

ANALIZA I MERE UNAPREĐENJA SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA TOPLANE U RUMI**ANALYSIS AND IMPROVEMENT MEASURES OF THE DISTRICT HEATING SYSTEM IN RUMA**Ivan Vizmeg, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazana je analiza sistema daljinskog grejanja toplane JP "Stambeno" Ruma, deljenjem sistema na 3 komponente: izvori, mreža i toplotno predajne stanice. Nakon analize date su mere za unapređenje sistema, ove mere su sastavljene u 3 paketa.

Ključne reči: Sistemi daljinskog grejanja, rehabilitacija sistema daljinskog grejanja, unapređenje sistema grejanja

Abstract – This paper presents the analysis of the district heating system of the heating plant JP "Stambeno" Ruma, by dividing the system into 3 components: sources, network and heat transmission stations. After the analysis, measures were given to improve the system, these measures were compiled into 3 packages.

Keywords: District heating systems, rehabilitation of district heating systems, improvement of heating systems.

1. UVOD

Sistemi daljinskog grejanja se smatraju vrednim sredstvima energetske mreže, koja omogućavaju efikasno korišćenje resursa. Trenutno, SDG mreže su dobro uspostavljene u mnogim zemljama. Princip rada sistema jeste da se centralno proizvodi toplota i nakon toga distribuiraju potrošačima kroz cevi zakopane u zemlju, kako bi pokrili svoje zahteve za grejanje i toplu potrošnu vodu (TPV).

Sistemi daljinskog grejanja dolaze u različitim veličinama postrojenja, koje mogu da pokriju potrebe male grupe zgrada u istom naselju ili šemama širom grada koje se sastoje od hiljada povezanih zgrada. SDG karakteriše raznovrsnost tehnologija koje nastoje da razviju sinergiju između snage, proizvodnje toplote, dovodne toplote, hlađenja i TPV aplikacija korisnika.

Toplana u Rumi JP "Stambeno" nastala je iz radne organizacije "Stambeno" za stambeno poslovne usluge bez osnovnih organizacija 13.04.1975 godine izdavanjem OOU-a iz sastava radne organizacije "Rumaplan" Ruma. Trenutno toplana je podeljena u 4 sektora koji zadovoljavaju 20 % grejne površine grada sistem je projektovan za režim grejanja 110/70 °C, i nazivnim pritiskom od 6 bara [2]. U tabeli 1.1. prikazani su sektori sa svojim aktivnim grejnim površinama i snagama kotlarnica:

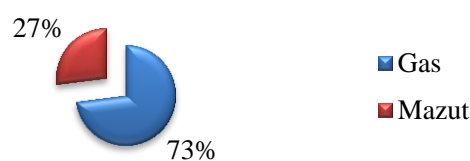
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio vanr. prof. dr Aleksandar Anđelković.

Tabela 1 Prikaz raspodele snage i grejne površine po sektorima i kotlarnicama [1]

SEKTOR	Kotlarnica	Ukupna snaga kW	Aktivna grejna površina m ²
Tivol	Tivol	3.200	13.992,65
Solidarnost	Solidarnost	6.000	29.125,86
Centar Sever	Sportski Centar	8.000	21.068,5
	Robna Kuća	4.200	20.690
	Kastanija	1.160	1.937,00
Centar Jug	JNA	1.500	5.957,39
	PSV 136	650	2.801,22
	Ukupno:	24.710	95.572,82

Toplana uglavnom koristi prirodni gas kao glavni energent i manje količine mazuta pri proizvodnji toplotne energije, zastupljenost energenata pri proizvodnji toplotne energije prikazana je na slici 1.

Zastupljenost energenata

Slika 1. Prikaz zastupljenosti energenata pri proizvodnji toplotne energije u toku poslednje 3 sezone [1]

2. ANALIZA SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA Mreža

Ukupna dužina distributivne mreže je 7.092 km sa prosečnom starosti od 33 godine. Zbog prilično velike starosti distributivne mreže i prateće armature u toku grejne sezone postoji gubitak vode od približno 20m³. Zastupljenost načina polaganja cevi je sledeća: 55% Nadzemno, 31% u betonskom kanalu i 14% u zaštitnu cev. Trenutna zastupljenost vrsta toplotne izolacije su 14% predizolovane i 86% mineralna i staklena vuna [2].

Toplovodna mreža od lokalnih kotlarnica do podstanica građena je u više faza i izvedena je od čeličnih cevi izolovanih mineralnom ili staklenom vunom u opšivci ter

hartije (toplovod građen pre 1983.) ili, u opšivci Al-u lima (toplovod građen posle 1983.godine). Tek mali deo priključaka je građen posle 1990. godine je izveden predizolovanim cevima. Temperaturni režim rada je 110/70°C, a nazivni pritisak je PN16. Duž cele trase toplotna dilatacija su kompenzovane primenom geometrijskih oblika Z, U ili L kompenzatora.

Metoda koja se koristila zasniva se na proračunu toplotnih gubitaka u pojedinim trasama po 1 m predizolovane cevi, uzimajući u obzir starost toplovoda i trenutno stanje izolacije [3].

Gubitak toplote po 1 m izolovane cevi računa se na sledeći način:

$$Q_{gub} = U \cdot (t_u - t_s) \left[\frac{W}{m} \right] \quad (2.1)$$

gde je:

Q_{gub} - gubitak toplote po 1 m cevi u $\left[\frac{W}{m} \right]$

U - koeficijent toplotne provodljivosti izražen u $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$

t_u - temperatura vode unutar cevi izražena u K

t_s - spoljašnja temperatura, odnosno temperatura zemljišta izražena u K

Koeficijent toplotne provodljivosti izračunava se na sledeći način:

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \left[\frac{W}{m \cdot K} \right] \quad (2.2)$$

gde je:

R_1 - otpor toplotne provodljivosti cevi izražen u $\left[\frac{m \cdot K}{W} \right]$

R_2 - otpor toplotne provodljivosti izolacije izražen u $\left[\frac{m \cdot K}{W} \right]$

R_3 - otpor toplotne provodljivosti plašta izolacije izražen u $\left[\frac{m \cdot K}{W} \right]$

R_4 - otpor toplotne provodljivosti zemljišta izražen u $\left[\frac{m \cdot K}{W} \right]$

Otpor toplotne provodljivosti cevi se računa kao:

$$R_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_c} \cdot \ln \frac{D_o}{D_i} \left[\frac{m \cdot K}{W} \right] \quad (2.3)$$

gde je :

D_o - spoljšnji prečnik cevi [m]

D_i - unutrašnji prečnik cevi [m]

λ_c - koeficijent prolaza toplote cevi $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$

Otpor toplotne provodljivosti izolacije se računa kao :

$$R_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_c} \cdot \ln \frac{D_o}{d_i} \left[\frac{m \cdot K}{W} \right] \quad (2.4)$$

d_i - unutrašnji prečnik izolacije [m]

λ_c - koeficijent prolaza toplote cevi $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$

Otpor toplotne provodljivosti izolacije se računa kao :

$$R_3 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_c} \cdot \ln \frac{D_o}{d_i} \left[\frac{m \cdot K}{W} \right] \quad (2.5)$$

d_i - unutrašnji prečnik plašta izolacije [m]

λ_c - koeficijent prolaza toplote cevi $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$

Otpor toplotne provodljivosti zemljišta se računa kao :

$$R_4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_p} \cdot \ln \frac{4 \cdot Z}{d_o} \left[\frac{m \cdot K}{W} \right] \quad (2.6)$$

d_o - spoljšnji prečnik plašta izolacije [m]

λ_p - koeficijent prolaza toplote cevi $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$

Z - dubina položene cevi u zemlju [m]

Radi proračuna prosečnog gubitka toplote u sistemu, uzima se prosečan prečnik od 133 mm sa debljinom izolacijom od 3 cm (0,05 m), temperatura vode od 333 K (65°C), prosečna temperatura zemljišta 281 K (8°C) i dubina položene cevi 1,4 m rezultati ovog proračuna prikazani su u sledećoj tabeli:

Tabela 2. Prikaz gubitaka toplote mreže

ϕ 133	7.010	m
Q_{gub}	47,87405414	$\frac{W}{m \cdot K}$
U	0,39895687	°C
t_u	65	°C
t_s	8	°C
R_1	0,000338394	$\frac{m \cdot K}{W}$
R_2	0,785148338	$\frac{m \cdot K}{W}$
R_3	0,000201791	$\frac{m \cdot K}{W}$
R_4	0,404935522	$\frac{m \cdot K}{W}$
λ_{cev}	16	$\frac{W}{m \cdot K}$
$\lambda_{izolacija}$	0,04	$\frac{W}{m \cdot K}$
$\lambda_{opsirka\ izolacije}$	14	$\frac{W}{m \cdot K}$
$\lambda_{zemljišta}$	1,4	$\frac{W}{m \cdot K}$
D_o	137,6	mm
D_i	133	mm
d_i	167,6	mm
d_o	170,6	mm
Z	1.500	mm

Podstanice

Sistem se sastoji od 41 toplotno predajnih stanica koje su zanovljene u toku IV faze KfW-a. Sve podstanice su izvedene po sličnoj dispoziciji opreme u zavisnosti od veličine prostora u kojoj se nalazi podstanica. Broj podstanica po sektorima je sledeći:

Tabela 3. Podatci o tipu i broju podstanica po sektoru [1]

Sektor	Br. podstanica	Tip podstanica
Tivol	4	Indirektna
Solidarnost	14	Direktna
Centar Sever	21	Direktna
Centar Jug	2	Direktna

Uočeni problemi podstanica su visoka potrošnja električne energije u podstanicama koje nisu renovirane u toku programa KfW, uglavnom sektor Tivol i pojedine podstanice sektora Centar Sever, kao i zastarela oprema za regulaciju, zastarele pumpe itd.

Nakon analize uočeno je da najveću potrošnju električne energije imaju podstanice Tivol L1, Tivol L2, Tivol L3, Tivol L4, L4, V. Dugoševića 144/II. Ove podstanice su i jedine koje nisu renovirane u toku programa KfW i još uvek se u njima nalaze stare pumpe koje nemaju mogućnost regulacije, predimenzionisane su za potrebe snabdevanja zgrada. Naravno, određivanje podstanica

koje troše preveliku količinu el. energije zavisi i od broja potrošača kao i površina samog grejnog prostora.

Izvori

Centar Sever

U poslednjih par godina najveći deo investicija se ulagao u ovaj sektor koji je istorijski imao najviše potrošača a i najniži stepen efikasnosti. Glavna kotlarnica u ovom sektoru je kotlarnica Sportski Centar koja ima dovoljan kapacitet da podmiri ceo sektor do određene temperature primenom noćnog rada. Mazutna kotlarnica Venac je ugašena i prepravljena u toplotno predajnu stanicu, zgrade koje je ova kotlarnica grejale su preuzete od kotlarnice Sportski Centar.

Kotlarnica Kastanija predstavlja malu kotlarnicu, ima malu grejnu površinu i praktično greje samo jednu zgradu, kotlarnica Sportski Centar bi mogla preuzeti i ovu grejnu površinu ali nepostoji magistralni toplovod koji spaja ove dve kotlarnice kao ostale u ovom sektoru. Poslednja kotlarnica u ovom sektoru je mazutna kotlarnica Robna Kuća, u 2023. godini se povezala na magistralni toplovod putem sadašnje toplotno predajne stanice "Venac", iz tog razloga se ova kotlarnica u grejnoj sezoni 2023-2024 preći u rezervu, i njenu grejnu površinu preuzima Sportski Centar.

Centar Jug

Centar Jug se sastoji od dve manje kotlarnice "JNA" i "Borovica". U toku je izgradnja nove gasne kotlarnice JNA koja ima cilj zamene mazutne kotlarnice i smanjenja emisija zagađujućih materija koje proizvodi mazutna kotlarnica kao i postizanje dovoljne rezervne snage u slučaju priključenja svih zgrada koje imaju mogućnost priključenja ili su trenutno isključene sa SDG-a.

Solidarnost

U ovom sektoru postoje dve kotlarnice sa istim imenom. Reč je o staroj mazutnoj kotlarnici i novoj gasnoj koja je izgrađena 2020. godine u cilju unapređenja kvaliteta grejanja kao i smanjenja emisije štetnih materija koji se emituju sagorevanjem mazuta. Trenutno jedan od kotlova u staroj mazutoj kotlarnici je u funkciji i služi samo kao rezerva u slučaju havarije ili prestanka snabdevanja gasa.

Tivol

Gasna kotlarnica je izgrađena 2020. godine kao zamena mazutne parne kotlarnice u sklopu fabrike Rumen. Ova kotlarnica je nakon gašenja fabrike koja je delila proizvedenu toplotnu energiju sa toplanom ostala kao predimenzionisana za konzum koji joj je namenjena.

3. MERE I PAKETI UNAPREĐENJA

Mreža

Unapređenje mreže, za razliku od drugih delova sistema, može se jedino postići zamenom postojećih cevi iz jednostavnog razloga što nije praktično menjati samo izolacija na cevima, a i s obzirom na starost cevovoda jedina mera jeste zameniti u potpunosti cevnu mrežu ili pojedine delove mreže koje su prethodnom analizom uočene kao najkritičnije.

Radni vek predizolovanih cevi je oko 30 godina, tako da će se isplativost toplovoda analizirati za duži vremenski period. Naravno ovaj period je predugačak da bi bio

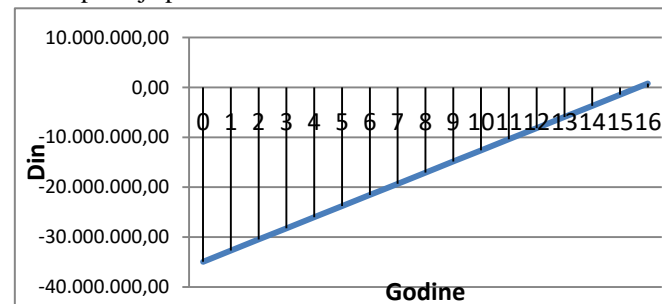
ekonomski prihvatljiv, ali s obzirom na radni vek pretpostavlja se da je period isplate kraći od 15 godina prihvatljiv.

Uticao na gubitke topote je sledeći:

Tabela 4. Podela utroška i uštede zamene toplovoda [1] [3] [4]

Sektor:	Centar Sever	Centar Jug	Solidarno st	Tivol
Gubici toplote pre primene mere	332.180,3	74.047,4	355.317,1	144.680,4
Gubici toplote nakon primene mere	204.984,5	52.695,2	168.810,7	46.496,1
Ušteda u kW/h	127.195,8	21.352,2	186.506,3	98.184,3
Ukupna cena zamene toplovodne mreže			34.944.866	
Ukupna ušteda u kW/h			433.238,69	
Ukupna ušteda po ceni gasa od 4,32 din/kWh za gasne kotlarnice	1.565.050,0		Ukupna ušteda po ceni mazuta od 9,4 din/kWh za mazutne kotlarnice	667.010,61
Ukupno uštede mazut + gas			2.232.060,7	
Period isplate			15,65 godina	

Tok otplate je prikazan na slici 2.



Slika 2. Grafički prikaz toka otplate

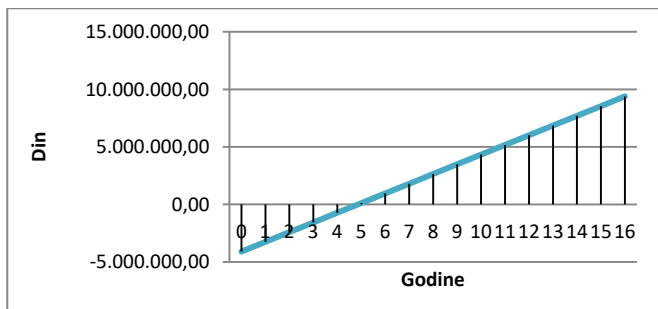
Podstanice

Kao što je već rečeno u prethodnom poglavlju, trenutno, najveći nedostatak podstanica je velika potrošnja električne energije zbog zastarelih pumpi u pojedinim podstanica u kojima je ugrađena automatika, odnosno automatski mešni ventili i kontroleri, ali ne i frekventno regulacione pumpe, kao i oprema koja trenutno nije u funkciji, zastarela ili više neispunjava uslove povezivanja na sistem za automatsko upravljanje i nadzor odnosno SCADA sistema. Predložene mere unapređenja se zasnivaju na zameni zastarelih i neefikasnih pumpi, finansijski uticaj je sledeći:

Tabela 5. Opis i finansijski uticaj mera [6]

Podstanice	Cena investicije	Godišnja ušteda	Period otplate
L1/II	819.000,00	132.760,00	6,17
L2/II	823.680,00	108.980,00	7,56
L3/III	702.000,00	134.980,00	5,20
L4/III	702.000,00	168.380,00	4,17
Veljka Dugoševića 144/ II	1.053.000,00	297.800,00	3,54
Ukupno	4.099.680,0	842.900,00	4,86

Tok otplate prikazan je na slici 3.



Slika 3. Grafički prikaz toka otplate

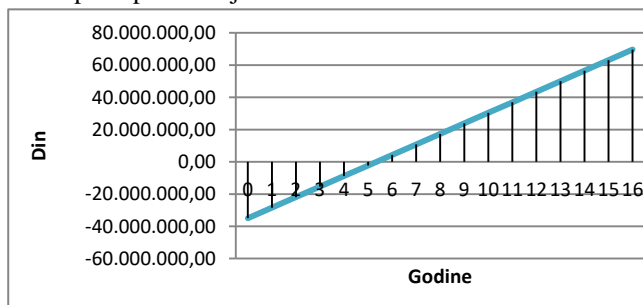
Izvori

Nedostaci u izvorima odnosno proizvodnji toplotne energije, kao i u već napomenutim delovima sistema se svodi na starost sistema i kvar pojedinih komponenata regulacije i merenja. Radi sigurnog snabdevanja potrošača predložena je i rekonstrukcija postojećih mazutnih kotlarnica, gde je moguće, ili građenje novih kotlarnica koje koriste drugi, odnosno, alternativni energent kao što je biomasa, biogas, toplotne pumpe itd.

Tabela 6. Opis i finansijski uticaj mera [6]

Izvori	Cena investicije (din)	Godišnja ušteda (din)	Period otplate (god)
Zamena pumpe Sportski Centar	725.400,00	394.000,00	1,84
Zamena kotlova JNA	6.770.000,00	885.841,95	7,64
Zamena pumpe za zgradu Železnička 11	409.500,00	67.500,00	6,07
Zamena pumpe za zgradu Železnička 13	245.700,00	28.080,00	8,75
Zamena pumpe za zgradu JNA 155	409.500,00	67.500,00	6,07
Zamena pumpe za zgradu Proleterska 2	362.700,00	5.832,00	62,19
Zamena pumpe za zgradu JNA 160	245.700,00	22.140,00	11,10
Zamena zaštitne cirkulacione pumpe	257.400,00	27.000,00	9,53
Nova kotlarnica JNA	25.552.800,00	5.040.247,00	6,25
Ukupno	34.978.700,00	6.538.140,95	5,35

Tok otplate prikazan je na slici 4.



Slika 4. Grafički prikaz toka otplate

4. ZAKLJUČAK

Opšta je ocena da su određeni delovi proizvodnih postrojenja dotrajali, uglavnom toplovod a visok stepen automatizacije u većini izvora odnosno kotlarnica kao i u toplotno predajnim stanicama je prednost ove toplane. Jedan od velikih nedostataka jeste nekorišćenje obnovljivih izvora energije. Revitalizacija, povećanje energetske efikasnosti i dalji razvoj sistema daljinskog grejanja u Srbiji je prioritet za smanjenje emisije štetnih materija kao i izbacivanje mazuta iz svih toplana.

Poslovanje toplane je veoma teško i zabrinjavajuće. Toplana posluje sa gubitkom, velika su dugovanja i potraživanja, naplata je slaba, specifična potrošnja i toplotni gubici su veliki a broj zaposlenih je veći od potrebnog.

Povećanje prihoda, smanjenje rashoda, smanjenje specifične potrošnje energenata i merenje potrošnje toplotne energije su segmenti u kojima toplana u postojećim uslovima može dati značajan doprinos poboljšanju rada i poslovanja. Veliki doprinos ovome bi dalo prelazak na naplatu po potrošnji kao i predstavljene mere unapređenja.

5. LITERATURA

- [1] Izvor JP "Stambeno" Ruma
- [2] Heat Loss Calculation Method for Pipe, Tesisat, Tesisat, Turska februar 2016. godine, <https://www.thesisat.org/en/heat-loss-calculation-method-for-pipe.html> (poslednji put posećeno 20.08.2023)
- [3] UTICAJ TOPLOVODA NA EFIKASNOST SISTEMA CENTRALNOG GREJANJA, Jelena Janevski, Branislav Stojanović, Dejan Mitrović, Mirko Stojiljković, Marko Ignjatović, 13. simpozijum termičara Srbije, Sokobanja, Srbija, 16-19. oktobar, 2007
- [4] Termoplus predizolovane cevi <https://www.termoplus.rs/predizolovane-cevi/> (poslednji put posećeno 04.09.2023)
- [5] ZAKON o energetske efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije "Službeni glasnik RS", broj 40 od 22. aprila 2021.
- [6] WILO Beograd d.o.o. <https://wilo.com/rs/sr> (poslednji put posećeno 09.08.2023)

Kratka biografija:



Ivan Vizmeg rođen je u Rumi 1999. god. Završio Srednju Tehničku školu "Milenko Brzak Uča" u Rumi, nakon čega 2018. god. upisuje Fakultet tehničkih nauka u oblasti Mašinstvo – Energetika i procesna tehnika. Bachelor rad odbranio je 2022.god. Dok je Master rad odbranio 2023. god. kontakt: ivan.vizimeg@gmail.com