Energetska sanacija objekta Osnovne škole “Dobrila Stambolić” u Svrlijigu

JASMINA M. RADOSAVLJEVIĆ, Univerzitet u Nišu,

Fakultet zaštite na radu, Niš

SNEŽANA M. ŽIVANOVIĆ, Tehnička škola Niš,

ANA V. VUKADINOVIĆ, Univerzitet u Nišu,

Fakultet zaštite na radu, Niš

AMELIJA V. ĐORĐEVIĆ, Univerzitet u Nišu,

Fakultet zaštite na radu, Niš

NEMANJA P. PETROVIĆ, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš

Stručni rad

UDC: 502/504:620.9]:373.3

DOI: 10.5937/tehnika1703331R

Energetska efikasnost postala je obavezni i sastavni deo projekata donošenjem Zakona i Pravilnika o energetske efikasnosti 2011 godine. U radu je prikazana energetska sanacija objekta Osnovne škole “Dobrila Stambolić” u Svrlijigu. Energetska sanacija ovog objekta, pored zamene krovnog pokrivača i krovne konstrukcije obuhvatila je postavljanje termoizolacije na svim fasadnim zidovima objekta, zamenu fasadne stolarije i zamenu kotla za grejanje. Energetskom sanacijom objekat je iz energetskog razreda F prešao u energetski razred D čime je postignuto poboljšanje za dva razreda.

Cljučne reči: energetska efikasnost, energetska sanacija, osnovna škola

1. UVOD

Sektor zgradarstva ima ogroman potencijal za uštedu energije i jedan je od najvažnijih u oblasti unapređenja energetske efikasnosti u Srbiji. Prosečna potrošnja finalne energije u stambenim zgradama EU u toplotne svrhe iznosi 138 kWh/m². U Danskoj u zgradama priključenim na daljinske sisteme grejanja specifična potrošnja toplote za grejanje iznosi 96 kWh/m², a u objektima koji koriste lož-ulje ili gas 131 kWh/m², odnosno 106 kWh/m². [1] U zgradama građenim po novim propisima u Poljskoj, zemlji sa oštrijom klimom nego što je naša, specifična potrošnja energije iznosi 90 – 120 kWh/m². U Švedskoj sa hladnijom i dužom grejnom sezonskom potrošnjom iznosi 120 kWh/m², a u najnovijim zgradama sa najnižim zahtevima za energijom ne prelazi 60–80 kWh/m² [1].

U Republici Srbiji 26% ukupne površine zgrada se zagreva iz sistema daljinskih grejanja i lokalnih kotlarnica sa centralnim grejanjem, 14% iz elektro-energetskog sistema, 10% iz sistema prirodnog gasa i 50% ukupnih površina koristi čvrsta goriva u lokalnim pećima (ugalj, ogrevno drvo, biomasa iz poljoprivrede,

otpad i dr.). Srednja godišnja specifična potrošnja energije, u Srbiji iznosi: za stambene zgrade 171 kWh/m², za nestambene zgrade 194 kWh/m², za pripremu tople vode u stambenim zgradama 55 kWh/m² a u nestambenim zgradama 12 kWh/m². To daje srednju specifičnu potrošnju toplote za grejanje i pripremu tople vode u stambenim i nestambenim zgradama od 228 kWh/m² [1].

Činjenica da je prosečna potrošnja energije u zgradama u Srbiji preko 150 kWh/m² godišnje a u razvijenim zemljama ispod 50 kWh/m² primorava Srbiju da intenzivira aktivnosti na postizanju standarda koji važe u zemljama EU [2]. U tom smislu Zakon o planiranju i izgradnji propisuje da zgrada koja za svoje funkcionisanje podrazumeva utrošak energije, mora biti projektovana, izgrađena, korišćena i održavana na način kojim se obezbeđuju propisana energetska svojstva zgrada. Propisana energetska svojstva utvrđuju se izdavanjem energetskog sertifikata [3]. Uslovi, sadržina i način izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada propisani su Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada [4].

U cilju povećanja energetske efikasnosti kao mere smanjenja emisije štetnih gasova koji stvaraju efekat staklene bašte, EU promoviše primenu novih, savremenih tehnologija i čini stalne napore za očuvanje životne sredine. Evropska unija je usvojila svoj akcioni

Adresa autora: Jasmina Radosavljević, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš, Čornojevića 10a
e-mail: radosavljevic_jasmina@yahoo.com

Rad primljen: 15.05.2017.

Rad prihvaćen: 06.06.2017.

plan do 2020. godine nazvan 3 x 20%, što znači smanjenje potrošnje energije za 20%, povećanje korišćenja obnovljivih izvora za 20% i smanjenje emisije CO₂ i ostalih gasova sa efektom staklene bašte za 20%. Već sada se rade planovi za 2030. godinu, koji su ambiciozniji i razlikuju se od zemlje do zemlje.

U radu je prikazano postojeće stanje zgrade Osnovne škole "Dobrila Stambolić" u Svrlljigu i stanje nakon izvršene energetske sanacije. Na osnovu detaljnog energetskog pregleda zgrade osnovne škole, u cilju utvrđivanja energetskih karakteristika zgrade, izvršena je analiza mogućnosti poboljšanja energetske efikasnosti zgrade. Energetska sanacija obuhvatila je zamenu postojeće stolarije i bravarije, demontažu i zamenu kompletnog krovnog pokrivača i krovne konstrukcije, izradu plafonske konstrukcije podruma, izradu demit fasade i zamenu postojećih livenih kotlova odgovarajućim kotlovima čelične konstrukcije, koje je moguće nadograditi kako bi se od čvrstog goriva prešlo na pelet [5].

2. TOPLOTNA SVOJSTVA OBJEKTA OSNOVNE ŠKOLE "DOBRILA STAMBOLIĆ" PRE ENERGETSKE SANACIJE

Postojeći objekat Osnovne škole "Dobrila Stambolić" lociran je u Svrlljigu, spratnosti je Po+P+1. Površina zgrada osnovne škole je 4595.00 m². Školska zgrada je građena etapno. Prva etapa obuhvata period od 1962. god. do 1967. god. kada je izgrađen deo prema ulici, a 1982. god. sagrađen je deo prema hali. Na slici 1. prikazan je situacioni plan Osnovne škole "Dobrila Stambolić".

Slika 1 - Situacioni plan Osnovne škole "Dobrila Stambolić"

Objekat je građen u zidanom sistemu sa armirano betonskim međuspratnim konstrukcijama. Iznad svih konstruktivnih zidova, a u visini međuspratnih konstrukcija postoje armirano betonski serklaži, iznad prozora armirano-betonski nadprozornici, a iznad otvora i vrata armirano betonski nosači.

Krovnna konstrukcija je drvena, a krovni pokrivač azbest. Manji deo „ravnog“ krova se sastoji od AB ploče, parne brane, d=0.05 m tervola, PVC folije, košuljice za pad, betonskih ploča i naknadno izrađene dopunske hidroizolacije, koja je u solidnom stanju. Postoje oštećene-polomljene zenitalne „klirit-kupole“ koje treba zameniti. Postojeći tavan ispod kosog krova sastoji se od AB ploče, parne brane, d=0.05 m tervola, PVC folije i košuljice, takođe ne zadovoljava zahteve EE, pa je potrebno dodati adekvatnu termoizolaciju.

Fasadna obrada objekta je fasadni malter i zidovi nemaju termo-izolaciju. Izrađeni su od obostrano malterisane opeke, d = 0.32-0.38 m. Kako bi se izbegli ogromni finansijski troškovi i ugrozilo odvijanje nastave u dužem vremenskom periodu konstrukcija postojećeg poda se nije menjala mada ne zadovoljava kriterijume EE.

Postojeća spoljašnja stolarija je u lošem stanju i karakterišu je veliki toplotni gubici. Konstrukcija prozora je od drveta, sa spojenim dvostrukim krilima i klasičnim termopan-staklom. Prozori su ne samo energetski neefikasni već se nalaze u lošem stanju. Sa istočne strane, pre nekoliko godina su zamenjeni prozori-aluminijumskim, sa klasičnim termopan-staklom. Spoljna vrata su izrađena od crne bravarije sa jednostrukim staklima, bez evakuacionih i energetskih propisanih karakteristika.

Postojeći objekat materijalizacijom i obradom ne zadovoljava savremene potrebe i neophodno je izvršiti njegovu energetska sanaciju.

Školski objekat "Dobrila Stambolić" i objekat srednje škole grejali su se pomoću tri livena kotla. Zbog dotrajalosti ovih kotlova potrebno ih je zameniti.

U tabeli 1. dati su građevinski elementi koji se nalaze u sklopu termičkog omotača objekta Osnovne škole "Dobrila Stambolić", njihove ostvarene i Pravilnikom o energetske efikasnosti propisane vrednosti koeficijenta prolaza toplote. Postojeći građevinski elementi ne zadovoljavaju propisane maksimalne vrednosti. S obzirom na period izgradnje objekta (1962 god. i 1982. god.) tada je primenjivan propis o toplotnoj zaštiti zgrada, Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za toplotnu zaštitu zgrada ("Službeni list", 35/70) koji je donet 1970. god. Prema procenama veliki broj postojećih zgrada izgrađenih posle 1970. godine, dakle nakon donošenja propisa u vezi toplotne zaštite zgrada, ne ispunjava propisane zahteve u odnosu na toplotnu zaštitu prema tadašnjim propisima. Donošenje standarda s obaveznom primenom, tadašnje oznake JUS U.J5.510 – Metode proračuna koeficijenata prolaza toplote u zgradama 1980. Predstavljalo je napredak na području smanjenja toplotnih gubitaka u zgradama. Ovaj standard je inoviran 1987. godine. [6].

Tabela 1. Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za građevinske elemente u sklopu termičkog omotača objekta Osnovne škole "Dobrila Stambolić" pre sanacije

Građevinski element	Ostvareni koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Koeficijent prolaza toplote, propisana vrednost Pravilnikom o energetskej efikasnosti [5] U_{max} [W/(m ² K)]	
Fasadni zid FZ1:	1.203	0.40	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava
Fasadni zid FZ2:	2.237	0.40	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava
Fasadni zid FZ3:	1.435	0.40	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava
Ravan krov iznad grejanog prostora	0.491	0.2	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava
Tavan -ravan krov iznad grejanog prostora	0.478	0.2	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava
Prozori i balkonska vrata	3.30	1.50	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava
Kupole-stakleni krov vrata	3.30	1.50	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava
Spoljna metalna vrata	5.50	1.60	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava
Pod na tlu P1:	2.639	0.40	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava
Pod na tlu P2:	1,761	0.40	$U > U_{max}$ Sklop NE zadovoljava

Izračunate vrednosti koeficijenta prolaza toplote U pojedinih konstrukcija termičkog omotača zgrade moraju biti manje (ili jednake) od najvećih dozvoljenih vrednosti koeficijenta prolaza toplote U_{max} iz tabele 3.4.1.3. Pravilnika o energetskej efikasnosti zgrada ($U < U_{max}$ (W/m²K)). Vrednosti koeficijenta prolaza toplote fasadnog zida i ravnog krova iznad grejanog prostora, za dati objekat, proračunate su saglasno standardu SRPS EN ISO 6946.

Za građevinske elemente tipa prozora, balkonska vrata, koeficijent prolaza toplote izračunat je u skladu sa standardom SRPS EN ISO 10077-1 i SRPS EN ISO 10077-2. Za podove, vrednost koeficijenta prolaza toplote izračunata je u skladu sa standardom SRPS EN ISO 13370 [7].

3. TOPLOTNA SVOJSTVA OBJEKTA OSNOVNE ŠKOLE "DOBRILA STAMBOLIĆ" POSLE ENERGETSKE SANACIJE

Arhitektonsko-građevinskim merama potrebno je sprečiti prekomeran prolaz toplote kroz fasadne i pregradne konstrukcije zgrade u toku zime i omogućiti akumuliranje toplote u zgradi. Na ovaj način moguće je uštedeti energiju potrebnu za grejanje zgrada u toku

zime i sprečiti pregrevanje prostorija zgrade u toku leta [8].

Radi postizanja višeg energetskog razreda kako bi se smanjila potrošnja energije, povećanja komfora i približavanja evropskim standardima za školske objekte, bilo je neophodno izvršiti energetske sanaciju objekta Osnovne škole "Dobrila Stambolić" u Svriljgu.

Osnovno pokrivanje krova, umesto skinutog od azbestnog salonita, urađeno je od plastificiranog samouklapajućeg čeličnog lima. Lim je postavljen na podužne i poprečne štafne (5/5 cm) i daščanu oplatu $d = 0.24$ m (sa postavljanjem krovne paropropusne-vodonepropusne folije tipa "Tyvek"), na postojeću osnovnu krovnu konstrukciju, sa svim potrebnim fasonskim elementima za opšivanje (opšivanje slemena i grbina, opšivanje uvala, opšivanje streha-konekcija sa olukom, opšivanje kosih zaršetaka krova/vetar-lajсни, opšivi dimnjaka i ventilacija, opšivanje krovni de-nivelcija, opšivanje krovni kapaka i instalacija na krovu).

Pokrivanje manjeg dela „ravnog“ (popločanog) krova urađeno je tako što su prvo uklonjeni svi nestabilni i oštećeni postojeći slojevi. Na postojeće slivne (popločane ravni) postavljene su anker-ploče od

laminiranog („lepljivog“) lima za vezu sa hidroizolacionom membranom. Postavljena je „Parna brana“, geo-tekstil, tvrdo presovana kamena vuna $d = 0.20$ m (120 kg/m^3) i hidroizolaciona membrana („sikaplan 18G“) koja je ukrojena oko svih ispada instalacija na krovu. Kako bi se nesmetano intervenisalo u tehničkim prostorijama krova, preko hidrizolacione membrane je postavljena staza za hodanje (tipa „sika-wakway“).

Obrada tavana (iznad završne ploče) izvršena je postavljanjem kamene vune na tavansku ploču $d = 0.20$ m (min. 120 kg/m^3) sa parnom branom ispod i paropropusnom-vodonepropusnom folijom iznad. Finalno su na sve slojeve postavljene OSB ploče $d = 0.18$ m. Izvršena je obrada fasadnog zida sa termoizolacijom od kamene vune $d = 0.20$ m (min. 90 kg/m^3), potrebnim ankerima, mrežicom, lepkom i fasonskim elementima (ugaonici sa mrežicom), na prelomima, okvirima prozora, kao i elementima-okapnicama na erkerima. Na izvedenu termoizolaciju je postavljena mrežica, lepak-podloga i finalni sloj od silikatno-silikonske obrade (maltera). Obrada „špaletne-okvira“ prozora koji se zadržavaju sa istočne strane izvršena je termooizolacijom $d = 0.03$ m. Konstrukcija postavljenih prozora je od šestokomornih PVC profila otpornih na UV zračenje, prskanje, uvijanje i druge deformacije, sa umetnutim pocinkovanim profilima i najmanje tri zaptivne EPDM gumene trake po obimu ramova i krila. Prirodno strujanje vazduha je obezbeđeno pri potpuno zatvorenim krilima preko dva vazдушna kanala na

prozoru tipa „Regel Air“ (regulišući mehanizam omogućava minimalnu ventilaciju prostorije i sprečava kondenzaciju i pojavu vlage u prostoriji). Zastakljivanje je izvršeno termopan paketom, hermetički zatvorenim i ispunjenim argonom u međuprostoru, $d = 4+16+4$ mm sa niskoemisionim unutrašnjim staklom. Nakon ugradnje prozora izvršeno je zaptivanje prostora između rama i zida odgovarajućim sredstvima za zaptivanje i postavljanjem odgovarajuće pokrivne lajsne. Spoljna ulazna vrata su aluminijumske plastificirane konstrukcije sa termičkim prekidom. Staklena ispuna vrata je termopan paket od „panpleks“ stakla ($2 \times 3 + 3 = 6$ mm), unutrašnje staklo „niskoemisioni panpleks“ (staklopaket ispunjen argonom). Obimni zidovi podruma i pod nisu tretirani u sklopu termičkog omotača obzirom da se u njemu nalazi kotlarnica, skladište ogreva i još nekoliko tehničkih prostorija. Plafon podruma je tretiran sa $d = 0.10$ m kamene vune (90 kg/m^3), ispod koje je postavljena parna brana i kao noseća konstrukcija od gips cementnih ploča na podkonstrukciju koja je ušrafljena na plafon.

Konstrukcija postojećeg poda prizemlja se nije menjala mada ne zadovoljava kriterijume EE, zbog velikih finansijskih troškova i nemogućnosti odvijanja nastave u dužem vremenskom periodu. Postojeća konstrukcija je obuhvaćena proračunima i očekivano, umanjuje razred, međutim ukupan bilans omotača, ispunjava kriterijum o znatnom povišenju energetskog razreda.

Tabela 2. Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za gredevinske elemente u sklopu termičkog omotača objekta Osnovne škole „Dobrila Stambolić“ posle energetske sanacije [5]

Građevinski element	Ostvareni koeficijent prolaza toplote U [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	Koeficijent prolaza toplote, propisana vrednost Pravilnikom o energetskej efikasnosti U_{max} [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	
Fasadni zid FZ1:	0.270	0.40	$U < U_{\text{max}}$ Sklop zadovoljava
Fasadni zid FZ2:	0.301	0.40	$U < U_{\text{max}}$ Sklop zadovoljava
Fasadni zid FZ3:	0.280	0.40	$U < U_{\text{max}}$ Sklop zadovoljava
Ravan krov iznad grejanog prostora	0.186	0.2	$U < U_{\text{max}}$ Sklop zadovoljava
Tavan - ravan krov iznad grejanog prostora:	0.199	0.2	$U < U_{\text{max}}$ Sklop zadovoljava
Prozori i balkonska vrata	1.30	1.50	$U < U_{\text{max}}$ Sklop zadovoljava
Kupole-stakleni krov vrata	3.30	1.50	$U > U_{\text{max}}$ Sklop NE zadovoljava
Spoljna vrata	1.40	1.60	$U < U_{\text{max}}$ Sklop zadovoljava
Pod na tlu P1:	2.639	0.40	$U > U_{\text{max}}$ Sklop NE zadovoljava
Pod na tlu P2:	0.288	0.40	$U < U_{\text{max}}$ Sklop zadovoljava

Postojeća tri livena kotla zamenjena su sa kombinovanim toplovođenim kotlovima na čvrsto gorivo STAR 550, snage 550kW, koji su namenjeni sagoravanju čvrstog goriva (ugalj, drva,) peleta, tečnog i gasovitog goriva.

U tabeli 2. dati su građevinski elementi koji se nalaze u sklopu termičkog omotača objekta Osnovne škole “Dobrila Stambolić” posle njegove energetske sanacije, njihove ostvarene i Pravilnikom o energetske efikasnosti propisane vrednosti koeficijenta prolaza toplote. Postojeći građevinski elementi zadovoljavaju propisane maksimalne za U_{max} [W/(m²K)]

Slika 2 - Izgled fasade objekta osnovne škole “Dobrila Stambolić” pre energetske sanacije

Slika 3 - Izrada demit fasade na istočnoj fasadi objekta osnovne škole “Dobrila Stambolić”

Na slici 2 i 3 prikazan je izgled fasade objekta Osnovne škole “Dobrila Stambolić” pre i u toku energetske sanacije.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Energetski razred zgrade određuje se na osnovu podatka o potrošnji energije za grejanje na godišnjem nivou, proračunate u skladu sa propisom kojim se uređuju energetska svojstva zgrada. Na osnovu toga postojeće zgrade namenjene obrazovanju i kulturi se svrstavaju u energetske razrede, od A+ ($Q_{H,nd} \leq 12$ kWh/m²a), do G sa najvećom potrošnjom energije ($Q_{H,nd} > 188$ kWh/m²a).

Tabela 3. Mesečni energetske bilans objekta Osnovne škole “Dobrila Stambolić” u Svrsljigu pre njegove energetske sanacije [5]

Mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Spoljna temperatura	1.0	3.1	7.4	12.6	17.7	20.7	22.4	21.9	17.8	12.8	7.3	2.7
HDD = 2613.40 (Broj stepen dana grejanja)	588.692	472.942	390.300	123.077	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	121.611	380.721	536.057
HD = 179 (broj dana grejanja)	31	28	31	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14	30	31
$Q_t = 502.22$ [MWh/a] (Ukupni godišnji transmisijoni gubici)	113.13	90.08	75.00	23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.37	73.16	103.01
$Q_v = 201.53$ [MWh/a] (Ukupni godišnji ventilacioni gubici)	45.40	36.47	30.10	9.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.38	29.36	41.34
$Q_t + Q_v = 703.75$ [MWh/a]	158.53	127.36	105.10	33.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.75	102.52	144.35
$Q_{sol} = 107.02$ [MWh/a] (Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja)	12.80	18.42	26.63	15.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.22	13.43	10.24
$Q_p = 16.72$ [MWh/a] (Godišnja količina energije koja potiče od prisustva ljudi)	2.90	2.62	2.90	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.31	2.80	2.90
$Q_{el} = 16.36$ [MWh/a] (Godišnja količina energije koja potiče od rada električnih uređaja)	2.83	2.56	2.83	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	2.74	2.38
$Q_{sol} + Q_p + Q_{el} = Q_{gn} = 140.10$ [MWh/a] (Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka od Sunčevog zračenja i unutrašnjih dobitaka toplote)	18.53	23.60	32.36	17.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.81	18.98	15.97
$Q_{H,an} = (Q_t + Q_v) - Q_{gn} = 563.65$ [MWh/a] (Godišnja potrebna energija za grejanje zgrade)	139.99	103.76	72.74	15.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.94	83.55	128.38
$Q_{H,an} = 168.99$ [kWh/m ² a] – Specifična godišnja potrebna energija za grejanje												

Trenutno je kod nas propisano da nove zgrade moraju biti najmanje C razred, dok svi oni objekti na kojima se vrši rekonstrukcija, kao što je slučaj sa objektom Osnovne škole “Dobrića Stambolić”, moraju biti poboljšani najmanje za jedan razred.

Ukupna površina grejanog prostora je $A_g = 3335.49 \text{ m}^2$. Ukupna zapremina grejanog/ventilisanog prostora je $V_g = 11019 \text{ m}^3$. U tabeli 3. dat je mesečni energetski bilans objekta Osnovne škole “Dobrića

Stambolić” u Svrlijgu pre njegove energetske sanacije. Pre sanacije objekta osnovne škole “Dobrića Stambolić” specifična godišnja potrebna energija za grejanje zgrade bila je $Q_{H,an} = 168.99 [\text{kWh/m}^2\text{a}]$, što odgovara energetskom razredu F. Godišnja emisija $\text{CO}_2 = 27384.03 [\text{kg/a}]$.

U tabeli 4. dat je mesečni energetski bilans objekta osnovne škole “Dobrića Stambolić” u Svrlijgu posle njegove energetske sanacije.

Tabela 4. Mesečni energetski bilans objekta osnovne škole “Dobrića Stambolić” u Svrlijgu posle njegove energetske sanacije [5]

Mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Spoljna temperatura	1.0	3.1	7.4	12.6	17.7	20.7	22.4	21.9	17.8	12.8	7.3	2.7
HDD = 2613.40 (Broj stepen dana grejanja)	588.692	472.942	390.300	123.077	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	121.611	380.721	536.057
HD = 179 (broj dana grejanja)	31	28	31	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14	30	31
$Q_t = 272.72 [\text{MWh/a}]$ (Ukupni godišnji transmisijni gubici)	61.43	49.35	40.73	12.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.69	39.73	55.94
$Q_v = 111.96 [\text{MWh/a}]$ (Ukupni godišnji ventilacioni gubici)	25.22	20.26	16.72	5.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.21	16.31	22.97
$Q_t + Q_v = 384.68 [\text{MWh/a}]$	86.65	69.62	57.45	18.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.90	56.04	78.91
$Q_{sol} = 58.27 [\text{MWh/a}]$ (Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja)	6.79	10.19	14.70	8.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.52	7.17	5.40
$Q_p = 16.72 [\text{MWh/a}]$ (Godišnja količina energije koja potiče od prisustva ljudi)	2.90	2.62	2.90	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.31	2.80	2.90
$Q_{el} = 16.36 [\text{MWh/a}]$ (Godišnja količina energije koja potiče od rada električnih uređaja)	2.83	2.56	2.83	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	2.74	2.83
$Q_{sol} + Q_p + Q_{el} = Q_{gn} = 91.34 [\text{MWh/a}]$ (Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka od Sunčevog zračenja i unutrašnjih dobitaka toplote)	12.52	15.37	20.43	11.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.11	12.68	11.13
$Q_{H,an} = (Q_t + Q_v) - Q_{gn} = 293.34 [\text{MWh/a}]$ (Godišnja potrebna energija za grejanje zgrade)	74.13	54.25	37.03	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.79	43.36	67.78
$Q_{H,an} = 87.94 [\text{kWh/m}^2\text{a}]$ – Specifična godišnja potrebna energija za grejanje												

Posle sanacije objekta osnovne škole “Dobrića Stambolić”, izvršen je proračun količine toplote koju grejnim sistemom treba dovesti u zgradu tokom godine da bi se obezbedilo održavanje unutrašnjih projektnih temperatura. Specifična godišnja potrebna toplota za

grejanje zgrade osnovne škole je posle energetske sanacije $Q_{H,an} = 87.94 [\text{kWh/m}^2\text{a}]$, što odgovara energetskom razredu D. Ukupna godišnja emisija CO_2 za objekat osnovne škole posle energetske sanacije iznosi $\text{CO}_2 = 12400.72 [\text{kg/a}]$.

Na slici 4. prikazani su transmisivni toplotni gubici objekta pre i posle energetske sanacije u periodu oktobar-april.

Slika 4 - Transmisivni gubici pre i posle energetske sanacije

Na slici 5. prikazani su ventilacioni toplotni gubici objekta pre i posle energetske sanacije u periodu oktobar-april.

Slika 5 - Ventilacioni gubici pre i posle energetske sanacije

Na slici 6. prikazana je potrebna energija za grejanje objekta pre i posle energetske sanacije u periodu oktobar-april.

Slika 6 - Godišnja potrebna energija za grejanje objekta pre i posle energetske sanacije

Na slici 7. prikazani su ukupni transmisivni gubici, ventilacioni gubici i godišnja potrebna energija za grejanje objekta pre i posle energetske sanacije.

Slika 7 - Transmisivni gubici, ventilacioni gubici i godišnja potrebna energija za grejanje objekta pre i posle energetske sanacije

Posle sanacije transmisivni gubici su smanjeni za 45.69%, ventilacioni gubici smanjeni su za 44.45% a ukupna godišnja potrebna energija za grejanje objekta smanjena je za 47.96%.

5. ZAKLJUČAK

Energetska efikasnost u zgradarstvu podrazumeva efikasno korišćenje energije uz primenu optimalnih mera čiji je cilj: smanjenje potrošnje energije, ugodniji i kvalitetniji boravak u zgradi, smanjenje troškova održavanja i produženje životnog veka zgrada kao i doprinos zaštiti životne sredine. Primenjene mere energetske sanacije kod objekta Osnovne škole "Dobrila Stambolić" u Svriljgu obuhvatile su termičku zaštitu fasadnih zidova, tavanke ploče, ravnog krova i zamenu fasadne stolarije. Energetskom sanacijom objekta ukupna potrebna energija za njegovo grejanje smanjena je za 47.96%. a emisija CO₂ za 54.71%. Primenom mera energetske sanacije objekta osnovne škole "Dobrila Stambolić" postigli su se zadovoljavajući efekti u energetskom pogledu obzirom da je ostvareno poboljšanje za dva energetska razreda.

LITERATURA

- [1] Živković Z. et al. *Predlog mera za finansiranje energetske efikasnosti u zgradarstvu u Srbiji*, Građevinska knjiga, Beograd, 2011.
- [2] Šumarac D. M, Energetska efikasnost zgrada u Srbiji - stanje i perspective, *Termotehnika*, XXXVI, 1, pp.11-29, 2000.
- [3] Zakon o planiranju i izgradnji, "Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr, 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 -

- odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014 i 145/2014.
- [4] Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011.
- [5] Živanović S, Elaborat o energetske efikasnosti objekta osnovne škole "Dobrića "Stambolić", Niš, 2016.
- [6] Marđetko-Škoro N, Fučić L, Bertol-Vrček J, Tehnički propisi o uštedi energije i toplinske zaštiti u zgradama, *Građevinar* 57 (7), pp.485-493, 2005.
- [7] Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, "Sl. Glasnik RS", br. 61/2011.
- [8] Vukadinović A, Radosavljević J, Protić M, Ristić D, Mere za poboljšanje energetske efikasnosti zgrada, *Tehnika*, Vol. 69, No. 3, pp. 409-413, 2015.

SUMMARY

ENERGY RESTORATION OF PRIMARY SCHOOL BUILDING „DOBRILA STAMBOLIC“ IN SVRLJIG

Energy efficiency has become an integral part of the projects by adoption of laws and regulations on energy efficiency in 2011. This paper presents energy rehabilitation of the primary school building "Dobrića Stambolic" in Svrljig. Energy restoration of this building, in addition to replacement of the roof cladding and roof constructions, included the installation of thermal insulation on all facade walls of the building, replacement of windows and heating system. By applying the suggested refurbishments the building energy class rating transferred from F to D which is two classes improvement.

Key words: *energy efficiency, energy restoration, primary school*