

PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA ZGRADE DEPADANSA SPECIJALNE BOLNICE ZA REHABILITACIJU "TERMAL" U VRDNIKU**ASSESSMENT AND ENERGY REHABILITATION OF THE BRANCH BUILDING OF THE SPECIAL REHABILITATION HOSPITAL "TERMAL" IN VRDNIK**

Zoran Plakalović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se sastoji iz teorijsko-istraživačkog i praktičnog dijela. U teorijsko-istraživačkom dijelu se govori o ventilacionim gubicima u zgradama, njihovom nastanku, upustvu za postavljanje opreme i mjerenje gubitaka. Procjena stanja za objekat „Depadans“, koji se nalazi u sklopu kompleksa Specijalne bolnice za rehabilitaciju „Termal“ u Vrdniku, je odrađena u okviru praktičnog dijela, koji obuhvata i proračun energetske efikasnosti za predmetni objekat. Pomenuti proračun je ponovljen za nakon primjene predloženih mjera energetske sanacije. Objekat je prvobitno bio svrstan u energetski razred „E“, a nakon sanacije je svrstan u energetski razred „C“.

Ključne riječi: Ventilacioni gubici, Procjena stanja, Energetska efikasnost, Sanacija

Abstract – The paper consists of theoretical-research and practical work. The theoretical-research part discusses ventilation losses in buildings, their occurrence, instructions for setting up equipment and measuring losses. The assessment of the condition of the facility "Depadans", which is located within the complex of the Special Hospital for Rehabilitation "Termal" in Vrdnik, was carried out as part of the practical part, which also includes the calculation of energy efficiency for the subject facility. The mentioned calculation was repeated for after the implementation of the proposed energy rehabilitation measures. The building was originally classified in energy label "E", and after rehabilitation it was classified in energy label "C".

Keywords: Ventilation losses, Condition Assessment, Energy Efficiency, Renovation

1. VENTILACIONI GUBICI**1.1. Opše o gubicima**

Zagrijevanje objekata se vrši isključivo sistemom grijanja, međutim u praksi se smatra da se energija dobija iz tri izvora:

- sistem grijanja
- dobijanje „besplatne toplote“ – od stanara, sijalica, električnih uređaja, korišćenjem tople vode i
- solarni dobici od sunčeve energije.

NAPOMENA:

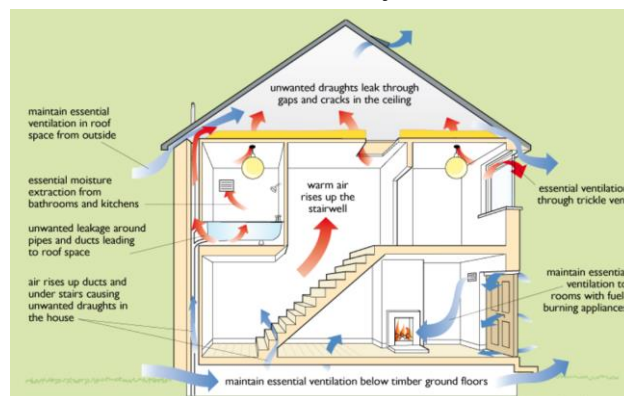
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila prof. dr Mirjana Malešev, red. prof.

Da bi se postigla manja ukupna potreba za grijanjem neophodno je smanjiti gubitke toplote. Gubici se mogu podijeliti na sledeće vrste:

- toplotni gubici elemenata konstrukcije – gubici kroz zidove, krov, pod i prozore
- ventilacioni gubici – usled kretanja vazduha kroz objekat
- toplotni gubici dimnih gasova – jer sistem grejanja nije 100% efikasan [1].

1.2. Nastanak ventilacionih gubitaka

Kontrolisano kretanje vazduha je kretanje kroz prozore koji se otvaraju, ventilatore ili, u slučaju većih zgrada, sistem mehaničke ventilacije. Međutim, postoji i nekontrolisana komponenta koja se zove infiltracija koja predstavlja protok vazduha kroz šupljine u omotaču zgrade – pukotine oko prozora, vrata ili između lajsni i podova i sl. Na slici 1 su prikazani putevi ventilacije i infiltracije vazduha kroz jednu kuću, kao i mjesta gdje je važno održavati suštinsku ventilaciju.



Slika 1. Ilustracija puteva ventilacije i infiltracije

1.3. Mjerenje ventilacionih gubitaka

Ključni faktor u određivanju toplotnog gubitka ventilacije u zgradi je brzina ventilacije, odnosno prosječna brzina kojom vazduh struji kroz nju. Stopa ventilacije obično predstavlja broj potpunih izmjena vazduha koje se dešavaju na sat (ACH - Air changes per hour). Ukoliko se gradi nova zgrada, prema važećem Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada, zaptivenost zgrade može biti dobra, srednja i loša odnosno broj izmjena vazduha u prostoriji može biti od 0,5 do 1,5 h⁻¹ kako bi zgrada zadovoljila važeće standarde.

Merenje se vrši testom propustljivosti vazduha (blower door) na osnovu razlike u pritiscima. U završnoj fazi

gradnje kada su zidovi omalterisani, fasadna stolarija ugrađena, instalacije razvedene oprema za merenje se instalira na ulaznim vratima. Na slici 2 prikazana je postavljena oprema spremna za mjerenje. Mjerenje se vrši na osnovu razlike u pritiscima, najprije se napravi podpritisak u zgradi od 50Pa a potom nadpritisak od 50Pa. Po dostizanju određenog pritiska mjeri se količina vazduha koja je neophodna za održavanje tog pritiska. Ta količina vazduha koja se uduva u prostor izađe nekontrolisano kroz šupljine u objektu (npr. na spojevima konstrukcije za prozorima i vratima). Sva „slaba“ mjesta na kojima vazduh izlazi iz objekta treba sanirati, zatvoriti zaptivnim trakama, folijama i sl [2].



Slika 2. Blower door

2. TEHNIČKI OPIS KONSTRUKCIJE

2.1. Lokacija objekta

Objekat Depadans nalazi se u sklopu kompleksa Specijalne bolnice za rehabilitaciju "Termal" u Vrdniku. Ulica u kojoj se nalazi objekat je Karađorđeva broj 11, opština Irig na katastarskoj parceli br. 348, K.O. Vrdnik. Objekat je pravougaone osnove i prostire se u pravcu sjever-jug. Glavni ulaz u objekat je iz Karađorđeve ulice.

2.2. Funkcionalnost objekta

U prizemlju objekta se nalazi prostorija sa dva bazena, ulazni dijelovi/komunikacije ka ulici, specijalističkoj bolnici i objektu hotela. Na prvom spratu objekta se nalaze komunikacije/hodnik sa lobijem, aperitiv bar, banket sala, konferencijska sala, četiri kancelarije za upravu, mokri čvorovi, kao i vertikalna veza – stepenište i liftovi. Na drugom i trećem spratu objekta nalaze se komunikacije/centralni hodnik, smještajne sobe sa kupatilima i vertikalna veza – stepenište i liftovi. Na potkrovlju (mansardi) objekta nalaze komunikacije, centralni hodnik, smještajne sobe sa kupatilima, četiri tehničke prostorije, ostava i vertikalna veza – stepenište i liftovi.

2.3. Konstrukcija objekta

Objekat Depadans je građen u skeletnom AB sistemu sa laganim ispunama fasadnih i pregradnih zidova. Spratnost objekta je P+3+PK (mansarda). Objekat Depadans je pravougaone osnove, dimenzija cca 65,6x28,1m u prizemlju, a u okviru etaža 65,6x21m. AB ramovi su na osovinom rastojanju od 7,2m. AB stubovi u prizemlju,

nosači rama, su pravougaonog poprečnog presjeka, konstantne širine $d=50\text{cm}$ i dužine koja se mijenja kotinualno po visini stuba od 80cm do 100cm. Stubovi prizemlja su povezani AB gredama pravougaonog poprečnog presjeka 50x135cm, preko kojih je izvedena AB puna ploča debljine $d=20\text{cm}$. Poprečni ramovi etaža se sastoje od AB stubova pravougaonog poprečnog presjeka i dvojnih AB greda dimenzija 33x50cm na međusobnom rastojanju od 53cm. Međuspratna konstrukcija iznad spratova je izvedena kao puna ploča debljine 20cm. Poprečni ramovi su povezani gredama u podužnom pravcu. Podna ploča je AB, debljine $d=20\text{cm}$. Temelji objekta su temelji samci povezani temeljnim gredama. Krovna konstrukcija objekta je izvedena kao mansardni krov, a za krovni pokrivač korištena je bitumenska šindra-tegola.

3. PROCJENA STANJA OBJEKTA

3.1. Vizuelni pregled objekta

Cilj vizuelnog pregleda jeste provjeravanje geometrije objekta i dimenzija konstruktivnih elemenata, registrovanje i klasifikacija vidljivih oštećenja, ucrtavanje u pripremljene podloge i fotografisanje karakterističnih defekata i oštećenja, odnosno, glavni cilj jeste - dobijanje što više relevantnih informacija potrebnih za formiranje zaključka o stanju konstrukcije [3].

3.2. Vizuelni pregled sjeverne strane objekta

Pri pregledu zidanih zidova na sjevernoj strani primjećene su horizontalne i vertikalne prsline na kontaktu betonske ploče i zida. Usled slivanja atmosferske vode niz oluk, na spoju zida i oluka mogu se uočiti tragovi buđi zbog lokalno povećane vlažnosti materijala. Na dijelu zida koji je obložen malterom primjećeno je lokalno ljuskanje i otpadanje sloja maltera i završne boje.

3.3. Vizuelni pregled zapadne strane objekta

Pri pregledu zapadne strane objekta uočen je najveći broj oštećenja. Kao i na sjevernoj strani objekta i na zapadnoj se može primjetiti ljuskanje i otpadanje dekorativnog premaza. Oko prozora se mogu primjetiti oštećenja u gornjem dijelu klupica prozora u vidu pucanja maltera ispod okapnice i pukotine u nadprozornim gredama. Na stubovima su vidljiva oštećenja usled provođenja električnih instalacija zarad postavljanja klima uređaja, dok se na donjim stranama AB ivične grede i ploče terase iznad drugog sprata može primjetiti poprečna prslina.

3.4. Vizuelni pregled južne strane objekta

Kao i na prethodno dvije pregledane strane objekta i na južnoj strani može se uočiti ljuskanje i otpadanje dekorativnog premaza slojeva maltera, dok na zidu obloženom malterom mogu primjetiti i mrlje usled slivanja atmosferske vode. Na ovoj strani se može uočiti i neadekvatno izveden dio trotoara, a u zidu od opeke vertikalna pukotina koja prolazi kroz opeke i kroz malterske spojnice.

3.5. Vizuelni pregled istočne strane objekta

Na istočnoj strani objekta može se uočiti prslina u međuspratnoj ploči iznad trećeg sprata i prsline na spoju stuba i pregradnog zida. Na fasadi se mogu primjetiti neznatni tragovi mrlja usled slivanja vode.

3.6. Zaključak o procjeni stanja konstrukcije

Zaključak o stanju objekta Depadansa specijalne bolnice:

- Prikazana oštećenja su locirana na malim površinama i lokalnog su karaktera.
- Nosivost AB konstrukcije nije smanjena.
- Stabilnost AB konstrukcije na globalnom nivou nije narušena, ali je lokalno delimično ugrožena u zidanom zidu na južnoj fasadi zbog postojanja pukotine koja prolazi kroz opeku i kroz malter.
- Trajnost AB konstrukcije nije smanjena, ali su pojedini materijali "ostarili" i na njima su uočeni znakovi deterioracije.
- Uočena oštećenja ne utiču na funkcionalnost /upotrebljivost objekta.

3. PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI TRENUTNOG STANJA OBJEKTA

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

Definisano je 14 netransparentnih pozicija, od toga 8 spoljašnjih zidova, 1 ploča na tlu, 3 pozicije krovne ploče, 2 pozicije ploča koje razdvajaju prostore različitih korisnika. Transparentnih pozicija ima ukupno 7, od kojih su 3 pozicije prozora, 1 pozicija prozora sa balkonskim vratima, 2 portala i 1 spoljašnja vrata. Za svaku od pozicija odrađen je proračun građevinske fizike (prolaz toplote, difuzija vodene pare, proračun ljetnje stabilnosti). U Tabeli 1 su date vrijednosti koeficijenta prolaza toplote U, po pozicijama, i podatak o ispunjenosti uslova na osnovu najvećeg dozvoljenog koeficijenta U_{max} .

Tabela 1. Pregled koeficijenta prolaza toplote U_i

Element	Pozicija	U [W/m ² K]	U _{max} [W/m ² K]	Uslov zadovoljen ДА / НЕ
Spoljašnji zid	POS Z1	1,233	0,4	NE
	POS Z2	1,243	0,4	NE
	POS Z3	1,645	0,4	NE
	POS Z4	1,206	0,4	NE
	POS Z5	1,598	0,4	NE
	POS Z6	1,216	0,4	NE
	POS Z7	3,702	0,4	NE
	POS Z8	1,695	0,4	NE
Pod na tlu	POS PK1	0,389	0,4	DA
Krov ka spoljašnjem vazduhu	POS KK1	0,499	0,2	NE
	POS KK3	2,901	0,2	NE
Krov iznad grijanog prostora	POS KK2	0,462	0,4	NE
Međuspratna konstrukcija između grijanih prostorija različitih korisnika	POS MK1	1,415	0,9	NE
	POS MK2	1,889	0,9	NE
Prozor	PR1	3,534	1,5	NE
	PR2	3,834	1,5	NE
	PR3	3,834	1,5	NE
	PR4	3,531	1,5	NE
Portal	PO1	3,521	1,5	NE
	PO2	3,640	1,5	NE
Vrata	VR1	3,554	1,5	NE

Na osnovu prikazane tabele može se zaključiti da samo temeljna ploča, označena kao pod na tlu (POS PK1) ima

manji koeficijent prolaza toplote od najvećeg dozvoljenog.

Nakon toga su izračunati transmisioni gubici kroz transparentne i netransparentne površine, ventilacioni i linijski gubici, kao i dobiti od sunčevog zračenja i unutrašnjih izvora. Utvrđeno je da su najveći dio gubitaka potiče od ventilacionih gubitaka, 44% (231,67kW), nakon toga gubici kroz netransparentne površine (138,45kW) koji su skoro ujednačeni sa gubicima kroz transparentne elemente (137,04kW), dok su linijski gubici najmanji (24,069kW). Na slici 3 prikazani su gubici toplote.

Proračunom je dobijena ukupna potrebna energija za grijanje za slučaj sistema koji radi bez prekida, kao i po mjesecima. Na osnovu sprovedenog proračuna, objekat je svrstan u energetske razred „E“.



Slika 3. Gubici toplote na postojećem objektu

4. MJERE ENERGETSKE SANACIJE I PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI SANIRANOG STANJA OBJEKTA

Energetska sanacija zgrade jeste izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećoj zgradi, kao i popravka ili zamjena uređaja, postrojenja, opreme i instalacija istog ili manjeg kapaciteta, a kojima se ne utiče na stabilnost i sigurnost objekta, ne mjenjaju konstruktivni elementi, ne utiče na bezbednost susjednih objekata, saobraćaja, ne utiče na zaštitu od požara i zaštitu životne sredine, ali kojima se mjenja spoljašnji izgled uz potrebne saglasnosti, u cilju povećanja njene energetske efikasnosti [3].

Na objektu su analizirani gubici i sanacija se sprovodi prema najvećim gubicima. Na predmetnom objektu saniraće se spoljašnji zidovi POS Z2, POS Z6, POS Z7 i ravan krov POS KK3, kao i zamjena svih transparentnih pozicija (prozori, vrata i portali).

Za sanaciju spoljašnjih zidova izabran je ETICS sa Aqua-panel sistemom [4]. Kao izolacioni materijal izabrana je kamena vuna promeñljive tvrdoće kako bi bolje nalegla na neravnine na postojećem zidu, a ujedno i bila otporna na mehaničke udare. Prije nanošenja termoizolacije neophodno je popraviti oštećenja fasade usled mehaničkih udara. Potrebna debljina kamene vune se određuje iz uslova da sklop zida zadovolji najveći dozvoljeni prolaz toplote.

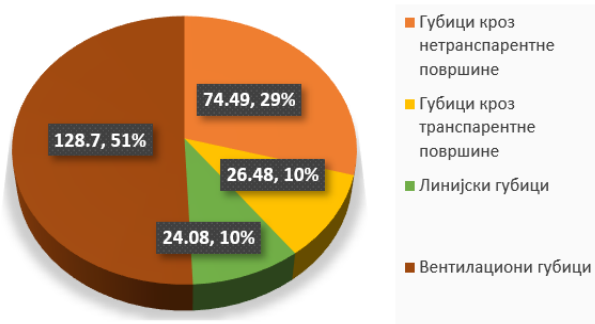
Za sanaciju krova, POS KK3, predviđena je izgradnja ravnog neprohodnog krova [4]. Kao toplotna izolacija

izabrana je tvrda kamena vuna, čija debljina je određena iz uslova da sklop krovne konstrukcije zadovolji najveći dozvoljeni prolaz toplote, dok je za parnu branu izabrana Knauf LSD 200, a hidroizolacija je PVC meka folija [5].

Svi transparentni elementi se mijenjaju. Za novoprojektovano stanje su predviđeni prozori sa aluminijumskim poboljšanim okvirom i trostruko, niskoemisiono staklo, 4-8-4-8-4mm, sa helijumskim punjenjem (Xe) [3].

Nakon predloženih mjera ponovljen je proračun energetske efikasnosti za ove novodefinisane sklopove. Nakon proračuna građevinske fizike i proračuna gubitaka, ventilacioni gubici iznose 128,7kW, gubici kroz netransparentne površine 74,49kW, gubici kroz 26,48kW i linijski gubici 24,08kW (slika 3). Na osnovu ovoga se može zaključiti da su predmetne vrijednosti znatno smanjene nakon predviđene sanacije.

Губици топлоте



Slika 4. Gubici toplote na novoprojektovanom objektu

Nakon proračuna dobitaka i potrebne energije sanirani predmetni objekat svrstan je u energetski razred „C“.

5. ZAKLJUČAK

U praktičnom dijelu rada izvršena je procjena stanja predmetnog objekta „Depadans“, i zaključeno je da je objekat u prilično dobrom stanju. Najčešća oštećenja su ljuaskanje dekorativne boje, mrlje od slivanja vode i prsline u linijskim elementima. Oštećenja su locirana na malim površinama i lokalnog su karaktera. Uočena oštećenja ne utiču na funkcionalnost/upotrebljivost konstrukcije. Nosivost, kao i stabilnost konstrukcije nisu narušene.

Nakon procjene stanja urađen je proračun energetske efikasnosti, na osnovu kog je objekat svrstan u energetski razred „E“. Kako bi se u isto vrijeme povećala trajnost objekta, ali i smanjila količine energije potrebne za zagrijavanje objekta, poboljšane su karakteristike određenih elemenata. Spoljašnji zidovi su sanirani Aquapanel fasadom, krovna konstrukcija POS KK3 je projektovana kao ravan krov, dok su na transparentnim pozicijama zamjenjena stakla i okviri, upotrebom materijala sa mnogo boljim izolacionim karakteristikama.

Nakon ponovljenog proračuna energetske efikasnosti sanirani objekat kategorizovan u energetski razred „C“, čime se sanacija smatra uspešno izvršenom (slika 5).



Slika 5. Potrebna energija za zagrijavanje postojećeg i saniranog objekta

6. LITERATURA

- [1] <https://www.open.edu/openlearn/nature-environment/energy-buildings/content-section-2>
- [2] <https://www.pasivnakuca.rs/index.php/pasivnakuca/vesti/238-zaptivenost-zgrade>
- [3] Inženjerska komora Srbije: Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011, Beograd
- [4] <https://www.knaufinsulation.rs/>
- [5] <https://srb.sika.com/sr/resenja-u-gradevinarstvu/krovni-sistemi/cool-roofs/sinteti-ke-membrane/sikaplan-g-15.html>

Kratka biografija:



Zoran Plakalović rođen je u Vlasenici 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije, procjena stanja i sanacija betonskih konstrukcija odbranio je 2022. godine.
Kontakt:
plakaloviczoka98@gmail.com