i vremena povraćaja investicije, korišćene su pretpostavljene vrijednosti stepena efikasnosti sistema za grijanje (izvora toplote, razvodnog sistema, sistema regulacije i upravljanja i održavanja).

#### 3.3.1. Zamjena fasadne stolarije

Predviđena je zamjena cjelokupne spoljašnje stolarije novim vratima i prozorima od čamovine, izrađenim na osnovu odgovarajućih demontiranih uzoraka. Zbog ograničenog budžeta za sanaciju predloženo je jednostruko zastakljenje i unutrašnjih i spoljašnjih krila (običnim staklom debljine 4 mm).

Izračunate uštede po osnovu zamjene fasadne stolarije (ENSI® EAB Software):

- specifične energetske uštede: 33,14 kWh/m<sup>2</sup>god.;
- ukupne energetske uštede: 33,14 kWh/m<sup>2</sup>god · 646 m<sup>2</sup> = 21408 kWh/god.;
- neto uštede: 21408 kWh/god · 0,13 €/kWh<sup>2</sup> = 2783 €/god.;
- investicija: 300 €/m<sup>2</sup> · 123 m<sup>2</sup> = 36900 €;
- ekonomski životni vijek (građ. proizvoda): 20 godina.

<sup>2</sup> Za proračun je korišćena srednja cijena električne energije u 2010. godini od 0,13 €/kWh.

### 3.3.2. Specifičnosti i potencijali „kutijastog” prozora

Zastakljivanje inače predstavlja posebno interesantnu temu za analizu kod prozora ovog tipa (u okviru istorijskih objekata), s obzirom na to da bi iskustveno zasnovanu soluciju za unutrašnje krilo u domenu standardnih rješenja predstavljalo dvostruko niskoemisiono zastakljenje sa djelovanjem u smislu povećanja solarnih toplotnih dobitaka (spoljašnja strana unutrašnjeg stakla). Toplotno-akumulacijski efekti ovakvog kutijastog prozora („box-type window”) [2] nijesu razmatrani, pri čemu je „očigledno” da ovi prozori imaju značajan potencijal kao „solarni radijatori” čiji bi efekat bilo potrebno kvantifikovati kroz odgovarajuće softverske simulacije. Srednje vrijednosti koeficijenata prolaza toplote za prozore i vrata nakon zamjene dotrajale fasadne stolarije novom:  $U_p = 2.0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ,  $U_v = 3.0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

### 3.3.3. Energetski i ekonomski potencijal predloženih mjera EE

U Tabeli 1 je dat predlog mjera za saniranje postojećeg stanja, gdje su analizirane procijenjene uštede energije (kWh) sa odgovarajućim finansijskim efektima (€), kao i procjena investicija (€) i prosti period otplate. Mjere su rangirane po vrijednosti koeficijenta sadašnje neto vrijednosti (NPVQ).

Tabela 1. Predloženi paket mjera EE

Potencijal za primjenu mjera energetske efikasnosti						
Naziv objekta: Muzička akademija		Grijana površina: 646 m <sup>2</sup>				
EE mjere		Procjena investicije [€]	Neto uštede		Prosti period otplate [god]	NPVQ <sup>1</sup>
			[kWh/god]	[€/god]		
1.	Toplotna izolacija djelova fasade manje debljine (TI sa unutrašnje strane)	1200	8414	1094	1,1	11,47
2.	Toplotna izolacija potkrovlja (TI sa unutrašnje strane)	9000	31092	4042	2,2	5,15
3.	Zamjena postojećih sijalica sa žarnom niti fluokompaktnim sijalicama	2050	4574	595	3,4	1,36
4.	Energetski menadžment	1000	1328	173	5,8	1,36
5.	Zamjena kompletne instalacije grijanja sa kotlovima	26700	20710	2692	9,9	1,02
6.	Zamjena kompletne fasadne stolarije (vrata i prozora)	36900	21408	2783	13,3	0,03
<b>UKUPNO:</b>		<b>76850</b>	<b>84844</b>	<b>11379</b>	<b>6,8</b>	<b>0,21</b>

\* NPVQ – koeficijent sadašnje neto vrijednosti

#### 4. ZAKLJUČAK

Bez obzira na to što energetska analiza sprovedena na jednom primjeru načelno ne pruža osnovu za generalizacije, rezultati analize u ovom slučaju mogu se prepoznati kao indikativni za istorijske zgrade sa masivnim zidovima od kamena. Usljed ograničenja vezanih za rokove i raspoloživa sredstva, nije bilo mogućnosti da se za ključne elemente omotača cjelovito ispituju varijante tehničkih rješenja prema principima EE, istovremeno usklađenih sa konzervatorskim uslovima. Riječ je o rješenjima odgovarajućeg načina primjene toplotne izolacije kod fasada u cjelini, kao i o obradi „pasivnih efekata” specifičnih dvostrukih prozora sa krilima ugrađenim uz unutrašnju i spoljašnju ivicu zida, u smislu kvantifikacije njihovih toplotno-akumulacijskih kapaciteta.

#### LITERATURA

- [1] Sima Johannes, *Historical Buildings between Thermic Renovation and Conservation*, „Energy Management in Cultural Heritage”, International Conference, Dubrovnik, UNDP Croatia 2011.
- [2] Pfeifer Günter, *The cybernetic principle – the other method of energy efficiency*, „Energy Management in Cultural Heritage”, International Conference, Dubrovnik, UNDP Croatia 2011.
- [3] Detaljni energetski pregled: Muzička akademija na Cetinju (bivše Englesko poslanstvo), UNDP Podgorica, Podgorica 2011.

#### RECOVERY OF BUILDINGS OF THE ARCHITECTURAL HERITAGE ALONG WITH THE APPLICATION OF ENERGY EFFICIENCY – RESTRAINTS AND SPECIFICITIES

**Abstract:** In this paper are analyzed some of the numerous specific issues related to the renovation of buildings that belong to protected architectural heritage, particularly within actual circumstances where procedures of renovation are often oriented to implementation of energy efficiency (EE) strategies. Selection and implementation of EE measures on these buildings requires an appropriate professional sensibility due to many physical and technical constraints determined by the massive masonry structures, followed by the conditions of conservation. In the context of this topic in local terms the results of energy audit of the former British Embassy in Cetinje are analyzed which is in use for Music Academy today.

**Key words:** *architectural heritage, rehabilitation of a building, energy efficiency*

