



IZVJEŠTAJ

o detaljnom energetskom pregledu JU OŠ „Prva osnovna škola“ u Sarajevu



Sarajevo, juli 2016.



Detaljni energetska pregled

JU OŠ „Prva osnovna škola“ u Sarajevu

Imenovano lice Fakulteta:

Mr.sci. Nijaz Delalić, dipl.ing.

Dekan Fakulteta:

Prof.dr. Izet Bijelonja, dipl.ing.



OPŠTI PODACI O RADU:

Naziv rada: Energetski pregled i izrada energetskog certifikata za
JU OŠ „Prva osnovna škola“ u Sarajevu

Naručilac: JU OŠ „Prva osnovna škola“ u Sarajevu

Ugovor/

Narudžba:

Objekat: JU OŠ „Prva osnovna škola“ u Sarajevu

Lokacija: Sarajevo

Izvršilac: Mašinski fakultet Sarajevo, Vilsonovo šetalište 9, 71000 Sarajevo

Imenovano lice

Fakulteta: Mr.sci. Nijaz Delalić, dipl.maš.ing.

Saradnici: Dr sci. Džana Kadrić dipl. ing. maš.
Mr. Sandra Martinović dipl. ing. arh.
Salko Maksumić dipl. ing. el.
Mr. Rejhana Muhamedagić, dip. ing. maš.

Nosilac Ugovora: Mašinski fakultet Sarajevo

Vrijeme izrade: juli 2016.

SADRŽAJ

Ovlaštenje Mašinskog fakulteta	6
Norme za proračun ukupne energije	12
Norme za proračun isporučene energije	12
Norme za proračun energije za grijanje i hlađenje	12
Norme za monitoring i verifikaciju energetske karakteristike objekta	13
1. Energetske karakteristike objekta, karakteristike potrošnje energije i upravljanje troškovima za energiju	14
1.1. Karakteristike potrošnje energije i upravljanje troškovima	14
1.2. Analiza termičkih karakteristika ovojnice objekta	15
1.2.1. Podaci o lokaciji objekta	15
1.2.2. Klimatološki podaci lokacije objekta	15
1.2.3. Geometrijske karakteristike zgrade/zone	17
1.2.4. Sastav građevinskih dijelova zgrade	17
1.2.5. Rezultati proračuna koeficijenta prolaska toplote U	17
1.2.5.1. Vanjski zidovi, krovovi, podovi	17
1.2.5.2. Otvori na pročelju objekta	18
1.3. Proračun godišnje potrebne toplotne energije za grijanje $Q_{H,nd}$	19
1.3.1. Toplotni gubici	20
1.3.2. Toplotni dobici	24
1.3.3. Potrebna toplota za grijanje	25
1.3.4. Proračun potrošnje i cijene energenata	27
1.3.5. Proračun godišnje emisije CO ₂	27
1.3.6. Godišnja primarna energija za grijanje	28
1.4. Analiza energetske svojstava sistema grijanja	28
1.4.1. Toplotna podstanica	28
1.4.2. Regulacija učina sistema grijanja	29
1.4.3. Ogrijevna tijela	29
1.5. Analiza energetske svojstava sistema hlađenja	29
1.6. Analiza sistema za pripremu potrošne tople vode	30
1.7. Analiza energetske svojstava sistema potrošnje električne energije – elektroinstalacije, rasvjeta, uređaji i ostala trošila	30
1.7.1. Rasvjeta	31
1.7.2. Ostali potrošači električne energije (električni bojleri i kuhinja)	31
1.7.3. Struktura potrošnje električne energije	32
1.8. Analiza karakteristika potrošnje energije i vode	32
1.8.1. Toplotna energija	32
1.8.2. Električna energija	33
1.8.3. Voda	34
1.8.4. Pregled potrošnje energenata	35
2. Analiza mjera za poboljšanje energetske efikasnosti objekta	37
2.1. Opis mjera poboljšanja termalnih performansi ovojnice objekta	37
2.1.1. Mjera 1, zamjena otvora	37
2.1.2. Mjera 2, toplotna izolacija vanjskih zidova	38
2.1.3. Mjera 3, sanacija stropa prema negrijanom tavanu i krova fiskulturne sale	40
2.2. Analiza ušteda primjenom mjera poboljšanja termalnih performansi ovojnice objekta	41
2.2.1. Analiza uštede energije primjenom Mjere 1, zamjena otvora	41
2.2.2. Analiza uštede energije primjenom Mjere 2, toplotna izolacija vanjskih zidova	42
2.2.3. Analiza uštede energije primjenom Mjere 3, sanacija stropa prema negrijanom tavanu i krova fiskulturne sale	42
2.3. Opis termotehničkih mjera poboljšanja energetske efikasnosti objekta	42
2.3.1. Mjera 4, ugradnja termostatskih ventila na radijatore	43
2.3.2. Mjera 5, sanacija sistema grijanja i prelazak na režim plaćanja prema potrošnji toplotne energije	43
2.4. Analiza ušteda primjenom termotehničkih mjera sanacije	43

2.4.1.	Analiza uštede energije primjenom Mjere 4, ugradnja termostatskih ventila na radijatore	43
2.4.2.	Analiza uštede energije primjenom Mjere 5, sanacija sistema grijanja i prelazak na režim plaćanja prema potrošnji toplotne energije	44
2.5.	Scenariji implementacije predloženih mjera za povećanje energetske efikasnosti objekta	45
2.5.1.	Analiza ušteda energije primjenom mjera u Scenariju 1	45
2.5.2.	Analiza ušteda energije primjenom mjera u Scenariju 2	46
2.5.3.	Analiza ušteda energije primjenom mjera u Scenariju 3	47
2.5.3.1.	Analiza uštede energije primjenom Mjere 4, ugradnja termostatskih ventila na radijatore	48
2.5.4.	Tehnoekonomska analiza predloženih mjera i scenarija	50
3.	Zaključak	53
PRILOG 1.	Termovizijski snimci ovojnice objekta, sistema grijanja, grijnih tijela i površinske temperature objekta	54
PRILOG 2.	Klasifikacija objekta u energetske razrede prema Pravilniku o energetskom certificiranju objekata	55

BOSNA I HERCEGOVINA
FEDERACIJA BOSNE I HERCEGOVINE

FEDERALNO MINISTARSTVO
PROSTORNOG UREĐENJA

ФЕДЕРАЛНО МИНИСТАРСТВО
ПРОСТОРНОГ УРЕЂЕЊА

FEDERAL MINISTRY OF
PHYSICAL PLANNING

Broj:UPI/03-23-2-204/11
Sarajevo, 24.01.2012. godine

Na osnovu člana 5. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetska certificiranje objekata („Službene novine Federacije BiH“, broj 28/10), Federalno ministarstvo prostornog uređenja izdaje

O V L A Š T E N J E

ZA PROVOĐENJE ENERGETSKIH PREGLEDA I ENERGETSKO CERTIFICIRANJE
stambenih zgrada i nestambenih objekata s jednostavnim tehničkim sistemom

MAŠINSKI FAKULTET SARAJEVO, sa sjedištem u ulici Vilsonovo šetalište 1, Sarajevo, ispunjava uvjete koji su propisani Pravilnikom o uvjetima za lica koja vrše energetska certificiranje objekata („Službene novine Federacije BiH“, br. 28/10 i 59/11).
Ovlaštenje se daje na rok od 3 godine, i u skladu sa članom 15. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetska certificiranje objekata, može se produžavati na isti rok.

Ovlaštenje se izdaje uz naplatu pristojbe u iznosu od 10 KM, u skladu sa Tar.br. 55. Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o federalnim upravnim pristojbama i tarifi federalnih upravnih pristojbi („Službene novine Federacije BiH“, br. 6/98, 8/00 i 45/10).

MINISTAR



mr. sci. Desnica Radivojević

**BOSNA I HERCEGOVINA
FEDERACIJA BOSNE I HERCEGOVINE**

**FEDERALNO MINISTARSTVO
PROSTORNOG UREĐENJA**

**ФЕДЕРАЛНО МИНИСТАРСТВО
ПРОСТОРНОГ УРЕЂЕЊА**

**FEDERAL MINISTRY OF
PHYSICAL PLANNING**

Broj: UPI/03-23-2-219/12 SK
Sarajevo, 28.12.2012. godine

Na osnovu člana 5. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetska certificiranje objekata („Službene novine Federacije BiH“, broj 28/10), Federalno ministarstvo prostornog uređenja izdaje

OVLAŠTENJE

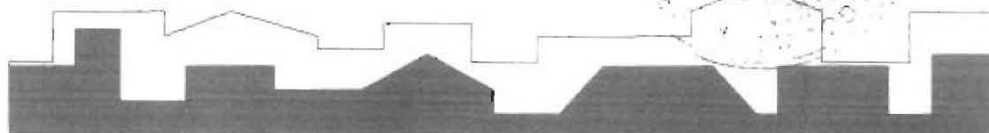
**ZA PROVOĐENJE ENERGETSKIH PREGLEDA I ENERGETSKO CERTIFICIRANJE
stambenih zgrada i nestambenih objekata sa složenim tehničkim sistemom**

MAŠINSKI FAKULTET SARAJEVO, sa sjedištem u ulici Vilsonovo četvrtište 1, Sarajevo, ispunjava uvjete koji su propisani Pravilnikom o uvjetima za lica koja vrše energetska certificiranja objekata („Službene novine Federacije BiH“, br. 28/10, 59/11 i 29/12).
Ovlaštenje se daje na rok od 3 godine, i u skladu sa članom 15. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetska certificiranja objekata, može se produžavati na isti rok.

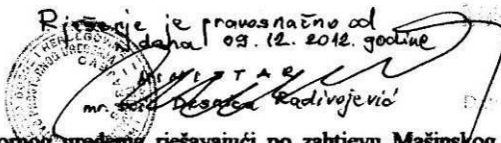
Ovlaštenje se izdaje uz naplatu pristojbe u iznosu od 10 KM, u skladu sa Tar.br. 55. Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o federalnim upravnim pristojbama i tarifi federalnih upravnih pristojbi („Službene novine Federacije BiH“, br. 6/98, 8/00 i 45/10).

MINISTAR

Desnica Radivojević
Desnica Radivojević



Broj: UPI/03-23-2-219/12 SK
Sarajevo, 29.10.2012. godine



3056/12
08.11. 12

Federalno ministarstvo prostornog uređenja rješavajući po zahtjevu Mašinskog fakulteta Sarajevo, za izdavanje ovlaštenja za provođenje energetske pregleda i energetske certificiranje stambenih zgrada i nestambenih objekata sa složenim tehničkim sistemom, a na osnovu člana 5. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata ("Službene novine Federacije BiH", br. 28/10, 59/11 i 29/12), člana 200. Zakona o upravnom postupku ("Službene novine Federacije BiH", br. 2/98 i 48/99) i prijedloga Stručnog odbora za energetske efikasnost broj 03-23-2-219/12 od 25.10.2011. godine,
d o n o s i

RJEŠENJE

1. Utvrđuje se da, Mašinski fakultet Sarajevo, sa sjedištem u ul. Vilsonovo šetalište 9, identifikacijski broj 42004159590008, ispunjava uvjete za provođenje energetske pregleda i energetske certificiranje stambenih zgrada i nestambenih objekata sa složenim tehničkim sistemom.
2. Redni broj iz evidencije ovlaštenih lica za ovo rješenje je 02-M2/12.
3. Vrsta ovlaštenja: obavljanje poslova za provođenje energetske pregleda i energetske certificiranje stambenih zgrada i nestambenih objekata sa složenim tehničkim sistemom.
4. Imenuje se mr. sci. Nijaz Delalić, dipl.inž. mašinstva, za stručno kvalifikovano lice (imenovano lice), koje u ime pravnog lica potpisuje energetske certifikate i izvještaje o provedenim energetske pregledima i koja ispunjava uvjete za obavljanje navedenih poslova u skladu sa članom 8. stav 1. tačka 2. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata.
5. Imenuju se, mr.sci. Džana Kadrić, dipl.inž.maš., Sandra Martinović, dipl.inž.arh. i mr.Mirsad Madeško, dipl.inž.elek., za stručna kvalifikovana lica koja u ovlaštenom pravnom licu provode energetske preglede i energetske certificiranje i ispunjavaju uvjete za obavljanje navedenih poslova u skladu sa članom 8. st. 1. i 2. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata.
6. Mašinski fakultet Sarajevo dužan je podnijeti zahtjev za izdavanje klauzule pravosnažnosti 30 dana nakon prijema rješenja radi izdavanja ovlaštenja.
7. U skladu sa članom 15. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata, ovo Federalno ministarstvo utvrdit će datum izdavanja i rok važenja ovlaštenja.
8. Mašinski fakultet Sarajevo dužan je, u roku 15 dana od dana nastale bilo kakve promjene, a posebno navedene u čl. 19. i 20. zatražiti izmjenu ovlaštenja, ako su se naknadno promijenili podaci na osnovu kojih je ovlaštenje dato, odnosno ukoliko više ne ispunjava uvjete propisane Pravilnikom o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata ("Službene novine Federacije BiH", br. 28/10, 27/11 i 29/12), za obavljanje poslova za koje je dobio ovlaštenje.

Obrazloženje

Mašinski fakultet Sarajevo je dana 06.07.2012.godine, podnio zahtjev za izdavanje ovlaštenja za provođenje energetske pregleda i energetske certificiranje stambenih zgrada i nestambenih objekata sa složenim tehničkim sistemom, a na osnovu odredaba Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata.

Uz zahtjev je dostavljena sva potrebna dokumentacija u skladu sa čl. 8. i 16. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata. Ovo Federalno ministarstvo provelo je proceduru ocjenjivanja ispunjavanja uvjeta i zahtjev je razmatran na XIV sjednici Stručnog odbora za energetske efikasnost.

Stručnog odbora za energetska efikasnost, uvidom u zahtjev i priloženu dokumentaciju propisanu navedenim Pravilnikom, dao je prijedlog ovom Federalnom ministarstvu za izdavanje ovlaštenja za provođenje energetskih pregleda i energetska certificiranje stambenih zgrada i nestambenih objekata sa složenim tehničkim sistemom, dana 25.10.2012. godine.

Članom 23. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetska certificiranje objekata propisano je da Federalni ministar posebnim rješenjem propisuje visinu troškova postupka davanja, produženja i izmjene ovlaštenja za provođenje energetskih pregleda i energetskog certificiranja. Rješenjem ovog Federalnog ministarstva broj 03-14-3-1512/10 od 18.11.2010. godine, utvrđena je visina troškova postupka u iznosu od 3.000,00 (trihiljade) KM, te je podnosilac zahtjeva dostavio dokaz o izvršenoj uplati naknade uz zahtjev.

Iz svega gore navedenog odlučeno je kao u dispozitivu rješenja.

Pouka o pravnom lijeku: Ovo rješenje je konačno i protiv njega se ne može podnijeti žalba, ali se može pokrenuti upravni spor kod Kantonalnog suda u Sarajevu, u roku od 30 dana od dana prijema istog.

P.O. VLADE FEDERACIJE BiH
SEKRETAR MINISTARSTVA



Dostaviti:

- ☉ Naslovu,
- Federalnoj upravi za inspeksijske poslove, ekološko-urbanističkoj inspekciji,
- Arhivi

Broj:UPI/03-23-2-219-1/12 SK
Sarajevo, 07.07.2014. godine

MAŠINSKI FAKULTET
SARAJEVO
Broj: 1800/14
Datum: 10.07.2014.

Federalno ministarstvo prostornog uređenja rješavajući po zahtjevu Mašinskog fakulteta Sarajevo, za izdavanje izmjene ovlaštenja za provođenje energetske pregleda i energetske certificiranje stambenih zgrada i nestambenih objekata sa složenim tehničkim sistemom, a na osnovu čl. 5. i 19. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata ("Službene novine Federacije BiH", br. 28/10, 59/11 i 29/12), člana 200. Zakona o upravnom postupku ("Službene novine Federacije BiH", br. 2/98 i 48/99) i prijedloga Stručnog odbora za energetske efikasnost broj UPI/03-23-2-219-1/12 od 03.07.2014. godine, donosi

RJEŠENJE
o izmjeni rješenja

U Rješenju broj UPI/03-23-2-219/12 SK od 29.10.2012. godine, ovog Federalnog ministarstva u dispozitivu tačka 5. mijenja se i glasi:

"Imenuju se, mr.sci. Džana Kadrić, dipl.inž.maš., Sandra Martinović, dipl.inž.arh. i Salko Maksumić, dipl.inž.elek., za stručna kvalifikovana lica koja u ovlaštenom pravnom licu provode energetske preglede i energetske certificiranje i ispunjavaju uvjete za obavljanje navedenih poslova u skladu sa članom 8. st. 1. i 2. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata".

Ova izmjena ima pravno dejstvo od dana od kojeg pravno dejstvo ima navedeno rješenja koje se mijenja.

O b r a z l o ž e n j e

Mašinski fakultet Sarajevo je dana 11.04.2014.godine, podnijelo zahtjev za izdavanje izmjene ovlaštenja za provođenje energetske pregleda i energetske certificiranje stambenih zgrada i nestambenih objekata sa složenim tehničkim sistemom, te dopunu zahtjeva 23.06.2014. godine, a na osnovu odredaba Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata.

Uz zahtjev je dostavljena sva potrebna dokumentacija u skladu sa čl. 5. i 19. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata. Ovo Federalno ministarstvo provelo je proceduru ocjenjivanja ispunjavanja uvjeta i zahtjev je razmatran na 26. sjednici Stručnog odbora za energetske efikasnost dana 25.06.2014. godine.

U dostavljenoj dokumentaciji Mašinski fakultet Sarajevo, priložilo je potvrdu o radnom stažu broj 14-0623-01 od 23.06.2014. godine od Exellent d.o.o. Sarajevo za gosp. Maksumić Salka, diplomu Maksumić Salka izdatu od strane Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu broj 3942 od 20.04.2002. godine, Uvjerenja o uspješno završenom programu osposobljavanja za Modul 1 i Modul 2 izdata od strane Federalnog ministarstva prostornog uređenja, biografiju Maksumić Salke, dipl.inž.elekt., Ugovor o angažmanu zaključen između Mašinskog fakulteta Sarajevo i Maksumić Salke, od 10.04.2014. godine.

Kako je dostavljena dokumentacija u skladu sa odredbama Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetske certificiranje objekata („Službene novine Federacije BiH“, br. 28/10, 59/11

i 29/12), Stručni odbor za energetska efikasnost je bio saglasan i dao prijedlog, dana 03.07.2014. godine, da se pravnom licu, Mašinskom fakultetu Sarajevo, izda tražena izmjena rješenja.

Članom 23. Pravilnika o uvjetima za lica koja vrše energetska certificiranje objekata propisano je da, Federalni minister posebnim rješenjem propisuje visinu troškova postupka davanja, produženja i izmjene ovlaštenja za provođenje energetskih pregleda i energetskog certificiranja. Rješenjem ovog Federalnog ministarstva broj 03-14-3-1802/11 od 19.12.2011. godine, utvrđena je visina troškova postupka u iznosu od 500,00 KM (petstotina konvertibilnih maraka), te je podnosilac zahtjeva dostavio dokaz o izvršenoj uplati naknade dana 27.06.2014. godine.

Iz svega gore navedenog odlučeno je kao u dispozitivu rješenja.

Pouka o pravnom lijeku: Ovo rješenje je konačno i protiv njega se ne može podnijeti žalba, ali se može pokrenuti upravni spor kod Kantonalnog suda u Sarajevu, u roku od 30 dana od dana prijema istog.



Dostaviti:

- Naslovu,
- Federalnoj upravi za inspekcijske poslove, ekološko-urbanističkoj inspekciji,
- Arhivi

Norme za proračun ukupne energije

- EN 15217 Energetske karakteristike zgrada; Metode prikazivanja energetske karakteristike zgrade i energetske certifikacije zgrada
- EN 15603 Energetske karakteristike zgrada; Ukupno korištena energija i definicije klasifikacije
- EN 15429 Potrebni podaci za ekonomsku evaluaciju energetske sistema u zgradama, uključujući obnovljive izvore energije

Norme za proračun isporučene energije

- EN 15316-1 Sistemi grijanja u zgradama; Metode proračuna toplotnih potreba sistema i efikasnosti sistema – Opšti dio
- EN 15316-2-1 Sistemi grijanja u zgradama; Metode proračuna toplotnih potreba sistema i efikasnosti sistema – Emisije sistema grijanja prostora
- Sistemi grijanja u zgradama; Metode proračuna toplotnih potreba sistema i efikasnosti sistema
 - 4-1: Sistemi sagorijevanja
 - 4-2: Sistemi toplotnih pumpi
- EN 15316-4
 - 4-3: Solarni sistemi
 - 4-4: Kogeneracija
 - 4-5: Sistemi daljinskog grijanja
 - 4-6: Ostali obnovljivi izvori energije
 - 4-7: Sistemi sagorijevanja biomase
- EN 15316-2-3 Sistemi grijanja u zgradama; Metode proračuna toplotnih potreba sistema i efikasnosti sistema – Distribicioni sistemi grijanja prostora
- EN 15316-3 Sistemi grijanja u zgradama; Metode proračuna toplotnih potreba sistema i efikasnosti sistema
 - 3-1: Potrošna topla voda, karakterizacija potreba
 - 3-2: Potrošna topla voda, distribucija
 - 3-3: Potrošna topla voda, generisanje
- EN 15243 Proračun sobnih temperatura i energije za zgrade sa sistemom klimatizacije
- EN 15377 Projektovanje sistema površinskog grijanja i hlađenja
- EN 15241 Ventilacija u zgradama; Metode proračuna toplotnih gubitaka u privrednim zgradama (ventilacioni i infiltracioni gubici)
- EN 15232 Metode proračuna povećanja energetske efikasnosti postavljanjem integrirane automatske regulacije
- EN 15193 Energetske karakteristike zgrade; Energetske potrebe za rasvjetu
- EN 15346-2-1 Sistemi grijanja u zgradama; Toplotni gubici sistema grijanja

Norme za proračun energije potrebne za grijanje i hlađenje

- EN ISO 13790 Energetske karakteristike zgrada; Proračun energije potrebne za grijanje i hlađenje
- EN 15265 Energetske karakteristike zgrada; Proračun energije potrebne za grijanje i hlađenje - Opšti kriteriji i procedure validacije
- EN ISO 6946 Elementi zgrade; Toplotni otpor i transmisija (način proračuna)
- EN ISO 13370 Prenos toplote preko tla (način proračuna)
- EN ISO 10077-1 Toplotne karakteristike prozora i vrata (proračun toplotne transmisije) – Opšti dio
- EN 13947 Toplotne karakteristike zavjesa/zastora (proračun toplotne transmisije)
- EN ISO 10211 Toplotni mostovi u konstrukciji zgrade; Toplotni tok i površinske temperature
- EN ISO 10077-2 Toplotne karakteristike prozora i vrata (proračun toplotne transmisije) – Numeričke

	metode za okvire
EN ISO 14683	Toplotni mostovi u konstrukciji zgrade; Linearna toplotna transmisija
EN ISO 10456	Hidrotermalna svojstva
EN 15242	Ventilacija zgrada; Način proračuna infiltracije i broja izmjena zraka
EN 13779	Ventilacija zgrada; Zahtjevi za ventilaciju i klimatizaciju sobe/zgrade
EN 15251	Kriterij za unutrašnje uslove, uključujući toplotu, kvalitet zraka (ventilaciju), rasvjetu i buku
EN ISO 15927	Hidrotermalne karakteristike zgrade; Proračuni i prikazivanje klimatskih podataka
EN ISO 7345	Toplotna izolacija; Fizičke veličine i definicije
EN ISO 9288	Toplotna izolacija; Prenos toplote zračenjem
EN ISO 9251	Toplotna izolacija; Uslovi prenosa toplote i svojstva materijala
EN 12792	Ventilacija zgrada; Simboli, terminologija i grafički simboli

Norme za monitoring i verifikaciju energetske karakteristike objekta

EN 12599:2000	Ventilacija zgrada; Procedure ispitivanja i metode mjerenja ventilacionih i klimatizacijskih sistema
EN 13829:2001	Toplotne karakteristike zgrada; Utvrđivanje propusnosti zraka
EN ISO 12569:2001	Toplotne karakteristike zgrada; Utvrđivanje izmjene zraka
EN 13187:1999	Toplotne karakteristike zgrada; Kvalitativna detekcija toplotnih neregularnosti u ovojnicama zgrade – Infra - crveni metod
EN 15378	Sistemi grijanja u zgradi; Inspekcija kotlova i grijnih sistema
EN 15239	Ventilacija zgrada; Energetska karakteristika zgrada – Smjernice za inspekciju ventilacionih sistema
EN 15240	Ventilacija zgrada; Energetska karakteristika zgrada – Smjernice za inspekciju klimatizacijskih sistema
EN 15201	Energetska karakteristika zgrade; Proračun potrošnje energije za grijanje i hlađenje prostora
EN 15315	Sistemi grijanja zgrada; Energetska karakteristika zgrade – Ukupna potrošnja energije, primarna energija i CO ₂ emisija

1. Energetske karakteristike objekta, karakteristike potrošnje energije i upravljanje troškovima za energiju

1.1. Karakteristike potrošnje energije i upravljanje troškovima

Objekat JU OŠ „Prva osnovna škola“ je smješten u Sarajevu, u klimatskoj zoni Sjever. Osnovna namjena objekta je školska obrazovna ustanova. Objekat se sastoji od prizemlja i dva sprata. Glavni ulaz nalazi se na jugoistočnoj strani. Uz objekat škole nalazi se i fiskulturna sala, koja je toplom vezom povezana sa školskom zgradom. Ulaz u fiskulturnu salu nalazi se na jugozapadnoj strani. Ukupna korisna površina Objekta JU OŠ „Prva osnovna škola“ iznosi 2745,00 m².

Za zadovoljenje toplotnih potreba objekta koristi se toplotna podstanica povezana na sistem gradskog grijanja. U objektu je instalisan sistem za praćenje potrošnje toplotne energije ali on nije pušten u funkciju. Isporuka toplotne energije objektu se vrši svaki dan u sedmici po 15 sati dnevno, što je veoma nepovoljno uzimajući u obzir da škola prestaje sa radom u 20:00 te ne radi danima vikenda.

Obračun troškova toplotne energije se vrši paušalno po m² grijanog prostora. Dakle, nema motiva za štednju toplotne energije, iako postoje preduslovi da se mjeri potrošnja toplotne energije. Troškovi toplotne energije su fiksni i nisu motivirajući za štednju. Instalirani radijatori su liveni člankasti marke Higijenik te razne vrste člankastih radijatora, ukupno 129 komada instalisane snage 403,02 kW. Na člankastim radijatorima i velikom broju pločastih radijatora ugrađeni su ručni regulacioni ventili i podventili, bez automatske regulacije učinka grejnih tijela.

Objekat se električnom energijom snadbijeva iz Elektrodistribucije Sarajevo. Obračun troškova električne energije se vrši po kWh utrošene energije. Za potrebe hlađenje je instaliran jedan split sistem. Priprema tople vode se vrši u 7 akumulacionih bojlera (4 x 50 l i 3 x 5 l), ukupne instalisane snage 14 kW. Sistem za pripremu potrošne tople vode ima najveći udio u potrošnji električne energije objekta. Ukupna instalisana snaga sistema rasvjete iznosi 30,22 kW i čine ga uglavnom fluo cijevi (710 sijalica, instalisane snage 21,8 kW) te sijalice sa žarnom niti (112 komada, 5,66 kW). Struktura potrošnje električne energije pokazuje da rasvjeta čini oko 30 % ukupne potrošnje.

Energetski razred objekta u trenutnom stanju je C sa procijenjenim, teoretskim troškovima za grijanje od 30000 KM/god ukoliko bi objekat plaćao grijanje prema isporučenoj toplotnoj energiji prema sadašnjem režimu isporuke toplotne energije. Predložene su mjere sanacije elemenata ovojnice koji uključuju zamjenu prozora, postavljanje toplotne izolacije na vanjske zidove i strop prema tavanu i mjere sanacije termotehničkih sistema, ugradnja termostatskih ventila, postavljanje toplotne izolacije na cijevi grijanja u negrijanom tavanu i prelazak na sistem u kojem bi se plaćala isporučena toplotna energija u radnim danima. Analiza predloženih mjera pokazuje da je moguće postići energetski razred objekta A i svesti troškove za grijanje na 8700 KM/god.

Analizom dobijenih rezultata i uzimajući u obzir stanje objekta i prioritete mjere, kao optimalni scenarij sanacije predlaže se scenarij 3 sa kompletnom arhitektonsko-građevinskom sanacijom objekta i sanacijom sistema grijanja. Primjenom predloženog scenarija ostvariti će se značajne uštede energije na godišnjem nivou. Primjenom mjera sanacije opisanih u okviru scenarija 3 će se ukupni iznos za grijanje na godišnjem nivou svesti na oko 8707 KM/god. Od pojedinih mjera, najpovoljnije indikatore ima mjera sanacije sistema grijanja (postavljanje toplotne izolacije na cijevi u negrijanom tavanu) i prelazak na plaćanje prema potrošenoj toplotnoj energiji kako je opisano u okviru Mjere 5. Ova mjera će se otplatiti za manje od jedne godine, omogućavajući uštede u troškovima za grijanje od oko 9000 KM/god.

1.2. Analiza termičkih karakteristika ovojnice objekta

1.2.1. Podaci o lokaciji objekta

Objekat JU OŠ „Prva osnovna škola“ je smješten u Sarajevu, u klimatskoj zoni Sjever. Osnovna namjena objekta je školska obrazovna ustanova, adresa je Mala aleja 15. Objekat je izgrađen 1959. godine, sastoji se od prizemlja i dva sprata. Glavni ulaz nalazi se na jugoistočnoj strani, Slika 1.1.a. Uz objekat škole nalazi se i fiskulturna sala, sa ulazom na jugozapadnoj strani Slika 1.1.b, koja je povezana toplom vezom sa školskom zgradom. Ukupna korisna površina JU OŠ „Prva osnovna škola“ iznosi 2745,00 m². Broj korisnika iznosi 753 od čega je 683 učenika i 70 zaposlenika.



Slika 1.1.a. Glavni ulaz u Objekat



Slika 1.1.b. Ulaz u fiskulturnu salu

1.2.2. Klimatološki podaci lokacije objekta

Lokacija: Sarajevo
Referentna postaja: Regija sjever

Objekat se nalazi u 2. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\Theta_{e,mj,min} \leq 3^{\circ}\text{C}$ i unutrašnjom temperaturom $\Theta_i \geq 18^{\circ}\text{C}$.

Tabela 1.1. Klimatski podaci za Sarajevo

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
	Temperature zraka (°C)												
M	-0,9	1,5	5,1	9,4	14,1	16,9	18,9	18,5	15,1	10,4	5,3	0,3	9,5
Min	-21,8	-18,4	-15,1	-5,0	-0,9	2,6	4,8	1,2	-1,7	-6,1	-14,6	-16,5	-21,8
Max	15,4	20,2	25,8	28,8	31,5	33,6	37,4	36,2	35,0	30,2	22,7	18,0	37,4

	Pritisak vodene pare (Pa)												
m	945	943	940	941	942	944	943	942	945	946	944	946	943

	Relativna vlažnost zraka (%)												
m	75	75	71	67	68	70	69	71	75	74	76	81	73

	Brzina vjetra (m/s)												
m	2,1	2,3	2,5	2,5	2,2	2,0	1,9	1,9	1,9	2,1	2,3	2,2	2,2

		Broj dana
Temperatura vanjskog zraka	<= 10°C	165,4
	<= 12°C	184,4
	<= 15°C	202,3

Orij	[°]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
		Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m²)												
S	0	116	179	334	448	573	620	658	554	409	266	134	87	4378
	15	144	215	374	471	576	613	657	574	454	318	166	106	4668
	30	165	240	396	473	558	584	632	569	477	355	190	121	4760
	45	179	253	401	455	518	535	580	539	476	374	206	131	4646
	60	183	255	386	417	459	465	508	488	454	375	212	133	4334
	75	179	244	354	362	385	382	419	415	408	356	206	129	3839
	90	166	221	306	295	301	294	320	330	345	319	190	121	3208
SE, SW	0	116	179	334	448	573	620	658	554	409	266	134	87	4378
	15	135	204	362	464	576	616	658	568	442	302	157	100	4584
	30	148	220	377	467	562	594	639	566	458	327	172	109	4640
	45	155	227	377	451	531	555	602	543	456	337	180	114	4529
	60	155	223	362	420	483	499	543	502	435	331	179	114	4247
	75	148	210	331	375	422	431	471	444	396	310	172	108	3819
	90	135	187	289	319	352	354	389	374	342	277	156	98	3272
E, W	0	116	179	334	448	573	620	658	554	409	266	134	87	4378
	15	116	179	333	444	566	612	651	548	407	266	134	87	4342
	30	115	177	327	433	548	592	629	533	401	263	133	86	4238
	45	113	172	315	414	519	558	596	509	387	257	130	84	4052
	60	106	163	296	384	479	514	550	472	363	243	123	79	3773
	75	98	150	269	347	430	459	493	426	332	224	113	73	3414
	90	87	133	237	302	372	397	427	372	292	199	100	64	2982
NE, NW	0	116	179	334	448	573	620	658	554	409	266	134	87	4378
	15	97	152	297	418	551	605	637	521	366	224	111	74	4054
	30	84	131	261	378	510	564	590	473	320	190	95	65	3660
	45	70	114	231	337	459	509	529	422	281	165	79	57	3252
	60	65	91	199	300	408	453	470	375	246	128	71	52	2858
	75	58	81	151	253	358	399	413	321	187	106	64	47	2437
	90	51	72	124	181	279	319	324	234	135	95	56	40	1910
E, N	0	116	179	334	448	573	620	658	554	409	266	134	87	4378
	15	84	137	280	405	540	593	623	507	346	202	96	64	3877
	30	75	103	214	345	479	530	550	434	268	138	81	60	3277
	45	70	97	167	271	396	444	452	344	189	124	77	57	2688
	60	65	89	153	203	302	341	338	246	161	116	71	52	2137
	75	58	81	138	180	229	237	235	205	148	106	64	47	1728
	90	51	72	124	162	205	213	214	186	134	95	56	40	1553

1.2.3. Geometrijske karakteristike zgrade/zone

Potrebni podaci	
Površina omotača grijanog dijela zgrade (A)	4450,91 [m ²]
Zapremina grijanog dijela zgrade (Ve)	13625,80 [m ³]
Zapremina grijanog zraka (V)	10687,00 [m ³]
Faktor oblika zgrade (f ₀)	0,33 [m ⁻¹]
Korisna površina objekta(A _k)	2745,00 [m ²]
Ukupna površina pročelja (A _{uk})	3689,08 [m ²]
Ukupna površina prozora (A _{wuk})	512,68 [m ²]

1.2.4. Sastav građevinskih dijelova zgrade

Konstruktivni sistem objekta škole je izveden kao skeletni, čine ga armiranobetonski stubovi i grede. Vanjski zidovi su izvedeni u punoj opeci, debljine 36 cm, obostrano malterisani. Strop prema negrijanom tavanu školskog objekta čini sitnorebrasta armiranobetonska ploča. Krov škole je izveden kao klasični kosi, sa pokrovom od trapeznog lima. U tavanskom prostoru nisu predviđeni otvori za prirodnu ventilaciju. Strop prema negrijanom tavanu nije toplotno izoliran, kao ni vanjski zidovi. Krov iznad fiskulturne sale je izveden na betonskim ramovskim nosačima, sa pokrovom od trapeznog lima na daščanoj oplati, također nije toplotno izoliran. Obzirom da projektna dokumentacija nije dostupna, svi konstruktivni elementi su pretpostavljeni snimanjem objekta na terenu.

1.2.5. Rezultati proračuna koeficijenta prolaska toplote U

Koeficijent prolaza toplote računa se na osnovu izraza:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_s}} \quad \left[\frac{W}{m^2K} \right] \quad (1.1.)$$

gdje su:

α_u - koeficijent prelaza toplote sa unutrašnje strane površine (W/m²K),

δ_i (m) – debljina stijenke i-tog građevinskog elementa,

λ_i (m) – koeficijent toplotne provodljivosti stijenke i-tog građevinskog elementa,

α_s - koeficijent prelaza toplote sa spoljne strane posmatrane površine zida (W/m²K).

$\alpha_u = 8$ W/m²K i $\alpha_s = 23$ W/m²K su koeficijenti određeni empirijski.

1.2.5.1. Vanjski zidovi, krovovi, podovi

Na osnovu koeficijenta prolaza toplote i debljine građevinskih elemenata vanjske ovojnice izračunati su koeficijenti prolaza toplote za pojedine slojeve, prema izrazu (1.1.). Termofizičke osobine materijala su usvojene iz važećih tehničkih normi, Tabela 1.2.

Tabela 1.2. Vrijednosti koeficijenta prolaza toplote pojedinih građevinskih elemenata

Sastav vanjskog zida	Debljina sloja	Površina, m ²	Koeficijent prolaza toplote U	Zadovoljava propise*
Vapneno – gipsana žbuka Puna opeka od gline Vapneno – cementna žbuka	3,0 cm 36 cm 3,0 cm	1442,60	1,49 W/m ² K	NE
Vapneno – gipsana žbuka Armirani beton Vapneno – cementna žbuka	3,0 cm 55 cm 230 cm	139,24	2,18 W/m ² K	NE
Vapneno – gipsana žbuka Puna opeka od gline Trapezni lim	3,0 cm 12,0 cm 0,07 cm	14,76	2,75 W/m ² K	NE
Sastav stropa/krova	Debljina sloja	Površina, m ²	Koeficijent prolaza toplote U	Zadovoljava propise*
Vapneno – gipsana žbuka Daske Armirano betonska sitnorebrasta tavanica	2,5 cm 3,0 cm 10+30 cm	829,5	1,03 W/m ² K	NE
Vapneno – gipsana žbuka Daske Trapezni lim	2,5 cm 3,0 cm 0,12 cm	330,0	2,62 W/m ² K	NE
Vapneno – gipsana žbuka Daske Betonska ploča Beton za nagib Bitumenska hidroizolacija	2,5 cm 3,0 cm 15,0 cm 6 cm 0,5 cm	254,4	1,35 W/m ² K	NE
Pod na tlu	Debljina sloja	Površina, m ²	Koeficijent prolaza toplote U	Zadovoljava propise*
Kulir Cementni estrih Armiranobetonska ploča Bitumenska hidroizolacija Betonska ploča Pijesak, šljunak	0,5 cm 5,0 cm 15 cm 1,5 cm 10 cm 15 cm	1284,95	2,99 W/m ² K	NE

- Pravilnik o tehničkim zahtjevima za toplotnu zaštitu objekata i racionalnu upotrebu energije ("Službene novine FBiH", br. 49/09)

Prema Pravilniku o tehničkim zahtjevima za toplotnu zaštitu objekata i racionalnu upotrebu energije ("Službene novine FBiH", br. 49/09) o maksimalno dozvoljenom koeficijentu prolaza toplote vanjske ovojnice objekta ne zadovoljava niti jedan dio vanjske ovojnice objekta.

1.2.5.2. Otvori na pročelju objekta

Na školskom objektu ima više tipova prozora, najzastupljeniji su „krilo na krilo“ sa drvenim okvirom i dvostrukim ostakljenjem, sa koeficijentom prolaska toplote $U = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, Slika 1.2.a. Veći dio prozora na jugoistočnoj, jugozapadnoj i sjeveroistočnoj strani je zamijenjen PVC stolarijom, sa koeficijentom prolaska toplote $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, Slika 1.2.b., no zbog loše izvedbe montaže prozora, primjetni su veći ventilacioni gubici oko otvora i na ovim mjestima gdje je sama stolarija u dobrom stanju. Stara stolarija je dotrajala i datira još iz vremena gradnje objekta. Prozori su, zbog dotrajalosti, izgubili sposobnost zaptivanja, što dovodi do velikih toplotnih gubitaka u zimskom periodu, odnosno povećanih priliva toplote u ljetnom periodu. Ulazni portal na jugoistočnom dijelu objekta je Alu, sa dvostrukim termopan ostakljenjem i prekinutim termičkim mostom, sa koeficijentom prolaska toplote $U = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, Slika 1.2.c., kao i ulazni portal na jugozapadnoj strani Objekta, Slika 1.2.d.

Neophodno je izvršiti zamjenu svih starih prozora i vrata na Objektu, te će navedena mjera biti analizirana u predloženim scenarijima u nastavku Izvještaja.



Slika 1.2.a. Prozori „krilo na krilo“, dvostruko ostakljenje, drveni okviri



Slika 1.2.b. PVC stolarija



Slika 1.2.c Ulazni portal na jugoistočnoj strani Objekta



Slika 1.2.d Ulazni portal na jugozapadnoj strani Objekta

1.3. Proračun godišnje potrebne toplotna energija za grijanje $Q_{H,nd}$

Godišnja potrebna toplotna energija za grijanje $Q_{H,nd}$ je računski određena količina toplote koju sistemom grijanja treba tokom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutrašnje projektne temperature u zgradi tokom razdoblja grijanja zgrade. Određuje se tako što se odredi potrebna energija za grijanje:

$$Q_{H,n} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}, \text{ MJ}$$

pa potom godišnja potrebna toplotna energija za grijanje objekta, koja iznosi:

$$Q_{H,nd} = \sum_t Q_{H,nt}, \text{ MJ}$$

gdje su:

- $Q_{H,nd}$ – godišnja toplotna energija za grijanje objekta, (MJ);
- $Q_{H,n}$ – toplotna energija potrebna za grijanje (MJ);
- $Q_{H,ht}$ – ukupni gubici za grijanje (MJ);
- $Q_{H,gn}$ – prilivi toplote (MJ);
- $\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplotnih dobitaka (-).

Sumiranje se provodi za sve mjesece u godini ako su vrijednosti mjesečne potrebne toplotne energije za grijanje pozitivne.

1.3. 1. Toplotni gubici $Q_{H,ht}$

Ukupni toplotni gubici $Q_{H,ht}$ se određuju putem izraza:

$$Q_{ht} = Q_{tr,is} + Q_{ve,is}, \text{ MJ}$$

gdje su:

- $Q_{tr,is}$ – ukupni toplotni gubici transmisijom i
- $Q_{ve,is}$ – ukupni ventilacioni gubici.

Ukupni toplotni gubici transmisijom $Q_{tr,is}$ se određuju putem izraza:

$$Q_{tr,is} = \sum_k H_{tr,k} \theta_{t,H} - \theta_{o,k} \cdot t, \text{ MJ}$$

gdje su:

- $H_{tr,k}$ – koeficijent toplotnih gubitaka transmisijom elementa k, prema susjednoj prostoriji, okolini ili zoni temperature $\vartheta_{o,k}$,
- $\vartheta_{t,H}$ – projektna temperatura u objektu ili zoni za grijanje,
- $\vartheta_{o,k}$ – temperatura susjednih prostorija, okoline ili zone elementa k i
- t – vrijeme trajanja računskog perioda.

Transmisijski gubici

Koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka, $H_{tr,ad}$ [W/K] je količnik između toplotnog toka koji se transmisijom prenosi iz grijanog objekta prema vanjskom prostoru i razlike između unutrašnje projektne temperature grijanja i vanjske temperature. Transmisioni gubici toplote prostorije nastaju prolazom (transmisijom) toplote kroz omotač (pregrade) prostorije. Oni postoje samo kroz one pregrade na čijim stranama postoji razlika temperatura. Pregrade obično odvajaju prostoriju od okoline (spoljni zidovi, krovovi), susjednih grijanih ili negrijanih prostorija, tla i sl.

Koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka se računa prema BAS EN ISO 13789:2005 na osnovu sljedećeg izraza:

$$H_{tr,ad} = H_D + H_U + H_{g,m} + H_A, \text{ (W / K)}$$

gdje je:

H_D – koeficijent transmisivnog gubitka toplote prema okolini,

H_U – koeficijent transmisivnog toplotnog gubitka kroz negrijane prostorije,

$H_{g,m}$ – koeficijent transmisivnog toplotnog gubitka kroz tlo i

H_A – koeficijent transmisivnog toplotnog gubitka kroz negrijane prostorije.

Koeficijent transmisivne izmjene toplote od grijanog prostora prema okolini

H_D , računa se pomoću površine građevinskih elemenata A_k , koeficijenta prolaska toplote pojedinih građevinskih elemenata U_k (W/(m²K)), uzimajući u račun i dodatak za toplotne mostove:

$$H_D = \sum_k A_k U_k + \sum_l \psi_l l + \sum_j \chi_j, \text{ (W / K)}$$

Dodatak za toplotne mostove ΔU_{TM} određuje se iz dužine l (m) i toplotnog gubitka u odnosu na dužni metar ψ_l , te koeficijenta prolaska toplote tačkastog toplotnog mosta χ_j , ili se pojednostavljenim postupkom proračuna uzima dodatak na koeficijent prolaska toplote ΔU_{TM} (W/(m²K)).

$$H_D = \sum_k A_k (U_k + \Delta U_{TM}), \text{ (W / K)}$$

$\Delta U_{TM} = 0,10$ (W/m²K) - dodatak za "loša" rješenja toplotnih mostova;

$\Delta U_{TM} = 0,05$ (W/m²K) - dodatak za "dobra" rješenja toplotnih mostova;

$\Delta U_{TM} = 0,02$ (W/m²K) - dodatak za niskoenergetske kuće;

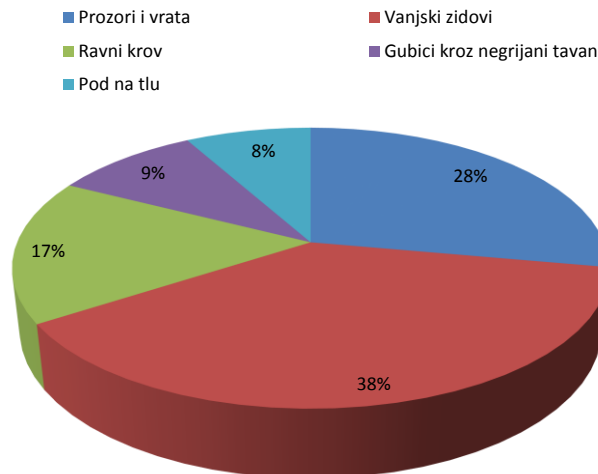
$\Delta U_{TM} = 0,00$ (W/m²K) - dodatak za pasivne kuće.

Duljinski gubici (potencijalni toplotni mostovi) nisu proračunati prema BAS EN ISO 13789:2005, već su izvršene korekcije na osnovu Tehničkog propisa o racionalnoj upotrebi energije i toplotnoj zaštiti u zgradama. Pri tome je uzeto u obzir da se vrijednosti prethodno izračunatog koeficijenta prolaska toplote U vrijednost uvećava za $\Delta U_{TM} = 0,1$ W/m²K i s tako uvećanom vrijednošću se ulazi u proračun transmisivnih gubitaka.

Koeficijent transmisivnih gubitaka H_T	
Gubici toplote kroz vanjski omotač zgrade: $H_D = 6274,066$ W/K	
Gubici toplote kroz tlo: $H_g = 617,260$ W/K	
Gubici toplote kroz negrijane prostore: $H_U = 713,218$ W/K	
Gubici toplote kroz susjedne objekte: $H_A = 0,000$ W/K	
Koeficijent transmisivnog toplotnog gubitka	$H_T = 7604,543$ [W/K]

Na Slici 1.3. prikazan je procentualni udio transmisivnih gubitaka kroz pojedini dio konstrukcije ovojnice. Kako se vidi, najveći udio u transmisivnim gubicima imaju vanjski zidovi sa 38 %, zatim prozori sa 28 %. Ravni krov ima udio od 18 % u ukupnim transmisivnim gubicima a slijede gubici kroz negrijani tavan. Najmanji su gubici kroz pod na tlu.

Udio ukupnih gubitaka kroz prozore (transmisivnih i ventilacionih) u ukupnim gubicima je znatno veći, kako se vidi na Slici 1.4.



Slika 1.3. Udio transmisionih toplotnih gubitaka kroz dijelove ovojnice objekta

Ukupni ventilacioni gubici toplotne energije $Q_{ve,is}$

Ukupni ventilacioni gubici toplotne energije $Q_{ve,is}$ se određuju putem izraza:

$$Q_{ve,is} = \sum_k f_t H_{ve,k} \theta_{t,H} - \theta_{o,k} \cdot t, \text{ MJ}$$

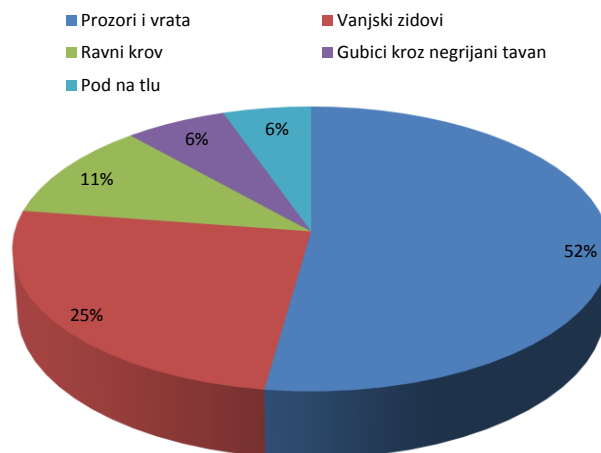
gdje su:

f_t – vrijeme trajanja operacije od ukupnog računskog perioda (ukupno vrijeme $f=1$)

$H_{ve,k}$ – koeficijent prenosa toplote kontrolnim elementom zraka k , putem ventilacije,

$\theta_{t,H}$ – projektna temperatura u objektu ili zoni za grijanje,

$\theta_{o,k}$ – temperatura kontrolnog elementa k zraka kojim se opskrbljuje objekat ili zona objekta ventilacijom ili infiltracijom.



Slika 1.4. Udio ukupnih toplotnih gubitaka kroz dijelove ovojnice objekta

Usvojeni broj izmjena zraka za prirodno provjetravanje je rezultat stanja i starosti otvora koji imaju značajne transmisionne gubitke, dok je zaptivanje u poređenju sa projektovanim stanjem (broj izmjena zraka 1,1) nešto lošije.

Na Slici 1.4. je prikazan udio gubitaka kroz pojedini dio konstrukcije ovojnice. Kako se vidi, najveći udio u ukupnim gubicima imaju otvori sa 52,0 % usljed značajnih ventilacionih gubitaka.

Prirodno provjetranje	$V = 10687,00 \text{ [m}^3\text{]}$ $n_{\min} = 1,1$ $V_d = 0,00 \text{ [m}^3\text{/h]}$ Zaklonjenost - Umjereno zaklonjeno Broj izloženih fasada - Jedna Razina zrakonepropusnosti - Niska
Koef. gubitka topline provjetranjem	$H_v = 3879,38 \text{ [W/K]}$

Ukupni gubici toplote

Ukupni gubici toplote	
Ukupni koeficijent toplotnog gubitka	$H = 11483,92 \text{ [W/K]}$
Grijanje - Isprekidano	$\theta_{\text{int,set,H}} = 16,00 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Mjesečni gubici toplote

Mjesec	Toplotni gubici [MJ]	Toplotni gubici [kWh]
Januar	519819,18	144394,20
Februar	402837,54	111899,30
Mart	335267,99	93130,00
April	196457,73	54571,59
Maj	58441,20	16233,67
Juni	0,00	0,00
Juli	0,00	0,00
August	0,00	0,00
Septembar	26789,68	7441,58
Oktobar	172247,79	47846,61
Novembar	318499,62	88472,12
Decembar	482908,94	134141,40

Sezonski gubici toplote

Mjesec	Toplotni gubici [MJ]	Toplotni gubici [kWh]
Oktobar	172247,79	47846,61
Novembar	318499,62	88472,12
Decembar	482908,94	134141,40
Januar	519819,18	144394,20
Februar	402837,54	111899,30
Mart	335267,99	93130,00
April	196457,73	54571,59
UKUPNO:	2428038,79	674455,20

Godišnji gubici toplote

	Toplotni gubici [MJ]	Toplotni gubici [kWh]
Godišnje	2513269,67	698130,50

1.3.2. Toplotni dobici $Q_{H,gn}$

Ukupni prilivi toplote $Q_{H,gn}$ se određuju putem izraza:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol}, \text{ MJ}$$

gdje su:

Q_{int} – zbir unutrašnjih toplotnih priliva za promatrani period i

Q_{sol} – suma solarnih toplotnih priliva za promatrani period.

Zbir unutrašnjih priliva toplote Q_{int} se određuje prema sljedećim izrazom:

$$Q_{int} = \left\{ \sum_k Q_{int,mn,k} \right\} \cdot t + \left\{ \sum_l (1 - b_l) \cdot Q_{int,mn,u,l} \right\} \cdot t, \text{ MJ}$$

gdje su:

b_l – faktor redukcije za susjedne nekondicionirane prostorije sa unutrašnjim izvorom toplotne energije,

$Q_{int,mn,k}$ – prosječni toplotni fluks od unutrašnjih izvora k toplotne energije,

$Q_{int,mn,u,l}$ – prosječni toplotni fluks od unutrašnjih izvora i u susjednoj nekondicioniranoj prostoriji i

t – dužina sezone grijanja.

Solarni dobici

Solarni dobici toplote se računaju za definirane otvore u projektu.

Unutrašnji dobici toplote

Izračunati unutrašnji dobici toplote prema Tehničkom propisu - $Q_{int} = 13725,00$ [W]

Ukupni dobici toplote

Ukupni dobici toplote	
Unutrašnji dobici toplote	$Q_{int} = 13725,00$ [W]
Solarni dobici toplote	$Q_{sol} = 891571,57$ [MJ]
Ostali dobici toplote	$Q' = 0,00$ [MJ]

Mjesečni dobici toplote

Mjesec	Toplotni dobici [MJ]	Toplotni dobici [kWh]
Januar	72220,28	20061,19
Februar	82385,80	22884,94
Mart	113377,08	31493,63
April	122249,31	33958,14

Mjesec	Toplotni dobici [MJ]	Toplotni dobici [kWh]
Maj	136182,78	37828,55
Juni	137394,17	38165,05
Juli	147380,96	40939,15
August	139418,46	38727,35
Septembar	125681,93	34911,65
Oktoabar	109058,13	30293,93
Novembar	76410,41	21225,11
Decembar	62643,86	17401,07

Sezonski dobici toplote

Mjesec	Toplotni dobici [MJ]	Toplotni dobici [kWh]
Novembar	109058,13	30293,93
Novembar	76410,41	21225,11
Decembar	62643,86	17401,07
Januar	72220,28	20061,19
Februar	82385,80	22884,94
Mart	113377,08	31493,63
April	122249,31	33958,14
UKUPNO:	638344,87	177318,00

Godišnji dobici toplote

	Toplotni dobici [MJ]	Toplotni dobici [kWh]
Godišnje	1324403,17	367889,80

1.3.3. Potrebna toplota za grijanje

Objekti od klasične šuplje opeke od gline $C_m = 452925000,00$ [J/K]

Potrebna energija za grijanje

Proračun potreba za grijanjem prostora je izračunat na osnovu EN ISO 13790:2005 i ukupnih godišnjih potreba za grijanjem. Na Slici 1.5. je prikazana raspodjela mjesečnih potreba za grijanjem u sezoni grijanja.

Ukupna godišnja potrebna toplotna energija za grijanje za stvarne klimatske podatke:

$$Q_{H,nd} = 370957,00 \text{ kWh/a.}$$

Godišnja potrebna toplota za grijanje podjeljena sa korisnom površinom objekta je specifična godišnja potrebna toplotna energija za grijanje i iznosi:

$$Q_{H,nd} = 135,14 \text{ kWh/m}^2\text{a.}$$

Omjer SATI u sedmici sa definiranom internom temperaturom $f_{H,hr} = 0,62$.

Mjesec	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,gn}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{red,H}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
MJESEČNO										
Januar	95616	48778	144394	9850	10211	20061	0,14	0,971	0,78	97630
Februar	74099	37801	111899	13662	9223	22885	0,20	0,950	0,69	62025
Mart	61670	31460	93130	21282	10211	31494	0,34	0,892	0,62	40323
April	36137	18435	54572	24076	9882	33958	0,62	0,772	0,62	17581
Maj	10750	5484	16234	27617	10211	37829	2,33	0,366	0,62	1481
Juni	-4928	-2514	-7442	28283	9882	38165	-5,13	-0,195	1,00	1
Juli	-16408	-8370	-24778	30728	10211	40939	-1,65	-0,606	1,00	31
August	-14144	-7216	-21360	28516	10211	38727	-1,81	-0,552	1,00	17
Septembar	4928	2514	7442	25030	9882	34912	4,69	0,201	0,62	263
Oktobar	31684	16163	47847	20083	10211	30294	0,63	0,768	0,62	15240
Novembar	58585	29887	88472	11343	9882	21225	0,24	0,934	0,63	42942
Decembar	88827	45314	134141	7190	10211	17401	0,13	0,974	0,80	93423
UKUPNO:										370957
SEZONSKO										
Oktobar	31684	16163	47847	20083	10211	30294	0,63	0,658	0,62	17306
Novembar	58585	29887	88472	11343	9882	21225	0,24	0,849	0,62	43680
Decembar	88827	45314	134141	7190	10211	17401	0,13	0,918	0,62	73264
Januar	95616	48778	144394	9850	10211	20061	0,14	0,912	0,62	78181
Februar	74099	37801	111899	13662	9223	22885	0,20	0,874	0,62	56977
Mart	61670	31460	93130	21282	10211	31494	0,34	0,792	0,62	42276
April	36137	18435	54572	24076	9882	33958	0,62	0,662	0,62	19897
UKUPNO:										331581

Ukupna godišnja potrebna toplotna energija za grijanje za referentne klimatske podatke

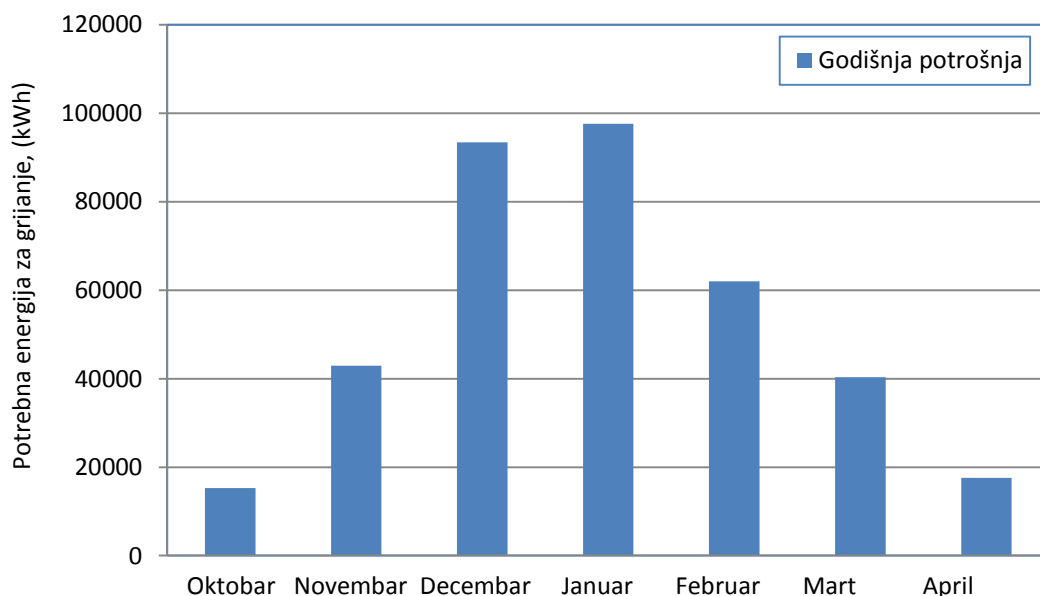
$$Q_{H,nd} = 341891,00 \text{ kWh/a.}$$

Specifična, godišnja potrebna toplota za grijanje za referentne klimatske podatke je:

$$Q_{H,nd} = 124,55 \text{ kWh/m}^2\text{a.}$$

Prema Pravilniku o toplotnoj zaštiti objekata, dopuštena vrijednost specifične potrebne toplote za grijanje za ovakav objekat je prekoračena jer je dozvoljena vrijednost 58 kWh/m²a.

Specifična, godišnja potrebna toplota za grijanje za referentne klimatske podatke je $Q_{H,nd} = 124,55$ kWh/m²a te se objekat svrstava u energetske razred C prema proračunu za nestambene objekte.



Slika 1.5. Mjesečna raspodjela potrebne energije za grijanjem prikazana za sezonu grijanja

1.3.4. Proračun potrošnje i cijene energenata

Rezultati proračuna potrošnje i cijene toplotne energije je izračunata na osnovu godišnje potrebne, korisne energije, stepena efikasnosti sistema grijanja i tržišne cijene toplotne energije u JKP Toplane Sarajevo koja iznosi $0,0857 \cdot 1,17$ KM/kWh. Prema ovoj analizi, troškovi za grijanje iznose oko 39153 KM/god. i niži su od troškova koji proističu iz paušalnog plaćanja troškova za toplotnu energiju.

Parametri Proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Potrebna toplota za grijanje ($Q_{H,nd}$)		370957	kWh/god.
Efikasnost sistema grijanja (cijevna mreža i sistem regulacije) (η_{sist})	$\eta_{sist} = \eta_{mrež} \cdot \eta_{reg}$	95	%
Potrebna toplota u toplotno predajnoj stanici ($Q_{H,tp}$)	$Q_{H,tp} = Q_{H,nd} \cdot \eta_{sist}$	390481,05	kWh
Cijena toplotne energije (C)		0,100269	KM/kWh
Cijena za grijanje/teoretska (Uc)	$Uc = Q_{H,tp} \cdot C$	39153,14	KM/god.

1.3.5. Proračun godišnje emisije CO₂

Rezultati proračuna godišnje emisije CO₂ je izvršen pomoću teoretski potrebne korisne energije za ostvarivanje uslova komfora u objektu.

Parametri Proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Potrebna toplota u toplotno predajnoj stanici ($Q_{H,tp}$)		370957,00	kWh
Emisija CO ₂ po jedinici korisne energije (E)		0,24	kg/kWh
Godišnja emisija CO ₂ (Ge)	$Ge = Q_{H,tp} \cdot E$	87,55	t

1.3.6. Godišnja primarna energija za grijanje

Parametri Proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Potrebna toplota za grijanje ($Q_{H,nd}$)		370957	kWh/god.
Odabrani izvor		Lokalna/daljinska toplina iz kotlovnice	
Odabrani energent		Fosilno gorivo	
Faktor primarne energije (e_p)		1,3	
Primarna energija za grijanje (E_{prim})	$E_{prim}=Q_{H,nd}\cdot e_p$	482244,1	kWh/god.

1.4. Analiza energetske svojstava sistema grijanja

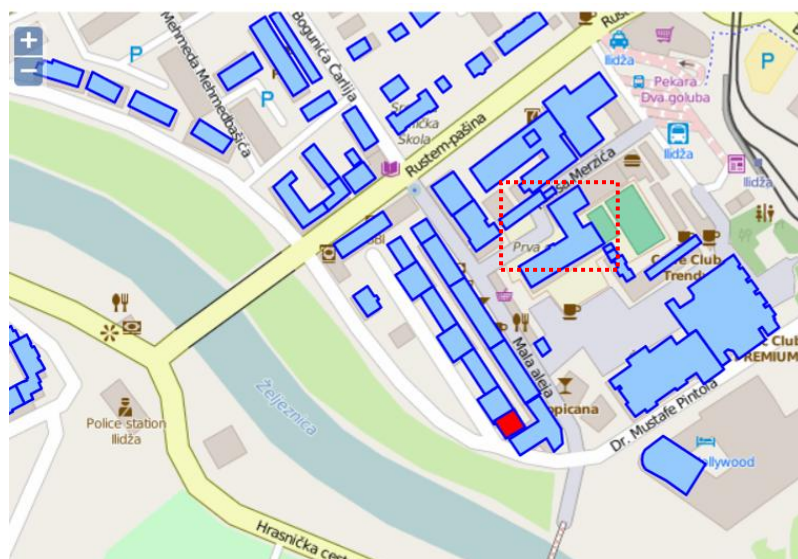
1.4.1. Toplotna podstanica

Objekat toplotnu energiju dobija iz toplotne podstanice, priključene na kotlovnicu Mala Aleja u naselju Ilidža. U podstanici je postavljen mjerač potrošnje toplotne energije ali on nije stavljen u funkcije te se naplata potrošnje toplotne energije vrši paušalno.

Kotlovnica Mala Aleja spada u kategoriju parno-vrelovodnih postrojenja. Rad u kotlovnici je u najvećem dijelu automatizovan uz redovni nadzor stručno osposobljenih lica – rukovaoca kotlovnika. Potrošači (stambeni i poslovni prostori u okruženju) se snabdjevaju toplotnom energijom preko vrelovoda i podstanica.

Kao osnovni energent kotlovnica koristi prirodni gas kojim se snabdjeva preko prijemno regulacione stanice (PRS) smještene pored kotlovnice i plinskih instalacija unutar kotlovnice koje se sastoje od mjernog seta i gasne rampe kotlova. Instalirana snaga u kotlovnici iznosi 7,33 MW sa površinom stambenog prostora koji se zagrijava od 24040 m² i poslovnog od 26787 m².

Na Slici 1.6. je prikazana pozicija škole (crvena isprekidana linija) u odnosu na izvor toplote kotlovnicu Mala Aleja, crveno označena slici.



Slika 1.6. Prikaz pozicije škole u odnosu na izvor toplote kotlovnicu Mala Aleja

1.4.2. Regulacija učina sistema grijanja

Regulacija učina sistema grijanja nije predviđena. Nema hidrauličkog balansiranja između cirkulacionih krugova. Nema ugrađenih ventila sa termostatskim glavama.

1.4.3. Ogrijevna tijela

Grijanje je toplovodno, dvocjevni sistem sa gornjim razvodom temperaturnog režima 90/70 °C. Većina instaliranih radijatora su liveni člankasti marke Higijenik (Slika 1.7.) različitih dimenzija, te razne vrste člankastih radijatora kako je navedeno u Tabeli 1.3.



Slika 1.7. Radijatori postavljeni u objektu (Higijenik i Lipovica SE 690)

Instalisana snaga grijnih tijela/ iznosi 403,23 kW kako je prikazano u Tabeli 1.3.

Tabela 1.3. Ukupno instalisana snaga ogrijevnih tijela

Tip radijatora	Broj radijatora	Broj članaka	Toplotni učin	
			W	kW
Higijenik II 900/200	37	760	192	145,9
Higijenik II 610/200	6	135	137	18,5
Higijenik II 450/200	46	1476	101	149,1
Higijenik II 550/200	24	494	121	59,8
Lipovica SE 690	9	165	98	16,2
Jadran 200/G	1	26	84	2,2
Jadran 600/3	4	70	102	7,1
Mediteran 600/4	2	26	172	4,5
Ukupno	129			403,23

Instalisana snaga grijaćih tijela iskazana po zapremini grijanog prostora iznosi 37,73 kW/m³.

Na člankastim radijatorima i velikom broju pločastih radijatora ugrađeni su ručni regulacioni ventili i podventili, bez automatske regulacije učinka grejnih tijela.

1.5. Analiza energetske svojstava sistema hlađenja

U objektu je instalisan jedan split sistem za potrebe hlađenja objekta. Vrijeme rada u periodu korištenja je procijenjeno na 5 sati sa ukupno procijenjenom potrošnjom na godišnjem nivou navedenom u Tabeli 1.4.

Tabela 1.4. Godišnja potrošnja split sistema

Tip potrošača	Snaga	Broj	Vrijeme rada	Broj radnih dana	Ukupna godišnja potrošnja
	W		h		kWh
Split sistem	900	1	5	90	405
Ukupno					405

1.6. Analiza sistema za pripremu potrošne tople vode

Priprema tople vode se vrši u 7 akumulacionih bojlera (4 x 50 l i 3 x 5 l), ukupne instalisane snage 14 kW (Slika 1.8). Prema analizi stvarne potrošnje vode i broj bojlera, može se procijeniti da se oko 13 % ukupne potrošnje vode iskoristi u sistemu za pripremu tople vode. Analiza potrošnje je data u Tabeli 1.5.

Tabela 1.5. Godišnja potrebna toplota za pripremu potrošne tople vode

Potrebni podaci	Električni bojler
Temperatura vode u spremniku θ_w	60,0 °C
Temperatura vode u vodovodu θ_0	13,5 °C
Razlika temperatura $\theta_w - \theta_0$	46,5 °C
Godišnja potrošnja vode V_w	245,8 m ³
$\rho_w c_w$	1,16 kWh/m ³ K
Godišnja potrebna toplina za zagrijavanje vode Q_w	13260,00 kWh



Slika 1.8. Akumulacioni bojler instalisan u objektu

1.7. Analiza energetskih svojstava sistema potrošnje električne energije – elektroinstalacije, rasvjeta, uređaji i ostala trošila

Objekat se napaja električnom energijom preko JP EPBiH, PJ "Elektrodistribucija Sarajevo". Kupac spada u tarifnu grupu M-2. Mjerenje isporučene električne energije se vrši preko jednog mjernog mjesta za objekat.

Potrošači električne energije u objektu bi se po svojoj funkciji mogli svrstati u sljedeće grupe: rasvjeta, razni električni potrošači u kuhinji oprema i električni bojleri.

1.7.1. Rasvjeta

Instalisana snaga rasvjetnih tijela iznosi 30,22 kW, Tabela 1.6. Rasvjeta objekta zauzima najveći dio instalisane snage. Rasvjetna tijela čine:

- fluo-cijevi, 710 sijalica, ukupne instalisane snage 21,8 kW i
- sijalice sa žarnom niti, 112 komada, ukupne instalisane snage 5,66 kW.

Tabela 1.6. Pregled rasvjetnih tijela instaliranih u objektu

Tip potrošača	Snaga	Broj sijalica	Vrijeme rada	Broj radnih dana	Ukupna godišnja potrošnja
	W		h		kWh
Fluorescentna sijalica, 1200 mm	36	128	4	185	3409,9
Fluorescentna sijalica, 590 mm	18	35	3	185	349,7
Sijalica sa žarnom niti	100	28	3	185	1554,0
Sijalica sa žarnom niti	40	21	3	185	466,2
Sijalica sa žarnom niti	75	27	3	185	1123,9
Štedna sijalica	20	113	3	185	1254,3
LED lampa 1 m x 0,3 m	200	1	3	185	111,0
Ukupno					8157,9

1.7.2. Ostali potrošači električne energije (električni bojleri i kuhinja)

U prostorijama objekta nalazi se nekoliko manjih potrošača električne energije, Slike 1.9. i 1.10., za koje je procjena godišnje potrošnje električne energije data u Tabeli 1.7.



Slika 1.9. Električni štednjak i frižider



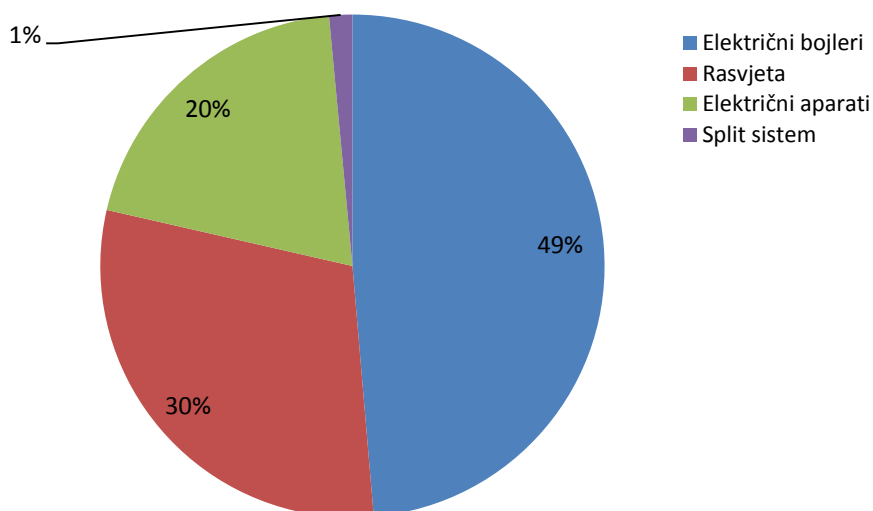
Slika 1.10. Rashladna vitrina

Tabela 1.7. Pregled potrošnje električne energije za uređaje u objektu

Tip potrošača; Kuhinja	Snaga	Broj	Vrijeme rada	Broj radnih dana	Ukupna godišnja potrošnja
	kW		h		kWh
Frižider	0,2	2	16	365	2336
Električni štednjak (pećnice i ringle)	2	2	1	185	740
Kafe aparat	1,4	1	2	185	518
Aparat za vodu	1,4	1	2	185	518
Škrinja	0,3	1	7	185	388,5
Rashladna vitrina	0,36	2	7	185	932,4
Ukupno					5432,9

1.7.3. Struktura potrošnje električne energije

Procjena strukture potrošnje je data na Slici 1.11. Kako se vidi, najveći udio u ukupnoj potrošnji električne energije imaju električni bojleri, rasvjeta i razni kuhinjski uređaji.



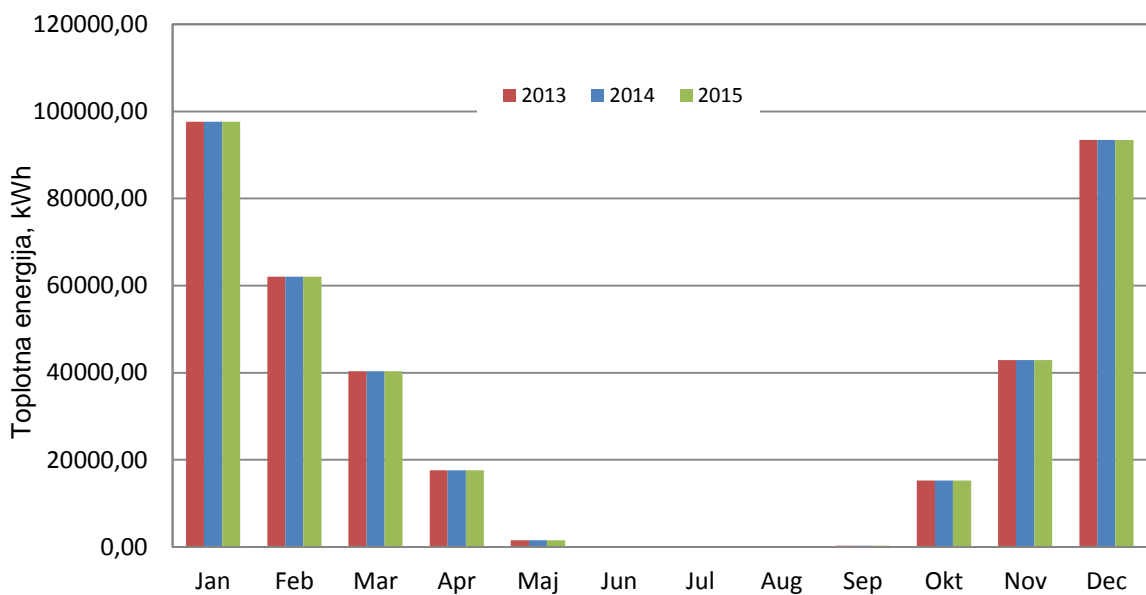
Slika 1.11. Struktura potrošnje električne energije u objektu

1.8. Analiza karakteristika potrošnje energije i vode

Za pogon instaliranih sistema u objektu kao energenti koriste toplotna energija, električna energija i voda. Toplotna energija se koristi za grijanje, dok se električna energija koristi za pogon električnih uređaja i rasvjete.

1.8.1. Toplotna energija

Toplotna energija se isporučuje objektu preko toplotne podstanice. Nema podataka o stvarnoj potrošnji pa je napravljena procjena o profilu potrošnje na osnovu teoretski potrebne toplotne energije, prikazana na Slici 1.12.



Slika 1.12. Grafički prikaz potrošnje energije za grijanje objekta za period 2013 - 2015 godina

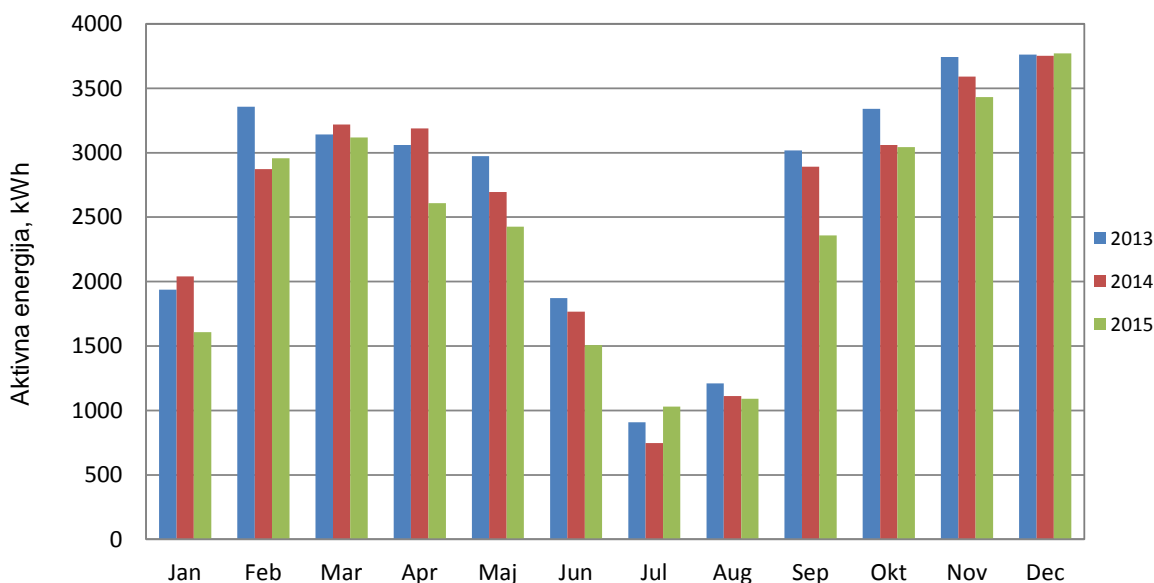
1.8.2. Električna energija

Pregled potrošnje električne energije po mjesecima za prethodne tri godine je dat u Tabeli 1.8. i na Slici 1.13.

Tabela 1.8. Pregled potrošnje električne energije u posljednje tri godine

	El. en. 2013. (kWh)	El. en. 2014. (kWh)	El. en. 2015. (kWh)
Januar	1938,44	2039,76	1607,32
Februar	3357,64	2872,4	2957,56
Mart	3142,44	3218,92	3118,88
April	3060	3188,44	2608,96
Maj	2972,84	2694,68	2426,48
Juni	1870,96	1766,2	1506,92
Juli	907,28	747,48	1029,92
Avgust	1210,48	1110,72	1090,63
Septembar	3017,52	2892,16	2357,52
Oktobar	3339,36	3059,24	3043,04
Novembar	3743,28	3589,68	3430,8
Decembar	3760,258	3751,72	3769,56
Ukupno:	32320,5	30931,4	28947,59

Slika 1.13. pokazuje vrijednosti potrošnje po mjesecima. Vidljiva je smanjena potrošnja tokom perioda juni-avgust, te januar tokom perioda smanjenih školskih aktivnosti.



Slika 1.13. Usporedni pregled potrošnje električne energije po mjesecima za period 2013 - 2015 godina

Poređenjem potrošnje po godinama, vidi se ujednačena potrošnja, bez velikih odstupanja. Prosječni godišnji troškovi za električnu energiju iznose 7702,2 KM god. sa uključenim PDV-om.

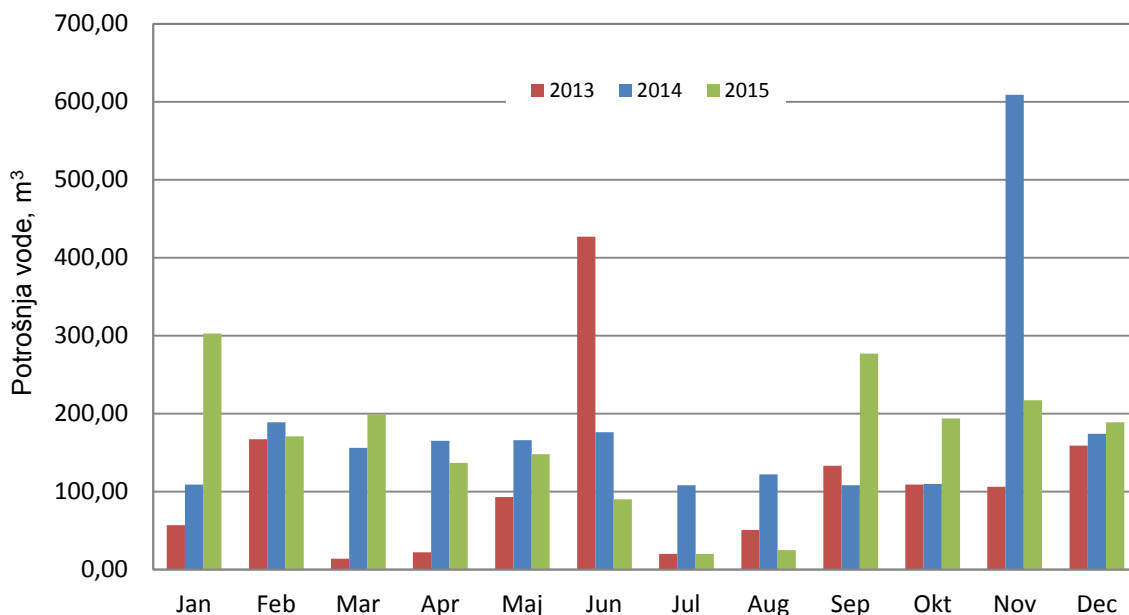
1.8.3. Voda

Objekat OŠ se vodom snabdijeva iz sistema Vodovoda. Značajnija potrošnja vode je za sanitarne potrebe u toaletima.

Do podataka o stvarnoj potrošnji vode se došlo na osnovu dostavljenih podataka o računima za vodu. Mjesečna potrošnja vode za period 2013. - 2015. godina je data u Tabeli 1.9., a trend potrošnje vode za isti period dat je na Slici 1.14.

Tabela 1.9. Potrošnja vode za period od 2013 do 2015. godine.

Mjesec	2013.	2014.	2015.
	Voda (m ³)	Voda (m ³)	Voda (m ³)
Januar	57,00	109,00	303,00
Februar	167,00	189,00	171,00
Mart	14,00	156,00	199,00
April	22,00	165,00	137,00
Maj	93,00	166,00	148,00
Juni	427,00	176,00	90,00
Juli	20,00	108,00	20,00
Avgust	51,00	122,00	25,00
Septembar	133,00	108,00	277,00
Oktobar	109,00	110,00	194,00
Novembar	106,00	609,00	217,00
Decembar	159,00	174,00	189,00
Ukupno:	1358,0	2192,0	1970,0

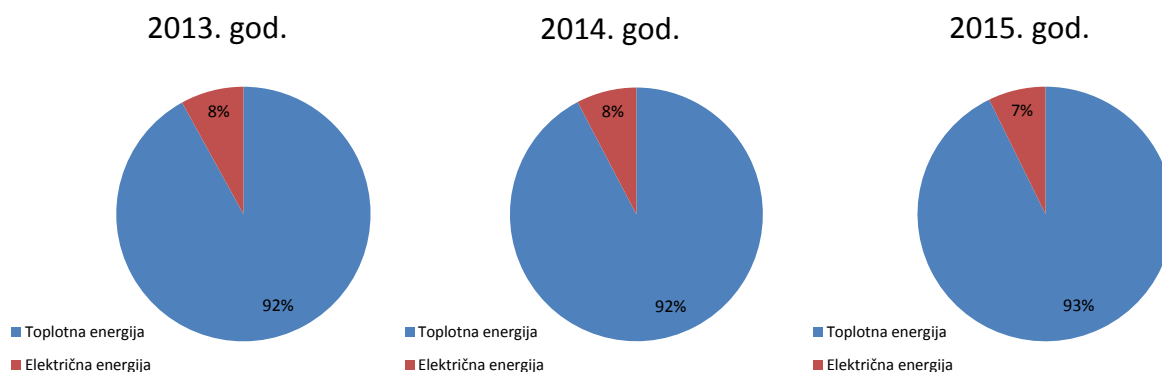


Slika 1.14 . Potrošnja vode u periodu 2013.- 2015. godine.

Prosječni godišnji troškovi za vodu bilježe trend povećanja u prethodne tri godine i iznose 3285,00 KM god. sa uključenim PDV-om.

1.8.4. Pregled potrošnje energenata

Na Slici 1.15. je data struktura potrošnje energenata za period 2013.- 2015. godina. U 2013. i 2014. godini strukturu potrošnje energije čini električna energija sa 8 % i toplotna energija sa 92 %. Strukturu potrošnje energije za 2015. godinu, čini električna energija sa 7 %, te toplotna energija sa 93 %.



Slika 1.15. Struktura potrošnje energenata u objektu za period 2013 - 2015godine

Zbirni pregled potrošnje energenata je prikazan u Tabeli 1.10.

Tabela 1.10. Pregled potrošnje energije za period 2013 - 2015 godine

Pregled potrošnje energije u 2013. godini													
Struktura potrošnje (kWh)	januar	februar	mart	april	maj	Juni	juli	august	septem	oktobar	novemb	decembar	Ukupno po energentu (kWh)
Toplotna energija (kWh)	97630,0	62025,0	40323,0	17581,0	1530,0	0	0	0	263,0	15240,0	42942,0	93423,0	370957,00
Električna energija (kWh)	1938,44	3357,64	3142,44	3060,00	2972,84	1870,96	907,28	1210,48	3017,52	3339,36	3743,28	3760,26	32320,50
Ukupna potrošnja energije po mjesecu (kWh)	99568,4	65382,6	43465,4	20641,0	4502,8	1871,0	907,3	1210,5	3280,5	18579,4	46685,3	97183,3	403277,5
Pregled potrošnje energije u 2014. godini													
Struktura potrošnje (kWh)	januar	februar	mart	april	maj	Juni	juli	august	septem	oktobar	novemb	decembar	Ukupno po energentu (kWh)
Toplotna energija (kWh)	97630,0	62025,0	40323,0	17581,0	1530,0	0,0	0,0	0,0	263,0	15240,0	42942,0	93423,0	370957,00
Električna energija (kWh)	2039,76	2872,40	3218,92	3188,44	2694,68	1766,20	747,48	1110,72	2892,16	3059,24	3589,68	3751,72	30931,40
Ukupna potrošnja energije po mjesecu (kWh)	99669,8	64897,4	43541,9	20769,4	4224,7	1766,2	747,5	1110,7	3155,2	18299,2	46531,7	97174,7	401888,4
Pregled potrošnje energije u 2015. godini													
Struktura potrošnje (kWh)	januar	februar	mart	april	maj	Juni	juli	august	septem	oktobar	novemb	decembar	Ukupno po energentu (kWh)
Toplotna energija (kWh)	97630,0	62025,0	40323,0	17581,0	1530,0	0,0	0,0	0,0	263,0	15240,0	42942,0	93423,0	370957,00
Električna energija (kWh)	1607,32	2957,56	3118,88	2608,96	2426,48	1506,92	1029,92	1090,63	2357,52	3043,04	3430,80	3769,56	28947,59
Ukupna potrošnja energije po mjesecu (kWh)	99237,3	64982,6	43441,9	20190,0	3956,5	1506,9	1029,9	1090,6	2620,5	18283,0	46372,8	97192,6	399904,6

2. Analiza mjera za poboljšanje energetske efikasnosti objekta

Mjere za poboljšanje energetske efikasnosti se mogu svrstati u arhitektonsko-građevinske i mjere poboljšanja termotehničkih sistema. U arhitektonsko-građevinske mjere spadaju mjere sanacije ovojnice, prije svega zamjena prozora na koje otpada preko 70% ukupnih gubitaka toplotne energije, te mjera toplotne izolacije zidova i sanacija stropa prema negrijanom tavanu.

2.1. Opis mjera poboljšanja termalnih performansi ovojnice objekta

Na osnovu pregleda mogućih mjera povećanja energetske efikasnosti, te analize trenutnog stanja toplotnih karakteristika omotača objekta, predlažu se sljedeće građevinske mjere relevantne za implementaciju u ovom trenutku:

- Zamjena prozora,
- Toplotna izolacija vanjskih zidova,
- Toplotna izolacija stropa prema negrijanom tavanu.

Predložene mjere sanacije su detaljno objašnjene u nastavku.

2.1.1. Mjera 1, zamjena otvora

Trenutno stanje vanjske stolarije nije zadovoljavajuće, ugrađeni prozori su izgubili sposobnost zaptivanja, što značajno povećava ventilacione gubitke u zimskom periodu, te prilive toplote u ljetnom periodu. Koeficijent prolaska toplote za postojeće drvene prozore je $U = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Prema novim tehničkim propisima u FBiH, koeficijent prolaska toplote za prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno $U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Slika 2.1.). Preporuka za sanaciju stolarije na Objektu je da se svi stari prozori zamjene sa PVC prozorima s koeficijentom prolaska toplote $U = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, tako da će se i daljnji proračuni izvršiti uzimajući u obzir ovu veličinu koeficijenta prolaska toplote. Prozori moraju osigurati: dobro zaptivanje, jednostavno otvaranje i nizak koeficijent prolaska toplote.



Slika 2.1. Primjer presjeka savremenih profila PVC prozora sa koef. Prolaza toplote manjim od $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (preuzeto sa <http://www.promont-stolarija.com/pvc-prozori-brilliant.php>)

U Tabeli 2.1. dati su koeficijenti prolaska toplote za prozore u zatečenom stanju i nakon predloženih mjera sanacije.

Tabela 2.1. Tipovi prozora

Opis prozora	Površina, m ²	Koeficijent prolaza toplote u zatečenom stanju	Opis prozora	Koeficijent prolaza toplote nakon sanacije
Drveni okvir/Dvostruko ostakljenje	426,59	3,0 W/m ² K	PVC okvir/Dvostruko izolirajuće staklo s jednim međuslojem vazduha	1,2 W/m ² K

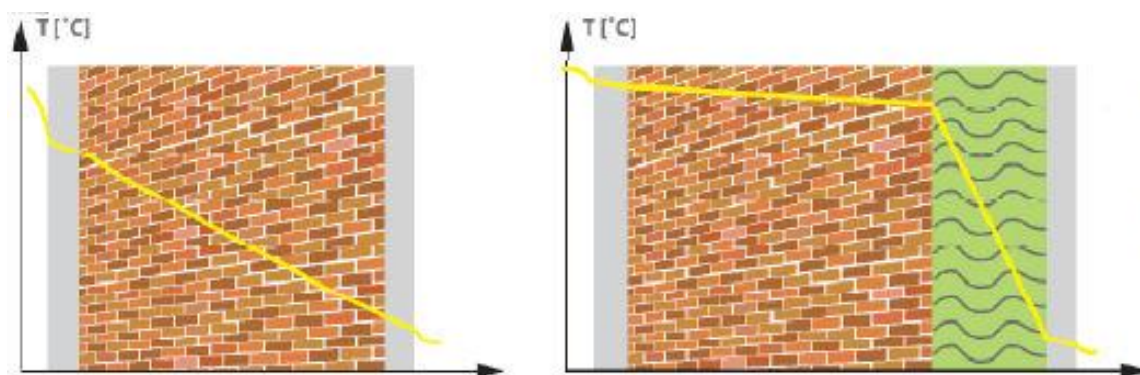
2.1.2. Mjera 2, toplotna izolacija vanjskih zidova

Na objektu je potrebno je izvršiti toplotnu izolaciju svih vanjskih zidova, postavljanjem ekspandiranog polistirena (EPS) debljine 10 cm. Toplotnu izolaciju potrebno je izvršiti postavljanjem izolacije sa vanjske (zimi hladnije) strane zida. Predloženo rješenje ugradnje toplotne izolacije je izvedbom tzv. ETICS sistema za vanjsku toplotnu izolaciju na osnovi ekspandiranog polistirena.

Za rezanje EPS ploča mora se, na gradilištu, koristiti uređaj sa vrućom žicom. Lijepljenje ploča se mora izvesti tako da ljepilo prekrije oko 40 % površine ploče. Nakon nanošenja ljepila, ploče se pritisnu na ravnu podlogu. Početni profil (Al, ili PVC) pričvrsti se najmanje 30 cm od tla. Radi trajne zaštite sistema, prije ulaganja u početni profil na donji rub EPS ploče lopaticom se nanese sloj ljepila.

Sistem treba zaštititi s ljepilom i mrežicom ili ugaonim profilom s integriranom mrežicom na svim krajevima. Za izvedbu toplotne izolacije podnožja zida (sokl) koristi se ekstrudirani polistiren (XPS). Kada se EPS ploče mehanički pričvršćuju, rupe se buše kroz ploče, prema rasporedu i proračunu projektanta. Bušenje rupa može se izvesti najranije 24 sata nakon lijepljenja ploča, kroz EPS ploču i ljepilo. Treba nastojati da se rupe buše kroz ploču i ljepilo, jer može u protivnom doći do krivljenja ploča. Na uglovima ploče EPS moraju se sudarati izmjenično u svakom slijedećem redu. Obzirom da se predlaže postavljanje toplotno-izolacijskih ploča u dva sloja (5+5 cm), potrebno je naglasiti da se prvi sloj lijepi u skladu s navedenim smjernicama, a drugi sloj izolacijskih ploča se lijepi na prvi sloj izolacijskih ploča uz izmjenično preklapanje. Ako je potrebno dodatno mehaničko pričvršćenje, tiplovi kod EPS ploča se postavljaju u prvi sloj. Alkalno otporna staklena mrežica utisne se u prvi sloj ljepila i odmah, bez nabora, zagladi gladilicom od sredine prema krajevima. Drugi sloj ljepila nanosi se u što tanjem sloju. Debljina armirajućeg sloja (ljepilo + mrežica) treba biti što tanja, do 2,5 mm. Završni fasadni malter nanosi se nehrđajućom gladilicom ili prskanjem. Prolaz toplote sa završnih slojeva ETICS sistema na zid spriječava toplotna izolacija EPS. Zato su naprezanja u završnim slojevima ETICS sistema višestruko veća nego u klasičnim maletrima nanesenim direktno na masivni zid. Što je tamnija nijansa završnog fasadnog maltera, to će zagrijavanje biti veće. Kod primjene tamnih nijansi, posebno na sunčanim stranama, mogu nastati građevinske štete. Zato se primjena izrazito tamnih nijansi preporučuje samo na detaljima i manjim površinama ili na neosunčanim površinama zgrade. Izbor nijanse kao i tekture fasadnog maltera trebao bi se propisati u projektnoj dokumentaciji na temelju fizikalnih svojstava i refleksije nijanse fasadnog maltera. Sve spojeve (spoj s prozorima i vratima, spoj s krovom, spoj s kutijom za roletne), kao i sve prodore kroz ETICS (gromobranske instalacije, žljebovi, elektroinstalacije i dr.) potrebno je izvesti odgovarajućim priključnim profilima ili brtvenim trakama kako bi sistem bio zaštićen od prodora vlage. Pravilno izvedeni detalji spojeva bitno utiču na trajnost i funkcionalnost ETICS-a. Prozorske klupice je moguće postaviti prije ili poslije izvedbe ETICS-a. Kod postavljanja prozorskih klupica sve eventualne

šupljine treba ispuniti toplotno-izolacijskim materijalom. Na Slici 2.2. prikazane su konstrukcije zidova i temperaturne krive za postojeće i projektovano stanje za vanjski zid od opeke.



Slika 2.2. Konstrukcija zida i temperaturna kriva za neizolovani i izolovani zid od opeke

Koeficijent prolaska toplote za vanjske zidove na Objektu nakon predloženih mjera sanacije dat je u Tabeli 2.2.

Tabela 2.2. Koeficijenti prolaska toplote za zidove, prije i nakon sanacije

Sastav vanjskog zida	Debljina sloja	Površina, m ²	Koeficijent prolaza toplote U	Zadovoljava propise*
Staro				
Vapneno – gipsana žbuka	3,0 cm	1442,60	1,49 W/m ² K	NE
Puna opeka od gline	36 cm			
Vapneno – cementna žbuka	3,0 cm			
Novo				
Vapneno – gipsana žbuka	3,0 cm	1442,60	0,32 W/m ² K	DA
Puna opeka od gline	36 cm			
EPS	10 cm			
Fasadna žbuka	0,2 cm			
Staro				
Vapneno – gipsana žbuka	3,0 cm	139,24	2,18 W/m ² K	NE
Armirani beton	55 cm			
Vapneno – cementna žbuka	230 cm			
Novo				
Vapneno – gipsana žbuka	3,0 cm	139,24	0,34 W/m ² K	DA
Armirani beton	55 cm			
EPS	10 cm			
Fasadna žbuka	0,2 cm			
Staro				
Vapneno – gipsana žbuka	3,0 cm	14,76	2,75 W/m ² K	NE
Puna opeka od gline	12,0 cm			
Trapezni lim	0,07 cm			
Novo				
Vapneno – gipsana žbuka	3,0 cm	14,76	0,35 W/m ² K	DA
Puna opeka od gline	12 cm			
EPS	10 cm			
Fasadna žbuka	0,2 cm			

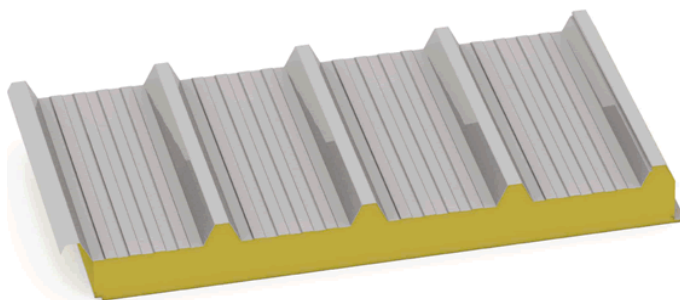
Uticaj toplotnih mostova je umanjen i usvojeno je povećanje koeficijenta prolaza toplote za vrijednost $\Delta U=0,05$ (W/m²K).

2.1.3. Mjera 3, sanacija stropa prema negrijanom tavanu i krova fiskulturne sale

Na objektu škole je krov izveden kao kosi, sa pokroviom od trapeznog lima. Nije izvršeno postavljanje toplotne izolacije stropa prema negrijanom tavanu, što dovodi do značajnih toplotnih gubitaka iz grijanog prostora u zimskom periodu, a do pregrijavanja prostora ispod stropa prema negrijanom tavanu u ljetnom periodu. Obzirom da se radi o negrijanom potkrovlju pod neizoliranim krovom (tzv. Hladno potkrovlje) potrebno je izolirati strop prema negrijanom potkrovlju. Na nosivu konstrukciju prvo se polaže parna brana (PE folija), nakon čega se postavlja mineralna vuna, Slika 2.3.a. Minimalna debljina izolacije je 15 cm. Iznad fiskulturne sale je izveden jednovodni kosi krov sa pokrovom od trapeznog lima, koji nije toplotno izoliran, te se predviđa toplotna izolacija krova sendvič panelima, koji se sastoje od dva pocinčana čelična lima, između kojih je sloj kamene vune debljine 15 cm, Slika 2.3.b. Koridor koji povezuje školsku zgradu i fiskulturnu salu, te prostorije svlačionica pokriven je ravnim krovom na armiranobetonskoj tavanici. Pregledom objekta, te snimanjem termovizijskom kamerom nije utvrđeno da je doslo do prodora vlage u medjuspratnu konstrukciju. Kako je ranije u Izvještaju navedeno, krov nije toplotno izoliran. Prema Pravilniku o tehničkim zahtjevima za toplotnu zaštitu objekata i racionalnu upotrebu energije ("Službene novine FBiH", br. 49/09) o maksimalno dozvoljenom koeficijentu prolaza toplote vanjske ovojnice objekta, krovna konstrukcija ne zadovoljava. Iz tog razloga se predlaže dodatna toplotna izolacija krova, ekstrudiranim polistirenom (XPS), u debljini sloja od 15 cm na ravnom krovu. Postojeću hidroizolaciju na ravnom dijelu krova potrebno je ojačati lijepljenjem sintetičke membrane na bazi mekog polivinilhlorida (PVC), kaširane poliesterskim filcom, koji služi kao odvajajući sloj. Membrana se lijepi poliuretanskim ljepilom na pripremljenu podlogu. Zatim se postavlja toplotna izolacija, obavezno u jednom sloju, kako ne bi došlo do nastanka vodenog filma među pločama XPS-a. Ploče se postavljaju u sistemu slobodnog polaganja. Iznad ploča XPS-a postavlja se geotekstil, kao filterski sloj, sa preklapom od min. 20 cm. Završni sloj je šljunak, frakcije 16-32 mm, minimalne debljine od 5 cm.



Slika 2.3.a Postavljanje toplotne izolacije na pod negrijanog tavana



Slika 2.3.b Krovni paneli sa ispunom od kamene vune

U Tabeli 2.3. dati su koeficijenti prolaska toplote za strop prema negrijanom tavanu i za krov iznad fiskulturne sale nakon predloženih mjera sanacije.

Tabela 2.3. Koeficijenti prolaska toplote za stropove/ravni krov, prije i nakon sanacije

Sastav stropa/krova	Debljina sloja	Površina, m ²	Koeficijent prolaza toplote U	Zadovoljava propise*
Staro				
Vapneno – gipsana žbuka	2,5 cm	829,5	1,03 W/m ² K	NE
Daske	3,0 cm			
Armirano betonska sitnorebrasta tavanica	10+30 cm			
Novo				
Vapneno – gipsana žbuka	2,5 cm	829,5	0,20 W/m ² K	DA
Daske	3,0 cm			
Armirano betonska sitnorebrasta tavanica	10+30 cm			
PE folija	0,01 cm			
Mineralna vuna	15 cm			
Staro				
Vapneno – gipsana žbuka	2,5 cm	330,0	2,62 W/m ² K	NE
Daske	3,0 cm			
Trapezni lim	0,12 cm			
Novo				
Pocinčani čelični lim	0,06 cm	330,0	0,24 W/m ² K	DA
Kamena vuna	15 cm			
Pocinčani čelični lim	0,06 cm			
Staro				
Vapneno – gipsana žbuka	2,5 cm	254,4	1,35 W/m ² K	NE
Daske	3,0 cm			
Betonska ploča	15,0 cm			
Beton za nagib	6 cm			
Bitumenska hidroizolacija	0,5 cm			
Novo				
Vapneno – gipsana žbuka	2,5 cm	254,4	0,17 W/m ² K	DA
Daske	3,0 cm			
Betonska ploča	15,0 cm			
Beton za nagib	6 cm			
Bitumenska hidroizolacija	1,0 cm			
XPS	15 cm			
Geotekstil	0,1 cm			
Pijesak, šljunak	5,0 cm			

2.2. Analiza ušteda primjenom mjera poboljšanja termalnih performansi ovojnice objekta

2.2.1. Analiza uštede energije primjenom Mjere 1, zamjena otvora

Uz redukovanje koeficijenta transmisijskog gubitka, kod primjene mjere sanacije stolarije uzima se u obzir i redukovanje koeficijenta ventilacionih gubitaka. Zamjena prozora rezultira značajnim smanjenjem potrebne godišnje energije za grijanje u odnosu na sadašnje stanje kako je i prikazano u Tabeli 2.4.

Tabela 2.4. Smanjenje potrebne energije za grijanje primjenom Mjere 1

	Vrijednost ukupne energije za grijanje, $Q_{H,n}$ kWh	Smanjenje potrebne energije za grijanje, kWh
Sadašnje stanje	370957,00	-
Zamjena stare stolarije/Mjera 1	257537,00	113420,00

2.2.2. Analiza uštede energije primjenom Mjere 2, toplotna izolacija vanjskih zidova

Sanacija zidova rezultira smanjenjem potrebne godišnje energije za grijanje u odnosu na sadašnje stanje kako je i prikazano u Tabeli 2.5.

Tabela 2.5. Smanjenje potrebne energije za grijanje primjenom Mjere 2

	Vrijednost ukupne energije za grijanje, $Q_{H,n}$ kWh	Smanjenje potrebne energije za grijanje, kWh
Sadašnje stanje	370957,00	-
Sanacija zidova/Mjera 2	280433,00	90524,00

2.2.3. Analiza uštede energije primjenom Mjere 3, sanacija stropa prema negrijanom tavanu i krova iznad fiskulturne sale

Sanacija stropa prema negrijanom tavanu i krova iznad fiskulturne sale rezultira smanjenjem potrebne godišnje energije za grijanje u odnosu na sadašnje stanje kako je i prikazano u Tabeli 2.6.

Tabela 2.6. Smanjenje potrebne energije za grijanje primjenom Mjere 3

	Vrijednost ukupne energije za grijanje, $Q_{H,n}$ kWh	Smanjenje potrebne energije za grijanje, kWh
Sadašnje stanje	370957,00	-
Toplotna izolacija stropa prema negrijanom tavanu/ krova/Mjera 3	306177,00	64780,00

2.3. Opis termotehničkih mjera poboljšanja energetske efikasnosti objekta

U predložene termotehničke mjere sanacije objekta spadaju:

Mjera 4; Postavljanje termostata na radijatore i

Mjera 5; Sanacija sistema grijanja i prelazak na režim plaćanja prema potrošnji toplotne energije.

2.3.1. Mjera 4, ugradnja termostatskih ventila na radijatore

U objektu nije instalirana oprema za regulaciju temperature u prostorijama. Jedan od načina regulisanja je ugradnja termostatskog ventila na svaki radiator.



Slika 2.4. Termostatski ventil

Termostatski ventil smanjuje protok tople vode u radijatoru kada temperatura u prostoriji dostigne vrijednost određenu od strane korisnika a povećava kad temperatura padne ispod zadane vrijednosti. Na ovaj način se omogućava komfor korisnika prostora, izbjegava se pregrijavanje prostorija i postižu uštede u gorivu koje mogu imati vrijednost od 8 do 12 % ukupne potrošnje. Na Slici 2.4. je prikazan termostatski ventil.

Ukupan broj radijatora u objektu je 129, što je i ukupan broj termostatskih ventila koje je potrebno nabaviti.

2.3.2. Mjera 5, Sanacija sistema grijanja i prelazak na režim plaćanja prema potrošnji toplotne energije

Nakon što se primjene arhitektonske mjere energetske efikasnosti, predlaže se mjera mjerenje isporučene toplote školi. Mjerni set je već postavljen a sanacija sistema grijanja uključuje aktiviranje mjerila utroška toplotne energije i prelazak na režim grijanja koji odgovara vremenu rada objekta a to je do 20:00 svaki radni dan, umjesto do 22:00 svaki dan.

Da bi bilo moguće redukovati ili potpuno obustaviti grijanje potrebno je ugraditi jedan troputi ventil sa elektromotornim pogonom i programskim satom, kojim će se automatski upravljati sa zahtjevima u pogledu grijanja i time će se period od sedam dana grijanja smanjiti na 5 dana grijanja u sedmici, a dnevni pogon se može redukovati sa 15 sati dnevno na 13,5 sati dnevno, 5 dana u sedmici umjesto dosadašnjih 7. Pored toga potrebna je cirkulaciona pumpa u razvodnom vodu sistema grijanja.

Sanacija sistema grijanja uključuje i postavljanje toplotne izolacije na cijevi sistema grijanja koje se nalaze u prostoru negrijanog tavana.

2.4. Analiza ušteda primjenom termotehničkih mjera sanacije

2.4.1. Analiza uštede energije primjenom Mjere 4, ugradnja termostatskih ventila na radijatore

Ugradnja termostatskih ventila rezultira povećanjem stepena regulacije sistema grijanja i uštedi u potrošnji toplotne energije, kako je pokazano u Tabeli 2.7. u kojoj su pokazane uštede energije i troškova

grijanja koje proizilaze iz ove mjere. Uštede energije su procijenjene na oko 2 % ušteda potrošnje energije na godišnjem nivou.

Tabela 2.7. Uštede energije i troškova za grijanje primjenom mjere ugradnje termostatskih ventila na radijatore

Investicija				Uštede	
Cijena jednog seta	KM	32	Toplotna energija	7809,62	kWh/god.
Cijena ugradnje	KM	10			
Broj setova	-	129			
Ukupna cijena	KM	7740	Troškovi grijanja	783,06	KM/god.

2.4.2. Analiza uštede energije primjenom Mjere 5, Sanacija sistema grijanja i prelazak na režim plaćanja prema potrošnji toplotne energije

Sanacija sistema grijanja rezultira smanjenjem potrebne godišnje energije za grijanje u odnosu na sadašnje stanje kako je i prikazano u Tabeli 2.8.

Tabela 2.8. Smanjenje potrebne energije za grijanje primjenom Mjere 5

	Vrijednost ukupne energije za grijanje, $Q_{H,n}$ kWh	Smanjenje potrebne energije za grijanje, kWh
Sadašnje stanje	370957,00	-
Sanacija sistema grijanja/Mjera 4	283654,00	87303

2.5. Scenariji implementacije predloženih mjera za povećanje energetske efikasnosti objekta

Poređenje vrijednosti investicije i uštede, izračunate su na osnovu ušteta u potrošnji goriva nakon primjene određene mjere. Tačnost koja se očekuje u ovoj fazi realizacije iznosi oko $\pm 20\%$.

Analiza profitabilnosti zahtijeva da se se sljedeći ekonomski parametri kvalifikuju što je moguće tačnije:

Investicija	I_0 [KM]
Godišnja neto ušteta	B [KM/god]
Tehnički/ekonomski vijek trajanja	n [god]
Nominalna kamatna stopa	$n_r \times 100$ [%]
Realna kamatna stopa	$r \times 100$ [%]
Stopa inflacije	$b \times 100$ [%]

Ekonomski vijek trajanja za toplotnu izolaciju i prozore iznosi 30 godina.

Realna kamatna stopa je nominalna kamatna stopa korigovana prema inflaciji, relativnom povećanju cijene energije i drugim mogućim relativnim povećanjima cijena. Realna kamatna stopa korigovana za inflaciju je:

$$r = \frac{n_r - b}{b + 1}$$

Uzeto je da realna kamatna stopa iznosi 7%.

Isplata je vrijeme koje je potrebno da se vrati investicija uzimajući u obzir realnu kamatnu stopu. To znači da treba odrediti vrijeme koje je potrebno prije nego što bude neto sadašnja vrijednost jednaka nuli (NPV=0):

$$NPV = B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0 = 0$$

U Tabeli 2.15. dati su rezultati sprovedene ekonomske analize isplativosti.

2.5.1. Analiza ušteta energije primjenom mjera u Scenariju 1

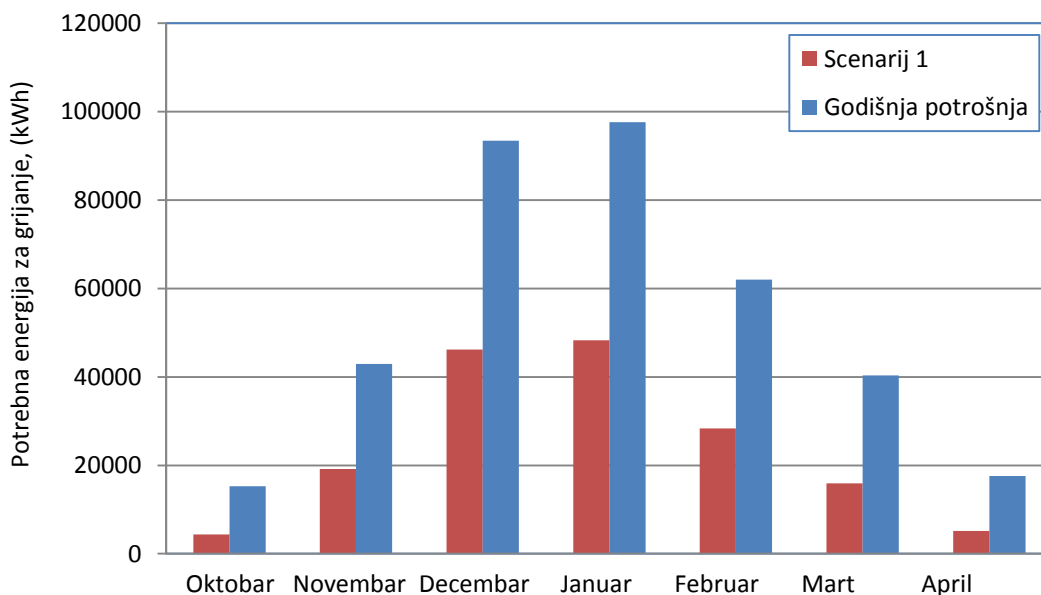
U Scenariju 1 predviđa se sanacija ovojnice objekta, koja uključuje sljedeće mjere:

- Zamjena otvora i
- Termoizolacija fasade.

Uz redukovanje koeficijenta transmisijskog gubitka, kod primjene mjere sanacije stolarije uzima se u obzir i redukovanje koeficijenta ventilacionih gubitaka. Primjena zamjene prozora, te postavljanje termoizolacije na vanjske zidove na Objektu rezultira u smanjenju potrebne godišnje energije za grijanje u odnosu na sadašnje stanje kako je i prikazano u Tabeli 2.9. i Slici 2.5.

Tabela 2.9. Smanjenje potrebne energije za grijanje za mjere predviđene Scenarijem 1

	Vrijednost ukupne energije za grijanje, $Q_{H,n}$ kWh	Smanjenje potrebne energije za grijanje, kWh
Sadašnje stanje	370957,00	-
Zamjena otvora i termoizolacija fasade (Mjera 1 i Mjera 2)	167674,00	203283,00



Slika 2.5. Komparacija mjesečne potrebne energije za grijanje u sezoni grijanja za sadašnje stanje i slučaj primjene mjere zamjene otvora i termoizolaciju vanjskih zidova

Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici zapremine grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade) za stvarne klimatske podatke je $Q'_{H,nd} = 12,31$ (max 18,56) [kWh/m³a].

2.5.2. Analiza ušteda energije primjenom mjera u Scenariju 2

U Scenariju 2 predviđa se kompletna sanacija ovojnice objekta, koja uključuje sljedeće mjere:

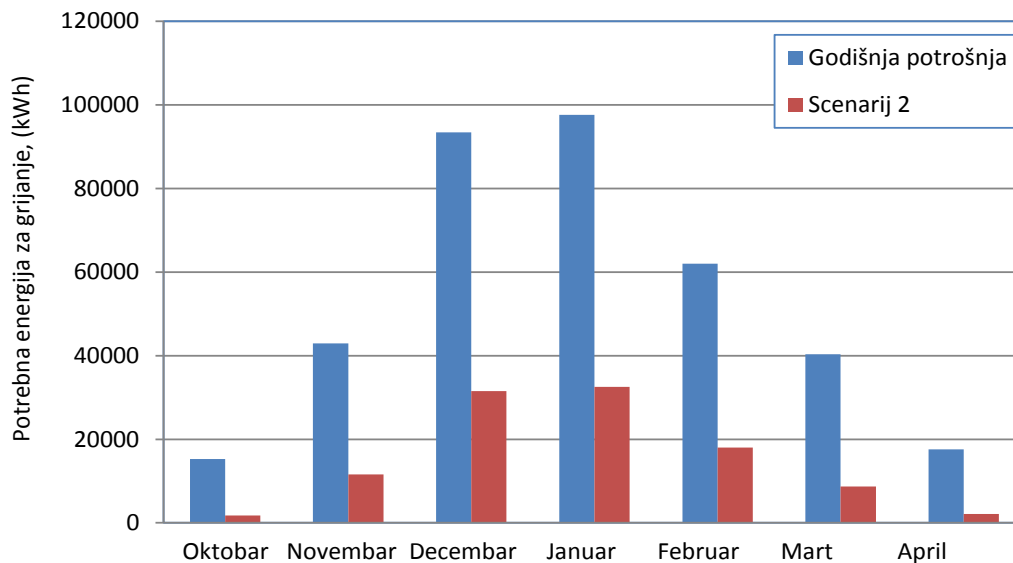
- Zamjena otvora,
- Termoizolacija fasade i
- Sanacija stropa prema negrijanom tavanu i krova iznad fiskulturne sale.

Poređenje vrijednosti potrebne energije za grijanje za sadašnje stanje i primjenom Scenarija 2 to jeste kompletne sanacije ovojnice objekta dato je na Slici 2.6. Uticaj toplotnih mostova je umanjen i usvojeno je povećanje koeficijenta prolaza toplote za vrijednost $\Delta U=0,05$ (W/m²K). Zrakonepropusnost objekta je povećana što rezultira smanjenjem koeficijenta toplotnog gubitka provjetravanjem. Vidi se značajno smanjenje ukupne godišnje potrebne toplotna energija za grijanje kako je i prikazano u Tabeli 2.10.

Tabela 2.10. Smanjenje potrebne energije za grijanje za mjere predviđene Scenarijem 2

	Vrijednost ukupne energije za grijanje, $Q_{H,n}$ kWh	Smanjenje potrebne energije za grijanje, kWh
Sadašnje stanje	370957,00	-
Zamjena otvora i termoizolacija fasade i sanacija stropa/ krova (Mjera 1, Mjera 2 i Mjera 3)	106391,00	264566,00

Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade) $Q'_{H,nd} = 7,81$ (max = 18,56) [kWh/m³a].



Slika 2.6. Komparacija mjesečne potrebne energije za grijanje u sezoni grijanja za sadašnje stanje i slučaj primjene mjere zamjene otvora, termoizolaciju vanjskih zidova i sanaciju stropa

2.5.3. Analiza ušteda energije primjenom mjera u Scenariju 3

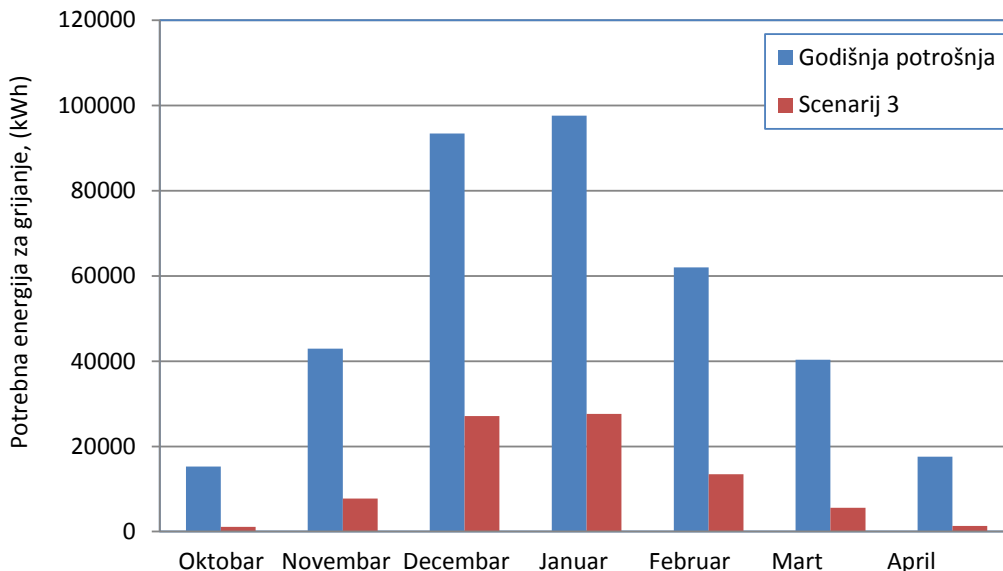
U Scenariju 3 predviđa se kompletna sanacija ovojnice objekta i primjena mjera sanacije sistema grijanja, koja uključuje slijedeće mjere:

- Zamjena otvora,
- Termoizolacija fasade,
- Sanacija stropa prema negrijanom tavanu i krova iznad fiskulturne sale,
- Postavljanje termostatskih ventila na radijatore i
- Sanaciju sistema grijanja i prelazak na režim plaćanja prema potrošnji toplotne energije

Poređenje vrijednosti potrebne energije za grijanje za sadašnje stanje i primjenom Scenarija 2 to jeste kompletne sanacije ovojnice objekta dato je na Slici 2.7. Uticaj toplotnih mostova je umanjen i usvojeno je povećanje koeficijenta prolaza toplote za vrijednost $\Delta U=0,05$ (W/m²K). Zrakonepropusnost objekta je povećana što rezultira smanjenjem koeficijenta toplotnog gubitka provjetranjem. Vidi se značajno smanjenje ukupne godišnje potrebne toplotna energija za grijanje kako je i prikazano u Tabeli 2.11.

Tabela 2.11. Smanjenje potrebne energije za grijanje za mjere predviđene Scenarijem 3

	Vrijednost ukupne energije za grijanje, $Q_{H,n}$ kWh	Smanjenje potrebne energije za grijanje, kWh
Sadašnje stanje	370957,00	-
Arhitektonsko-građevinske mjere i mjere sanacije termotehničkog sistema (Mjere 1-3 i Mjera 5)	84181,00	286776,00



Slika 2.7. Komparacija mjesečne potrebne energije za grijanje u sezoni grijanja za sadašnje stanje i slučaj primjene mjera sanacije ovojnice i termotehničkog sistema (Mjere 1–3 i Mjera 5)

Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade) $Q'_{H,nd} = 6,18$ (max = 18,56) [kWh/m³a].

2.5.3.1. Analiza uštede energije primjenom Mjere 4, ugradnja termostatskih ventila na radijatore

Ugradnja termostatskih ventila rezultira povećanjem stepena regulacije sistema grijanja i uštedi u potrošnji toplotne energije, kako je pokazano u Tabeli 2.12. u kojoj su pokazane uštede energije i troškova grijanja koji proizilaze iz ove mjere. Uštede energije su procijenjene na oko 2 % ušteda potrošnje energije na godišnjem nivou.

Tabela 2.12. Uštede energije i troškova za grijanje primjenom mjere ugradnje termostatskih ventila na radijatore

Investicija			Uštede		
Cijena jednog seta	KM	32	Toplotna energija	1772,23	kWh/god.
Cijena ugradnje	KM	10			
Broj setova	-	129			
Ukupna cijena	KM	7740	Troškovi grijanja	177,70	KM/god.

U Tabeli 2.13. navedene su cijene investicije za sve navedene mjere sanacije vanjske ovojnice Objekta.

Tabela 2.13. Cijene investicije za pojedine mjere sanacije

Opis	jed. mjere	količina	x	jed. cijena[KM]	Ukupno
Fasadna stolarija					
Izrada, transport i montaža ostakljenih prozora, izgleda i dimenzija prema shemi, kao postojeći. Prozor izrađen od petkomornih ili šestkomornih PVC profila ojačanih čeličnim nerđajućim profilima i sistemom zaptivanja EPDM gumom. Boja bijela. Prozor zastakliti termoizolacionim niskoemisionim staklom 4+16+4, lowe, punjeno argonom i dihtovati trajno elastičnom EPDM gumom. Zrakopropusnost klase 4, vodonepropusnost klase 9A, otpornost na opterećenje vjetrom klase B5. Krilo prozora snabdjeti odgovarajućim okovom za otvaranje oko horizontalne i vertikalne osi i kvakom, okov sa osnovnom sigurnosti za vrlo teško dostupne PVC prozore, klasa otpornosti WK1 za teško dostupne PVC prozore i klasa otpornosti WK2 za lako dostupne PVC prozore. U cijenu uključena demontaža starih prozora, sa odvozom na deponiju. Cijena obuhvata i nabavku, transport, postavljanje vanjskih klupica i unutrašnjih klupica, ventus mehanizama i obradu spoljnjih i unutrašnjih špaleta.	m ²	426,59		200	85318
Izrada i postavljanje punih i ostakljenih vrata sa ili bez nadsvjetla izgleda i dimenzija prema shemi, kao postojeći. Vrata izraditi od visokootpornog PVC-a sa petkomornim ili šestkomornim sistemom profila ojačanog čeličnim nerđajućim profilima, ispunom i sistemom zaptivanja EPDM gumom ($U_f \leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$). okov sa osnovnom sigurnosti za vrlo teško dostupna PVC vrata, klasa otpornosti WK1 za teško dostupna PVC vrata i klasa otpornosti WK2 za lako dostupna PVC vrata, brava sa cilindar uloškom i tri ključa, tri šarke. Boja bijela. Ostakljenje termoizolacionim niskoemisionim staklom 4+16+4, lowe punjeno argonom ($U_g \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$), puni dio sendvič panel. Dihtovati trajnom EPDM gumom. Toplinska izolacija $U_w \leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $R_w > 33 \text{ dB}$. . Zrakopropusnost klase 4, vodonepropusnost klase 9A, otpornost na opterećenje vjetrom klase B5.	m ²	19,69		200	3938
UKUPNO:					89256
PDV 17%					15173,52
UKUPNO SA PDV-om					104429,52
Opis	jed. mjere	količina	x	jed. cijena[KM]	Ukupno
Izrada termo fasade zidova					
Termička izolacija spoljnjih zidova pločama EPS 10 cm, sa završnom obradom. Cijena obuhvata i nabavku, transport, postavljanje skele, pripremu postojeće fasade, nabavku ljepila, rabic mreže i ostalog pomoćnog materijala i završnu obradu vodootpornim malterom u potrebnom broju slojeva, kao i odvoz šteta na deponiju.	m ²	1681,9		60	100914
UKUPNO:					100914

Opis	jed. mjere	količina	x	jed. cijena[KM]	Ukupno
PDV 17%					17155,38
UKUPNO SA PDV-om					118069,38
Opis	jed. mjere	količina	x	jed. cijena[KM]	Ukupno
Termička izolacija tavanice/krova					
Termička izolacija tavanice prema negrijanom tavanu debljine 15 cm, sa završnom obradom. Cijena obuhvata i nabavku, transport i pripremu postojeće površine.	m ²	829,5		50	41475
Termička izolacija ravnog krova tvrdim pločama XPS-a 15 cm, sa završnom obradom. Cijena obuhvata i nabavku, transport, skidanje postojećih slojeva i odvoz šuta na deponiju.	m ²	254,4		70	17808
Termička izolacija kosog krova tvrdim pločama mineralne vune 15 cm sa završnom obradom. Cijena obuhvata i nabavku, transport i pripremu postojeće površine.	m ²	330		60	19800
UKUPNO:					79083
PDV 17%					13444,11
UKUPNO SA PDV-om					92527,11

Investicije za nabrojane mjere sanacije sistema grijanja su navedene u Tabeli 2.14., dok su u Tabeli 2.13. date investicije za nabrojane mjere sanacije vanjske ovojnice Objekta.

Tabela 2.14. Cijene investicije za pojedine mjere sanacije sistema grijanja

Broj mjere	Opis mjere	Vrijednost investicije [KM]
Mjera 4	Ugradnja termostatskih ventila, 129 kom.	7740
Mjera 5	Toplotna izolacija cijevi grijanja (cjevasta izolacija 360 KM), prelazak na režim plaćanja toplotne energije prema potrošnji (3976,00)	4336,0

2.5.4. Tehnoekonomska analiza predloženih mjera i scenarija

Primjenom navedenih mjera će se objekat dovesti u stanje u kojem će se sa minimalnom potrošnjom energenata održavati unutrašnja projektna temperatura i omogućiti komfor korisnicima prostora.

Vrijednosti ušteda i vremena povrata investicije za predložene mjere i scenarije sanacije, određene na osnovu teoretske potrošnje i potencijala ušteda prikazane su u Tabeli 2.15.

Tabela 2.15. Uštede energije i troškova energije primjenom određenih mjera sanacije

	Investicija	Ušteda toplotne energije	Troškovi za toplotnu energiju	Ušteda troškova toplotne energije	Očekivani povrat investicije	Odnos uštede energije i investicije
	[KM]	[kWh/god.]	[KM/god.]	[kWh]	[godina]	[kWh/KM]
Mjera 1/zamjena otvora	104429,52	119389,47	27182,08	11971,06	13,90	1,14

	Investicija	Ušteda toplotne energije	Troškovi za toplotnu energiju	Ušteda troškova toplotne energije	Očekivani povrat investicije	Odnos uštede energije i investicije
	[KM]	[kWh/god.]	[KM/god.]	[kWh]	[godina]	[kWh/KM]
Mjera 2/toplotna izolacija zidova	118069,38	95288,42	29598,67	9554,47	> 25 god.	0,81
Mjera 3/sanacija stropa/krova	92527,11	68189,47	32315,85	6837,29	> 25 god.	0,74
Mjera 4/ugradnja termostatskih ventila	7740,00	7809,62	38370,08	783,06	17,40	1,01
Mjera 5/sanacija sistema grijanja	4336,0	91897,89	29938,63	9214,51	0,50	22,88
Scenarij 1 (mjera 1 + mjera 2)	222498,90	213982,11	17697,37	21455,77	19,10	0,96
Scenarij 2 (mjera 1 + mjera 2 + mjera 3)	315026,01	278490,53	11229,18	27923,97	23,00	0,88
Scenarij 3 (mjere 1 do mjere 5)	327102,01	303641,71	8707,29	30445,85	20,60	0,93

Primjenom navedenih mjera će se objekat dovesti u stanje u kojem će se sa minimalnom potrošnjom energenata održavati unutrašnja projektna temperatura i omogućiti komfor korisnicima prostora. Ostvarene uštede mjerama utpoljavanja se ogledaju kroz dvije činjenice: smanjenje potreba za grijanjem i potrošnjom goriva i smanjenje potrošnje električne energije.

Vrijednosti ukupne potrebne energije za grijanje za različite scenarije tj. primjenu pojedine od prethodno navedenih mjera su date u Tabeli 2.15. Vide se vrijednosti smanjenja potrebne energije za grijanje primjenom pojedine mjere i za predviđene scenarije.

Analizom dobijenih rezultata i uzimajući u obzir stanje objekta i prioritetne mjere, kao optimalni scenarij sanacije predlaže se scenarij 3 sa kompletnom arhitektonsko-građevinskom sanacijom objekta i sanacijom sistema grijanja. Primjenom predloženog scenarija ostvariti će se značajne uštede energije na godišnjem nivou. Primjenom mjera sanacije opisanih u okviru scenarija 3 će se ukupni iznos za grijanje na godišnjem nivou svesti na oko 8707 KM/god. Od pojedinih mjera, najpovoljnije indikatore ima mjera sanacije sistema grijanja (postavljanje toplotne izolacije na cijevi u negrijanom tavanu) i prelazak na plaćanje prema potrošenoj toplotnoj energiji kako je opisano u okviru Mjere 5. Ova mjera će se otplatiti za manje od jedne godine, omogućavajući uštede u troškovima za grijanje od oko 9000 KM/god.

Energetski razredi objekta u sadašnjem stanju i stanju nakon primjene pojedine mjere, te predloženih scenarija su prikazani u Tabeli 2.16. U energetske certifikat se unose vrijednosti godišnje toplotne energije za grijanje za **referentne klimatske podatke** i na osnovu ove vrijednosti se određuje energetske razred objekta. **Energetski razred objekta u sadašnjem stanju je C a u slučaju kompletne sanacije objekta, objekat bi se našao u energetske razredu A (Scenariji 2 i 3).**

Tabela 2.16. Energetske razred objekta primjenom pojedine mjere

	$Q'_{H,nd,ref}$ (kWh/m ² a)	Specifično [kWh/(m ² a)]	Energetski razred
Sadašnje stanje	341891,00	124,55	C
Zamjena stare stolarije	237725,00	86,60	B
Toplotna izolacija zidova	257877,00	93,94	B
Toplotna izolacija stropa/krova	283388,00	103,24	C
Scenarij 1	155195,00	56,54	B
Scenarij 2	98885,00	36,02	A
Scenarij 3	78648,00	28,65	A

3. Zaključak

Objekat JU OŠ „Prva osnovna škola“ je smješten u Sarajevu, u klimatskoj zoni Sjever. Osnovna namjena objekta je školska obrazovna ustanova. Objekat se sastoji od prizemlja i dva sprata. Glavni ulaz nalazi se na jugoistočnoj strani. Uz objekat škole nalazi se i fiskulturna sala, koja je toplom vezom povezana sa školskom zgradom. Ulaz u fiskulturnu salu nalazi se na jugozapadnoj strani. Ukupna korisna površina Objekta JU OŠ „Prva osnovna škola“ iznosi 2745,00 m².

Za zadovoljenje toplotnih potreba objekta koristi se toplotna podstanica povezana na sistem gradskog grijanja. U objektu je instalisan sistem za praćenje potrošnje toplotne energije ali on nije pušten u funkciju. Isporučka toplotne energije objektu se vrši svaki dan u sedmici po 15 sati dnevno, što je veoma nepovoljno uzimajući u obzir da škola prestaje sa radom u 20:00 te ne radi danima vikenda.

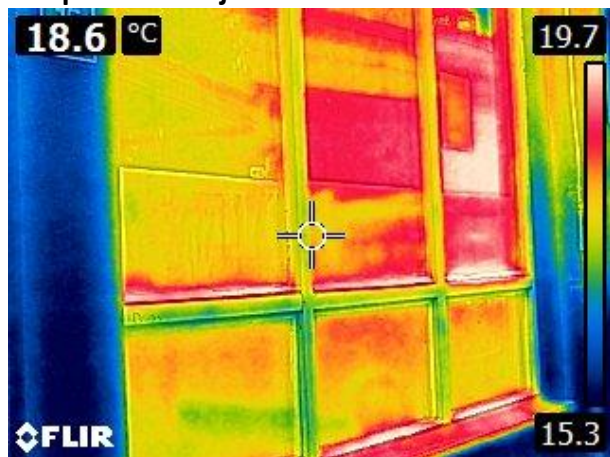
Obračun troškova toplotne energije se vrši paušalno po m² grijanog prostora. Dakle, nema motiva za štednju toplotne energije, iako postoje preduslovi da se mjeri potrošnja toplotne energije. Troškovi toplotne energije su fiksni i nisu motivirajući za štednju. Instalirani radijatori su liveni člankasti marke Higijenik te razne vrste člankastih radijatora, ukupno 129 komada instalirane snage 403,02 kW. Na člankastim radijatorima i velikom broju pločastih radijatora ugrađeni su ručni regulacioni ventili i podventili, bez automatske regulacije učinka grejnih tijela.

Objekat se električnom energijom snadbijeva iz Elektrodistribucije Sarajevo. Obračun troškova električne energije se vrši po kWh utrošene energije. Za potrebe hlađenja je instaliran jedan split sistem. Priprema tople vode se vrši u 7 akumulacionih bojlera (4 x 50 l i 3 x 5 l), ukupne instalirane snage 14 kW. Sistem za pripremu potrošne tople vode ima najveći udio u potrošnji električne energije objekta. Ukupna instalirana snaga sistema rasvjete iznosi 30,22 kW i čine ga uglavnom fluo cijevi (710 sijalica, instalirane snage 21,8 kW) te sijalice sa žarnom niti (112 komada, 5,66 kW). Struktura potrošnje električne energije pokazuje da rasvjeta čini oko 30 % ukupne potrošnje.

Energetski razred objekta u trenutnom stanju je C sa procijenjenim, teoretskim troškovima za grijanje od 30000 KM/god ukoliko bi objekat plaćao grijanje prema isporučenoj toplotnoj energiji prema sadašnjem režimu isporuke toplotne energije. Predložene su mjere sanacije elemenata ovojnice koji uključuju zamjenu prozora, postavljanje toplotne izolacije na vanjske zidove i strop prema tavanu i mjere sanacije termotehničkih sistema, ugradnja termostatskih ventila, postavljanje toplotne izolacije na cijevi grijanja u negrijanom tavanu i prelazak na sistem u kojem bi se plaćala isporučena toplotna energija u radnim danima. Analiza predloženih mjera pokazuje da je moguće postići energetski razred objekta A i svesti troškove za grijanje na 8700 KM/god.

Analizom dobijenih rezultata i uzimajući u obzir stanje objekta i prioritetne mjere, kao optimalni scenarij sanacije predlaže se scenarij 3 sa kompletnom arhitektonsko-građevinskom sanacijom objekta i sanacijom sistema grijanja. Primjenom predloženog scenarija ostvariti će se značajne uštede energije na godišnjem nivou. Primjenom mjera sanacije opisanih u okviru scenarija 3 će se ukupni iznos za grijanje na godišnjem nivou svesti na oko 8707 KM/god. Od pojedinih mjera, najpovoljnije indikatore ima mjera sanacije sistema grijanja (postavljanje toplotne izolacije na cijevi u negrijanom tavanu) i prelazak na plaćanje prema potrošenoj toplotnoj energiji kako je opisano u okviru Mjere 5. Ova mjera će se otplatiti za manje od jedne godine, omogućavajući uštede u troškovima za grijanje od oko 9000 KM/god.

PRILOG 1. Termovizijski snimci ovojnice objekta, sistema grijanja, grijnih tijela i površinske temperature objekta



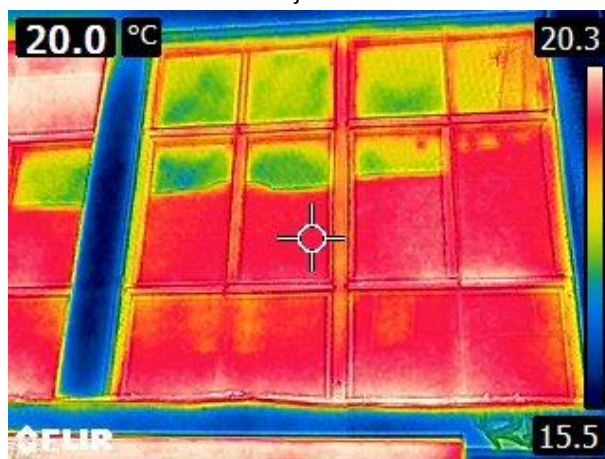
Slika 1. Termovizijski snimak stare stolarije.



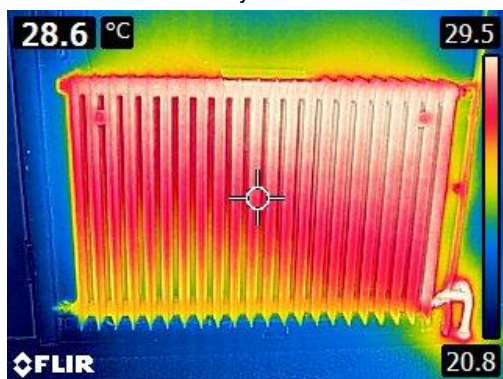
Slika 2. Termovizijski snimak jugozapadne fasade objekta.



Slika 3. Termovizijski snimak sjeverozapadne fasade objekta.



Slika 4. Termovizijski snimak stolarije na fiskulturnoj sali.



Slika 5. Termografski snimak dijelova unutrašnje instalacije sistema grijanja



Na termovizijskim snimcima se vide veliki toplotni gubici na otvorima, posebno su značajni toplotni gubici kod otvora sa drvenim i metalnim okvirom. Primjetni su povećani gubici toplote kroz zidove, obzirom da zidovi nisu toplotno izolirani.

PRILOG 2. Klasifikacija objekta u energetska razred prema Pravilniku o energetska certifikiranju objekata

ZA SVE OBJEKTE	Objekat <input type="checkbox"/> nova <input checked="" type="checkbox"/> postojeća		
	Vrsta objekta: Nestambeni		
	K.č. k.o.		
	Adresa: Prva Osnovna škola Ilidža		
	Mjesto: Ilidža, Sarajevo		
	Vlasnik/Investitor: Kanton Sarajevo		
ZA NOVE OBJEKTE	Izvođač		
	Godina izgradnje		
ENERGETSKI CERTIFIKAT ZA NESTAMBENE OBJEKTE	$E_p = Q_{H, nd, ref} / A_k$ (kWh/m ² a)	Proračun 124,55	Alternativno
	A+ ≤15	←	
	A <45		
	B ≤95		
	C ≤135		
	D ≤180		
	E ≤225		
	F ≤270		
	G >270		
	PODACI O IZDAVAČU CERTIFIKATA		
Ovlašteno pravno lice	Mašinski fakultet Sarajevo		
Imenovano lice u ovlaštenom pravnom licu	Mr. sc. Nijaz Delalić		
Registarski broj ovlaštenog lica	02-M2/12		
Broj certifikata	MEF-25/16 N2 C		
Datum izdavanja/rok važenja	13.07.2016. godine		
Potpis i pečat			
<small>* Proračunska vrijednost je obavezna i mjerodavna ** Vrijednost određenja na osnovu mjerenja ili podataka o energetska potrošnji, nije obavezna, ispunjava se opcijski</small>			