

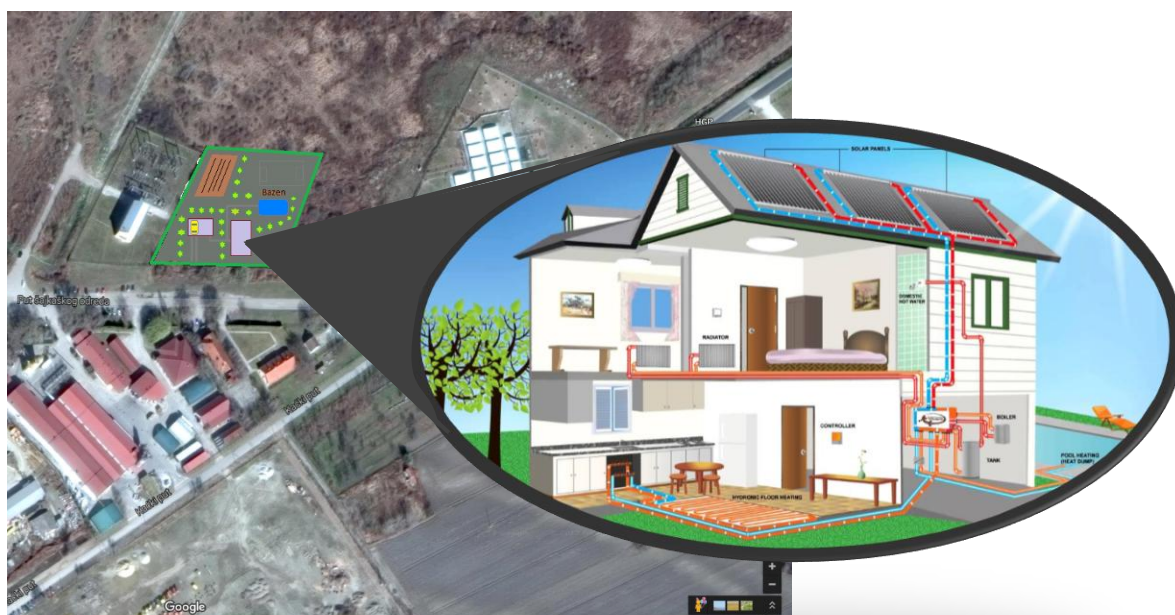


FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Departman za energetiku i toplotnu tehniku
**Nekonvencionalni sistemi grejanja i
hlađenja**



Seminarski rad:

**Proračun hibridnog sistema (solarni kolektori + gasni kotao) sa
RETScreen analizom zamene gasnog kotla sa toplotnom pumpom**



Predmetni nastavnik : **dr Aleksandar Anđelković** Student :

Predmetni asistent: **Igor Mujan**

Sadržaj

Tehnički opis.....	3
1. Arhitektonske osnove objekta i situacioni plan	4
2. Proračun koeficijenta prolaza toplote kroz zidove.....	9
3. Proračun gubitaka toplote.....	14
4. Proračun podnog grejanje.....	22
5. Godišnja simulacija sistema - Tsol proračun	28
6. RETScreen analiza zamene gasnog kotla toplotnom pumpom	32

Tehnički opis

U ovom radu je izvršen proračun *hibridnog sistema* (sistem sa dva izvora toplote), za porodičnu kuću dimenzija 12 x 8 m, kojeg čine nekoliko krugova:

- Krug za podno grejanje (krug potrošnje);
- Krug za pripremu tople potrošne vode (krug potrošnje);
- Krug za zagrevanje bazena (krug potrošnje);
- Krug sa vezom na solarne kolektore (bazni izvor);
- Krug sa pomoćnim sistemom – gasni kotlao (pomoćni izvor).

Porodična kuća se sastoji od prizemlja, prvog sprata i niskog potkrovlja. Iz kuću se nalazi bazen čija je površina 50 m². Porodična kuća je locirana u ulici Put šajkaskog odreda bb.

Proračunom u softverskom paketu „Rauinteg“ dobijena je potrebna *snaga podnog grejanja* koja iznosi 9502 W, uz prethodno utvrđeni koeficijent prolaza toplote koji za spoljni zid iznosi 0,16 W/m²K. U prizemlju, cevne zmiije za podno grejanje u delu prostorije prema prozoru su gušće raspoređene, dok u ostalom delu prostorije cevne zmiije su standardno raspoređene. Cilj gušćeg rasporeda cevnih zmiija je postizanje ravnomernije raspodele temperatura po prostorijama. Zbog toga je i broj razdelnika u prizemlju veći i iznosi 4. Razlog tome je i balansiranje sistema koje je vršeno, zbog čega se kupatilo u prizemlju kuće nazali na posebnom razdelniku, jer ostale prostorije zahtevaju daleko veće masene protoke od kupatila. Na prvom spratu se, takođe, nalaze 4 razdelnika. Specifična potrošnja po prostorijama maksimalno iznosi 95,1 W/m², a kada se uračuna ukupna aktivna površina, bez zidova, koja iznosi 132,75 m² dobija se indikator potrošnje u iznosu od 71,6 W/m².

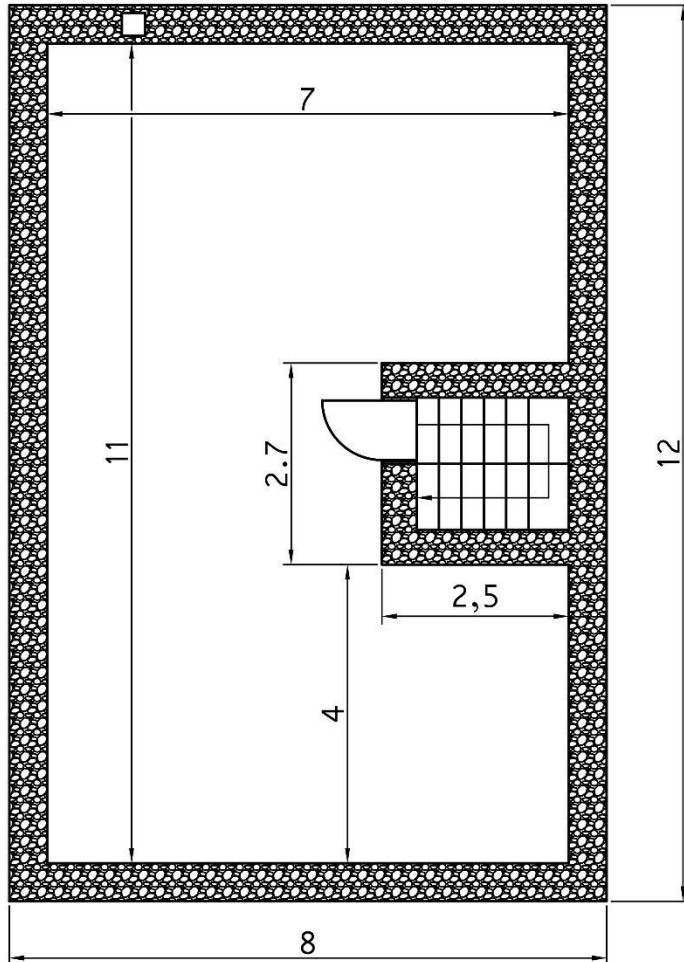
Proračunom je predviđeno da se u *krugu za pripremu tople potrošne vode* zagrevanje vode vrši na 50 °C i da je dnevna potrošnja za četvoročlanu porodicu 240 l.

Krug za zagrevanje bazena je projektovan tako da na dan menja 50 l zaprljanje vode iz bazena i menja sa 50 l sveže vode. Prosečna temperatura vode u bazenu je 26,04 °C. Osim toga, krug za zagrevanje bazena ujedno rasterećuje solarne kolektore i tako sprečava pregrevanje solarnih kolektora, ključanje radnog fluida – stvaranja pare, a u krajnjem slučaju ako se stvore imali parni čepovi i dođe do kondenzacije istih postoji mogućnost za pojavu slabih hidrauličkih udara.

Krug sa solarnim kolektorima ima ulogu baznog sistema. U ovom krugu je instalirano 15 kolektora sa ukupnom površinom 38,25 m², koji su oprenuti prema jugu pod uglom od 30°. Solarni kolektorski sistem je tako instalisan da je u mogućnosti da kao bazni sistem se izbori tokom letnjeg perioda. Zbog promenjenih klimatskih uslova u zimskom periodu (manji broj sunčanih dana) pored solarnog sistema postavljen je i pomoćni sistem u ovom slučaju gasni kotao sa snagom od 25 kW. Instalirana snaga kolektora iznosi 26,78 kW.

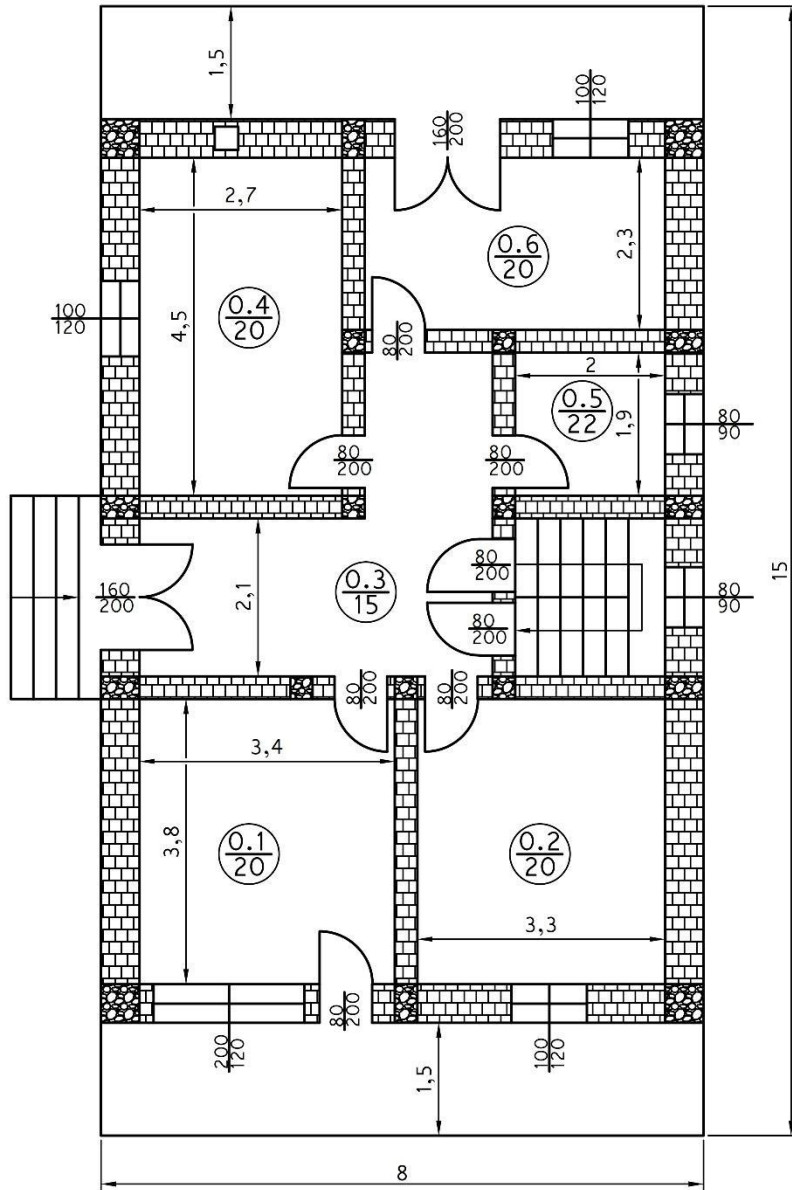
U sistemu se nalazi i akumulacioni bojler sa zapreminom od 2400 l. Ukupan stepen korisnosti celog sistema iznosi 50,6%.

1. Arhitektonske osnove objekta i situacioni plan

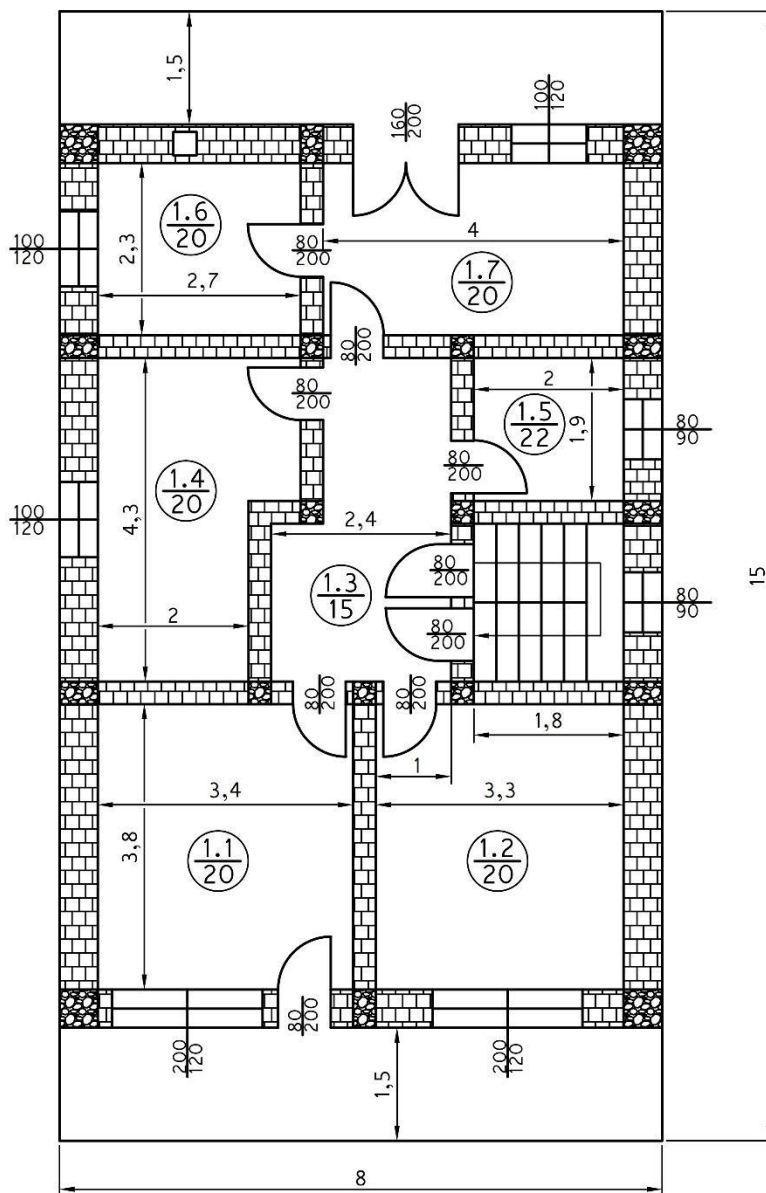


Napomena: Debljina spoljašnih zidova 0,51 [m].

						Razmera: 1:100	Masa
				Datum	Ime	Naziv:	
				Obrad.		Arhitektonske osnove podruma	
				Ispit.			
				Stand.			
				Označ.			
				FTN - Novi Sad Mašinstvo		Oznaka:	List: 1
St.iz.	Izmena	Datum	Ime			Izv.pod	Izmena za:
							L



						Razmera: 1:100	Masa
				Datum	Ime	Naziv:	
				Obrad.		Arhitektonske osnove prizemlja	
				Ispit.			
				Stand.			
				Označ.			
				FTN - Novi Sad Mašinstvo		Oznaka:	List:2
St.iz.	Izmena	Datum	Ime			Izv.pod	Izmena za:
							L



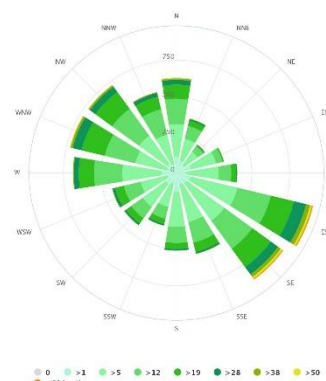
						Razmera: 1:100	Masa
				Datum	Ime	Naziv:	
				Obrad.		Arhitektonske osnove sprata	
				Ispit.			
				Stand.			
				Označ.			
				FTN - Novi Sad Mašinstvo		Oznaka:	List :3
St.iz.	Izmena	Datum	Ime			Izv.pod	Izmena za:
							L

Na prethodnim crtežima prikazane su arhitektonske osnove podruma, prizemlja i sprata. Kotirana je ukupna dužina i širina objekta, kao unutrašnje prostorije, hodnici i kupatila kao i prikazan smer severa. Situacioni plan objekta prikazan je na slici 1, gde se vidi da je objekat lociran u ulici Put šajkaškog odreda.



Slika 1. Situacioni plan objekta (izvor <https://www.google.rs/maps/>)

Ruža vetrova varira od lokacije do lokacije, i može se reći da iz perspektive vetra predstavlja meteorološki „otisak prsta“, lokacije za koju je nacrtana. Da bi se prikazale informacije o distribuciju brzine vetra po različitim pravcima, kao i verovatnoći pojave vetra iz određenog pravca, potrebno je nacrtati ružu vetrova. Ruža vetrova se crta na osnovu podataka o pravcu i brzini vetra, koji su prikupljeni merenjem. Ruža vetrova je korisna kod određivanja mesta za postavljanje vetrogeneratora. U ovom projektu nije predviđeno dobijanje energije iz vetrogeneratora, ali zaključujemo na osnovu ruže vetrova da bi najpovoljniji jugoistočni pravac. Na slici 2. prikazana je ruža vetrova za Novi Sad.



Slika 2. Ruža vetrova

2. Proračun koeficijenta prolaza toplote kroz zidove

Tabela 1. Spoljni zid

Klimatska zona	Udoz	Ri		Re
2	0,3	0,125		0,04
Materijal		δ (m)	λ (W/mK)	δ/λ
1	termoizolacioni malter	0,03	0,19	0,158
2	porozna opeka	0,25	0,33	0,758
3	tervol	0,2	0,041	4,878
4	porozna opeka	0,125	0,52	0,24
5	termoizolacioni malter	0,03	0,19	0,158
		0,64	$\Sigma =$	6,192

$$U = 0,16$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{25}} = 0,16$$

Usvojeno :	U =	0,16	W/m ² K	< Udoz
------------	-----	------	--------------------	--------

Tabela 2. Unutrašnji zid (između zagrejanih prostorija)

Klimatska zona	Udoz	Ri		Re
2	0,9	0,125		0,125
Materijal		δ (m)	λ (W/mK)	δ/λ
1	malter	0,025	0,47	0,053
2	porozna opeka	0,25	0,33	0,758
3	malter	0,025	0,47	0,053
		0,3	$\Sigma =$	0,864

$$U = 0,898$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{8}} = 0,9$$

Usvojeno :	U =	0,898	W/m ² K	< Udoz
------------	-----	-------	--------------------	--------

Tabela 3. Unutrašnji zid (prema hodniku)

Klimatska zona		Udoz	Ri		Re
		0,9	0,125		0,125
Materijal		δ (m)	λ (W/mK)		δ/λ
1	malter	0,025	0,47		0,053
2	porozna opeka	0,25	0,33		0,758
3	malter	0,025	0,47		0,053
		0,3	$\Sigma =$		0,864

$$U = 0,898$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{8}} = 0,9$$

Usvojeno :	U =	0,898	W/m ² K	< Udoz
------------	-----	-------	--------------------	--------

Tabela 4. Unutrašnji zid (prema negrejanim stepeništu)

Klimatska zona		Udoz	Ri		Re
2		0,4	0,125		0,125
Materijal		δ (m)	λ (W/mK)		δ/λ
1	malter	0,03	0,19		0,158
2	porozna opeka	0,25	0,33		0,758
3	tervol	0,2	0,041		4,878
4	puna opeka	0,125	0,52		0,24
5	malter	0,03	0,19		0,158
		0,635	$\Sigma =$		6,192

$$U = 0,155$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{8}} = 0,16$$

Usvojeno :	U =	0,16	W/m ² K	< Udoz
------------	-----	------	--------------------	--------

Tabela 5. Pod sa parketom (međuspratna konstrukcija) ispod negrejanog prostora

Klimatska zona	Udoz	Ri		Re
2	0,3	0,125		0,166
Materijal		δ (m)	λ (W/mK)	δ/λ
1	orahov parket	0,02	0,21	0,095
2	drvena šper-ploča	0,03	0,14	0,214
3	cementna košuljica	0,03	1,4	0,021
4	polietilenska folija	0,002	0,19	0,011
5	tervol	0,2	0,041	4,878
6	lepenka	0,002	0,19	0,011
8	beton	0,1	0,93	0,108
9	Blok ispuna	0,16	0,52	0,308
10	malter	0,05	0,19	0,263
		0,594	Σ =	5,909

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{6}} = 0,16$$

Usvojeno :	U =	0,16	W/m ² K	< Udoz
------------	-----	------	--------------------	--------

Tabela 6. Pod sa pločicama (međuspratna konstrukcija)

Klimatska zona	Udoz	Ri		Re
2	0,3	0,125		0,166
Materijal		δ (m)	λ (W/mK)	δ/λ
1	keramičke pločice	0,02	1,4	0,014
2	cementna košuljica	0,03	1,4	0,021
3	polietilenska folija	0,002	0,19	0,011
4	tervol	0,2	0,041	4,878
5	lepenka	0,002	0,19	0,011
6	beton	0,1	0,93	0,108
7	blok ispuna	0,16	0,52	0,308
8	malter	0,03	0,13	0,231
		0,544	Σ =	5,582

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{6}} = 0,17$$

Usvojeno :	U =	0,17	W/m ² K	<=Udoz
------------	-----	------	--------------------	--------

Tabela 7. Tavanica

Klimatska zona		Udoz	Ri		Re
2		0,3	0,125		0,125
Materijal		δ (m)	λ (W/mK)	δ/λ	
1	cementna košuljica	0,03	1,4	0,021	
2	polietilenska folija	0,002	0,19	0,011	
3	tervol	0,2	0,041	4,878	
4	lepenka	0,002	0,19	0,011	
5	beton	0,1	0,93	0,108	
6	Blok ispuna	0,16	0,52	0,308	
7	malter	0,06	0,19	0,316	
		0,554	$\Sigma =$	5,653	

$$U = 0,169$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{8}} = 0,17$$

Usvojeno :	U =	0,17	W/m ² K	<Udoz
------------	-----	------	--------------------	-------

Tabela 8. Krov

Klimatska zona		Udoz	Ri		Re
		0,3			
Materijal		δ (m)	λ (W/mK)	δ/λ	
1	crep	0,03	0,99	0,03	
2	daska	0,02	0,14	0,143	
3	tervol	0,2	0,041	4,878	
4	lepenka	0,002	0,19	0,011	
7	Gips ploče	0,02	0,21	0,095	
		0,272	$\Sigma =$	5,157	

$$U = 0,188$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{25}} = 0,19$$

Usvojeno :	U =	0,19	W/m ² K	<Udoz
------------	-----	------	--------------------	-------

Tabela 9. Pregled usvojenih koeficijenata prolaza toplote

Naziv pregrade	Oznaka	Debljina	Koeficijent prolaza toplote
		cm	W/m ² K
Spoljni zid	SZ	64	0,16
Unutrašnji zid	UZ	30	0,898
Unutrašnji zid prema negrejanom stepeništu	UZ1	63,5	0,155
Pod prizemlja	PP	59,4	0,161
Pod kupatila i kuhinja	PKK	54,4	0,17
Tavanica	T	55,4	0,169
Spoljašnja vrata	SV		1,6
Balkonska vrata	BV		1,5
Spoljašnji prozor	SV		0,7
Unutrašnja vrata	UV		2,3
Garažna vrata	VG		5,8

3. Proračun gubitaka toplote

Pod gubicima toplote se odrazumeva količina toplote koju grejna prostorija izgubi u stacionarnom stanju kroz pregradne zidove. Tada uređaj za grejanje treba da dovede onoliko toplote koliko prostorija izgubi. Gubici toplote kroz pregrade nisu jedini koje uređaj za grejanje treba da nadoknadi. Hladan spoljni vazduh koji se koji se infiltrira kroz nedovoljno zaptivena vrata i prozore takođe treba zagrejati. Dakle, imamo dve vrste gubitaka toplote:

- Transmisionone gubitke toplote (Q_T [W]),
- Infiltracione gubitke toplote (Q_V [W]).

Transmisioni gubitak toplote jednak je:

$$Q_T = Q_o(1 + Z_D + Z_S) \text{ [W]} \quad (1)$$

gde je:

- Q_o [W] osnovni gubitak toplote;
- Z_D [-] dodatak zbog prekida u radu,
- Z_S [-] dodatak na stranu sveta.

Osnovni gubitak toplote:

$$Q_o = \sum_{i=1}^n (u_i \cdot F_i) (t_u - t_i) \text{ [W]} \quad (2)$$

gde je:

- u [W/m² K] koeficijent prolaza toplote,
- F [m²] površina kroz koju se vrši razmena toplote,
- t_u [°C] unutrašnja projektana temperatura,
- t_i [°C] spoljašnja projektana temperatura ili temperatura susedne prostorije.

Proračun infiltracionih (ventilacionih) gubitaka daje nam samo približne rezultate na osnovu prihvaćenih pretpostavki o uticaju vetra i nedovoljnog zaptivanja prozora i vrata.

Ventilacioni gubitak toplote:

$$Q_V = \sum (a \cdot l)_s \cdot R \cdot H \cdot (t_p - t_{sp}) \cdot Z_E \text{ [W]} \quad (3)$$

Gde je:

- a [m³/hmPa^{2/3}] propustljivost prozora,
- l [m] dužina procepa prozora i vrata (fuga),
- R [-] karakteristika prostorije,
- H [WhPa^{2/3}/m³K] karakteristika zgrade,
- Z_E [-] dodatak za prozore koji se nalaze u uglu dva spljna zida $Z_E = 1,2$, u svim drugim slučajevima $Z_E = 1$.

Proračun gubitaka toplote prikazan je u nastavku ovog rada.

list: 1			proračun površine					proračun toplotnih gubitaka					dodaci			Ukupni transmisivni gubici Q_{tr}
oznaka	strana sveta	debljina zida	dužina ili širina	visina	površina	broj	odbija se	površina za račun	koefficijent prolaza toplote U	temperaturska razlika Δt	U x Δt	osnovni gubitak toplote Q_{o}	dodatak zbog prekida uradu Z_p	dodatak na stranu sveta Z_s	Ukupno Z_p, Z_s	
		m	m	m	m ²		m ²	m ²	W/m ² K	K	W/m ²	W	%	%	%	W

0.1	Dnevna soba			t_{in} =	20	°C ;	A =	12,92	m ² ;	O =		m ;	A_u =	69,04	m ²		
				t_{st} =	-14,8	°C ;	H =	3	m ² ;	V =	38,76	m ³ ;	k_D =	0,139			
SZ	Z	0,64	3,8	3	11,4	1	-	11,4	0,16	34,8	5,568	63,48					
SZ	J	0,64	3,4	3	10,2	1	4	6,2	0,16	34,8	5,568	34,52					
UZ		0,3	3,8	3	11,4	1	-	11,4	0,898	0	0	0					
UZ		0,3	3,4	3	10,2	1	1,6	8,6	0,898	5	4,49	38,61					
PP		0,594	3,4	3,8	12,92	1	-	12,92	0,161	15	2,415	31,2					
Plafon		0,954	3,4	3,8	12,92	1	-	12,92	0,161	0	0	0					
SV			0,8	2	1,6	1	-	1,6	1,6	34,8	55,68	89,09					
SP			2	1,2	2,4	1	-	2,4	0,7	34,8	24,36	58,46					
UV			0,8	2	1,6	1	-	1,6	2,3	5	11,5	18,4					
													333,76	20	-5	15	383,82

Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)													Q_f
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a*I*kom	Rp	Hk	Δt	Z_e	Q_f	
		m	m	m		m ³ /mhPa ^{2/3}				K		W	
SP	J	2	1,2	7,6	1	0,3	2,28	0,9	3,09	34,8	1	220,66	
SV		0,8	2	5,6	1	0,7	3,92	0,9	3,09	34,8	1	379,37	
UV		0,8	2	5,6	1	3,3	18,48	0,9	3,09	5	1	256,96	

Infiltracija	Q_f =	856,99
UKUPNI GUBICI	$Q = Q_T + Q_f$	1240,81¹

0.2	Spavaća soba			t_{in} =	20	°C ;	A =	12,54	m ² ;	O =		m ;	A_u =	66,78	m ²		
				t_{st} =	-14,8	°C ;	H =	3	m ² ;	V =	37,62	m ³ ;	k_D =	0,09			
SZ	I	0,64	3,8	3	11,4	1	0	11,4	0,16	34,8	5,568	63,48					
UZ		0,3	3,8	3	11,4	1	0	11,4	0,898	0	0	0					
SZ	J	0,64	3,3	3	9,9	1	1,2	8,7	0,16	34,8	5,568	48,44					
SP			1	1,2	1,2	1	0	1,2	0,7	34,8	24,36	29,23					
UZ1		0,635	2	3	6	1	0	6	0,155	5	0,775	4,65					
UZ		0,3	1	3	3	1	1,6	1,4	0,898	5	4,49	6,29					
UV			0,8	2	1,6	1	0	1,6	2,3	5	11,5	18,4					
Plafon		0,594	3,3	3,8	12,54	1	0	12,54	0,161	0	0	0					
PP		0,594	3,3	3,8	12,54	1	0	12,54	0,161	15	2,415	30,28					
													200,77	20	-5	15	230,855

Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)													Q_f
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a*I*kom	Rp	Hk	Δt	Z_e	Q_f	
		m	m	m		m ³ /mhPa ^{2/3}				K		W	
SP		1	1,2	5,6	1	0,3	1,68	0,9	3,09	34,8	1	162,59	
UV		0,8	2	5,6	1	3,3	18,48	0,9	3,09	5	1	256,96	

Infiltracija	Q_f =	419,55
UKUPNI GUBICI	$Q = Q_T + Q_f$	650,4355

¹ Grejne prostorije su označene **plavom slovima**, a negrejne prostorije su označene **crvenim slovima**.

list: 2			proračun površine					proračun toplotnih gubitaka					dodaci				Ukupni transmisioni gubici Q _T
oznaka	strana sveta	debljina zida	dužina ili širina	visina	površina	broj	odojba se	površina za račun	koefficien prolaza toplote U	temperaturska razlika Δt	U x Δt	osnovni gubitak toplote Q ₀	dodatak zbog prekiđara uradu Z _p	dodatak na stranu sveta Z _s	Ukupno Z _p +Z _s	W	
		cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/m ² K	K	W/m ²	W	%	%	%	W	

0.3	Hodnik			t _u = 15 °C ;	A = 13,61 m ² ;	O = m ;	A _u = 77,62 m ²													
				t _{st} = -14,8 °C ;	H = 3 m ² ;	V = 40,83 m ³ ;	k ₀ = 0,023													
SZ	Z	0,64	2,1	3	6,3	1	3,2	3,1	0,16	29,8	4,768	14,78								
SV			1,6	2	3,2	1	0	3,2	1,6	29,8	47,68	152,58								
UZ		0,3	3,4	3	10,2	1	1,6	8,6	0,898	-5	-4,49	-38,61								
UV			0,8	2	1,6	4	0	6,4	2,3	-5	-11,5	-73,6								
UZ		0,3	1	3	3	1	1,6	1,4	0,898	-5	-4,49	-6,29								
UZ1		0,635	2,1	3	6,3	1	3,2	3,1	0,155	0	0	0								
UV			0,8	2	1,6	2	0	3,2	1,6	0	0	0								
UZ		0,3	1,9	3	5,7	1	1,6	4,1	0,898	-7	-6,286	-25,77								
UV			0,8	2	1,6	1	0	1,6	2,3	-7	-16,1	-25,76								
UZ		0,3	1,7	3	5,1	1	1,6	3,5	0,898	-5	-4,49	-15,72								
UZ		0,3	1,9	3	5,7	1	1,6	4,1	0,898	-5	-4,49	-18,41								
UZ		0,3	2,7	3	8,1	1	0	8,1	0,898	-5	-4,49	-36,37								
Plafon		0,594	2	2,1	4,2	1	0	4,2	0,161	-5	-0,805	-3,38								
PP		0,544			13,61	1		13,61	0,17	10	1,7	23,14								
Plafon		0,544			9,41			9,41	0,17	0	0	0								
																-53,41	20	0	20	-42,73
Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)																				
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a*I*kom	Rp	Hk	Δt	Z _ε	Q _F								
		m	m	m	m ³ /mhPa ^{2/3}					K		W								
SV	Z	1,6	2	9,2	1	0,7	6,44	0,9	3,09	29,8	1	533,71								
UV		0,8	2	5,6	4	3,3	73,92	0,9	3,09	-5	1	-1027,86								
UV		0,8	2	5,6	2	3,3	36,96	0,9	3,09	0	1	0								
UV		0,8	2	5,6	1	3,3	18,48	0,9	3,09	-7	1	-359,75								
													Infiltracija	Q _F =	-853,9					
													UKUPNI GUBICI	Q = Q _T +Q _F	-896,63²					

0.4	Kuhinja			t _u = 20 °C ;	A = 12,5 m ² ;	O = m ;	A _u = 66,6 m ²													
				t _{st} = -14,8 °C ;	H = 3 m ² ;	V = 37,5 m ³ ;	k ₀ = 0,12													
SZ	Z	0,64	4,5	3	13,5	1	1,2	12,3	0,16	34,8	5,568	68,49								
SP			1	1,2	1,2	1	0	1,2	1,5	34,8	52,2	62,64								
SZ	S	0,64	2,7	3	8,1	1	0	8,1	0,16	34,8	5,568	45,1								
UZ		0,3	2,3	3	6,9	1	0	6,9	0,898	0	0	0								
UZ		0,3	1,9	3	5,7	1	1,6	4,1	0,898	5	4,49	18,41								
UV			0,8	2	1,6	1	0	1,6	2,3	5	11,5	18,4								
UZ		0,3	2,7	3	8,1	1	0	8,1	0,898	5	4,49	36,37								
Plafon			2,7	4,5	12,15	1	0	12,15	0	0	0	0								
PP		0,544	2,7	4,5	12,15	1	0	12,15	0,17	15	2,55	30,98								
																280,39	20	-5	15	322,4485
Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)																				
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a*I*kom	Rp	Hk	Δt	Z _ε	Q _F								
		m	m	m	m ³ /mhPa ^{2/3}					K		W								
SP	1	1,2	1,2	5,6	1	0,3	1,68	0,9	3,09	34,8	1	162,59								
UV	0,8	2	5,6	5,6	1	3,3	18,48	0,9	3,09	5	1	256,96								
													Infiltracija	Q _F =	419,55					
													UKUPNI GUBICI	Q = Q _T +Q _F	741,9985					

² Grejne prostorije su označene **plavom slovima**, a negrejne prostorije su označene **crvenim slovima**.

list: 4			proračun površine					proračun toplotnih gubitaka					dodaci			
oznaka	strana sveta	debljina zida	dužina ili širina	visina	površina	broj	odbija se	površina za račun	koeffcijen prolaza toplote U	temperaturska razlika Δt	U x Δt	osnovni gubitak toplote Qo	dodatak zbog prekiđa uradu Z ₀	dodatak na stranu sveta Z _s	Ukupno Z ₀ +Z _s	Ukupni transmisivni gubici Q _r
		cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/m ² K	K	W/m ²	W	%	%	%	W

1.1		Soba		t _u =	20	°C ;	A =	12,92	m ² ;	O =		m ;	A _u =	68,14	m ²		
				t _{st} =	-14,8	°C ;	H =	3	m ² ;	V =	38,76	m ³ ;	k _D =	0,14			
SZ	Z	0,64	3,8	3	11,4	1	0	11,4	0,16	34,8	5,568	63,48					
SZ	J	0,64	3,4	3	10,2	1	4	6,2	0,16	34,8	5,568	34,52					
SP			1,2	2	2,4	1	0	2,4	0,7	34,8	24,36	58,46					
SV			0,8	2	1,6	1	0	1,6	1,6	34,8	55,68	89,09					
UZ		0,3	3,8	3	11,4	1	0	11,4	0,898	0	0	0					
UZ		0,3	1,1	3	3,3	1	1,6	1,7	0,898	5	4,49	7,63					
UV			0,8	2	1,6	1	0	1,6	2,3	5	11,5	18,4					
UZ		0,3	2	3	6	1	0	6	0,898	0	0	0					
Pod		0,594	3,4	3,8	12,92	1	0	12,92	0,161	0	0	0					
T		0,554	3,4	3,8	12,92	1	0	12,92	0,169	28	4,732	61,14					
													332,72	20	-5	15	382,63

Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)													
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a*I*kom	Rp	Hk	Δt	Z _e	Q _F	
		m	m	m	m ³ /mhPa ^{2/3}					K		W	
SP	J	0,8	1,2	7,6	1	0,3	2,28	0,9	3,09	34,8	1	220,66	
UV		0,8	2	5,6	1	3,3	18,48	0,9	3,09	5	1	256,96	
SV	J	0,8	2	5,6	1	0,7	3,92	0,9	3,09	34,8	1	379,37	

Infiltracija	Q _F =	856,99
UKUPNI GUBICI	Q = Q_r+Q_F	1239,62⁴

1.2		Soba 3		t _u =	20	°C ;	A =	12,54	m ² ;	O =		m ;	A _u =	64,38	m ²		
				t _{st} =	-14,8	°C ;	H =	3	m ² ;	V =	37,62	m ³ ;	k _D =	0,09			
SZ	J	0,64	3,3	3	9,9	1	2,4	7,5	0,16	34,8	5,568	41,76					
SZ	I	0,64	3,8	3	11,4	1	0	11,4	0,16	34,8	5,568	63,48					
UZ1		0,635	2	3	6	1	0	6	0,155	5	0,775	4,65					
UZ		0,3	1	3	3	1	1,6	1,4	0,898	5	4,49	6,29					
UV			0,8	2	1,6	1	0	1,6	2,3	5	11,5	18,4					
UZ		0,3	3,8	3	11,4	1	0	11,4	0,898	0	0	0					
Pod		0,594	3,3	3,8	12,54	1	0	12,54	0,161	0	0	0					
T		0,554	3,3	3,8	12,54	1	0	12,54	0,169	28	4,732	59,34					
													193,92	20	-5	15	223,008

Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)													
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a*I*kom	Rp	Hk	Δt	Z _e	Q _F	
		m	m	m	m ³ /mhPa ^{2/3}					K		W	
SP	S	1	1,2	5,6	1	0,3	1,68	0,9	3,09	34,8	1	162,59	
UV		0,8	2	5,6	1	3,3	18,48	0,9	3,09	5	1	256,96	

Infiltracija	Q _F =	419,55
UKUPNI GUBICI	Q = Q_r+Q_F	642,558

⁴ Grejne prostorije su označene plavom slovima, a negrejne prostorije su označene crvenim slovima.

list: 6			proračun površine					proračun toplotnih gubitaka					dodaci			
oznaka	strana sveta	debljina zida	dužina ili širina	visina	površina	broj	odbija se	površina za račun	koeffcijen prolaza toplote U	temperaturska razlika Δt	U x Δt	osnovni gubitak toplote Q ₀	dodatak zbog preklada uradu Z ₀	dodatak na stranu sveta Z _s	Ukupno Z ₀ +Z _s	Ukupni transmisivni gubici Q _t
		cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/m ² K	K	W/m ²	W	%	%	%	W

1.6	Kuhinja 2		t _u = 20 °C ;	A = 6,21 m ² ;	O = m ;	A ₀ = 42,42 m ²										
			t _{ti} = -14,8 °C ;	H = 3 m ² ;	V = 18,63 m ³ ;	k ₀ = 0,092										
UZ	0,3	2,7	3	8,1	1	0	8,1	0,898	0	0	0					
UZ	0,3	2,3	3	6,9	1	1,6	5,3	0,898	0	0	0					
UV		0,8	2	1,6	1	0	1,6	2,3	0	0	0					
SZ	0,64	2,3	3	6,9	1	1,2	5,7	0,16	34,8	5,568	31,74					
SP		1	1,2	1,2	1	0	1,2	0,7	34,8	24,36	29,23					
SZ	0,64	2,7	3	8,1	1	0	8,1	0,16	34,8	5,568	45,1					
Pod	0,544	2,7	2,3	6,21	1	0	6,21	0,17	0	0	0					
T	0,554	2,7	2,3	6,21	1	0	6,21	0,169	28	4,732	29,39					
												135,46	20	-5	15	115,14

Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)												
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a [*] *kom	Rp	Hk	Δt	Z _e	Q _f
		m	m	m		m ³ /mhPa ^{2/3}				K		W
UV		0,8	2	5,6	1	3,3	18,48	0,9	3,09	0	1	0
SP		1	1,2	5,6	1	0,3	1,68	0,9	3,09	34,8	1	162,59

Infiltracija Q_f = 162,59

UKUPNI GUBICI Q = Q_t+Q_f = 277,73

1.7	Dnevna soba 2		t _u = 20 °C ;	A = 9,2 m ² ;	O = m ;	A ₀ = 46,1 m ²											
			t _{ti} = -14,8 °C ;	H = 3 m ² ;	V = 27,6 m ³ ;	k ₀ = 0,22											
SZ	I	0,64	2,3	3	6,9	1	0	6,9	0,16	34,8	5,568	38,42					
SZ	S	0,64	4	3	12	1	4,4	7,6	0,16	34,8	5,568	42,32					
SV			1,6	2	3,2	1	0	3,2	1,6	34,8	55,68	178,18					
SP			1	1,2	1,2	1		1,2	0,7	34,8	24,36	29,23					
UZ		0,3	2,3	3	6,9	1	1,6	5,3	0,898	0	0	0					
UV			0,8	2	1,6	1	0	1,6	2,3	0	0	0					
UZ		0,3	1,7	3	5,1	1	1,6	3,5	0,898	5	4,49	15,72					
UV			0,8	2	1,6	1	0	1,6	2,3	5	11,5	18,4					
UZ		0,3	2	3	6	1	0	6	0,898	-2	-1,796	-10,78					
Pod		0,594	4	2,3	9,2	1	0	9,2	0,161	0	0	0					
T		0,554	4	2,3	9,2	1	0	9,2	0,169	28	4,732	43,53					
													355,02	20	0	20	426,024

Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)												
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a [*] *kom	Rp	Hk	Δt	Z _e	Q _f
		m	m	m		m ³ /mhPa ^{2/3}				K		W
UV		0,8	2	5,6	1	3,3	18,48	0,9	3,09	5	1	256,96
SV		1,6	2	9,2	1	0,7	6,44	0,9	3,09	34,8	1	623,26
SP		1	1,2	5,6	1	0,3	1,68	0,9	3,09	34,8	1	162,59

Infiltracija Q_f = 1042,81

UKUPNI GUBICI Q = Q_t+Q_f = 1468,8

list: 7			proračun površine					proračun toplotnih gubitaka					dodaci			
oznaka	strana sveta	debljina zida	dužina ili širina	visina	površina	broj	odbija se	površina za račun	koeffcijen prolaza toplote U	temperaturna razlika Δt	U x Δt	osnovni gubitak toplote Q _o	dodatak zbog prekida uradu Z _o	dodatak na stranu sveta Z _s	Ukupno Z _o +Z _s	Ukupni transmisivni gubici Q _r
		cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/m ² K	K	W/m ²	W	%	%	%	W

1.5	Kupatilo		t _u =	22	°C ;	A =	3,8	m ² ;	O =		m ;	A _u =	31	m ²		
			t _{st} =	-14,8	°C ;	H =	3	m ² ;	V =	11,4	m ³ ;	k _o =	0,143			
UZ		0,3	2	3	6	1	0	6	0,898	2	1,796	10,78				
UZ		0,3	1,9	3	5,7	1	1,6	4,1	0,898	7	6,286	25,77				
UV		0,8	2	1,6	1,6	1	0	1,6	2,3	7	16,1	25,77				
SZ		0,64	1,9	3	5,7	1	0,72	4,98	0,16	34,8	5,568	27,73				
SP			0,8	0,9	0,72	1	0	0,72	0,7	34,8	24,36	17,54				
UZ		0,3	2	3	6	1	0	6	0,898	7	6,286	37,72				
Pod		0,544	2	1,9	3,8	1	0	3,8	0,17	0	0	0				
T		0,554	2	1,9	3,8	1	0	3,8	0,169	28	4,732	17,98				
												163,28	20	-5	15	138,79

Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)												
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a*I*kom	Rp	Hk	Δt	Z _ε	Q _F
		m	m	m		m ³ /mhPa ^{2/3}				K		W
UV		0,8	2	5,6	1	3,3	18,48	0,9	3,09	7	1	359,75
SP		0,8	0,9	4,3	1	0,3	1,29	0,9	3,09	36,8	1	132,02

Infiltracija	Q _F =	491,77
UKUPNI GUBICI	Q = Q_r+Q_F	630,56

	Stepenište		t _u =	15	°C ;	A =	4,2	m ² ;	O =		m ;	A _u =	57,6	m ²		
			t _{st} =	-14,8	°C ;	H =	6	m ² ;	V =	25,2	m ³ ;	k _o =	0,964531			
SZ	I	0,64	2,1	6	12,6	1	1,44	11,16	0,16	29,8	4,768	53,2				
SP			0,8	0,9	0,72	2	0	1,44	0,7	29,8	20,86	30				
UZ1		0,635	2	6	12	1	0	12	0,155	-5	-0,775	-9,3				
UZ1		0,635	2,1	6	12,6	1	6,4	6,2	0,155	0	0	0				
UV			0,8	2	1,6	4	0	6,4	2,3	0	0	0				
UZ		0,635	2	6	12	1	0	12	0,155	-7	-1,085	-13				
T		0,554	2,1	2	4,2	1	0	4,2	0,169	23	3,887	16,3				
PP		0,544	2,1	2	4,2	1	0	4,2	0,17	10	1,7	7,1				
												84,3	15	0	15	96,9

Ventilacioni gubici toplote (infiltracija)												
ozn	orj	A	H	l fuga	kom	a	a*I*kom	Rp	Hk	Δt	Z _ε	Q _F
		m	m	m		m ³ /mhPa ^{2/3}				K		W
SP		0,8	0,9	4,3	2	0,3	2,58	0,9	3,09	29,8	1	213,8

Infiltracija	Q _F =	213,8
UKUPNI GUBICI	Q = Q_r+Q_F	310,7

UKUPNA SNAGA ZA GREJANJE PORODIČNE KUĆE	Q_u	9502
--	----------------------	-------------

4. Proračun podnog grejanje

Pomoću softverskog paketa „RAUinteg“ na osnovu dobijenih koeficijenata prolaza toplote i geometrije prostorija, kao i dodeljenih gubitaka sa svaku prostoriju ponaosob određujemo potrebne protoke kroz cevi za podno grejanje porodične kuće. Takođe, programom se vrši hidrauličko uravnoteženje sistema. Toplotnim bilansom dobijena je snaga u iznosu od 9502 W, koja je potrebna za podno grejanje, što je prikazano *tabelom 10*.

Tabela 10. Toplotni bilans podnog grejanja

S1 Sprat 1										
P	Prostorija	tu (°C)	Qn (W)	Qi(dvo) (W)	Qi(jed) (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	(%)
P1	Dnevni boravak	20	1240	0	0	1229	0	1229	11	99
P4	Spavaća soba	20	650	0	0	1193	0	1193	-543	183
P6	Kuhinja	20	741	0	0	742	0	742	-1	100
P7	Kupatilo	24	644	0	0	297	0	297	347	46
P8	Soba	20	1459	0	0	875	0	875	584	59
	Ukupno: Sprat 1		4734	0	0	4336	0	4336	398	

S2 Sprat 2										
P	Prostorija	tu (°C)	Qn (W)	Qi(dvo) (W)	Qi(jed) (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	(%)
P1	Dnevna soba	20	1239	0	0	1229	0	1229	10	99
P2	Soba 3	20	642	0	0	1193	0	1193	-551	185
P4	Soba 4	20	512	0	0	527	0	527	-15	102
P5	Kupatilo	24	630	0	0	285	0	285	345	45
P6	Kuhinja	20	277	0	0	292	0	292	-15	105
P7	Dnevni boravak	20	1468	0	0	875	0	875	593	59
	Ukupno: Sprat 2		4768	0	0	4401	0	4401	367	

	Ukupno:		9502	0	0	8737	0	8737	765	
--	----------------	--	-------------	----------	----------	-------------	----------	-------------	------------	--

Detaljan proračun podnog grejanja primenjen da porodičnu kuću prikazan je u nastavku ovog rada. Sistem podnog grejanja sadrži 8 razdelnika (4 razdelnika po spratu). Prvi razlog za korišćenje više razdelnika je nastao zbog velike razlike snage koju je potrebno dovesti po prostorijama, zbog čega dolazi do hidrauličke neuravnoteženosti sistema. Drugi razlog je cilj za što ravnomerniju raspodelu toplote, zbog čega su postavljane gušće cevne zmiije prema delu prostorije gde su prozori, tj., polaganje u obliku spirale sa nastavljenom ivičnom zonom kada je na istom razdelniku i odvojenom ivičnom zonom kada je ivična zona na posebnom razdelniku.

Površina svih prostorija zajedno sa hodnikom i stepeništom (bez zidova) iznosi: 132,75 m².
Indikator potrošnje energije, konkretno prosečna specifična toplota iznosi:

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{9502}{132,75} = 71,6 \frac{W}{m^2} \quad (4)$$

Maksimalna specifična toplota po prostorijama iznosi $q^{max} = 95,1 W/m^2$.

Podno grejanje (proračun po prostorijama)

G1-Nova instalacija grejanja \ Ulaz na Sprat 1 (1.1)																		
REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02																		
Temperatura polazne vode		45,0		(°C)														
Temperatura povratne vode		40,0		(°C)														
Broj priključaka		2																
Uk. površina petlji		13,5		(m ²)														
Uk. dužina cevi		269,2		(m)														
Instalisana snaga		1280		(W)														
Uk. dovedena snaga		1595		(W)														
Uk. zapremina medija		54,13		(l)														
Uk. protok		274,40		(kg/h)														
		9,24		(kPa)														
P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.	
Sprat 1 \ P1 Dnevni boravak																		
PP - 35	B	Parket (hrast)	20	0,095	6,9	50	28,6	95,1	5,0	138,4	0,0	658	780	134,2	0,2	5,8	2,50	
Sprat 1 \ P4 Spavaća soba																		
PP - 37	B	Parket (hrast)	20	0,095	6,5	50	28,6	95,1	5,0	130,8	0,0	622	815	140,2	0,2	5,9	2,50	
REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02																		
Temperatura polazne vode		45,0		(°C)														
Temperatura povratne vode		35,9		(°C)														
Broj priključaka		2																
Uk. površina petlji		16,7		(m ²)														
Uk. dužina cevi		209,0		(m)														
Instalisana snaga		1141		(W)														
Uk. dovedena snaga		1351		(W)														
Uk. zapremina medija		42,02		(l)														
Uk. protok		128,30		(kg/h)														
		2,41		(kPa)														
P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.	
Sprat 1 \ P6 Kuhinja																		
PP - 39	B	Parket (hrast)	20	0,095	12,5	100	25,6	59,3	16,1	125,0	0,0	742	878	46,9	0,1	0,7	0,50	
Sprat 1 \ P8 Soba																		
PP - 41	B	Parket (hrast)	20	0,095	4,2	50	28,6	95,1	5,0	84,0	0,0	399	473	81,4	0,1	1,5	2,50	

REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 03

Temperatura polazne vode	45,0	(°C)
Temperatura povratne vode	40,0	(°C)
Broj priključaka	3	
Uk. površina petlji	17,0	(m ²)
Uk. dužina cevi	340,0	(m)
Instalisana snaga	1618	(W)
Uk. dovedena snaga	1988	(W)
Uk. zapremina medija	68,36	(l)
Uk. protok	342,80	(kg/h)
	7,45	(kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.
---	-----	--------	-----------	------------------------------	------------------------	-----------	------------	--------------------------	------------	----------	-----------	--------------	------------	-------------	------------	-------------	---------------

Sprat 1 \ P1 Dnevni boravak

PP - 36	R	Parket (hrast)	20	0,095	6,0	50	28,6	95,1	5,0	120,0	0,0	571	676	116,6	0,2	4,0	2,50
---------	---	----------------	----	-------	-----	----	------	------	-----	-------	-----	-----	-----	-------	-----	-----	------

Sprat 1 \ P4 Spavaća soba

PP - 38	R	Parket (hrast)	20	0,095	6,0	50	28,6	95,1	5,0	120,0	0,0	571	748	129,0	0,2	4,7	2,50
---------	---	----------------	----	-------	-----	----	------	------	-----	-------	-----	-----	-----	-------	-----	-----	------

Sprat 1 \ P8 Soba

PP - 42	R	Parket (hrast)	20	0,095	5,0	50	28,6	95,1	5,0	100,0	0,0	476	564	97,2	0,1	2,4	0,50
---------	---	----------------	----	-------	-----	----	------	------	-----	-------	-----	-----	-----	------	-----	-----	------

REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02

Temperatura polazne vode	45,0	(°C)
Temperatura povratne vode	40,0	(°C)
Broj priključaka	1	
Uk. površina petlji	3,8	(m ²)
Uk. dužina cevi	76,0	(m)
Instalisana snaga	297	(W)
Uk. dovedena snaga	363	(W)
Uk. zapremina medija	15,28	(l)
Uk. protok	62,50	(kg/h)
	1,05	(kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.
---	-----	--------	-----------	------------------------------	------------------------	-----------	------------	--------------------------	------------	----------	-----------	--------------	------------	-------------	------------	-------------	---------------

Sprat 1 \ P7 Kupatilo

PP - 50	B	Parket (hrast)	20	0,095	3,8	50	31,2	78,0	5,0	76,0	0,0	297	363	62,5	0,1	0,5	2,50
---------	---	----------------	----	-------	-----	----	------	------	-----	------	-----	-----	-----	------	-----	-----	------

REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02

Temperatura polazne vode	45,0	(°C)
Temperatura povratne vode	40,0	(°C)
Broj priključaka	2	
Uk. površina petlji	9,2	(m ²)
Uk. dužina cevi	184,0	(m)
Instalisana snaga	875	(W)
Uk. dovedena snaga	1037	(W)
Uk. zapremina medija	37,00	(l)
Uk. protok	178,50	(kg/h)
	4,07	(kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.
---	-----	--------	-----------	------------------------------	------------------------	-----------	------------	--------------------------	------------	----------	-----------	--------------	------------	-------------	------------	-------------	---------------

Sprat 2 \ P7 Dnevni boravak

PP - 60	B	Parket (hrast)	20	0,095	5,2	50	28,6	95,1	5,0	104,0	0,0	495	586	100,8	0,1	2,7	2,50
---------	---	----------------	----	-------	-----	----	------	------	-----	-------	-----	-----	-----	-------	-----	-----	------

PP - 61	R	Parket (hrast)	20	0,095	4,0	50	28,6	95,1	5,0	80,0	0,0	380	451	77,7	0,1	1,3	0,50
---------	---	----------------	----	-------	-----	----	------	------	-----	------	-----	-----	-----	------	-----	-----	------

REHAU-Razdelnik sa m

Temperatura polazne	45,0	(°C)
Temperatura povratne	39,8	(°C)
Broj priključaka	4	
Uk. površina petlji	19,9	(m ²)
Uk. dužina cevi	268,2	(m)
Instalisana snaga	1679	(W)
Uk. dovedena snaga	1994	(W)
Uk. zapremina medija	53,92	(l)
Uk. protok	332,70	(kg/h)
	3,93	(kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.
---	-----	--------	-----------	------------------------------	------------------------	-----------	------------	--------------------------	------------	----------	-----------	--------------	------------	-------------	------------	-------------	---------------

Sprat 2 \ P1 Dnevna

PP - 52	B	Parket (hrast)	20	0,095	5,9	100	27,8	85,3	5,0	59,2	0,0	505	598	102,9	0,1	1,6	2,00
PP - 55	R	Parket (hrast)	20	0,095	7,0	100	27,8	85,3	5,0	70,0	0,0	597	708	122,0	0,2	2,5	2,50

Sprat 2 \ P5 Kupati

PP - 13	B	Parket (hrast)	20	0,095	3,7	50	31,2	78,0	5,0	73,0	3,0	285	343	59,1	0,1	0,5	0,25
PP - 13X1	Y	Parket (hrast)	20	0,095	0,2	50			5,0	3,0							

Sprat 2 \ P6 Kuhinj

PP - 24	B	Parket (hrast)	20	0,095	3,0	50	28,4	92,6	6,1	60,0	3,0	278	345	48,7	0,1	0,3	0,25
PP - 24X1	X	Parket (hrast)	20	0,095	0,2	50	28,4	92,6	6,1	3,0		14					

REHAU-Razdelnik sa m

Temperatura polazne	45,0	(°C)
Temperatura povratne	25,0	(°C)
Broj priključaka	3	
Uk. površina petlji	10,1	(m ²)
Uk. dužina cevi	202,8	(m)
Instalisana snaga	535	(W)
Uk. dovedena snaga	635	(W)
Uk. zapremina medija	40,78	(l)
Uk. protok	27,30	(kg/h)
	0,79	(kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.
---	-----	--------	-----------	------------------------------	------------------------	-----------	------------	--------------------------	------------	----------	-----------	--------------	------------	-------------	------------	-------------	---------------

Sprat 2 \ P4 Soba 4

PP - 59	B	Parket (hrast)	20	0,095	10,1	50	25,0	52,7	20,0	202,8	0,0	535	635	27,3	0,0	0,7	2,50
---------	---	----------------	----	-------	------	----	------	------	------	-------	-----	-----	-----	------	-----	-----	------

REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02

Temperatura polazne vode	45,0	(°C)
Temperatura povratne vode	26,3	(°C)
Broj priključaka	2	
Uk. površina petlji	12,5	(m ²)
Uk. dužina cevi	125,4	(m)
Instalisana snaga	647	(W)
Uk. dovedena snaga	766	(W)
Uk. zapremina medija	25,21	(l)
Uk. protok	35,30	(kg/h)
	0,25	(kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.
---	-----	--------	-----------	------------------------------	------------------------	-----------	------------	--------------------------	------------	----------	-----------	--------------	------------	-------------	------------	-------------	---------------

Sprat 2 \ P2 Soba 3

PP - 62	B	Parket (hrast)	20	0,095	5,5	100	24,9	51,6	18,7	55,4	0,0	286	339	15,6	0,0	0,1	0,50
PP - 63	R	Parket (hrast)	20	0,095	7,0	100	24,9	51,6	18,7	70,0	0,0	361	427	19,7	0,0	0,2	2,50

Podno grejanje (proračun po razdelnicima)

G1-Nova instalacija grejanja \ Ulaz na Sprat 1 (1.1)							
REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02							
Temperatura polazne vode:		45,0	(°C)				
Temperatura povratne vode:		40,0	(°C)				
Broj priključaka:		2					
Ukupna površina petlji:		13,5	(m ²)				
Dužina cevi:		269,2	(m)				
Instalisana snaga		1280	(W)				
Uk. dovedena snaga		1595	(W)				
Maseni protok:		4,61	(l/min)				
Maksimalni pad pritiska sistema		92,4	(mbar)				
P	l (m)	ld (m)	Maseni protok: (l/min)	Δt (°C)	Δp (mbar)	Poz. vent.	w (m/s)
Sprat 1 \ P1 Dnevni boravak							
PP - 35	138,4	0,0	2,26	5,0	58,0	2,50	0,19
Sprat 1 \ P4 Spavaća soba							
PP - 37	130,8	0,0	2,36	5,0	59,0	2,50	0,20
REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02							
Temperatura polazne vode:		45,0	(°C)				
Temperatura povratne vode:		35,9	(°C)				
Broj priključaka:		2					
Ukupna površina petlji:		16,7	(m ²)				
Dužina cevi:		209,0	(m)				
Instalisana snaga		1141	(W)				
Uk. dovedena snaga		1351	(W)				
Maseni protok:		2,16	(l/min)				
Maksimalni pad pritiska sistema		24,1	(mbar)				
P	l (m)	ld (m)	Maseni protok: (l/min)	Δt (°C)	Δp (mbar)	Poz. vent.	w (m/s)
Sprat 1 \ P6 Kuhinja							
PP - 39	125,0	0,0	0,79	16,1	7,0	0,50	0,07
Sprat 1 \ P8 Soba							
PP - 41	84,0	0,0	1,37	5,0	15,0	2,50	0,11
REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 03							
Temperatura polazne vode:		45,0	(°C)				
Temperatura povratne vode:		40,0	(°C)				
Broj priključaka:		3					
Ukupna površina petlji:		17,0	(m ²)				
Dužina cevi:		340,0	(m)				
Instalisana snaga		1618	(W)				
Uk. dovedena snaga		1988	(W)				
Maseni protok:		5,76	(l/min)				
Maksimalni pad pritiska sistema		74,5	(mbar)				
P	l (m)	ld (m)	Maseni protok: (l/min)	Δt (°C)	Δp (mbar)	Poz. vent.	w (m/s)
Sprat 1 \ P1 Dnevni boravak							
PP - 36	120,0	0,0	1,96	5,0	40,0	2,50	0,16
Sprat 1 \ P4 Spavaća soba							
PP - 38	120,0	0,0	2,17	5,0	47,0	2,50	0,18
Sprat 1 \ P8 Soba							
PP - 42	100,0	0,0	1,63	5,0	24,0	0,50	0,14
REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02							
Temperatura polazne vode:		45,0	(°C)				
Temperatura povratne vode:		40,0	(°C)				
Broj priključaka:		1					
Ukupna površina petlji:		3,8	(m ²)				
Dužina cevi:		76,0	(m)				
Instalisana snaga		297	(W)				
Uk. dovedena snaga		363	(W)				
Maseni protok:		1,05	(l/min)				
Maksimalni pad pritiska sistema		10,5	(mbar)				
P	l (m)	ld (m)	Maseni protok: (l/min)	Δt (°C)	Δp (mbar)	Poz. vent.	w (m/s)
Sprat 1 \ P7 Kupatilo							
PP - 50	76,0	0,0	1,05	5,0	5,0	2,50	0,09

REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02

Temperatura polazne vode:	45,0	(°C)
Temperatura povratne vode:	40,0	(°C)
Broj priključaka:	2	
Ukupna površina petlji:	9,2	(m ²)
Dužina cevi:	184,0	(m)
Instalisana snaga	875	(W)
Uk. dovedena snaga	1037	(W)
Maseni protok:	3,00	(l/min)
Maksimalni pad pritiska sistema	40,7	(mbar)

P	l (m)	ld (m)	Maseni protok: (l/min)	Δt (°C)	Δp (mbar)	Poz. vent.	w (m/s)
Sprat 2 \ P7 Dnevni boravak							
PP - 60	104,0	0,0	1,69	5,0	27,0	2,50	0,14
PP - 61	80,0	0,0	1,31	5,0	13,0	0,50	0,11

REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 04

Temperatura polazne vode:	45,0	(°C)
Temperatura povratne vode:	39,8	(°C)
Broj priključaka:	4	
Ukupna površina petlji:	19,9	(m ²)
Dužina cevi:	268,2	(m)
Instalisana snaga	1679	(W)
Uk. dovedena snaga	1994	(W)
Maseni protok:	5,59	(l/min)
Maksimalni pad pritiska sistema	39,3	(mbar)

P	l (m)	ld (m)	Maseni protok: (l/min)	Δt (°C)	Δp (mbar)	Poz. vent.	w (m/s)
Sprat 2 \ P1 Dnevna soba							
PP - 52	59,2	0,0	1,73	5,0	16,0	2,00	0,14
PP - 55	70,0	0,0	2,05	5,0	25,0	2,50	0,17
Sprat 2 \ P5 Kupatilo							
PP - 13	73,0	3,0	0,99	5,0	5,0	0,25	0,08
Sprat 2 \ P6 Kuhinja							
PP - 24	60,0	3,0	0,82	6,1	3,0	0,25	0,07

REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 03

Temperatura polazne vode:	45,0	(°C)
Temperatura povratne vode:	25,0	(°C)
Broj priključaka:	3	
Ukupna površina petlji:	10,1	(m ²)
Dužina cevi:	202,8	(m)
Instalisana snaga	535	(W)
Uk. dovedena snaga	635	(W)
Maseni protok:	0,46	(l/min)
Maksimalni pad pritiska sistema	7,9	(mbar)

P	l (m)	ld (m)	Maseni protok: (l/min)	Δt (°C)	Δp (mbar)	Poz. vent.	w (m/s)
Sprat 2 \ P4 Soba 4							
PP - 59	202,8	0,0	0,46	20,0	7,0	2,50	0,04

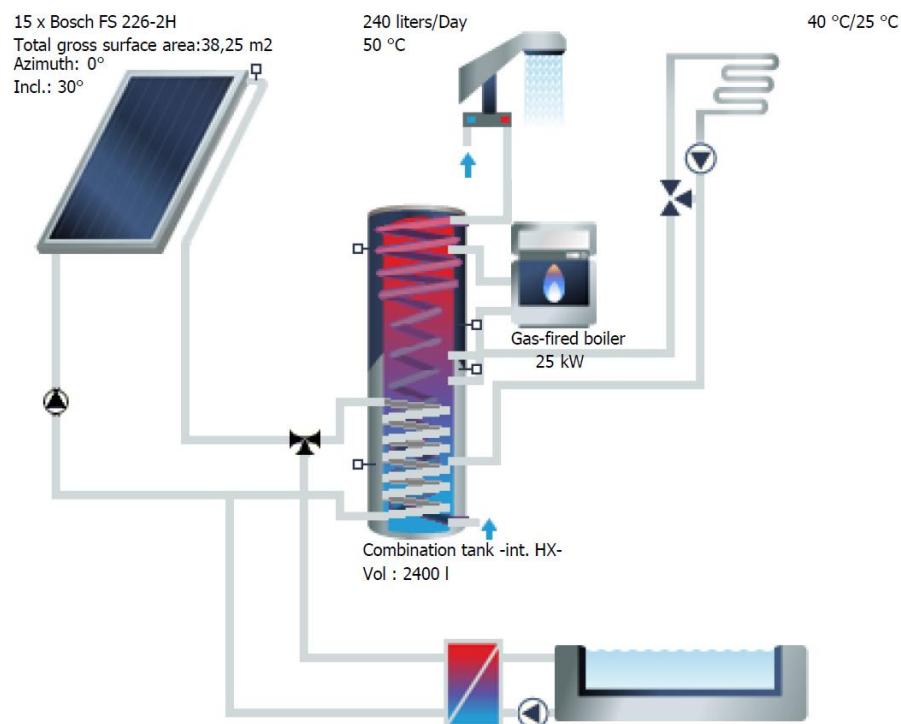
REHAU-Razdelnik sa meračem protoka HKV-D 02

Temperatura polazne vode:	45,0	(°C)
Temperatura povratne vode:	26,3	(°C)
Broj priključaka:	2	
Ukupna površina petlji:	12,5	(m ²)
Dužina cevi:	125,4	(m)
Instalisana snaga	647	(W)
Uk. dovedena snaga	766	(W)
Maseni protok:	0,59	(l/min)
Maksimalni pad pritiska sistema	2,5	(mbar)

P	l (m)	ld (m)	Maseni protok: (l/min)	Δt (°C)	Δp (mbar)	Poz. vent.	w (m/s)
Sprat 2 \ P2 Soba 3							
PP - 62	55,4	0,0	0,26	18,7	1,0	0,50	0,02
PP - 63	70,0	0,0	0,33	18,7	2,0	2,50	0,03

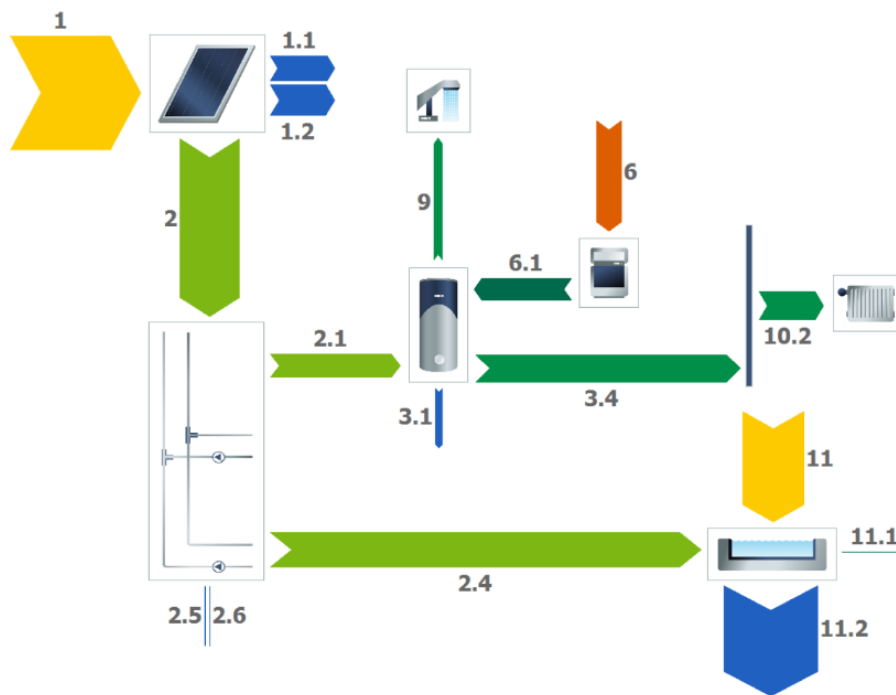
5. Godišnja simulacija sistema - Tsol proračun

U hibridnom sistemu je instalirano 15 kolektora firme „Bosch“ čija je ukupna površina $38,25 \text{ m}^2$. Kolektori su usmereni prema jugu pod uglom od 30° sa ukupnom snagom $26,78 \text{ kW}$, **slika 3**. Deo dozračene sunčeve energije (1) se gubi zbog nesavršenosti kolektora i to kao optički kolektorski (1.1) i termički kolektorski gubici.



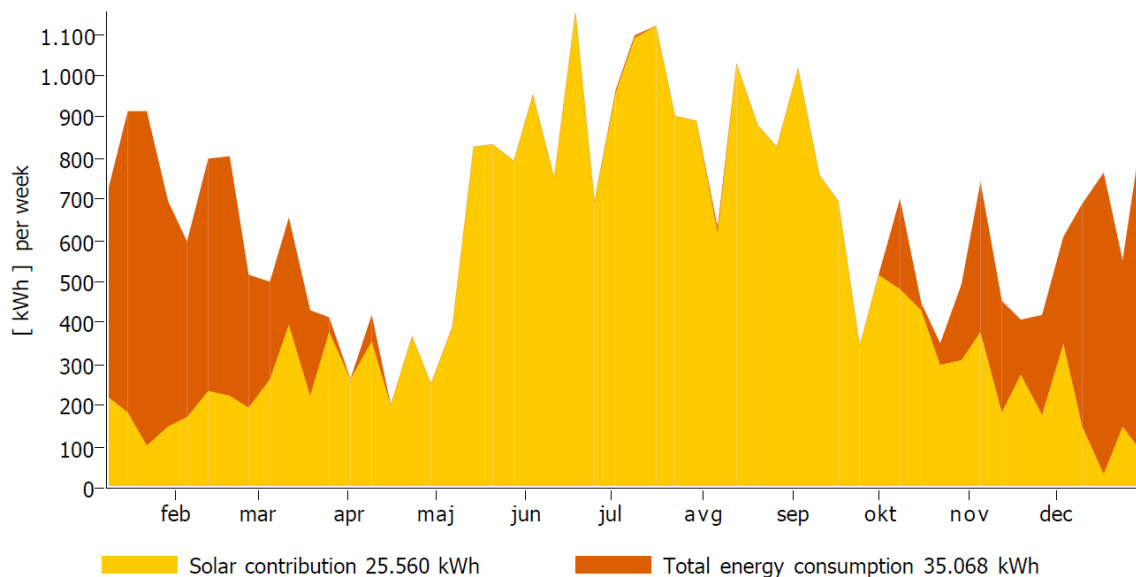
Slika 3. Solarni sistem pripremu tople potrošne vode, za zagrevanje bazena i podno grejanje

Dobijena toplotna energija (2) u solarnim kolektorima se raspodeljuje tako da se jedan deo koristi za zagrevanje vode u bojleru (krak 2.1), a drugi deo za zagrevanje bazena (krak 2.4). Proračunom su obuhvaćeni unutrašnji gubici u cevima (2.5) i spoljašnji gubici u cevima (2.6), **slika 4**. Zapremina bojlera iznosi 2400 l . Dovedena energija u boiler se raspoređuje za podno grejanje (krak 3.4), čija je snaga 9502 W i za pripremu tople potrošne vode (krak 9). Predviđeno je da priprema tople potrošne vode ostvaruje do temperature 50°C i da se na dan troši 240 l ($4 \text{ osobe} \times 80 \text{ l}$). Temperatura vode na ulazu za podno grejanje iznosi 40°C , a na izlazu 25°C . Ostali deo dobijene energije u solarnim kolektorima se koristi za zagrevanje bazena. Bazen zauzima površinu od 50 m^2 . Iradijacija koja dolazi na površinu bazena (11) i gubici toplote u bazenu (11.2) takođe su obuhvaćeni proračunom, **slika 4**. Kao što se vidi osnovni sistem za pripremu TPV, za potrebe podnog grejanje i zagrevanje bazena je sistem solarnih kolektora. Osim sistema solarnih kolektora sistem sadrži i gasni kotao kao pomoć sistemu u pikovima i zimskom periodu. Gasni kotao je snage 25 kW .

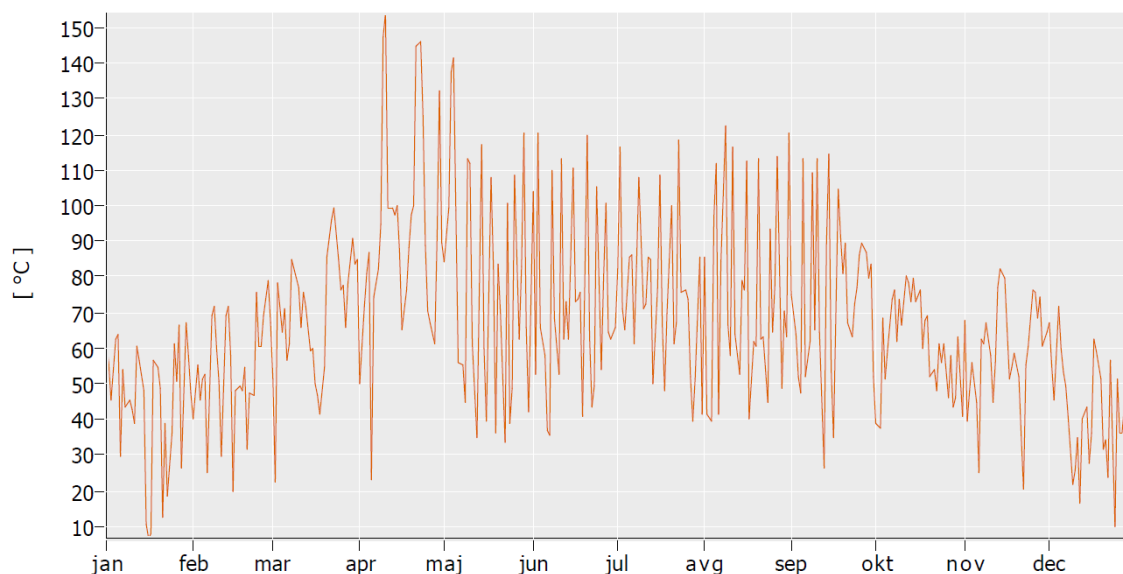


Slika 4. Energetski bilans

Na slici 5. prikazan je zahtev za energijom po mesecima kao i udeo te energije koja se obezbeđuje iz solarnih kolektora. Primetimo da je instaliran optimalan broj kolektora jer ceo letnji period pokriva solarni sistem. U zimskom periodu, zbog promenjenih klimatskih uslova (manje sunčanih dana), udeo koji pokriva solarni sistem se smanjuje, što se vidi na slici 5.



Slika 5. Ukupna potrebna energija po mesecima kao i udeo koji se obezbeđuje iz solarnog sistema



Slika 6. Maksimalne dnevne temperature kolektora

Na slici 6. prikazane su maksimalne dnevne temperature kolektora na osnovu koji potvrđujemo da je u ljetnjem periodu dovoljan sistem solarnih kolektora, dok je u zimskom periodu, zbog nižih dnevnih temperatura, potrebno koristiti pomoćni sistem (u ovom slučaju gasni kotao).

Rezultati godišnje simulacije:

- Instalirana snaga kolektora:		26,78	kW
- Instalirana solarna površina (ukupna):		38,25	m ²
- Iradijacija na kolektorsku površinu (aktivna):	50,53	MWh	1 503,9 kWh/m ²
- Energija razmenjena u kolektorima:	25,94	MWh	772,04 kWh/m ²
- Energija razmenjena u kolektorskoj petlji (krugu):	25,56	MWh	760,73 kWh/m ²
- Toplotna energija za pripremu TPV:		3,86	MWh
- Toplotna energija za podno grejanje:		12,23	MWh
- Toplotna energija iz solarnog sistema u bojler:		12,85	MWh
- Toplotna energija iz solarnog sistema za zagrevanje bazena:		15,31	MWh
- Energija iz pomoćnog sistema:		9,5	MWh
- Ušteda prirodnog gasa:		4 002,3	m ³
- Smanjena emisija CO ₂ :		8 463,5	kg
- Ukupno učešće solarne energija sa snabdevanje sistema:		57,5	%
- Prosečna temperatura vode u bazenu:		26,04	°C
- Temperatura vode u bazenu 22 °C:		90,7	% operat. h
- Efikasnost sistema:		50,6	%

Tok energije sistema koji je prikazan na slici 2. takođe je prikazan u tabeli 11 u konkretnim vrednostima.

Tabela 11. Tok energije u sistemu na godišnjem novou

1	Iradijacija na površine kolektora	50 531	kWh
1.1	Optički gubitak kolektora	10 943	kWh
1.2	Termički gubitak kolektora	13 648	kWh
2	Toplotna energija kolektora	25 941	kWh
2.1	Toplotna energija kolektora skladištena u rezervoaru	10 247	kWh
2.4	Toplotna energija dobijena iz solarnog sistema za zagrevanje vode u bazenu	15 314	kWh
2.5	Gubici u cevnom razvodu – unutrašnji	297	kWh
2.6	Gubici u cevnom razvodu – spoljašnji	101	kWh
3.1	Gubici u rezervoaru	2 900	kWh
3.4	Energija za podno grejanje	12 228	kWh
6	Energija dovedena gasnom kotlu	11 276	kWh
6.1	Energija iz gasnog kotla	9 507	kWh
9	Isporučena toplotna energija iz rezervoara za pripremu TPV	3 858	kWh
10.2	Toplotna enegija za nisko-temperatursko grejanje	12 228	kWh
11	Iradijacija na površinu vode u bazenu	27 364	kWh
11.1	Dopunska energija za zagrevanje vode u bazenu	0	kWh
11.2	Gubici toplote u bazenu	41 517	kWh

6. RETScreen analiza zamene gasnog kotla toplotnom pumpom

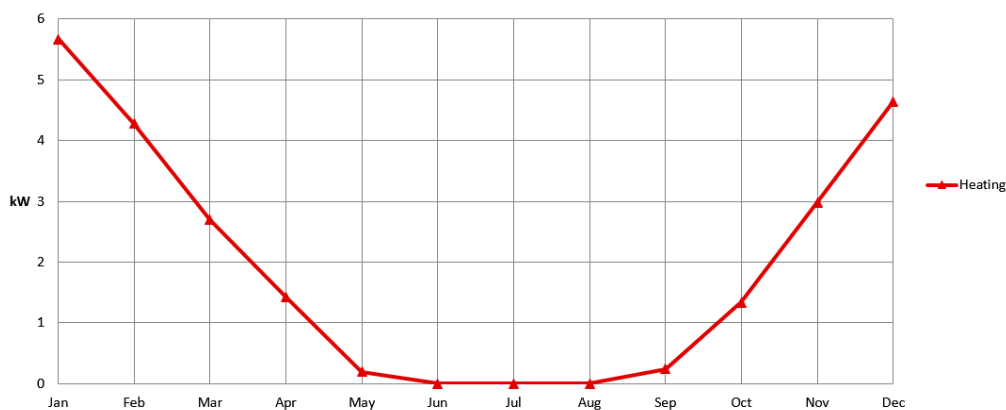
RETScreen je softver za podršku pri donošenju odluka u oblasti „čiste“ energije. Sastoji se od određenog broja radnih listova u zavisnosti od primenjene metode. U radnom listu „Start“ unose se osnovne informacije o projektu: naziv projekta, lokacija objekta, tip projekta, vrsta analize (metod), referentna vrednost grejanja, valuta, lokacije najbliže meteorološke stanice.

Izabrana referentna vrednost grejanja je donja toplotna moć (voda u produktima sagorevanja goriva ostaje u stanju pare) jer se ne koristi kondenzacioni gasni kotao. Karakteristike korišćenog goriva prikazane su na slici 7. Kao najbliža meteorološka stanica izabrana je stanica u Novom Sadu (Rimski Šančevi). Na osnovu tih parametara *RETScreen* omogućava određivanje temperatura grejanja koje se smatraju optimalnim u različitim periodima godine i na osnovu njih računa potrošnju goriva potrebnog za zadovoljavanje toplotnih zahteva objekta.

User-defined fuel	
Fuel type	User-defined fuel
	<input type="radio"/> Energy units <input checked="" type="radio"/> Heating value units
Lower heating value (LHV)	MJ/m ³ 33,0
Density	kg/m ³ 0,768
Fuel consumption - unit	m ³
Fuel rate - unit	€/m ³
CO2 emission factor	kg/GJ 54,83
CH4 emission factor	kg/GJ
N2O emission factor	kg/GJ

Slika 7. Definisane korišćenog goriva

U radnom listu „Load & Network“ unose se podaci koji se odnose na trenutno korišćeni sistem (bazni slučaj). Kao trenutno korišćeni sistem izabran je gasni kotao stepena korisnosti 75% . Gasni kotao korišćen za podno grejanje porodične kuće čija je površina 132,75 m² , a specifična potrošnja iznosi 71,6 W/m². Uneta cena goriva (32,28 RSD/m³ ili 0,262 €/m³). Na osnovu unetih parametara dobijena je snaga grejanja u pik opterećenju u iznosu od 9,5 kW i ukupna potrošnja goriva koja na godišnjem nivou iznosi 2 634 m³ prirodnog gasa donje toplotne moći 33 MJ/m³. Na slici 8. prikazano je karakteristično opterećenje po mesecima za meteorološke podatke iz stanice u Rimskim Šančevima.



Slika 8. Karakteristično opterećenje za bazni sistem po mesecima

U radnom listu „Energy model“ postavljamo podatke predloženog sistema. Predloženi sistem je toplotna pumpa WPG-10-1-HT snage 10,2 kW, čiji je sezonski stepen korisnosti COP=5,5, **slika 9**. Cena električne energije za snabdevanje toplotne pumpe 7,666 RSD/kWh (jednotarifno merenje- plava zona) ili 62,33 €/MWh.

Type		WPG-07-1 HT	WPG-10-1 HT	WPG-15-1 HT	WPG-18-1 HT	WPG-21-1 HT	WPG-27-1 HT
Heating capacity at W10/W35	kW	7,4	10,2	14,9	18,2	21,4	27,6
COP at W10/W35	/	5,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,2
Heating capacity at B0/W35	kW	5,7	7,8	11,4	14	16,7	21,1
COP at B0/W35	/	4,4	4,6	4,6	4,6	4,6	4,4
Power consumption at B0/W35	kW	1,3	1,7	2,5	3	5,3	5,8
Cooling capacity at W20/W7	kW	5,6	8,2	12	14,5	17	21,1
Dimensions (WxHxD)	cm	70x115x48	70x115x48	70x115x48	70x115x48	70x115x60	70x115x60
Weight	kg	95	115	145	160	185	195

Electric power supply: 380V – 50Hz. The maximum flow temperature is 58°C; however, with types ... HT the temperature is 65°C. Dimensions of water connections: 1", from WP SV 30 onwards: 5/4". Refrigerant: R407C, in case of HT versions: R134a. Versions with E-sign have a mounted electric heater (3x2 kW). All the data measured according to EN 14511.

Slika 9. Kapacitet i efikasnost COP pojedinih toplotnih pumpi zemlja-voda, izvor: KRONOTERM katalog

Settings					
<input type="radio"/> Method 1	<input type="radio"/> Notes/Range	Notes/Range			
<input type="radio"/> Method 2	<input type="radio"/> Second currency	None			
	<input type="radio"/> Cost allocation				
Initial costs (credits)					
	Unit	Quantity	Unit cost	Amount	Relative costs
Feasibility study					
Projektna dokumentacija	cost	0	€ 2.550	€ 561	
Subtotal:				€ 561	14,4%
Development					
Montaza	cost	0	€ 2.550	€ 332	
Subtotal:				€ 332	8,5%
Engineering					
Ostali troškovi	cost	0	€ 2.550	€ 281	
Subtotal:				€ 281	7,2%
Heating system					
Base load - Heat pump	kW	10,2	€ 250	€ 2.550	
Energy efficiency measures	project			€ -	
User-defined	cost			€ -	
Subtotal:				€ 2.550	65,4%
Balance of system & miscellaneous					
Spare parts	%			€ -	
Transportation	project	0	€ 2.550	€ 179	
Training & commissioning	p-d			€ -	
Ušteda u održavanju	cost	0	€ -	€ -	
Contingencies	%			€ 3.902	
Interest during construction				€ 3.902	
Subtotal:				€ 179	4,8%
Total initial costs				€ 3.902	100,0%
Annual costs (credits)					
	Unit	Quantity	Unit cost	Amount	
O&M					
Parts & labour	project			€ -	
Ušteda u održavanju	cost	0	€ (2.550)	€ (153)	
Contingencies	%			€ (153)	
Subtotal:				€ (153)	
Fuel cost - proposed case					
Electricity	MWh	3	€ 62.330	€ 205	
Subtotal:				€ 205	
Annual savings					
	Unit	Quantity	Unit cost	Amount	
Fuel cost - base case					
User-defined fuel	m³	2.634	€ 0.262	€ 691	
Subtotal:				€ 691	
Periodic costs (credits)					
	Unit	Year	Unit cost	Amount	
User-defined	cost			€ -	
End of project life	cost			€ -	

Slika 10. Početni (Initial) i godišni (Annual) troškovi – Cost Analysis

U radnom listu „Cost Analysis“ se unose troškovi montaže, projektne dokumentacije, sistema toplotne pumpe i ostalih troškova, što je prikazano na **slici 10**. U okviru ovog prozora unose se troškovi koji se tiču studije izvodljivosti, razvoja projekta, inženjeringa kao i troškova radne mašine po kW koji se odnose na početne troškove. U narednom delu unose se godišnji troškovi koji uključuju cenu održavanja i cenu goriva.

Program RETScreen sadrži i deo posvećen izračunavanju smanjenja emisije štetnih gasova, što značajno utiče na očuvavanje životne sredine.

Emission Analysis					
<input checked="" type="radio"/> Method 1 <input type="radio"/> Method 2 <input type="radio"/> Method 3					
Base case electricity system (Baseline)					
Country - region	Fuel type	GHG emission factor (excl. T&D) tCO ₂ /MWh	T&D losses %	GHG emission factor tCO ₂ /MWh	
Serbia	Natural gas			0,000	
<input type="checkbox"/> Baseline changes during project life					
Base case system GHG summary (Baseline)					
Fuel type	Fuel mix %	Fuel consumption MWh	GHG emission factor tCO ₂ /MWh	GHG emission tCO ₂	
User-defined fuel	100,0%	24	0,197	4,8	
Total	100,0%	24	0,197	4,8	
Proposed case system GHG summary (Heating project)					
Fuel type	Fuel mix %	Fuel consumption MWh	GHG emission factor tCO ₂ /MWh	GHG emission tCO ₂	
Electricity	100,0%	3	0,000	0,0	
Total	100,0%	3	0,000	0,0	
GHG emission reduction summary					
Heating project	Base case GHG emission tCO ₂	Proposed case GHG emission tCO ₂	Gross annual GHG emission reduction tCO ₂	GHG credits transaction fee %	Net annual GHG emission reduction tCO ₂
	4,8	0,0	4,8		4,8
Net annual GHG emission reduction	4,8	tCO ₂	is equivalent to	2,062	Litres of gasoline not consumed

Slika 11. Redukcija emisije CO₂

RETScreen analizom zaključujemo da zamenom sistema gasnog kotla sa sistemom toplotne pumpe na godišnjem novou smanjujemo emisiju za 4,8 t CO₂.

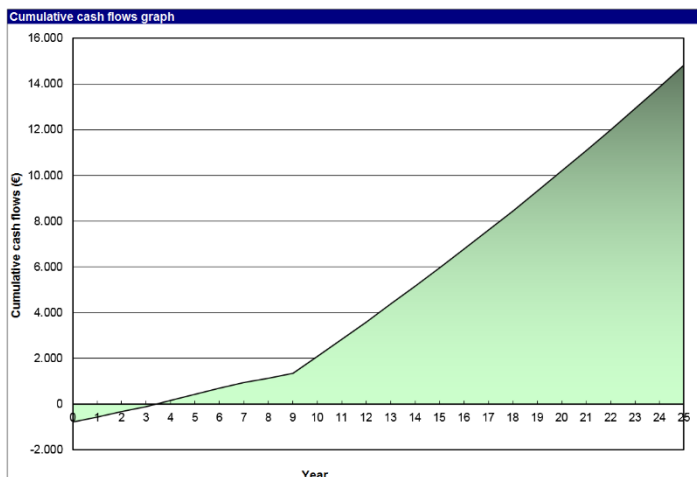
Finansijska analiza

Pri proračunu korišćeni su sledeći ekonomsko finansijski parametri(vidi [sliku 12.](#)):

- Inflacija cene goriva: 2%
- Stopa inflacije: 2 %;
- Diskontna stopa: 11 %;
- Životni vek projekta: 25 godina;
- Posticaji i subvencije: 0 %;
- Procenat pozajmljenog novca od ukupne investicije 80 %;
- Kamatna stopa: 8 %;
- Trajanje kamate: 9 godina;
- Efektivna stopa (porez na dobit) 15 %;
- Nastavak u slučaju gubitka: da;
- Metod amortozacije: linijski;
- Pravilo pola godine – prava godina: Ne;
- Amortizaciona stopa: 15 %;
- Umanjenje poreza (tax holiday): Ne;
- Zarada od prodaje CO₂ emisija: 17 €/t.

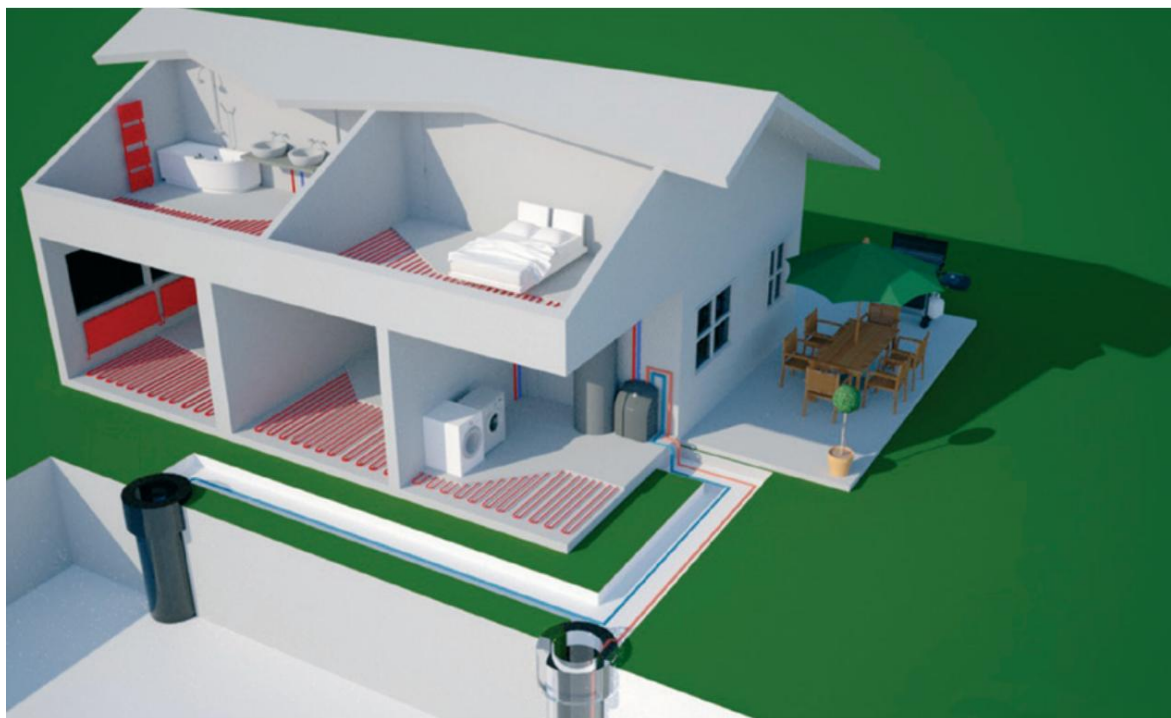
Financial parameters			Project costs and savings/income summary			Yearly cash flows				
General			Initial costs			Year	Pre-tax	After-tax	Cumulative	
Fuel cost escalation rate	%	2.0%	Feasibility study	14.4%	€ 561	#				€
Inflation rate	%	2.0%	Development	8.5%	€ 332	0	-780	-780	-780	
Discount rate	%	11.0%	Engineering	7.2%	€ 281	1	212	212	-568	
Project life	yr	25	Heating system	65.4%	€ 2.550	2	225	225	-343	
Finance			Balance of system & misc.			3	239	239	-104	
Incentives and grants	€	0	Total initial costs			4	252	252	148	
Debt ratio	%	80.0%	100.0%			5	266	266	414	
Debt	€	3.121	€ 3.902			6	280	280	694	
Equity	€	780	Annual costs and debt payments			7	294	237	931	
Debt interest rate	%	9.00%	O&M	€	-153	8	309	203	1.133	
Debt term	yr	9	Fuel cost - proposed case	€	205	9	324	210	1.343	
Debt payments	€/yr	521	Debt payments - 9 yrs	€	521	10	860	737	2.080	
Income tax analysis			Periodic costs (credits)			11	876	750	2.830	
Effective income tax rate	%	15.0%	Total annual costs			12	891	764	3.594	
Loss carryforward?		Yes	€ 573			13	908	777	4.371	
Depreciation method		Straight-line	Annual savings and income			14	924	791	5.162	
Depreciation tax basis	%	15.0%	Fuel cost - base case	€	691	15	941	806	5.968	
Depreciation period	yr	15	GHG reduction income - 25 yrs	€	81	16	958	815	6.783	
Tax holiday available?	yes/no	No	Total annual savings and income			17	976	829	7.612	
Annual income			Financial viability			18	994	845	8.457	
Electricity export income			Pre-tax IRR - equity			19	1.012	860	9.317	
GHG reduction income			Pre-tax IRR - assets			20	1.031	876	10.193	
Net GHG reduction	TCO2/yr	5	After-tax IRR - equity			21	1.050	892	11.085	
Net GHG reduction - 25 yrs	TCO2	119	After-tax IRR - assets			22	1.069	909	11.994	
GHG reduction credit rate	€/TCO2	17.00	Simple payback			23	1.089	925	12.919	
GHG reduction income	€	81	Equity payback			24	1.109	943	13.861	
GHG reduction credit duration	yr	25	Net Present Value (NPV)			25	1.129	960	14.821	
Net GHG reduction - 25 yrs	TCO2	119	Annual life cycle savings							
GHG reduction credit escalation rate	%		Benefit-Cost (B-C) ratio							
Customer premium income (rebate)			Debt service coverage							
			GHG reduction cost							

Slika 12. Troškovi, ušteda i tok kapitala – Financial Analysis



Slika 13. Kumulativni tok kapitala

Finansijskom analizom zaključujemo da SPB (post period otplate) iznosi 5,4 godine. Na slici 13. se uočava uticaj pozajmljenog novca (80% od ukupne investivije) čija otplata traje 9 godina (prvi deo krive). Prvi deo krive zavisi i od stepena korisnosti korišćene toplotne pumpe, tako da, ako toplotna pumpa ima manji COP, prvi deo krive ima malji rast kapitala. Brži rast kapitala počinje posle 9 godina, jer se tada isplaćuju zadnje rate pozajmljenog novca sa kamatom od 8%. Na slici 14. je prikazan sistem podnog grejanja koji je povezan sa toplotnom pumpom kao izvorom energije.



Slika 14. Prikaz sistema podnog grejanja povezan sa toplotnom pumpom