

ANALIZA EFEKATA ENERGETSKI EFIKASNIH MERA NAKON SPROVEDENE REVITALIZACIJE ŠKOLSKOG OBJEKTA**ANALYSIS OF THE EFFECTS OF ENERGY EFFICIENT MEASURES AFTER THE IMPLEMENTED REVITALIZATION OF A SCHOOL BUILDING**Minja Parabucki, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ENERGETSKE TEHNOLOGIJE**

Kratak sadržaj – U radu je izvršena analiza potrošnje toplotne i električne osnovne škole u kojoj su već izvršene mere za povećanje energetske efikasnosti. Poređenje je vršeno za podatke iz perioda pre i nakon rekonstrukcije u nekoliko varijanti proračuna koje su dobijene korišćenjem različitih softvera i korišćenje podataka o realnoj potrošnji objekta, sa dodatno urađenom tehno-ekonomskom analizom.

Ključne reči: Energetska efikasnost, Ušteda energije, Revitalizacija

Abstract – In the paper, an analysis of the heat and electricity consumption of the primary school was carried out, in which measures to increase energy efficiency have already been implemented. The comparison was made for data from the period before and after the reconstruction, in several variants of calculations that were obtained using different software and using real consumption data, with an additional techno-economic analysis.

Keywords: Energy efficiency, Energy saving, Refurbishment

1. UVOD

Kada se govori o energetici, veliki problem predstavlja i energetska efikasnost, posebno u oblasti zgradarstva. Potreba za poboljšanjem energetske efikasnosti u zgradama u Srbiji vidljiva je na brojim primerima. Možda je najbolji pokazatelj energetske efikasnosti potrošnja energije po kvadratnom metru na godišnjem nivou, konstatujemo da se u našim objektima, u poređenju sa objektima iste namene u zemljama zapadne Evrope, potroši tri do četiri puta više energije za zadovoljenje istih potreba [1].

Potrošnja energije u zgradama u Srbiji bila je u stalnom porastu tokom poslednje decenije, tako da zauzima najveći deo u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji energije [2].

U ovom radu će se analizirati ekonomske i ekološke koristi, ali i rizici uvođenja mera energetske efikasnosti koje povećavaju efikasnost sistema za grejanje i smanjenje transmisionih gubitaka toplotne energije kroz zidove na primeru osnovne škole „Miroslav Antić“ u Novom Sadu, gde su već izvršene mere za povećanje energetske efikasnosti.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Branka Gvozdenc Urošević, red. prof.

Osim ove analize, u radu će biti urađen i proračun u kanadskom softveru *RETScreen* za isti objekat i biće analizirane razlike između proračunskih podataka dobijenih u dva različita softvera, ali i koliko se dobijene proračunske vrednosti poklapaju sa podacima o realnoj potrošnji.

Smanjenjem potrošnje energije u školama je veoma važno razmotriti pošto za cilj ima da poveća uštede energije koje dovode i do ekonomskih benefita, a takođe ima za cilj i ekološke koristi. Ovo može da se postigne koristeći različite mere, a u ovom radu implementacijom nekih mera koje podrazumevaju zamenu stolarije i poboljšanje izolacije objekta. Ovo je takođe veoma važan korak ka ispunjenju klimatskih i energetske ciljeva koji su doneti na nivou čitavog sveta.

2. OPIS KARAKTERISTIČNIH PARAMETARA ANALIZIRANOG ŠKOLSKOG OBJEKTA

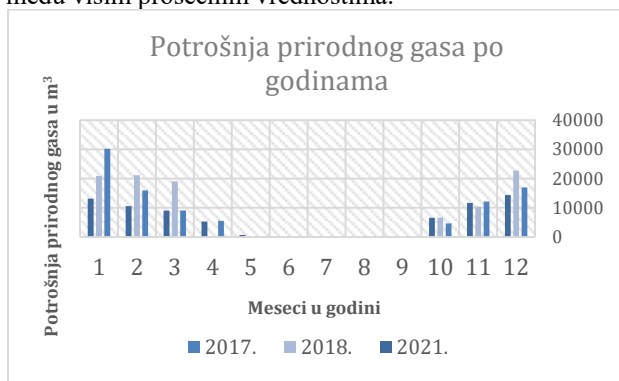
Objekat koji se analizira je zgrada osnovne škole „Miroslav Antić“ u Futogu, koja je izgrađena 1984. godine i nalazi se u ulici Rade Končara 2, u Futogu. Škola ima prizemlje sa jednom etažom, s tim da površina podne konstrukcije iznosi 3.764 m², a neto grejna površina objekta iznosi 5.466 m². Organizovan je u dve lamele međusobno povezane zajedničkim ulaznim holom u centralnom delu. Fiskulturna sala nalazi se u sklopu objekta [3]. Škola poseduje 24 učionice, od čega je 10 predviđeno za razrednu nastavu, a 14 za predmetnu nastavu. U okviru škole postoji i 21 prostorija za pripremnu nastavu, školska biblioteka, kuhinja i trpezarija, prostorija za produženi boravak, nastavnička zbornica, arhiva, čajna kuhinja, prostorija za pomoćno osoblje, sanitarni čvorovi i kotlarnica [4]. U nastavku poglavlja se nalaze podaci o potrošnji prirodnog gasa i električne energije.

2.1. Potrošnja prirodnog gasa u objektu

Ovde će biti prikazana realna potrošnja prirodnog gasa škole pre i nakon sprovođenja mera rekonstrukcije. Ovi podaci se odnose na period od 2014. do 2021. godine, s tim da se uzima da su svi radovi na rekonstrukciji završeni do septembra 2020. godine, tj. uzeće se u obzir da se od grejne sezone 2020/2021. očekuje smanjena potrošnja.

Na slici 1 se nalazi detaljniji prikaz potrošnje prirodnog gasa po mesecima za 2017, 2018. i 2021. godinu. Godina 2017. i 2018. su izabrane kao dve godine sa najvećom potrošnjom, dok je 2021. godina prva godina nakon rekonstrukcije. Ova slika služi kao ilustracija koliko prirodnog gasa se uštedelo nakon uvođenja mera, na osnovu podataka za 2021. godinu, koja je prva godina

nakon rekonstrukcije koja je radila u punom kapacitetu od početka do kraja godine. Može uočiti potrošnja koja je manja od prosečnih vrednosti za ostatak posmatranog perioda, osim za oktobar i novembar, gde se nalazila među višim prosečnim vrednostima.

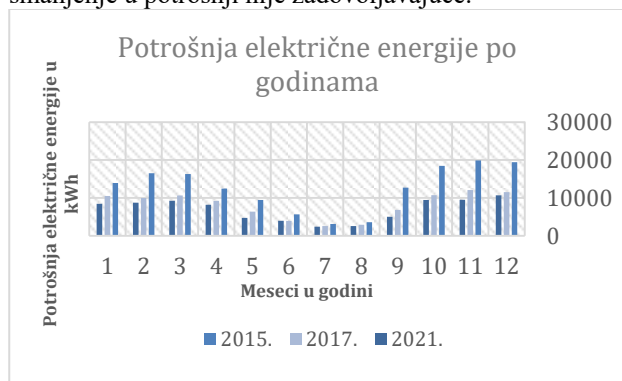


Slika 1. *Potrošnja prirodnog gasa u 2017, 2018. i 2021. godini*

2.2. Potrošnja električne energije u objektu

Kada govorimo o realnoj potrošnji električne energije objekta pre i nakon sprovođenja mera rekonstrukcije, treba napomenuti da se ovi podaci odnose na period od 2014. do 2021. godine, s tim da će se uzeti u obzir izmenjen režim rada škole tokom 2020. godine. Primarni potrošač električne energije u objektu je rasveta, pre svega zbog velike površine objekta, ali se energija troši i na rad računara i televizora koji su prisutni u učionicama.

Na slici 2 se nalazi detaljniji prikaz potrošnje električne energije po mesecima za 2015, kao godinu sa najvećom potrošnjom, 2017. kao godinu nakon sprovođenja mere za povećanje energetske efikasnosti i za 2021. godinu, kao poslednju godinu u posmatranom periodu za koju su nam dostupni podaci. Može se primetiti da pad u potrošnji nakon sprovođenja mera za povećanje energetske efikasnosti sistema za snabdevanje električnom energijom iznosi oko 30%, što predstavlja značajnu brojku, ali i dalje smanjenje u potrošnji nije zadovoljavajuće.



Slika 2. *Potrošnja električne energije u 2015, 2017. i 2021. godini*

3. PODACI O POTROŠNJI DOBIJENI KORIŠĆENJEM SOFTVERSKIH ALATA

Da bismo proverili tačnost podataka dobijenih u softveru za građevinsku fiziku *Ursa* (gde se u ovom slučaju posmatraju podaci o potrošnji finalne toplotne energije) i uporedili podatke koji se dobiju korišćenjem različitih propisa i metoda proračuna, neophodno je da napravimo

dotatnu analizu potrošnje ovog objekta. Za proveru podataka, izabran je softver *RETSscreen*. Pošto su i poznati podaci koji se odnose na realnu potrošnju objekta, tj. podaci dobijeni na osnovu računa, potrebno je da se napravi konačno poređenje svih dostupnih podataka. Korišćeni softveri za proračun su pravljani za različita tržišta, tako da je neophodno da se uporedi da li i koliko zapravo proračunski podaci odstupaju od konkretnog stanja u objektu.

3.1. Proračun podataka u softveru *RETSscreen*

Nakon detaljnog postupka proračuna koji je sproveden u procesu izrade rada, softver *RETSscreen* ima opciju da generiše finalni izveštaj na kome se vide svi željeni podaci, što su u ovom slučaju podaci o potrošnji finalne toplotne energije i prirodnog gasa. U ovom softveru je urađena varijacija podataka za različite projektne temperature i vremenski period trajanja grejanja i odlučeno je da se uzme podatak o potrebnoj finalnoj toplotnoj energiji za unutrašnju projekttnu temperaturu od $t=20^{\circ}\text{C}$ i period grejanja od 12h, pet dana nedeljno, na osnovu koga je izračunata i neophodna potrošnja prirodnog gasa. Ovi podaci će biti prikazani u tabeli 1.

3.2. Prikaz podataka o potrebi toplotne energije na osnovu softvera *Ursa*

Ursa je softver koji je korišćen se za izradu elaborata energetske efikasnosti za slučaj ovog objekta. Elaborat se sastoji iz dva dela – prvog dela gde se nalazi opis zatečenog stanja u objektu i drugog dela gde se nalazi opis i proračun za slučaj sa sprovedenim merama za povećanje energetske efikasnosti. Iz ovog proračuna je značajno naznačiti da je energetska razred pre sprovođenja mera bio D, a nakon sprovođenja mera C, čime se ispunjava uslov propisan Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada. Podaci dobijeni ovim softverom, kao i podaci o dodatnoj potrošnji se takođe nalaze u tabeli 1.

Tabela 1. *Poređenje podataka o potrošnji finalne toplotne energije i prirodnog gasa*

	Potrošnja finalne energije $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{god}}\right]$		Potrošnja prirodnog gasa $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{god}}\right]$	
	Stanje pre uvođenja mera	Stanje nakon uvođenja mera	Stanje pre uvođenja mera	Stanje nakon uvođenja mera
<i>Ursa</i>	461.778,2	299.293,74	75.610	49.005
<i>RETSscreen</i>	747.385,7	667.321,6	96.334	86.014
Realna potrošnja	660.169	534.374	87.891	71.143

4. EMISIJA UGLJEN-DIOKSIDA

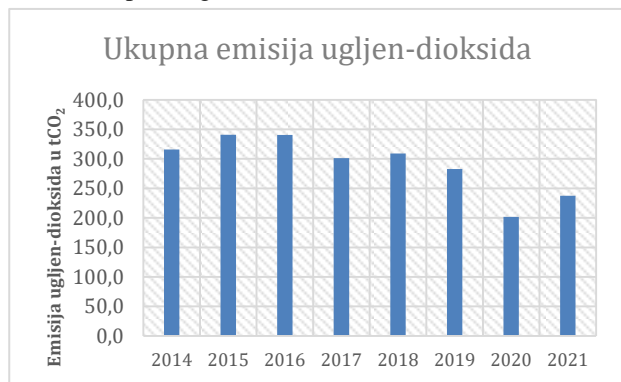
Pored potrošnje energije, za ovaj objekat je potrebno da se izračunaju emisije ugljen-dioksida koja se javlja usled korišćenja toplotne i električne energije. Za slučaj analizirane škole, postoje poznati podaci o potrošnji i za električnu energiju i prirodni gas osnovu realnog stanja sa računa, ali postoje i podaci koji se dobijaju proračunima u gore navedenim softverima, tako da će uzeti u obzir stanje za sva tri slučaja. Takođe će se kod potrošnje prirodnog gasa uzeti u obzir slučaj pre i posle sprovođenja mera za povećanje energetske efikasnosti. Osim već dobijenih podataka, biće urađen proračun prema Uredbi o merenjima emisija zagađujućih materija u vazduh iz stacionarnih izvora zagađivanja.

Prvi način proračuna emisije ugljen-dioksida je dat preko *Pravilnika o faktorima konverzije finalne energiju u primarnu i faktorima emisije ugljen-dioksida*. Prema ovom dokumentu, emisija ugljen-dioksida se računa kao proizvod potrošnje energenta i faktora emisije ugljen-dioksida po jedinici goriva. Pošto je poznato da se ovaj greje na prirodni gas, uzima se faktor emisije za prirodni gas koji iznosi $2,0578 \text{ kgCO}_2/\text{m}^3$ [5].

Drugi način proračuna emisije ugljen-dioksida se odnosi na podatke dobijene pri izradi elaborata energetske efikasnosti korišćenjem softvera *Ursa*. U okviru proračuna ukupne godišnje potrebne energije, *Ursa* daje podatak i o godišnjoj emisiji CO_2 , izraženu u kilogramima. Još jedan izvor o emisiji CO_2 se može dobiti u okviru softvera *RETSscreen*, koji ujedno predstavlja i treći način proračuna emisija. Ovi podaci se odnose na proračun emisije usled potrošnje finalne toplotne energije.

I za slučaj emisije usled korišćenja električne energije, proračun emisije ugljen-dioksida se vrši prema istom Pravilniku. Prema ovom dokumentu, emisija ugljen-dioksida se računa kao proizvod potrošnje električne energije i faktora emisije ugljen-dioksida po jedinici potrošenom kWh. U ovom slučaju, uzima se faktor emisije za električnu energiju koji iznosi $1,099 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ [5].

Emisija CO_2 za realnu potrošnju celog objekta se može prikazati i na slici 3. Na ovoj slici se nalaze sumirane vrednosti emisije ugljen-dioksida i po godini za potrošnju obe energije, i sumirane vrednosti za svaku energiju u celom periodu. Ove vrednosti su dobijene na osnovu realne potrošnje objekta pomnožene sa odgovarajućim faktorima, prema gore navedenom Pravilniku.



Slika 3. Ukupna emisija ugljen-dioksida za posmatrani period

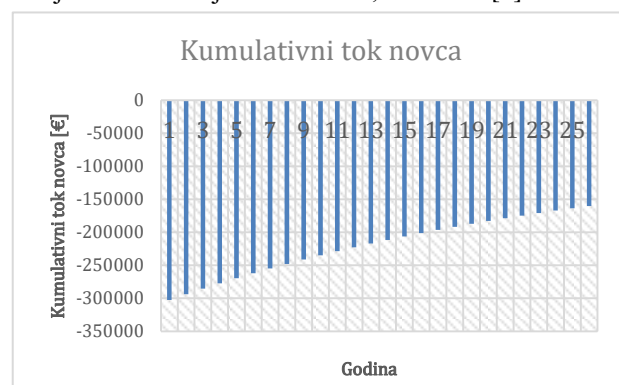
5. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA

Kada razmatramo isplativost cele investicije, neophodno je prikazati ukupan iznos investicije, što za slučaj ovog objekta obuhvata postavljanje termoizolacije na zidove i zamena stolarije. Ove mere su sprovedene i plaćene 2020. godine i osim nabavku kompletnog konstrukcionih materijala obuhvataju ugradnju, transport, montažu i demontažu skele, gletovanje i krečenje.

U prvom analiziranom slučaju, posmatrač se za koliko vremena se investicija isplati, ako se računaju uštede u utrošenom prirodnom gasu, kao energentu koji se upotrebljava za grejanje. Utrošen prirodni gas će biti preračunat u kWh, zbog trenutnog načina definisanja cene prirodnog gasa. Kada se odredi investicija, biće analiziran

neto, diskontovani i kumulativni tok novca, internu stopu prinosa (IRR) i neto sadašnju vrednost (NPV) za svaki analizirani slučaj.

Kada se posmatraju svi slučajevi koji su analizirani (potrošnje na osnovu softvera *Ursa*, softvera *RETSscreen* i realne potrošnje, za prirodni gas), dobija se da ovaj projekat nije ekonomski isplativ sa trenutnim iznosom investicije, ali i sa trenutnom cenom prirodnog gasa, koja je subvencionisana na teritoriji Republike Srbije. Ako se posmatra kumulativni tok novca (slika 4), koji predstavlja zbir kumulativnog primanja od prethodne godine i neto primanja tekuće godine, može se primetiti da, iako linearni rast postoji, investicija ne prelazi u pozitivnu vrednost. Na slici 4 je prikazan kumulativni tok novca za realnu potrošnju. Za slučaj proračuna preko softvera *Ursa* i *RETSscreen* se dobija veoma sličan model, a jedina razlika je za slučaj ako se posmatra ista realna potrošnja, ali se razmatra cena prirodnog gasa koja odgovara ceni u toku zime 2022/2023. godine na prostoru Evropske unije, koja je otprilike tri puta veća od trenutne cene u Republici Srbiji i u tom slučaju iznosi oko 0,11 €/kWh [6].



Slika 4. Kumulativni tok novca za slučaj realne potrošnje

5.1. Mogućnost sprovođenja dodatnih mera za povećanje energetske efikasnosti objekta

Naravno, da bismo smanjili period povrata investicije, mogu se razmotriti još neke opcije za povećanje energetske efikasnosti objekta, gde ovde posmatramo i efikasnost u zgradarstvu, odnosno smanjenje potrošnje finalne toplotne energije i energetske efikasnost električnih sistema. Ove mere utiču na povećanje energetske efikasnosti objekta, koja sa sobom nosi i uštedu u potrošnji energenta, a samim tim i uštedu novca, odnosno veću isplativost, koja za ovaj slučaj predstavlja problem.

Prva stvar koja nam pada na pamet je implementacija obnovljivih izvora energije, konkretno solarne energije. Ako se razmatra pozicija zgrade i njena šira okolina, može se primetiti da se u njoj blizini nalaze većinski porodične kuće koje ne bi stvarale efekat senčenja, a sama zgrada je većinski orijentisana prema jugu. Takođe, krov škole ima veliku površinu i nalazi se pod malim nagibom, i predstavlja idealnu površinu za postavku solarnih panela. Implementacijom novog zakona o korišćenju obnovljivih izvora energije [9], definiše se i mogućnost konstantnog povezivanja na elektrodistributivnu mrežu, čime se obezbeđuje stabilnost u snabdevanju, koja je od velike važnosti za ovaj tip objekta. Primenom ove mere bi se dodatno smanjile emisije CO_2 .

Još neke mere koje bi smanjile potrošnju energenta u većoj meri su i zamena ili bar sanacija postojećeg kotla u objektu, koji je ugrađen u periodu izgradnje škole (1984. godine) i još uvek funkcioniše. Kotao ima nisku efikasnost konverzije energije (73%) i generalno je dotrajao, tako da bi ove sprovedene mere doprinele dodatnim uštedama ako bi se sproveo i ovakav projekat.

Takođe, način za smanjenje potrošnje energije je putem implementacije sistema za automatizaciju koji bi mogao da kontroliše grejanja, kada govorimo o poboljšanju efikasnosti u zgradarstvu ili pametan sistem osvetljenja, koji bi doprineo manjoj ukupnoj potrošnji električne energije. Ovi sistemi funkcionišu na principu korišćenja senzora ili alata za nadzor i time optimizuje korišćenje energije. Ako bi se uvodila automatizacija u zgradarstvu, mogla bi i da se uvede podela na zone objekta, koja u ovom momentu nažalost nije implementirana.

Još jedna opcija koja može da ima i dodatne neekonomske prednosti je i postizanje dodatnih uštede energije je putem povećanja svesti o energetske efikasnosti i uštedi energije, koja bi mogla da se postigne edukacijom i obukom osoblja škole, ali i učenika.

Naravno treba napomenuti da poslednje dve mere, kao i uvođenje dodatnog sistema za solarnu energiju iziskuju značajnu investiciju i bilo bi potrebno uraditi detaljnu finansijsku analizu isplativosti pre uvođenja ovih mera.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je analiziran slučaj primene mera za povećanje energetske efikasnosti školskog objekta u opštini Novi Sad i dobijen je podatak da se uvođenjem navedenih mera i potrošnja toplotne energije i prirodnog gasa postoji smanjenje u sva tri analizirana slučaja (realna potrošnja, *Ursa*, *RETSscreen*), ali sa različitim varijacijama. Međutim, u većini analiziranih varijanti projekat nije ekonomski isplativ. Ako se razmatra slučaj kada cena prirodnog gasa nije subvencionisana, odnosno ima vrednosti približno državama Evropske unije, gde je cena u proseku tri puta veća od trenutne u Republici Srbiji, projekat postaje isplativ.

Treba uzeti u obzir i da postoje brojne neekonomske koristi koje se dobijaju implementacijom ovih mera za povećanje energetske efikasnosti. Najznačajnija od njih je ekološke prirode i odnosi se na smanjenje emisije ugljen-dioksida. Pre uvođenja mera, godišnja emisija ugljen-dioksida je iznosila oko 300 tona CO₂ u proseku, dok se nakon uvođenja mera, ta vrednost smanjila na oko 220 tona, što tokom perioda od 25 godina iznosi oko 1850 tona. Ovakvim smanjenjem se značajno doprinosi zaštiti životne sredine i poboljšanju kvaliteta života stanovništva.

Još jedna značajna neekonomska korist jeste i smanjenje potrošnje neobnovljivih resursa, koji, iako imaju brojne nedostatke, još uvek predstavljaju osnovni izvor snabdevanja energijom u svetu, zbog čega je bitno produžiti njihove rezerve što je duže moguće. Povećem mera energetske efikasnosti ovog objekta se na godišnjem nivou šteti oko 20.000 m³ prirodnog gasa, odnosno blizu 600.000 kubnih metara u analiziranom periodu od 25 godina. Iako sprovedenje mera za povećanje efikasnosti jednog objekta ne doprinosi previše poboljšanju energetske bilansa države, ako bi broj renoviranih objekata porastao, ove brojke ne bi predstavljale toliki problem.

7. LITERATURA

- [1] Republika Crna Gora, Nemačko društvo za međunarodnu saradnju (GIZ), Priručnik za sprovođenje energetske pregleda zgrada, Vujadinović Kulinović M., Gligorić B., Podgorica, 2013.
- [2] Republika Srbija, Ministarstvo građevine, saobraćaja i infrastrukture, Ministarstvo rudarstva i energetike, Nemačko društvo za međunarodnu saradnju (GIZ), Priručnik za energetske sertifikacije zgrada (esz) – vodič za investitore, izvođače i projektante, Todorović M., Rajčić A., Beograd, 2017.
- [3] Elaborat energetske efikasnosti Osnovne škole Miroslav Antić, ul. Rade Končara br.2, Futog, Ostojić M., MOD arhitekt, Novi Sad, 2017.
- [4] <http://osmiroslavantic.edu.rs/> (pristupljeno u novembru 2022.)
- [5] Pravilnik o faktorima konverzije finalne energije u primarnu i faktorima emisije ugljen-dioksida, Službeni glasnik RS, br. 111/2021.
- [6] <https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas/> (pristupljeno u aprilu 2023.)

Kratka biografija:



Minja Parabucki rođena je u Novom Sadu 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Čistih energetske tehnologije odbranila je 2023. godine. kontakt: minja.parabucki@gmail.com