

Primjena računalnog programa Thorium A+ za izračun uštede zamjene standardnog kotla s kondenzacijskim i ugradnjom termoregulacijskih ventila na ogrjevna tijela ***Use of Thorium A+ computer program for calculation of energy savings in case of replacing standard natural gas boiler with more efficient condensing boiler and installation of thermoregulation valves***

M. Rašić^{1,*}, D. I. Rendulić¹, H. Glavaš², D. Vidaković³

¹Thorium Software d.o.o., Hrvatska

²Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Hrvatska

³Građevinski fakultet Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: rasic.marko@gmail.com

Sažetak

Svaka energetska obnova zgrade iziskuje provedbu energetskog pregleda i prijedlog troškovno optimalnih mjera energetske učinkovitosti. Učinkovita vanjska ovojnica za posljedicu povlači rekonstrukciju sustava grijanja. Cilj rada je iskazati uštede prilikom zamjene standardnog kotla s kondenzacijskim s ugradnjom termoregulacijskih ventila na ogrjevna tijela unutar tipskog objekta u kontinentalnom djelu zemlje. Izračun je proveden uvažavajući norme te koristeći računalni program za energetske certificiranje i fiziku zgrada Thorium A+.

Abstract

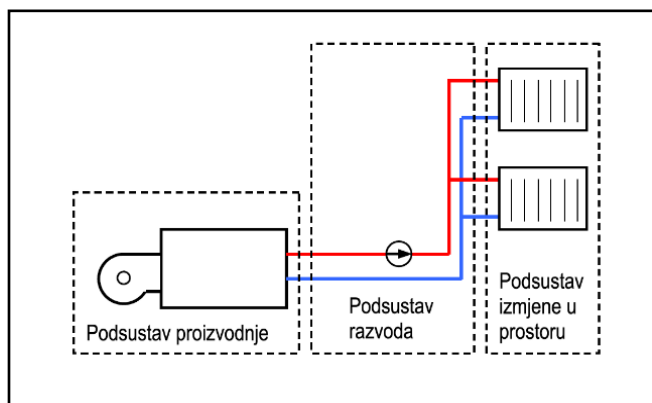
Reconstruction of buildings on energy efficiency standards requires energy audit in order to propose cost-optimal energy efficiency measures. Making more effective external envelope of building consequently draws the reconstruction of the heating system. Paper analyses energy savings in case of replacing standard boiler with condensing one, and mounting of thermoregulation valves on heating units, inside of typical object in continental area. The calculation was carried out in accordance with the standards and using Thorium A+ computer program for energy performance certification and building physics.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, termo-tehnički sustav, kotlovi, kondenzacijska tehnika, Thorium A+

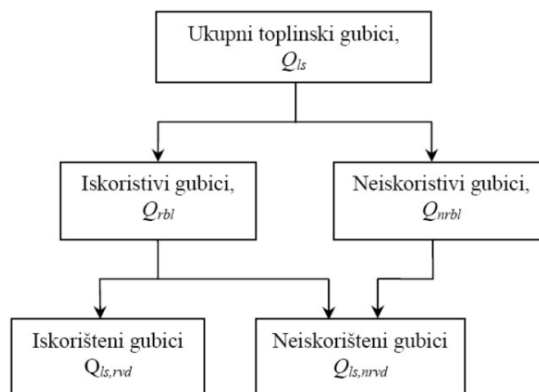
1. Uvod

Energetskoj obnovi obavezno prethodi proces energetskog pregleda i određivanja energetskog razreda (od A+ za one s najboljim energetskim svojstvima do G za najslabije,

tj. energetska najnepovoljniji razred [3]). Prilikom analize energetske svojstva zgrade bitno je predložiti troškovno optimalne mjere energetske obnove koje je moguće provesti na zgradi i preporuku korištenja zgrade ukoliko se mjere ne mogu iskazati ili se mjere ne mogu realizirati. Također prilikom rekonstrukcije dijelova objekta ili sustava koji predstavljaju sastavni dio građevine potrebno je u glavnim projektima iskazati uštedu u energiji i razinu investicije. Cilj rada je analizirati mjeru modernizacije termo-tehničkog sustava objekta na razini stana u višestambenoj zgradi. Većina stambenog fonda koristi standardne plinske kotlove za grijanje i pripremu tople vode (PTV-a) u kombinaciji s ogrjevnim tijelima bez termoregulacijskih ventila. U radu provodimo analizu zamjene postojećeg kotla kondenzacijskim i zamjenu postojećih ventila na ogrjevnim tijelima termoregulacijskim. Elementi termotehničkog sustava dijele se u tri podsustava: proizvodnja, razvod i predaja. Za svaki podsustav računa se individualni stupanj učinkovitosti. Slika 1. prikazuje osnovnu shemu sustava grijanja prostora.



Slika 1. Osnovna shema sustava grijanja [1]



Slika 2. Podjela toplinskih gubitaka [1]

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama temelji se na normama na koje upućuje Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada (NN48/14). Algoritam započinje s izračunom toplinske energije na izlazu iz sustava predaje toplinske energije u prostor i završava izračunom toplinske energije na ulazu u sustav proizvodnje toplinske energije, [1]. Na slici 2 prikazana je podjela toplinskih gubitaka prema HRN EN 15316-1 i HRN EN 15306.

Ukupni toplinski gubici (indeks ls - eng. loss) dijele se na (slika 2):

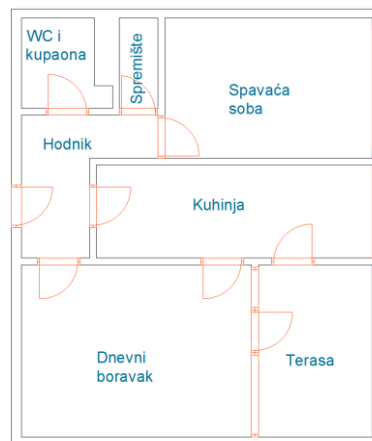
- iskoristive gubitke (indeks rbl - eng. recoverable) – to su oni toplinski gubici dijelova sustava (kotlova, spremnika, cjevovoda, regulacije i dr.) koji se mogu vratiti u grijani prostor tijekom sezone grijanja i smanjiti toplinsku energiju $Q_{em,out}$ koju je ogrjevnim tijelima potrebno predati u grijani prostor
- neiskoristive gubitke (indeks nrbl – engl non-recoverable) – to su oni toplinski gubici koji se ne mogu iskoristiti za grijanje prostora, a predstavljaju razliku ukupnih i iskoristivih toplinskih gubitaka



- c) iskorištene gubitke (index $I_{s,rvd}$ - engl. losses, recovered) - predstavljaju stvarno iskorišteni dio iskoristivih gubitaka za smanjenje $Q_{em,out}$
- d) neiskorištene gubitke (index $I_{s,nrvd}$ - engl. losses, non-recovered) - predstavljaju u konačnici neiskorišteni dio ukupnih gubitaka koji se nije iskoristio za smanjenje $Q_{em,out}$, i računaju se kao razlika ukupnih i iskorištenih gubitaka (prema (2) iz HRN EN15306) [1]

2. Osnovne informacije o stanu u kojem se nalazi termotehnički sustav

Objekt na kojem provodi analiza zamjene plinskog kotla je stan u više stambenoj zgradi izgrađenoj 80-tih godina na lokaciji Zagreb Maksimir. Vanjski zidovi su armirano betonski (koef. prolaska topline $U=3,2$ W/K), a stolarija drvena IZO ($U=2,9$ W/K). Stan je okružen grijanim prostorima sa svih strana osim vanjskog zida i otvora prema istoku te zida prema negrijanom stubištu. Tlocrt stana vidljiv je na slici 3.



Slika 3. Tlocrt stana

Zgrade iz perioda od 1970. do 1987. god. karakterizira gradnja prema prvim propisima u SFRJ o toplinskoj zaštiti zgrada, samo s vrlo slabom toplinskom izolacijom (2 - 4 cm heraklita, drvolita, okipora ili sl.) i sa zidovima koji su armiranobetonski (debljine 16 - 18 cm) ili od opeke ili opekarskih blokova (19 cm) naš članak sa [4]. U tablici 1.1. prikazani su osnovni parametri zgrade.

Tablica 1. Osnovni podaci analiziranog objekta

Oplošje grijanog dijela zgrade A [m ²]	29,29
Oplošje vanjske ovojnice bez otvora [m ²]	2,49
Oplošje podova [m ²]	0,00
Oplošje zidova prema negrijanim prostorijama [m ²]	3,50
Oplošje otvora [m ²]	26,80
Obujam grijanog dijela zgrade V_e [m ³]	181,30
Faktor oblika zgrade f_0 [m ⁻¹]	0,16
Ploština korisne površine zgrade A_k [m ²]	58,30

Sukladno energetske svojstvima za referentnu klimatsku postaju stan je svrstan u energetske razred C ($Q'_{Hnd} > 50 < 100$ kWh) s vrijednošću $Q'_{Hnd} = 57,70$ kWh/m². Uštedu se računaju uvažavajući stvarne klimatskih uvjeta tj. klimatske postaje Zagreb Maksimir. Q'_{Hnd} za stvarne podatke iznosi 4.362,65 kWh, a Q'_{Hnd} 74,83 kWh/m². U tablic 2 vidljivi su rezultati referentnog stanja za izračun isporučene E_{del} i primarne energije E_{prim} .

Tablica 2. Rezultati proračuna prema podacima stvarne klimatske postaje

Oplošje grijanog dijela zgrade A (m ²)	29,29
Obujam grijanog dijela zgrade V _e (m ³)	181,30
Faktor oblika zgrade f ₀ (m ⁻¹)	0,16
Ploština korisne površine A _k (m ²)	58,30
Godišnja potrebna toplina za grijanje Q _{H,nd} (kWh/a)	4362,65
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene zgrade) Q _{H,nd} (kWh/m ² a)	74,83 (max=51,31)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H' _{tr,adj} (W/m ² K)	2,96 (max=1,05)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka H _{tr,adj} (W/K)	86,72
Ukupni godišnji gubici topline Q _i (MJ)	39847,45
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline Q _i (MJ)	9192,74
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline Q _s (MJ)	33907,36
Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline Q _g (MJ)	43100,11

3. Postojeći sustav grijanja

Sustav grijanja sastoji se od kombi-bojlera (kotla) proizvođača Vaillant, nazivne snage 18 kW, koji podmiruje potrebe za grijanje i pripremu PTV-a. U stanu se nalaze četiri ogrjevna tijela ukupne nazivne snage 7,78 kW, bez ugrađenih termoregulacijskih ventila. Prijedlog mjere energetske učinkovitosti (EnU) sastoji se od zamjene postojećeg kotla s nisko temperaturnim kombiniranim kondenzacijskim kotlom istog proizvođača i iste nazivne snage. Proračun postojećeg sustava grijanja provodi se sukladno HRN EN 15316-2-1:2008 Sustavi grijanja u zgradama - Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 2-1: Sustavi za grijanje prostora zračenjem topline. Proračun se vrši za sezonu grijanja. Toplinska energija koju je potrebno dovesti podsustavu predaje toplinske energije u grijani prostor definirana je izrazom (1).

$$Q_{em,in} = Q_{em,out} - Q_{em,aux,rvd} + Q_{em,ls} \quad (1)$$

gdje su: $Q_{em,out}$ – toplinska energija na izlazu iz podsustava predaje (kWh)
 $Q_{em,aux,rvd}$ – vraćena pomoćna energija (kWh)
 $Q_{em,ls}$ – toplinski gubici podsustava predaje (kWh).

Instalirana snaga ogrjevnih tijela iznosi 7,78 kW, ogrjevna tijela nemaju ugrađene termoregulacijske ventile. Potreba za energijom $Q_{em,in}$ iznosi 4814.94 kWh, a učinkovitost

sustava je $\eta = 0,81$. Rezultati proračuna podsustava predaje vidljivi su u tablici 3. Nakon ugradnje termoregulacijskih ventila i zamjene kotla za sustav predaje potrebna je energija $Q_{em,in} = 4587,30$ kWh, a učinkovitost sustava poprima iznos $\eta = 0,92$. Rezultati proračuna prikazani su tablicom 4.

Tablica 3. Izračun toplinske energije na izlazu iz sustava predaje – postojeće stanje

$Q_{em, out}$ (kWh)	3886,51
$Q_{em, aux, rbl}$ (kWh)	0,34
$Q_{em, aux, rvd}$ (kWh)	0,00
$W_{em, aux}$ (kWh)	0,34
$Q_{em, ls}$ (kWh)	928,43
$Q_{em, in}$ (kWh)	4814,94
η [-]	0,81

Tablica 4. Izračun toplinske energije na izlazu iz sustava predaje – novo stanje

$Q_{em, out}$ (kWh)	4231,74
$Q_{em, aux, rbl}$ (kWh)	0,34
$Q_{em, aux, rvd}$ (kWh)	0,00
$W_{em, aux}$ (kWh)	0,34
$Q_{em, ls}$ (kWh)	355,57
$Q_{em, in}$ (kWh)	4587,30
η [-]	0,92

Iz tablice 3 i 4 možemo uočiti da je potreba za toplinskom energijom koju je potrebno dovesti podsustavu predaje smanjena za 227,64 kWh. Prilikom izračuna gubitaka u podsustavu razvoda korištena je metoda aproksimacije duljine cjevovoda prema HRN EN 15316-2-3:2008 Sustavi grijanja u zgradama dio 2-3: Razvodi sustava grijanja prostora. Sustav razvoda je dvocijevni i sve dionice cjevovoda prolaze kroz grijani prostor. Temperatura ogrjevnog medija je 70/45 °C, a regulacija temperature vrši se pomoću termostata smještenog u referentnu prostoriju. Novo stanje ima pretpostavljenu temperaturu ogrjevnog medija 40/30 °C, ugrađene termoregulacijske ventile, a regulacija se vrši prema vanjskoj temperaturi.

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti razvodu grijanja definirana je izrazom (2):

$$Q_{H,dis,in} = Q_{H,gen,out} = Q_{H,dis,out} - Q_{H,dis,aux,rvd} + Q_{H,dis,ls} \quad (2)$$

gdje su:

- $Q_{H,dis,in}$ - toplinska energija na izlazu iz podsustava razvoda,
- $Q_{H,gen,out}$ - toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda,
- $Q_{H,dis,out}$ - toplinska energija na izlazu iz podsustava razvoda,
- $Q_{H,dis,aux,rvd}$ - iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava razvoda
- $Q_{H,dis,ls}$ - toplinski gubici svih dionica cjevovoda u promatranom periodu

Rezultati izračuna toplinske energije koju je potrebno isporučiti razvodu grijanja prikazani su tablicama 5 i 6.

Tablica 5 Izračun toplinske energije na izlazu iz sustava predaje - postojeće stanje

$Q_{dis, out} = Q_{em, in}$ (kWh)	4814,94
$Q_{dis, ls}$ (kWh)	488,57
$Q_{dis, aux, rvd}$ (kWh)	136,91
$Q_{dis, in}$ (kWh)	5166,60
η [-]	0,93

Tablica 6 Izračun toplinske energije na izlazu iz sustava predaje - novo stanje

$Q_{dis, out} = Q_{em, in}$ (kWh)	4587,30
$Q_{dis, ls}$ (kWh)	227,13
$Q_{dis, aux, rvd}$ (kWh)	7,97
$Q_{dis, in}$ (kWh)	4806,46
η [-]	0,95

Implementacijom navedenih mjere energija koju je potrebno dovesti podsustavu razvoda $Q_{H,dis,in}$ smanjena je za 360,14 kWh, a učinkovitost samog podsustava η porasla je sa 0,93 na 0,95. Izračuni sustava proizvodnje računati su prema HRN EN 15316-4-1:2008 Sustavi grijanja u zgradama dio 4-1: Sustavi za proizvodnju topline izgaranjem (kotlovi). Proračunava se ukupna vraćena i iskoristiva toplinska energija. kroz -sljedeće proračune:

- Proračun ukupne vraćene pomoćne energije radnom mediju u promatranom periodu za podsustav proizvodnje:

$$Q_{H,gen,aux,rvd} = Q_{gnr,aux,rvd} \text{ (kWh)},$$

- Proračun ukupne iskoristive pomoćne energije koja se vraća u prostor u promatranom periodu za podsustav proizvodnje:

$$Q_{H,gen,aux,rbl} = Q_{gnr,aux,rbl} \text{ (kWh)},$$

- Proračun ukupnih iskoristivih toplinskih gubitaka kroz ovojnice kotlova (u kotlovnici) koji se vraćaju u prostor u promatranom period za podsustav proizvodnje:

$$Q_{H,gen,ls,env,rbl} = Q_{gnr,ks,env,rbl} \text{ (kWh)},$$

- Toplinska energija koju je potrebno gorivom isporučiti podsustavu proizvodnje

$$Q_{H,gen,in} = Q_{H,gen,out} - Q_{H,gen,aux,rvd} + Q_{H,gen,ls} \text{ (kWh)}.$$

Rezultati proračuna prikazani su tablicama 7 i 8. U trećem reda treba uzeti u obzir da se: $Q_{HW, gen, out} = Q_{H, gen, out} + Q_{W, gen, out}$, a Q_W i Q_{HW} odnose se na sezonu grijanja.

Tablica 7. Izračun ukupne vraćene i iskoristive toplinske energije - postojeće stanje

$Q_{H, gen, out}$ (kWh)	5166,60
$Q_{W, gen, out}$ (kWh)	383,04
$Q_{HW, gen, out}$ (kWh)	5549,64
$Q_{gen, aux, rvd}$ (kWh)	40,12
$Q_{gen, aux, rbl}$ (kWh)	13,37
$Q_{gen, ls}$ (kWh)	1741,98
$Q_{gen, ls, env, rbl}$ (kWh)	476,87
$W_{gen, aux}$ (kWh)	53,50
$Q_{gen, in}$ (kWh)	7251,50
η [-]	0,77

Tablica 8 Izračun ukupne vraćene i iskoristive toplinske energije - postojeće stanje

$Q_{H, gen, out}$ (kWh)	4806,46
$Q_{W, gen, out}$ (kWh)	383,04
$Q_{HW, gen, out}$ (kWh)	5189,50
$Q_{gen, aux, rvd}$ (kWh)	37,60
$Q_{gen, aux, rbl}$ (kWh)	12,53
$Q_{gen, ls}$ (kWh)	-190,57
$Q_{gen, ls, env, rbl}$ (kWh)	45,30
$W_{gen, aux}$ (kWh)	50,13
$Q_{gen, in}$ (kWh)	4961,33
η [-]	1,05

Iz rezultata proračuna vidljiva je znatna razlika u učinkovitosti η samog kotla. Učinkovitost starog kotla iznosi 0,77, a novi kondenzacijski uređaj ima učinkovitost 1,05, svedeno da donju ogrjevnu moć. Sukladno tome potrebno je 360,14 kWh manje predati podsustavu razvoda, a razlika u potrebnoj toplinskoj energiji koju je potrebno isporučiti kotlu izgaranjem goriva manja je 2290,17 kWh. Razlika u smanjenju $Q_{H, gen, out}$ ostvarena je



uslijed boljeg sustava regulacije temperature, a razlika u potrebnoj toplinskoj energiji iz goriva proizlazi iz značajnog poboljšanja učinkovitosti kotla.

4. Sustav pripreme potrošne tople vode

Proračun potrebne toplinske energije za pripremu potrošne tople vode (PTV) Q_w provodi se sukladno HRN EN 15316-3-1:2008 Sustavi grijanja u zgradama dio 3-1: Sustavi za pripremu potrošne tople vode, pokazatelji potreba prema izljevnom mjestu. Period proračuna je za sezonu i izvan sezone grijanja. Potrebna toplinska energija Q_w definirana je izrazom [1]:

$$Q_w = \frac{Q_{w,A,a}}{365} \cdot A_k \cdot d \quad (\text{kWh}) \quad (3)$$

gdje su:

- A_k – korisna površina zgrade (m^2),
- d – broj dana u promatranom periodu (dan),
- Q_w – toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a u promatranom periodu (kWh)
- $Q_{w,A,a}$ – specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$), $Q_{w,A,a} = 12,5$ $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ za zgrade s 3 stambene jedinice $Q_{w,A,a} = 16$ kWh/m^2 a za zgrade s više od 3 stambene jedinice.

Q_w iznosi 932,80 kWh i predstavlja količinu toplinske energije koju podsustav razvoda mora isporučiti izljevnim mjestima.

Proračun se vrši sukladno HRN EN 15316-3-2:2008 Sustavi grijanja u zgradama dio 3-2: Sustavi za pripremu potrošne tople vode, razvod. Toplinska energija koju je potrebno isporučiti sustavu razvoda potrošne tople vode definirana je izrazom (4). Rezultati izračuna potrebne energije za podsustav razvoda PTV-a prikazani su tablicom 9, a podaci su isti za postojeći i novi kotao. Proračun je obavljen prema izrazu:

$$Q_{w,dis,in} = Q_w - Q_{w,dis,aux,rvd} + Q_{w,dis,ls} \quad (4)$$

- gdje su: $Q_{w,dis,aux,rvd}$ - vraćena pomoćna energija radnom mediju (kWh),
- $Q_{w,dis,ls}$ - ukupni toplinski gubici u podsustavu razvoda (kWh)

Tablica 9. Izračun potrebne energije koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda PTV-a za postojeće i novo stanje

$Q_{dis, out} = Q_{em, in}$ (kWh)	932,80
$Q_{dis, ls}$ (kWh)	50,74
$Q_{dis, aux, rvd}$ (kWh)	0,00
$Q_{dis, in}$ (kWh)	983,54
η [-]	0,95

Proračun podsustava proizvodnje vrši se prema HRN EN 15316-3-3:2008 Sustavi grijanja u zgradama dio 3-3: Sustavi za pripremu potrošne tople vode, zagrijavanje, a rezultati proračuna prikazani su u tablici 10 i 11. Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje PTV-a definirana je izrazom:

$$Q_{W,gen,in} = Q_{W,gen,out} - Q_{W,gen,aux,rvd} + Q_{W,gen,ls} \quad (5)$$

gdje su: $Q_{W,gen,out}$ - godišnja potrebna topl. energija podsustava razvoda PTV-a (kWh),
 $Q_{W,gen,aux,rvd}$ - vraćena pomoćna energija radnom mediju (kWh),
 $Q_{W,gen,ls}$ - ukupni toplinski gubici podsustava proizvodnje (kWh).

Tablica 10. Izračun energije koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda PTV-a - postojeće stanje

$Q_{gen, out} = Q_{dis, in}$ (kWh)	983,54
$Q_{gen, ls}$ (kWh)	2266,99
$Q_{st, ls}$ (kWh)	0,00
$Q_{p, ls}$ (kWh)	0,00
$W_{p, aux}$ (kWh)	0,00
$Q_{gen, aux, rvd}$ (kWh)	60,20
$Q_{gen, aux, rbl}$ (kWh)	20,07
$Q_{gen, ls, env, rbl}$ (kWh)	1071,14
$W_{gen, aux}$ (kWh)	80,27
$Q_{gen, in}$ (kWh)	3190,33
η [-]	0,31

Tablica 11. Izračun energije koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda PTV-a - novo stanje

$Q_{gen, out} = Q_{dis, in}$ (kWh)	983,54
$Q_{gen, ls}$ (kWh)	1706,06
$Q_{st, ls}$ (kWh)	0,00
$Q_{p, ls}$ (kWh)	0,00
$W_{p, aux}$ (kWh)	0,00
$Q_{gen, aux, rvd}$ (kWh)	60,15
$Q_{gen, aux, rbl}$ (kWh)	20,05
$Q_{gen, ls, env, rbl}$ (kWh)	874,06
$W_{gen, aux}$ (kWh)	80,20
$Q_{gen, in}$ (kWh)	2629,45
η [-]	0,37

Učinkovitost standardnog kotla u sustavu proizvodnje PTV-a iznosi 0,31 dok kod kondenzacijskog iznosi 0,37. Učinkovitost kotla u sustavu proizvodnje toplinske energije za PTV je niska zbog gubitaka kotla u stanju pripravnosti. Učinkovitost kotla bi bila veća kada bi sustav imao akumulacijski spremnik za PTV. Razlika nakon provedbe mjere $Q_{W,gen,in}$ iznosi 560,88 kWh.

5. Proračun isporučene-i primarne energije sustava

Za provedbu izračuna isporučene (E_{del}) i primarne energije (E_{prim}) sustav je podjeljen na tri osnovna dijela - predaju, razvod i proizvodnju. Rezultati proračuna prikazani su tablicom 12, pri čemu učinkovitosti pojedinih dijelova sustava iznosi:

- proizvodnja $\eta = 0,77$
- razvod $\eta = 0,93$
- predaja $\eta = 0,81$

Tablica 12. Isporučena i primarna energija sa standardnim kotlom

Ime sustava	Standardni kotao
E_{del} (kWh)	10758,49
$E_{del/m2}$ (kWh/m ²)	184,54
E_{del} dozvoljeno (kWh/m ²)	120,00
E_{prim} (kWh)	11686,50
$E_{prim/m2}$ (kWh/m ²)	200,45
E_{prim} dozvoljeno (kWh/m ²)	180,00

Implementacija mjere EnU zamjene kotla procijenjena je kao investicija od 10.000,00 kn. Nakon provedene mjere proračun isporučene i primarne energije vidljiv je u tablici 13., a učinkovitost pojedinih dijelova sustava iznosi:

- proizvodnja $\eta = 1,05$
- razvod $\eta = 0,95$
- predaja $\eta = 0,92$

Tablica 13. E_{del} i E_{prim} s kondenzacijskim kotlom i termoregulacijskim ventilima

Ime sustava	Kondenzacijski kotao
E_{del} (kWh)	7732,08
E_{del/m^2} (kWh/m ²)	132,63
E_{del} dozvoljeno (kWh/m ²)	120,00
E_{prim} (kWh)	8424,66
E_{prim/m^2} (kWh/m ²)	144,51
E_{prim} dozvoljeno (kWh/m ²)	180,00

Tablica 14 daje pregled rezultata provedbe mjere EnU. Može se zaključiti da nakon provedbe mjere proračunata ušteda za stvarne klimatske podatke i režim korištenja iznosi 28,13 % za isporučenu energiju i 27,91 % za primarnu energiju.

Tablica 14. E_{del} i E_{prim} prije i nakon obnove

	Q_{hnd} (kWh)	E_{del} (kWh)	E_{prim} (kWh)
Staro stanje	4362,65	10758,49	11686,50
Novo stanje	4362,65	7732,08	8424,66
Razlika (kWh)	0,00	3026,41	3261,84
Razlika (%)	0,00	28,13	27,91

Tablica 15. Rezultati mjera zamjene postojećeg kotla s energetski učinkovitijim

Investicija [kn]	10000,00
Procijenjena ušteda [kn/god]	978,47
Procijenjena ušteda [kWh/god]	3026,41
JPP [god.]	10,22
Smanjenje emisija CO ₂ [tona/god]	0,67
Pokazatelj [kn/tCO ₂ god.]	14970,06
Pokazatelj [kn/kWh god.]	3,30

6. Zaključak

Proračun programom Thorium A+ pokazuje da je provedbom mjere modernizacije termotehničkog sustava na primjeru stana u višestambenoj zgradi u Zagrebu ostvarena ušteda od 28 % u isporučenoj energiji, što rezultira smanjenjem troška 978,47 kn/god. Jednostavni povratni period investicije je 10 godina. Kada bi se u izračunu perioda povrata investicije uzelo u obzir promjenu vrijednosti financijskih sredstava kroz to vrijeme (svođenje na neto sadašnju vrijednost prema predviđenoj kamatnoj stopi) period bi bio

duži, ali u slučaju kada bi zamjena kotla bila subvencionirana period povrata bi bio znatno niži. Iz rezultata proračuna možemo zaključiti da je provedba ove mjere svakako opravdana.

7. Literatura

- [1] Dović, Damir; Horvat, Ivan; Rodić, Alan; Soldo, Vladimir; Švaić, Srećko. Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama – Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode, Sveučilište u zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.
- [2] HRN EN 15316:2008. - Sustavi grijanja u zgradama
- [3] Pravilnik o energetske pregledu zgrade i certificiranju zgrada, Narodne novine, 48(2014)
- [4] Vidaković, Držislav; Jurić, Aleksandar; Glavaš, Hrvoje. Energetska efikasnost fasada *Proceedings of technical and scientific conference with international participation SFERA 2015 Design and technologies of architectural openings* / Stanković, Milenko; Mernić, Naida; Novaković, Nevena; Mišić, Martina (ur.). Mostar : Marketinška i izdavačka agencija Sfera u Mostaru i Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banja Luci, 12. - 13.11.2015. s. 105-110.
- [5] HRN EN 15459:2008 Energetske značajke zgrade - Postupak ekonomske ocjene energijskih sustava u zgradama