Proračun isplativosti ugradnje solarnog sustava

Obelić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:726100

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 278/PS/2018

Proračun isplativosti ugradnje solarnog sustava

Luka Obelić, 0896/336

Varaždin, kolovoz 2018. godine

Sveučilište
Sjever
Odjel za strojarstvo

Završni rad br. 278/PS/2018

Proračun isplativosti ugradnje solarnog sustava

Student

Luka Obelić, 0896/336

Mentor

Tomislav Veliki, doc.dr.sc.

Varaždin, kolovoz 2018. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za proizvodno strojarstvo

PRISTUPNIK: Luka Obelić | MATIČNI BROJ: 0896/336

DATUM: 11.09.2018. | KOLEGIJ: Obnovljivi izvori energije

NASLOV RADA: Proračun isplativosti ugradnje solarnog sustava

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Calculation of Cost-Efectivness of Solar System

MENTOR: Doc.dr.sc. Tomislav Veliki | ZVANJE: Docent

ČLANOVI POVJERENSTVA:

1. Prof.dr.sc. Ante Čikić, izvanredni profesor
2. Doc.dr.sc. Tomislav veliki, docent
3. Mag.ing.mech. Damir Mađerić, viši predavač
4. Mag.ing.mech. Veljko Kondić, predavač
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 278/PS/2018

OPIS:

U završnom radu potrebno je obraditi slijedeće točke:
Opisati rad solarnog sustava, potrebne komponente solarnog sustava
Proračunati isplativost ugradnje solarnog sustava prema normi HRN EN 15316-4-3.
Odabrati komponente solarnog sustava i njihove karakteristike.
Napraviti detaljan proračun isplativosti ugradnje solarnih kolektora na području grada Varaždina za obiteljsku kuću.
Donijeti zaključak o invenstiranja u solarni sustav.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

ZADATAK URUČEN: 21.09.2018. | POTPIS MENTORA: Veliki

Zahvala

Zahvaljujem se mentoru, doc. dr. sc. Tomislavu Velikom, na pruženoj mogućnosti izrade završnog rada na vrlo zanimljivoj tematici. Zahvaljujem na pomoći, vodstvu i pruženom znanju koje sam dobio prilikom izrade rada.

Zahvaljujem svojim roditeljima i obitelji koji su bili uz mene i pružali mi potporu u svakom obliku te bez njihove potpore ne bih došao do ove stepenice u svom obrazovanju.

Zahvaljujem prijateljima i kolegama na zajedničkom svladavanju studijskih obaveza te lijepom i nezaboravnom druženju.

Hvala profesorima i asistentima na pruženom znanju i poticaju za daljnjim učenjem i usavršavanjem.

Sažetak

U ovom radu opisan je rad solarnog sustava, potrebne komponente solarnog sustava te proračun isplativosti ugradnje solarnog sustava prema normi HRN EN 15316-4-3.

U prvom djelu opisana je norma HR EN 15316-4-3 koja sadrži metodu B za izradu proračuna isplativosti ugradnje solarnih kolektora za zagrijavanje PTV-e i grijanje prostora. Drugi dio se odnosi na detaljan proračun isplativosti ugradnje solarnih kolektora na području grada Varaždina za obiteljsku kuću. Dok su u zadnjem djelu opisane odabrane komponente solarnog sustava i zaključak o investiranja u solarni sustav.

Abstract

The paper describes the operation of a solar system, the required solar system components, and the calculation of the cost-effectiveness of the solar system implementation according to HRN EN 15316-4-3.

The first part describes the standard HR EN 15316-4-3, which contains Method B for calculating the cost-effectiveness of installing solar collectors for DHW heating and space heating. The second part refers to a detailed calculation of the cost-effectiveness of installing solar collectors in the Varaždin urban area for a family house. The final part of the paper deals with selected components of the solar system and the conclusion about investing in the same.

Popis korištenih kratica

A	m^2	površina kolektora
a_1	W/m^2K	koeficijent gubitka topline solarnog kolektora
a_2	W/m^2K	temperaturna zavisnost koeficijenta
a,b,c,d,e,f	-	korelacijski faktori
a	-	zrak (air)
an	-	godišnji (annual)
aux	-	pomoćni, električni (auxiliary)
avg	-	prosječni (average)
bu	-	pomoćni (back up)
cw	-	hladna voda (cold water)
dis	-	distribucija (distribution)
e	-	vanjski (external)
E	kWh/ m^2	Sunčevo zračenje na nagnutoj površini
f_{aux}	-	udio volumena spremnika za pomoćno grijanje
f	%	sunčani udio
f_{st}	-	korekcijski faktor spremnika
H	-	grijanje prostora (space heating)
HDD	-	stupanj-dan grijanja (heating degree day)
I	W/ m^2	Sunčevo zračenje na površinu kolektora
IAM	-	modifikator upadnog kuta kolektora
in	-	ulaz u sustav (input to system)
int	-	unutarnji (internal)
loop	-	petlja kolektora (collector loop)
ls	-	gubici (losses)
m	-	mjesečni (monthly)
nom	-	nominalni (nominal)
nrbl	-	neiskoristivi (non recoverable)
nrvd	-	neiskorišteni (non recovered)
out	-	izlaz iz sustava (output from system)
P	W	snaga
PTV	-	potrošna topla voda
p	-	pumpa (pump)

rbl	-	iskoristivi (recoverable)
ref	-	referenca (reference)
set point	-	zadana točka
sol	-	sunčevi (solar)
st	-	spremnik (storage)
th	-	toplinski (thermal)
tot	-	ukupni (total)
us	-	upotreba (use)
Q	kWh	iznos toplinske energije
t	h	vrijeme
U	W/m^2K	koeficijent gubitka topline
V	l	volumen
W	kWh	električna energija
y	-	godišnje (year)
XY	-	bez dimenzijski faktor
ΔT	K	razlika referentne temperature
Θ_a	°C	prosječna ambijentalna temperatura zraka za zadani period
Θ_{cw}	°C	temperatura vodovodne vode
Θ_e	°C	prosječna vanjska temperatura zraka za zadani period
η	-	faktor korisnosti
η_0	-	nulti faktor korisnosti koji je povezan sa površinom kolektora

Sadržaj

1. Uvod 12
2. Slika i nacrti objekta 13
3. Norma HRN EN 15316-4-3 15
4. Metoda B [16] 16
5. Proračun isplativosti sustava 17
5.1. Početni parametri 17
5.2. Mjesečni klimatski podaci 18
5.2.1. Referentna temperatura za PTV i razlika u temperaturi 19
5.3. Određivanje potrošnje toplinske energije 20
5.3.1. Broj grijanih „stupanj-dana“ 21
5.3.2. Mjesečne toplinske potrebe PTV i grijanja prostora 22
5.4. Određivanje faktora X i Y te dobitka energije solarnog sustava 23
5.5. Određivanje potrošnje energije pumpe 24
5.6. Određivanje toplinskih gubitaka solarnog toplovodnog sustava 25
5.7. Određivanje iskoristivosti gubitaka solarnog sustava 27
5.8. Reducirana mjesečna potrošnja 28
5.8.1. Smanjenje toplinskih gubitaka pomoćnog generatora topline 29
5.9. Proračun godišnjih rezultata 30
5.10. Financijski podaci o investiciji 31
5.11. Isplativost ugradnje solarnog sustava (povrat investicije) 32
5.12. Proračun isplativosti uz poticaje 33
6. Shema i opis solarnog sustava 34
7. Opis i odabir komponenta solarnog sustava 35
7.1. Solarni kolektori 36
7.1.1. Cijevni vakuumski solarni kolektor CVSKC-10 37
7.1.2. Potreban broj kolektora 38
7.2. Solarni inox bojler STEB-200 39
7.2.1. Osnovni dijelovi i tehnički podaci bojlera 40
7.2.2. Solarna regulacija spremnika STEB 41
7.3. Akumulacijski spremnik CAS-S 501 42
7.3.1. Osnovni dijelovi i tehnički podaci spremnika 43

7.4. Kotao EKO-CUP M3 44
7.4.1. Sastavni dijelovi i tehnički podaci kotla 44
7.5. Proračun pada tlaka 46
7.6. Solarne pumpne grupe CSPG-260 49
7.6.1. Elementi i karakteristike solarne pumpne grupe CSPG-260 50
7.7. Dimenzioniranje i odabir ekspanzijske posude 51
7.8. Montažni set za 2 solarna kolektora (ravni krov) 52
8. Zaključak 53
9. Literatura 55
Popis slika 57
Popis tablica 58

1. Uvod

Sunce je u cijelosti plinovito: 70 posto vodika, 28 posto helija i 2 posto težih elemenata. Vanjski vidljiv sloj naziva se fotosfera. Sunce zapravo nema "površine", a njegova se atmosfera proteže do Zemlje i dalje, pri čemu biva sve rjeđa. Na Suncu je gotovo sve električki vodljivo jer ne postoji mnogo nedirnutih neutralnih atoma. Silne energije topline i zračenja pobuđuju elektrone dok ne iskoče iz atoma i stvore kipuću kašu pozitivno nabijenih elektrona nazvanu plazmom koja može provoditi struju lako poput bakrene žice. Kao i svaki drugi električno nabijeni objekt, plazma u pokretu proizvodi magnetska polja. Kako se ta polja kreću, stvaraju veći protok struje, što, pak, proizvodi više polja. Izvor te energije je nuklearna fuzija, a veliki dio te energije je svjetlost u obliku gama zračenja – zračenja najveće energije u elektromagnetskom spektru. [1]

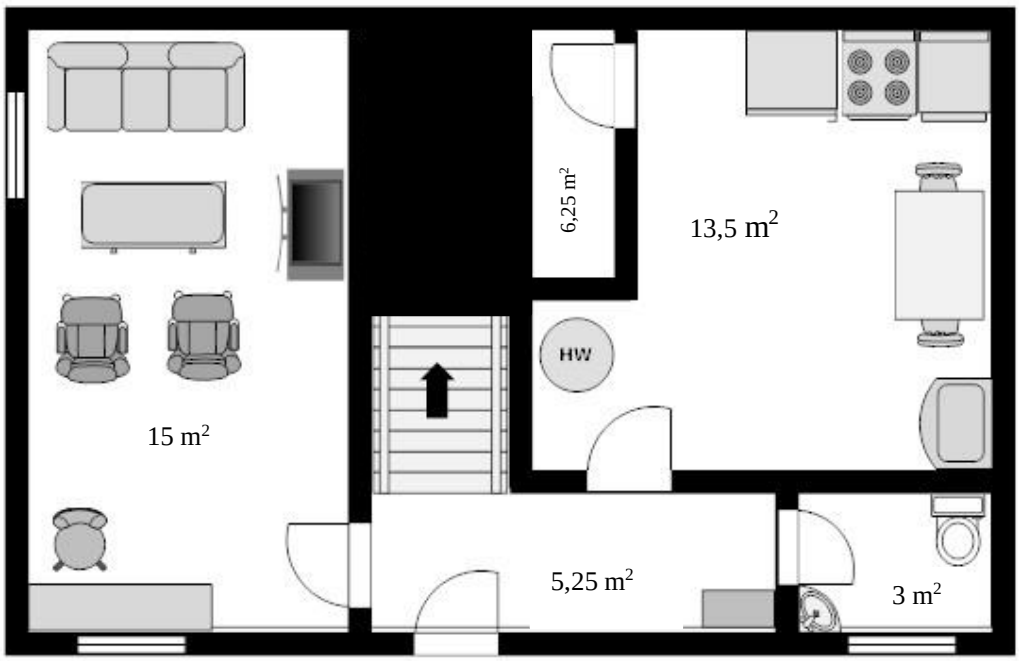
Zemlja kontinuirano prima 174 PW dolazećeg sunčeva zračenja (insolacije) u gornjoj atmosferi. Kada dođe do atmosfere, 6 % sunčevog zračenja se reflektira, a 16 % se apsorbira. Prosječni atmosferski uvjeti (oblaci, prašina, čestice zagađenja) nadalje umanjuju sunčevo zračenje za 20 % refleksijom i 3 % apsorpcijom. Ovi atmosferski uvjeti ne samo da umanjuju količinu energije koja dopire do zemljine površine, nego i raspršuju otprilike 20 % dolazne svjetlosti i filtriraju neke dijelove spektra. Nakon prolaska kroz atmosferu, otprilike pola sunčevog zračenja je u vidljivom dijelu elektromagnetskog spektra, a druga polovina je u infracrvenom dijelu spektra (samo mali dio je ultraljubičasto zračenje). Ukupna sunčeva energija apsorbirana u Zemljinoj atmosferi, oceanima i kopnenim masama je otprilike 3,850.000 eksa džula (EJ) godišnje. Godine 2002., ovo je u jednom satu dalo više energije nego čitavo čovječanstvo potroši tijekom jedne godine. Fotosinteza uhvati otprilike 3,000 EJ godišnje u biomasu. Količina sunčeve energije koja dosegne Zemljinu površinu tako je velika da je dvostruko veća od ukupne energije koju će čovječanstvo ikada zadobiti iz svih neobnovljivih izvora ugljena, nafte, prirodnog plina i iskopanog urana zajedno. [2]

Solarni kolektori kao takvi, se sve više primjenjuju u velikim postrojenjima, ali isto tako i manja kućanstva su uvidjela korist od ugradnje solarnih kolektora. Kako bi se mogla odrediti iskoristivost i isplativost nekog solarnog sustava, bitno je znati kako će se taj sustav ponašati na određenim uvjetima. Pri tome su od velike pomoći proračunske metode u normi HRN EN 15316-4-3. Kao što je „f-chart" metoda kojom će se proračunavati isplativost ugradnje solarnih kolektora za obiteljsku kuću (tročlana obitelj) na području grada Varaždina u nastavku rada. Biti će opisan proračun za projektiranje sustava zagrijavanja potrošne tople vode (PTV) i grijanje prostora.

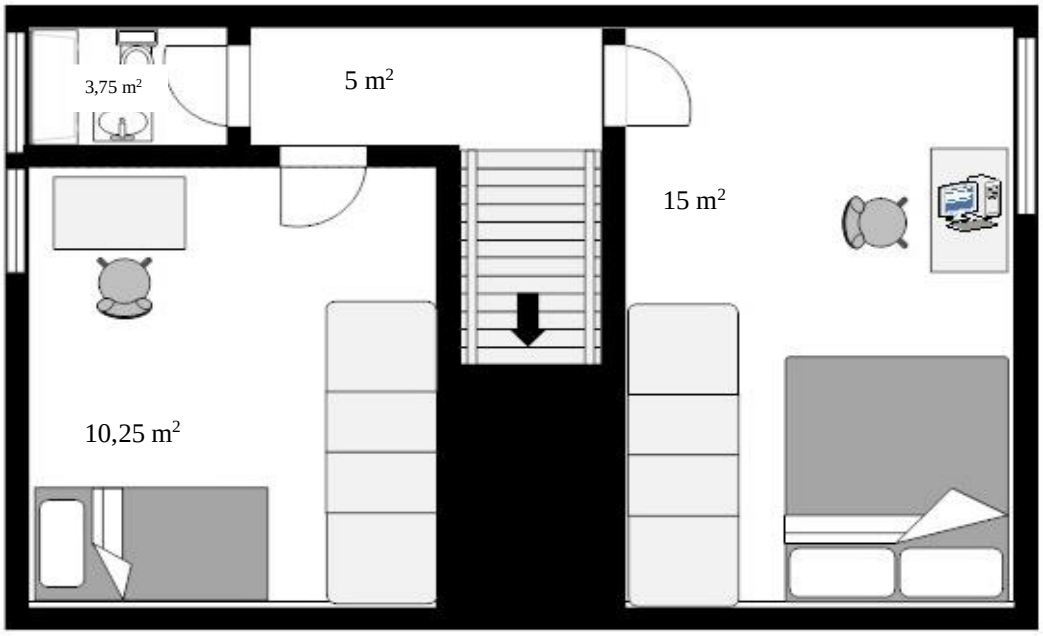
2. Slika i nacrti objekta



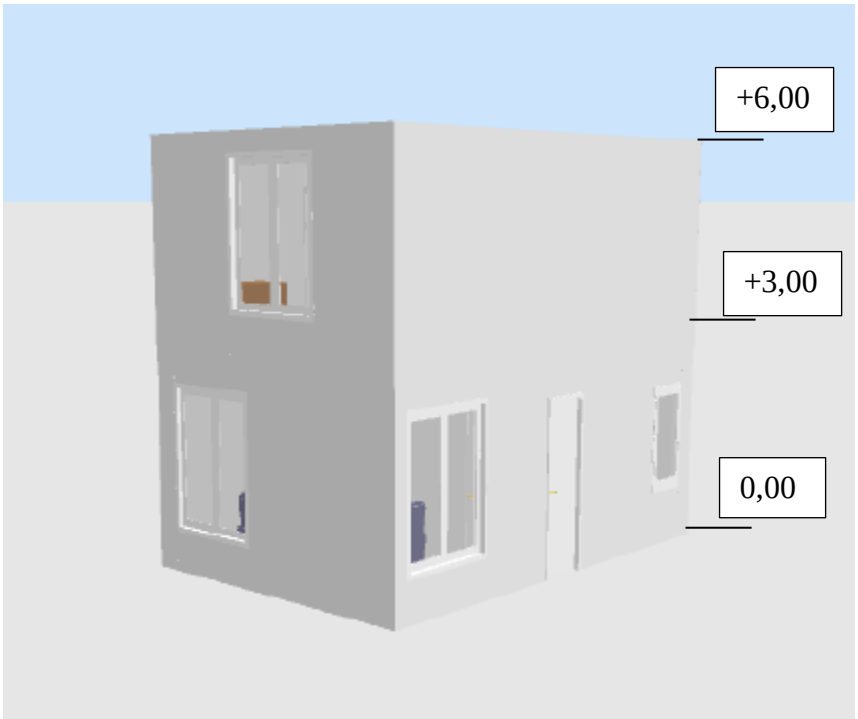
Slika 2.1. Kuća u gradu Varaždinu



Slika 2.2. Tlocrt kuće-prizemlje



Slika 2.3. Tlocrt kuće-prvi kat

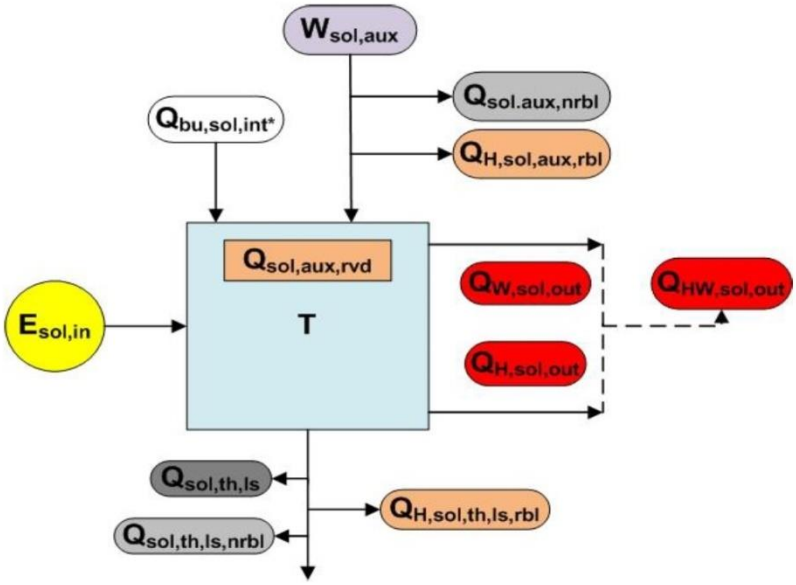


Slika 2.4. 3D prikaz kuće

3. Norma HRN EN 15316-4-3

Norma sadrži metode za proračun energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava (sustavi proizvodnje topline, sunčani toplinski sustavi i foto naponski sustavi). Proračunava se ukupna količina energije potrebna za grijanje, energija koja se dobije iz solarnog sustava, gubitci u tom sustavu, te uštede u usporedbi sa trenutnim sustavom. Postoje dvije metode: metoda A i metoda B koja se temelji na f-chart metodi.

Za proračun isplativosti ovog sustava koristiti će se metoda B („f-chart“ metoda), koja će biti detaljnije opisana u nastavku rada.



Slika 3. Toplinska bilanca solarnog sustava [16]

$E_{sol,in}$ - ozračena sunčeva energija na kolektore

$Q_{Wsol,out}$ - toplina dovedena sustavu distribucije PTV-a

$Q_{Hsol,out}$ - toplina dovedena sustavu distribucije grijanja

$Q_{bu,sol,int}$ - potrebna toplina od dodatnog izvora

$W_{sol,\ aux}$ - pomoćna energija za pogon pumpi i regulacije

$Q_{sol,\ th,\ ls}$ - ukupni toplinski gubici solarnog sustava

rbl - iskoristivi toplinski gubici

rvd - iskorišteni toplinski gubici

nrbl - neiskoristivi toplinski gubici

4. Metoda B [16]

Kod proračuna metodom B koriste se mjerni podaci o karakteristikama korištenih komponenti. Kod proračuna se mogu razlikovat tri slučaja, a to su: samo priprema PTV-a, samo grijanje prostora, kombinacija sustava za pripremu PTV-e i grijanja prostora.

Koraci metode B:

1. definirati potrebe primijenjene na toplinski sunčani sustav:
    - proračunati udio potrebne topline za grijanje spram ukupne potrebne topline (PH)
    - proračunati udio potrebne topline za PTV spram ukupne potrebne topline (PW)
2. proračunati udio X (sličan omjeru gubitaka spram primijenjenoj toplini):
    - odrediti površinu kolektora A
    - odrediti koeficijent gubitka topline kolektorske petlje U_{loop}
    - odrediti faktor korisnosti kolektorske petlje η_{loop}
    - izračunati razliku referentnih temperatura ΔT
    - izračunati korekcijski faktor solarnog spremnika f_{st} koji ovisi o konfiguraciji sustava (sustav pred grijanja ili solarni-plus-dodatni sustav)
    - pripisati obujam spremnika za grijanje ili pripremu PTV
3. proračunati udio Y (sličan omjeru solarnog dobitka spram primijenjene topline):
    - odrediti nulti faktor iskoristivosti kolektora $\eta 0$;
    - odrediti sunčevo zračenje I na površini kolektora
4. izračunati toplinski dobitak za grijanje i pripremu PTV i ukupni toplinski dobitak
5. izračunati potrošnju pomoćne energije
6. izračunati toplinske gubitke sustava;
    - odrediti toplinske gubitke solarnog spremnika
    - odrediti toplinske gubitke distribucije između sustava i pomoćnog grijača
7. izračunati iskoristivost gubitaka sustava:
    - odrediti iskoristivost gubitaka pomoćne energije
    - odrediti iskoristivost toplinskih gubitaka spremnika
    - odrediti iskoristivost toplinskih distribucijskih gubitaka

5. Proračun isplativosti sustava

Kao što je navedeno na početku rada, biti će opisan proračun za sustav pripreme PTV-e i grijanja prostora, upotrebom metode B. U nastavku rada, tablice koje će sadržavati parametre za proračun, biti će u dva formata. Crna slova i brojke označavati će ulazne veličine, a crvena slova i brojke označavati će izlazne veličine dobivene proračunom. Proračun cjelokupnog rada pisan je u Microsoft Office Excelu- u, te se nalazi u prilogu ovog rada.

5.1. Početni parametri

A [m²]	3,68
V_{sol} [l]	475
a_1 [W/m²K]	0,85
a_2 [W/m²K]	0,01
η_{loop}	0,9
IAM	0,97
η_0	0,8
Θ_{ref} [°C]	100
Θ_W [°C]	40
Θ_{cW} [°C]	10
$P_{aux,\ nom}$ [W]	32,36
V_{ref} [l]	288
$U_{loop,p}$ [W/m²K]	6,84
U_{loop} [W/m²K]	3,108696
f_{st}	0,88242

Tablica 5.1. Početni parametri

U prvi dio tablice unesene su svojstvene vrijednosti za solarni sustav, a to su:

- A [m²] – površina solarnih kolektora
- V_{sol} [l] – volumen solarnog spremnika
- a_1 [W/m²K] – koeficijent gubitka topline solarnih kolektora prvog reda
- a_2 [W/m²K] – koeficijent gubitka topline solarnih kolektora drugog reda
- η_{loop} – faktor korisnosti petlje kolektora, η_{loop} = 0,9 [16]

- *IAM* – modifikator upadnog kuta kolektora i ovisi o vrsti kolektora, za vakuumske cijevne kolektore sa plosnatim apsorberom, *IAM = 0,97* [16]
- η_0 – nulti faktor korisnosti koji je povezan sa površinom kolektora, $\eta_0 = 0{,}8$ [16]
- Θ_{ref} [°C] – referentna temperatura za grijanje, $\Theta_{ref} = 100$ °C [16]
- Θ_W [°C] – željena temperatura tople vode, $\Theta_W = 40$°C [16]
- Θ_{cW} [°C] – temperatura vodovodne vode, $\Theta_{cW} = 10$ °C [16]
- $P_{aux,\,nom}$ [W] – nominalna snaga solarne pumpe (pumpne grupe)

U drugom dijelu tablice nalaze se vrijednosti dobivene proračunom:

- V_{ref} [l] – referentni obujam
  - $V_{ref} = 75 \cdot A = 288\ l$
- $U_{loop,p}$ [W/m²K] – koeficijent gubitaka topline svih cijevi u petlji kolektora
  - $U_{loop,p} = 5 + 0{,}5 \cdot A = 6{,}84\ [W/m^2K]$
- U_{loop} [W/m²K] – ukupni koeficijent gubitaka topline
  - $U_{loop} = a_1 + a_2 \cdot 40 + U_{loop,\,p} / A = 3{,}108696\ [W/m^2K]$
- f_{st} – *korekcijski faktor kapaciteta solarnog spremnika*
  - $f_{st} = \left(V_{ref} / V_{sol}\right)^{0,25} = 0{,}88242$

5.2. Mjesečni klimatski podaci

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro	Σ
Dana	**31**	**28**	**31**	**30**	**31**	**30**	**31**	**31**	**30**	**31**	**30**	**31**	
$\Theta_{e,avg}$ [°C]	**-0,5**	**1,4**	**5,7**	**10,7**	**15,4**	**18,9**	**20,4**	**19,6**	**15,5**	**10,4**	**5,5**	**1,1**	
I_m [W/m²]	**63,8**	**99,6**	**152**	**180,6**	**206**	**215,7**	**222,2**	**208,7**	**192,1**	**139,7**	**69,9**	**47**	
$E_{sol,in}$ [kWh/m²]	**47,5**	**66,9**	**113,1**	**130,0**	**153,3**	**155,3**	**165,3**	**155,3**	**138,3**	**103,9**	**50,3**	**35,0**	**1314**
t_m [h]	**744**	**672**	**744**	**720**	**744**	**720**	**744**	**744**	**720**	**744**	**720**	**744**	**8760**

Tablica 5.2. Mjesečni klimatski podaci

Ulazne vrijednosti:

- $\Theta_{e,avg}$ [°C] – prosječna temperatura za zadani mjesec [18]
- I_m [W/m^2] – prosječno sunčevo zračenje na površinu kolektora za zadani mjesec [19]

Dobivene vrijednosti:

- $E_{sol,in}$ [KWh/m^2] – mjesečno sunčevo zračenje na površinu kolektora
  - $E_{sol,in} = I_m \cdot t_m$
- t_m [h] – trajanje mjeseca u satima
  - $t_m = broj\ dana \cdot 24\ h$

5.2.1. Referentna temperatura za PTV i razlika u temperaturi

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro
Θ_{ref} [°C]	98,1	95,6	89,9	83,3	77,1	72,5	70,5	71,5	76,9	83,7	90,1	95,9
ΔT [°C]	98,6	94,2	84,2	72,6	61,7	53,6	50,1	51,9	61,4	73,3	84,6	94,8

Tablica 5.2.1. Referentna temperatura za PTV i razlika u temperaturi

Dobivene vrijednosti:

- Θ_{ref} [°C] (za pripremu PTV) – referentna temperatura vode za pripremu potrošne tople vode
  - $\Theta_{ref} = 11{,}6 + 1{,}18 \cdot \theta_w + 3{,}86 \cdot \theta_{cw} - 1{,}32 \cdot \theta_{e,avg}$
- ΔT [°C] – razlika referentne temperature
  - $\Delta T = \theta_{ref} - \theta_{e,avg}$

5.3. Određivanje potrošnje toplinske energije

Kako bi se odredila potrošnja toplinske energije, prvo je potrebno unijet neke podatke, a to su: prosječna dnevna potrošnja tople vode, temperaturni raspon zagrijavanja vode, površinu kuće koju je potrebno grijati, godišnja energija za grijanje u kWh/m^2, sezonu grijanja, zadanu temperaturu za grijanje te toplinske gubitke distribucije energije (pretpostavka 10% od prosječne dnevne upotrebe energije [16]).

Dnevna potrošnja tople vode [l/dan]	**100**
θ_{min} **[°C]**	**10**
θ_{max} **[°C]**	**65**
Grijana površina [m^2]	**80**
Potrebna godišnja energija za grijanje [kWh/m^2]	**100**
Sezona grijanja [mj]	**9-5**
Zadana temperatura za grijanje [°C]	**15**
Toplinski gubici distribucije [%]	**10**
Prosječna dnevna potrošnja energije za PTV [kWh/dan], Q_{PTV}	**6,386**
Prosječni dnevni gubici energije za PTV [kWh/dan], $Q_{PTV,ls\%}$	**0,639**
Ukupna godišnja potrošnja energije za grijanje prostora [kWh], $Q_{H,an}$	**8000**
Godišnji gubici energije za grijanje prostora [kWh], $Q_{H,an,ls\%}$	**800**

Tablica 5.3 Toplinska energija potrebna za PTV i grijanje prostora

Dobivene vrijednosti:

- $Q_{PTV} = (dnevnaPTV) \cdot (\theta_{max} - \theta_{min}) \cdot 4180 / (3{,}6 \cdot 10^6) = 6{,}386\ [kWh/dan]$
  - 4180 – specifična topline vode pri temperaturi 20 °C
- $Q_{PTV,ls\%} = Q_{PTV} \cdot 0{,}1 = 0{,}6386\ [kWh/dan]$

- $Q_{H,an} = Q_{H,nd} \cdot A_k = 100 \cdot 80 = 8000\ [kWh]$
    - $Q_{H,nd}$ (godišnja potrebna energija za grijanje prostorije po metru kvadratnom gradnje)
    - A_k (ukupna površina kuće u metrima kvadratnim)
- $Q_{H,an,ls\%} = Q_{H,an} \cdot 0{,}1 = 800\ [kWh]$

5.3.1. Broj grijanih „stupanj-dana“

HDD_m odnosno mjesečni iznos stupanj-dana potreban je za definiranje potreba za grijanjem tijekom svakog mjeseca.

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro
Dana	**31**	**28**	**31**	**30**	**31**	**30**	**31**	**31**	**30**	**31**	**30**	**31**
$\Theta_{e,avg}$ [°C]	**-0,5**	**1,4**	**5,7**	**10,7**	**15,4**	**18,9**	**20,4**	**19,6**	**15,5**	**10,4**	**5,5**	**1,1**
HDD_m	**480,5**	**380,8**	**288,3**	**129**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**142,6**	**285**	**430,9**

Tablica 5.3.1. Mjesečni iznos stupanj-dana

Dobivene vrijednosti:

- $HDD_m = (15 - \theta_{e,avg}) \cdot broj\ dana$
    - 15 – zadana temperatura za grijanje [°C]

5.3.2. Mjesečne toplinske potrebe PTV i grijanja prostora

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro
Dana	**31**	**28**	**31**	**30**	**31**	**30**	**31**	**31**	**30**	**31**	**30**	**31**
$Q_{W,sol,us,m}$ **[kWh]**	**217,76**	**196,69**	**217,76**	**210,74**	**217,76**	**210,74**	**217,76**	**217,76**	**210,74**	**217,76**	**210,74**	**217,76**
$Q_{H,sol,us,m}$ **[kWh]**	**1978,7**	**1568,1**	**1187,2**	**531,2**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**587,2**	**1173,6**	**1774,4**
P_w	**0,10**	**0,11**	**0,15**	**0,28**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**0,27**	**0,15**	**0,11**
P_H	**0,90**	**0,89**	**0,85**	**0,72**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,73**	**0,85**	**0,89**

Tablica 5.3.2. Potrebe grijanja PTV i prostora

Dobivene vrijednosti:

- $Q_{W,sol,us,m}$ [kWh] – mjesečni iznos energije primijenjene na toplovodni sunčev sustav za PTV

$$Q_{W,sol,us,m} = \left(Q_{PTV} + Q_{PTV,ls\%}\right) \cdot dana$$

- $Q_{H,sol,us,m}$ [kWh] – mjesečni iznos energije primijenjene na toplovodni sunčev sustav za grijanje prostora

$$Q_{H,sol,us,m} = \left(HDD_m / HDD_{an}\right) \cdot \left(Q_{H,an} + Q_{H,an,ls\%}\right)$$

$$HDD_{an} = \sum HDD_m$$

- $P_W = Q_{W,sol,us} / \left(Q_{W,sol,us} + Q_{H,sol,us}\right)$
- $P_H = Q_{H,sol,us} / \left(Q_{W,sol,us} + Q_{H,sol,us}\right)$

Koeficijenti P_W i P_H pokazuju u kojim odnosima se jedan solarni spremnik dijeli na dio za PTV i dio za grijanje prostora [16].

5.4. Određivanje faktora X i Y te dobitka energije solarnog sustava

Za određivanje željenih faktora, prvo je potreban ulazni podatak za kakvu vrstu sustava se radi proračun. Pošto se radi o sustavu koji ima vodeni spremnik, korekcijski faktori [16] su slijedeći:

- a = 1,029
- b = -0,065
- c = -0,245
- d = 0,0018
- e = 0,0215
- f = 0

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro	Σ
$Q_{W,sol,us,m}$ [kWh]	217,76	196,69	217,76	210,74	217,76	210,74	217,76	217,76	210,74	217,76	210,74	217,76	2564
X_W	105,35	138,84	209,49	223,49	232,76	234,52	247,78	238,44	215,83	194,66	109,27	79,20	
Y_W	0,056	0,097	0,207	0,450	1,809	1,894	1,951	1,833	1,687	0,332	0,093	0,045	
$Q_{Wsol,out,m}$ [kWh]	8,02	15,14	38,43	78,99	232,76	234,52	247,78	238,44	215,83	60,08	14,39	5,48	1389,86

Tablica 5.4.1. Faktori X, Y i toplinski dobitak za PTV

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro	Σ
$Q_{H,sol,us,m}$ [kWh]	1978,7	1568,1	1187,2	531,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	587,2	1173,6	1774,4	8800,4
X_H	0,30	0,33	0,40	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,40	0,32	
Y_H	0,06	0,10	0,21	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,09	0,05	
$Q_{H,sol,out,m}$ [kWh]	72,92	120,76	209,60	199,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	162,05	80,18	44,70	889,35

Tablica 5.4.2. Faktori X,Y i toplinski dobitak za grijanje prostora

Dobivene vrijednosti:

- $X_{W,H} = A \cdot P_{W,H} \cdot U_{loop} \cdot \eta_{loop} \cdot \Delta T \cdot f_{st} \cdot t_m / \left(Q_{W,H,sol,us,m} \cdot 1000\right)$
- $Y_{W,H} = A \cdot P_{W,H} \cdot IAM \cdot \eta_0 \cdot \eta_{loop} \cdot I_m \cdot t_m / \left(Q_{W,H,sol,us,m} \cdot 1000\right)$

Za proračun bez dimenzijskih faktora X i Y, zasebno se uvrštavaju vrijednosti PTV i grijanja prostora.

- $Q_{W,sol,out,m} = \left(a \cdot Y + b \cdot X + c \cdot Y^2 + d \cdot X^2 + e \cdot Y^3 + f \cdot X^3\right) \cdot Q_{w,sol,us,m}$
- $Q_{H,sol,out,m} = \left(a \cdot Y + b \cdot X + c \cdot Y^2 + d \cdot X^2 + e \cdot Y^3 + f \cdot X^3\right) \cdot Q_{H,sol,us,m}$

Radi provjere točnosti dobivenih rezultata, važno je znati da solarni dobitak ne može biti negativan i da dobitak energije ne može biti veći od primijenjene energije za određeni mjesec.

5.5. Određivanje potrošnje energije pumpe

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro	Σ
$t_{aux,\,m}$ [h]	72,2	101,8	172,1	197,8	233,2	236,4	251,2	236,2	210,4	158,2	76,6	53,2	2000
$W_{sol,aux,m}$ [kWh]	1,08	1,53	2,58	2,97	3,50	3,55	3,77	3,54	3,16	2,37	1,15	0,80	30,00

Tablica 5.5. Mjesečni rad i potrošnja energije pumpe

Dobivene vrijednosti:

- $t_{aux,an} = 2000\ h$ [16]
  - $t_{aux,m} = \left(E_{sol,in,m} / E_{sol,in,a}\right) \cdot t_{aux,an}$ (mjesečno trajanje rada pumpe)
  - $E_{sol,in,a} = \Sigma E_{sol,in,m}$
- $W_{sol,aux,m}$ [kWh] – mjesečna potrošnja pomoćne energije
  - $W_{sol,aux,m} = P_{aux,nom} \cdot t_{aux,m} / 1000$
  - $P_{aux,nom} = 15\ W$ [22]

5.6. Određivanje toplinskih gubitaka solarnog toplovodnog sustava

$\Theta_{W,set\ point}$ [°C]	**60**
$\Theta_{H,set\ point}$ [°C]	**40**
U_{st} [W/K]	**3,487**

Tablica 5.6.1. Ukupni koeficijent gubitka topline solarnog spremnika

Ulazne vrijednosti:

- $\Theta_{W,set\ point}$ [°C] – zadana vrijednost temperature za PTV prema normi iznosi 60 °C
- $\Theta_{H,set\ point}$ [°C] – zadana vrijednost temperature za grijanje prostora prema normi iznosi 40 °C [16]

Dobivena vrijednost:

- U_{st} [W/K] – ukupni koeficijent gubitka topline solarnog spremnika

$$U_{st} = 0{,}16 \cdot V_{sol}^{\ 0{,}5} = 0{,}16 \cdot 475^{0{,}5} = 3{,}487\ [W/K]$$

Za daljnji proračun potrebno je odgovoriti na dva pitanja, a to su:

- Gdje se nalazi solarni spremnik?
  - U ne-grijanom prostoru
- Da li je cjevovod između solarnog sustava i grijača toplinski izoliran?
  - Da

Sa odgovorima na ova pitanja definirani su podaci potrebni za daljnji proračun, ka što su:

- $\Theta_{a,avg}$ [°C] – prosječna temperatura zraka u kojem se nalazi solarni spremnik
  - solarni spremnik u negrijanom prostoru :

$$\theta_{a,avg} = \theta_{e,avg} + \left(20^{\circ}C - \theta_{e,avg}\right)/2 \text{ [16]}$$

- $Q_{bu,dis,ls,m}$ [kWh] – toplinski gubici distribucije između solarnog sustava i pomoćnog grijača (izolirani cjevovod):

$$Q_{bu,dis,ls,m} = 0{,}02 \cdot Q_{sol,us,m} \cdot \left(Q_{sol,out,m} / Q_{sol,us,m}\right) \text{ [16]}$$

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro	Σ
$Q_{W,\,sol,\,st,\,ls,\,m}$ [kWh]	4,89	9,28	22,73	44,23	122,15	115,39	116,31	108,37	102,08	30,31	7,72	3,19	686,66
$Q_{H,\,sol,\,st,\,ls,\,m}$ [kWh]	2,98	5,68	13,58	25,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	4,30	1,89	69,84
$Q_{W,bu,dis,ls,m}$ [kWh]	0,16	0,30	0,77	1,58	4,66	4,69	4,96	4,77	4,32	1,20	0,29	0,11	28
$Q_{H,bu,dis,ls,m}$ [kWh]	1,46	2,42	4,19	3,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,24	1,60	0,89	18
$Q_{sol,\,ls,\,m}$ [kWh]	9,49	17,67	41,28	75,20	126,81	120,08	121,26	113,14	106,40	50,76	13,91	6,08	802,08
$\Theta_{a,\,avg}$ [C]	8,8	8,55	10,35	13	15,95	18,7	20,6	21,85	20,3	17,65	14,95	11,1	

Tablica 5.6.2. Mjesečni i ukupni (godišnji) gubici

- $Q_{W,sol,st,ls,m}$ [kWh] - mjesečni toplinski gubitak PTV-e

$$Q_{W,sol,st,ls,m} = U_{st} \cdot \left(\theta_{W,setpo\,int} - \theta_{a,avg}\right) \cdot \left(Q_{W,sol,out,m} / Q_{W,sol,us,m}\right) \cdot t_m / 1000$$

- $Q_{H,sol,st,ls,m}$ [kWh] - mjesečni toplinski gubitak grijanja prostora

$$Q_{H,sol,st,ls,m} = U_{st} \cdot \left(\theta_{H,setpo\,int} - \theta_{a,avg}\right) \cdot \left(Q_{H,sol,out,m} / Q_{H,sol,us,m}\right) \cdot t_m / 1000$$

- $Q_{W,bu,dis,ls,m}$ [kWh] – mjesečni distribucijski gubici za PTV

$$Q_{W,bu,dis,ls,m} = 0{,}02 \cdot Q_{W,sol,us,m} \cdot \left(Q_{W,sol,out,m} / Q_{W,sol,us,m}\right)$$

- $Q_{H,bu,dis,ls,m}$ [kWh] – mjesečni distribucijski gubici za grijanje prostora

$$Q_{H,bu,dis,ls,m} = 0{,}02 \cdot Q_{H,sol,us,m} \cdot \left(Q_{H,sol,out,m} / Q_{H,sol,us,m}\right)$$

- $Q_{sol,ls,m}$ [kWh] (ukupno) – ukupni mjesečni toplinski gubici sustava

$$Q_{sol,ls,m} = Q_{W,sol,st,ls,m} + Q_{H,sol,st,ls,m} + Q_{W,bu,dis,ls,m} + Q_{H,bu,dis,ls,m}$$

5.7. Određivanje iskoristivosti gubitaka solarnog sustava

Iskoristivost gubitaka solarnog sustava ovisi o mjestu ugradnje solarnog sustava, kako je već prije navedeno da se komponente solarnog sustava ne nalaze u grijanom prostoru, vrijednost iskoristivosti solarnog sustava je 50% [16]. Te je isto tako i vrijednost iskoristivosti pumpe 50%.

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro	Σ
$Q_{sol,aux,rbl,m}$ [kWh]	0,54	0,76	1,29	1,48	1,75	0,00	0,00	0,00	1,58	1,19	0,57	0,40	9,57
$Q_{sol,st,ls,rbl,m}$ [kWh]	3,94	7,48	18,16	34,82	61,08	0,00	0,00	0,00	51,04	23,16	6,01	2,54	208,21
$Q_{bu,dis,ls,rbl,m}$ [kWh]	0,81	1,36	2,48	2,78	2,33	0,00	0,00	0,00	2,16	2,22	0,95	0,50	15,58
$Q_{sol,ls,rbl,m}$ [kWh]	5,29	9,60	21,93	39,09	65,15	0,00	0,00	0,00	54,78	26,56	7,53	3,44	233,37

Tablica 5.7. Iskoristivosti mjesečnih i ukupnih (godišnjih) toplinskih gubitaka

Dobivene vrijednosti:

- $Q_{sol,aux,rbl,m}$ [kWh] – mjesečni povratni iznos pomoćne energije

$$Q_{sol,aux,rbl,m} = W_{sol,aux,m} \cdot 50\%$$

- $Q_{sol,st,ls,rbl,m}$ [kWh] – mjesečni povratni iznos toplinskih gubitaka solarnog spremnika

$$Q_{sol,st,ls,rbl,m} = \left(Q_{W,sol,st,ls,m} + Q_{H,sol,st,ls,m}\right) \cdot 50\%$$

- $Q_{bu,dis,ls,rbl,m}$ [kWh] – mjesečni povratni iznos distribucijskih toplinskih gubitaka

$$Q_{bu,dis,ls,rbl,m} = \left(Q_{W,bu,dis,ls,m} + Q_{H,bu,dis,ls,m}\right) \cdot 50\%$$

- $Q_{sol,ls,rbl,m}$ [kWh] – zbroj svih povratnih iznosa (iznos pomoćne energije, toplinski gubici solarnog sustava, distribucijski toplinski gubici)

$$Q_{sol,ls,rbl,m} = Q_{sol,aux,rbl,m} + Q_{sol,st,ls,rbl,m} + Q_{bu,dis,ls,rbl,m}$$

5.8. Reducirana mjesečna potrošnja

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro	Σ
$f_{sol,\,m}$	0,04	0,09	0,18	0,32	0,51	1,11	1,14	1,09	0,49	0,24	0,07	0,03	
$t_{p,bu,nom,m}$ [h]	171	140	120	76	40	19	19	19	38	81	118	158	1000
$W_{bu,nom,m}$ [kWh]	13,66	11,22	9,60	6,12	3,24	1,48	1,53	1,53	3,07	6,52	9,42	12,61	80,00
$W_{bu,aux,m}$ [kWh]	13,09	10,26	7,85	4,16	1,60	-0,17	-0,21	-0,15	1,55	4,95	8,75	12,26	63,95

Tablica 5.8. Mjesečni nominalni rad pumpe, solarni udio i nominalna potrošnja pomoćne energije

Dobivene vrijednosti:

- $f_{sol,\,m}$ – solarni udio

$$f_{sol,m} = Q_{sol,out,m} / Q_{sol,us,m}$$

- $t_{p,bu,nom,m}$ [h] – mjesečni iznos trajanja pumpe u satima, u slučaju odsutnosti rada solarnog sustava, prosječno godišnje trajanje rada pumpe iznosi 1000 h [16]

$$t_{p,bu,nom,m} = (Q_{sol,us,m} / \Sigma Q_{sol,us,m}) \cdot 1000$$

- $W_{bu,nom,m}$ [kWh] – mjesečna nominalna potrošnja pomoćne energije ne solarnog generatora topline

$$W_{bu,nom,m} = 80 \cdot t_{p,bu,nom,m} / 1000$$

- $W_{bu,aux,m}$ [kWh] – reducirana mjesečna potrošnja pomoćne energije ne solarnog generatora topline

$$W_{bu,aux,m} = W_{bu,nom,m} \cdot (1 - f_{sol,m})$$

Posljednji iznos u tablici koji iznosi 63,95 kWh, označuje reducirani iznos potrošnje pomoćne energije ne solarnog generatora topline na godišnjoj razini.

5.8.1. Smanjenje toplinskih gubitaka pomoćnog generatora topline

U slučaju da solarni sustav pokriva cjelokupne potrebe za toplinom kroz neki duži period, ne solarni generator topline se može isključiti pa se time smanjuju toplinski gubici koji bi se inače pojavili.

	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	List	Stu	Pro	Σ
$t_{bu,nom,m}$ [h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	
$Q_{bu,ls,nom,m}$ [kWh]	297,6	268,8	297,6	288	297,6	288	297,6	297,6	288	297,6	288	297,6	3504
$Q_{bu,ls,m}$ [kWh]	297,6	268,8	297,6	288	297,6	0	0	0	288	297,6	288	297,6	2621

Tablica 5.8.1. Mjesečni nominalni toplinski gubici i reducirani mjesečni toplinski gubici pomoćnog generatora

Dobivene vrijednosti:

- $t_{bu,nom,m}$ [h] – mjesečno nominalno trajanje rada toplinskog generatora bez prisutnosti solarnog sustava
- $Q_{bu,ls,nom,m}$ [kWh] – mjesečni nominalni toplinski gubici ne solarnog toplinskog generatora

$$Q_{bu,ls,nom,m} = 400 \cdot t_{bu,nom,m} / 1000$$

  - 400 („stand by“ gubici kotla [W])
- $Q_{bu,ls,m}$ [kWh] – reducirani mjesečni toplinski gubici pomoćnog generatora, ovise o udjelu $f_{sol,m}$:

$$f_{sol,m} < 80\% \rightarrow Q_{bu,ls,m} = Q_{bu,ls,nom,m}$$

$$f_{sol,m} \geq 80\% \rightarrow Q_{bu,ls,m} = Q_{bu,ls,nom,m} \cdot \left(1 - f_{sol,m}\right)$$

Dobivenim podacima možemo izračunati ukupnu godišnju uštedu energije dobivenu redukcijom:

- $(80 - 63{,}95) + (3504 - 2621) = 899{,}05\ kWh$

5.9. Proračun godišnjih rezultata

mjesec	$Q_{sol,us,m}$ [kWh]	$Q_{sol,out,m}$ [kWh]	$Q_{sol,ls,m}$ [kWh]	$Q_{sol,ls,rbl,m}$ [kWh]
1.	1940,99	80,93	9,49	5,29
2.	1593,30	135,90	17,67	9,60
3.	1363,48	248,03	41,28	21,93
4.	868,78	278,14	75,20	39,09
5.	459,95	232,76	126,81	65,15
6	210,74	234,52	120,08	0,0
7.	217,77	247,78	121,26	0,0
8.	217,77	238,44	113,14	0,0
9.	436,10	215,83	106,40	54,78
10.	925,68	222,13	50,76	26,56
11.	1337,52	94,56	13,91	7,53
12.	1791,95	50,18	6,08	3,44
god.	11364	2279,21	802,08	233,37

Tablica 5.9.1. Potrebna energija, dobivena energija iz solarnog sustava i gubici

Godišnja potreba energije za PTV [kWh]	**2564**
Godišnja potreba energije za grijanje prostora [kWh]	8800
Ukupna godišnja potrebna energija [kWh]	11364
Godišnji dobitak solarnog sustava za PTV [kWh]	1390
Godišnji dobitak solarnog sustava za grijanje prostora [kWh]	889
Ukupna godišnja dobitak solarnog sustava	2279
Godišnja ušteda energije redukcijom rada pomoćne pumpe [kWh]	16
Godišnja ušteda gubitaka topline redukcijom rada generatora [kWh]	883
Ukupna godišnja ušteda energije redukcijom [kWh]	899
Ukupni godišnji energetski dobitak solarnog sustava [kWh]	**3178**

Tablica 5.9.2. Godišnja potrebna energija i dobivena godišnja energija iz solarnog sustava

5.10. Financijski podaci o investiciji

KOMPONENTE	CIJENA [kn]
Solarni kolektori	8075
Solarni bojler	7150
Akumulacijski spremnik	4289,38
Toplovodni kotao	7390
Solarne pumpne grupe, 3-putni preklopni ventil, ekspan. posuda	2112,63
Montažni set	1398,11
Cijevi	829,58
Montaža	3500
UKUPAN TROŠAK	34744,7

Tablica 5.10. Financijski podaci o investiciji



Slika 5.10. Graf prikaza investicijskih troškova

5.11. Isplativost ugradnje solarnog sustava (povrat investicije)

	STRUJA	PLIN
Cijena kWh-a [kn/kWh]	**0,51**	**0,2319**
Godišnja cijena potrebne energije [kn/god]	**5795,65**	**2635,32**
Godišnja ušteda sa solarnim sustavom [kn/god]	**1620,78**	**736,98**
Period povrata investicije [god]	**21**	**47**

Tablica 5.11. Godišnji period povrata investicije

Ulazne vrijednosti:

- Cijena kWh-a struje iznosi 0,51 kn/kWh [23], a cijena kWh-a plina 0,2319 kn [24].

Dobivene vrijednosti:

- Godišnja cijena potrebne energije = ukupna godišnja potreba energije · cijena kWh-a struje/plina
- Godišnja ušteda sa solarnim sustavom = ukupni godišnji dobitak energije solarnim sustavom · cijena kWh-a struje/plina
- Period povrata investicije = ukupan trošak investicije / godišnja ušteda sa solarnim sustavom

5.12. Proračun isplativosti uz poticaje

Kompanija SOLE-i, predstavila je inovativnu uslugu za energetsku samoopskrbu, koja se bazira na mikro solarnim elektranama. Trošak za montiranje i kupnju potrebnog solarnog sustava za ovaj rad bi iznosio 24900 kn. Te kako bi sustav bio isplativ garantiraju približno 75% niže mjesečne račune za struju i povrat investicije za 5 do 6 godina. [25]

	STRUJA
Cijena kWh-a [kn/kWh]	**0,51**
Godišnja cijena potrebne energije [kn/god]	**5795,65**
Godišnja ušteda sa solarnim sustavom [kn/god]	**4346,74**
Period povrata investicije [god]	**6**

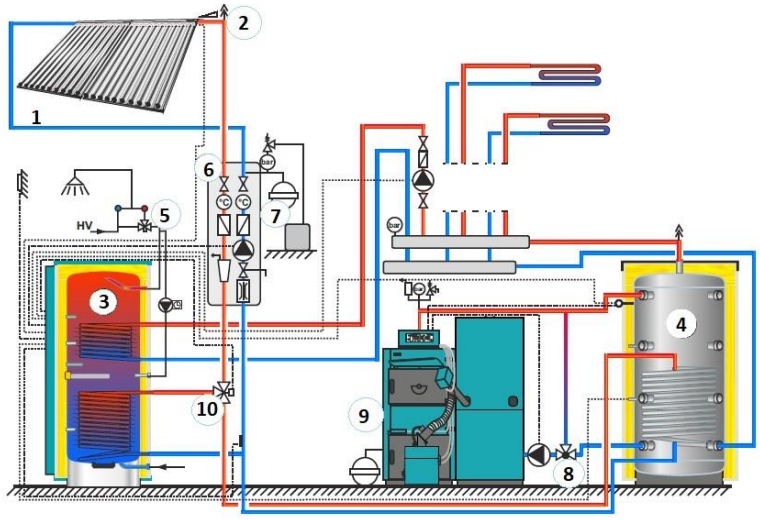
Tablica 5.12. Povrat investicije uz poticaj

Dobivene vrijednosti:

- Godišnja ušteda sa solarnim sustavom = godišnja cijena potrebne energije * 75% (manji iznos računa za struju) / 100%
- Period povrata investicija = 24900 / 4346,74 = 6 god

6. Shema i opis solarnog sustava

Solarni sustav za grijanje prostora i pripremu PTV sa kolektorima prvo zagrijava bojler sanitarne vode, a zatim se sav višak energije prebacuje u akumulacijske spremnike sustava grijanja. Čim se pojavi potreba za sanitarnom vodom, opet se svi kolektori prebacuju na zagrijavanje bojlera sanitarne vode. U slučaju da kolektori ne mogu predati dovoljno energije vodi u bojleru ili akumulacijskom spremniku, regulacija uključuje pumpu u krugu konvencionalnog izvora topline (kotla) i zagrijava vodu do željene temperature. [3]



Slika 6. Shema sustava grijanja prostora i zagrijavanja PTV [3]

Komponente sheme (*Slika 3.*) solarnog sustava:

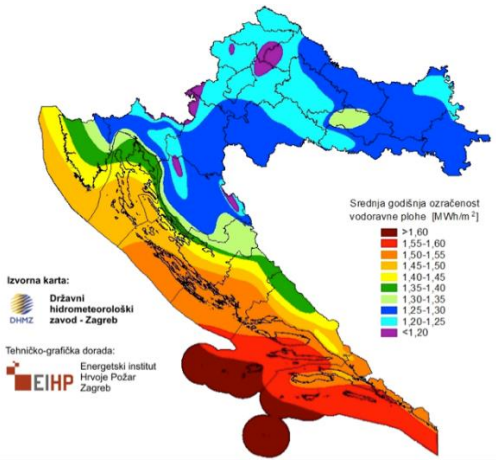
1. Solarni kolektori
2. Solarni od zračni lončić sa zapornim ventilom
3. Solarni bojler s regulacijom
4. Akumulacijski spremnik
5. Ventil za PTV
6. Solarna pumpna grupa
7. Ekspanzijska posuda solarnog kruga
8. 3-putni termički ventil
9. Kotao (EKO-CUP)
10. 3-putni preklopni ventil

7. Opis i odabir komponenta solarnog sustava

Kako ne bih došlo da krivog tumačenja, solarni sustav podrazumijeva korištenje sunčeve energije u sustavima zagrijavanja PTV i grijanje prostora. Sastoji se od nekoliko komponenti:

- solarnih kolektora
- regulacije
- solarnog i/ili akumulacijskog bojlera
- solarna pumpna grupa
- ekspanzijske posude
- elemenata armature i izoliranih cijevi

Na našem području za cjelogodišnje potrebe PTV-a i grijanja prostora, solarna energija kao samostalni izvor topline nije dovoljna pa nam u sustavima zagrijavanja PTV-a i grijanja, uz solarni sustav, treba i neki konvencionalni izvor topline (kotao na ulje, plin, el. struju ili biomasu (drvo, pelete, sječku...)). Važno je znati da solarni sustavi sakupljaju i spremaju Sunčevu energiju samo kada Sunca ima, tj. ako je vani nekoliko dana oblačno, solarni sustav neće imati tople vode. Iz tog razloga u sustavu moramo imati veliku količinu vode (veliki bojler) koja može akumulirati Sunčevu energiju kada Sunca ima da bismo toplu vodu mogli trošiti u vrijeme kada Sunca nema (najčešće navečer i ujutro). Komponente solarnog sustava potrebno je pažljivo dimenzionirati da bi zagrijavanje PTV-e i grijanje prostora moglo kvalitetno raditi. [3]



Srednja godišnja ozračenost na području Varaždinske županije iznosi 1,20-1,25 MWh/m^2.

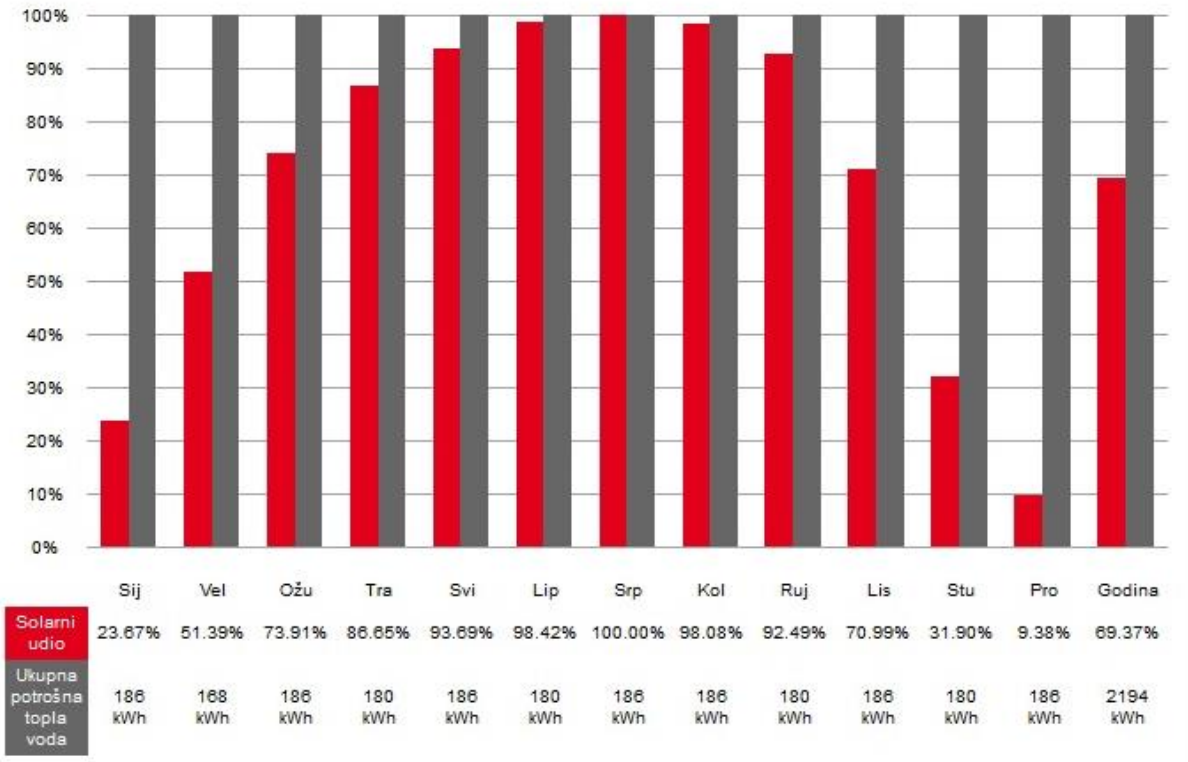
Slika 7. Srednja godišnja ozračenost vodoravne plohe [26]

7.1. Solarni kolektori

Kod odabira vrste i broja kolektora treba poznavat sljedeće parametre: klimatsko područje, zakrenutosti kolektora prema jugu i od horizontale, upotreba kolektora (samo za PTV ili/i za grijanje prostora), volumen bojlera/akumulacijskog spremnika, godišnje doba upotrebe kolektora. Trenutno postoje dvije glavne vrste solarnih kolektora;

- pločasti solarni kolektori
- cijevni vakuumski solarni kolektori

Uzevši u obzir da se proračun radi za kuću na području grada Varaždina, odabiru se cijevni vakuumski solarni kolektori. Tijekom zimskog perioda daju više energije od pločastih.

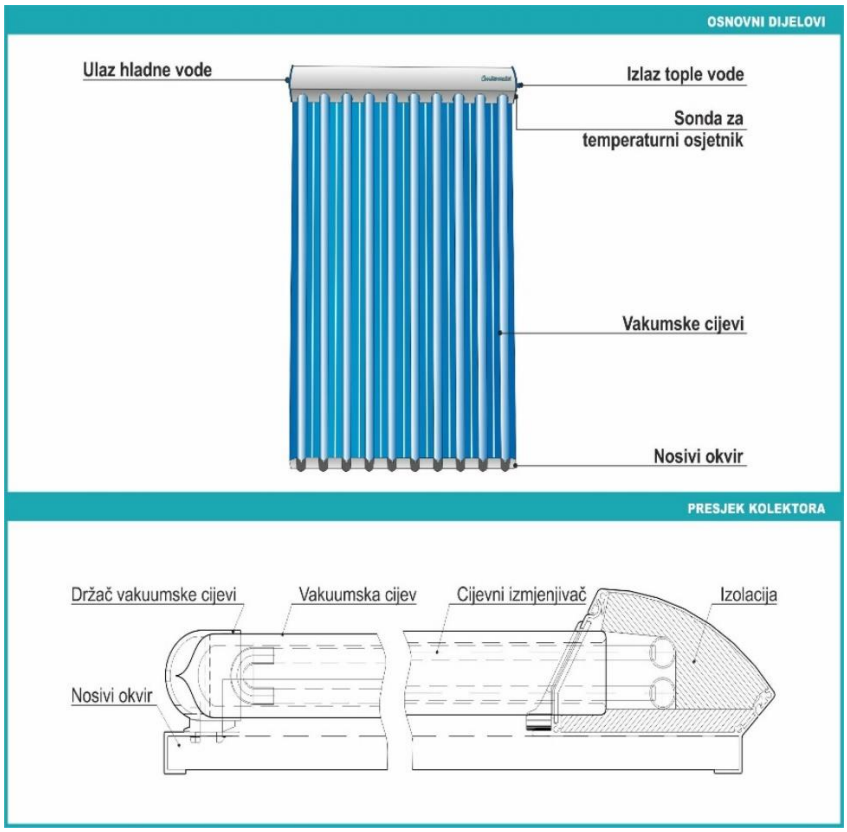


Slika 7.1. Grafički prikaz uz pomoć Hoval kalkulatora

Kako ne bih došlo do pogreške prilikom odabira broja kolektora, koristili smo Haval kalkulator. Pokazuje solarni udio određenog solarnog kolektora za potrebe PTV-e.

7.1.1. Cijevni vakuumski solarni kolektor CVSKC-10

Solarno tržište zahtijeva tehnologiju s visokom učinkovitošću i kod manje povoljnih uvjeta te je zbog toga konstruiran cijevni vakumski kolektor. Cijevni vakuumski kolektori serije CVSKC-10 pokazuju svoju snagu najviše tamo gdje pločasti kolektori gube svoju učinkovitost - kod smanjenog zračenja odnosno kod velikih temperaturnih razlika. Cijevi kolektora vakumirane su čime se sprečava gubitak energije, a ispod cijevi su postavljena reflektirajuća parabolična ogledala koja usmjeravaju zračenje na cijelu površinu čime se povećava učinkovitost kolektora. [3]



Slika 7.1.1. Cijevni vakuumski solarni kolektor CVSKC-10 [4]

cijevni kolektor CVSKC-10		
Broj cijevi	(kom)	10
Bruto površina	(m^2)	1,84
Površina upada svjetlosti	(m^2)	1,6
Površina apsorbera	(m^2)	1,6
Volumen apsorbera	(l)	1,63
Visina kolektora	(mm)	1645
Širina kolektora	(mm)	1115
Debljina kolektora	(mm)	107
Masa kolektora	(kg)	31
Materijal vakumske cijevi		borosilikatno staklo
Apsorpcijski koef.	(%)	96 ± 1
Emisijski koef.	(%)	6 ± 1
Optički stupanj djelovanja	(%)	60,5
Koef. gubitaka topline k1	W/(m^2K)	0,850
Koef. gubitaka topline k2	W/(m^2K^2)	0,010
Izolacija apsorbera		vakuum
Izolacija sakupljača	(mm)	75mm mineralne vune
Bakrene cijevi	(mm)	ϕ8 x 0,5
Sakupljačke cijevi	(mm)	ϕ18 x 1
Broj priključaka	(kom)	2
Priključci	(R)	3/4"
Max. radni pretlak	(bar)	10
Temperatura mirovanja	(°C)	286
Refleksija ogledala	(%)	95
Medij u sustavu		mješavina glikola i vode

Tablica 7.1.1. Karakteristike cijevnog vakuumskog kolektora CVSKC-10 [3]

Prednosti cijevnog vakuumskog kolektora CVSKC-10:

- visoka učinkovitost kolektor sa 10 cijevi
- maksimalna temperatura mirovanja kolektora je 286 °C
- Ispod svake vakumske cijevi nalazi se reflektirajuće parabolično ogledalo koje omogućuje korištenje cijele cijevne apsorbirajuće površine
- olakšana montaža, zbog već ugrađenog okvira na samom kolektoru
- mogućnost montaže na kosi krov ili na samostojeći stalak

7.1.2. Potreban broj kolektora

Za odabir odgovarajućeg broja kolektora potrebno je imati neke informacije, kao što su: broj osoba, veličini i vrsti bojlera, te mjestu ugradnje kolektora. Navedeno je da će projekt biti rađen za tročlanu obitelj, što uvjetuj odabirom bojlera od 200 litara. Kao zaključak odabiru se dva cijevna vakuumska kolektora serije CVSKC-10, cijene 4037,50 kn po komadu [4].

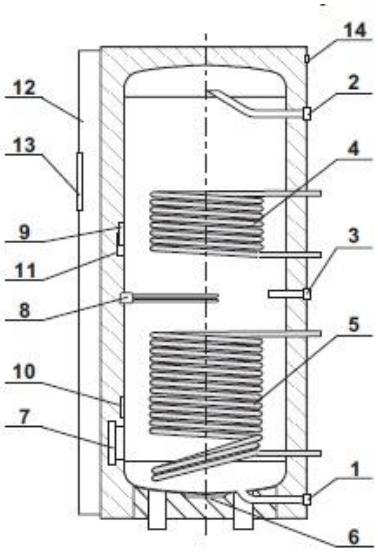
7.2. Solarni inox bojler STEB-200

Potreba za maksimalnim 200 l bojlerom, odabiremo solarni inox bojler STEB-200. Toplovodni solarni bojler STEB volumena 200 litara, namijenjen je zagrijavanju i akumuliranju potrošne tople vode korištenjem energije Sunca, zagrijavanjem vodom iz kotla te alternativno zagrijavanje električnim grijačem. Bojleri su izrađeni od nehrđajućeg čelika, čime su zagarantirani visoki higijenski uvjeti. Korištenjem modernih tehnologija i provjerenih tehničkih rješenja omogućeno je ekonomično korištenje raspoloživih izvora energije. Posebna vrijednost ovih bojlera je integrirana automatska regulacija, koja upravlja i povezuje sve navedene mogućnosti u automatizirani proces. Izrađeni su u skladu s normom ISO 9001:2008 [3]. Cijena bojlera iznosi 7150kn, što se u odnosu na ostale bojlere čini kao poprilično visoka cijena. Razlog je što bojler sadrži integriranu solarnu regulaciju, kojom se postižu znatne prednosti u usporedbi sa ostalim bojlerima.



Slika 7.2. Solarni inox bojler STEB-200 [6]

7.2.1. Osnovni dijelovi i tehnički podaci bojlera



1. Dovod hladne sanitarne vode
2. Odvod tople sanitarne vode
3. Recirkulacijski vod
4. Cijevni izmjenjivač kotlovskog sistema
5. Cijevni izmjenjivač solarnog sistema
6. Otvor za čišćenje (STEB-200, STEB-300)
7. Otvor za čišćenje (STEB-600)
8. Elektro grijač
9. Mjesto za osjetnik (Tsprem1g) - temp. san. vode, kotlovski krug
10. Mjesto za osjetnik (Tsprem1d) - kolekt. krug
11. Sigurnosni termostat
12. Konzola automatike
13. Digitalna regulacija sa rednom stezaljkom
14 . Uvodnice

Slika 7.2.1. Osnovni dijelovi bojlera STEB-200,300,600 [7]

		STEB 200		STEB 300		STEB 600	
Volumen	(l)	200		300		600	
Ogrjevna spirala		gornja	donja	gornja	donja	gornja	donja
Trajni učin (1) **80°C**	(kW)	16,6	33,1	19,7	43,3	31,6	82,9
	(l/h)	408	814	486	1066	778	2045
70°C	(kW)	13,3	26,7	16,0	35,0	25,5	63,0
	(l/h)	330	658	393	862	629	1554
60°C	(kW)	8,3	16,5	9,5	21,6	15,8	39,0
	(l/h)	204	406	243	532	389	962
Ogrjevna površina	(m^2)	0,42	0,84	0,5	1,1	0,8	2,1
Volumen ogrjevne vode	(l)	1,9	3,8	3,0	5,9	4,4	8,8
Protok kotlovske vode	(m^3/h)	1,5		1,5		1,5	
Dimenzije bojlera	(mm)	710x580x1400		760x640x1890		925x820x2005	
Pol./pov. vod - kotl. krug	(R)	3/4"		1"		1"	
Pol./pov. vod - sol. krug	(R)	3/4"		1"		1"	
Max. radni tlak	(bar)	6		6		6	
Električni grijač	(W)	1 x 2000		1 x 3000		2 x 2000	
Masa bojlera	(kg)	80		120		230	

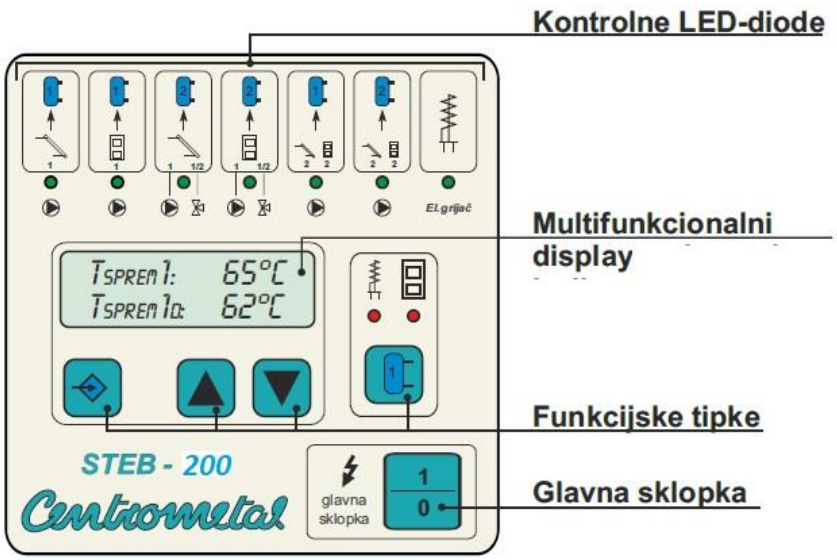
(1) ulazna temp. ogrjevnog medija 80, 70, 60°C; PTV 10/45°C

Tablica 7.2.1. Tehnički podaci bojlera [3]

Kao što je vidljivo iz tablice tehničkih podataka, STEB-200 zadovoljava uvjete. Te nije potrebno daljnje proučavanje ostale dvije vrste bojlera (STEB-300, STEB -600), koji su namijenjeni za srednje i veće objekte. Kod kojih je potrošnja vode veća.

7.2.2. Solarna regulacija spremnika STEB

Solarni regulator je namijenjen upravljanju akumulacijom energije iz solarnih kolektora i/ili kotlova na kruto gorivo kao i pripremi potrošne tople vode (PTV) uz zagrijavanje elektro grijačem i/ili bilo kojom vrstom kotlova. U regulator su uključene funkcije zaštite elemenata spremnika, kolektora i kotlova, a nazivi parametara i omogućuje namještanja parametara samo onih koji su potrebni za odabranu konfiguraciju olakšavaju namještanje postavki regulatora. Regulator također podešava svoj rad prema prisutnim senzorima. To znači da će uz sve potrebne senzore za postavljenu konfiguraciju funkcija cijele konfiguracije biti u potpunosti zadovoljena. Ako dođe do prekida nekog od senzora regulator će nastaviti sa radom, ali sa funkcijama koje mu omogućuju preostali senzori. [8]



Slika 7.2.2. Ploča solarne regulacije STEB [3]

Prednosti integrirane solarne regulacije STEB:

- regulacija temperature PTV-e
- regulacija kotlovskog kruga, kolektorskog kruga, dodatnog akumulacijskog bojlera, električnog grijača
- regulacija ima ugrađen svjetlosni osjetni LDR
- zaštita cirkulacijskih pumpi od previsoke temperature
- mogućnost očitanja karakterističnih temperatura na osvijetljenom displayu
- prikaz dobivene energije Sunca u kWh

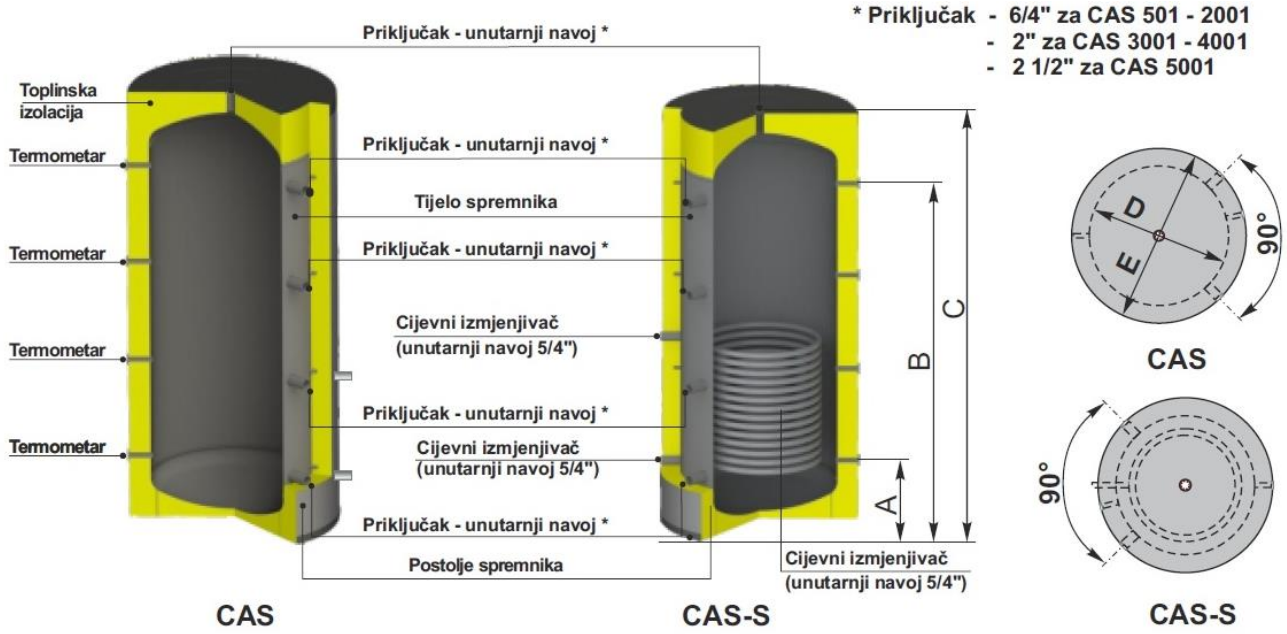
7.3. Akumulacijski spremnik CAS-S 501

Akumulacijski spremnici **CAS-S** namijenjeni su za sustave centralnog grijanja uz kotlove na kruto gorivo (Bio-Tec, BioSolid, EKO-CK P, EKO-CKB P, CentroPlus, CentroPlus-B...), pelet, lož ulje, plin ili struju radi akumuliranja toplinske energije i ekonomičnijeg i efikasnijeg rada kotla te spajanju na solarne kolektore. Izrađuju se u 3 veličine (volumena 475, 740 i 940 litara) i 2 izvedbe: akumulacijski spremnik sa ugrađenim cijevnim izmjenjivačem za spajanje solarnih kolektora (CAS-S) i akumulacijski spremnik sa ugrađenim inox bojlerom i cijevnim izmjenjivačem (CAS-BS). Ovakve izvedbe omogućuju istodobno korištenje više obnovljivih izvora energije što ih čini ekološki i energetski vrlo prihvatljivim. Uz ugrađene spremnike CAS loženje je moguće planirati u prihvatljivo vrijeme, a za slučaj blažih vanjskih temperatura grijanje prostora i zagrijavanje potrošne tople vode bez loženja kotla moguće je i više dana. Spremnici su izrađeni iz atestiranih materijala u skladu s normom ISO 9001:2008 [3]. Cijena spremnika proizvođača Centrometal iznosi 4289,38 kn.



Slika 7.3. Akumulacijski spremnik CAS-S [9]

7.3.1. Osnovni dijelovi i tehnički podaci spremnika



Slika 7.3.1. Presjek i prikaz dijelova spremnika CAS i CAS-S [10]

Tip		CAS								CAS-S		
		501	801	1001	1501	2001	3001	4001	5001	501	801	1001
Volumen	(lit.)	475	740	940	1450	2160	2960	3820	5055	475	740	940
Promjer tijela sprem. D	(mm)	650	790	790	1000	1200	1250	1400	1600	650	790	790
Vanjski promjer E	(mm)	850	990	990	1200	1400	1450	1600	1800	850	990	990
Ukupna visina C	(mm)	1670	1750	2150	2100	2180	2695	2790	2875	1670	1750	2150
Priključci	(R)	6/4"	6/4"	6/4"	6/4"	6/4"	2"	2"	2 1/2"	6/4"	6/4"	6/4"
Max. radni tlak	(bar)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Max. radna temp.	(°C)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Min. visina prostorije	(mm)	1870	1950	2350	2300	2335	2915	3015	3005	1870	1950	2350
Masa tijela spremnika	(kg)	75	99	149	185	245				100	135	185
Ukupna masa spremnika	(kg)	84	112	164	204	265				109	150	201
Volumen sprem. PTV	(lit.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Max. radni tlak spr. PTV	(bar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Priključci PTV	(R)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ogrj. površina spirale	(m^2)	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	2,6	3,2
Volumen ogrj. spirale	(lit.)	-	-	-	-	-	-	-	-	10,5	14	17,5
Toplinska izolacija	(mm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Visina A	(mm)	230	320	320	320	355	370	420	515	230	320	320
Visina B	(mm)	1380	1370	1770	1720	1755	2260	2310	2365	1380	1370	1770

Tablica 7.3.1. Tehnički podaci spremnika [10]

Dimenzijama i karakteristikama akumulacijski spremnik CAS-S 501 zadovoljava uvjete, te se odabire za izradu proračuna isplativosti ugradnje solarnog sustava.

7.4. Kotao EKO-CUP M3

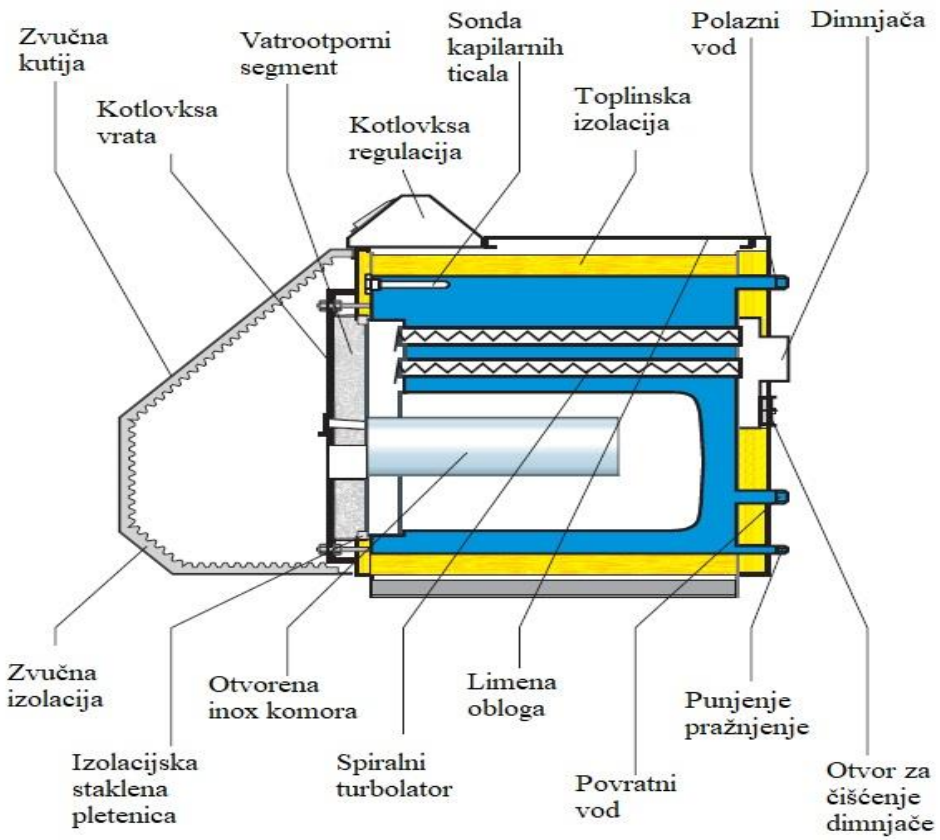
Toplovodni kotao namijenjen je za loženje, tekućim gorivima tipa EL ulje za loženje i plinovitim gorivom. Kotao je suvremene konstrukcije i dizajna i malih dimenzija, obzirom na projektirani kapacitet. Izrađen je iz atestiranih materijala visoke kvalitete. Ispitan i atestiran po DIN i HRN normama, te ispunjava sve uvjete specijalnih kotlova za priključenje na instalaciju centralnog grijanja. [11]



Slika 7.4. Kotao EKO-CUP M3 [11]

7.4.1. Sastavni dijelovi i tehnički podaci kotla

EKO-CUP M3 je tro prolazni čelični toplovodni kotao, sastavljen od inox otvorene komore za izgaranje, centralne komore i cijevne komore. Tro prolazni sistem dimnih plinova sa provjerenom turbulencijskom tehnikom, te inox komora za izgaranje, omogućavaju potpuno izgaranje i smanjenje štetnih sastojaka dimnih plinova. Spiralni prijenosnik topline u cijevnoj komori, omogućavaju duže zadržavanje dimnih plinova i bolji prijenos toplinske energije na vodu, a isto tako služe za finu regulaciju izlazne temperature dimnih plinova, čija minimalna temperatura iznosi 160 °C, kod temperature kotla 70 °C. Time se sprječava kondenzacija i produljuje vijek trajanja kotla. [11]



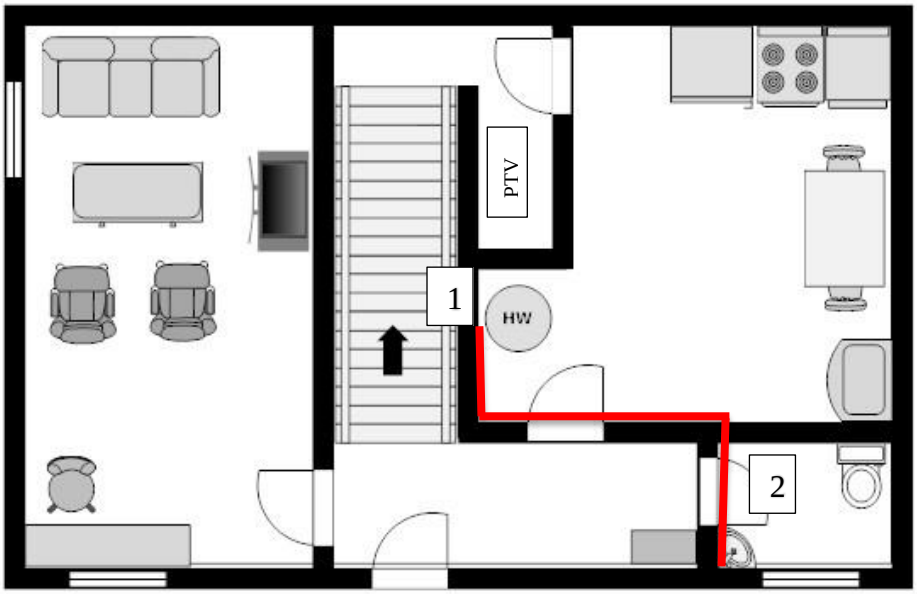
Slika 7.4.1. Sastavni dijelovi kotla EKO-CUP M3 [11]

TIP		EKO-CUP M3 - 18	EKO-CUP M3 - 25	EKO-CUP M3 - 35	EKO-CUP M3 - 50	EKO-CUP M3 - 65	EKO-CUP M3 - 80
Toplinska snaga	kW	18	25	35	50	65	80
Toplinsko opterećenje	kW	19,2	26,5	37	53	69	84
Podtlak dimnjaka min.	mbar	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
Temp. dimnih plinova min/max	°C	160-210	160-210	160-210	160-210	160-210	160-210
Radni pretlak min/max	bar	0,8-2,4	0,8-2,4	0,8-2,4	0,8-2,4	0,8-2,4	0,8-2,4
Temp. kotla min/max	°C	55-90	55-90	55-90	55-90	55-90	55-90
Reg. termostat	°C	0-90	0-90	0-90	0-90	0-90	0-90
Sig.termostat	°C	100(110)	100(110)	100(110)	100(110)	100(110)	100(110)
Elektro priključak	V/Hz	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50
Iskorištenje kotla min/max	%	92,1-93,8	92,1-93,8	92,1-93,8	92,1-93,8	92,1-93,8	92,1-93,8

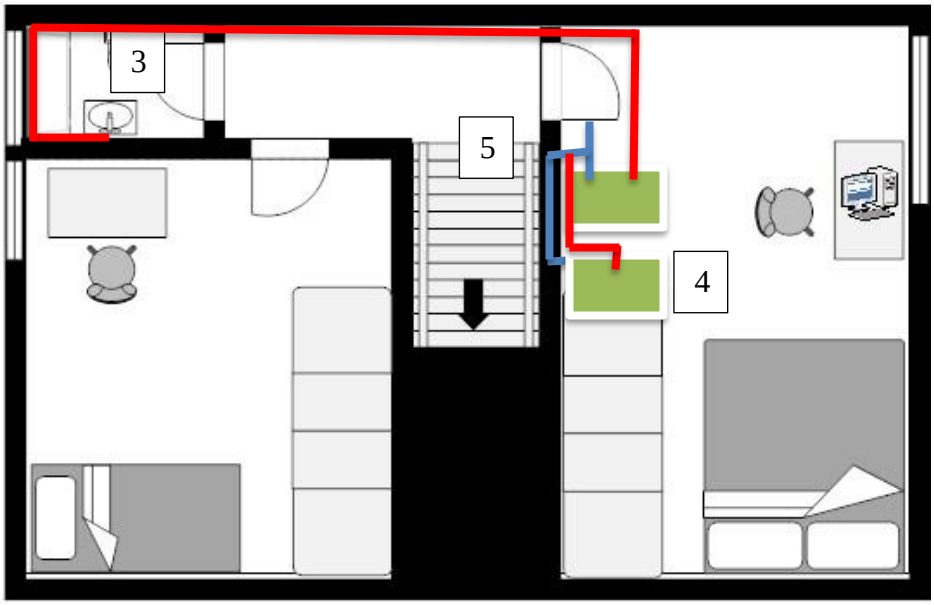
Tablica 7.4.1. Tehničke karakteristike kotlova EKO-CUP M3 [11]

Kako bi kotao bio sa sigurnošću kompatibilan sa ostalim dijelovima solarnog sustava, odabiremo kotao EKO-CUP M3 (80 kW) proizvođača Centrometal. Cijena odabranog kotla iznosi 7390 kn.

7.5. Proračun pada tlaka



Slika 7.5.1. Shematski prikaz dionice cjevovoda u kući-prizemlje



Slika 7.5.2. Shematski prikaz dionice cjevovoda u kući-prvi kat

Proračun:

$$\Delta p_{1-2} = \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_{u1}} \cdot \frac{\rho \cdot w_1^2}{2} = 0{,}005316 \cdot \frac{7}{0{,}022} \cdot \frac{998 \cdot 0{,}55^2}{2} = 255{,}32\ Pa$$

$$\Delta p_{2-3} = \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_{u2}} \cdot \frac{\rho \cdot w_2^2}{2} = 0{,}006645 \cdot \frac{2{,}5}{0{,}022} \cdot \frac{998 \cdot 0{,}44^2}{2} = 72{,}95\ Pa$$

$$\Delta p_{3-4} = \lambda_3 \cdot \frac{l_3}{d_{u3}} \cdot \frac{\rho \cdot w_3^2}{2} = 0{,}006961 \cdot \frac{10{,}5}{0{,}022} \cdot \frac{998 \cdot 0{,}42^2}{2} = 292{,}44\ Pa$$

$$\Delta p_{4-5} = \lambda_4 \cdot \frac{l_4}{d_{u4}} \cdot \frac{\rho \cdot w_4^2}{2} = 0{,}010442 \cdot \frac{6}{0{,}022} \cdot \frac{998 \cdot 0{,}28^2}{2} = 111.42\ Pa$$

$$\lambda_1 = \frac{64}{\mathrm{Re}_1} = \frac{64}{12039{,}68} = 0{,}005316$$

$$\lambda_2 = \frac{64}{\mathrm{Re}_2} = \frac{64}{9631{,}74} = 0{,}006645$$

$$\lambda_3 = \frac{64}{\mathrm{Re}_3} = \frac{64}{9193{,}94} = 0{,}006961$$

$$\lambda_4 = \frac{64}{\mathrm{Re}_4} = \frac{64}{6129{,}29} = 0{,}010442$$

$$\mathrm{Re}_1 = \frac{w_1 \cdot d_{u1} \cdot \rho}{\eta} = \frac{0{,}55 \cdot 0{,}022 \cdot 998}{1{,}003 \cdot 10^{-3}} = 12039{,}68$$

$$\mathrm{Re}_2 = \frac{w_2 \cdot d_{u2} \cdot \rho}{\eta} = \frac{0{,}44 \cdot 0{,}022 \cdot 998}{1{,}003 \cdot 10^{-3}} = 9631{,}74$$

$$\mathrm{Re}_3 = \frac{w_3 \cdot d_{u3} \cdot \rho}{\eta} = \frac{0{,}42 \cdot 0{,}022 \cdot 998}{1{,}003 \cdot 10^{-3}} = 9193{,}94$$

$$\mathrm{Re}_4 = \frac{w_4 \cdot d_{u4} \cdot \rho}{\eta} = \frac{0{,}28 \cdot 0{,}022 \cdot 998}{1{,}003 \cdot 10^{-3}} = 6129{,}29$$

$$\Delta p_{UK} = \Delta p_{1-2} + \Delta p_{2-3} + \Delta p_{3-4} + \Delta p_{4-5} = 255{,}32 + 72{,}95 + 292{,}44 + 111{,}42 = 732{,}13\ Pa$$

w – brzina strujanja medija, [m/s]

d_u – unutarnji promjer cijev, [m]

v – kinetička viskoznost, [m^2/s]

η − dinamička viskoznost, [Pa·s]= [kg/(m·s)]

ρ – gustoća vode, [998 kg/m^3]

	Unutarnji promjer cijevi	**Brzina strujanja**	**Duljina dionice**
Broj dionice	**d_u [mm]**	**w [m/s]**	**l [m]**
1-2	**22**	**0,55**	**7**
2-3	**22**	**0,44**	**2,5**
3-4	**22**	**0,42**	**10,5**
4-5	**22**	**0,28**	**6**

Tablica 7.5.1. Ulazni podaci

Temperatura [°C]	Viskoznost [Pa·s]
10	$1{,}308 \times 10^{-3}$
20	$1{,}003 \times 10^{-3}$
30	$7{,}978 \times 10^{-4}$
40	$6{,}531 \times 10^{-4}$
50	$5{,}471 \times 10^{-4}$
60	$4{,}668 \times 10^{-4}$
70	$4{,}044 \times 10^{-4}$
80	$3{,}550 \times 10^{-4}$
90	$3{,}150 \times 10^{-4}$
100	$2{,}822 \times 10^{-4}$

Tablica 7.5.2. Viskoznost vode pri određenoj temperaturi

Tekućina	w(m/s)	Tekućina	w(m/s)
Vodena para	15 do 60	Vodovod	0,5 do 2
Uzduh u kanalima	4 do 8	Toplovodno grijanje 90/70 °C	0,15 do 1
Uzduh u cijevima	10 do 30	Vrelovod do 150/70 °C	1,5 do 5
Gradski plin	1 do 25	Kondenzat vodene pare	1 do 3
Zemni plin	5 do 35		
Naftovod	1 do 3	Kondenzat iz turbina	2 do 7
Lož ulje	0,5 do 1		
Hidraulika (ulja)	0,5 do 5		

Tablica 7.5.3. Preporučene brzine strujanja u cijevima

7.6. Solarne pumpne grupe CSPG-260

Kako bi cijeli sustav funkcionirao i bio povezan, bitnu ulogu imaju i solarne pumpne grupe CSPG. U solarnoj pumpnoj grupi CSPG-260 nalaze se svi potrebni elementi (spremnik, automatiku, solarni od zračni lončić i ekspanzijsku posudu) koji trebaju za normalno funkcioniranje solarnog sustava. Ako imamo dodatni akumulacijski spremnik, uz solarnu pumpnu grupu CSPG-260 trebamo ugraditi 3-putni preklopni ventil (zonski) koji služi za proširenje solarnog sustava. Uz to što imamo sve potrebne funkcionalne i sigurnosne elemente na jednom mjestu, solarne pumpne grupe su termički i zvučno izolirane te zahtijevaju malo mjesta i jednostavno se ugrađuju. [3]



Slika 7.6.. Solarna pumpna grupa CSPG-260 i 3-putni preklopni ventil [3]

Uloga 3-putnog preklopnog ventila je da propušta fluid ili u jednom ili u drugom smjeru, te u slučaju nestanka struje vraća se u prvobitan položaj.

Odabrana solarna pumpna grupa CSPG-260 proizvođača Centrometal i 3-putni preklopni ventil u kompletu iznose 1940 kn.

7.6.1. Elementi i karakteristike solarne pumpne grupe CSPG-260



Slika 7.6.1. Elementi solarne pumpne grupe CSPG-260 [12]

CSPG - 260		
Pumpa	(tip)	Grundfos Solar 15-65
Max. radni tlak	(bar)	6
Radna temp. polaza	(°C)	160
Radna temp. povrata	(°C)	130
Medij		voda sa max. 50% glikola
Priključci	(mm)	fi 22
Širina	(mm)	340
Visina	(mm)	450
Dubina	(mm)	180

Tablica 7.6.1. Karakteristike solarne pumpne grupe CSPG-260 [12]

7.7. Dimenzioniranje i odabir ekspanzijske posude

Za točan proračun ekspanzijske posude prvo se moraju odrediti volumeni vode u dijelovima instalacija, kako bi se nakon toga mogla izračunati veličina ekspanzijske posude. Izračun volumnih sadržaja prikazan je u nastavku.

$$p_0 = \frac{h_{sus} \cdot h_{dod}}{10} = 1\,[bar]$$

p_o - početni tlak

h_{sus} - visina grijanja

h_{dod} - dodatna visina

$$V_{SUS} = 200\ l$$

V_{SUS} - volumen vode sustava

$$V_e = \frac{V_{SUS} \cdot n}{100} = \frac{200 \cdot 3{,}33}{100} = 6{,}66$$
$$V_v = V_{SUS} \cdot 0{,}005 = 200 \cdot 0{,}005 = 1\,[l]$$

V_e - ekspanzija vode

n - koeficijent rastezljivosti vode = 3,33

V_v - volumen zalihe vode u litrama

$$V_{\min} = (V_e + V_v) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (6{,}66 + 1) \cdot \frac{3+1}{3-1} = 15{,}32\,[l]$$

Nakon proračuna minimalnog volumena ekspanzijske posude odabrali smo ekspanzijsku posudu 24 L proizvođača imera. Cijena iznosi 172,63 kn.



Slika 7.7. Ekspanzijska posuda imera 24L

7.8. Montažni set za 2 solarna kolektora (ravni krov)

Kako bi se kolektori montirali pod željenim kutom, potreban je montažni set za ravni krov. U daljnjem radu biti će opisan proračun za određivanje nagiba solarnih kolektora, da bi se dobila maksimalna iskoristivost kolektora. Cijena ovakvog seta iznosi 1398,11 kn [14].



Slika 7.8. Montažni set za 2 solarna kolektora [14]

8. Zaključak

U radu je bio cilj opisati rad solarnog sustava za zagrijavanje PTV-e i grijanje prostora, te proračun isplativosti ugradnje takvog sustava .

Današnjom tehnologijom nezamislivo je da se proračun za dobivanje svih podataka radi ručno, te je za izradu ovog proračuna bio korišten program Microsoft Office Excel koji je odlično poslužio kao primjer uštede vremena i smanjenja proračunskih pogrešaka.

Dobivenim rezultatima iz proračuna, može se zaključiti da se ugradnja solarnog sustava za ovaj tip gradnje (nisko energetske građevine), trenutno ne isplati. Cijena plina značajno ne raste, te su dobivene vrijednosti za uštedu poprilično male. Što dokazuje i period povrata investicije, koji premašuje prosječni životni vijek solarnog sustava. Kako tehnologija napreduje i kako se globalno svijet sve više okreće obnovljivim izvorima energije, cijene solarnih sustava će zasigurno padati, što i pokazuje proračun isplativosti ugradnje solarnih sustava uz poticaje. Ali do tada za nisko energetske građevine, koje nemaju veliku potrošnju energije, ovaj sustav je još uvijek neisplativ na području grada Varaždina.

U Varaždinu, _____

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Luka Obelić *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom Proračun isplativosti ugradnje solarnog sustava *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(Luka Obelić)

_____
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Luka Obelić *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom završnog rada pod naslovom Proračun isplativosti ugradnje solarnog sustava *(upisati naslov)* čiji sam autor.

Student/ica:
(Luka Obelić)

_____
(vlastoručni potpis)

9. Literatura

[1] NATIONALGEOGRAPHIC/SRPANJ2004./BR.7.

[2] https://hr.wikipedia.org//wiki//Sunčeva_energija

[3] https://www.centrometal.hr/public/downloads/katalozi/solarni-sustavi.pdf

[4] https://glavas.hr/proizvod/cvskc-10-cijevni-vakuums

[5] https://tehno-dom.hr/proizvod/centrometal-solarni-bojler-steb-200/

[6] https://termometal.hr/toplovodni-inox-bojler-steb-200l-proizvod-1917/

[7] https://termometal.hr/upload/catalog/groups/339/STEB-Teh-upute-07-2007.pdf

[8] https://termometal.hr/upload/catalog/groups/339/Teh-upute-regulacija-STEB-01-2008-ver1-4.pdf

[9] https://www.ikoma.hr/hr/grijanje-na-drva/akumulacijski-spremnici-puferi-za-centralno-grijanje/akumulacijski-spremnik-500-l-centrometal-cas-s-501-solarni-360/

[10] https://www.ikoma.hr/Content/product/document/Centrometal-CAS-akumulacijski-spremnici-prospekt.pdf

[11] https://termometal.hr/upload/catalog/product/4193/eko-cup-m3_58cfbccbd928d.pdf

[12] https://glavas.hr/file/2014/10/cspg-tablica.jpg

[13] https://www.elvomat-trgovina.hr/product/1444-centrometal-solarna-pumpna-grupa-cspg-260.html

[14] https://www.ikoma.hr/hr/solarno-grijanje/montazni-setovi-za-solarne-kolektore/montazni-set-za-2-solarna-kolektora-centrometal-ravni-krov-cpk-7210-n-1235/

[15] Duffie, J., Beckman, W.: Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley-Interscience ed., 1991

[16] http://repozitorij.fsb.hr/1172/1/09_12_2010_zavrsni.rad.Igor.Jukic.pdf

[17] http://31.45.242.218/HZN/Todb.nsf/wFrameset2?OpenFrameSet&Frame=Down&Src=%2FHZN%2FTodb.nsf%2Fcd07510acb630f47c1256d2c006ec863%2Fec109e178d4816b7c1257d79002a8726%3FOpenDocument%26AutoFramed

[18] http://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje&param=srednja_temperatura&Grad=vz_sred&Godina=2017

[19] Damir Dović, Modul 2 - 2.2.1-2.2.4 Sunčeva Energija

[20] http://www.mgipu.hr/doc/EnergetskaUcinkovitost/Algoritmi/Algoritam_HRN_EN_13790_2017.pdf

[21] http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html

[22] https://termometal.hr/upload/catalog/groups/211/grundfos%20pumpe.pdf

[23] http://www.hep.hr/stariods/kupci/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/160

[24] http://www.termoplin.com/tarifa-opskrbe-plinom-za-razdoblje-od-01-travnja-do-31-srpnja-2018-godine/

[25] http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/KVOTE%20PARA/poticaji-mikrosolari-2018-solarni-paneli

[26] http://www.solvis.hr/hr/advice/suncevo-zracenje-na-podrucju-hrvatske/

[27] https://www.ikoma.hr/hr/basket/

Popis slika

Slika 2.1. Kuća u gradu Varaždinu....13
Slika 2.2. Tlocrt kuće-prizemlje....13
Slika 2.3. Tlocrt kuće-prvi kat....14
Slika 2.4. 3D prikaz kuće....14
Slika 3. Toplinska bilanca solarnog sustava [16]....15
Slika 5.10. Graf prikaza investicijskih troškova....31
Slika 6. Shema sustava grijanja prostora i zagrijavanja PTV [3]....34
Slika 7. Srednja godišnja ozračenost vodoravne plohe [26]....35
Slika 7.1. Grafički prikaz uz pomoć Hoval kalkulatora....36
Slika 7.1.1. Cijevni vakuumski solarni kolektor CVSKC-10 [4]....37
Slika 7.2. Solarni inox bojler STEB-200 [6]....39
Slika 7.2.1. Osnovni dijelovi bojlera STEB-200,300,600 [7]....40
Slika 7.2.2. Ploča solarne regulacije STEB [3]....41
Slika 7.3. Akumulacijski spremnik CAS-S [9]....42
Slika 7.3.1. Presjek i prikaz dijelova spremnika CAS i CAS-S [10]....43
Slika 7.4. Kotao EKO-CUP M3 [11]....44
Slika 7.4.1. Sastavni dijelovi kotla EKO-CUP M3 [11]....45
Slika 7.5.1. Shematski prikaz dionice cjevovoda u kući-prizemlje....46
Slika 7.5.2. Shematski prikaz dionice cjevovoda u kući-prvi kat....46
Slika 7.6.. Solarna pumpna grupa CSPG-260 i 3-putni preklopni ventil [3]....49
Slika 7.6.1. Elementi solarne pumpne grupe CSPG-260 [12]....50
Slika 7.7. Ekspanzijska posuda imera 24L....51
Slika 7.8. Montažni set za 2 solarna kolektora [14]....52

Popis tablica

Tablica 5.1. Početni parametri 17
Tablica 5.2. Mjesečni klimatski podaci 18
Tablica 5.2.1. Referentna temperatura za PTV i razlika u temperaturi 19
Tablica 5.3 Toplinska energija potrebna za PTV i grijanje prostora 20
Tablica 5.3.1. Mjesečni iznos stupanj-dana 21
Tablica 5.3.2. Potrebe grijanja PTV i prostora 22
Tablica 5.4.1. Faktori X, Y i toplinski dobitak za PTV 23
Tablica 5.4.2. Faktori X,Y i toplinski dobitak za grijanje prostora 23
Tablica 5.5. Mjesečni rad i potrošnja energije pumpe 24
Tablica 5.6.1. Ukupni koeficijent gubitka topline solarnog spremnika 25
Tablica 5.6.2. Mjesečni i ukupni (godišnji) gubici 26
Tablica 5.7. Iskoristivosti mjesečnih i ukupnih (godišnjih) toplinskih gubitaka 27
Tablica 5.8. Mjesečni nominalni rad pumpe, solarni udio i nominalna potrošnja pomoćne energije 28
Tablica 5.8.1. Mjesečni nominalni toplinski gubici i reducirani mjesečni toplinski gubici pomoćnog generatora 29
Tablica 5.9.1. Potrebna energija, dobivena energija iz solarnog sustava i gubici 30
Tablica 5.9.2. Godišnja potrebna energija i dobivena godišnja energija iz solarnog sustava 30
Tablica 5.10. Financijski podaci o investiciji 31
Tablica 5.11. Godišnji period povrata investicije 32
Tablica 5.12. Povrat investicije uz poticaj 33
Tablica 7.1.1. Karakteristike cijevnog vakuumskog kolektora CVSKC-10 [3] 38
Tablica 7.2.1. Tehnički podaci bojlera [3] 40
Tablica 7.3.1. Tehnički podaci spremnika [10] 43
Tablica 7.4.1. Tehničke karakteristike kotlova EKO-CUP M3 [11] 45
Tablica 7.5.1. Ulazni podaci 48
Tablica 7.5.2. Viskoznost vode pri određenoj temperaturi 48
Tablica 7.5.3. Preporučene brzine strujanja u cijevima 48
Tablica 7.6.1. Karakteristike solarne pumpne grupe CSPG-260 [12] 50

Prilog

CD-R disc