

**PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA VIŠESPRATNE PORODIČNE KUĆE  
U SREMSKOJ KAMENICI****ASSESSMENT AND ENERGY RENEWAL OF THE MULTI-STOREY FAMILY HOUSE  
IN SREMSKA KAMENICA**

Stefan Bratić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRADJEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad se sastoji iz dvije cjeline. Prvi dio rada predstavlja teorijsko istraživački dio sa temom „Primjena solarne energije za smanjenje energetske potreba stambenih objekata“, gdje je opisan način iskorištenja solarne energije, njeno konvertovanje u različitim solarnim sistemima i primjena solarnih sistema na stambene objekte kako bi se povećala energetska efikasnost istih. U drugom dijelu rada izvršen je vizuelni makroskopski pregled objekta, radi procjene postojećeg stanja za višespratnu porodičnu kuću u Sremskoj Kamenici. Za objekat je urađen proračun energetske efikasnosti i dogradnja etaže potkrovlja. Na osnovu proračuna energetske efikasnosti, vizuelnog pregleda konstrukcije i dogradnje potkrovlja date su sanacione mjere koje povećavaju trajnost objekta, energetska efikasnost u skladu sa Pravilnikom o energetske efikasnosti.

**Glavne riječi:** Procjena stanja, energetska efikasnost, sanacione mjere, nadogradnja, solarna energija

**Abstract** – The paper consists of two parts. The first part of the paper is a theoretical research part with the topic „Application of solar energy for reducing energy needs of residential buildings“ – which describes usage of solar energy and its conversion in various solar systems. Application of solar systems to residential buildings, in order to increase energy efficiency, is also described. In the second part of the paper, a visual macroscopic examination of the building was performed, with the goal of determining the existing condition for a multi-storey family house in Sremska Kamenica. An energy efficiency calculation, as well as attic floor upgrade, was performed for the family house. Based on energy efficiency calculation, visual inspection and attic floor upgrade, remedial measures that increase the durability of the building, energy efficiency, as well as its compliance with the Rulebook on energy efficiency, are given.

**Keywords:** Condition assessment, energetic efficiency, remedial measures, upgrade, solar energy

**1. UVOD**

Rad se sastoji iz dvije cjeline: teorijsko-istraživačkog dijela i stručnog dijela. U prvom dijelu rada analizira se

**NAPOMENA:**

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

konvertovanje solarne energije i njena primjena na stambenim objektima.

Drugi, stručni dio rada, obuhvata vizuelni pregled i procjenu stanja konstrukcije. Urađen je detaljan proračun energetske efikasnosti, nadogradnja etaže potkrovlja, predložene su sanacione mjere za povećanje trajnosti objekta i energetske efikasnosti.

**2. PRIMJENA SOLARNE ENERGIJE ZA  
SMANJENJE ENERGETSKIH POTREBA  
STAMBENIH OBJEKATA****2.1. Opšte o Sunčevoj energiji**

Sunčeva energija predstavlja obnovljiv i neiscrpan energetske resurs. Sunčeva svjetlost predstavlja izvor energije koji je zaslužan za povoljne klimatske uslove i postojanje ekosistema na našoj planeti. Većina energije koja je dostupna na zemlji dolazi nam od Sunca, a čak i energija koju crpimo iz vjetera, vode, biomase i svih fosilnih goriva zapravo potiče iz ovog izvora. Odgovarajućom tehnologijom možemo iskoristiti ovaj besplatan, ekološki i neiscrpan izvor energije.

Dotok energije Sunčevim zračenjem naziva se solarna konstanta, koja je  $1400\text{W/m}^2$  pri srednjoj udaljenosti Zemlje od Sunca, uz upadni ugao od 90 stepeni zanemarujući djelovanje atmosfere apsorpcije. Pri prolasku kroz atmosferu dio energije se troši u složenim procesima a dio se reflektuje i reemituje u svemir. Taj dio energije iznosi oko 1/3 energije koja je dospjela na rub atmosfere, pa dotok energije do površine Zemlje iznosi prosječno  $920\text{W/m}^2$ . Zbog rotacije Zemlje ta se energija raspoređuje po cijeloj površini Zemlje, pa je prosječni dotok energije  $230\text{W/m}^2$ , odnosno  $5,52\text{kWh/m}^2$  dnevno. To su, naravno prosječne vrijednosti, a stvarne zavise od geografske širine, dijela dana, pojave oblaka, zagađenja itd. Energija zračenja Sunca koja dolazi do Zemljine površine iznosi oko  $109\text{TWh}$  godišnje. Energija zračenja koja dopire do površine Zemlje zavisi u prvom redu o trajanju insolacije. Trajanje insolacije zavisi od geografske širine i o godišnjem dobu. Razlika između vremena izlaska i vremena zalaska Sunca daje vrijeme trajanja insolacije kojoj je izložena horizontalna i nezaštićena površina.

Ipak, dotok energije Sunčeva zračenja nije proporcionalan trajanju insolacije. Naime, dio energije se gubi prolaženjem kroz atmosferu zbog apsorpcije kiseonika, ozona i ugljen dioksida. Osim toga, energija zračenja se u prolazu kroz atmosferu raspršuje, a najveći gubitak je neposredno nakon zalaska Sunca. Dio raspršene energije

ipak dođe do površine Zemlje. Prema tome, ukupno zračenje koje dođe do površine Zemlje sastoji se od neposrednog i difuzionog zračenja koje je dio raspršene energije zračenja. Potencijalna energija zračenja je maksimalna energija koja dođe do površine kroz suhu i vlažnu atmosferu. Ona zavisi od geografske širine i nadmorske visine. Ona postaje sve manja sa smanjenjem nadmorske visine i povećanjem geografske širine. Stvarna energija zračenja koja dođe do površine znatno je manja od potencijalne zbog pojave oblaka, vlage i zagađenosti atmosfere. Kao izvor energije Sunčevo zračenje je povoljnije od vjetera s obzirom na predvidivost pojave, ali je nepovoljnije s obzirom na to da zračenja nema tokom noći, te da je manje intenzivno tokom zime kada je potrošnja energije najveća.

## 2.2. Solarna energija i mogućnosti korištenja

Solarnu energiju primamo u obliku svjetla i toplote a nakon konvertovanja u različitim solarnim sistemima ona se može koristiti za dobijanje toplotne ili električne energije. Postoje dva osnovna načina iskorištenja solarne energije: toplotna i fotonaponska konverzija. Toplotna (termalna) konverzija podrazumijeva pretvaranje solarne energije u toplotu koja se kasnije koristi za zagrijavanje vode, prostorija, plastenika itd. Fotonaponska konverzija podrazumijeva direktno pretvaranje solarne u električnu energiju putem fotoelektričnog efekta. Gore opisano je šematski prikazano na slici 1.

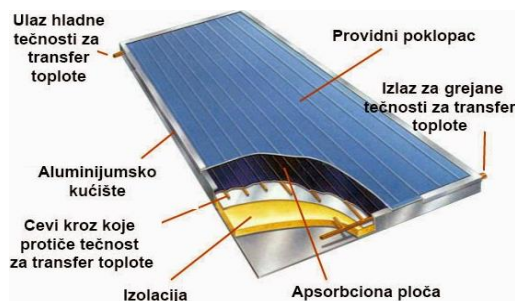


Slika 1. Toplotna i fotonaponska konverzija

Toplotna konverzija Sunčeve energije odvija se na cijeloj osunčanoj površini. Kako bi se energija Sunca usmjerila i iskoristila za specifične potrebe, neophodno je postojanje odgovarajućeg prijemnika ili kolektora, kao najbitnijeg dijela sistema za toplotnu konverziju solarne energije.

Solarni kolektori pretvaraju Sunčevu energiju u toplotnu energiju vode ili neke druge tečnosti. Sistemi za grijanje vode mogu biti otvoreni, u kojima voda koju treba zagrijati prolazi direktno kroz kolektor na krovu, ili zatvoreni, u kojima su kolektori ispunjeni tečnošću koja ne mrzne, kao što je antifriz. Postoje kolektori koji direktno griju vazduh. U ovim kolektorima vrši se cirkulacija vazduha i na taj način se veliki dio energije prenosi na vazduh. Vazduh se kasnije vraća u prostoriju koja se zagrijava i na taj način se održava temperatura u prostoriji. Solarni kolektori sastoje se od izolovanih kutija čija je jedna strana prazna. Ispod ove strane nalazi se mreža cijevi kroz koje prolazi voda. Na cijevima su spojeni limovi, tzv. krilca koja čine unutrašnjost kolektora. Krilca se prave od aluminijuma i bakra. Krilca su obojena crnom bojom što omogućava upijanje Sunčevog zračenja koja prolaze kroz prozirniju stranu kolektora i udara u crnu limenu površinu krilca i pretvara se u toplotnu energiju. Nastala toplotna energija se sa

limenih krilca prenosi na cijevi što dovodi do zagrijavanja vode koja prolazi kroz cijevi. Zagrijana voda odlazi u rezervoar gdje se akumulira. Kolektori se najčešće montiraju na krovove kuća, terase ili vrtove i usmjeravaju ka južnoj strani. Postoji više načina za prikupljanje Sunčeve energije tako da u zavisnosti od potrebe i namjene solarni kolektori mogu biti: pločasti (Slika 2.), vakuumski, selektivni, koncentrirajući itd.



Slika 2. Ravni pločasti solarni kolektor

Pod fotonaponskom konverzijom podrazumijeva se direktno pretvaranje solarne energije u električnu putem fotoelektričnog efekta. Za pojavu fotonaponskog efekta pv- "photovoltaic effect" najvažnija je interakcija kvantata elektromagnetnog zračenja– fotona sa elektronom nekog provodnika ili poluprovodnika. Fotodioda je dioda kod koje se okolina sloja prostornog naelektrisanja ne može izlagati dejstvu elektromagnetnog zračenja, odnosno svjetlosti.

Ukoliko je energija upadne svjetlosti veća ili jednaka širini zabranjene zone u poluprovodniku, dolazi do pojave unutrašnjeg fotoefekta, odnosno dolazi do otkidanja elektrona iz kovalentne veze uslijed apsorpcije kvantne svjetlosti. Pri svakom otkidanju elektrona iz kovalentne veze dobija se i po jedna šupljina. Ovako nastali elektroni i šupljine predstavljaju neuravnotežene nosioce naelektrisanja u odnosu na one koji su nastali uslijed termičkog oscilovanja kristalne rešetke.

Pri prelasku sporednih nosioca naelektrisanja dolazi do naelektrisanja pojedinih dijelova spoja različitim vrstama naelektrisanja. Kao posljedica ovog naelektrisanja na krajevima PN spoja javlja se razlika potencijala, koja se naziva napon praznog hoda.

Ako krajeve ovog PN spoja kratko spojimo dobijamo struju kratkog spoja. Struja kratkog spoja, kao i napon praznog hoda zavise od intenziteta svjetlosti i frekvencije kojom se osvjetljava dioda i to je struja koja nastaje u fotonaponskom procesu.

Fotonaponski uređaji ili solarne ćelije direktno pretvaraju Sunčevu svjetlost u električnu energiju. Ćelije su napravljene od poluprovodnih materijala i najčešće od slikona. Postoji nekoliko tipova FN ćelija a to su: monokristalne, polikristalne i amorfni silicijum. Hibridni solarni sistemi generišu energiju na isti način kao i standardni solarni sistemi povezani na mrežu, samo što koriste baterije za skladištenje energije za kasniju upotrebu.

Ova mogućnost skladištenja energije omogućava većini hibridnih sistema da služe i kao rezervni izvor energije tokom nestanka struje sistem.

### 3. PROCJENA STANJA OBJEKTA

#### 3.1. Tehnički opis

Porodična kuća, koja je tema ovog rada, se nalazi u Sremskoj Kamenici (Slika 3.). Objekat se nalazi na oko 275m nadmorske visine. Izgradnja objekta počela je 2001. godine a završena je krajem 2002. godine. Projektovana je kao kuća sa podrumom, prizemljem i potkrovljem (Po+P+Pk). U odnosu na projektovano stanje, predmetni objekat je spratnosti Pr+I+Pk i namijenjen porodičnom stanovanju. Prizemlje, sprat i potkrovlje su predviđeni kao tri odvojene stambene jedinice. U sklopu prizemlja nalazi se garaža, koja nije bila predviđena u projektovanom stanju. Na etaži sprata su izvedene terase na južnoj i sjevernoj fasadi koje nisu bile predviđene projektom. Prizemlje sadrži hodnik sa stepeništem, kupatilo, WC, dvije spavaće sobe, garažu, dnevnu sobu, trpezariju, kuhinju i dvije terase. Sprat se sastoji od hodnika, kupatila, WC-a, tri spavaće sobe, dnevne sobe, trpezarije, kuhinje i dva balkona. Prizemlje i sprat imaju svetlu visinu od 256,0 cm. Potkrovlje je ostavljeno kao nedovršeno, bez unutrašnjih zidova, slojeva poda i završne obrade. Za vertikalnu komunikaciju između prizemlja i sprata predviđeno je AB stepenište, dok stepenište koje bi trebalo da poveže I sprat i potkrovlje nije izvedeno. Dimenzije objekta u osnovi su 15,67 x 16,95 m, dok je projektovani objekat planiran kao objekat dimenzija u osnovi 11,07 x 16,95 m.



Slika 3. Stambeni objekat

Noseći konstruktivni sistem je zidani masivni sistem, ukrućen vertikalnim i horizontalnim serklažima. Međuspratna konstrukcija je puna AB ploča debljine 15 cm. Prenos sila sa zidova na tlo omogućen je putem trakastih temelja „T“ presjeka. Na etažama prizemlja i sprata nosivi zidovi izvedeni su od termo blokova, dok su pregradni zidovi izvedeni od pune opeke. Zidovi potkrovlja ozidani su od betonskih blokova. Krovna konstrukcija je drvena i oslanja se na noseće zidove, odnosno horizontalne serklaže. Unutrašnji zidovi obrađeni su mašinskim malterom. Zidovi u kupatilu i kuhinjskoj niši obloženi su zidnim keramičkim pločicama. Sjeverna fasada, kao i dio istočne fasade nije omalterisan spoljašnje strane. Podna konstrukcija se sastoji od: hidroizolacije koja se izvodi od bitumenskih traka, stiropora, PVC folije, cementne košuljice. Završna obrada poda je od laminata, osim u prostorijama kupatila i kuhinje gdje se postavljaju keramičke pločice.

#### 3.2 Procjena stanja objekta

Prilikom procjene stanja konstrukcije obavljen je vizuelni pregled spoljašnjeg i unutrašnjeg dijela objekta. Temelji su betonirani u daščanoj oplati, tako da su na površini

betona vidljive neravnine od oplata i tragovi maltera od malterisanja zidanih zidova. Na temeljnoj konstrukciji od defekata uočeni su: imperfekcija, linijska segregacija na mjestu kontakta susjednih dasaka, rupičasta površina betona, betonsko gnijezdo, a od oštećenja: odvaljeni komadi betona, pukotine, biološka korozija, korozija metalnih ankeri ograde i tragovi kristalizacije soli. Vertikalni i horizontalni serklaži, kao i međuspratne tavanice su takođe betonirani u daščanoj oplati, tako da su na površini betona vidljive neravnine od oplata. Od defekata uočeni su: imperfekcija, linijska segregacija na mjestu kontakta susjednih dasaka, rupičasta površina betona, betonsko gnijezdo, mala debljina zaštitnog sloja betona, a od oštećenja: pukotine, biološka korozija, lokalna oštećenja termo blokova. Na unutrašnjim zidovima i plafonima nisu zapaženi defekti i oštećenja. Vizuelnim pregledom krovne konstrukcije uočena su oštećenja i početak truljenja drvene konstrukcije.

#### 3.3 Zaključak

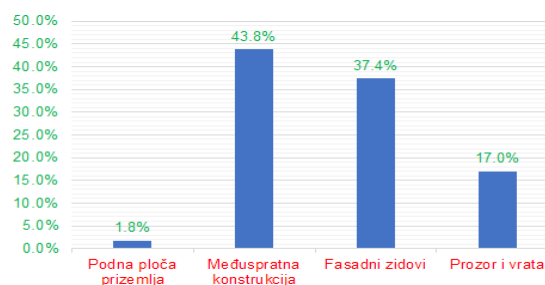
Na osnovu obavljenog vizuelnog pregleda objekta i analize navedenih defekata i oštećenja, zaključeno je da su defekti i oštećenja takvog intenziteta da ne ugrožavaju ni stabilnost ni nosivost noseće konstrukcije objekta. Takođe može da se zaključi da funkcionalnost objekta nije ugrožena. Trajnost objekta je lokalno ugrožena zbog velikog broja defekata iz faze građenja objekta, oštećenja zbog neadekvatnog odvođenja vode i zbog činjenice da završni radovi nisu u potpunosti završeni.

### 4. ELABORAT ENERGETSKE EFIKASNOSTI

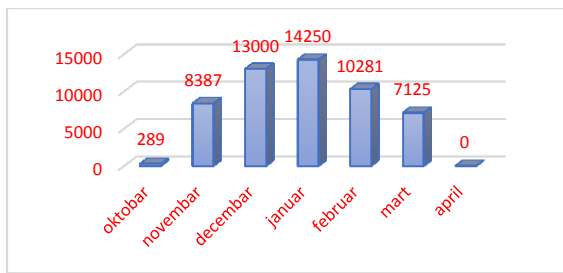
#### 4.1. Gradjevinska fizika

U Elaboratu o energetske efikasnosti urađen je kompletan proračun prolaza toplote kroz građevinske elemente koji čine termički omotač zgrade, proračun difuzije vodene pare, proračun potrebnog vremena isušivanja, proračun ljetne stabilnosti, proračun ukupnih gubitaka i dobitaka toplote, i na kraju proračun godišnje potrebne finalne energije za grijanje. Ovim proračunom je zaključeno da je postojeći objekat pripada energetske razredu G i da ne zadovoljava energetske zahtjeve za postojeće objekte prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada. Na slici 4 dat je dijagram površinskih transmisivnih gubitaka toplote elemenata termičkog omotača objekta.

Na Slici 5 prikazan je dijagram potrebne energije u kWh za grijanje po mjesecima. Ukupna godišnja potrebna energija za grijanje je 53332 kWh/a, dok je specifična potrebna godišnja energija 213,16 kWh/m<sup>2</sup>a.



Slika 4. Dijagram površinskih gubitaka toplote, za kuću pre sanacije

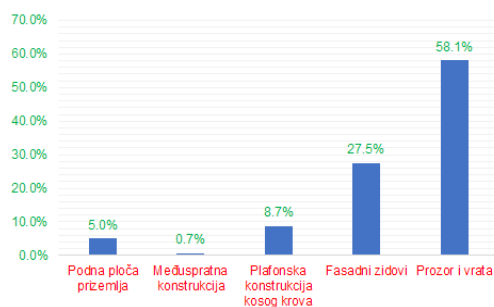


Slika 5. Dijagram potrebne energije u kWh za grijanje po mjesecima za kuću pre sanacije

## 5. MJERE ZA UNAPREDJENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI I DOGRADNJA POTKORVLJA

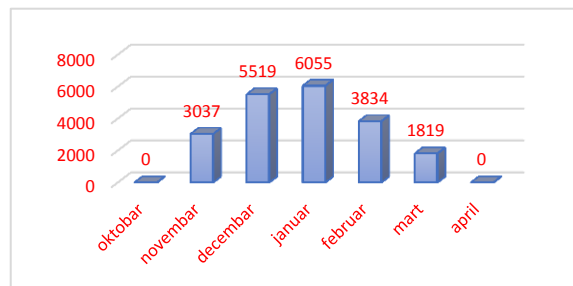
Kako je na postojećoj etaži potkrovlja samo izvedena noseća konstrukcija i krovni pokrivač, predviđena je izgradnja pregradnih zidova, slojeva poda i plafona, ugradnja unutrašnje stolarije, potrebnih instalacija itd. Planirano je da se na etaži potkrovlja izvedu pregradni zidovi tako da se dobiju sledeće prostorije: dnevni boravak, kuhinja, trpezarija, wc, kupatilo, dvije spavaće sobe, hodnjik odnosno ulazni hol. Bruto površina etaže potkrovlja je 156,5 m<sup>2</sup>. Predviđeno je izvođenje plafonske konstrukcije od sledećih elemenata: gipsane ploče, aktivna parna brana LDS 35, staklena mineralna vuna, kamena mineralna vuna i paropropusna-vodonepropusna folija. Pregradni zidovi izvide se od gipsanih ploča koje se postavljaju na metalnu potkonstrukciju. Potkonstrukcija i gipsane ploče postavljaju se sa obje strane zida a unutra se postavlja staklena mineralna vuna.

U cilju poboljšanja energetske potreba i svojstava zgrade predviđena je sanacija spoljašnjih zidova i dijelova međuspratnih konstrukcija. Prvi korak sanacije predstavlja malterisanje nedovršenih fasadnih zidova produžnim malterom, tako da svi fasadni zidovi imaju spoljašnji malter debljine 3 cm. Za drugi korak sanacije spoljašnjih zidova predložena je DEMIT fasada sa stiroporom debljine 10cm. Za termičku izolaciju međuspratne konstrukcije iznad garaže (negrijani prostor) predloženo je postavljanje kamene vune. Debljina sloja kamene vune, staklene vune, odnosno stiropora, određena je iz uslova zadovoljenja maksimalnog dozvoljenog koeficijenta prolaza toplote. Na slici 6 dat je dijagram površinskih transmisionih gubitaka toplote elemenata termičkog omotača objekta nakon sanacije i dogradnje. Ukupna godišnja potrebna energija za grijanje je 20264 kWh/a, dok je specifična potrebna godišnja energija 52,77 kWh/m<sup>2</sup>a.



Slika 6. Dijagram površinskih gubitaka toplote nakon sanacije

Na slici 7 prikazan je dijagram potrebne energije u kWh za grijanje po mjesecima nakon energetske sanacije i nadogradnje. Nakon uvođenja predloženih mjera za termičku sanaciju i ponovnog proračuna energetske efikasnosti, potreba za energijom na godišnjem nivou sa značajno smanjila. Energetski razred se popravio i sada objekat pripada C razredu. Objekat sada zadovoljava uslove po pitanju energetske efikasnosti u skladu sa Pravilnikom o energetske efikasnosti (Sl. glasnik RS br.061/2011).



Slika 7. Dijagram potrebne energije u kWh za grijanje po mjesecima nakon izvršene sanacije

## LITERATURA

- [1] Inženjerska komora Srbije: Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, "Sl.glasnik RS", br. 61/2011, Beograd
- [2] Inženjerska komora Srbije: Pravilnik o tehničkim zahtevima bezbednosti od požara spoljnih zidova zgrada, "Sl.glasnik RS", br. 59/2016, 36/2017 i 6/2019 Beograd
- [3] Lambić M.: Solarne tehnologije, toplotni i fotonaponski sistemi
- [4] Malešev M., Radonjanin V.: Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [5] Radonjanin V., Malešev M.: Sanacija betonskih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [6] Knauf Insulation: [www.knaufinsulation.rs](http://www.knaufinsulation.rs)

## Kratka biografija:



**Stefan Bratić** rođen je u Trebinju, 1993. godine. Osnovne akademske studije završio je na fakultetu tehničkih nauka 2017. god., iz oblasti gradjevinarstvo – konstruktivni smjer. Diplomski rad odbranio je iz predmeta Tehnologija i organizacija građenja. Master akademske studije smjer – konstrukcije upisao je iste godine. Master rad iz oblasti Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija odbranio je 2020. god.