

Projekt sustava grijanja i hlađenja obiteljske kuće s vanjskim bazenom

Piljan, Mateo

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:598803>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-26**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Mateo Piljan

Zagreb, 2022.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Igor Balen, dipl. ing.

Student:

Mateo Piljan

Zagreb, 2022.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se dr. sc. Igoru Balenu, dipl. ing. na pruženoj pomoći i savjetima tijekom izrade završnog rada.

Mateo Piljan



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 22 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 22 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Mateo Piljan**

JMBAG: **0035209133**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava grijanja i hlađenja obiteljske kuće s vanjskim bazenom**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating and cooling system for the single residence with outdoor swimming pool**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati sustav grijanja, hlađenja i zagrijavanja bazenske vode za potrebe obiteljske kuće smještene na području grada Pule, površine 150 m² na 2 etaže (Pr+1K), prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Za kuću predvidjeti sustav podnog i zidnog grijanja i hlađenja. Instalacija niskotemperaturnog grijanja koristi se s temperaturnim režimom tople vode 35/30°C. Instalacija hlađenja koristi se s temperaturnim režimom rashladne vode 16/19°C. Kao izvor topline za grijanje i hlađenje predvidjeti dizalicu topline zrak-voda. Potrebno je riješiti pripremu potrošne tople vode u izvedbi akumulacijskog sustava sa solarnim panelima, pri čemu će se zagrijavanje vode vanjskog bazena riješiti viškom topline solarnog sustava kad je taj višak raspoloživ.

Na raspolaganju su energetske izvori:
- elektro-priključak 220/380V; 50Hz
- vodovodni priključak tlaka 5 bar

Rad treba sadržavati:

- pregled sustava grijanja i hlađenja obiteljskih kuća s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko i ljetno razdoblje,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja sustava,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2021.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Datum predaje rada:

1. rok: 24. 2. 2022.
2. rok (izvanredni): 6. 7. 2022.
3. rok: 22. 9. 2022.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 28. 2. – 4. 3. 2022.
2. rok (izvanredni): 8. 7. 2022.
3. rok: 26. 9. – 30. 9. 2022.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	I
POPIS SLIKA.....	IV
POPIS TABLICA.....	VII
POPIS OZNAKA.....	VIII
SAŽETAK.....	XII
SUMMARY.....	XIII
1. UVOD	1
1.1. Toplinska ugodnost	1
1.2. Podni i zidni paneli za grijanje i hlađenje	2
1.2.1. Podno grijanje i hlađenje.....	3
1.2.2. Zidno grijanje i hlađenje	4
1.3. Dizalica topline	5
1.3.1. Princip rada dizalice topline: ljevokretni proces	5
1.3.2. Dijelovi dizalice topline	6
1.4. Pregled sustava grijanja i hlađenja obiteljskih kuća s osnovnim shemama	6
1.4.1. Centralno grijanje i hlađenje uz pomoć dizalice topline	7
1.4.2. Centralno grijanje na kotao i hlađenje uz pomoć rashladnog uređaja.....	10
1.4.3. Centralno grijanje na kotao i solarne kolektore i hlađenje uz pomoć rashladnog uređaja	11
1.4.4. Grijanje sa pojedinačnim grijačima i hlađenje uz pomoć rashladnog uređaja	12
1.5. O kući	12
2. PRORAČUN PROJEKTOG TOPLINSKOG OPTEREĆENJA PREMA NORMI HRN EN 12831.....	22
2.1. Projektni toplinski gubici prostorije.....	23
2.1.1. Projektni transmisijski gubici.....	23
2.1.2. Ventilacijski toplinski gubici	26

2.1.3. Prostori s prekidima grijanja	29
2.2. Primjer proračuna za ukupne projektne toplinske gubitke za jednu prostoriju.....	31
3. PRORAČUN PROJEKTOG RASHLADNOG OPTEREĆENJA PREMA SMJERNICI VDI 2078.....	33
3.1. Unutarnji dobici od ljudi	33
3.2. Dobici topline od strojeva/električnih uređaja	34
3.3. Dobici topline od rasvjete	34
3.4. Transmisijski dobici od površina i susjednih prostorija.....	35
3.4.1. Transmisijski dobici topline kroz zidove	35
3.4.2. Transmisijski dobici topline kroz ostakljene površine tj. prozore.....	35
3.4.3. Dobici topline zračenjem kroz ostakljene površine	35
3.5. Prikaz podataka iz programa "IntegraCad" i objašnjenje pojedinih podataka.....	35
4. DIMENZIONIRANJE OGRJEVNIH I RASHLADNIH TIJELA.....	39
4.1. Podno grijanje	39
4.2. Podno hlađenje	40
4.3. Zidno grijanje i hlađenje	40
4.4. Razdjelnici kruga grijanja i hlađenja.....	40
5. DIMENZIONIRANJE DIZALICE TOPLINE	42
5.1. Dimenzioniranje međuspremnika topline	44
6. TEORIJSKA PODLOGA ZA PRORAČUN CIJEVNE MREŽE.....	46
6.1. Dimenzioniranje cjevovoda primarnog kruga dizalice topline	49
6.2. Dimenzioniranje cjevovoda sekundarnog kruga i odabir pumpe.....	50
7. EKSPANZIJSKA POSUDA	53
7.1. Proračun i odabir ekspanzijske posude sekundarnog kruga	54
8. SOLARNI SUSTAV	56
8.1. Općenito	56
8.2. Pločasti kolektor.....	57

8.3. Dimenzioniranje solarnih kolektora	58
8.4. Dimenzioniranje cjevovoda solarnog sustava i odabir pumpe.....	61
8.5. Proračun i odabir ekspanzijske posude solarnog sustava.....	64
8.6. Dimenzioniranje akumulacijskog spremnika	66
9. REGULACIJA	69
10. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA.....	72
11. ZAKLJUČAK	74
LITERATURA.....	75
PRILOZI.....	76

POPIS SLIKA

Slika 1-1. Odnos PMV i PPD [1]	2
Slika 1-2. Podna pužna cijevna petlja [2].....	4
Slika 1-3. Temperaturna raspodjela po visini za različita ogrjevna tijela [1]	4
Slika 1-4. Zidna cijevna petlja Rehau Rautherm [2]	5
Slika 1-5. Shema ljevokretnog procesa [1]	6
Slika 1-6. Dizalica topline zrak-voda [3]	8
Slika 1-7. Dizalica topline tlo-voda [3]	9
Slika 1-8. Dizalica topline voda-voda [3]	10
Slika 1-9. Centralno grijanje uz pomoć toplovodnog kotla [4]	11
Slika 1-10. Centralno grijanje sa kotlom i solarnim sustavom [3].....	12
Slika 1-11. Satelitski prikaz lokacije kuće [5].....	13
Slika 1-12. Prikaz jugozapadnog pročelja kuće	14
Slika 1-13. Prikaz sjeveroistočnog pročelja kuća.....	14
Slika 1-14. Tlocrt suterena kuće [6]	16
Slika 1-15. Tlocrt prizemlja kuće [6]	17
Slika 1-16. Tlocrt 1. kata kuće [6].....	18
Slika 1-17 Pročelje sjeverozapad i jugoistok [6].....	19
Slika 1-18. Pročelje sjeveroistok i jugozapad [6].....	20
Slika 2-1. Graf ovisnosti U_{ekv} i B' [8].....	26
Slika 2-2 Shema određivanja protoka zraka [8]	27
Slika 2-3. Primjer proračuna projektnih toplinskih gubitaka za spavaću sobu 1	31
Slika 3-1. Odabir početnih uvjeta i mjesečne temperature u IntegraCad-u.....	36
Slika 3-2. Toplinski dobici za spavaću sobu 1	37
Slika 4-1. Rehau Tacker stiropor sustav podnog grijanja	39
Slika 4-2. Razdjelnik "REHAU HLV" [2].....	41

Slika 5-1. Unutarnja jedinica dizalice topline EBSXB11P30D [12]	43
Slika 5-2. Vanjska jedinica dizalice topline ERLA11DW1 [12]	44
Slika 5-3. Međuspremnik Vitocell 100-E [3].....	45
Slika 6-1. Standardne dimenzije čeličnih cijevi [1]	47
Slika 6-2. Standardne dimenzije bakrenih cijevi [1]	48
Slika 6-3. Radne krivulje integrirane pumpe "Grundfos UPM3L K 20-75 CHBL AZA 3 RT" za primarni krug [13].....	50
Slika 6-4. Pumpa "Grundfos UPM3L K 20-75 CHBL AZA 3 RT" [14]	50
Slika 6-5. Radne krivulje pumpe "Grundfos ALPHA1L 15-60 130" za sekundarni krug [13]	51
Slika 6-6. Pumpa "Grundfos ALPHA1L 15-60 130" [14].....	52
Slika 7-1. Tablica za odabir postotka širenja vode, n, uslijed promjene temperature [1]	54
Slika 7-2. Ekspanzijska posuda "Reflex N 18 L" [15].....	55
Slika 8-1. Primjer spajanja solarnog sustava za zagrijavanje PTV-a uz podršku kotla kao sustava za podršku zagrijanju PTV-a [3]	56
Slika 8-2. Usporedba potrebne energije za grijanje PTV-a i isporučene energije solarnog sustava po mjesecima	61
Slika 8-3. Solarni kolektor "Daikin EKSH26P1" [12].....	61
Slika 8-4. Pad tlaka u bakrenoj cijevi sa protočnom smjesom 60% voda i 40% glikol [17] ...	62
Slika 8-5 Graf ovisnosti pada tlak i protoka unutar solarnog kolektora [11].....	63
Slika 8-6. Radne krivulje pempe "Grundfos UPM3 SOLAR 15-145 130 CZA" solarnog sustava [13]	64
Slika 8-7. Pumpa "Grundfos UPM3 SOLAR 15-145 130 CZA" [14].....	64
Slika 8-8. Ekspanzijska posuda "Reflex S 18" [15].....	66
Slika 8-9. Integrirani spremnik "Daikin EKHWP300B" [11]	68
Slika 9-1. Regulator "Daikin Madoka BRC1HHDW/S/K" [11]	70
Slika 9-2. Termostat "Rehau Nea Smart" [2].....	70
Slika 9-3. Termoelektrični ventil "Rehau Nea Smart" [2].....	71

Slika 9-4. Regulator "Rehau Base Nea Smart" 71

POPIS TABLICA

Tablica 1-1. Površine prostorija i katova.....	15
Tablica 1-2. Prikaz koeficijenata prolaza topline građevnih elemenata [7].....	21
Tablica 2-1. Prikaz meteoroloških podataka, položaja i visina DHMZ-a za meteorološku postaju Pula [7].....	22
Tablica 2-2. Prikaz unutarnjih projektih temperaura	23
Tablica 2-3. Prikaz faktora smanjenja temperaturne razlike, b_u [8]	25
Tablica 2-4. Prikaz minimalnog broja izmjena zraka za pojedine prostorije, n_{min} [8]	28
Tablica 2-5. Prikaz broja izmjena zraka u prostoriji (h^{-1}) pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša, n_{50} [8]	28
Tablica 2-6. Koeficijent zaštićenosti e_i	29
Tablica 2-7. Korekcijski faktor ε_i za visinu.....	29
Tablica 2-8. Korekcijski faktor f_{th} za stambene zgrade, noćni prekid maksimalno 8h.....	30
Tablica 2-9. Rekapitulacija toplinskih gubitaka i instaliranog toplinskog učina	32
Tablica 3-1. Toplina koju odaju ljudi prema smjernici VDI 2078 [9]	33
Tablica 3-2. Toplina koju odaju električni uređaji prema smjernici VDI 3804 [10]	34
Tablica 3-3. Rekapitulacija toplinskih dobitaka i instaliranog rashladnog učina za 23. srpanj 38	
Tablica 5-1. Tehnički podaci dizalice topline "Daikin EBSXB11P30D + ERLA11DW1" [11]	42
Tablica 5-2. Tehnički podaci međuspremnika Vitocell 100-E[4].....	44
Tablica 6-1. Proračun cijevne mreže primarnog kruga	49
Tablica 6-2. Proračun cijevne mreže sekundarnog kruga	51
Tablica 7-1. Volumen vode u sustavu	54
Tablica 8-1. Tehnički podaci solarnog kolektora "Daikin EKSH26P1" [11].....	58
Tablica 8-2. Prikaz potrebne energije za zagrijavanje PTV-a i isporučene energije solarnog sustava po mjesecima	60
Tablica 8-3. Proračun cijevne mreže solarnog sustava	63

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
ϑ_e	$^{\circ}\text{C}$	vanjska projektna temperatura
$\vartheta_{m,e}$	$^{\circ}\text{C}$	godišnja srednja vanjska temperatura
$\vartheta_{int,i}$	$^{\circ}\text{C}$	unutarnja projektna temperatura
U	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	koeficijent prolaza topline
$H_{T,ie}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
A	m^2	površina
e_k, e_l	-	korekcijski faktor izloženosti
ψ	W/mK	linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta
l_l	m	duljina linijskog toplinskog mosta
b_u	-	faktor smanjenja temperature razlike (između temperatura negrijanih prostora i vanjskih projektne)
ϑ_u	$^{\circ}\text{C}$	temperatura negrijanog prostora
$H_{T,ig}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu
f_{g1}	-	korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature
f_{g2}	-	faktor smanjenja temperature razlike (između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature)
$U_{eq,k}$	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	ekvivalentni koeficijent prolaza topline
G_w	-	korekcijski faktor za utjecaj podzemnih voda
$H_{T,ij}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu
f_{ij}	-	faktor smanjenja temperature razlike (između temperature susjednog prostora i vanjske projektne)
$\Phi_{T,i}$	W	projektne transmisijski gubici
$V_{inf,i}$	m^3/h	maksimalni protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazor
$V_{min,i}$	m^3/h	minimalni higijenski protok zraka
V_z	m^3	volumen zraka u prostoriji

n_{\min}	h^{-1}	minimalni broj izmjena zraka
n_{50}	h^{-1}	broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša
e_i	-	koeficijent zaštićenosti
ε_i	-	korekcijski faktor za visinu
$H_{V,i}$	W/K	koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka
V_i	m^3/h	protok zraka u grijani prostor
$\Phi_{V,i}$	W	projekttni ventilacijski toplinski gubici
Φ_{RH}	W	dodatna toplina za zagrijavanje uslijed prekida grijanja
f_{RH}	W/m^2	korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida grijanja
$\Phi_{HL,i}$	W	toplinski gubici prostorije
Q_P	W	toplina koju odaju ljudi
N	-	broj osoba
Q_{ukupno}	W	ukupna osjetna i latentna toplina koju odaje jedna osoba
Q_I	W	ukupni unutrašnji izvori topline
Q_M	W	toplina koju odaju različiti električni uređaji
Q_E	W	dobitak topline od rasvjete
Q_R	W	dobitak topline od susjednih prostorija
Q_W	W	dobitak topline transmisijom kroz zidove
Q_T	W	dobitak topline kroz staklene površine-prozore transmisijom
Q_S	W	dobitak topline kroz staklene površine-prozore sunčevim zračenjem
I_{\max}	W/m^2	maksimalna vrijednost ukupnog sunčeva zračenja
$I_{\text{dif,max}}$	W/m^2	maksimalna vrijednost difuznog sunčeva zračenja
A_s	m^2	osunčana površina stakla
A_{sjena}	m^2	zasjenjena površina stakla
b	-	koeficijent propusnosti sunčevog zračenja
T_g	$^{\circ}C$	temperatura ogrjevnog spremnika
T_h	$^{\circ}C$	temperatura rashladnog spremnika
\dot{m}	kg/s	maseni protok

ρ	kg/m^3	gustoća
w	m/s	srednja brzina protoka
\dot{V}	m^3/s	volumenski protok
p	Pa	statički tlak
p_{din}	Pa	dinamički tlak
Δp_{pumpe}	Pa	pad tlaka pumpe
z	m	visina dobave
Δp_{λ}	Pa	linijski pad tlaka
ξ	-	koeficijent lokalnog otpora strujanja
L	m	duljina cijevi
D	m	promjer cijevi
$\Delta p_{\xi, Z}$	Pa	lokalni pad tlaka
R	Pa/m	jedinični linijski pad tlak
P_{pumpe}	W	snaga pumpe
η	-	koeficijent iskoristivosti
$V_{n,\text{min}}$	L	minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude
V_e	L	volumen širenja vode
V_v	L	dodatni volumen
p_e	bar	projektirani krajnji tlak
p_0	bar	primarni tlak ekspanzijske posude
V_A	L	volumen vode u sustavu
n	-	postotak širenja
h_{sys}	m	statička visina instalacije
h_{dodatno}	m	dodatna visina
V_w	L	volumen najvećeg trošila
n_t	-	broj trošila
φ	-	faktor istovremenosti
Θ_{HW}	$^{\circ}\text{C}$	temperatura tople vode
Θ_{CW}	$^{\circ}\text{C}$	temperatura hladne vode
c_w	J/kgK	specifični toplinski kapacitet vode
Φ_{DT}	W	toplinski tok dizalice topline
z_A	h	trajanje zagrijavanja do radne temperature spremnika
z_B	h	trajanje najveće potrošnje

Q_{spr}	W	toplinska energija u spremniku
V_{spr}	L	volumen spremnika za akumulacijski sustav
b	-	dodatak zbog mrtvog prostora
K	-	dodatak zbog taloženja kamenca
Θ_s	°C	srednja najviša temperatura u spremniku
Θ_u	°C	najniža dopuštena temperatura u spremniku
q_k	l/min	volumni protok kroz kolektor
t_m	-	broj dana
$Q_{\text{-w.sol.us,m}}$	kWh	potrebna energija za grijanje ptv-a
X_w	-	koeficijent za izračun isporučene energije solarnih kolektora
Y_w	-	koeficijent za izračun isporučene energije solarnih kolektora

SAŽETAK

Tema završnog rada bila je projekt sustava grijanja i hlađenja obiteljske kuće s vanjskim bazenom. Prvo su izračunati projektni toplinski gubici prema normi HRN EN 12831 i projektni rashladni dobitci prema smjernici VDI 2078. Nakon toga bilo je potrebno odabrati ogrjevnna tijela, a u ovom radu odabrane su podne i zidne petlje. Zbrajanjem učina pojedinih petlji došlo se do ukupnog toplinskog i rashladnog učina uz pomoć kojeg je odabrana dizalica topline zrak-voda kapaciteta 9,02 kW koja za grijanje koristi temperaturni režim 35/30 °C, a za hlađenje temperaturni režim 16/19°C. Kako bi poboljšali učinkovitost u radu dizalice topline odabran je međuspremnik topline. Nadalje, bilo je potrebno dimenzionirati cjevovode i na temelju izračuna pada tlaka odabrati pumpe za cirkulaciju vode u sustavu. Za pripremu potrošne tople vode kao izvor topline koriste se solarni paneli, koji samo djelomično mogu proizvesti potrebnu energiju za zagrijavanje potrošne tople vode. U ljetnim mjesecima kolektori predaju i više nego što je potrebno energije sustavu pa se taj višak topline koristi za zagrijavanje bazenske vode. Ostatak godine kao potpora solarnom sustavu koristi se električni grijač uronjen u integrirani akumulacijski spremnik dizalice topline volumena 290 l.

Proračun toplinskih gubitaka je rađen u MS Excel-u i računalnom paketu IntegraCad, dok je proračun toplinskih dobitaka rađen samo u IntegraCad-u. Proračuni padova tlaka napravljeni su u MS Excel-u. Tlocrt suterena, prizemlja i 1. kata sa instaliranom opremom za grijanje i hlađenje i funkcionalna shema spajanja sustava izrađeni su u AutoCad-u.

Ključne riječi: toplinsko opterećenje, rashladno opterećenje, dizalica topline, solarni sustav, podno grijanje, zidno hlađenje

SUMMARY

The topic for this final work was design of heating and cooling system for the single residence with outdoor swimming pool. Firstly, the design heat load was calculated according to the official standard HRN EN 12831 and design cooling load according to the VDI 2078. For this purpose it was picked floor and wall pipe loops as heating elements. Total heating and cooling capacity were calculated by addition of each pipe loop, which is necessary to choose heat pump. Air to water heat pump was chosen with the temperature regime of 35°C/30°C for heating and 16/19°C for cooling. In order to improve heat pump efficiency, accumulation heat tank was installed. Additionally, it was needed to calculate pipe network to get pressure drop of the critical pipe loop and to choose adequate water pump. To prepare domestic hot water, solar panels were installed, but they can only partially contribute in heating of domestic hot water. During summer months, the excess heat is accumulated via solar panels, therefore, it is transferred to the pool water. The rest of the year, electric heater, immersed in the tank, is used as a "back-up" heater of the solar system, in order to satisfy energy requirements for domestic hot water heating.

Design heat load was calculated with MS Excel and computer package IntegraCad, while design cooling load was calculated only with IntegraCad. Pressure drop and pipe network calculations were made in MS Excel. Ground plan of basement, ground floor and first floor with installed equipment and functional scheme of the system were made in AutoCad.

Keywords: design heating load, design cooling load, heat pump, solar system, floor heating, wall cooling

1. UVOD

Ljudi su biološki povezani sa okolišem u kojem žive. Ukoliko se nalaze u atmosferi koja im stvara nelagodu zbog neadekvatne temperature, tlaka, puhanja ili vlažnosti biti će manje produktivni. Cilj GViK sustava u prostorijama gdje borave živa bića je ostvarivanje uvjeta koji će većini odgovarati što će u konačnici rezultirati da pojedinci budu učinkovitiji u odrađivanju svakodnevnih aktivnosti. Moderno doba omogućava da se uz pomoć sve naprednijih uređaja bolje regulira stanje okoliša kako ljudima odgovara.

1.1. Toplinska ugodnost

Toplinska ugodnost je stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša[1]. Teško je ostvariti stanje okoliša u kojem će 100% sudionika biti zadovoljno. Uvijek se javlja određeni postotak nezadovoljnih. Toplinska ugodnost je skup vrijednosti parametara koji nastaju kao posljedica prijenosa topline i mase(vlage) između ljudskog tijela i okoliša. GViK sustav može upravljati sa 4 osnovna termodinamička procesa pripreme vlažnog zraka: grijanje, hlađenje, ovlaživanje i odvlaživanje.

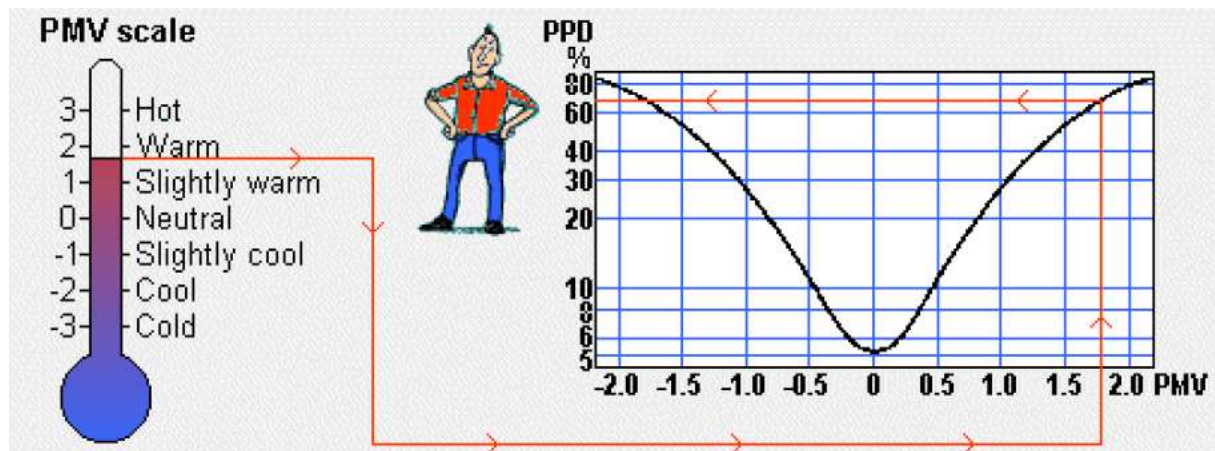
Faktori koji utječu na toplinsku ugodnost osoba u prostoru su fizikalni faktori, faktori organizma i faktori prilagodbe.

Neki od najbitnijih faktora su:

1. temperatura zraka u prostoriji - fizikalni faktor,
2. temperatura ploha prostorije - fizikalni faktor,
3. vlažnost zraka (sadržaj vlage, relativna vlažnost) - fizikalni faktor,
4. strujanje zraka (brzina, smjer) - fizikalni faktor,
5. kvaliteta zraka - fizikalni faktor,
6. buka - fizikalni faktor,
7. razina odjevenosti - faktor prilagodbe,
8. razina fizičke aktivnosti - faktor prilagodbe,
9. namjena prostora - faktor prilagodbe,

10. dob - faktor organizma.

Vrednovanje toplinske ugodnosti vrši se uz pomoć dva indeksa, a to su PMV i PPD, čiji je odnos prikazan na Slika 1-1. PMV (eng. *predicted mean vote*) predviđa subjektivno ocjenjivanje ugodnosti boravka u okolišu od strane grupe ljudi. Računa se prema složenoj funkciji koja uzima u obzir metabolički učinak, rad, toplinski otpor odjeće, omjer površine osobe kada je odjevena prema površini kada je gola, temperaturu zraka, srednju temperaturu zračenja, relativnu brzinu strujanja zraka u odnosu na osobu, parcijalni tlak vodene pare, koeficijent prijelaza topline konvekcijom i površinsku temperaturu odjeće. Razina ugodnosti vrednuje se prema ASHRAE skali od 7 točaka (+3 označava vruće, -3 označava ledeno, dok 0 označava neutralno) što je vidljivo na Slika 1-1. PPD (eng. *predicted percentage of dissatisfied*) predviđa postotak nezadovoljnih osoba i taj indeks je relativno jednostavna funkcija PMV indeksa. Na Slika 1-1. prikazan je primjer određivanja PPD indeksa i uočava se da za PMV vrijednost od 1,6 vrijedi PPD indeks od 65%, što znači da će u uvjetima koje uzima u obzir PMV indeks postotak nezadovoljnih biti 65%. Idealni slučaj bi bio da GViK sustav ostvaruje PMV indeks u vrijednosti 0, što bi rezultiralo sa PPD indeksom od 5%, što znači da bi tada samo 5% ljudi bilo nezadovoljno stanjem u prostoru.



Slika 1-1. Odnos PMV i PPD [1]

1.2. Podni i zidni paneli za grijanje i hlađenje

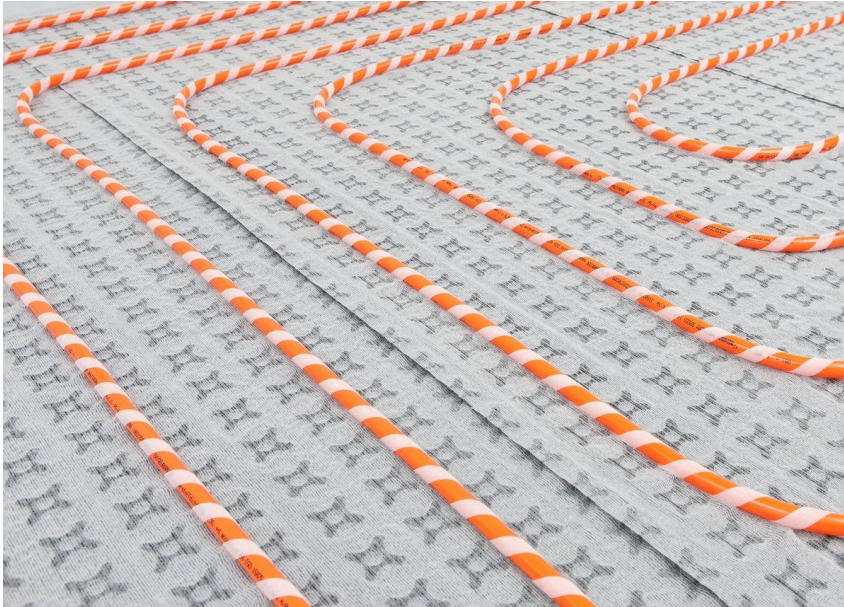
Podni i zidni paneli koriste se za podno, stropno i zidno grijanje i hlađenje. Osnovni mehanizam izmjene topline je zračenje koje iznosi 60-75%. Velika prednost panela je ravnomjerna razdioba temperature po visini prostora što osigurava visoku toplinsku ugodnost. Prednosti su što se paneli ne vide u prostoru i niske temperature medija dok su nedostaci visoka cijena, komplicirani popravak kod oštećenja i velika količina vode (spora regulacija).

1.2.1. Podno grijanje i hlađenje

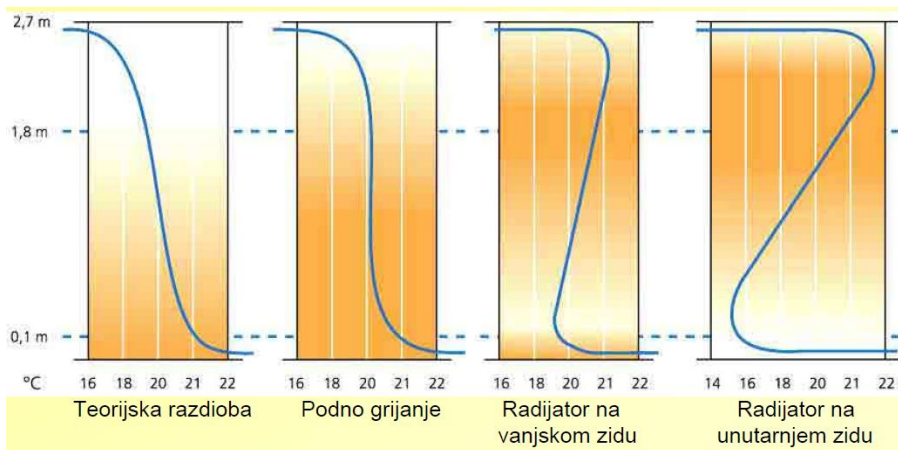
Montaža podnog sustava grijanja i hlađenja može biti suha ili mokra. Kod suhe montaže se cijevi nalaze u podlozi i odvojene su od estriha, dok su kod mokre montaže cijevi u estrihu. Cijevi su izrađene od bakra ili plastike. Dimenzije plastičnih cijevi su 14x2 mm do 20x2 mm. Podno grijanje i hlađenje može se ugraditi na dva načina i to kao pužnu petlju, kao što je prikazano na Slika 1-2., ili kao serpentinsku petlju. Najveća duljina jedne petlje je iskustveno 120m. Povećanje toplinskog tj. rashladnog učina postiže se smanjenjem razmaka između cijevi u petlji.

Važno je paziti na maksimalnu temperaturu poda kod grijanja koja je ograničena higijenskim zahtjevima. Ukoliko je potreban veći toplinski učinak to je moguće postići povećavanjem temperature poda u rubnoj zoni boravka gdje se rijeđe kreću ljudi (1m od vanjskog zida). Granične temperature podnog grijanja prema EN 1264 su 27°C za prostorije sa dužim boravkom, 29°C za prostorije sa kraćim boravkom, 35°C za rubne zone (1m od vanjskog zida) i za kupaonicu je 9°C iznad temperature kupaonice. Kod podnog grijanja postavljaju se tzv. dilatacijske trake kako bi se prostor podijelio na zone, ali još bitnije kako bi se spriječila toplinska naprezanja cementnog estriha. Na Slika 1-3. je vidljivo kako se mijenja temperatura zraka po visini prostorije za različita ogrjevnja tijela pa je tako uočljivo da se najidealnija temperaturna raspodjela postiže sa podnim grijanjem.

Kod podnog hlađenja važno je paziti na minimalnu temperaturu poda jer je moguća pojava kondenzata vlage iz zraka ukoliko je temperatura plohe poda niža od temperature točke rosišta za stanje zraka u prostoriji.



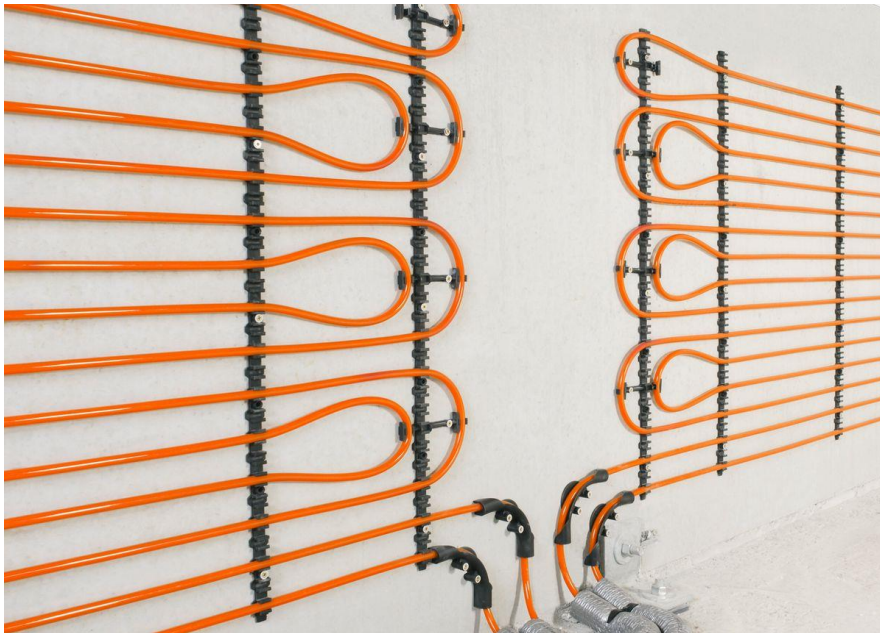
Slika 1-2. Podna pužna cijevna petlja [2]



Slika 1-3. Temperaturna raspodjela po visini za različita ogrjevna tijela [1]

1.2.2. Zidno grijanje i hlađenje

Zidne cijevne petlje, prikazane na Slika 1-4. stvaraju toplinsku ugodnost i uz niže temperature zraka u prostoriji prilikom grijanja odnosno više prilikom hlađenja. Maksimalna temperatura površina zidova i stropova kod grijanja je 35°C za prostore visine do 3m. Kod zidnog hlađenja bitno je uzimati u obzir minimalnu temperaturu površine zida koja se postiže hlađenjem kako bi se izbjeglo kondenziranje vlage iz zraka na zidovima.



Slika 1-4. Zidna cijevna petlja Rehau Rautherm [2]

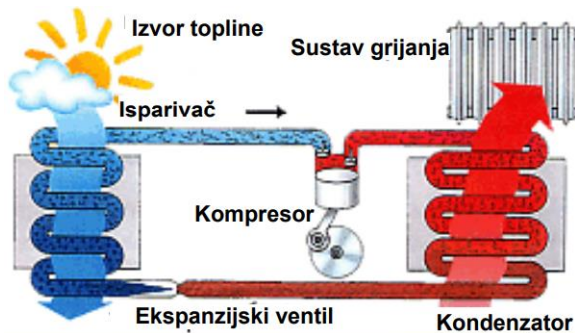
1.3. Dizalica topline

Dizalice topline su sustavi koji se mogu koristiti za grijanje i/ili hlađenje. Temelje se na ljevokretnom procesu uz pomoć kojeg toplinu prenose u prostoriju ili prema okolišu ovisno radi li dizalica topline u režimu hlađenja ili grijanja. Kao izvor/ponor topline može se koristiti zrak, tlo ili voda. Dizalica topline sastoji se od 5 osnovnih elemenata, a to su: isparivač, kompresor, kondenzator, prigušni ventil i radna tvar. Prednost je ta da prilikom rada ne proizvode dimne plinove, dok je nedostatak buka koju proizvode koja se može smanjiti ugradnjom prigušivača. Sljedeća velika prednost dizalica je što se mogu koristiti i ljeti za hlađenje i zimi za grijanje uz pomoć preokretanja procesa pa kondenzator i isparivač načelno zamjene mjesta.

1.3.1. Princip rada dizalice topline: ljevokretni proces

Princip rada dizalice topline vidi se na Slika 1-5. Kompresor usisava radnu tvar i povisuje joj tlak i temperaturu tako što ju komprimira. Tim procesom osigurano je da radna tvar prolaskom kroz kondenzator predaje toplinu toplinskom spremniku (ukoliko smo u ljetnom režimu to znači da će radna tvar predati toplinu vanjskom okolišu, a ukoliko smo u zimskom režimu tada će radna tvar predati toplinu ogrjevnom mediju) i pritom radna tvar kondenzira. Zatim je potrebno ukapljenu radnu tvar na visokom tlaku prigušiti na niži tlak što se ostvaruje korištenjem prigušnog ventila u kojem se odvija proces ekspanzije te nakon toga radna tvar ulazi u isparivač gdje može primiti toplinu od drugog toplinskog spremnika (u ljetnom

režimu to je prostorija koja se hladi, dok je u režimu grijanja to okolišnji zrak niske temperature ispod koje se radna tvar mora spustiti da bi primila toplinu od okolišnjeg zraka).



Slika 1-5. Shema ljevokretnog procesa [1]

1.3.2. Dijelovi dizalice topline

Kompresor - nužno je dovoditi električnu energiju za pogon; povisuje tlak i temperaturu radnoj tvari,

Kondenzator - izmjenjivač topline koji predaje toplinu toplinskom spremniku i ukapljuje radnu tvar; sastoji se od niza cijevi spojenih u zavojnici,

Prigušni ventil - snižava tlak i temperaturu radnoj tvari,

Isparivač - izmjenjivač topline u kojem radna tvar prima toplinu od toplinskog spremnika i prelazi u suhozasićenu/pregrijanu paru.

Učinkovitost dizalice topline ocjenjuje se na temelju dvije veličine, a to su COP i EER. COP (eng. *Coefficient Of Performance*) je količnik toplinskog učina kondenzatora i snage kompresora, dok je EER (eng. *Energy Efficiency Ratio*) količnik rashladnog učina isparivača i snage kompresora.

1.4. Pregled sustava grijanja i hlađenja obiteljskih kuća s osnovnim shemama

Podjela sustava grijanja i hlađenja prema ogrjevnom/rashladnom mediju:

- Zračni sustavi
- Zračno-vodeni sustavi
- Vodeni sustavi
- Neposredni sustavi sa radnom tvari

Od svih nabrojanih najviše se koriste vodeni sustavi koji će se koristiti i u ovom radu za grijanje i hlađenje zato što su to sustavi koji zauzimaju najmanje prostora prilikom ugradnje, a to je zbog toplinskog kapaciteta vode koji je puno veći nego toplinski kapacitet zraka.

Postoji nekoliko sustava grijanja i hlađenja prema izvedbi:

- Centralno grijanje i hlađenje uz pomoć dizalice topline
- Centralno grijanje na kotao i hlađenje uz pomoć rashladnog uređaja
- Centralno grijanje na kotao i solarne kolektore i hlađenje uz pomoć rashladnog uređaja
- Grijanje sa pojedinačnim grijačima i hlađenje uz pomoć rashladnog uređaja

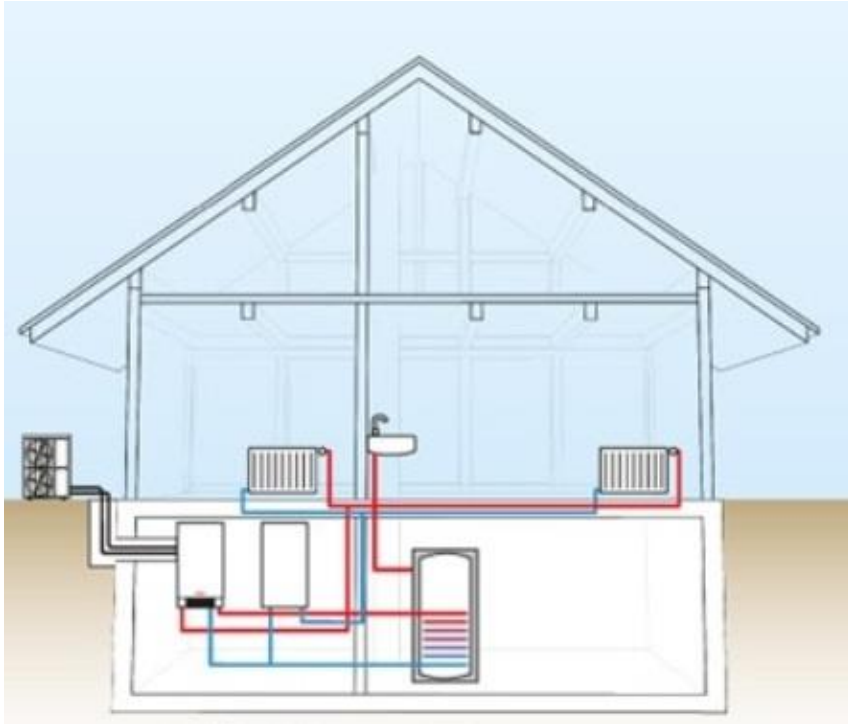
1.4.1. Centralno grijanje i hlađenje uz pomoć dizalice topline

Postoje tri podjele obzirom na izvor/ponor topline dizalice topline

- Dizalica topline sa zrakom kao toplinskim spremnikom
- Dizalica topline sa tlom kao toplinskim spremnikom
- Dizalica topline sa vodom kao toplinskim spremnikom

1.4.1.1. Dizalica topline sa zrakom kao toplinskim spremnikom

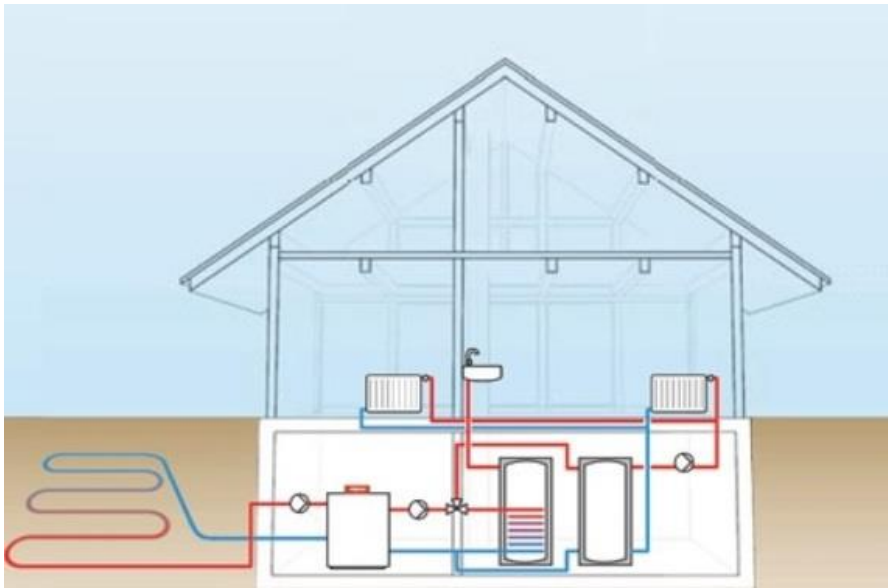
Slika 1-6. prikazuje razdvojeni sustav dizalicu topline zrak - voda koja koristi zrak kao toplinski izvor u režimu grijanja odnosno toplinski ponor u režimu hlađenja. Osim razdvojenog sustava dizalice topline sa zrakom kao toplinskim spremnikom postoji i monoblok izvedba. Snižavanjem temperature vanjskog zraka snižava se faktor grijanja (COP). Optimalan volumenski protok zraka za pogon dizalice topline zrak - voda je od 300 – 500 m³/h po 1kW rashladnog učina. Nedostatak dizalice topline zrak – voda je taj što je potreba za grijanjem najviša kada je temperatura vanjskog zraka najniža, a tada je dizalica najmanje učinkovita. Drugi nedostatak ovakvih sustava je moguće zaleđivanje isparivača pri temperaturama od -2°C do -7°C jer tada zrak i dalje sadrži znatnu količinu vlage.



Slika 1-6. Dizalica topline zrak-voda [3]

1.4.1.2. Dizalica topline sa tлом kao toplinskim spremnikom

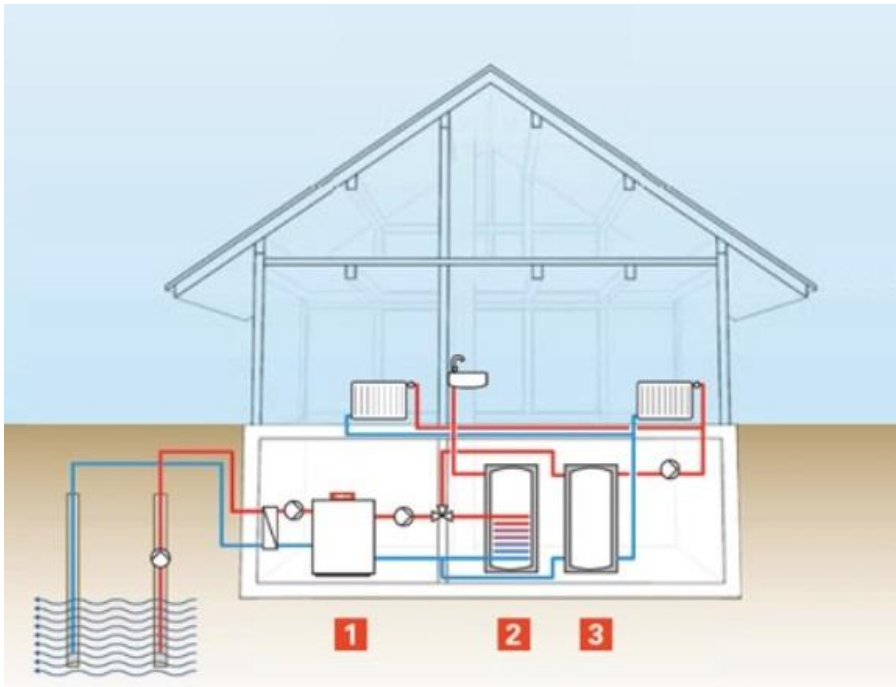
Slika 1-7. prikazuje dizalicu topline tlo-voda sa cijevima postavljenim horizontalno, koja koristi tlo kao toplinski izvor u režimu grijanja odnosno toplinski ponor u režimu hlađenja. Postoje dvije izvedbe dizalice topline sa tлом kao toplinskim spremnikom ovisno kako se postavljaju cijevi primarnog kruga dizalice topline. Cijevi je moguće postaviti vodoravno ili okomito. Za horizontalno postavljanje izmjenjivača u obliku snopa cijevi potrebni su iskopi na dubini od 1,2 do 1,5 m. Dimenzije takvih PE cijevi su od 20 – 32 mm, minimalni razmak između cijevi je 0,5 do 1m čime se postiže učin od oko 35 W/m^2 . Za vertikalno postavljanje cijevi koristi se izmjenjivač u obliku dvostruke U cijevi ili Helix spirale. Dubine do koje se vrše iskopi su od 60 – 150 m, dok su dimenzije PE cijevi 20 – 50 mm. Minimalni razmak između bušotina bi trebao biti 6m, Vertikalnim postavljanjem se postiže učin od 85 W/m .



Slika 1-7. Dizalica topline tlo-voda [3]

1.4.1.3. Dizalica topline sa vodom kao toplinskim spremnikom

Slika 1-8. prikazuje dizalicu topline voda - voda koja koristi podzemnu vodu kao toplinski izvor u režimu grijanja odnosno toplinski ponor u režimu hlađenja. Osim podzemne vode moguće je koristiti i jezersku, morsku i riječnu vodu. Dizalici topline voda-voda potrebna su dva bunara za pogon. Podvodna pumpa u usisnom bunaru služi za izvlačenje podzemne vode do kruga rashladnog sredstva, dok apsorpcijski bunar vraća hladnu vodu u prirodni tok podzemne vode. Veća količina vode dostupna dizalici topline voda-voda, uglavnom znači i veći učinak dizalice topline voda – voda.

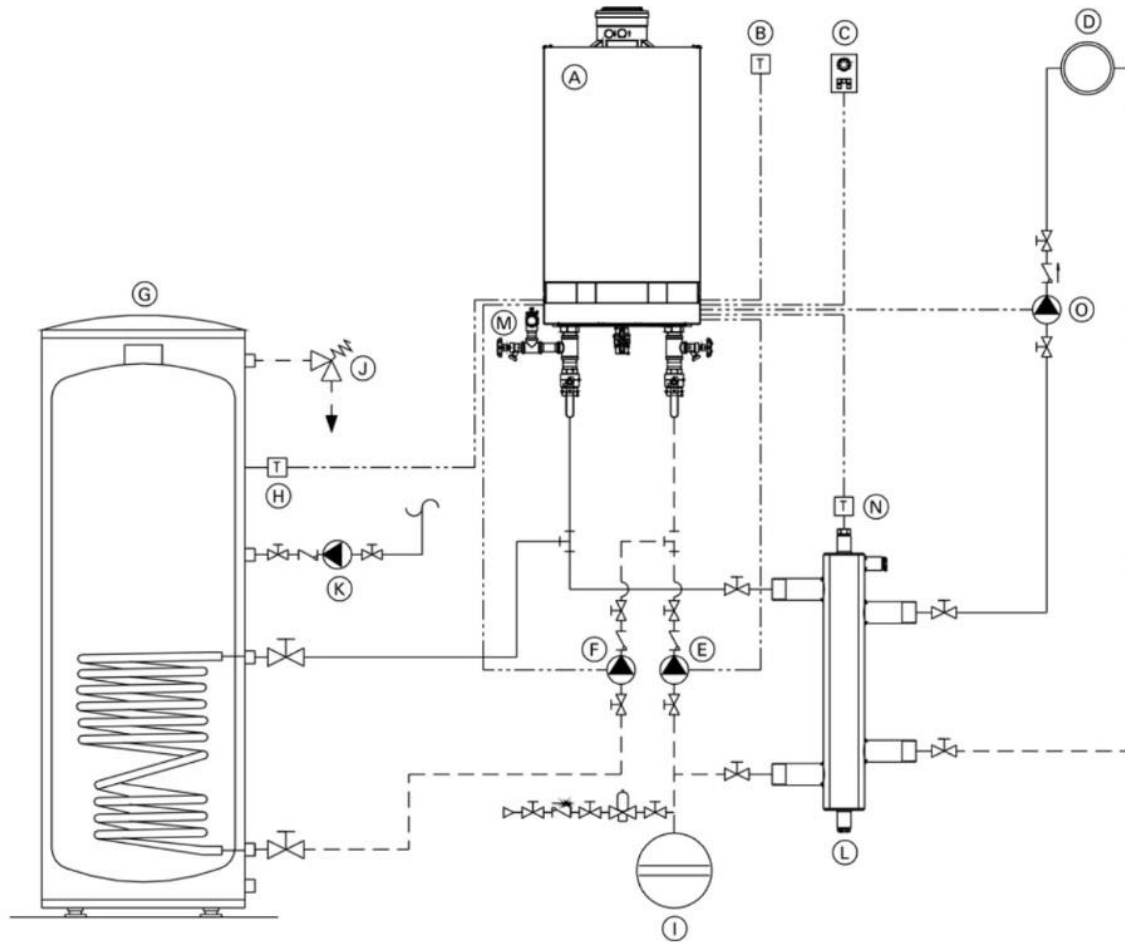


Slika 1-8. Dizalica topline voda-voda [3]

1.4.2. Centralno grijanje na kotao i hlađenje uz pomoć rashladnog uređaja

Centralno grijanje na kotao koristi se u režimu grijanja dok se rashladni uređaj koristi samo ljeti u režimu hlađenja. Na Slika 1-9. prikazan je sustav centralnog grijanja sa kotlom na plinsko gorivo koji se koristi za zagrijavanje prostorija i za grijanje potrošne tople vode. Osim plinskog kotla moguće je koristiti kotao na neko drugo fosilno gorivo ili na biomasu.

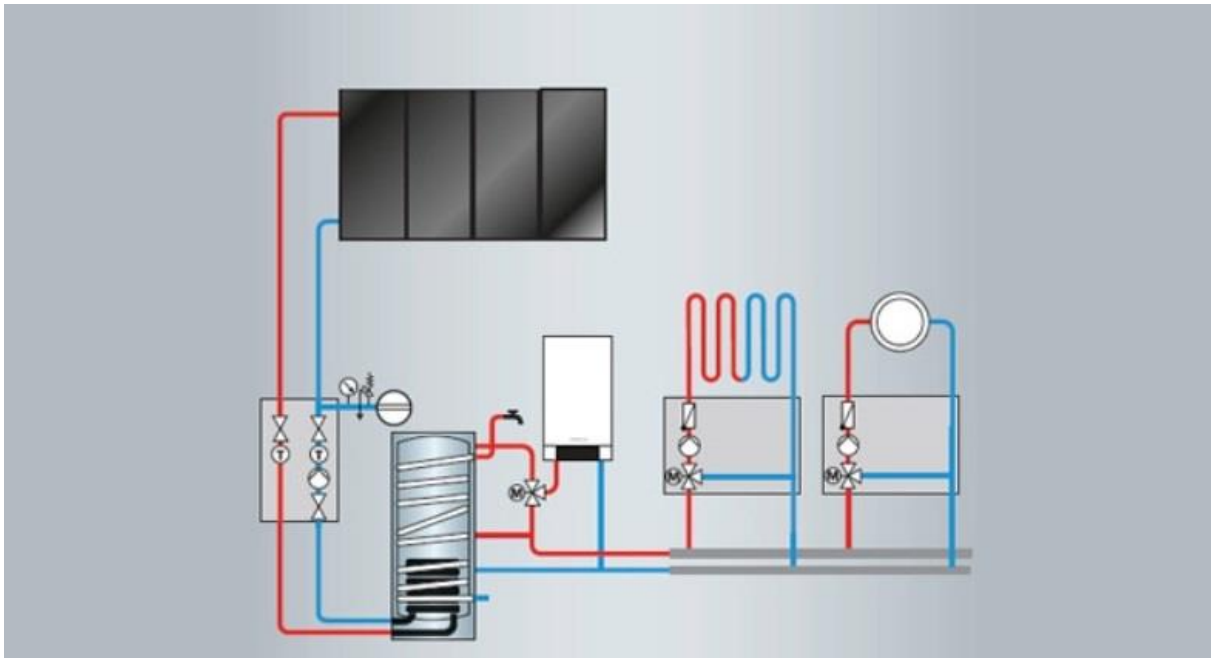
Centralno grijanje namjenjeno je za cijelu kuću. Izvor topline nalazi se u kotlovnici iz kojeg se onda distribuira toplina preko cijevnog razvoda do ogrjevnih tijela koja se nalaze u svakoj prostoriji. Primjeri ovakvih sustava su radijatorsko grijanje i sustav panelnih grijača.



Slika 1-9. Centralno grijanje uz pomoć toplovodnog kotla [4]

1.4.3. Centralno grijanje na kotao i solarne kolektore i hlađenje uz pomoć rashladnog uređaja

Slika 1-10. prikazuje centralno grijanje na kotao i solarni sustav kao pomoć kotlu za zagrijavanje potrošne tople vode i za zagrijavanje ogrjevne vode, dok se rashladni uređaj koristi u režimu hlađenja.



Slika 1-10. Centralno grijanje sa kotlom i solarnim sustavom [3]

1.4.4. Grijanje sa pojedinačnim grijačima i hlađenje uz pomoć rashladnog uređaja

U primjere za pojedinačne grijače spadaju kamini, peći i grijalice koji se nalaze u prostorijama i služe za grijanje prostorije u kojoj se nalaze. U ljeti se koristi dizalica topline za hlađenje.

Faktori poput investicijskih troškova, lokacije objekta, raspoloživosti energenata, vanjskih uvjeta, veličine objekta su samo neki od faktora koji diktiraju koji ćemo sustav odabrati. U ovom radu izabran je sustav centralnog grijanja i hlađenja sa dizalicom topline zrak - voda koja kao toplinski izvor u režimu grijanja odnosno kao toplinski ponor u režimu hlađenja koristi okolišnji zrak.

1.5. O kući

Kuća se nalazi u selu Bokordići, u općini Svetvinčenat, na području poluotoka Istre na 279 m nadmorske visine. Na satelitskom prikazu na Slika 1-11. vidljivo je da se u susjedstvu nalazi nekoliko obiteljskih kuća, oranice i šuma. Fotografija jugozapadnog i sjeveroistočnog pročelja kuće vide se na Slika 1-12. i Slika 1-13. Kuća se sastoji od suterena (Slika 1-14.) u kojem su smješteni garaža i spremište, prizemlja (Slika 1-15.), koje obuhvaća dvije spavaće sobe, dnevni boravak, kuhinju i blagavaonicu, dvije kupaonice i jedan zahod. Na prvom katu (Slika 1-16.) nalazi se galerija i jedna spavaća soba. Cjelokupan popis prostorija sa pripadajućim površinama prikazan je u Tablica 1-1. Sjeverozapadno i jugoistočno pročelje vidimo na Slika

1-17., a sjeveroistočno i jugozapadno pročelje na Slika 1-18. Kuća ima dvorište veličine 1800 m². Građevni elementi koji sačinjavaju kuću su vanjski zid, unutarnji nosivi zid, unutarnji pregradni zid, krov, unutarnja vrata, vanjska vrata i prozori. Vrijednosti koeficijenta prolaza topline pojedinog građevnog elementa preuzete su iz Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama i prikazane su u Tablica 1-2.



Slika 1-11. Satelitski prikaz lokacije kuće [5]



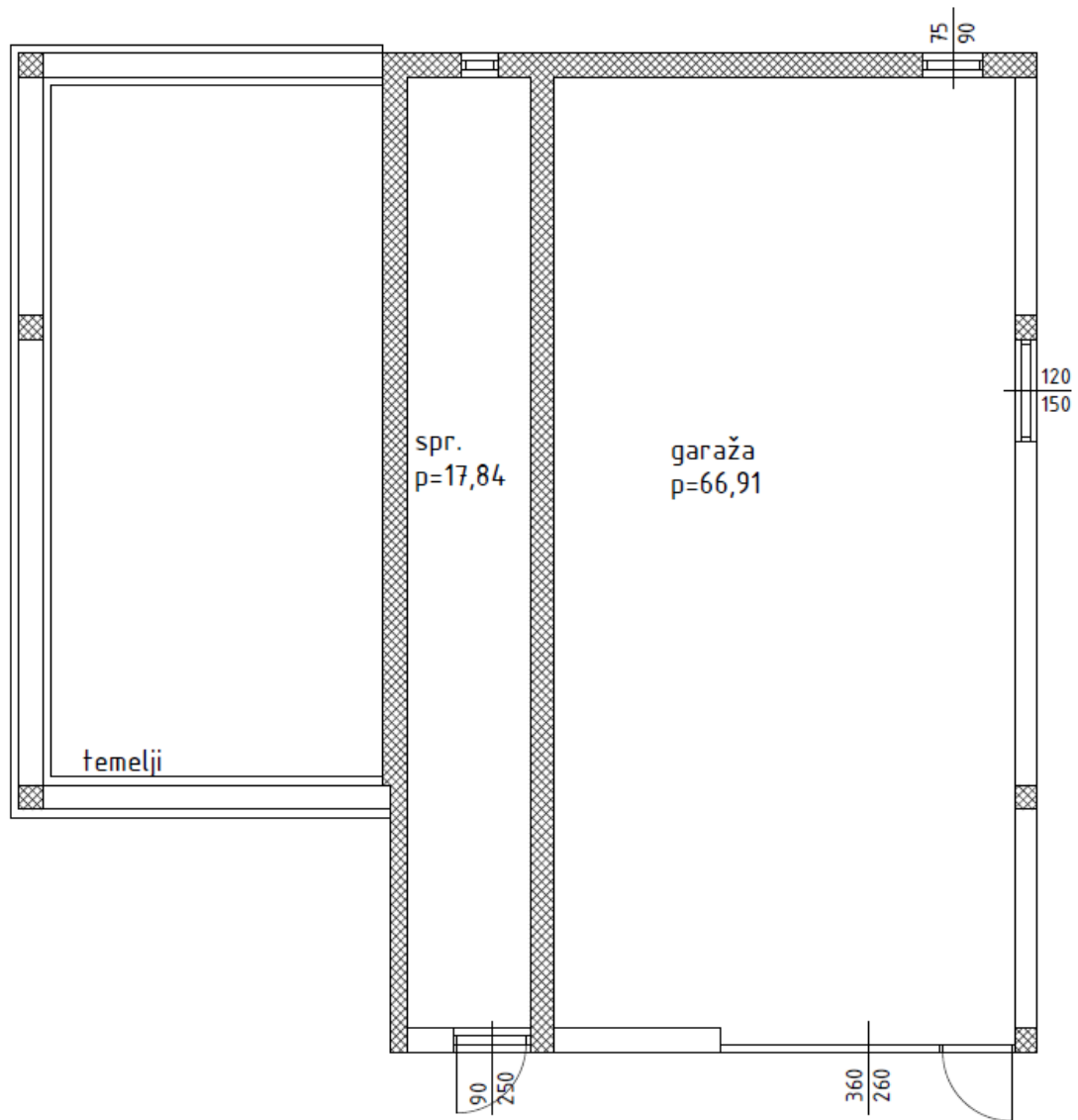
Slika 1-12. Prikaz jugozapadnog pročelja kuće



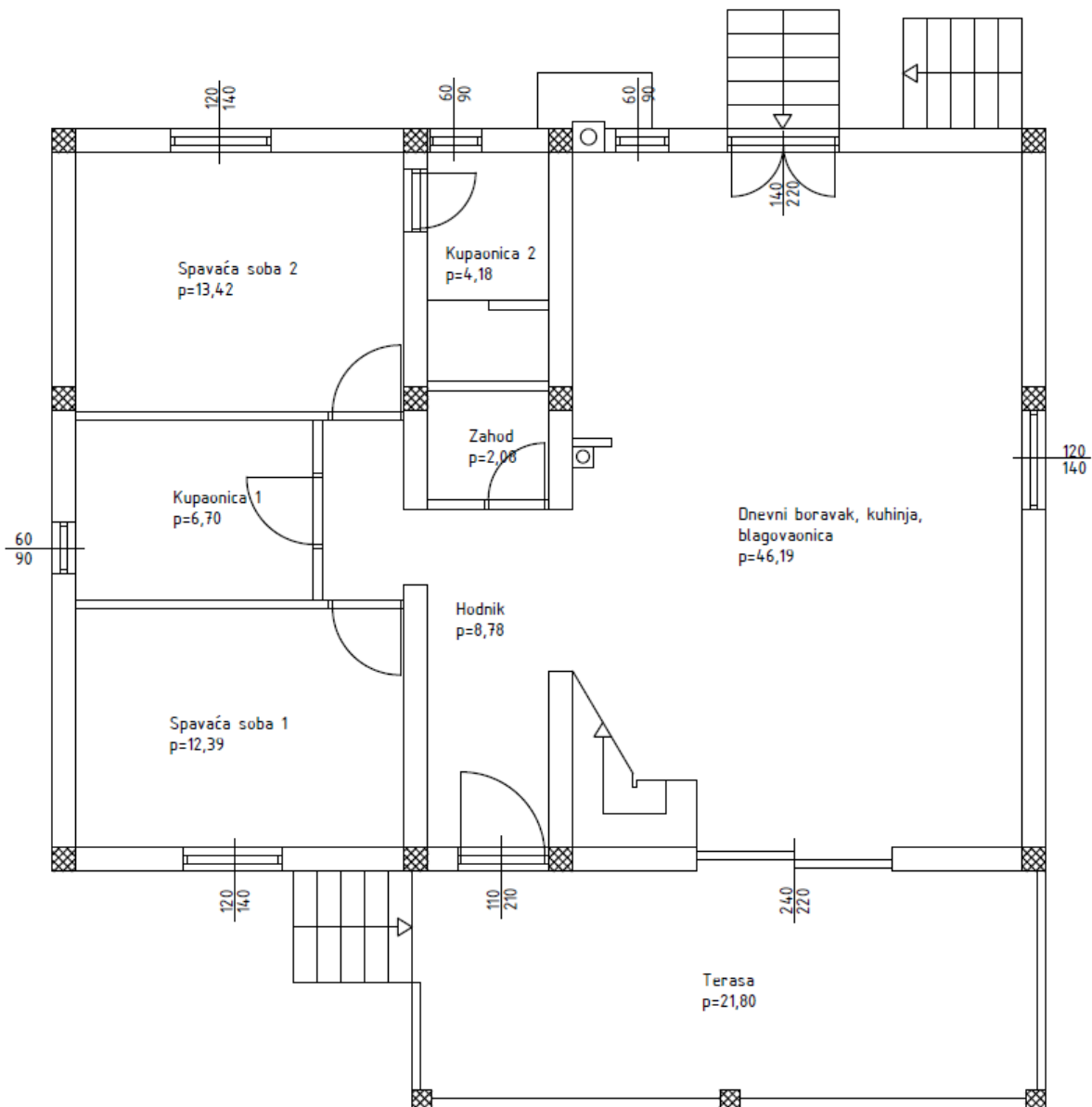
Slika 1-13. Prikaz sjeveroistočnog pročelja kuća

Naziv kata	Naziv prostorije	Površine prostorija[m ²]	Površine katova[m ²]
Suteren	Spremište	17,84	84,75
	Garaža	66,91	
Kat 1	Spavaća soba 1	12,39	115,54
	Spavaća soba 2	13,42	
	Dnevni boravak, kuhinja, blagovaonica	46,19	
	hodnik	8,78	
	Kupaonica 1	6,70	
	Kupaonica 2	4,18	
	Zahod	2,08	
	Terasa	21,80	
Kat 2	Spavaća soba 3	9,78	19,94
	Galerija	10,16	
		Ukupna površina kuće	220,23

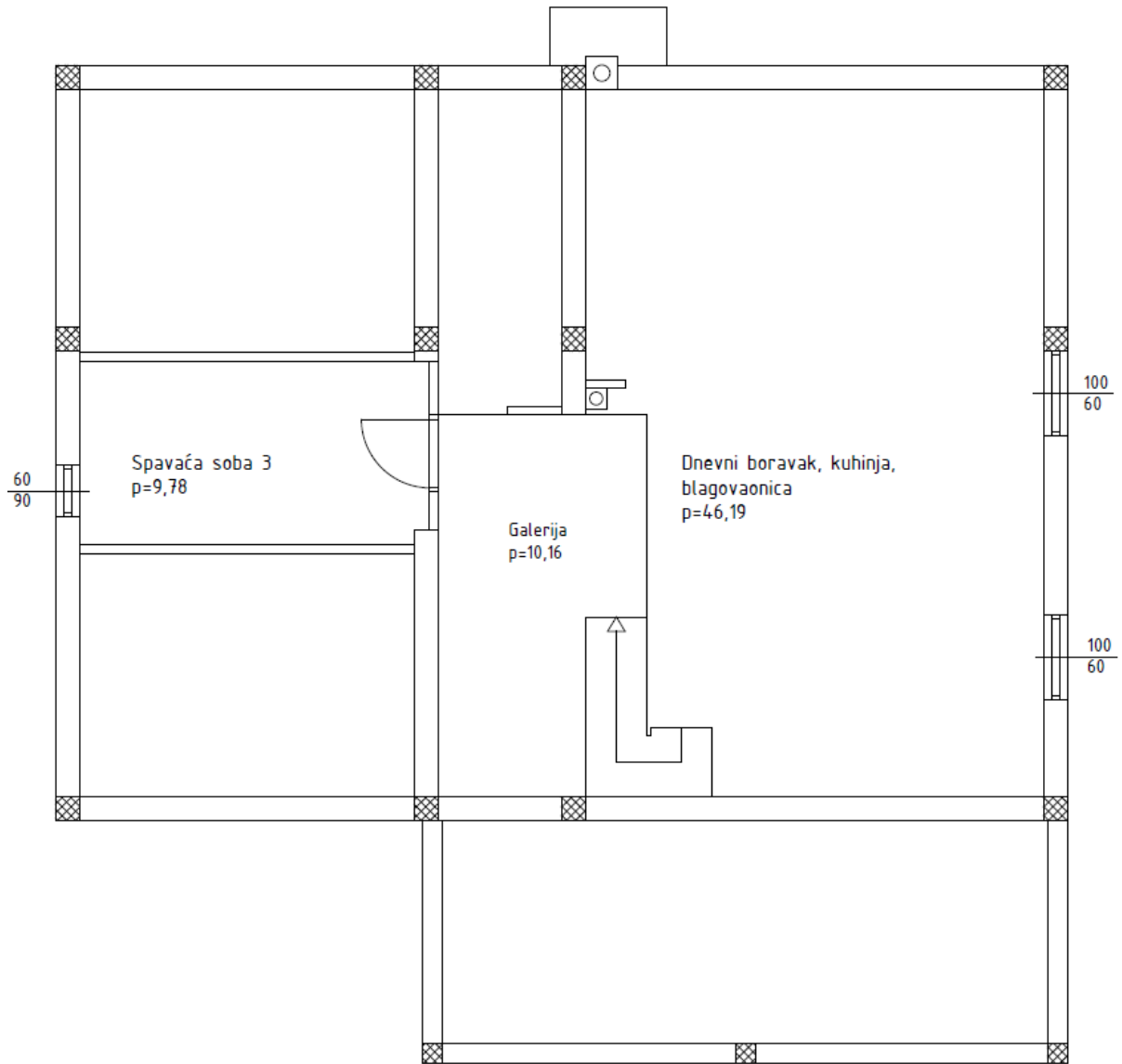
Tablica 1-1. Površine prostorija i katova



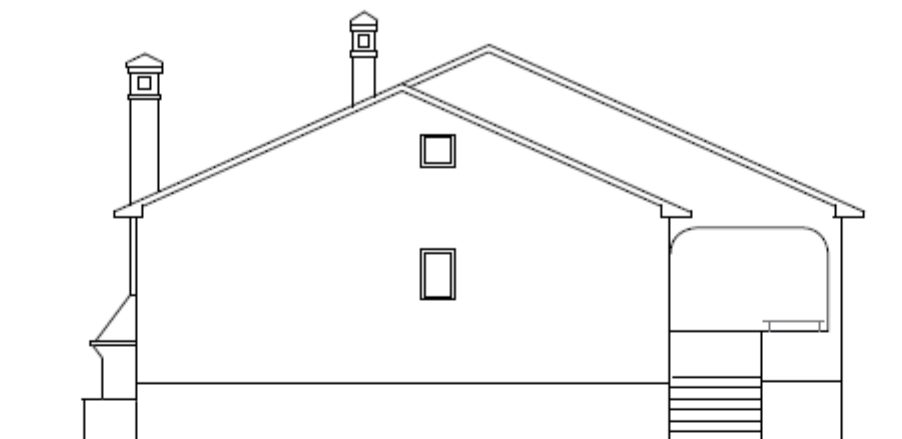
Slika 1-14. Tlocrt suterena kuće [6]



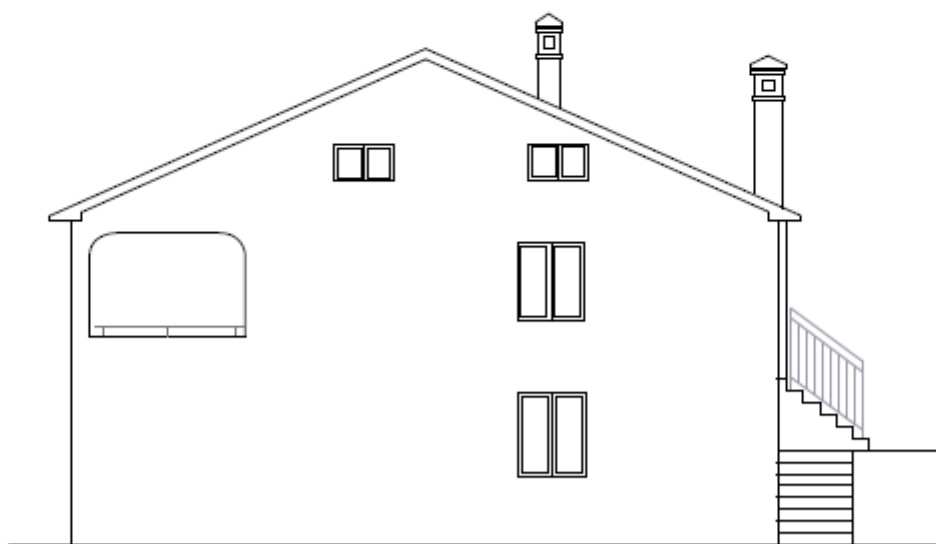
Slika 1-15. Tlocrt prizemlja kuće [6]



Slika 1-16. Tlocrt 1. kata kuće [6]

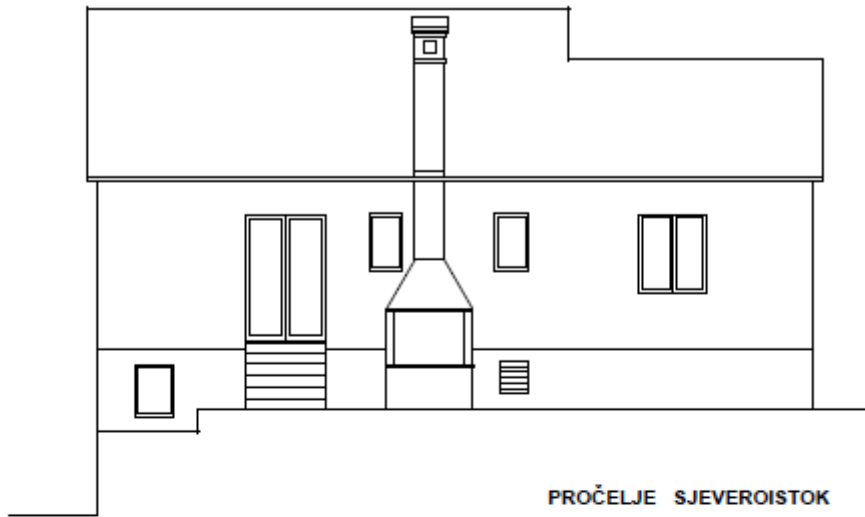


PROČELJE SJEVEROZAPAD



PROČELJE JUGOISTOK

Slika 1-17 Pročelje sjeverozapad i jugoistok [6]



Slika 1-18. Pročelje sjeveroistok i jugozapad [6]

Građevni element	U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
Vanjski zid	0,3
Unutarnji nosivi zid	0,3
Unutarnji pregradni zid	1,2
Pod	0,3
Strop	0,6
Krov	0,25
Vrata unutarnja	2
Vrata vanjska	2
Prozor	1,25

Tablica 1-2. Prikaz koeficijenta prolaza topline građevnih elemenata [7]

2. PRORAČUN PROJEKTOG TOPLINSKOG OPTEREĆENJA PREMA NORMI HRN EN 12831

Znajući da se kuća nalazi tridesetak kilometara od Pule odabrana je vanjska projektna temperatura za Pulu koja iznosi $\vartheta_e = -6,2 \text{ }^\circ\text{C}$, a koju definira Državni hidrometeorološki zavod. Srednja godišnja vanjska temperatura iznosi $\vartheta_{m,e} = 14,8 \text{ }^\circ\text{C}$, što je vidljivo u Tablica 2-1. Nadalje, određuje se koje će prostorije biti grijane te se odabire njihova projektna unutarnja temperatura $\vartheta_{int,i}$. U Tablica 2-2. prikazuju se odabrane unutarnje projektne temperature za pojedine prostorije.

PULA													
Dnevne vrijednosti po mjesecima													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD
$\vartheta_{mm} [^\circ\text{C}]$	6.0	6.2	9.1	12.8	18.1	22.2	24.9	24.5	19.5	15.4	11.0	7.2	14.8
$\vartheta_{msd} [^\circ\text{C}]$	3.0	3.1	2.9	2.7	2.8	3.1	2.4	2.6	2.7	3.1	3.6	3.5	7.4
$\vartheta_{min,mm} [^\circ\text{C}]$	-3.5	-6.2	-2.0	3.8	8.7	14.0	16.6	15.8	11.6	5.2	0.0	-5.0	-6.2
$\vartheta_{max,mm} [^\circ\text{C}]$	14.4	13.8	16.4	19.8	25.8	30.4	30.7	31.0	26.2	22.4	19.7	16.0	31.0
$\vartheta_{SW,mm} [^\circ\text{C}]$	6.3	7.3	7.6	8.1	8.5	8.8	9.4	9.3	8.4	7.3	6.3	6.4	7.8
$R_{mm} [\text{mm}]$	2.0	1.6	1.6	2.0	1.9	1.7	1.1	2.1	3.4	3.2	4.0	2.9	2.3
$\varphi_{mm} [\%]$	76	73	71	70	68	65	62	64	69	74	77	75	70

Projektne vrijednosti prema metodologiji iz HRN EN ISO 15927-5		Vrijednosti za projektiranje prema Tehničkom propisu	
N	20	N	20
$\vartheta_{2d}^s [^\circ\text{C}]$	-1.6	$\vartheta_{min,y,m} [^\circ\text{C}]$	-6.2
$\vartheta_{2d}^{ss} [^\circ\text{C}]$	-2.0	$\vartheta_{max,y,m} [^\circ\text{C}]$	31.0
$\vartheta_{0,4\%}^s [^\circ\text{C}]$	29.4	$\vartheta_w^s [^\circ\text{C}]$	21.8
$\vartheta_w^s [^\circ\text{C}]$	22.6	$\vartheta_d^s [^\circ\text{C}]$	17.9
$\vartheta_d^s [^\circ\text{C}]$	19.4	$\vartheta_{SW,y,m} [^\circ\text{C}]$	9.4
$\varphi_{p0,4}^s [\%]$	98		
$\varphi_{p99,6}^s [\%]$	35		

Tablica 2-1. Prikaz meteoroloških podataka, položaja i visina DHMZ-a za meteorološku postaju Pula [7]

Grijane prostorije	$\vartheta_{int,i}$
Spavaća soba 1	20
Spavaća soba 2	20
Spavaća soba 3	20
Dnevna soba, kuhinja i blagavaona	20
Kupaonica 1	24
Kupaonica 2	24
zahod	20
Negrijane prostorije	$\vartheta_{int,i}$
Garaža	10
Spremište	10

Tablica 2-2. Prikaz unutarnjih projektnih temperatura

Da bi se ušlo u proračun toplinskog i rashladnog opterećenja potrebno je odrediti koeficijent prolaza topline U , pojedinog građevnog elementa. Vrijednosti su odabrane prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada prema Tablica 1-2.

U nastavku će biti prikazano kako se računaju transmisijski gubici, ventilacijski gubici topline i toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja uz primjer proračuna toplinskih gubitaka za spavaću sobu 1.

2.1. Projektni toplinski gubici prostorije

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH} \text{ [W]} \quad (2.1)$$

$\Phi_{T,i}$ – projektni transmisijski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{V,i}$ - projektni ventilacijski gubici topline prostorije [W]

Φ_{RH} – toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja [W]

2.1.1. Projektni transmisijski gubici

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (2.2)$$

$H_{T,ie}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu[W/K]

$H_{T,iue}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu[W/K]

$H_{T,ig}$ - stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu[W/K]

$H_{T,ij}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature[W/K]

$\theta_{int,i}$ - unutarnja projektana temperatura grijanog prostora[°C]

θ_e - vanjska projektana temperatura[°C]

2.1.1.1. Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu- koeficijent gubitka $H_{T,ie}$

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k U_k e_k) + \sum_k (\psi_l l_l e_l) \text{ [W/K]} \quad (2.3)$$

A_k - površina plohe "k"(zid, prozor, vrata, strop, pod) kroz koju prolazi toplina [m^2]

U_k - koeficijent prolaza topline građevnog elementa "k" [W/m^2K]

e_k, e_l - korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao vlažnost, temperaturu, brzinu vjetra. Određuju se na nacionalnoj razini. Ako vrijednosti nisu određene na nacionalnoj razini uzeti =1. [-]

ψ_l - linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta "l" [W/mK]

l_l - dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije [m]

2.1.1.2. Transmisijski gubici kroz negrijane prostore- koeficijent gubitka $H_{T,iue}$

$$H_{T,iue} = \sum_k (A_k U_k b_u) + \sum_k (\psi_l l_l b_u) \text{ [W/K]} \quad (2.4)$$

b_u - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektanu temperaturu.

Bitno je napomenuti da se faktor b_u može računati na više različitih načina. Prema garaži i spremištu odabiremo faktor b_u prema formuli:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \text{ [-]} \quad (2.5)$$

θ_u - temperatura negrijanog prostora[°C]

Prema negrijanom prostoru u potkrovlju faktor b_u odabiremo kao prema potkrovlju sa izoliranim krovom prema Tablica 2-3 iz norme.

sa 3 vanjska vrata (npr. vanjsko stubiste)	0,8
Podrum	
- bez prozora/vanjskih vrata	0,5
- sa prozorima/vanjskim vratima	0,8
Potkrovlje	
- neizolirani krov velike propusnosti (npr. crijep ili drugi nekontinuirani pokrov)	1,0
- drugi tipovi krova bez izolacije	0,9
- izolirani krov	0,7
Utarjni neventilirani prostori	
(bez vanjskih zidova, broj izmjena zraka manji od 0,5 h ⁻¹)	0
Unutarnji prostori sa prirodnom ventilacijom	
(povrsina otvora/volumen prostorije >0.005 m ² /m ³)	1,0
Podignuti pod	
(pod iznad razine tla)	0,8

Tablica 2-3. Prikaz faktora smanjenja temperaturne razlike, b_u [8]

2.1.1.3. Transmisijski gubici prema tlu – koeficijent gubitka $H_{T,ig}$

$$H_{T,ig} = f_{g1}f_{g2}(\sum_k(A_k U_{equiv,k})G_w) \text{ [W/K]} \quad (2.6)$$

f_{g1} - korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature, uzimamo 1,45 [-]

f_{g2} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projekte temperature prema izrazu:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \text{ [-]} \quad (2.7)$$

G_w - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode; udaljenost poda do vode je veća od 1m pa se uzima da je 1.00

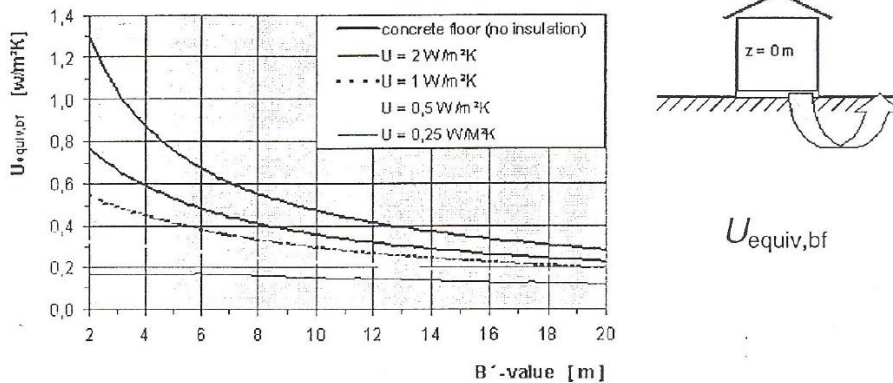
$U_{equiv,k}$ - ekvivalentni koef. prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda.

Odabran je uz pomoć krivulje ovisnosti, na Slika 2-1.,uzimajući u obzir da znamo U poda i karakterističnu veličinu B' koja se računa po formuli:

$$B' = \frac{A_g}{0,5P} \text{ [m]} \quad (2.8)$$

A_g - površina poda [m^2]

P - ukupna dužina vanjskih zidova koji odvajaju grijani prostor od vanjskog okoliša [m]



Slika 2-1. Graf ovisnosti U_{ekv} i B' [8]

Gornji izrazi vrijede za pod u spavaćoj sobi 1 i 2 te kupaonici 1, dok se za pod u dnevnoj sobi, kupaonici 2 i zahodu računa kao kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu pa se ne treba računati faktor f_{g1} , f_{g2} i G_w .

2.1.1.4. Gubici topline prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu – koeficijent transmisijskih gubitaka $H_{T,ij}$

$$H_{T,ij} = \sum_k (f_{ij} A_k U_k) \text{ [W/K]} \quad (2.9)$$

f_{ij} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ads}}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-] \quad (2.10)$$

2.1.2. Ventilacijski toplinski gubici

$$\Phi_{Vi} = H_{V,i} (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \text{ [W]} \quad (2.11)$$

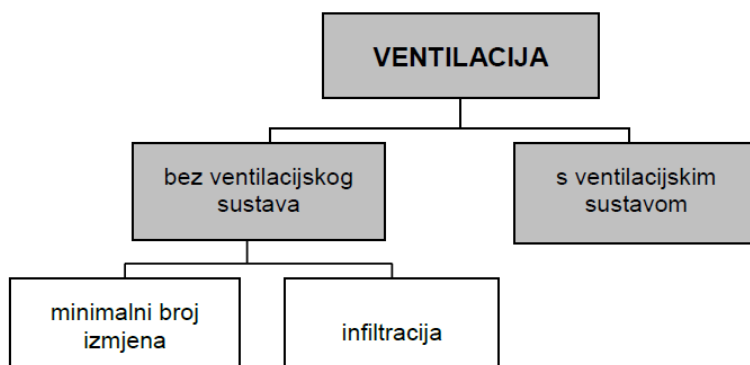
$H_{V,i}$ - koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka [W/K]

$\vartheta_{int,i}$ - unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C]

ϑ_e - vanjska projektna temperatura [°C]

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p = 0,34 \cdot V_i [\text{W/K}] \quad (2.12)$$

V_i - protok zraka u grijani prostor [m^3/h]



Slika 2-2 Shema određivanja protoka zraka [8]

Prema Slika 2-2. određivanje protoka zraka bez ventilacijskog sustava zahtijeva poznavanje protoka zraka prema minimalnom broju izmjena zraka i protoka zraka prema maksimalnom protoku zraka uslijed infiltracije kroz zazor.

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i})$$

$V_{inf,i}$ - maksimalni protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazor

$V_{min,i}$ - minimalni higijenski protok zraka

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.13)$$

V_i - volumen prostorije izračunat prema unutarnjim dimenzijama (volumen zraka) [m^3]

n_{min} - minimalni broj izmjena zraka (nacionalni dodatak) [h^{-1}]; odabire se prema Tablica 2-4.

Tip prostorije	n_{min} [h^{-1}]
Prostor za boravak (default)	0,5
kuhinja ili kupaona sa prozorom	1,5
Uredski prostor	1,0
Soba za sastanke, učiona	2,0

Tablica 2-4. Prikaz minimalnog broja izmjena zraka za pojedine prostorije, n_{min} [8]

Infiltracija kroz zatore:

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.14)$$

n_{50} - broj izmjena zraka u prostoriji (h^{-1}) pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša; odabire se prema Tablica 2-5.

n_{50} uzima se za srednji stupanj zabrtvljenosti i obiteljsku kuću i on iznosi 4.

e_i - koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetera odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu; odabire se prema **Error! Reference source not found.**

Koeficijent zaštićenosti e_i za građevinu na vjetrovitom području budući se kuća nalazi na osami i za grijani prostor s jednim vanjskim otvorom i on iznosi 0,03.

ε_i - korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova sa povećanjem visine iznad okolnog tla; odabire se prema Tablica 2-7.

Faktor ε_i se uzima za visinu grijanog prostora do 10 m i iznosi 1.

Gadevina	n_{50} [h^{-1}]		
	stupanj zabrtvljenosti		
	visok (dobro zabrtvljeni prozori i vrata)	srednji (dvostruki prozori, normalno zabrtvljeni)	nizak (jednostruki prozori bez brtvi)
Obiteljska kuća	< 4	4 – 10	> 10
ostali tipovi zgrada	< 2	2 – 5	> 5

Tablica 2-5. Prikaz broja izmjena zraka u prostoriji (h^{-1}) pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša, n_{50} [8]

Klasa zaštićenosti	e_i		
	Grijani prostor bez vanjskih otvora	Grijani prostor s jednim vanjskim otvorom	Grijani prostor s više od jednog vanjskog otvora
Bez zaštite (Građvine na vjetrovitom području, visoke zgrade u gradovima)	0	0,03	0,05
Srednja zaštita (građvine okružene drvećem i drugim zgradama)	0	0,02	0,03
Visoka zaštita (građvine srednje visine u centru grada, građvine u šumi)	0	0,01	0,02

Tablica 2-6. Koeficijent zaštićenosti e_i [8]

Visina grijanog prostora iznad tla (sredina visine prostorije do razine tla)	ε_i
0 – 10 m	1,0
> 10 – 30 m	1,2
> 30 m	1,5

Tablica 2-7. Korekcijski faktor ε_i za visinu[8]

2.1.3. Prostor s prekidima grijanja

Prostor s prekidom grijanja trebaju dodatnu toplinu za zagrijavanje do unutarnje projektne temperature prostorije nakon što ona padne u vremenu prekida grijanja.

Toplina za zagrijanje ovisi o:

- toplinskom kapacitetu građevnih elemenata
- vremenu zagrijavanja
- temperaturnom padu tijekom prekida
- svojstvima sustava regulacije

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} [\text{W}] \quad (2.15)$$

A_i - površina poda grijanog prostora sa $\frac{1}{2}$ debljine zidova [m^2]

f_{RH} - korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida; odabire se prema Tablica 2-8., [W/m^2]

Faktor f_{RH} izabran je iz Tablica 2-8. Za pretpostavljeni pad temperature od 1K, što odgovara maloj masi zgrade, te za vrijeme zagrijavanja 2 sata pa f_{RH} iznosi 6.

Vrijeme zagr. h	f_{RH} W/m^2		
	Pretpostavljeni pad temperature za vrijeme prekida		
	1 K	2 K	3 K
	masa zgrade mala	masa zgrade srednja	masa zgrade velika
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

Tablica 2-8. Korekcijski faktor f_{rh} za stambene zgrade, noćni prekid maksimalno 8h[8]

2.2. Primjer proračuna za ukupne projektne toplinske gubitke za jednu prostoriju

Spavaća soba 1					
Koeficijent gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu[W/K]					
Građevni element	A	U	e	A·U·e	
Vanjski zid sjeverozapad	9,6	0,3	1	2,88	
vanjski zid jugozapad	8,232	0,3	1	2,4696	
prozor	1,68	1,25	1	2,1	
krov	14,042	0,25	1	3,5105	
			$\Sigma=$	10,9601	
toplinski mostovi	ψ	l	e	$\psi \cdot l \cdot e$	
kut vanjskog zida	0,01	2,4	1	0,024	
završetak unut. preg. zida prema vanj. izol. zidu prema vani	0,125	4	1	0,5	
horizontalni spoj pod-zid, zid-strop	0,33	14,66	1	4,8378	
završetak unut. zida prema vanjskom izol. zidu	0,195	2,4	1	0,468	
prozor	0,12	5,2	1	0,624	
			$\Sigma=$	6,4538	
$H_{t,ie}=\Sigma(A \cdot U \cdot e)+\Sigma(\psi \cdot l \cdot e)$				17,4139	
Stacionarni koeficijent transmisivnog gubitka od grijanog prostora prema tlu[W/K]					
Građevni element	$f_{g1} \cdot f_{g2}$	A·U _{eq}	G _w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A \cdot U_{eq} \cdot G_w$	
pod	0,287786	2,478	1	0,713134351	
			$H_{t,ig} =$	0,713134351	
Koeficijent transmisivnog gubitka prema susjednom grijanom prostoru različite temperature[W/K]					
građevni element	f_{ij}	A	U	$f_{ij} \cdot A \cdot U$	
unutarnji pregradni zid	-0,15267	11,92	1,2	-2,1838	
			$H_{t,ij} =$	-2,1838	
ukupni transmisivni gubici[W]			$\phi_{t,i}=(H_{t,ie}+H_{t,ig}+H_{t,ij}) \cdot (\vartheta_{int,i}-\vartheta_e)$	417,71	
ventilacijski toplinski gubici[W]					
$V_{inf,i}=2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i$				3,17184	
$n_{50}=4; e_i=0,03; \epsilon_i=1$					
$V_{min,i}=n_{min} \cdot V_i$				20,237	
			$H_{v,i}=\max(V_{inf}/V_{min}) \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_i \cdot 0,34$	6,88	
			$\phi_{v,i}=H_{v,i} \cdot (\vartheta_{int,i}-\vartheta_e)$	180,27	
toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja[W]		A	frh		
		14,22	6		
			$\phi_{RH}=A \cdot frh$	85,3218	
				$\phi_{hl,i}=\phi_{t,i}+\phi_{v,i}+\phi_{RH}$	683,3

Slika 2-3. Primjer proračuna projektne toplinske gubitke za spavaću sobu 1

Prvo je proračunat koeficijent transmisivnog gubitka kroz plohe prema vanjskom okolišu obzirom da su dva zida, krov i prozor orijentirani prema vanjskom okolišu. Nakon toga je izračunat koeficijent transmisivnog gubitka kroz toplinske mostove te je dobiven ukupni koeficijent transmisivnog gubitka. Zatim, je bilo potrebno izračunati koeficijent transmisivnog gubitka prema tlu kroz površnu poda zato što se prostorija nalazi prizemno u kontaktu sa temeljima. Potom je izračunat koeficijent transmisivnog gubitka prema susjednom prostoru grijanom na različitu temperaturu zbog toga što prostorija graniči sa kupaonicom koja se grije na višu temperaturu. Zbrajanjem svih transmisivnih koeficijenata i množenjem sa razlikom između projektne unutarnje i projektne vanjske temperature dobiveni su ukupni transmisivni gubici. Kod računanja ventilacijskih gubitaka bitno je izabrati veću vrijednost između minimalnog higijenskog protoka zraka i maksimalnog protoka zraka u prostoriju uslijed

infiltracije kroz zatore koja se množi sa gustoćom zraka i specifičnim toplinskim kapacitetom i dobiju se ukupni ventilacijski toplinski gubici. Još je jedino preostalo izračunati toplinske gubitke uslijed ponovnog zagrijavanja prostorije, koji se dobiju množenjem površine poda s polovicom zidova i korekcijskog faktora. Prikaz proračuna za spavaću sobu 1 u Excel-u možemo vidjeti na Slika 2-3.

Rekapitulacija rezultata proračuna projektnih toplinskih gubitaka po prostorijama (Tablica 2-9.)

Naziv kata	Naziv prostorije	Projektni toplinski gubici prostorije[W]	Instalirani toplinski učin po prostoriji[W]	Projektni toplinski gubici po katu[W]	Instalirani toplinski učin po katu[W]
Kat 1	Spavaća soba 1	709	997	6638	6801
	Kupaonica 1	553	566		
	Spavaća soba 2	750	1200		
	Kupaonica 2	481	-		
	Zahod	127	-		
	Dnevni boravak,kuhinja i blagovaonica	4018	4038		
Kat 2	Spavaća soba 3	241	505	241	505

Tablica 2-9. Rekapitulacija toplinskih gubitaka i instaliranog toplinskog učina

3. PRORAČUN PROJEKTOG RASHLADNOG OPTEREĆENJA PREMA SMJERNICI VDI 2078

Toplinski dobici sastoje se od unutrašnjih i vanjskih toplinskih dobitaka. Unutrašnji toplinski izvori sastoje se od toplinskih dobitaka ljudi koji borave u prostoriji, rasvjete, strojeva i uređaja te dobitaka od susjednih prostorija. Vanjski izvori topline su transmisijski dobici kroz zidove i prozore te dobitak topline zračenjem kroz prozore.

3.1. Unutarnji dobici od ljudi

Računaju se prema formuli:

$$Q_P = N * Q_{ukupno} [W] \quad (3.1)$$

N- broj osoba[-]

Q_{ukupno} - ukupna toplina koju odaje jedna osoba, a sastoji se od osjetne i latentne topline [W]

		[°C]	18	20	22	23	24	25	26
Ljudi koji <u>ne</u> vrše fizički rad	$Q_{osjetna}$	[W]	100	95	90	85	75	75	70
	$Q_{latentna}$	[W]	25	25	30	35	40	40	45
	Q_{ukupna}	[W]	125	120	120	120	115	115	115
	od.v.p*	[g/h]	35	35	40	50	60	60	65
Srednje težak rad	Q_{ukupna}	[W]	270	270	270	270	270	270	270
	$Q_{osjetna}$	[W]	155	140	120	115	110	105	95

Tablica 3-1. Toplina koju odaju ljudi prema smjernici VDI 2078 [9]

U Tablica 3-1. iz smjernice VDI 2078 je prikazano koliko pojedinac odaje topline ovisno vrši li fizički rad ili ne i pri kojoj temperaturi. Ljudi koji vrše fizički rad generalno odaju više topline od ljudi koji ne vrše. Što je niža unutarnja temperatura na koju hladimo prostoriju, odnosno što je veća razlika temperatura između tijela i prostorije odaje se više topline.

3.2. Dobici topline od strojeva/električnih uređaja

Električni uređaj	Prikjučna vrijednost [W]	Trajanje upotrebe [min/h]	Voda [g/h]	Odavanje topline	
				osjetna [W]	ukupna [W]
Računalo (PC)	100..150	60	–	40..50	80..100
Printer	20..30	15	–	5..7	5..7
Ploter	20..60	15	–	5..15	5..15
Električni štednjak	3000	60	2100	1450	3000
	5000	60	3600	2500	5000
Usisavač	200	15	–	50	50
Perilica rublja	3000	60	2100	1450	3000
	6000	60	4200	2900	6000
Centrifuga za rublje	100	10	–	15	15
Hladnjak	100	60	–	300	300
	175	60	–	500	500
Pegla	500	60	400	230	500
Radio	40	60	–	40	40
Televizor	175	60	–	175	175
Aparat za kavu	500	30	100	180	250
	3000	30	500	1200	1500
Toaster	500	30	70	200	250
	2000	30	300	800	1000
Sušilo za kosu-fen	500	30	120	175	250
	1000	30	240	350	500

Tablica 3-2. Toplina koju odaju električni uređaji prema smjernici VDI 3804 [10]

U Tablica 3-2 iz smjernice VDI 3804 je prikazano koliko topline odaju pojedini električni uređaji, njihovo specifično vrijeme upotrebe u jednom satu, priključna vrijednost i odavanje vlage.

3.3. Dobici topline od rasvjete

Potrebno je odrediti specifičnu snagu rasvjete po metru kvadratnom površine, vrijeme trajanja opterećenja i koeficijent istovremenosti koji se kreće od 0 do 1 nakon čega program sam izračunava toplinske dobitke od rasvjete po satima.

3.4. Transmisijski dobici od površina i susjednih prostorija

3.4.1. Transmisijski dobici topline kroz zidove

$$Q_w = A \cdot U \cdot (\vartheta_e - \vartheta_{int}) [W] \quad (3.2)$$

A- površina plohe[m²]

U- koeficijent prolaza topline plohe[W/m²K]

ϑ_e- vanjska projektana temperatura[°C]

ϑ_{int}- unutarnja projektana temperatura[°C]

3.4.2. Transmisijski dobici topline kroz ostakljene površine tj. prozore

$$Q_w = A \cdot U \cdot (\vartheta_e - \vartheta_{int}) [W] \quad (3.3)$$

Izraz je isti samo što umjesto površine zida uzimamo površinu prozora i prikladni koeficijent prolaza topline, a ostalo je sve identično.

3.4.3. Dobici topline zračenjem kroz ostakljene površine

$$Q_S = I_{max} \cdot A_S \cdot b + I_{difmax} \cdot A_{Sjena} \cdot b [W] \quad (3.4)$$

I_{max}- maksimalna vrijednost ukupnog sunčevog zračenja[W/m²]

I_{difmax}- maksimalna vrijednost difuznog sunčevog zračenja[W/m²]

A_S- osunčana površina stakla[m²]

A_{Sjena}- zasjenjena površina stakla[m²]

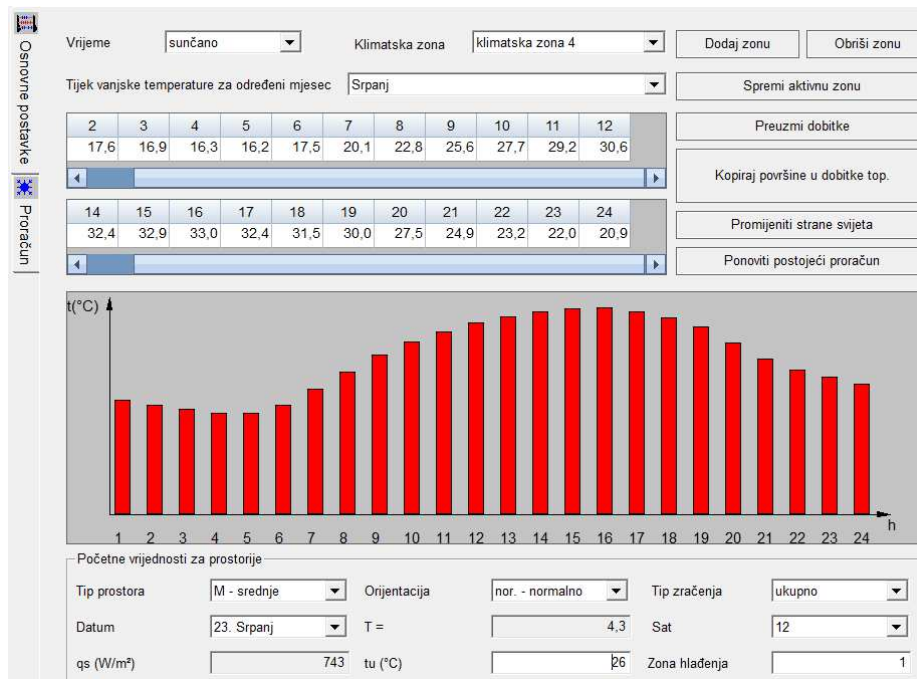
b- koeficijent propusnosti sunčevog zračenja[-]

Zasjenjeni dio prozora prima samo difuzno zračenje, dok osunčani prima i direktno i difuzno sunčevo zračenje.

3.5. Prikaz podataka iz programa "IntegraCad" i objašnjenje pojedinih podataka

Proračun se provodi u računalno programu IntegraCad koji radi prema VDI 2078. Za početak je potrebno definirati osnovne postavke (Slika 3-1.). Vrijeme je izabrano sunčano, "klimatska zona 4" najbolje opisuje promjenu dnevne temperature po satima za područje stambenog

objekta za koji je rađen proračun, dok je za karakterističan dan izabran "23. srpanj". Odabrano je "ukupno" sunčevo zračenje. Za tip prostora odabrano je kategorija "M- srednje".



Slika 3-1. Odabir početnih uvjeta i mjesečne temperature u IntegraCad-u

U proračunu se prvo definira unutarnja projektna temperatura za svaku prostoriju za sve sate u danu. Potom, se definira broj osoba koje borave u pojedinoj prostoriji te koju razinu fizičkog rada obavljaju na temelju čega program izračunava toplinske dobitke. Odabrano je da u svim prostorijama osobe obavljaju lagani rad. U sobama je pretpostavljeno da borave onoliko osoba koliko ima ležaja, u dnevnom boravku je pretpostavljeno da boravi onoliko osoba koliko ima sjedećih mjesta u blagavaonici koja je u sklopu dnevnog boravka, dok je u kupaonicama i zahodu odabrano da jedna osoba boravi u toj prostoriji.

Nakon toga je potrebno odabrati rasvjetu na način da odaberemo vrijeme rada, udio konvekcije i priključnu snagu svjetiljki, gdje je pretpostavljeno da iznosi 4 W/m^2 što odgovara LED rasvjeti. Zatim, odabiremo strojeve/električne uređaje koji se nalaze u prostoriji.

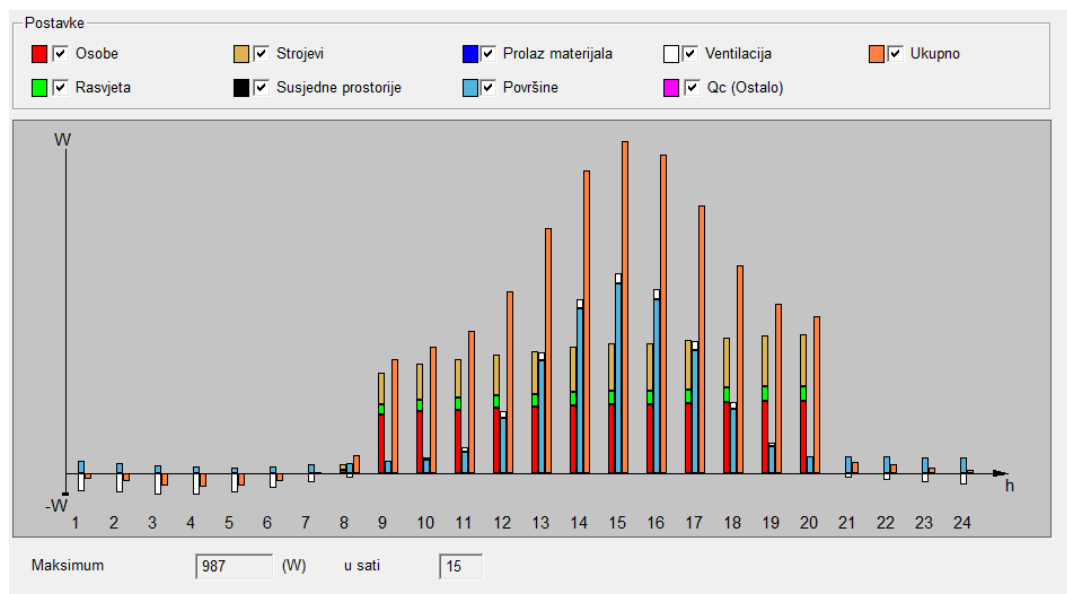
Pretpostavljeno je da se u spavaćim sobama nalaze jedno računalo i jedan televizor, u većoj kupaonici se nalazi perilica rublja i sušilo za kosu, dok se u manjoj kupaonici nalazi samo sušilo za kosu. U dnevnom boravku nalaze se toaster, aparat za kavu, hladnjak, električni štednjak, dva računala, televizor, usisivač i pegla.

U kategoriji "susjedne prostorije" su odabrane one hladene prostorije koje graniče sa nehlađenim prostorijama, a to su kupaonica 2, zahod i dnevni boravak koji graniče sa garažom koja nije hladena.

Pri izboru površina u kategoriji "površine" odabrane su one površine koje gledaju prema vanjskom okolišu, u što spadaju zidovi i prozori preko kojih se događaju transmisijski dobici i dobici zračenjem preko prozora kao ostakljenih površina.

Pošto su već izračunati projektni toplinski gubici, program to prepoznaje i samostalno učitava površine soba i prozora te se izračunavaju projektni toplinski dobici, s tim da moraju biti unijete unutarnje projektne temperature soba i vanjske projektne temperature. Za odabranu klimatsku zonu 4 maksimalna vanjska temperatura iznosi 33°C, a za unutarnju projektanu temperaturu izabrana je temperatura od 26°C.

Na donjoj Slika 3-2. prikazan je graf za spavaću sobu 1 kakav se dobije nakon unesenih podataka i za sve ostale prostorije. Na grafu se vide projektni toplinski dobici po satima za 23. srpanj i taj datum ujedno predstavlja maksimalne toplinske dobitke u usporedbi sa ostalim karakterističnim danima. Vidi se da su najveći toplinski dobici u 15 sati.



Slika 3-2. Toplinski dobici za spavaću sobu 1

Rekapitulacija toplinskih dobitaka za 23. srpanj za svaku prostoriju dana je u Tablica 3-3.

Naziv kata	Naziv prostorije	Projektni toplinski dobitci prostorije[W]	Instalirani rashladni učin po prostoriji[W]	Projektni toplinski dobitci po katu[W]	Instalirani rashladni učin po katu[W]
Kat 1	Spavaća soba 1	554	595	3219	3190
	Kupaonica 1	231	-		
	Spavaća soba 2	462	727		
	Kupaonica 2	372	-		
	Dnevni boravak,kuhinja i blagovaonica	1495	1868		
	Zahod	105	-		
Kat 2	Spavaća soba 3	241	277	241	277

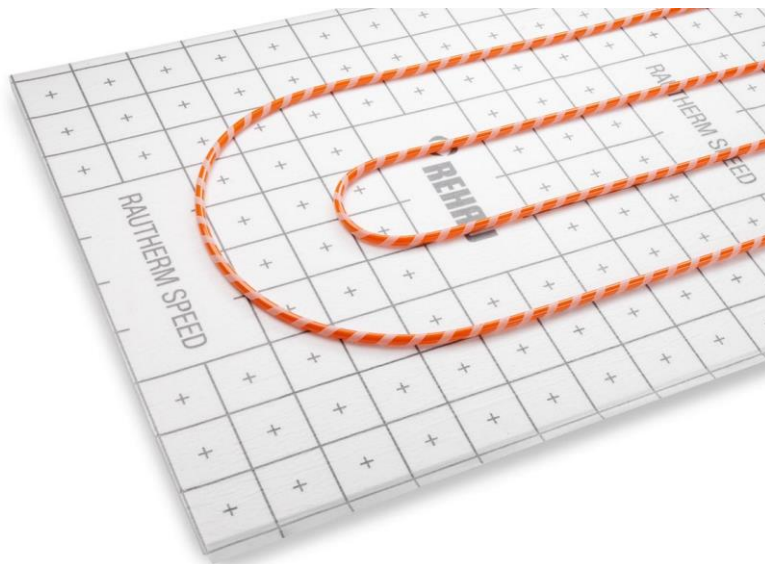
Tablica 3-3. Rekapitulacija toplinskih dobitaka i instaliranog rashladnog učina za 23. srpanj

4. DIMENZIONIRANJE OGRJEVNIH I RASHLADNIH TIJELA

4.1. Podno grijanje

U ovom radu za grijanje su korištene podne pužne petlje u svim prostorijama gdje je bilo moguće izbalansirati petlju, dakle, u svim prostorijama osim kupaonica i zahoda. Kupaonice su prostorije sa velikim toplinskim gubicima po metru kvadratnom pa je bilo nemoguće postaviti takvu petlju koja ne prelazi iskustvenu preporuku od 45 W/m^2 površine poda pa su umjesto podnih petlji u kupaonici 1 postavljene dvije zidne petlje, dok su u kupaonici 2, koja je dio spavaće sobe 2, toplinski gubici nadomješteni uz pomoć podne i zidne petlje postavljene u spavaćoj sobi 2. Zahod je iznimno mala prostorija koja se nalazi u središtu kuće te su njeni toplinski gubici nadomješteni na račun podnih petlji u dnevnom boravku. Sve podne petlje rade sa režimom vode $35^\circ\text{C}/30^\circ\text{C}$ u režimu grijanja, dok temperature poda ne prelaze granične vrijednosti prema normi HRN EN 1264.

Za izračun je korišten programski paket IntegraCad koji sadrži sustave podnog grijanja raznih proizvođača. Izabran je "Rehau Tacker stiropor sustav podnog grijanja" sa pripadajućim cijevima "Rehau-Rautherm S 17 x 2,0" kao na Slika 4-1. Maksimalni dozvoljeni pad tlaka ovih cijevi je 22 kPa, a duljina cijevi 150m. Izvedba podnog grijanja je mokra i pužna te će se cijevi prekriti 45 mm debelim cementnim estrihom.



Slika 4-1. Rehau Tacker stiropor sustav podnog grijanja

Prostorije koje imaju površinu veću od 40m^2 moraju imati postavljene dilatacijske trake. U dnevnom boravku nužno je postaviti dilatacijske trake kako bi se smanjila toplinska

naprezanja cementnog estriha. Ostale prostorije ne zahtijevaju dilatacijske trake jer su manje od 40m^2 .

4.2. Podno hlađenje

U kući će za hlađenje biti korištene iste petlje kao i za grijanje, jedino će u nekim prostorijama biti dodane zidne petlje kako bi se pokrilo kompletno toplinsko opterećenje prostorije. Proračun je napravljen u programskom paketu IntegraCad. U režimu hlađenja sve podne i zidne petlje rade sa temperaturom polaza 16°C i temperaturom povrata 19°C .

4.3. Zidno grijanje i hlađenje

Kuća se nalazi u središtu Istre te je karakterizirana toplim ljetima i ne toliko hladnim zimama pa se u neke prostorije dodaju zidne petlje kako bi se pokrilo rashladno opterećenje. Korišten je sustav tvrtke "Rehau" s pripadajućim cijevima "Rehau- Rautherm S 17 x 2,0", kao na Slika 1-4., maksimalne duljine petlje 120m i pripadajućeg maksimalnog pada tlaka od 25 kPa. Kao i podne, i zidne petlje rađene su u mokroj izvedbi i cijevi će biti u dodiru sa žbukom. Proračun je napravljen u programskom paketu IntegraCad.

Zidne petlje u spavaćim sobama raditi će samo u režimu hlađenja, dok će zidne petlje u kupaonici 1 raditi samo u režimu grijanja. Kao što je prije već spomenuto bilo je nemoguće izbalansirati zidne ili podne petlje u kupanici 2 pa je grijanje u kupanici 2 pokriveno grijanjem u spavaćoj sobi 2. Razlog zašto se neće koristiti hlađenje u kupaonicama je kondenzacija vlage na zidovima. U dnevnom boravku koriste se četiri podne petlje i jedna zidna petlja za grijanje, dok se za hlađenje koriste samo podne petlje.

4.4. Razdjelnici kruga grijanja i hlađenja

Podne i zidne petlje spojene su na razdjelnik koji osigurava pravilnu raspodjelu protoka u svakoj petlji. Odabran je razdjelnik tvrtke "Rehau HLV", kao na Slika 4-2., koje nam nudi program IntegraCad. Razdjelnik sadrži protokomjer u povratnom vodu, dok se na polaznom vodu nalazi termostat. Također, na razdjelniku se nalazi priključak za crijevo za odzračivanje i pražnjenje.



Slika 4-2. Razdjelnik "REHAU HLV" [2]

5. DIMENZIONIRANJE DIZALICE TOPLINE

Nakon što je određeno projektno toplinsko i rashladno opterećenje odabire se dizalicu topline. Instalirani toplinski učin za sve prostorije iznosi 7,3 kW, a instalirani rashladni učin iznosi 3,4 kW. Odabrana je dizalica topline zrak-voda razdvojene izvedbe, čija je unutarnja jedinica "EBSXB11P30D" vidljiva na Slika 5-1 te vanjska jedinica "ERLA11DW1" proizvođača "Daikin", kao na Slika 5-2.

Veličina	Vrijednost	Jedinica
Ogrjevni učin	9,02 ($t_{\text{polaz}}=35\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{vanjska}}=-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$)	kW
Rashladni učin	11,2 ($t_{\text{polaz}}=16\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{vanjska}}=33\text{ }^{\circ}\text{C}$)	kW
Električna primijenjena snaga(grijanje)	3,02	kW
Električna primijenjena snaga(hlađenje)	3,47	kW
COP	2,98	-
EER	3,22	-
Protok u režimu grijanja	30,3	l/min
Protok u režimu hlađenja	32,1	l/min
Protok zraka na vanjskoj jed.	3,35	m ³ /h
Volumen integriranog spremnika	290	l
Radna tvar	R-32	-
Punjenje	3,8	kg
Kompresor	Hermetički zatvoreni swing kompresor	-
Širina	1100	mm
dubina	460	mm
Visina	870	mm

Tablica 5-1. Tehnički podaci dizalice topline "Daikin EBSXB11P30D + ERLA11DW1" [11]

Specifikacije dizalice topline se mogu pronaći u Tablica 5-1. Vanjska jedinica biti će smještena u dvorištu izvan kuće, dok će unutarnja jedinica biti smještena u garaži kuće. Dizalica topline ima u sebi integriran spremnik "EBSXB11P30D" od 290 litara proizvođača "Daikin" za potrošnu toplu vodu koja se grije uz pomoć izmjenjivača topline solarnog sustava kada je to moguće. Također dizalica ima integriranu pumpu koja omogućava cirkulaciju vode do akumulacijskog spremnika. Sva potrebna oprema i regulacija nalazi se u sklopu dizalice topline.



Slika 5-1. Unutarnja jedinica dizalice topline EBSXB11P30D [12]



Slika 5-2. Vanjska jedinica dizalice topline ERLA11DW1 [12]

5.1. Dimenzioniranje međuspremnika topline

Međuspremnik topline koristi se kako bi se izbjegla česta paljenja i gašenja dizalice topline. Nadalje, on služi kao spremnik topline za pokrivanje vršnih opterećenja te kao osiguranje opskrbe toplinskom energijom u slučajevima kada je dizalica topline izvan pogona. Volumen međuspremnika (buffer) odabire se iskustveno. Preporuka je 20...30 l/kW toplinskog učina dizalice topline.

Ako se uzme preporuka od 20 l/kW dobije se volumen od 180 l. Odabiremo spremnik "Vitocell 100-E" proizvođača "Viessmann" sa pripadajućom zapreminom od 200 l (Slika 5-3.), čije se specifikacije mogu pronaći u tablici Tablica 5-2.

Veličina	Vrijednost	Jedinica
Volumen	200	l
Masa	80	kg
Visina	1409	mm
Širina	640	mm
Dubina	581	mm

Tablica 5-2. Tehnički podaci međuspremnika Vitocell 100-E [4]



Slika 5-3. Međuspremnik Vitocell 100-E [3]

6. TEORIJSKA PODLOGA ZA PRORAČUN CIJEVNE MREŽE

Jednadžba kontinuiteta za stacionarno stanje:

$$\dot{m} = \rho_1 \cdot w_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot w_2 \cdot A_2 = \rho \cdot w \cdot A [\text{kg/s}] \quad (6.1)$$

ρ - gustoća [kg/m^3]

w - srednja brzina protoka [m/s]

A - površina poprečnog presjeka [m^2]

Volumni protok:

Za $\rho = \text{konst.}$

$$\dot{V} = w \cdot A [\text{m}^3/\text{s}] \quad (6.2)$$

Proširena Bernoulijeva jednadžba

$$p_1 + p_{din1} + \rho g z_1 + \Delta p_{pumpe} = p_2 + p_{din2} + \rho g z_2 + \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi [\text{Pa}] \quad (6.3)$$

p_1, p_2 - statički tlak; statički tlak je unutarnji tlak fluida koji struji pravocrtno odnosno onaj tlak koji bi pokazivao mjerni instrument kada bi se gibao zajedno sa fluidom istom brzinom

p_{din1}, p_{din2} - dinamički tlak; dinamički tlak je onaj tlak koji je potreban da se fluid dovede iz stanja mirovanja do brzine w u kojem struji

$\rho g z_1, \rho g z_2$ - tlak zbog visine

Δp_{pumpe} - razlika tlaka koju stvara pumpa

Δp_λ - pad tlaka zbog linijskih gubitaka; javlja se zbog površinske hrapavosti cijevi

Δp_ξ - pad tlaka zbog lokalnih gubitaka, javlja se zbog promjene smjera strujanja u sustavu cjevovoda poput kotlova, ogrjevnih tijela, ventila, spojeva cijevi

Dinamički tlak:

$$p_{din} = \frac{\rho \cdot w^2}{2} [\text{Pa}] \quad (6.4)$$

Linijski gubitak:

Koeficijent trenja λ ovisi o Reynoldsovom broju i hrapavosti unutarnje površine cijevi.

Također, ovisi o vrsti strujanja. Koeficijent trenja može se izračunati ili očitati iz Moody-jeva dijagrama

$$\Delta p_\lambda = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho w^2}{2} [\text{Pa}] \quad (6.5)$$

λ - koeficijent trenja[-]

L- duljina cijevi[m]

D- unutarnji promjer cijevi[m]

Lokalni gubitak:

$$\Delta p_\xi = Z = \Sigma \xi \frac{\rho w^2}{2} [\text{Pa}] \quad (6.6)$$

ξ - koeficijent lokalnog otpora strujanja[-]

Za potrebe proračuna uvodi se pojam jediničnog pada tlaka. Preporučeni iznos vrijednosti je od 40-100 Pa/m za spojeve grijača i ogranke, a 100-200 Pa/m za glavne grane cjevovoda.

Nazivna veličina [mm] DN	Čelične cijevi					
	Navojne cijevi, srednje teške DIN 2440 (PN 25)			Bešavne cijevi DIN 2448		
	Vanjski promjer mm	Debljina stjenke mm	Navoj na cijevi	Vanjski promjer mm	Debljina stjenke mm	
10	17,2	2,35	R 3/8			
15	21,3	2,65	R 1/2			
20	26,9	2,65	R 3/4			
25	33,7	3,25	R 1			
32	42,4	3,25	R 1 1/4			
40	48,3	3,25	R 1 1/2	48,3	2,6	
50	60,3	3,65	R 2	60,3	2,9	
65	76,1	3,65	R 2 1/2	76,1	2,9	
80				88,9	3,2	
100				114,3	3,6	
125				139,7	4	
150				168,3	4,5	
200				219,1	6,3	

Slika 6-1. Standardne dimenzije čeličnih cijevi [1]

Nazivna veličina [mm] DN	Bakrene cijevi	
	Lemljene cijevi DIN 1786	
	Vanjski promjer mm	Debljina stjenke mm
10	12	1
12	15	1
15	18	1
20	22	1
25	28	1,5
32	35	1,5
40	42	1,5
50	54	2

Slika 6-2. Standardne dimenzije bakrenih cijevi [1]

Postupak proračuna cijevne mreže:

1. sustav se podijeli na dionice odnosno na dijelove sa konstantnim protocima(međusobno različitim protocima, ali konstantnim).
2. računa se toplinski učinak svake dionice i određuje se protok svake dionice
3. uz pomoć vodene vrijednosti ulazimo u tablicu za određivanje jediničnog tlaka R, brzine vode u cjevovodima i određujemo promjer cijevi dionice(standardne dimenzije čeličnih i bakrenih cijevi su na Slika 6-1. i Slika 6-2.)
4. uz pomoć unutarnjeg promjera cijevi određujemo stvarni protok
5. očitavaju se svi lokalni gubici na pojedinoj dionici te se zbrajaju
6. zbrajaju se linijski i lokalni padovi tlaka i računa se ukupan pad tlaka za dionicu

Ukupni pad tlaka jednak je zbroju svih padova tlakova na svim dionicama od pumpe do kritičnog ogrjevnog tijela i natrag do pumpe. Kritično ogrjevno tijelo je ono do kojeg se javlja najveći pad tlaka i to je, najčešće, ono ogrjevno tijelo koje se nalazi najdalje od pumpe. Da bi saznali koje ogrjevno tijelo je kritično, provjeravaju se sva ogrjevna tijela kako bi bili sigurni da će svako ogrjevno tijelo primiti adekvatan protok uz pomoć kojeg će predavati adekvatan toplinski učinak prostoriji u kojoj se nalazi.

Uz pomoć protoka, pada tlaka i iskoristivosti pumpe možemo izračunati snagu pumpe.

$$P_{pumpe} = \frac{\Delta p_{pumpe} \dot{V}}{\eta} \text{ [W]} \quad (6.7)$$

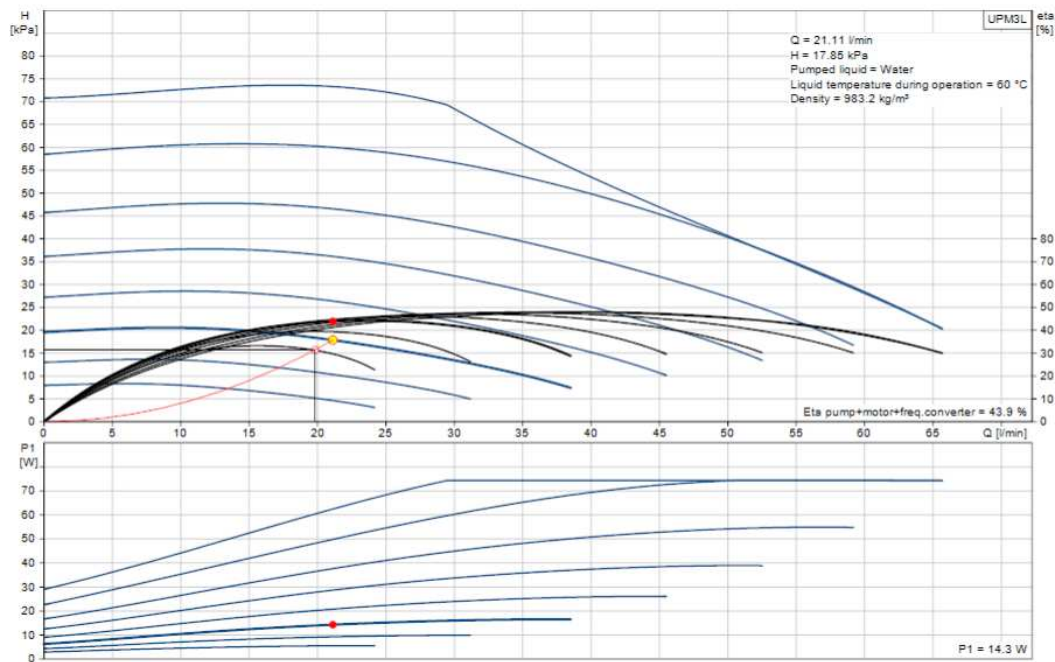
η - iskoristivost pumpe[-]

6.1. Dimenzioniranje cjevovoda primarnog kruga dizalice topline

Primarni krug dizalice topline obuhvaća cjevovode od međuspremnik do izmjenjivača unutar dizalice topline. Dizalica topline ima u sebi integriranu pumpu koja omogućava cirkuliranje vode u primarnom krugu. Nakon što je izračunat ukupni pad tlaka, što je prikazano u donjoj Tablica 6-1., treba provjeriti hoće li integrirana pumpa osiguravati dovoljan prirast tlaka. Integrirana pumpa je "Grundfos UPM3L K 20-75 CHBL AZA 3 RT" ,vidljiva na Slika 6-4., pri protoku od 19,8 L/min može isporučiti prirast tlaka od 73 kPa što znači da nam ta pumpa odgovara jer izračunati ukupni pad tlaka za protok od 21 l/min iznosi 15,8 kPa. Radne krivulje integrirane pumpe prikazane su na Slika 6-3.

dionica	duljina dionice	toplina	protok	DN	unutarnji promjer cijevi	površina poprečnog presjeka	brzina strujanja	Jedinični pad tlaka	linijski pad tlaka	koefficient lokalnog otpora strujanja	lokalni pad tlaka	ukupni pad tlaka
	L	Q	m			A	w	R	R*L	$\Sigma \xi$	Z	R*L+Z
-	m	W	kg/s	-	mm	m ²	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	3	7306	0,35	DN25	27	0,000573	0,61	174	522	7	1307,28	1829,28
									Pad tlaka u dizalici topline		14000	
									ukupni pad tlaka		15829,28	

Tablica 6-1. Proračun cijevne mreže primarnog kruga



Slika 6-3. Radne krivulje integrirane pumpe "Grundfos UPM3L K 20-75 CHBL AZA 3 RT" za primarni krug [13]



Slika 6-4. Pumpa "Grundfos UPM3L K 20-75 CHBL AZA 3 RT" [14]

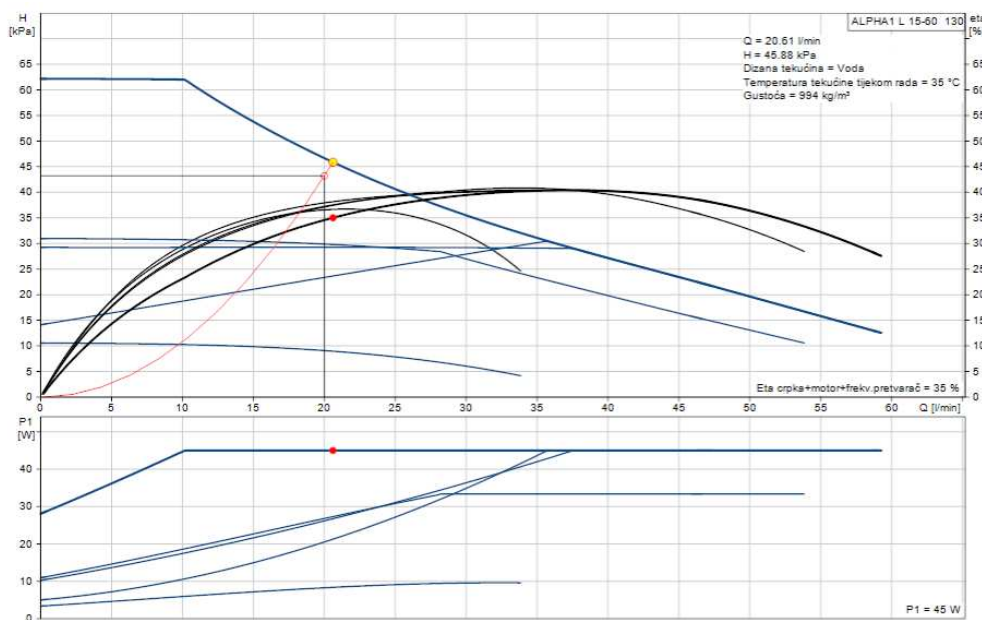
6.2. Dimenzioniranje cijevovoda sekundarnog kruga i odabir pumpe

Sekundarni krug proteže se od međuspremnik koji se nalazi u strojarnici u garaži do razdjelnika 1 odnosno razdjelnika 2. Nakon što smo dimenzionirali cijevovod sekundarnog kruga možemo izračunati ukupni pad tlaka i odabrati pumpu za sekundarni krug. Iz donje Tablica 6-2. vidimo da se kritična petlja nalazi u spavaćoj sobi 2 i iznosi 43,2 kPa. Prema tome izabrana je pumpa "Grundfos ALPHA1L 15-60 130", vidljiva na Slika 6-6., s

pripadajućim prirastom tlaka od 45 kPa za protok od . Radna krivulja izabrane pumpe priložena je preko Slika 6-5. Izračunat je i ukupni pad tlaka kroz sve petlje i u režimu hlađenja, no u tom slučaju su padovi tlaka niži nego u slučaju grijanja pa je iz tog razloga prikazana samo tablica u režimu grijanja.

dionica	dužina dionice	toplina	protok	DN	unutarnji promjer cijevi	površina poprečnog presjeka	brzina strujanja	Jedinični pad tlaka	Linjski pad tlaka	Koeficijent lokalnog otpora strujanja	Lokalni pad tlaka	Ukupni pad tlaka	ukupni pad tlaka do ogrjevnih tijela											
-	L	Q	m	-	mm	A	w	R	R*L	$\sum \xi$	Z	R*L+Z	Pa											
1	m	W	kg/s	-	mm	m ²	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa											
	15,86	7306	0,35	DN25	27	0,000573	0,61	174	2759,64	15	2801,32	5560,96												
kat 1											2,5	466,8866												
											razdjelnik 1											8000		
											grijanje											kPa	Pa	
											spavaća soba 1 podno											15,7	15700	29727,85
											spavaća soba 1 zidno											7,8	7800	21827,85
											kupaonica 1 zidno1											11,5	11500	25527,85
											kupaonica 1 zidno2											11,5	11500	25527,85
											spavaća soba 2 podno											29,5	29500	43527,85
											spavaća soba 2 zidno											14,6	14600	28627,85
											dnevni boravak podno1											21,5	21500	35527,85
dnevni boravak podno2											21,5	21500	35527,85											
dnevni boravak podno3											21,5	21500	35527,85											
dnevni boravak podno4											21,5	21500	35527,85											
razdjelnik 2												8000												
2	6	505	0,024162679	DN10	12,25	0,000118	0,20542462	40	240	3,5	73,70103													
kat 2																								
												4,7	4700	18334,66										

Tablica 6-2. Proračun cijevne mreže sekundarnog kruga



Slika 6-5. Radne krivulje pumpe "Grundfos ALPHA1L 15-60 130" za sekundarni krug [13]



Slika 6-6. Pumpa "Grundfos ALPHA1 15-60 130" [14]

7. EKSPANZIJSKA POSUDA

Funkcija ekspanzijske posude:

- Održavanje tlaka u sustavu unutar zadanih granica odnosno podešenje minimalnog tlaka i sprječavanje prekoračenja najvećeg dozvoljenog radnog tlaka
- Kompenzacija promjene volumena ogrijevnog medija kao posljedice promjene temperature
- Sprječavanje manjka ogrijevnog medija tijekom pogona sustava preko dodatnog volumena(zalihe) vode.

Dvije osnovne izvedbe ekspanzijskog sustava dijeli se na otvoreni sustav i zatvoreni sustav.

Određivanje minimalnog volumena ekspanzijske posude:

$$V_{n,min} = (V_e + V_v) \frac{p_e+1}{p_e-p_0} \text{ [lit]} \quad (7.1)$$

$V_{n,min}$ - minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude[lit]

V_e - volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda[lit]

V_v - dodatni volumen odnosno oko 0,5% volumena vode u instalaciji ili minimalno 3 litre[lit]

p_e - projektni krajnji tlak. Povezan sa točkom otvaranja sigurnosnog ventila. Kod sustava koji rade na tlakovima manjim od 5 bara procjenjuje se na 0,5 bara ispod tlaka sigurnosnog ventila. Kod sustava koji rade iznad 5 bara procjenjuje se na 10% ispod tlaka sigurnosnog ventila[bar]

p_0 - primarni tlak ekspanzijske posude odnosno tlak plina unutar ekspanzijske posude prilikom isporuke, često ga daje proizvođač[bar]

V_n - odabrani volumen ekspanzijske posude[lit]

$$V_n \geq V_{n,min} \text{ [lit]}$$

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} \text{ [lit]} \quad (7.2)$$

n- postotak širenja[-]; odabiremo uz pomoć tablice na Slika 7-1.

V_A - volumen vode u sustavu [lit]

$\theta_{\max} / ^\circ\text{C}$	30	40	50	60	70	80	90	100	105	110
$n / \%$ (+ 10°C do θ_{\max})	0,37	0,72	1,15	1,66	2,24	2,88	3,58	4,34	4,74	5,15

Slika 7-1. Tablica za odabir postotka širenja vode, n , uslijed promjene temperature [1]

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} \text{ [lit]} \quad (7.3)$$

h_{sys} - statička visina instalacije od sredine ekspanzijske posude do najviše točke sustava[m]

h_{dod} - dodatna visina. Otprilike 0,5 do 3m odnosno 0,05 do 0,3 bara[m]

7.1. Proračun i odabir ekspanzijske posude sekundarnog kruga

Pri odabiru ekspanzijske posude, kao što je već opisano, koristimo nekoliko veličina, a to su:

V_e , V_v , p_e , p_0 . $V_{n,\min}$ se računa prema formuli (7.2):

$$V_{n,\min} = (V_e + V_v) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (2,07 + 3) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1,5} = 17,75 \text{ l}$$

V_e se računa prema formuli (7.3)

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} = \frac{0,545 \cdot 380,46}{100} = 2,07 \text{ l}$$

Element	Volumen, [l]
Dizalica topline	16
Cjevovod i razdjelnici	9,66
Međuspremnik(buffer)	200
Cijevne petlje	154,84
Ukupni volumen V_a	380,46

Tablica 7-1. Volumen vode u sustavu

Koeficijent n biramo uz pomoć tablice ovisno o temperaturi polaznog voda, a u ovom slučaju taj koeficijent nakon interpolacija za temperaturu 35°C iznosi 0,545.

V_v je dodatak od 0,5% u odnosu na ukupni volumen V_a sustava, koji je prikazana u Tablica 7-1. Pošto V_v ispada manji od minimalnog uzeto je da on iznosi 3 l.

Projektni krajnji tlak p_e se određuje u odnosu na tlak sigurnosnog ventila. Za sustave ispod 5 bara radnog tlaka on iznosi 0,5 bara ispod tlaka sigurnosnog ventila. Tlak sigurnosnog ventila iznosi 3 bara, stoga se za projektne krajnje tlake uzima vrijednost od 2,5 bara.

Tlak predpunjenja p_0 daje proizvođač i on iznosi 1,5 bar.

Odabire se membranska ekspanzijska posuda proizvođača "Reflex N 18 L" sa zapreminom od 18 l (Slika 7-2.)

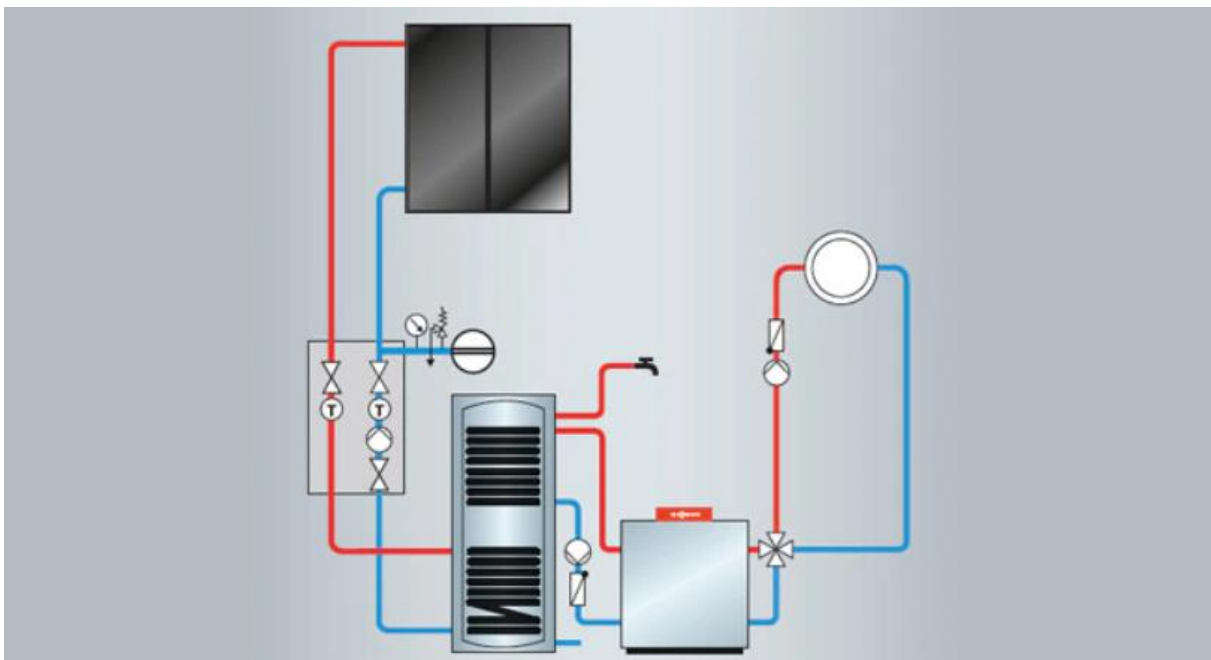


Slika 7-2. Ekspanzijska posuda "Reflex N 18 L" [15]

8. SOLARNI SUSTAV

8.1. Općenito

Sunce možemo promatrati kao neiscrpan izvor energije budući da znamo da se nuklearnom fuzijom na Suncu proizvede 380000×10^9 TW energije. Jedan dio te energije tj. oko 170000 TW dozračuje se sa površine Sunca do površine Zemlje u obliku elektromagnetskih valova valnih duljina 0,3 do 2,5 μm , tzv. kratkovalno zračenje. Godišnja količina energije apsorbirane na Zemlji iznosi 120000 TW i znatno je veća od godišnje svjetske potrošnje primarne energije. Trideset posto (30 %) od energije koja zračenjem dolazi u atmosferu se odmah reflektira većinom od oblaka i manji dio od površine Zemlje. Nadalje, jedan dio se djelomično apsorbira u atmosferi, dok preostali dio dolazi do površine u obliku direktnog ili difuznog sunčevog zračenja. Nedostatak Sunca kao izvora topline je i nepouzdanost jer ne možemo osigurati dostatnu energiju za grijanje. Naime, kada su najveće potrebe za grijanjem tada možemo osigurati najmanje energije. Iz tog razloga se solarni sustavi rijetko koriste kao samostalni izvor topline, već kao dodatni popratni izvor topline konvencionalnom sustavu grijanja i pripremi potrošne tople vode, kao na Slika 8-1.



Slika 8-1. Primjer spajanja solarnog sustava za zagrijavanje PTV-a uz podršku kotla kao sustava za podršku zagrijanju PTV-a [3]

Neki od problema samih kolektora su opasnost od smrzavanja, korozija, kondenzacija vlage iz zraka unutar kolektora.

8.2. Pločasti kolektor

Sastoji se od apsorberske ploče sa priključenim cijevnim registrom cijevi, pokrovnim staklom i stražnjom izolacijom, sve smješteno u kućište koje je napravljeno najčešće od aluminija. Apсорberska ploča najčešće je napravljena od visoko apsorbirajućih svojstava za kratkovalno zračenje i male emisivnosti u području dugih valova. Ovakav tip kolektora koristi se za grijanje potrošne tople vode, niskotemperaturno grijanje. Radna temperatura kolektora je između 40 i 60 °C u ispravnom stanju, a efikasnost između 30 i 60 %. Maksimalna temperatura vode je 80°C. Pločasti kolektor prikazan je na Slika 8-3.

8.3. Dimenzioniranje solarnih kolektora

Dimenzioniranje solarnih kolektora se provodi prema HRN EN 15316-4-3 normi. U dokumentaciji dizalice topline navedena je dopuštena površina pločastih kolektora koja iznosi 5 m^2 . Sukladno tome odabire se solarni kolektor "Daikin EKSH26P1", vidljiv na **Error! eference source not found.**, sa specifikacijama prikazanima u Tablica 8-1., sa površinom apsorbera $2,36 \text{ m}^2$ što znači da se mogu postaviti dva takva kolektora.

Veličina	Vrijednost	Jedinica
Brutno površina	2,6	m^2
Površina apsorbera	2,36	m^2
Duljina	2000	mm
Širina	1300	mm
Visina	85	mm
Zapremina kolektora	1,7	l
Kut nagiba	15-80	°
Masa	42	kg
Materijal okvira i apsorbera	aluminij	
Debljina apsorbera	0,4	mm
Materijal registra cijevi	bakar	
Oblik registra cijevi	harfa	
Materijal stakla	Jednoslojno sigurnosno staklo	
Debljina stakla	3,2	mm
Toplinska izolacija	Mineralna vuna	

Tablica 8-1. Tehnički podaci solarnog kolektora "Daikin EKSH26P1" [11]

Proračun je izveden prema algoritmu iz norme uz pomoć MS Excel-a i podataka koji su dani Državnom hidrometeorološkom zavodu za grad Pulu. Nagib kolektora je 20° zato što je i nagib krova 20° , a orijentacija je jugozapad. Cilj je u ljetnim mjesecima, kada ima najviše Sunca tj. Sunčevog zračenja, pokriti kompletnu potrebnu energiju za zagrijavanje potrošne tople vode. Ukoliko se stvara višak predajemo ga bazenskoj vodi.

Dnevna količina topline potrebne za zagrijavanje potrošne tople vode:

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_s - \theta_{cw}) \cdot n \cdot V, \left[\frac{kWh}{dan} \right] \quad (8.1)$$

ρ_w - gustoća vode, [kg/m³]

c_w - specifični toplinski kapacitet vode, [kJ/ kgK]

θ_s - temperatura tople vode u spremniku, [°C]

θ_{cw} - temperatura hladne vode, [°C]

n - broj osoba u kućanstvu

V - dnevna potrošnja vode po osobi, [l/ osoba u danu]

Da bi se uračunali toplinski gubici u proračunu se iznos dnevne količine topline uveća za 10%.

$$V_{uk} = V \cdot n [lit/dan]$$

$$V_{uk} = 30 \cdot 6 = 180 l$$

$$Q_w = 1,1 \cdot 1000 \cdot 4,187 \cdot (60 - 10) \cdot 6 \cdot \frac{30}{1000} \cdot \frac{1}{3600} = 11,51 kWh/dan$$

Sada je moguće dobiti ukupno toplinsko opterećenje za period od mjesec dana prema formuli:

$$Q_{W,sol,us,m} = Q_w \cdot t_m [kWh] \quad (8.2)$$

t_m - period od mjesec dana

Nakon što smo izračunali potrebnu energiju za grijanje PTV-a za mjesec dana moramo izračunati koliko kolektori prime topline od Sunca odnosno koliko mjesečno mogu sudjelovati u pripremi PTV-a. Tablični prikaz isporučene energije solarnih kolektora prikazan je u Tablica 8-2. Za proračun isporučene sunčeve energije potrebni su nam određeni koeficijenti iz norme, a to su:

$$X_w = A_{x,sol,m} \cdot H_{loop} \cdot \eta_{loop} \cdot \Delta T \cdot f_{sto,m} \cdot t_{ci,m} \cdot \frac{1}{Q_{sol;ls;us} \cdot 1000} [-] \quad (8.3)$$

$$Y_w = A_{x,sol,m} \cdot K_{hem}(50^\circ) \cdot \eta_0 \cdot \eta_{loop} \cdot I_{sol,m} \cdot t_{ci,m} \cdot \frac{1}{Q_{sol;ls;us} \cdot 1000} [-] \quad (8.4)$$

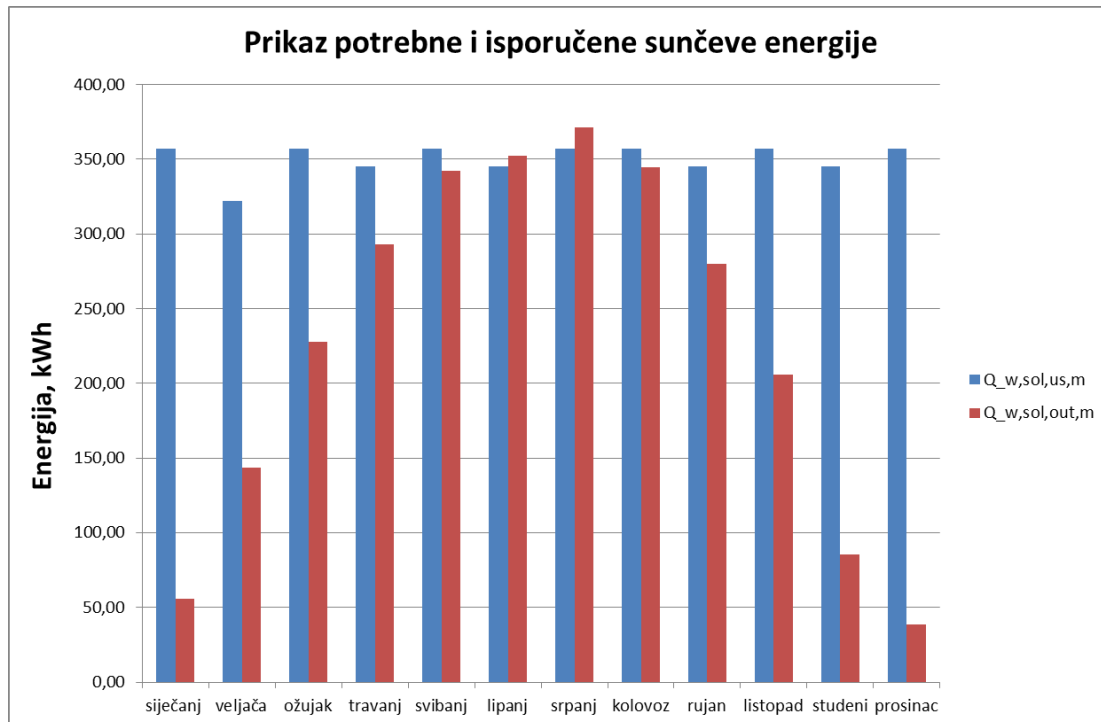
$$\vartheta_{x;ref,m} = 11,6 + 1,18 \cdot \vartheta_{w;srvt} + 3,86 \cdot \vartheta_{w;cw,m} - 1,32 \cdot \vartheta_{e,m} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (8.5)$$

$$Q_{w,sol,out,m} = f_{app} \cdot (a \cdot Y_m + b \cdot X_m + c \cdot Y_m^2 + d \cdot X_m^2 + e \cdot Y_m^3 + f \cdot X_m^3) \cdot Q_{sol,ls,us} \quad (8.6)$$

mjesec	tm_broj dana u mjesecu	broj sati	srednja mjesečna vanjska temperatura	Q_W.sol,us,m	Θ_{ref}	ΔT	X_W	I_m	Y_W	Q_W.sol,out,m
	dan	h	$^\circ\text{C}$	kWh	$^\circ\text{C}$	K	-	W/m ²	-	kWh
siječanj	31	744	6	356,94	89,48	83,48	4,20	66,71	0,41	55,78
veljača	28	672	6,2	322,40	89,22	83,02	4,17	122,63	0,74	143,47
ožujak	31	744	9,1	356,94	85,39	76,29	3,83	165,27	1,00	227,94
travanj	30	720	12,8	345,43	80,50	67,70	3,39	222,61	1,35	293,19
svibanj	31	744	18,1	356,94	73,51	55,41	2,77	253,51	1,53	342,28
lipanj	30	720	22,2	345,43	68,10	45,90	2,29	270,70	1,63	352,54
srpanj	31	744	24,9	356,94	64,53	39,63	1,97	273,67	1,64	371,56
kolovoz	31	744	24,5	356,94	65,06	40,56	2,02	242,93	1,46	344,43
rujan	30	720	19,5	345,43	71,66	52,16	2,60	198,30	1,20	279,75
listopad	31	744	15,4	356,94	77,07	61,67	3,08	140,88	0,85	206,09
studen	30	720	11	345,43	82,88	71,88	3,60	77,29	0,47	85,46
prosinac	31	744	7,2	356,94	87,90	80,70	4,05	57,25	0,35	38,75

Tablica 8-2. Prikaz potrebne energije za zagrijavanje PTV-a i isporučene energije solarnog sustava po mjesecima

Error! Reference source not found.. dočarava kolike su energetske potrebe postojećeg ustava za zagrijavanje potrošne tople vode i isporučene energije solarnih kolektora po mjesecima.



Slika 8-2. Usporedba potrebne energije za grijanje PTV-a i isporučene energije solarnog sustava po mjesecima



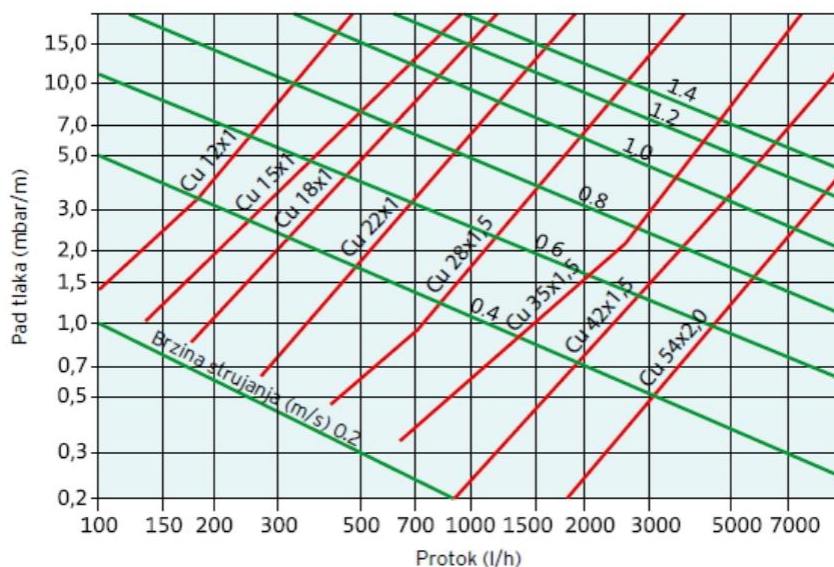
Slika 8-3. Solarni kolektor "Daikin EKSH26P1" [12]

8.4. Dimenzioniranje cjevovoda solarnog sustava i odabir pumpe

Iskustveni podaci za dimenzioniranje solarnih kolektora kažu da bi protok vode kroz kolektor trebao biti 35-80 l/h po metru kvadratnom apsorberske površine kolektora. Obzirom da su u ovom radu instalirana dva kolektora ukupne površine 4,72 m² vrijedi da je minimalni dopušteni protok kroz kolektor 165 l/h, a maksimalni preporučeni protok 377 l/h. Preporuka proizvođača "Daikin" kaže da je optimalni protok kroz izmjenjivač 90-120 l/h po kolektoru. Dakle, za dva kolektora ta preporuka iznosi od 180-240 l/h. Uzimajući u obzir obje

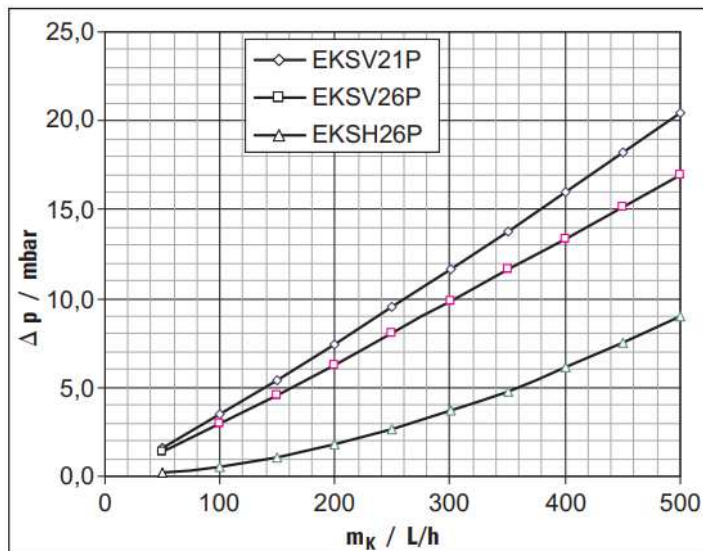
preporuke izabran je volumenski protok kroz kolektor u iznosu od 50 l/hm^2 koje će dati ukupni volumenski protok od 236 l/h . Nadalje, brzina vode u solarnom krugu ne bi trebala prelaziti 1 m/s kako bi izbjegli stvaranje šumova. Prilikom određivanja ukupnog pada tlaka u sustavu zbrajaju se padovi tlaka u cjevovodu solarnog kruga, pad tlaka kroz pojedini kolektor te pad tlaka u izmjenjivaču koji se nalazi unutar spremnika potrošne tople vode.

Prema donjem dijagramu na Slika 8-4. uz pomoć odabranog protoka od 236 l/h i preporuke da brzina strujanja ne prelazi 1 m/s odabire se bakrena cijev $\Phi \text{ Cu } 15 \times 1$ koja izaziva jedinični pad tlaka R od $2,5 \text{ mbar/m}$.



Slika 8-4. Pad tlaka u bakrenoj cijevi sa protočnom smjesom 60% voda i 40% glikol [17]

Iz donjeg dijagrama na Slika 8-5. kojeg daje proizvođač solarnih panela isčitava se da je pri protoku od 236 l/h pad tlaka kroz kolektor 8 mbara . Shodno tome, ukupni pad tlaka kroz kolektore je 16 mbara zbog postojanja 2 kolektora u nizu spojena serijski.

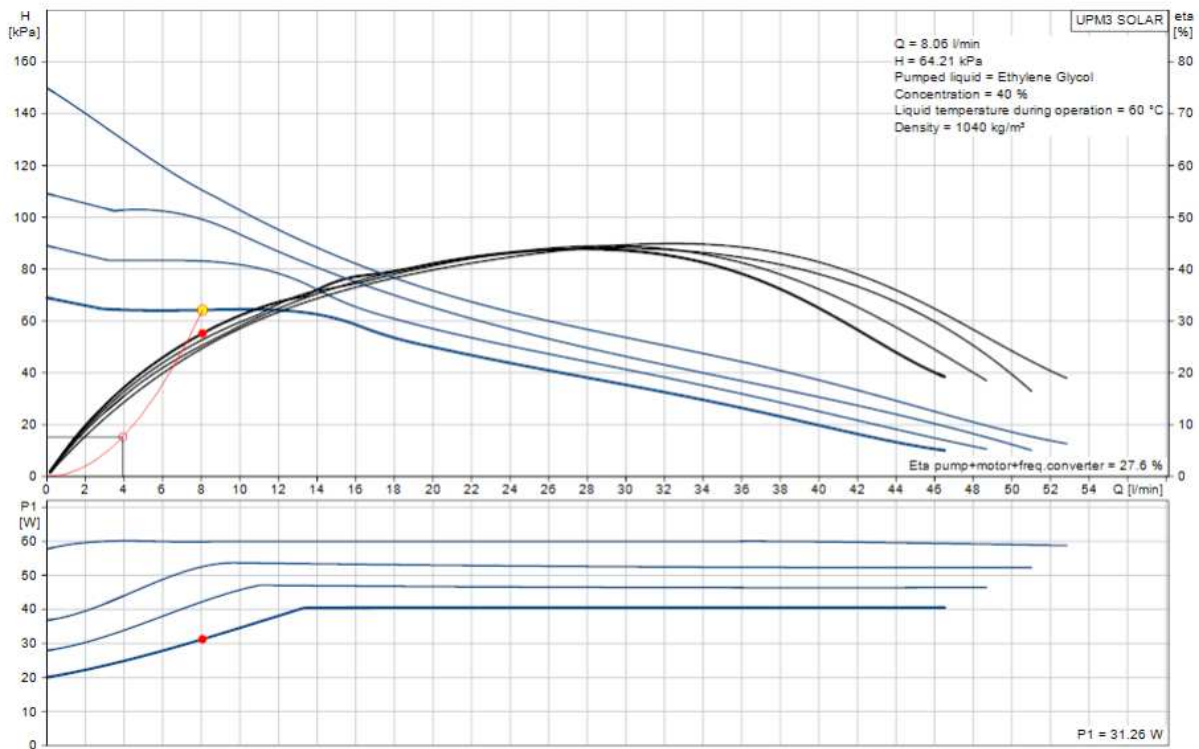


Slika 8-5 Graf ovisnosti pada tlak i protoka unutar solarnog kolektora [11]

dionica	duljina dionice	volumni protok kroz kolektor	ukupni volumenski protok	Velicina cijevi	unutarnji promjer cijevi	površina poprečnog presjeka	brzina strujanja	jedinični pad tlaka	linijski pad tlaka	koefficient lokalnog otpora strujanja	gustoća glikol-voda	Lokalni pad tlaka	ukupni pad tlaka
-	L	q _k	q _v	-	mm	A	w	R	R*L	$\Sigma \xi$	ρ	Z	R*L+Z
-	m	l/hm ²	l/h	-	mm	m ²	m/s	Pa/m	Pa	-	kg/m ³	Pa	Pa
1	30	50	240	Cu 15x1	15	0,000177	0,377256161	250	11250	13,5	1041	1000,063	12250,06
pad tlaka kroz kolektore													1600
pad tlaka kroz izmjenjivač u spremniku													1000
UKUPNI PAD TLAKA													14850,06

Tablica 8-3. Proračun cijevne mreže solarnog sustava

Proivodač "Daikin" isporučuje pumpu za pogon medija solarnog kruga pa treba provjeriti zadovoljava li ta pumpa potrebe solarnog sustava u stvarnim uvjetima. Ukupni izračunati pad tlaka solarnog sustava, prema Tablica 8-3, iznosi 14,8 kPa. Odabrana pumpa "Grundfos UPM3 SOLAR 15-145 130 CZA" (Slika 8-7.) odgovara za naš sustav, što se vidi iz radne krivulje pumpe na Slika 8-6.



Slika 8-6. Radne krivulje pumpe "Grundfos UPM3 SOLAR 15-145 130 CZA" solarnog sustava [13]



Slika 8-7. Pumpa "Grundfos UPM3 SOLAR 15-145 130 CZA" [14]

8.5. Proračun i odabir ekspanzijske posude solarnog sustava

Minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude:

$$V_{n,min} = (\Delta V + V_D + V_v) \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} \text{ [lit]} \quad (8.7)$$

$$V_{n,min} = (\Delta V + V_D + V_v) \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (1,99 + 3,4 + 4,69) \frac{5,5 + 1}{5,5 - 1,5} = 16,38 \text{ l}$$

ΔV - promjena volumena smjese s promjenom temperature, [lit]

$$\Delta V = V_{sus} \frac{n}{100} \text{ [lit]} \quad (8.8)$$

$$\Delta V = 23,47 \cdot \frac{8,5}{100} = 1,99 \text{ l}$$

V_{sus} - volumen vode u sustavu, [lit]

$$V_{sus} = V_{kol} + V_{cij} + V_{arm} + V_{izm} \quad (8.9)$$

$$V_{sus} = 3,41 + 5,3 + 1,76 + 13 = 23,47 \text{ l}$$

n - postotak širenja vode[-], 8,5%

V_D - volumen preuzetog sadržaja pare iz kolektora, [lit], $V_D = V_K = 2 \cdot 1,7 \text{ l} = 3,4 \text{ l}$

V_v - dodatna količina vode uslijed oscilacije tlaka u sustavu, [lit]

$$V_v = 0,2 \cdot V_{sus} \text{ [lit]} \quad (8.10)$$

$$V_v = 0,2 \cdot V_{sus} = 0,2 \cdot 23,47 = 4,69 \text{ l}$$

p_e - projektni krajnji tlak, [bar]

$$V_v = 0,2 \cdot V_{sus} \text{ [lit]} \quad (8.11)$$

$$p_e = p_{sv} - 0,5 \quad (8.12)$$

$$p_e = p_{sv} - 0,5 = 6 - 0,5 = 5,5 \text{ bar}$$

p_{sv} - tlak sigurnosnog ventila, [bar], uzima se da je 6 bara

p_0 - primatni tlak punjenja, [bar], 1,5 bar

Odabrana je ekspanzijska posuda "Reflex S 18"(Slika 8-8.) sa zapreminom od 18 l i tlakom predpunjenja od 1,5 bara.



Slika 8-8. Ekspanzijska posuda "Reflex S 18" [15]

8.6. Dimenzioniranje akumulacijskog spremnika

Akumulacijski spremnik nalazi se u sklopu dizalice topline, ali je potrebno provjeriti hoće li zadovoljiti potrebe našeg sustava grijanja potrošne tople vode. Najveće izljevno mjesto je kada sa potrošnjom od 200 l. Pretpostavlja se 1 kupanje u sat vremena, stoga je potrošnja 200 l u sat vremena. Manja izljevna mjesta, poput tuša, umivaonika i kuhinje se zanemare. Najveća potrošnja pretpostavlja se između 20:00 i 22:00 sata, dakle u trajanju od dva sata. Potreban protok PTV-a je u tom slučaju:

$$\dot{V} = V_w \cdot n_T \cdot \varphi \text{ [lit]} \quad (8.13)$$

V_w - volumen najvećeg trošila (kada 200 l), [lit]

n_T - broj trošila u kući, [-]

φ - faktor istovremenosti, [-]

$$\dot{V} = 200 \cdot 1 \cdot 1 = 200 \text{ [l/h]}$$

Potrebni toplinski tok za zagrijavanje PTV-a:

$$\Phi = V_w \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{HW} - \theta_{CW}) \cdot n_T \cdot \varphi, \text{ [kW]} \quad (8.14)$$

Φ - potreban toplinski tok za zagrijanje PTV-a[W]

ρ_w - gustoća vode, [kg/m³]

c_w - specifični toplinski kapacitet vode, [kJ/kgK]

Θ_{HW} - temperatura tople vode, [°C]

Θ_{CW} - temperatura hladne vode, [°C]

$$\Phi = \frac{200}{1000 \cdot 3600} \cdot 1000 \cdot 4,187 \cdot (45 - 10)$$

$$\Phi = 8,14[\text{kW}]$$

$$\Phi_{DT} = \frac{\Phi \cdot z_B}{z_A + z_B} [\text{kW}] \quad (8.15)$$

Φ_{DT} - toplinski tok izvora topline(dizalica topline)

z_A - trajanje zagrijavanja do radne temperature spremnika[h]

z_B - trajanje najveće potrošnje[h]

$$\Phi_{DT} = \frac{8,14 \cdot 2}{2 + 2}$$

$$\Phi_{DT} = 4,07[\text{kW}]$$

$$Q_{spr} = \Phi_{DT} \cdot z_A [\text{kWh}] \quad (8.16)$$

Q_{spr} - toplinska energija u spremniku, [kWh]

$$Q_{spr} = 4,07 \cdot 2$$

$$Q_{spr} = 8,14[\text{kWh}]$$

Volumen spremnika za akumulacijski sustav:

$$V_{spr} = \frac{Q_{spr} \cdot b \cdot k}{\rho_w \cdot c_w (\Theta_S - \Theta_U)} [l] \quad (8.17)$$

b- dodatak zbog mrtvog prostora, [-]

k- dodatak zbog taloženja kamenca, [-]

Θ_S - srednja najviša temperatura u spremniku, [°C]

Θ_U - najniža dopuštena temperatura u spremniku, [°C]

$$V_{spr} = \frac{8,14 \cdot 3600 \cdot 1,1 \cdot 1,2}{\frac{1000}{1000} \cdot 4,187 \cdot (60 - 10)}$$

$$V_{spr} = 184,8[\text{l}]$$

Zaključak je da integrirani spremnik "Daikin EKHWP300B" (Slika 8-9.) od 290 l u dizalici topline odgovara potrebama sustava koji zahtjeva zapreminu od 184,8 l.



Slika 8-9. Integrirani spremnik "Daikin EKHWP300B" [11]

9. REGULACIJA

Automaska regulacija bitan je dio sustava jer omogućava prilagodbu unutarnjih uvjeta u ovisnosti o vanjskim uvjetima. Što je bolja regulacija biti će kraći vremenski odziv sustava odnosno sustav će se brže prilagođavati nametnutim uvjetima i ostvarivati će veću uštedu energije.

Glavni regulator je "Daikin Madoka BRC1HHDW/S/K"(Slika 9-1.) koji održava temperaturu polaza ogrjevnice vode na 35°C u režimu grijanja i temperaturu polaza rashladne vode na 16°C u režimu hlađenja. Glavni regulator je povezan sa upravljačkom jedinicom svih podnih petlji "Rehau Base Nea Smart" (Slika 9-4.). Termostati "Rehau Nea Smart"(Slika 9-2.) su povezani sa glavnim regulatorom i postavljeni u svakoj sobi namjenjenoj za grijanje odnosno hlađenje. Osjetnik vlažnosti "Rehau Nea Smart" postavljen je uz pod kako bi mogli spriječiti kondenzaciju vlage prilikom hlađenja. Osim što uzima u obzir trenutnu toplinu ogrjevnih/rashladnih površina termostat uzima u obzir i toplinu od sunčevog zračenja, ljudi, rasvjete, strojeva i drugih izvora topline. Na temelju kontinuirane usporedbe ciljane i trenutne temperature, termostat otvara i zatvara pojedinačne krugove grijanja putem termoelektričnih ventila "Rehau Nea Smart"(Slika 9-3.) na svakoj petlji. Na temelju informacija o vlažnosti i temperaturi zraka u prostoriji, upravljačka jedinica termostata računa temperaturu točke rosišta zraka. Ako je razlika temperature rosišta i temperature polaza rashladne vode manja od minimalne dopuštene odnosno 3°C upravljačka jedinica zatvara ventil cijevne petlje unutar te prostorije kako bi se spriječila kondenzacija vlage iz zraka na površinama koje su hlađene. Na taj su način indirektno regulirani pumpe primarnog i sekundarnog kruga, troputni miješajući ventil i prolazni ventil u razdjelniku 1.1 i 1.2. Nadalje, osjetnik vanjske temperature i osjetnik temperature u međuspremniku direktno su spojeni na glavni regulator. Temperaturni graničnik u polaznom vodu osigurava da se ne prijeđe maksimalna postavljena temperatura polaza od 60°C odnosno u slučaju hlađenja da se ne spusti ispod 7°C. Temperatura polaznog voda nakon međuspremnika regulira se pomoću troputnog miješajućeg ventila. Miješanjem polazne i povratne vode postiže se temperatura polaza prema trenutnim toplinskim zahtjevima.



Slika 9-1. Regulator "Daikin Madoka BRC1HHDW/S/K" [11]



Slika 9-2. Termostat "Rehau Nea Smart" [2]



Slika 9-3. Termoelektrični ventil "Rehau Nea Smart" [2]



Slika 9-4. Regulator "Rehau Base Nea Smart"[2]

10. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Ovaj rad sadrži rješenje za sustav grijanja i hlađenja obiteljske kuće i bazena sa solarnim sustavom kao potporom za zagrijavanje potrošne tople vode i zagrijavanje bazena u periodima kada je dostupan višak topline. Kuća se nalazi u selu Bokordići, u općini Svetvinčenat, u središtu Istre, oko 30 km udaljenoj od grada Pule. Za grijanje se koristi voda kao ogrjevni medij i to u niskotemperaturnom režimu 35/30°C, dok se za hlađenje koristi voda u režimu 16/19°C. Dizalica topline zrak - voda ogrjevnog učina 9,02 kW i rashladnog učina 11,2 kW "EBSXB11P30D + ERLA11DW1" proizvođača "Dakin" koristi se kao izvor tj. ponor topline. Kao radna tvar koristi R-32 te ima integrirane pumpu primarnog kruga i spremnik za potrošnu toplu vodu volumena 290 l. Primarni krug dizalice topline povezuje dizalicu topline i međuspremnik koji su povezani sa po jednom cijevi polaza i povrata, a strujanje se ostvaruje radom pumpe "Grundfos UPM3L K 20-75 CHBL AZA 3 RT" integrirane u dizalici topline. Međuspremnik "Viessmann Vitocell 100-E" zapremine 200 l koristi se kako bi se stabilizirao rad sustava. U povratnu cijev se postavlja membranska ekspanzijska posuda "Reflex N 18 L", zapremine 18 l. Sekundarni krug povezuje međuspremnik tj. "buffer" sa razdjelnicima. Cirkulacijska pumpa "Grundfos ALPHA1L 15-60 130" postavlja se u polazni vod te osigurava cirkulaciju vode do razdjelnika i u cijevnim petljama. Za ogrjevna i rashladna tijela koriste se podne i zidne cijevne petlje. Podne petlje koriste se i u režimu grijanja i u režimu hlađenja, dok će se zidne petlje koristiti samo u režimu hlađenja osim zidnih petlji u kupaonici 1 i dnevnom boravku, gdje će se zidne petlje koristiti samo za grijanje. Proizvođač cijevi za podne i zidne petlje je "REHAU". Cijevne petlje izvedene su u mokroj izvedbi prekrivene cementnim estrihom odnosno žbukom. Cijevne petlje se razdvajaju pomoću razdjelnika "Rehau- HLV". Ukupni instalirani učin grijanja iznosi 7,3 kW, a hlađenja 3,4 kW. U kupaonici 1 su predviđene dvije zidne petlje koje će pokrivati toplinske gubitke, dok će se u kupaonici 2 toplinski gubici pokrivati uz pomoć spavaće sobe 2, a u zahodu uz pomoć cijevnih petlji dnevnog boravka. Solarni sustav se koristi kao potpora za zagrijavanje PTV-a i za zagrijavanje bazenske vode kada za to ima viška topline. Radi se o indirektnom solarnom sustavu, a kao medij se koristi 40%-tna smjesa glikola i vode kako ne bi došlo do smrzavanja vode. Strujanje ostvaruje cirkulacijska pumpa "Grundfos UPM3 SOLAR 15-145 130 CZA". Solarni kolektori orijentirani su na jugozapad, sa nagibom od 20°, koji je ujedno i nagib kosog krova. Izabrani su kolektori tvrtke "Daikin", model "EKSH26P1". Postavljena su 2 kolektora, bruto površina 2.6 m², kako bi se namirila kompletna potražnja za energijom za grijanje

potrošne tople vode. Solarni sustav oprema se sa zatvorenom membranskom ekspanzijskom posudom "Reflex S 18", zapremine 18 l.

11. ZAKLJUČAK

Projekt je napravljen s ciljem postizanja visoke razine komfora uz pomoć sustava niskotemperaturne dizalice topline i solarnog sustava. Iako je u ovom radu korištena dizalica topline zrak-voda, mogla se ugraditi i dizalica topline tlo-voda, budući da objekt za to ima mjesta. To bi još više doprinijelo osjećaju komfora zato što bi se smanjila buka koju proizvodi ventilator na vanjskoj jedinici postojeće dizalice topline, a i tlo je stabilniji izvor topline od zraka. Iskorištena je prednost lokacije na kojoj se nalazi kuća kako bi se dobilo što više energije od Sunca, što je moguće ostvariti zato što se kuća nalazi na Mediteranu te veći dio godine ima sunčanih dana. Zaključak o tome kada će se isplatiti ovakav sustav nije moguće donijeti jer nije napravljena investicijska troškovna analiza i analiza sustava u eksploataciji. Sustav ima potencijal da u budućnosti bude visoko obnovljiv, budući da bi se moglo instalirati fotonaponske ćelije za generiranje električne energije uz pomoć Sunca pa bi i dizalica topline bila 100% obnovljiv izvor topline.

LITERATURA

- [1] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija Grijanje, FSB Zagreb
- [2] <https://www.rehau.com/hr-hr>
- [3] <https://www.viessmann.hr/>
- [4] Tehnička dokumentacija "Viessmann"
- [5] <https://www.google.com/>
- [6] Arhitektonski nacrt, PV STUDIO d.o.o., Veseljko Puh dipl. ing. arh.
- [7] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, prilog B i prilog E, Narodne novine NN 97/2015., Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja
- [8] HRN EN 12831
- [9] VDI 2078
- [10] VDI 3804
- [11] Tehnička dokumentacija "Daikin"
- [12] <https://www.daikin.hr/>
- [13] Tehnička dokumentacija "Grundfos"
- [14] <https://www.grundfos.com/>
- [15] <https://www.reflex-winkelmann.com/>
- [16] <https://www.energy.gov/energysaver/solar-water-heaters>
- [17] Hunić, D., 2015., Projekt grijanja stambene zgrade sustavom s dizalicom topline, Završni rad, Zagreb

PRILOZI

Prilog 1 - Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema normi HRN EN 12831

Prilog 2 - Proračun projektnog rashladnog opterećenja prema smjernici VDI 2078

Prilog 3 - Tehnička dokumentacija

Prilog 1 - Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema normi HRN EN 12831

Projekt:**Toplinski gubici**

Kat 1		Prostorija:					P1 Spavaća soba 1														
Duljina (m)		4,13					T (m)										5,00				
Širina (m)		3,00					Gw										1,00				
Površina (m ²)		12,39					f g1										1,45				
Visina (m)		3,20					Broj otvora										1				
Volumen (m ³)		39,65					e i										0,03				
Oplošje (m ²)		70,41					f vi										1,00				
Visina iznad tla (m)		0,35					V ex (m ³ /h)										0,00				
Theta int, i (°C)		20					V su (m ³ /h)										0,00				
Theta e (°C)		- 6					V su,i (m ³ /h)										0,00				
f RH		6,00					n min (1/h)										0,50				
Korekcijski faktor - fh,i		1,00																			
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	VŠ (m)	A (m²)	O	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as (°C)	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)
VZ	okolici	SZ	1	0,00	0,00	9,60	+	9,60	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,880	74
VZ	okolici	JZ	1	0,00	0,00	8,23	+	8,23	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,469	64
P	okolici	JZ	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,250	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,100	54
K	okolici	hor.	1	0,00	0,00	14,04	+	12,36	0,00	0,00	0,00	0,250	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,090	80
kut vanjskog zida	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,020	0
završetak unutarnjeg pregradnog zida	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,500	13

horizontalni spoj pod-zid, zid strop	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	4,84	4,840	125
završetak unutarnjeg zida prema vanjskom izoliranom zidu	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,470	12
prozor	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,620	16
PPT	zemlji (pod)	hor.	1	4,13	3,00	12,39	+	12,39	7,13	3,48	0,00	0,300	0,17	- 6	1,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,705	18
UPZ	grijanoj prostoriji	SI	1	2,98	4,00	11,92	+	11,92	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	24	1,00	0,00	- 0,15	0,00	0,00	- 2,201	0

Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	10	Phi T,i (W)	460
Phi V,min (W)	20	Phi V,i (W)	175
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	84
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	709
Phi RH (W)	74	Phi/A (W/m ²)	57
Phi/V (W/m ³)	17		

Kat 1	Prostorija:	P2 Kupaona 1	
Duljina (m)	2,25	T (m)	5,00
Širina (m)	2,98	Gw	1,00
Površina (m ²)	6,70	f g1	1,45
Visina (m)	2,40	Broj otvora	1
Volumen (m ³)	16,09	e i	0,03
Oplošje (m ²)	38,51	f vi	1,00
Visina iznad tla (m)	0,35	V ex (m ³ /h)	0,00

završetak unutarnjeg pregradnog zida prema vanjskom izoliranom zidu prema vani	okolici (Toplinski most)	SZ	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,520	13
horizontalni spoj pod-zid, zid-strop	okolici (Toplinski most)	SZ	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,65	4,650	120
završetak unutarnjeg zida prema vanjskom izoliranom	okolici (Toplinski most)	SI	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,470	12	
PPT	zemlji (pod)	hor.	1	4,13	3,25	13,42	+	13,42	7,38	3,64	0,00	0,300	0,17	- 6	1,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,763	19

Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	11	Phi T,i (W)	474
Phi V,min (W)	22	Phi V,i (W)	196
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	94
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	750
Phi RH (W)	81	Phi/A (W/m ²)	55
Phi/V (W/m ³)	16		

Kat 1		Prostorija:					P4 Kupaona 2																
Duljina (m)		1,52				T (m)							5,00										
Širina (m)		2,87				Gw							1,00										
Površina (m ²)		4,36				f g1							1,45										
Visina (m)		2,40				Broj otvora							0										
Volumen (m ³)		10,47				e i							0,00										
Oplošje (m ²)		29,80				f vi							1,00										
Visina iznad tla (m)		0,35				V ex (m ³ /h)							0,00										
Theta int, i (°C)		24				V su (m ³ /h)							0,00										
Theta e (°C)		- 6				V su,i (m ³ /h)							0,00										
f RH		6,00				n min (1/h)							1,50										
Korekcijski faktor - fh,i		1,00																					
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A (m²)	O	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as (°C)	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
VZ	okolici	SI	1	0,00	0,00	3,11	+	3,11	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,933	28	
P	okolici	SI	1	0,60	0,90	0,54	-	0,54	0,00	0,00	0,00	1,250	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,675	20	
prozor	okolici (Toplinski most)	SI	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,360	10	
završetak unutarnjeg zida prema vanjskom izoliranom zidu prema vani	okolici (Toplinski most)	SI	2	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,470	0,940	28	
horizontalni spoj pod-zid, zid-strop	okolici (Toplinski most)	SI	2	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,500	1,000	30	
PPT	negrijanoj prostoriji	hor.	1	0,00	0,00	4,18	-	4,18	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,585	17	

S	negrijanoj prostoriji	hor.	1	1,52	2,87	4,36	-	4,36	0,00	0,00	0,00	0,600	0,00	10	1,00	0,47	0,00	0,00	0,00	1,221	36
UPZ	negrijanoj prostoriji	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	10	0,00	1,40	0,00	0,00	1,22	1,708	51
	(Toplinski most)																				
unutarnji pregradni zid na stropu podruma	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	10	1,00	1,40	0,00	0,00	0,06	0,084	2
strop podruma, izolirani podrumski zid, od unutra prema podrumu	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	10	1,00	1,40	0,00	0,00	0,49	0,686	20
strop prizemlja od unutra prema tavanu	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	10	1,00	1,40	0,00	0,00	0,50	0,700	21
strop prizemlja prema tavanu, od unutra prema tavanu	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	10	1,00	1,40	0,00	0,00	0,06	0,084	2

strop prizemlja prema tavanu, unutarnji pregradni zid, prema tavanu	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	10	1,00	1,40	0,00	0,00	0,02	0,028	0
UNZ	grijanoj prostoriji	SZ	1	0,00	0,00	12,45	12,45	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	20	1,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,498	14	
VU	grijanoj prostoriji	SZ	1	0,65	2,04	1,33	-	1,33	0,00	0,00	0,00	2,000	0,00	20	1,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,355	10

Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	0	Phi T,i (W)	295
Phi V,min (W)	16	Phi V,i (W)	160
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	0
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	481
Phi RH (W)	26	Phi/A (W/m ²)	110
Phi/V (W/m ³)	45		

Kat 1	Prostorija:	P5 WC	
Duljina (m)	2,08	T (m)	5,00
Širina (m)	1,00	Gw	1,00
Površina (m ²)	2,08	f g1	1,45
Visina (m)	2,40	Broj otvora	0
Volumen (m ³)	4,99	e i	0,00
Oplošje (m ²)	18,94	f vi	1,00
Visina iznad tla (m)	0,35	V ex (m ³ /h)	0,00
Theta int, i (°C)	20	V su (m ³ /h)	0,00
Theta e (°C)	- 6	V su,i (m ³ /h)	0,00
f RH	6,00	n min (1/h)	1,50
Korekcijski faktor - fh,i	1,00		

OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A (m ²)	O	A' (m ²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as (°C)	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)
PPT	negrijanoj prostoriji	hor.	1	0,00	0,00	2,08	+	2,08	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,240	6
horizontalni spoj pod-zid, zid-strop	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	10	1,00	1,67	0,00	0,00	0,90	1,500	39
unutarnji pregradni zid na stropu podruma	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	10	1,00	1,67	0,00	0,00	0,10	0,167	4

Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	0	Phi T,i (W)	49
Phi V,min (W)	7	Phi V,i (W)	66
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	0
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	127
Phi RH (W)	12	Phi/A (W/m ²)	61
Phi/V (W/m ³)	25		

Kat 1	Prostorija:	P6 Dnevni boravak	
Duljina (m)	54,97	T (m)	10,00
Širina (m)	1,00	Gw	1,00
Površina (m ²)	54,97	f g1	1,45
Visina (m)	4,00	Broj otvora	0
Volumen (m ³)	219,88	e i	0,00
Oplošje (m ²)	557,70	f vi	1,00
Visina iznad tla (m)	0,35	V ex (m ³ /h)	0,00
Theta int, i (°C)	20	V su (m ³ /h)	0,00
Theta e (°C)	- 6	V su,i (m ³ /h)	0,00

f RH				6,00		n min (1/h)				0,50											
Korekcijski faktor - fh,i				1,00																	
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A (m ²)	O	A' (m ²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as (°C)	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)
VZ	okolici	SI	1	0,00	0,00	11,65	+	11,65	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,495	90
P	okolici	SI	1	0,60	0,90	0,54	-	0,54	0,00	0,00	0,00	1,250	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,675	17
VV	okolici	SI	1	1,40	2,20	3,08		3,08	0,00	0,00	0,00	2,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,160	160
VZ	okolici	JI	1	0,00	0,00	31,40		31,40	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,420	244
P	okolici	JI	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,250	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,100	54
VZ	okolici	JZ	1	0,00	0,00	22,29	+	20,07	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,021	156
VV	okolici	JZ	1	0,00	0,00	7,59	+	7,59	0,00	0,00	0,00	2,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,180	394
K	okolici	hor.	1	0,00	0,00	51,75	+	51,75	0,00	0,00	0,00	0,250	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,938	336
završetak unutarnjeg zida prema vanjskom izoliranom zidu	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	2,13	2,130	55
strop prizemlja od unutra prema vanjskom zraku	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	7,51	7,510	195
horizontalni spoj pod-zid, zid-strop	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	7,11	7,110	184
prozor	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	1,75	1,750	45

vrata vanjska donji dio	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,490	12
vrata vanjska ostalo	okolici (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	1,51	1,510	39
UPZ	negrijanoj prostoriji	hor.	1	1,70	1,52	2,58	+	2,58	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	10	1,00	0,38	0,00	0,00	0,00	1,191	31
PPT	negrijanoj prostoriji	hor.	1	0,00	0,00	54,97	-	54,97	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,38	0,00	0,00	0,00	6,343	164
križanje pregradnog zida, most kroz ravni zid	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	10	1,00	1,67	0,00	0,00	0,10	0,167	4
horizontalni spoj pod-zid, zid-strop	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	10	1,00	1,67	0,00	0,00	4,55	7,583	197
unutarnji zid koji prolazi kroz strop podruma	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 6	1,00	4,33	0,00	0,00	2,94	12,740	331

Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	0	Phi T,i (W)	2717
Phi V,min (W)	110	Phi V,i (W)	972
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	0
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	4018
Phi RH (W)	330	Phi/A (W/m ²)	73
Phi/V (W/m ³)	18		

unutarnji pregradni zid	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	hor.	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10	1,00	1,67	0,00	0,00	0,56	0,933	24
prozor	okolici (Toplinski most)	SZ	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	- 6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,360	9

Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	0	Phi T,i (W)	161
Phi V,min (W)	9	Phi V,i (W)	80
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	0
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	241
Phi RH (W)	0	Phi/A (W/m ²)	24
Phi/V (W/m ³)	13		

Prilog 2 - Proračun projektnog rashladnog opterećenja prema smjernici VDI 2078

Projekt:

Toplinski dobici

K1 Kat 1		P1 Spavaća soba 1													
Tip prostora	L - lagano	a (m)		4,13											
Orijentacija	JZ - jugo - zapadno	b (m)		3,00											
Tip zračenja	ukupno	c (m)		3,20											
Datum	23. Sranj	V (m ³)		39,65											
T		4,30		O (m ²)		70,41									
				Ap (m)		12,39									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26		
Vanj. temp. (°C)		18,30	17,60	16,90	16,30	16,20	17,50	20,10	22,80	25,60	27,70	29,20	30,60		
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	13	176	185	190	195		
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	3	33	35	37	38		
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	20	95	108	116	123		
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Transmisija (W)		39	34	27	21	16	13	14	16	17	18	20	24		
Zračenje (W)		0	0	0	0	3	7	10	14	20	25	48	145		
Infiltracija (W)		- 49	- 54	- 58	- 62	- 63	- 54	- 38	- 20	- 2	10	20	29		
Ukupno (W)		- 10	- 20	- 31	- 41	- 44	- 34	- 14	46	339	381	431	554		
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26		
Vanj. temp. (°C)		31,60	32,40	32,90	33,00	32,40	31,50	30,00	27,50	24,90	23,20	22,00	20,90		
Osobe (W)		199	204	205	208	210	213	215	215	0	0	0	0		

Rasvjeta (W)	40	41	42	43	43	44	44	45	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	130	135	141	144	148	149	153	155	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	27	32	37	44	47	52	55	55	54	53	50	48
Zračenje (W)	313	462	533	480	324	144	30	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	36	41	44	45	41	35	25	9	-7	-18	-25	-32
Ukupno (W)	745	915	1002	964	813	637	522	479	47	35	25	16

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 1002 (W) u 15 sati.

K1 Kat 1**P2 Kupaona 1**

Tip prostora	L - lagano			a (m)	2,25							
Orijentacija	SZ - sjeverno - zapadno			b (m)	2,98							
Tip zračenja	ukupno			c (m)	2,40							
Datum	23. Srpanj			V (m ³)	16,09							
T	4,30			O (m ²)	38,51							
				Ap (m)	6,70							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18,30	17,60	16,90	16,30	16,20	17,50	20,10	22,80	25,60	27,70	29,20	30,60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	6	87	92	95	97
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	1	13	14	16	17
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	11	54	61	65	70
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	-2	-2	-4	-4	-5	-4	-3	-2	-1	-1	0	1

Zračenje (W)	0	0	0	0	1	2	4	5	7	9	10	10
Infiltracija (W)	- 60	- 66	- 71	- 76	- 77	- 66	- 46	- 25	- 3	13	25	36
Ukupno (W)	- 62	- 68	- 75	- 80	- 81	- 68	- 45	- 4	157	188	211	231
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31,60	32,40	32,90	33,00	32,40	31,50	30,00	27,50	24,90	23,20	22,00	20,90
Osobe (W)	99	102	102	103	105	106	107	107	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	18	19	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	73	76	80	82	83	84	86	87	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	1	1	2	3	2	2	2	1	0	0	0	- 1
Zračenje (W)	11	13	31	79	120	105	37	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	44	50	54	55	50	43	31	11	- 8	- 22	- 31	- 40
Ukupno (W)	246	261	289	342	360	340	263	206	- 8	- 22	- 31	- 41

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 360 (W) u 17 sati.

K1 Kat 1		P3 Spavaća soba 2											
Tip prostora	L - lagano	a (m)					4,13						
Orijentacija	SI - sjevero - istočno	b (m)					3,25						
Tip zračenja	ukupno	c (m)					3,30						
Datum	23. Srpanj	V (m³)					44,29						
T		4,30					O (m²)					75,55	
							Ap (m)					13,42	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18,30	17,60	16,90	16,30	16,20	17,50	20,10	22,80	25,60	27,70	29,20	30,60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	13	176	185	190	195

Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	4	36	38	40	41
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	20	95	108	116	123
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	33	27	21	15	11	8	8	9	12	13	16	21
Zračenje (W)	0	0	0	0	55	237	342	272	129	58	52	49
Infiltracija (W)	- 55	- 60	- 65	- 70	- 70	- 61	- 42	- 23	- 2	12	23	33
Ukupno (W)	- 22	- 33	- 44	- 55	- 4	184	308	295	446	414	437	462
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31,60	32,40	32,90	33,00	32,40	31,50	30,00	27,50	24,90	23,20	22,00	20,90
Osobe (W)	199	204	205	208	210	213	215	215	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	43	44	45	46	47	47	48	48	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	130	135	141	144	148	149	153	155	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	25	32	38	46	49	53	54	52	50	48	44	41
Zračenje (W)	44	40	34	27	19	12	5	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	40	46	49	50	46	39	28	10	- 7	- 20	- 28	- 36
Ukupno (W)	481	501	512	521	519	513	503	480	43	28	16	5

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 521 (W) u 16 sati.

K1 Kat 1	P4 Kupaona 2		
Tip prostora	L - lagano	a (m)	1,52
Orijentacija	SI - sjevero - istočno	b (m)	2,87
Tip zračenja	ukupno	c (m)	2,40
Datum	23. Srpanj	V (m ³)	10,47

T	4,30 O (m ²) 29,80 Ap (m) 4,36											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18,30	17,60	16,90	16,30	16,20	17,50	20,10	22,80	25,60	27,70	29,20	30,60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	1	11	12	12	13
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	59	275	310	335	354
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	-4	-5	-6	-6	-6	-5	-3	-3	-1	0	1	2
Zračenje (W)	0	0	0	0	18	76	110	87	41	19	17	16
Infiltracija (W)	-39	-43	-46	-49	-50	-43	-30	-16	-2	8	16	23
Ukupno (W)	-79	-84	-88	-91	-74	-8	41	92	288	313	345	372
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31,60	32,40	32,90	33,00	32,40	31,50	30,00	27,50	24,90	23,20	22,00	20,90
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	13	14	14	14	15	15	15	15	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	375	389	405	414	425	430	439	444	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	3	4	5	5	4	4	3	1	1	0	-1	-2
Zračenje (W)	14	13	11	9	6	4	2	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	28	32	35	35	32	28	20	7	-5	-14	-20	-26
Ukupno (W)	397	416	434	441	446	445	443	431	-40	-50	-57	-64

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 446 (W) u 17 sati.

K1 Kat 1**P5 WC**

Tip prostora

L - lagano

a (m)

2,08

Orijentacija	nor. - normalno			b (m)	1,00							
Tip zračenja	ukupno			c (m)	2,40							
Datum	23. Srpanj			V (m ³)	4,99							
T	4,30			O (m ²)	18,94							
				Ap (m)	2,08							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18,30	17,60	16,90	16,30	16,20	17,50	20,10	22,80	25,60	27,70	29,20	30,60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	6	87	92	95	97
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	6	6
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	-18	-20	-22	-23	-23	-20	-14	-7	0	4	7	11
Ukupno (W)	-27	-29	-31	-32	-32	-29	-23	-10	83	92	99	105
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31,60	32,40	32,90	33,00	32,40	31,50	30,00	27,50	24,90	23,20	22,00	20,90
Osobe (W)	99	102	102	103	105	106	107	107	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	6	6	6	7	7	7	7	7	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	13	15	16	17	15	13	9	3	-2	-6	-9	-12
Ukupno (W)	109	114	115	118	118	117	114	108	-11	-15	-18	-21

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 118 (W) u 16 sati.

K1 Kat 1		P6 Dnevni boravak											
Tip prostora	L - lagano	a (m)										54,97	
Orijentacija	Jl - jugo - istočno	b (m)										1,00	
Tip zračenja	ukupno	c (m)										4,00	
Datum	23. Srpanj	V (m ³)										219,88	
T		4,30 O (m ²)										557,70	
		Ap (m)										54,97	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18,30	17,60	16,90	16,30	16,20	17,50	20,10	22,80	25,60	27,70	29,20	30,60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	41	530	558	572	586
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	17	149	160	167	173
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	18	107	119	131	139
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		130	107	82	57	36	30	37	50	65	75	92	114
Zračenje (W)		0	0	0	0	38	204	487	749	922	936	799	679
Infiltracija (W)		- 276	- 301	- 326	- 347	- 351	- 304	- 211	- 114	- 14	60	114	164
Ukupno (W)		- 506	- 554	- 604	- 650	- 637	- 430	- 47	401	1399	1548	1515	1495
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31,60	32,40	32,90	33,00	32,40	31,50	30,00	27,50	24,90	23,20	22,00	20,90
Osobe (W)		599	613	619	627	634	641	647	647	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		180	184	189	193	195	197	200	202	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		144	153	157	163	168	170	175	176	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sus. prostorije (W)	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360	- 360
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	137	164	197	222	240	253	257	245	225	210	192	173
Zračenje (W)	750	953	1059	941	637	292	67	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	200	229	247	250	229	197	143	53	- 39	- 100	- 143	- 182
Ukupno (W)	1650	1936	2108	2036	1743	1390	1129	963	- 174	- 250	- 311	- 369

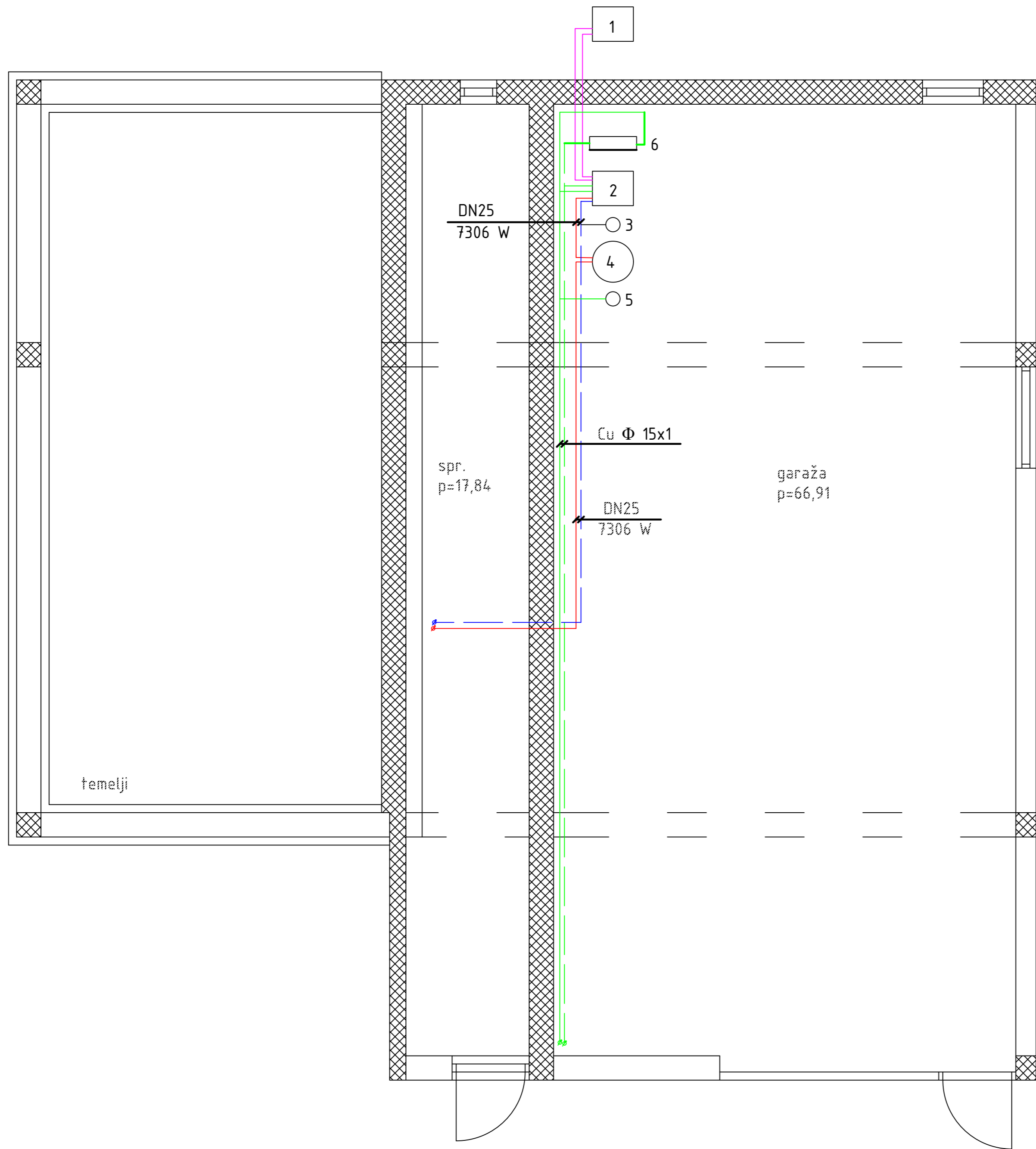
Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 2108 (W) u 15 sati.

K2 Kat 2		P1 Spavaća soba 3											
Tip prostora	L - lagano	a (m)										9,78	
Orijentacija	SZ - sjeverno - zapadno	b (m)										1,00	
Tip zračenja	ukupno	c (m)										1,85	
Datum	23. Srpanj	V (m³)										18,09	
T		4,30 O (m²)										59,45	
		Ap (m)										9,78	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18,30	17,60	16,90	16,30	16,20	17,50	20,10	22,80	25,60	27,70	29,20	30,60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	6	172	179	185	190
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	3	27	29	30	31
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 3	- 3	- 4	- 5	- 5	- 5	- 3	- 2	- 1	0	0	1
Zračenje (W)		0	0	0	0	1	2	4	5	7	9	10	10
Infiltracija (W)		- 22	- 24	- 26	- 28	- 28	- 25	- 17	- 9	- 1	5	9	13

Ukupno (W)	- 25	- 27	- 30	- 33	- 32	- 28	- 16	3	204	222	234	245
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31,60	32,40	32,90	33,00	32,40	31,50	30,00	27,50	24,90	23,20	22,00	20,90
Osobe (W)	195	199	202	205	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	32	33	34	35	35	35	36	36	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	2	2	3	3	2	3	2	1	0	0	0	- 1
Zračenje (W)	11	13	31	79	120	105	37	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	16	18	20	20	18	16	11	4	- 3	- 8	- 11	- 15
Ukupno (W)	256	265	290	342	175	159	86	41	- 3	- 8	- 11	- 16

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 342 (W) u 16 sati.

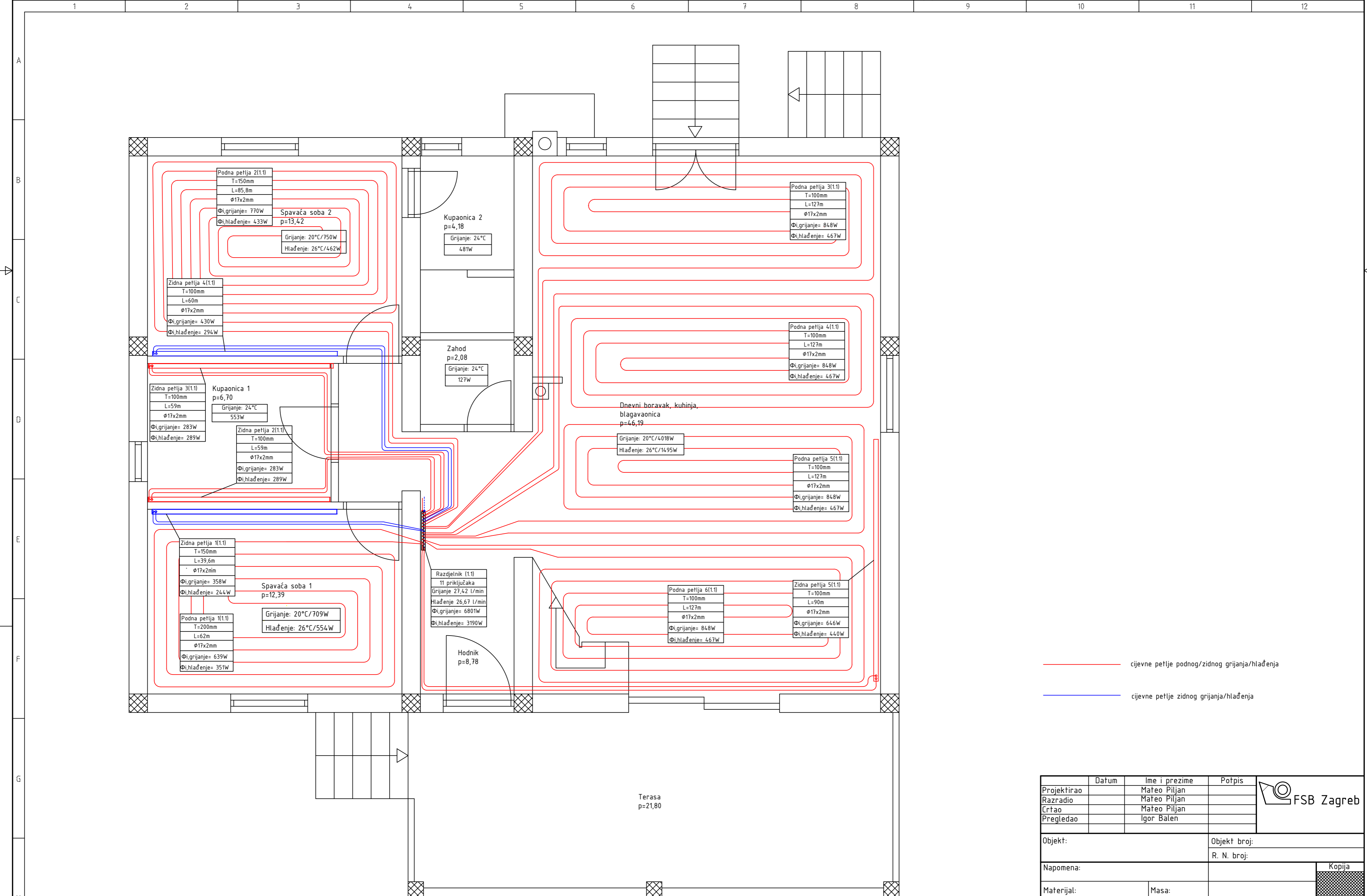
Prilog 3 – Tehnička dokumentacija



- 1- vanjska jedinica dizalice topline ERLA11DW1
- 2- unutarnja jedinica dizalice topline EBSXB11P30D $\Phi= 9,02$ kW
- 3- ekspanzijska posuda kruga ogrjevne vode Reflex N 18 L, V=18 L
- 4- međuspremnik topline Vitocell 100-E, V=200 L
- 5- ekspanzijska posuda solarnog kruga Reflex S 18, V=18 L
- 6- bazenski izmjenjivač

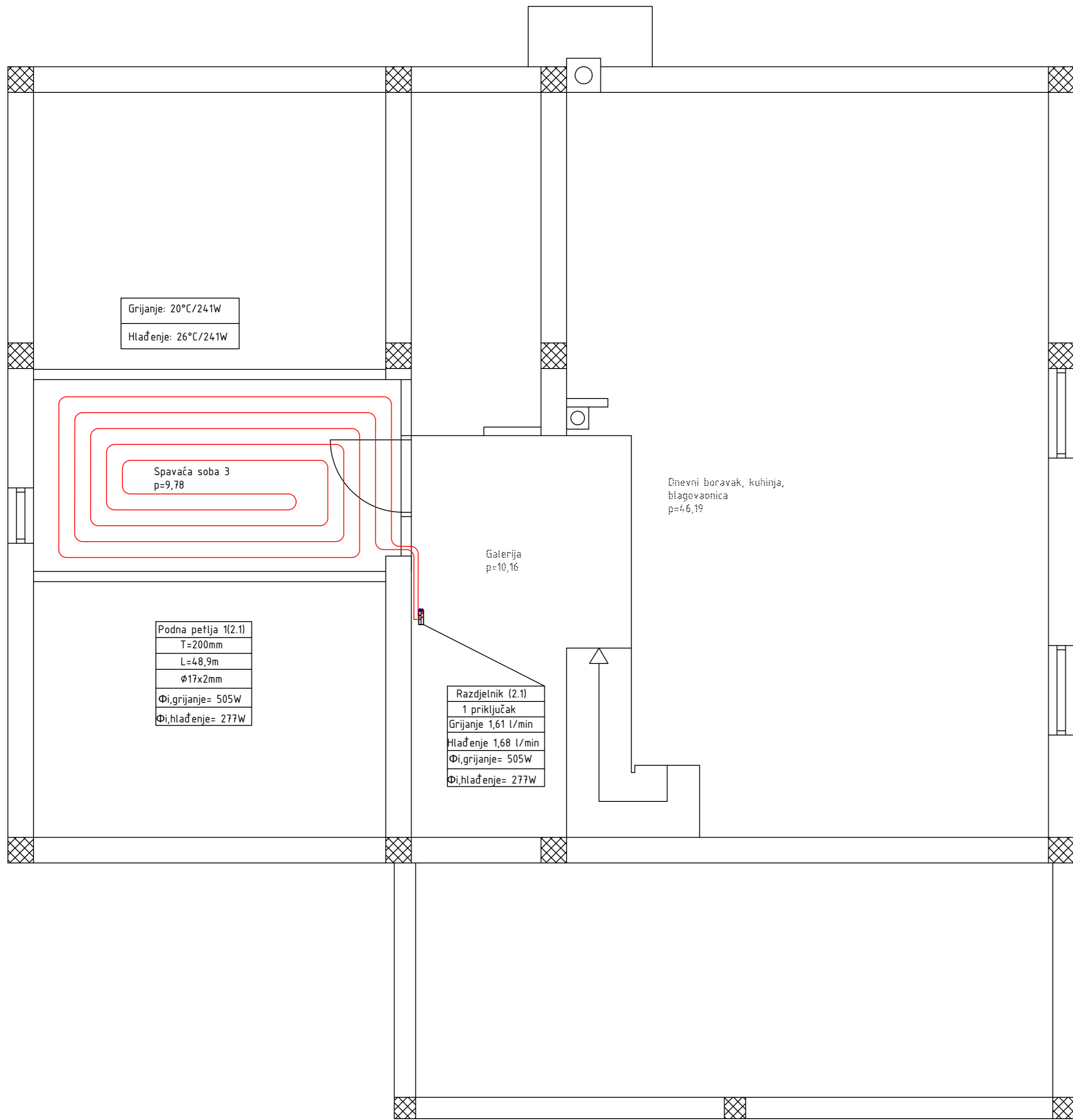
- polaz vode(grijanje 35°C, hlađenje 16°C)
- povrat vode(grijanje 30°C, hlađenje 19°C)
- polaz solarnog kruga
- povrat solarnog kruga
- radna tvar

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio		Mateo Piljan		
Crtao		Mateo Piljan		
Pregledao		Igor Balen		
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		
	Naziv:		Pozicija:	Format:
Mjerilo originala	Raspored opreme suteren			Listova:
Crtež broj: 2				List:



— cijevne petlje podnog/zidnog grijanja/hlađenja
— cijevne petlje zidnog grijanja/hlađenja

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio		Mateo Piljan		
Crtao		Mateo Piljan		
Pregledao		Igor Balen		
Objekt:		Objekt broj:		Kopija
		R. N. broj:		
Napomena:				
Materijal:		Masa:		
		Naziv: Raspored opreme prizemlje		Pozicija: Format:
Mjerilo originala				Listova:
Crtež broj: 3				List:



Grijanje: 20°C/241W
Hlađenje: 26°C/241W

Spavaća soba 3
p=9,78

Dnevni boravak, kuhinja,
blagovaonica
p=4,6,19

Galerija
p=10,16

Podna petlja 1(2.1)
T=200mm
L=48,9m
Ø17x2mm
Φi,grijanje= 505W
Φi,hlađenje= 277W

Razdjelnik (2.1)
1 priključak
Grijanje 1,61 l/min
Hlađenje 1,68 l/min
Φi,grijanje= 505W
Φi,hlađenje= 277W

— Cijevna petlja podnog grijanja/hlađenja

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio		Mateo Piljan		
Crtao		Mateo Piljan		
Pregledao		Igor Balen		
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		
	Naziv: Raspored opreme kat		Pozicija:	Format:
Mjerilo originala				Listova:
Crtež broj: 4				List: