

PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA VIŠEPORODIČNE STAMBENE ZGRADE U KRALJEVU**ASSESSMENT AND ENERGY REHABILITATION OF MULTI-FAMILY RESIDENTIAL BUILDINGS IN KRALJEVO**Marijana Petrović, Mirjana Malešev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – Građevinarstvo**

Kratka sahržaj – Rad se sastoji iz teorijsko istraživačkog i praktičnog dela. U teorijskom delu su obrađene tehnike sanacija od kapilarne vlage, a u praktičnom delu rada je urađena procena stanja stambene zgrade u ulici Cara Dušana broj 96 u Kraljevu. Vizuelnim pregledom uočeni su nedostaci i oštećenja i utvrđeno je da je potrebno preduzeti sanacione mere u smislu poboljšanja energetske efikasnosti zgrade. Urađen je elaborat energetske efikasnosti zgrade i predložene su mere za poboljšanje energetske svojstava elemenata konstrukcije. Primenom predloženih mera, sanirani objekat bi iz sadašnjeg energetskog razreda F prešao u energetski razred D, čime bi energetska efikasnost bila povećana za dva razreda.

Ključne reči: Energetska efikasnost, Sanacija, Toplotni gubici, kapilarno upijanje ode

Abstract – The paper consists of theoretical research and practical work. The theoretical part addresses the renovation methods for damage of masonry walls caused by capillary absorption, and the practical part consists of assessing the condition of the residential building in Kraljevo, in the Cara Dušana street, number 96. It was established through visual assessment that the building needs to be rehabilitated for energy efficiency purposes. The calculation for energy efficiency was performed, and rehabilitation measures were suggested. By applying the suggested methods, the renovated building would change the existing energy class F to energy class D, thus improving two energy classes.

Keywords: Energy efficiency, Rehabilitation, Thermal losses, Capillary absorption

1. TEORIJSKI DEO**1.1. Metode sanacije kapilarne vlage**

Vlaga je jedan od osnovnih uzroka deterioracije zidanih konstrukcija. Voda koja se kreće sa sobom nosi rastvorene soli i ostatke organskih materija koji se talože u porama, a naizmeničnim vlaženjem i sušenjem dovode do razaranja površinskog sloja zida – kapilarne devastacije. Kada dođe do potpunog zasićenja pora, malter gubi svoju prionljivost i otpada sa zida.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, red. prof.

Sanacija konstrukcija od kapilarne vlage postiže se primenom neke od sledećih tehnika:

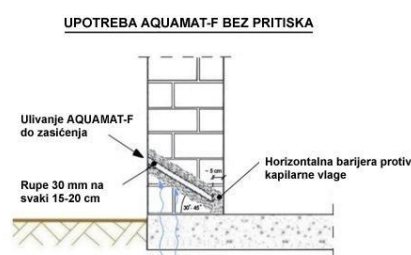
- Presecanje zidova i ugrađivanje vodonepropusnih barijera,
- Injektiranjem hidrofobnih emulzija,
- Nanošenjem isušivih i paropropusnih maltera
- Elektroosmozom,
- Izradom drenažnih kanala, itd.

1.2. Tehnika injektiranja zidova

Injektiranje odnosno hidrofobizacija može biti rađeno tečnostima ili pastama.

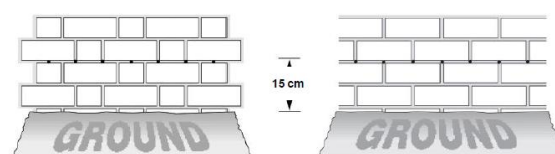
Injektiranje tečnostima podrazumeva obijanje oštećenog maltera i čišćenje malterskih spojnica, bušenje rupa (pod uglom) u cik-cak rasporedu u dva-tri reda na međusobnim rastojanjima od 10 do 20cm, obesprišavanje rupa, nalivanje injekcionih tečnosti do zasićenja u toku jednog dana ili ubrizgavanje pod pritiskom, i konačno zatvaranje rupa nakon 30 dana od injektiranja (slika 1).

Materijali koji se koriste kao injekcione tečnosti su vodeno staklo, silikonske mikroemulzije, parafini, organske smole, bitumenske emulzije, mikrocementne emulzije, ...



Slika 1. Injektiranje bez pritiska upotrebom proizvoda AQUAMAT-F [1]

Injektiranje pastama podrazumeva bušenje horizontalnih rupa u malterskoj spojnici i ubrizgavanje injekcione paste ručnim pištoljem u prethodno očišćene spojnice (slika 2).



S1.2. Raspored bušenja rupa za injektiranje pastama [1]

1.3. Ostale tehnike

Presecanje zidova obavlja se kroz horizontalne spojnice ili kroz sam materijal. Presecanje se vrši mašinski, a kao izolacija se mogu koristiti plastične talpe, bitumenske trake, epoksidne ploče, itd.

HIO tehnologija spada u tehniku koja predstavlja trajnu zaštitu od kapilarne vlage, i postupak se sastoji od obijanja maltera, bušenja rupa i presecanja zida, čišćenja reza, ubrzgavanje injekcione mase pomoću pumpe visokog pritiska a zatim utiskivanje šina u svežu injekcionu masu u rezu (slika 3).



Slika 3. HIO tehnologija [8]

Paropropusni malteri, uz pomoć stabilnih vazdušnih pora i mikrokapilara, omogućavaju razmenu čestica vodene pare sa različitim koncentracijama mineralne soli, sve do uspostavljanja ravnoteže.

Postupak sanacije se sastoji od obijanja starog maltera, uz vođenje računa da se ne ošteti opeka (a opeku treba očistiti do starog maltera, i fuge do dubine oko 2cm), a zatim se paropropusni malter priprema u skladu sa uputstvom proizvođača i nanosi mistrijom, nabacivanjem u obliku riblje krljušti na prethodno vlažan zid bez zaglađivanja, u dva ili više sloja.

Nakon sušenja grubog sloja nanosi se fini sloj materijala, na navlažen grubi sloj, u sloju od 3-5mm, nakon čega se perdaši (slika 4).



Slika 4. Nanošenje paropropusnog maltera [1]

Elektroosmoza je promena smera toka vode u zidu, odnosno dovodenje dva materijala (vode i zida) u električno polje između katode u donjoj zoni i anode u gornjoj, što dovodi do kretanja pozitivnih jona (vode) u smeru katode, odnosno negativnih u smeru anode.

Postiže se na jedan od dva načina:

1. Uspostavljanjem napona iz stalnog izvora struje.
2. Formiranjem prirodnog galvanskog elementa koji će stvoriti napon potreban za prekidanje kapilarnog penjanja vode.

Drenaža objekta se radi u cilju odvođenja podzemne vode dalje od objekta ili snižavanja nivoa podzemnih voda, te samim tim sprečava ili umanjuje mogućnost pojave kapilarne vlage u objektu.

2. PROCENA STANJA OBJEKTA

2.1. Tehnički opis konstrukcije

Predmet analize ovog rada jeste stambeni objekat u Kraljevu, u ulici Cara Dušana broj 96, spratnosti Po+Pr+1+T, sa ukupno 8 stambenih jedinica.

Objekat je zidan, masivnog konstruktivnog sistema, pravilne pravougaone osnove i nema dodira sa susednim objektima (slika 5).

Glavni vertikalni noseći elementi su zidovi od pune opeke na etažama i zidovi od kamena u podrumu, dimenzija 43cm. Pregradni zidovi su dimenzija 12-14cm, a zidovi koji dele stanove rađeni su kao dvoslojni zid debljine sloja 10cm sa vazдушnim međuprostorom od 8cm.

Međuspratne konstrukcije su polumontažne sitnorebraste tavanice tipa „Avramenko“, sa armiranobetonskim gredicama postavljenim na razmaku oko 40cm, preko kojih je izvedena monolitna ploča debljine 5cm.

Stepenište je dvokrako, armiranobetonsko, sa međupodestom od AB ploče.

Noseća konstrukcija krova je klasična drvena konstrukcija koja se sastoji od rogova, rožnjača, stubova, pajanti, klešta i venčanica.

Objekat je 2010. godine bio oštećen prilikom zemljotresa, pri čemu su se najveća oštećenja javila na spojevima podužnih i poprečnih fasadnih zidova. Velika oštećenja pretrpeo je i srednji podužni noseći zid na kome su se mogle uočiti karakteristične x pukotine. Takođe je ustanovljena pojava pukotina na stepenišnim zidovima, do kojih se smatra da je došlo zbog vertikalnog oscilovanja konzolnih stepenika, čija gradnja više nije dozvoljena u seizmički aktivnim područjima.

Izvršena je sanacija po sledećem:

Injektiranje pukotina čija širina iznosi više od 3mm,

Ojačanje stepenišnih zidova postavljanjem AB platna,

Ojačanje stepenišnih krakova postavljanjem čeličnih I profila na slobodnim krajevima,

Izradom AB zidnih platana za ukrućenje nosećih zidova.



Slika 5. Izgled objekta sa severo-zapadne strane.

2.2. Analiza oštećenja uočenih vizuelnim pregledom

Vizuelni pregled predstavlja fazu procene stanja konstrukcije u kojoj je potrebno uočiti i registrovati sve defekte i oštećenja posmatrane konstrukcije.

Defekti na konstrukciji su posledica grešaka u fazi projektovanja i izvođenja, ili usled upotrebe neodgovarajućih materijala, i manifestuju se kao greške geometrije, smanjenje athezije između maltera i opeke, itd.

Oštećenja konstrukcije su posledica različitih dejstava mehaničke i fizičke prirode, ili hemijske agresije. Najčešća oštećenja koja se javljaju u zidanim konstrukcijama su posledica vlage, a ostala su posledica diferencijalnog sleganja, zemljotresa, itd. Manifestuju se kao buđ, mrlje i iscvetavanje, mekan, trošan i opao malter, ljuskanje opeka u zidu, pukotine, izbočavanje zidova, ispadanje opeka iz zida.

Prilikom procene stanja vizuelnim pregledom uočena su sledeća oštećenja:

- Mehanička oštećenja
- Prsline,
- Fleke od vlage,
- Ljukanje/otpadanje maltera
- Oslabljen poprečni presek

Utvrđeno je da trajnost i nosivost konstrukcije nisu smanjeni, da stabilnost konstrukcije nije ugrožena, dok je funkcionalnost objekta ugrožena samo lokalno zbog pojave vlage. Najveća oštećenja su na fasadi, pa su predložene mere za njenu sanaciju u okviru energetske sanacije zgrade.

2.3. Predlog sanacionih mera

Na osnovu napred navedenog, glavni problemi predmetne konstrukcije jesu smanjenje trajnosti završnih obloga zidova koje je uzrokovano starenjem materijala, lokalno povećanom vlagom, i drugim sitnijim oštećenjima, kao i lokalno narušena funkcionalnost u prostorijama gde su uočena oštećenja usled prodora vlage u unutrašnjost objekta. Sanacione mere koje treba preduzeti su u domenu nekonstrukcijskih sanacija koje se odnose na zamenu oštećenih materijala i sprečavanje prodora vlage u unutrašnjost objekta.

3. ENERGETSKA EFIKASNOST OBJEKTA

Elaborat energetske efikasnosti izrađen je prema važećem Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada, „Službeni glasnik RS“ br. 61/2011.

Definisano je ukupno 16 sklopova za različite konstrukcijske elemente, od toga je 9 netransparentnih, a 7 transparentnih pozicija. Netransparentne pozicije čine 4 sklopa za spoljašnje zidove, 2 sklopa za unutrašnje zidove, i 3 sklopa za međuspratne konstrukcije. Transparentne pozicije čine 4 sklopa prozora, 2 sklopa za balkonska vrata, i 1 sklop za ulazna vrata.

Za spoljašnje zidove, proverena je toplotna provodljivost, difuzija vodene pare i toplotna akumulativnost. Za unutrašnje zidove i međuspratne konstrukcije proračunati su koeficijent prolaza toplote i difuzija vodene pare, dok je za transparentne sklopove proveravana samo toplotna provodljivost. Proračun koeficijenata toplotne provodljivosti dat je u Tabeli 1.

Tabela 1. Pregled koeficijenata prolaza toplote kroz omotač zgrade

Pozicija	Površina – A_i [m ²]	Koeficijent prolaza toplote – U_i [W/m ² K]	Maksimalni koeficijent prolaza toplote – U_{max} [W/m ² K]	Uslov je zadovoljen
SZK	8.790	1.9610	0.4	NE
SZO	210.543	1.3408	0.4	NE
SZOP	27.570	1.3244	0.4	NE
SZOAB	71.736	1.3255	0.4	NE
UZAB1	27.104	1.1689	0.55	NE
UZAB2	48.490	1.1364	0.55	NE
MK1	221.940	1.3281	0.4	NE
MK2	12.271	2.0282	0.4	NE
MK3	239.470	0.1255	0.4	DA
PR1	34.720	3.5000	1.5	NE
PR2	24.380	3.5000	1.5	NE
PR3	21.060	3.5000	1.5	NE
PR4	2.880	3.5000	1.5	NE
V1	17.304	1.6200	1.6	NE
V2	5.050	3.5000	1.5	NE
V3	25.000	3.5000	1.5	NE

Nakon toga, izračunati su transmisioni gubici kroz transparentne i netransparentne površine, ventilacioni i linijski gubici, kao i dobiti od sunčevog zračenja i unutrašnjih izvora.

Ustanovljeno da su najveći gubici energije kroz spoljašnje zidove i kroz transparentne elemente, zatim kroz međuspratne konstrukcije, a najmanji kroz unutrašnje zidove.

Na osnovu proračuna razlike između ukupnih gubitaka i dobitaka toplote kroz netransparentne i transparentne elemente termičkog omotača zgrade, dobijene su vrednosti potrebne energije za grejanje objekta u toku godine, prema kojima posmatrana zgrada pripada energetskom razredu F, što ukazuje na postojanje nepovoljnih sklopova i potrebu za poboljšanjem energetske svojstava elemenata konstrukcije njihovom sanacijom.

4. MERE ENERGETSKE SANACIJE I PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI SANIRANOG OBJEKTA

Sanacija i poboljšanje energetske efikasnosti objekta sprovodi se prema najvećim gubicima. U ovom slučaju sanirani:

Spoljašnji zidovi – izradom kontaktne fasade koja će omogućiti veći otpor prolazu toplote kroz zid. Korišćeni materijali su kamena vuna FKD-N Thermal debljine 8mm, lepak Klebspachtel M, i akrilna fasada Oxxi S sloja debljine 2mm, od proizvođača “Knauf Insulation”. Iz sanacije je izuzet sklop zida od kamena zbog otežanih uslova izvođenja kontaktne fasade i male površine koja neće značajno uticati na poboljšanje energetske efikasnosti.

Transparentni elementi – zamenom starih profila sa novim petokomornim PVC profilima tipa Trocal-70mm, od proizvođača “Talaris”.

Meduspratne konstrukcije – postavljanjem drvenih štafni debljine 5cm sa donje strane rebra tavanice, a preko štafni je izveden sloj perlitnog maltera debljine 1cm.

Primenom ranije definisanog proračunskog modela, dobijene su nove vrednosti toplotne provodljivosti sklopova, prikazani u Tabeli 2, koje zadovoljavaju definisane uslove.

Tabela 2. Pregled koeficijenata toplotne provodljivosti kroz omotač zgrade saniranog objekta

pozicija	Površina – A_i [m ²]	Koeficijent prolaza toplote – U_i [W/m ² K]	Maksimalni koeficijent prolaza toplote – U_{max} [W/m ² K]	Uslov je zadovoljen
SZK	8.790	1.9610	0.4	NE
SZO	210.54 3	0.3233	0.4	DA
SZOP	27.570	0.3223	0.4	DA
SZOA B	71.736	0.3209	0.4	DA
UZAB1	27.104	1.1689	0.55	NE
UZAB2	48.490	1.1364	0.55	NE
MK1	221.94 0	0.2309	0.4	DA
MK2	12.271	0.2685	0.4	DA
MK3	239.47 0	0.1255	0.4	DA
PR1	34.720	1.3379	1.5	DA
PR2	24.380	1.3591	1.5	DA
PR3	21.060	1.3943	1.5	DA
PR4	2.880	1.3079	1.5	DA
V1	17.304	1.6200	1.6	NE
V2	5.050	1.2707	1.5	DA
V3	25.000	1.2953	1.5	DA

Nakon toga, izačunati su transmisioni gubici kroz transparentne i netransparentne površine, ventilacioni i linijski gubici, kao i dobiti od sunčevog zračenja i unutrašnjih izvora za sanirani objekat.

Ustanovljeno je da je sanirani objekat primenjenim sanacionim merama unapređen za dva energetska razreda, te da sada pripada energetskom razredu D.

5. ZAKLJUČAK

U praktičnom delu rada izvršena je procena stanja objekta i zaključeno je da nosivost i stabilnost nisu ugrožene, dok je trajnost narušena u određenoj meri. Pristupljeno je proračunu gde je objekat kategorizovan u energetski razred F.

Kako bi se u isto vreme povećala trajnost objekta, ali i smanjila količina energije potrebne za zagrevanje objekta popravljene su karakteristike određenih elemenata objekta, i to spoljašnjih zidova, prozora i balkonskih vrata, i međuspratnih konstrukcija, primenom materijala koji su doprineli poboljšanju koeficijenta prolaza toplote sklopova.

Nakon ponovljenog proračuna energetske efikasnosti na saniranom objektu, on je svrstan u energetski razred D.

Dalje poboljšanje energetske efikasnosti moglo bi se postići poboljšanjem sklopova unutrašnjih zidova.

6. LITERATURA

- [1] Malešev M., Radonjanin V.: „Trajnost i procena stanja zidanih konstrukcija“, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [2] Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada („Sl. Glasnik RS“, broj 61/2011).
- [3] Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada („Sl. Glasnik RS“, broj 61/2011).
- [4] Pravilnik o tehničkim zahtevima bezbednosti od požara spoljnih zidova zgrada („Sl. Glasnik RS“, broj 59/2016, 36/2017 i 6/2019).
- [5] Tematsko poglavlje 5 – Uslovi građevinske fizike, autori prof. dr AnaRadivojević, dipl.inž.arh. i doc. dr Aleksandar Rajčić dipl.inž.arh.
- [6] Katalog proizvoda firme „Knauf Insulation“ – <https://www.knaufinsulation.rs/>
- [7] Katalog proizvoda firme „Talaris“ – <https://talaris.rs/>
- [8] <https://www.hio-technology.com/>
- [9] <https://www.waterproofing.rs/>
- [10] <https://www.isomat.rs/>

Kratka biografija:



Marijana Petrović rođena je u Kraljevu 1993. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Konstrukcije, procena stanja i sanacija zidanih konstrukcija odbranila je 2022. godine.

Kontakt:
petrovic.marijana88@gmail.com