

Projekt sustava grijanja obiteljske kuće

Perković, Matija

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:235137>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Matija Perković

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Student:

Matija Perković

Zagreb, 2023.

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

Zahvaljujem se mentoru, prof. dr. sc. Igoru Balenu na kontinuiranoj pomoći i savjetima koji su bili od velikog značaja i olakšali izradu ovog rada.

Matija Perković



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite
Povjerenstvo za završne i diplomске 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 / 23 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Matija Perković** JMBAG: **0035219516**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava grijanja obiteljske kuće**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating system for the single residence**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati sustav grijanja za potrebe obiteljske kuće smještene na području grada Županje, korisne površine 400 m² na 2 etaže (Pr+1K), prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. U prizemlju kuće nalazi se poslovni prostor korisne površine 50 m². Za kuću predvidjeti sustav podnog i zidnog grijanja. Instalacija niskotemperaturnog grijanja koristi se s temperaturnim režimom tople vode 35/30°C. Kao izvor topline za grijanje predvidjeti dizalicu topline zrak-voda. Potrebno je riješiti pripremu potrošne tople vode u izvedbi akumulacijskog sustava.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- elektro-priključak 220/380V; 50Hz
- vodovodni priključak tlaka 5 bar

Rad treba sadržavati:

- pregled sustava grijanja obiteljskih kuća s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko 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. 2022.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Datum predaje rada:

- 1. rok: 20. 2. 2023.
- 2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023.
- 3. rok: 18. 9. 2023.

Predviđeni datumi obrane:

- 1. rok: 27. 2. – 3. 3. 2023.
- 2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023.
- 3. rok: 25. 9. – 29. 9. 2023.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

SAŽETAK

Projektiran je sustav toplovodnog grijanja kuće na području grada Županje, korisne površine 252 m² na dvije etaže (prizemlje i prvi kat). Kuća se sastoji od stambenog i poslovnog dijela s odvojenim sustavima grijanja. U dijelu prizemlja nalazi se poslovni prostor, dok dio stambene namjene uključuje ostale prostore u prizemlju i prvi kat. Grijanje oba sustava izvedeno je pomoću dizalica topline zrak/voda proizvođača Viessmann. Dizalica topline poslovnog prostora Viessmann Vitocal 111-s, tip AWBT-M 111.A12 na projektnoj vanjskoj temperaturi -15°C i pri polaznoj temperaturi ogrjevnice vode 45°C postiže toplinski učin 6 kW. Dizalica topline stambenog prostora Viessmann Vitocal 222-s, tip AWBT-M-E 221.C16 pri istim uvjetima postiže toplinski učin 9,2 kW. Prilikom rada u vršnim opterećenjima, stambenom sustavu grijanja potreban je električni protočni grijač toplinskog učina 6 kW. Oba sustava grijanja sadrže zasebne međuspremnik ogrjevnice vode Viessmann Vitocell 100-E/-W zapremnine 200 litara. Pomoću razdjelnika grijanja svaki sustav podijeljen je na dvije grupe: na regulacijsku grupu podnog grijanja temperaturnog režima rada 35/30°C i na regulacijsku grupu ventilokonvektora zajedno s kupaonskim cijevnim grijačima temperaturnog režima rada 45/40°C. Cjevovodi podnog grijanja izrađeni su od materijala PE-X, dok su ostali cjevovodi u sustavu od bakra. Priprema potrošne tople vode vrši se u akumulacijskim spremnicima integriranim u unutarnjim jedinicama dizalica topline. Spremnik potrošne tople vode stambenog prostora ima zapremninu 220 litara dok spremnik za poslovni prostor ima zapremninu 210 litara. Regulacijske grupe podnog grijanja balansirane su pomoću automatskih balans ventila Danfoss ASV-P i pripadajućeg zapornog ventila ASV-M, dok su ventilokonvektori hidraulički balansirani pomoću Danfoss AB-QM 4.0 tlačno neovisnih balansirajućih i regulacijskih ventila.

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	I
POPIS TABLICA	II
POPIS OZNAKA	III
1. UVOD	1
1.1. Projektni parametri sustava	1
1.2. Ogrjevna tijela	2
1.3. Dizalice topline	5
2. PRORAČUN PROJEKTOG TOPLINSKOG OPTEREĆENJA	9
2.1. Opis kuće	9
2.2. Građevni elementi	10
2.3. Proračun toplinskog opterećenja i zadavanje proračunskih parametara	11
3. DIMENZIONIRANJE OPREME SUSTAVA GRIJANJA	16
3.1. Podno grijanje	16
3.2. Razdjelnici podnog grijanja	19
3.3. Ventilokonvektori	21
3.4. Kupaonski cijevni grijači	23
3.5. Dizalica topline poslovnog prostora	23
3.6. Dizalica topline stambenog prostora	25
3.7. Međuspremnik ogrjevnog vode	28
3.8. Cijevni razvod i odabir cirkulacijske pumpe poslovnog prostora	29
3.9. Cijevni razvod i odabir cirkulacijske pumpe stambenog prostora	34
3.10. Ekspanzijska posuda poslovnog prostora	36
3.11. Ekspanzijska posuda stambenog prostora	38
3.12. Priprema potrošne tople vode	39
3.13. Regulacija sustava grijanja	42
4. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA	45
4.1. Sustav grijanja stambenog prostora	45
4.2. Sustav grijanja poslovnog prostora	46
4.3. Regulacija sustava	46
4.4. Sustav pripreme potrošne tople vode	47
5. ZAKLJUČAK	48

LITERATURA	49
Prilog A - Toplinsko opterećenje grijanja prema HRN EN 12831	50
Prilog B – Dimenzioniranje sustava podnog grijanja	61
Prilog C – Podno grijanje po razdjelnicima	65
Prilog D – Funkcionalna shema spajanja sustava stambenog prostora.....	68
Prilog E – Tehnički crteži dispozicije opreme	69

POPIS SLIKA

Slika 1. Zona boravka [1].....	1
Slika 2. Razdioba temperature po visini prostorije [1]	3
Slika 3. Petlje cijevi podnog grijanja [5]	4
Slika 4. Ventilokonvektor [6]	4
Slika 5. Cijevni grijač [7].....	5
Slika 6. Proces dizalice topline [8]	6
Slika 7. Dizalica topline u split izvedbi s integriranim spremnikom PTV-a [9].....	7
Slika 8. Dizalica topline u monoblok izvedbi sa spremnikom PTV-a [10]	8
Slika 9. Situacija kuće [11]	9
Slika 10. Ulično pročelje kuće [11]	9
Slika 11. Bočno pročelje kuće [11].....	10
Slika 12. Rehau Noppen stiropor [13]	16
Slika 13. Rehau Rautherm ϕ 17x2 [13].....	17
Slika 14. Način ugradnje podnog grijanja [15].....	18
Slika 15. Podna petlja i priključne cijevi	18
Slika 16. Razdjelnik Rehau HKV-D [13]	19
Slika 17. Razdjelni ormarić Rehau UP [13].....	21
Slika 18. Ariston Nimbus aquaslim FS [6]	21
Slika 19. Specifikacije ventilkonvektora Ariston Nimbus aquaslim FS [6]	22
Slika 20. Vogel & Noot Della [7]	23
Slika 21. Viessmann Vitocal 111-s [16]	24
Slika 22. Dijagram učina vanjske jedinice 111.A12, 230V [16]	25
Slika 23. Viessmann Vitocal 222-s [17]	26
Slika 24. Dijagram učina vanjske jedinice 221.C16, 230V za različite temperature polaza [17]	27
Slika 25. Viessmann Vitocell 100-E/-W [18].....	28
Slika 26. Shematski prikaz presjeka i priključaka međuspremnika ogrjevnog vode [18]	29
Slika 27. Viessmann Divicon cirkulacijski pumpni set [16].....	31
Slika 28. Viessmann razdjelnik [16].....	32
Slika 29. Otpor Viessmann razdjelnika [16].....	32
Slika 30. Karakteristika pumpe Wilo Yonos PARA 25/6 [16].....	33
Slika 31. Karakteristika pumpe Wilo Yonos PARA 25/8 [17].....	35
Slika 32. Ekspanzijska posuda Elbi ERP 385/8 [19]	37
Slika 33. Ekspanzijska posuda Elbi ERP 385/12 [19]	39
Slika 34. Unutarnja jedinica dizalice topline Vitocal 222-s [17].....	41
Slika 35. Kontroler Smatrix Wave Pulse X-265 [20]	42
Slika 36. Sobni termostat Smatrix Wave T-166 [20].....	42
Slika 37. Komunikacijski modul Uponor Smatrix Wave Pulse Com R-208 [20]	43
Slika 38. Antena Uponor Smatrix Wave Pulse A-265 [20].....	43
Slika 39. Modul za proširenje Smatrix Wave Pulse M-262 [20]	44
Slika 40. Relejni modul Smatrix Wave M-161 [20].....	44

POPIS TABLICA

Tablica 1. Unutarnja projektna temperatura grijanih prostorija.....	2
Tablica 2. Koeficijenti prolaska topline.....	10
Tablica 3. Projektne temperature prostorija.....	13
Tablica 4. Minimalan broj izmjena zraka prostorije.....	13
Tablica 5. Proračun toplinskog opterećenja prostorije P1 Ulaz u software-u IntegraCAD.....	14
Tablica 6. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka.....	15
Tablica 7. Podno grijanje po razdjelnicima.....	20
Tablica 8. Instalirani ventilokonvektori.....	22
Tablica 9. Instalirani cijevni grijači [7].....	23
Tablica 10. Proračun cjevovoda ventilokonvektora poslovnog prostora.....	30
Tablica 11. Određivanje kritičnog pada tlaka grupe ventilokonvektora poslovnog prostora.....	30
Tablica 12. Određivanje kritičnog pada tlaka grupe podnog grijanja poslovnog prostora.....	30
Tablica 13. Odabir Divicon cirkulacijskog pumpnog seta poslovnog prostora.....	31
Tablica 14. Konačni padovi tlaka i projektne radne točke pumpi poslovnog prostora.....	33
Tablica 15. Odabir Divicon cirkulacijskog pumpnog seta stambenog prostora.....	34
Tablica 16. Konačni padovi tlaka i projektne radne točke pumpi stambenog prostora.....	35
Tablica 17. Ukupni volumen vode u instalaciji poslovnog prostora.....	36
Tablica 18. Ukupni volumen vode u instalaciji stambenog prostora.....	38

POPIS OZNAKA

OZNAKA	JEDINICA	OPIS
ϑ_U	$^{\circ}\text{C}$	temperatura prostorije
$\varepsilon_{gr}(COP)$	/	faktor grijanja
Φ_{KOND}	W	toplinski učin kondenzatora
P_{KOMP}	W	električna snaga kompresora
k	W/(m ² K)	koeficijent prolaza topline
U_k	W/(m ² K)	koeficijent prolaza topline
R_a	(m ² K)/W	vanjski plošni otpor
R_i	(m ² K)/W	unutarnji plošni otpor
Φ_i	W	projektne toplinski gubici
$\Phi_{T,i}$	W	projektne transmisijski gubici topline
$\Phi_{V,i}$	W	projektne ventilacijski gubici topline
$\Phi_{RH,i}$	W	dodatan učin za ponovo zagrijavanje
$H_{T,ie}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$\vartheta_{int,i}$	$^{\circ}\text{C}$	unutarnja projektne temperatura
ϑ_e	$^{\circ}\text{C}$	vanjska projektne temperatura
A_k	m ²	površina plohe
e_k, e_l	/	korekcijski faktori klimatskih utjecaja
ψ_l	W/(mK)	linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta
l_l	m	duljina linijskog toplinskog mosta
V_i	m ³ /h	volumni protok zraka u grijani prostor
$V_{inf,i}$	m ³ /h	maksimalni protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazole
$V_{min,i}$	m ³ /h	minimalni higijenski protok zraka
n_{min}	1/h	minimalan broj izmjena zraka

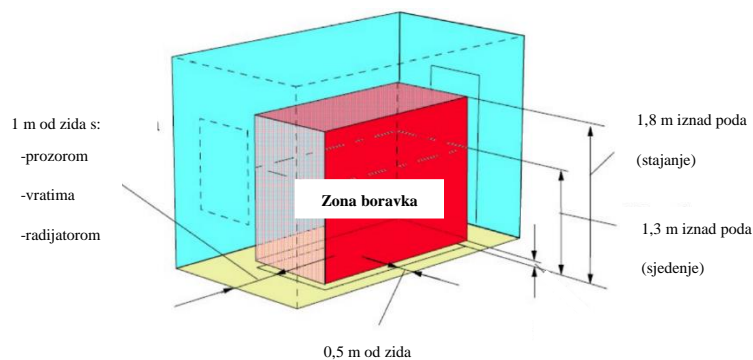
V_i	m^3	volumen prostorije
e_i	/	koeficijent zaštićenosti
ε_i	/	korekcijski faktor za visinu
t_U	$^{\circ}C$	temperatura prostorije
f_{RH}	W/m^2	korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida
G_W	/	korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode
T	m	dubina podzemne vode
f_{gl}	/	korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature
f_{vi}	/	temperaturni redukcijski faktor
Q_n	W	toplinsko opterećenje
Φ_{iT}	W	transmisijski toplinski gubici
Φ_{iV}	W	ventilacijski toplinski gubici
$FCCOP$	/	koeficijent učinkovitosti ventilokonvektora
Φ	W	toplinski učin
Φ_{DT}	W	toplinski učin dizalice topline
L	m	duljina dionice cjevovoda
DN	mm	nazivni promjer cjevovoda
d_u	mm	unutarnji promjer cjevovoda
v	m/s	brzina strujanja vode
Re	/	Reynoldsov broj
R	Pa/m	linijski pad tlaka izražen po jedinici duljine
λ	/	faktor trenja
ξ	/	koeficijent lokalnog otpora
Z	Pa	lokalni pad tlaka dionice cjevovoda
Δp	Pa	pad tlaka
Δp_{RN}	Pa	pad tlaka razdjelnog nosača
Δp_D	Pa	pad tlaka Divicon cirkulacijskog pumpnog seta
$V_{n,min}$	l	minimalan volumen ekspanzijske posude

V_e	l	volumen širenja vode izazvan zagrijavanjem
V_V	l	dodatni volumen
p_e	bar	projekttni krajnji tlak
p_0	bar	primarni tlak
p_{sv}	bar	tlak otvaranja sigurnosnog ventila
Φ_m	W	maksimalan toplinski tok za zagrijavanje vode
φ	/	faktor istovremenosti
n	/	broj kada u stanu
Φ_k	W	potreban toplinski učin izvora topline za zagrijavanje potrošne tople vode
z_A	h	vrijeme trajanja najveće potrošnje potrošne tople vode
z_B	h	vrijeme zagrijavanja potrošne tople vode do radne temperature
V_S	l	potrebna zapremnina spremnika potrošne tople vode
c	(kWh)/(kgK)	specifični toplinski kapacitet vode
Δt_s	°C	razlika najviše srednje i najniže dozvoljene temperature u spremnik
b	/	faktor mrtvog prostora ispod izmjenjivača

1. UVOD

1.1. Projektni parametri sustava

Zona boravka predstavlja područje unutar prostora u kojem je projektant dužan postići projektne uvjete poput temperature i vlažnosti zraka. Definirana je kao prostor udaljen 1 metar od zidova s prozorom, vratima ili ogrjevnim tijelom, 0,5 metara od ostalih zidova i 1,8 metara od poda (Slika 1.).



Slika 1. Zona boravka [1]

Zadaća termotehničkog sustava je postići zadovoljavajuću razinu toplinske ugodnosti u prostoru. U toplovodnim sustavima grijanja, toplinska ugodnost se postiže ostvarivanjem zadanih vrijednosti projektnih parametara:

- unutarnje temperature grijanih prostora koja se određuje prema namjeni (Tablica 1.); u skladu sa zahtjevima korisnika prostorija, a navedena je u normi proračuna toplinskog opterećenja HRN EN 12831 [2]. Temperatura zraka u prostoriji kod toplovodnih sustava grijanja služi kao parametar regulacije sustava te njezin odabir ima utjecaj na potrošnju energije sustava i na toplinsku ugodnost.

Namjena prostorije	ϑ_u [°C]
<u>Stambene zgrade</u>	
Dnevna, spavaća soba, kuhinja, zahod	20
Kupaonica	24
Hodnici i pomoćne grijanje prostorije	15
Stubišta	10

Tablica 1. Unutarnja projektna temperatura grijanih prostorija

- buke koju termotehnički sustav potencijalno proizvodi. Prilikom odabira opreme i dimenzioniranja sustava, u obzir treba uzeti zvučnu snagu. Najviše dopuštene razine buke regulirane su Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka. Razina buke u vanjskom prostoru zona namijenjenih stalnom stanovanju i/ili boravku ograničena je na 55 dB(A) danju i 40 dB(A) noću [3]. U sustavima grijanja ili hlađenja koji koriste dizalice topline kao izvore toplinske/rashladne energije, pozicioniranje vanjskih jedinica uređaja u okolišu može predstavljati ograničenje pri odabiru opreme. U uputama za projektiranje, proizvođač dizalice topline daje podatke o razini zvučne snage ili razini zvučnog tlaka uređaja.

1.2. Ogrjevna tijela

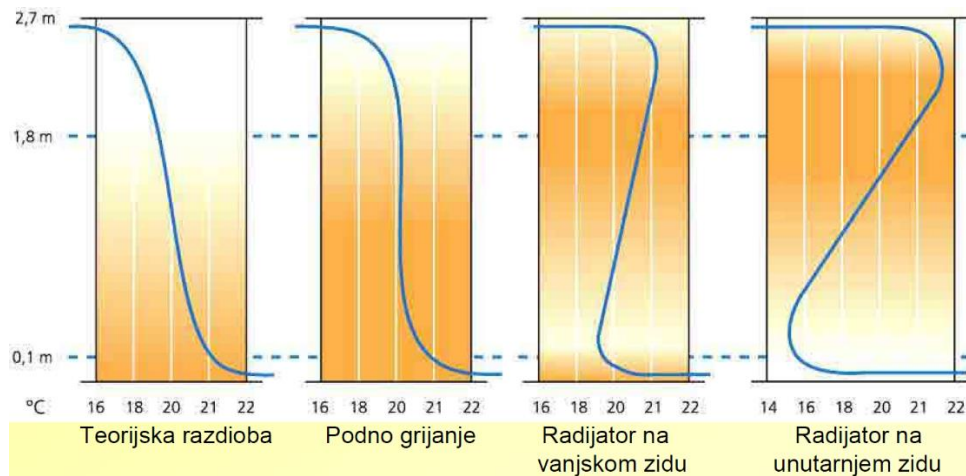
Svaki sustav grijanja mora predati toplinsku energiju namijenjenu za grijanje prostorije. Ogrjevno tijelo je izmjenjivač topline koji prenosi toplinu s ogrjevnog medija na zrak u prostoru.

Tipovi ogrjevnih tijela su [1]:

- člankasta ogrjevna tijela (člankasti radijatori)
- pločasta ogrjevna tijela (pločasti radijatori, ogrjevne ploče)
- konvektori
- cijevni grijači (cijevni registri, kupaonski i kuhinjski grijači)
- panelni grijači (podni/stropni/zidni paneli)

Odabir ogrjevnog tijela utječe na izgled prostora, na investicijski trošak instalacije, na jednostavnost servisiranja kvarova te na toplinsku ugodnost.

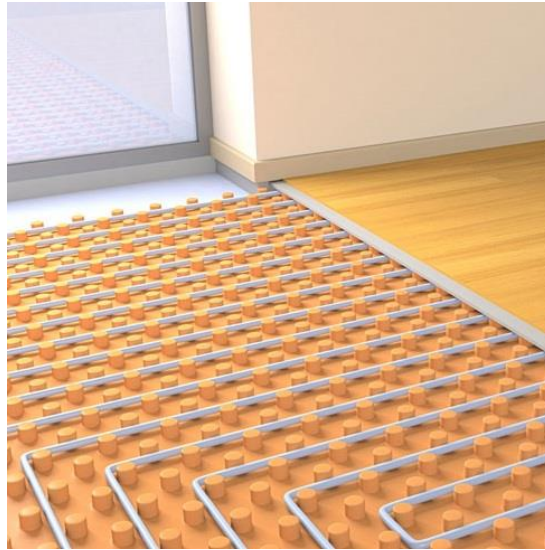
Razlika temperature između stopala i vrata osobe definirana je normom HRN EN 7730 [4] te iznosi maksimalnih 3°C. Odabir ogrjevnih tijela i njihova pozicija u prostoru imaju utjecaj na parametar razlike temperature po visini prostorije. U usporedbi s ostalim ogrjevnim tijelima, podno grijanje ima ujednačeniju raspodjelu temperature u prostoru (Slika 2.), što pogoduje toplinskoj ugodnosti. Sustavi koji koriste ogrjevna tijela poput radijatora ili ventilokonvektora imaju veću promjenu temperature po visini prostorije od podnog grijanja, međutim, ako se postave na vanjske zidove prostorije ta razlika temperature je i dalje unutar propisanih vrijednosti.



Slika 2. Razdioba temperature po visini prostorije [1]

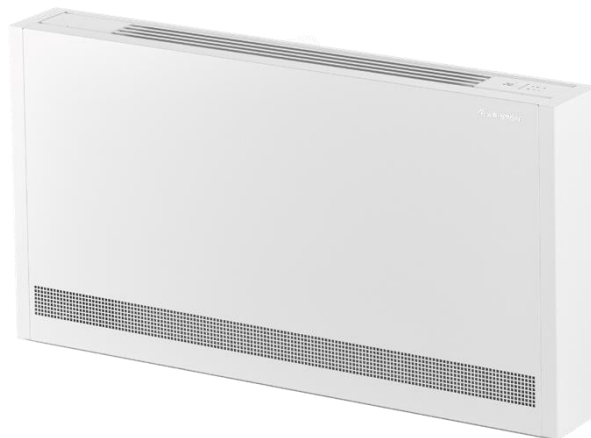
U ovom završnom radu koriste se:

- podno grijanje. Ogrjevno tijelo se sastoji od cijevi postavljenih ispod površine podne obloge (Slika 3.). Najčešći razlozi odabira su toplinska ugodnost i estetski dojam. U ovakvim sustavima primjenjuju se niže polazne temperature vode što pridonosi energetske učinkovitosti sustava. Neki od nedostataka sustava podnog grijanja su povećani investicijski troškovi, otežano servisiranje prilikom kvara i znatno veći zahtjevi kvalitete ovojnice zgrade ukoliko se planira kao samostalno ogrjevno tijelo.



Slika 3. Petlje cijevi podnog grijanja [5]

- konvektori, odnosno u današnjoj najpopularnijoj primjeni ventilokonvektori. Ventilokonvektor je uređaj s ugrađenim ventilatorom kojim se regulira toplinski učin uređaja. Prednosti ovih uređaja su male dimenzije i mali sadržaj vode koji pridonosi kratkom vremenu regulacije uređaja prilikom promjene učina. Nedostaci ovog ogrjevnog tijela su izgled (Slika 4.), otežano čišćenje i zvuk ventilatora.



Slika 4. Ventilokonvektor [6]

- cijevni grijači, odnosno kupaonske „ljestve“ (Slika 5.) namijenjene za grijanje prostora i za sušenje ručnika. Odlikuje ih jednostavna konstrukcija, niska cijena i mali ogrjevni učin.

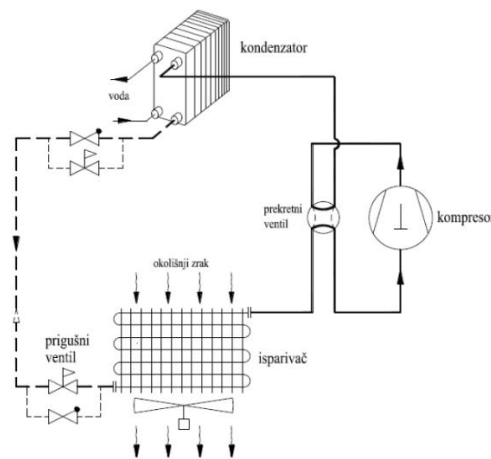


Slika 5. Cijevni grijač [7]

1.3. Dizalice topline

Dizalica topline/toplinska pumpa prikuplja toplinu od izvora na nižoj temperaturi i predaje je trošilu/ponoru na višoj temperaturi. Dizalice topline su uređaji s mogućnosti iskorištavanja topline kondenzacije, najčešće putem preokretanja procesa, čime se postiže da ista dizalica topline može grijati prostor. Da bi dizalica topline bila u mogućnosti prenositi toplinu potrebno je uložiti energiju. U većini slučajeva električnu energiju za pogon kompresora.

Sustav grijanja/hlađenja dizalicom topline sadrži osnovne komponente: kondenzator, prigušni ventil, isparivač, kompresor i prekretni ventil (Slika 6.). U završnom radu grijanja, isparivač se postavlja u vanjski okoliš kako bi se zrak koristio kao toplinski izvor sustava, dok se vodom hlađeni kondenzator nalazi unutar kuće i zagrijava vodu za grijanje i potrošnu toplu vodu.



Slika 6. Proces dizalice topline [8]

Dizalice topline predstavljaju moderan i učinkovit toplinski izvor koji se koristi i u malim stambenim sustavima grijanja/hlađenja kao centralni izvor topline. Svrstavaju se u obnovljive izvore energije, a električna energija koju koriste može biti proizvedena iz obnovljivih izvora poput vjetera ili solarnih panela. Kod grijanja dizalicama topline bitan je učinkovit rad uređaja na koji znatno utječu temperatura toplinskog izvora i ponora. Naime, ukoliko je temperatura toplinskog ponora konstantna (temperatura ogrjevne vode), najveći utjecaj na rad dizalice topline ima promjenjiva temperatura toplinskog izvora (okolišnji zrak).

Faktor grijanja (1) je parametar procjene učinkovitosti rada dizalice topline:

$$\varepsilon_{gr}(COP) = \frac{\Phi_{KOND}}{P_{KOMP}} \quad (1)$$

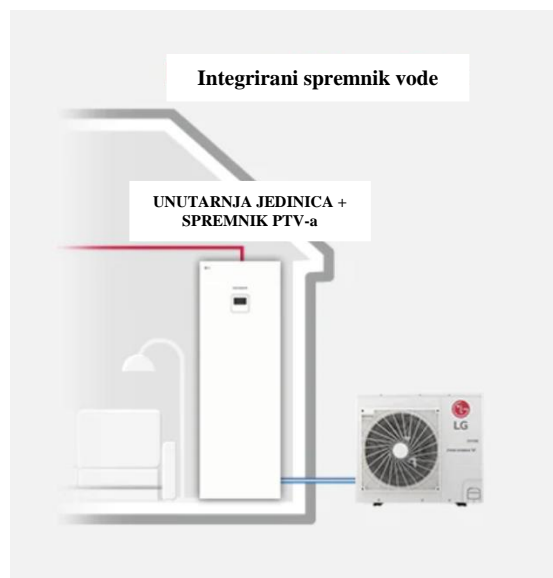
Φ_{KOND} – toplinski učin kondenzatora [W]

P_{KOMP} – električna snaga kompresora [W]

Tipičan raspon vrijednosti faktora grijanja je od 2 do 6. Pomoću te vrijednosti i snage kompresora dobiva se iznos toplinskog učina, odnosno, npr. ako je trenutna snaga kompresora $P_{KOMP} = 1\text{ kW}$, a faktor grijanja $COP = 3$, dobiva se 3 kilovata toplinskog učina za grijanje ($\Phi_{KOND} = 3\text{ kW}$).

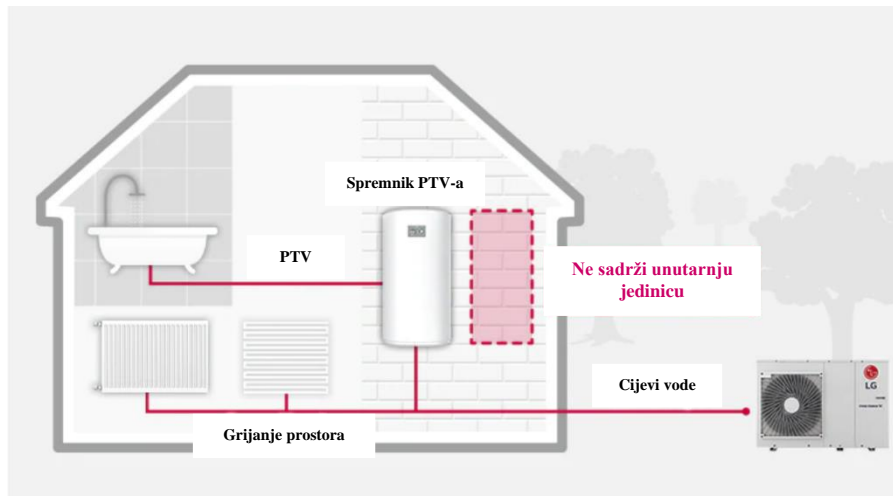
Dizalice topline dolaze u dvije tipične izvedbe:

- razdvojena izvedba (engl. split system) kod koje se kondenzator dizalice topline nalazi u unutarnjem prostoru zajedno s ostalim komponentama uređaja: pumpom, ekspanzijskom posudom, regulacijskim uređajem itd. Ovakve dizalice topline dolaze s integriranim spremnikom potrošne tople vode ili bez njega. U sustavima bez akumulacijskih spremnika potrošne tople vode (PTV-a) unutarnja jedinica (engl. Hydro box) se stavlja na zid i ne zauzima znatan prostor. Nedostatak razdvojene izvedbe je prostor potreban za unutarnju jedinicu s integriranim spremnikom PTV-a (Slika 7.).



Slika 7. Dizalica topline u split izvedbi s integriranim spremnikom PTV-a [9]

- Monoblok izvedba sastoji se od jednog uređaja koji u sebi sadrži sve komponente dizalice topline, a kroz vanjski zid prolaze polazne i povratne cijevi ogrjevnice vode. Prednost ovog sustava je ušteda unutarnjeg prostora jer nema unutarnju jedinicu, ali je zato vanjska jedinica ovog uređaja veća. Ukoliko sustav pripreme potrošne tople vode sadrži spremnik PTV-a, taj spremnik nije dio unutarnje jedinice kao kod razdvojene izvedbe i može se smjestiti dalje od dizalice topline na proizvoljnu poziciju (Slika 8.).

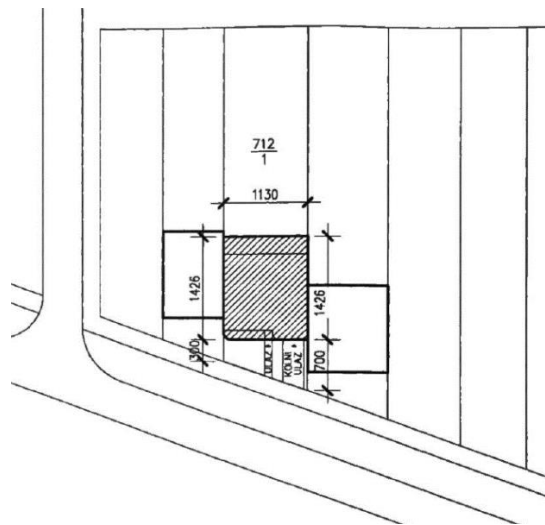


Slika 8. Dizalica topline u monoblok izvedbi sa spremnikom PTV-a [10]

2. PRORAČUN PROJEKTOG TOPLINSKOG OPTEREĆENJA

2.1. Opis kuće

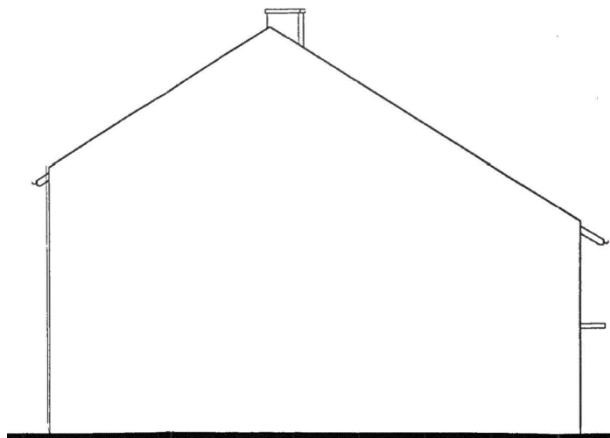
Kuća se nalazi u gradu Županji te je smještena u nizu kuća (Slika 9.). Sastoji se od prizemlja, prvog kata i tavanškog prostora ukupne površine 445 m². Prizemlje je podijeljeno na poslovni prostor namijenjen za liječničku ordinaciju i na stambeni prostor, dok je ostatak kuće isključivo stambene namjene. Pročelja kuće prikazana su na Slikama 10. i 11.



Slika 9. Situacija kuće [11]



Slika 10. Ulično pročelje kuće [11]



Slika 11. Bočno pročelje kuće [11]

2.2. Građevni elementi

Za proračun toplinskog opterećenja potrebni su koeficijenti prolaska topline građevnih elemenata ovojnice kuće. U arhitektonskom projektu određeni su svi potrebni koeficijenti prolaska topline (oznake k ili U_k) (Tablica 2.). Uspoređivanjem koeficijenata prolaska topline s današnjim standardima gradnje navedenima u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [12], očito je da su koeficijenti prolaska topline kuće veći. Visok iznos koeficijenata prolaska topline može se povezati s godinom izgradnje (2000. god.) kada su zahtjevi toplinske zaštite prilikom gradnje bili niži.

Koeficijenti prolaza topline				
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
Pregradni zid 12cm	Unutarnji zid	0,13	0,13	1,980
Z-1	Vanjski zid	0,04	0,13	0,434
Z-2	Vanjski zid	0,04	0,13	0,500
PTA-1	Strop	0,13	0,13	0,361
ST-1	Strop	0,13	0,13	0,294
PT-1	Pod prema tlu	0,04	0,17	0,540
PK-3	Pod prema tlu	0,04	0,17	0,397
PK-1	Strop	0,13	0,13	0,858
PT-2	Pod prema tlu	0,04	0,17	0,540
PT-3	Pod prema tlu	0,04	0,17	0,493
PK-2	Strop	0,13	0,13	0,777
Zid od šuplje staklene opeke 3	Vanjski zid	0,04	0,13	3,500
Pregradni nosivi zid 25cm	Unutarnji zid	0,13	0,13	1,253
Unutarnja vrata	Vrata	0,00	0,00	2,000
Pozicija 1	Vrata	0,00	0,00	3,500
Pozicija 3	Vrata	0,00	0,00	2,000
Pozicija 2 i 4	Prozor	0,00	0,00	3,500
Pozicija 5	Vrata	0,00	0,00	4,000
Pozicija 6	Vrata	0,00	0,00	3,000
Prozori	Prozor	0,00	0,00	3,000

Tablica 2. Koeficijenti prolaska topline

2.3. Proračun toplinskog opterećenja i zadavanje proračunskih parametara

Proračun toplinskog opterećenja vrši se prema normi HRN EN 12831 [2] koja definira projektne toplinske gubitke jedne prostorije kao:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (2)$$

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

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

$\Phi_{RH,i}$ – dodatan učin za ponovo zagrijavanje prostora [W]

Projektne transmisivski gubici nastaju prolaskom topline kroz građevni element prema okolišu, prostoru grijanom na nižu temperaturu, negrijanom prostoru i prema tlu. Transmisivski gubitak prema vanjskom okolišu definira se kao:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ie} * (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad [W] \quad (3)$$

$H_{T,ie}$ – koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu $\left[\frac{W}{K}\right]$

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

ϑ_e – vanjska projektna temperatura [°C]

Koeficijent $H_{T,ie}$ računa se prema izrazu:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k U_k e_k + \sum_l \psi_l l_l e_l \quad \left[\frac{W}{K}\right] \quad (4)$$

A_k – površina plohe k (zid, strop, pod...) kroz koju prolazi toplina [m²]

e_k, e_l – korekcijski faktori klimatskih utjecaja

U_k – koeficijent prolaska topline građevnog elementa k [W/m²K]

l_l – duljina linijskog toplinskog mosta između prostora i vanjskog okoliša [m]

ψ_l – linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta l [W/m²K]

Ventilacijski gubici uslijed infiltracije računaju se prema izrazima:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 V_i (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) [W] \quad (5)$$

V_i – protok zraka u grijani prostor [$\frac{m^3}{h}$]

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

ϑ_e – vanjska projektna temperatura [°C]

Za iznos volumnog protoka zraka koji ulazi u prostoriju bez sustava mehaničke ventilacije (6) odabire se veća vrijednost dobivena izrazom (7) ili (8) :

$$V_i = \max (V_{inf,i}, V_{min,i}) \quad [\frac{m^3}{h}] \quad (6)$$

$V_{inf,i}$ – maksimalni protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zatore [$\frac{m^3}{h}$]

$V_{min,i}$ – minimalni higijenski protok zraka [$\frac{m^3}{h}$]

Minimalni higijenski protok zraka računa se prema izrazu:

$$V_{min,i} = n_{min} V_i \quad [\frac{m^3}{h}] \quad (7)$$

V_i – volumen prostorije izračunat prema unutarnjim dimenzijama [m^3]

n_{min} – minimalan broj izmjena zraka [h^{-1}]

Protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zatore računa se prema izrazu:

$$V_{inf,i} = 2 V_i n_{50} e_i \varepsilon_i \quad [\frac{m^3}{h}] \quad (8)$$

V_i – volumen prostorije izračunat prema unutarnjim dimenzijama [m^3]

n_{50} – broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50Pa [h^{-1}]

e_i – koeficijent zaštićenosti

ε_i – korekcijski faktor za visinu

$n_{50}, e_i, \varepsilon_i$ su tablične vrijednosti iz norme.

Za proračun toplinskog opterećenja potrebno je zadati:

- temperature prostorija (Tablica 3.):

Kat prostorije	Oznaka prostorije	Prostorija	tu (°C)
K1	P1	Ulaz	15
K1	P4	Ordinacija	22
K1	P8	Utility	15
K1	P9	Garaža	5
K1	P10	Ostava	5
K2	P6	Garderoba	19
K2	P9	Kupaona	22
K2	P10	Sanitarni čvor	22
K3	T	Tavan	-10
-	Ostale prostorije	-	20

Tablica 3. Projektne temperature prostorija

- minimalni broj izmjena zraka prostorija u slučaju prirodne ventilacije (Tablica 4.):

Prostorija	$n_{\min} [h^{-1}]$
Kupaone	1,5
WC	1,5
Kuhinja	1,5
Ostalo	0,5

Tablica 4. Minimalan broj izmjena zraka prostorije

Proračun toplinskog opterećenja svake prostorije vrši se u programu IntegraCAD zadavanjem dimenzija, unutarnje temperature, broja izmjena zraka prostorije i unošenjem podatka potrebnih za izračun transmisijskih gubitaka kao i toplinskih mostova (Tablica 5).

Toplinski gubici																						
Prizemlje		Prostorija:					P1 Ulaz															
Duljina (m)					3,25	T (m)															5,00	
Širina (m)					1,77	Gw															1,00	
Površina (m ²)					5,75	f g1															1,45	
Visina (m)					2,60	Broj otvora															1	
Volumen (m ³)					14,96	e i															0,02	
Oplošje (m ²)					37,61	f vi															1,00	
Visina iznad tla (m)					0,00	V ex (m ³ /h)															0,00	
Theta int, i (°C)					15	V su (m ³ /h)															0,00	
Theta e (°C)					- 14	V su,i (m ³ /h)															0,00	
f RH					0,00	n min (1/h)															0,50	
Korekcijski faktor - fh,i					1,00																	
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m ²)	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)		
Pozicija 1	okolici	J	1	1,10	2,30	2,53 -	2,53	0,00	0,00	0,00	3,500	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,855	256	
Pozicija 2	okolici	J	1	1,90	2,30	4,37 -	4,37	0,00	0,00	0,00	3,500	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,30	443	
Z-1	okolici	J	1	3,25	2,90	9,43 +	2,53	0,00	0,00	0,00	0,430	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,088	31	
Pregradni nosivi zid 25cm	negrijanoj prostoriji	I	1	1,77	2,90	5,13 +	5,13	0,00	0,00	0,00	1,250	0,00	5	1,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	2,211	64	
PT-1	zemlji (pod)	hor.	1	3,25	1,77	5,75 +	5,75	3,25	3,54	0,00	0,540	0,31	- 14	1,00	0,00	0,00	0,52	0,00	1,337	38		
TM Poz 1 ispod	okolici (Toplinski most)	J	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,140		4	
TM Poz 1 iznad	okolici (Toplinski most)	J	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,130		3	
TM Poz 1 bočno	okolici (Toplinski most)	J	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,560		16	
TM Poz 2 ispod	okolici (Toplinski most)	J	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,280		8	
TM Poz 2 bočno	okolici (Toplinski most)	J	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,460		13	
TM Poz 2 iznad	okolici (Toplinski most)	J	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,280		8	
TM spoj zid pod	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	I	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	5	1,00	0,67	0,00	0,00	0,58	0,387		11	
TM spoj zid strop	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	I	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	5	1,00	0,67	0,00	0,00	0,58	0,387		11	
Rezultati proračuna																						
Phi V,inf (W)					4	Phi T,i (W)															910	
Phi V,min (W)					7	Phi V,i (W)																74
Phi V,meh,inf					0	Phi V,meh (W)																41
Phi V,su (W)					0	Phi (W)																984
Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m ²)																171
Phi/V (W/m ³)					65																	

Tablica 5. Proračun toplinskog opterećenja prostorije P1 Ulaz u software-u IntegraCAD

Nakon proračuna toplinskog opterećenja svih prostorija kuće iz programa se preuzima skupni prikaz, odnosno toplinska bilanca kuće (Tablica 6.) u kojoj se nalazi toplinsko opterećenje pojedine prostorije potrebno za dimenzioniranje ogrjevnih tijela kao i za odabir izvora topline.

Toplinska bilanca						
Prizemlje						
P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)
P1	Ulaz	5	15	984	910	74
P2	Čekaonica	18	20	1538	1069	282
P3	Sestra	14	20	876	651	225
P4	Ordinacija	15	22	953	700	253
P5	WC	4	20	133	0	133
P6	Sanit.- garderob.čvor	4	20	382	167	215
P7	Hodnik-stubište	15	20	670	438	232
P8	Utilitytu	20	15	1360	1095	265
	Ukupno: Prizemlje			6896	5030	1679
1. KAT						
P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)
P1	Hodnik	10	20	314	157	157
P2	Dnevni boravak	36	20	2097	1550	547
P3	Kuhinja	10	20	758	297	461
P4	Trpezarija	11	20	1163	994	169
P5	Soba	13	20	1163	956	207
P6	Garderoba	5	19	0	0	0
P7	Soba	11	20	825	646	179
P8	Soba	16	20	1158	909	249
P9	Kupaona	6	22	665	342	323
P10	Sanitarni čvor	4	22	396	168	228
P11	Stepenište	4	20	190	52	138
	Ukupno: 1. KAT			8729	6071	2658
	Ukupno:			15625	11101	4337

Tablica 6. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka

Ukupno projektno toplinsko opterećenje kuće iznosi 15,625 kW. Sastoji se od toplinskog opterećenja poslovnog prostora 3,882 kW i toplinskog opterećenja stambenog prostora u iznosu preostalih 11,743 kW. Također, iz programa se može očitati podatak o prosječnim gubicima po jedinici grijane korisne površine koji iznosi 67 W/m². Koristeći podno grijanje obično se ne postiže traženi učin zbog ograničenja temperature poda i hidrauličkog balansa sustava. Dodatno ogrjevno tijelo instalira se za ostvarivanje potrebnog toplinskog učina.

3. DIMENZIONIRANJE OPREME SUSTAVA GRIJANJA

Projektno toplinsko opterećenje zahtijeva ugradnju ventilokonvektora u prostorima gdje se podnim grijanjem ne postiže traženi toplinski učin. Ventilokonvektori su namijenjeni za rad prema potrebi i u vršnim opterećenjima sustava. Temperatura polaza ogrjevnice vode za ventilokonvektore iznosi 45°C da bi se osigurao pravilan rad, dok podno grijanje radi s temperaturom polaza ogrjevnice vode 35°C.

Zbog razdvajanja naplate toplinske energije, sustav grijanja izvodi se kao dvije potpuno odvojene instalacije poslovnog i stambenog dijela. Toplinski izvori obje instalacije su dizalice topline spojene na električna brojila vlastitog prostora.

3.1. Podno grijanje

Prilikom projektiranja petlji podnog grijanja određuje se sustav polaganja cijevi. Odabrani sustav Rehau Noppen stiropor omogućava postavljanje cijevi u traženom rasporedu polaganjem cijevi između čepova stiropornih ploča (Slika 12.).



Slika 12. Rehau Noppen stiropor [13]

Odabrane su cijevi podnih petlji Rehau Rautherm $\phi 17 \times 2$ izrađene od peroksidom umreženog polietilena (PE-Xa) (Slika 13.).

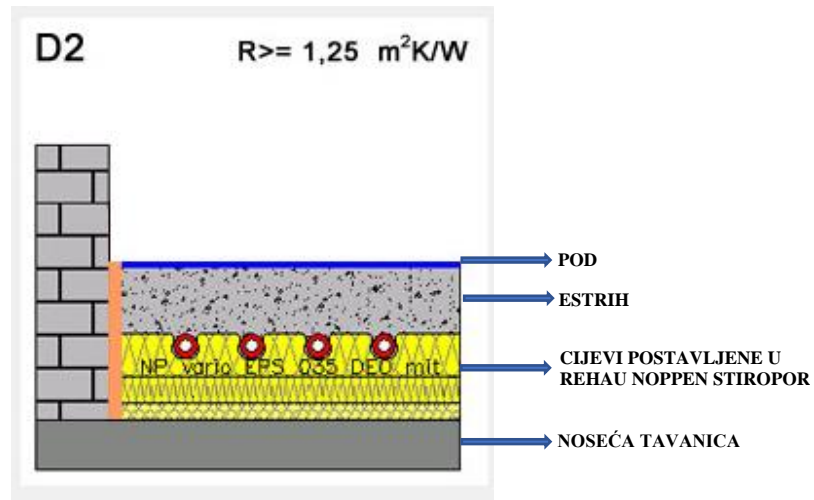


Slika 13. Rehau Rautherm $\phi 17 \times 2$ [13]

Prije početka dimenzioniranja petlji određuje se:

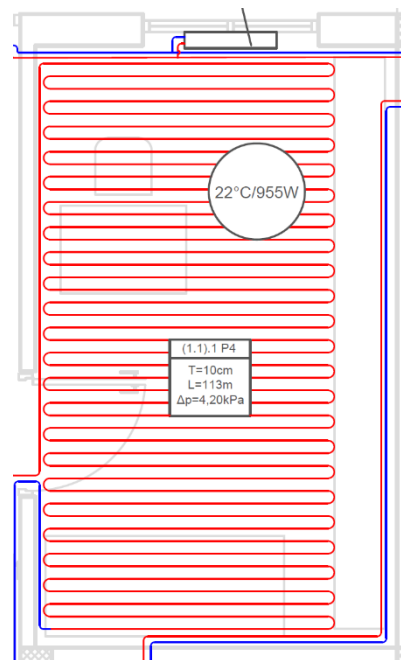
- temperaturni režim podnog grijanja 35/30°C
- maksimalna duljina podne petlje 120 m kao iskustveno odabrana vrijednost
- maksimalan pad tlaka petlje 22 kPa
- način ugradnje podnog grijanja (Slika 14.)
- podna obloga u svakoj prostoriji zbog izolacijskog utjecaja na prijenos topline (keramičke pločice ili parket hrasta)
- površina prostorije u kojoj se postavlja podna petlja i maksimalna temperatura poda prema namjeni prostorije (27°C za duži boravak i 31°C za kupaone)

Odabran je mokri sustav ugradnje cijevi podnog grijanja (Slika 14.). Cijevi su postavljene kao na Slici 12. te se pokrivaju tekućim estrihom. Nedostatak mokrih sustava ugradnje su povećana inertnost ogrjevnih površina i zbog toga slabija mogućnost regulacije [14].



Slika 14. Način ugradnje podnog grijanja [15]

Petlje se polažu u obliku meandra (Slika 15.) i ne postavljaju se ispod namještaja koji je u kontaktu s površinom poda (ormari, kreveti, kupaonske kade, itd.). Također, u proračunu svake petlje pridodaje se duljina pripadajućih priključnih cijevi koje vode do razdjelnog ormara zbog dodatnog toplinskog učina i utjecaja na hidraulički proračun.

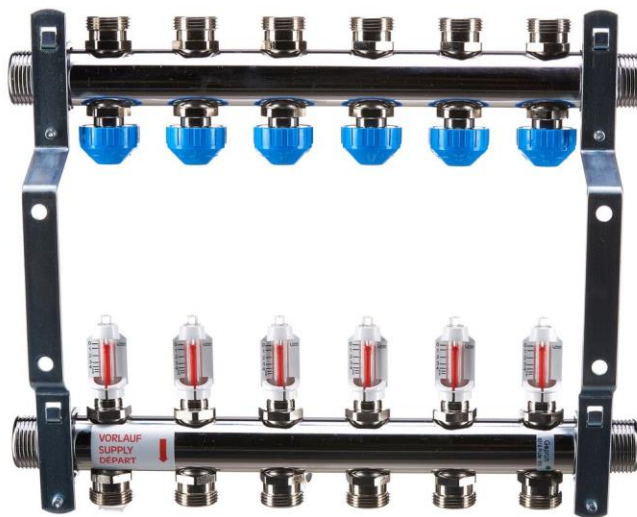


Slika 15. Podna petlja i priključne cijevi

U software-u IntegraCAD provodi se račun optimalne konfiguracije petlji za svaku prostoriju prema unesenim podacima te, uz moguće preinake zbog postizanja potrebnog toplinskog učina ili hidrauličkog balansa, se dobiva konačna konfiguracija pojedine petlje.

3.2. Razdjelnici podnog grijanja

Odabrani su razdjelnici Rehau HKV-D izrađeni od nehrđajućeg čelika. Isporučuju se u veličinama za spajanje od 2 do 12 krugova podnog grijanja s mjeracima protoka (Slika 16.).



Slika 16. Razdjelnik Rehau HKV-D [13]

Instalirani razdjelnici:

- stambenog prostora
 - HKV-D 02 razdjelnik s dva priključka u prizemlju
 - HKV-D 09 razdjelnik s devet priključaka na prvom katu
- poslovnog prostora
 - HKV-D 06 razdjelnik sa šest priključaka u prizemlju

Podaci potrebni za dimenzioniranje izvora topline, cjevovoda i cirkulacijskih pumpi dostupni su u Tablici 7.

Podno grijanje po razdjelnicima	
Ulaz na Prizemlje	
REHAU HKV-D 06 (1.1).1	
Temperatura polaza:	35,0 (°C)
Temperatura povrata:	31,9 (°C)
Broj priključaka:	6
Ukupna površina	43,9 (m ²)
Duljina cijevi:	439,7 (m)
Instalirani učin	2282 (W)
Uk. instalirani učin	2584 (W)
Volumni protok:	11,99 (l/min)
Maksimalni pad tlaka	111,6 (mbar)
Ulaz na Prizemlje	
REHAU HKV-D 02 (1.1).2	
Temperatura polaza:	35,0 (°C)
Temperatura povrata:	31,5 (°C)
Broj priključaka:	2
Ukupna površina	12,4 (m ²)
Duljina cijevi:	124,0 (m)
Instalirani učin	970 (W)
Uk. instalirani učin	1052 (W)
Volumni protok:	4,34 (l/min)
Maksimalni pad tlaka	108,8 (mbar)
Ulaz na 1. KAT	
REHAU HKV-D 09 (2.1).1	
Temperatura polaza:	35,0 (°C)
Temperatura povrata:	32,0 (°C)
Broj priključaka:	9
Ukupna površina	87,3 (m ²)
Duljina cijevi:	756,4 (m)
Instalirani učin	4244 (W)
Uk. instalirani učin	4862 (W)
Volumni protok:	23,44 (l/min)
Maksimalni pad tlaka	280,7 (mbar)

Tablica 7. Podno grijanje po razdjelnicima

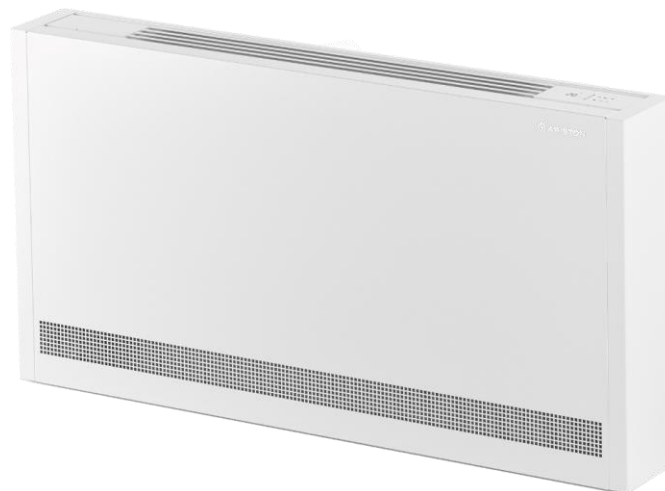
Svaki razdjelnik podnog grijanja mora se smjestiti u vlastiti razdjelni ormarić Rehau UP (Slika 17.) koji se instalira podžbukno.



Slika 17. Razdjelni ormarić Rehau UP [13]

3.3. Ventilokonvektori

U većini prostorija potrebno je uz podno grijanje instalirati ventilokonvektore. Odabrani su ventilokonvektori Ariston Nimbus aquaslim FS (Slika 18.).



Slika 18. Ariston Nimbus aquaslim FS [6]

Svaki ventilokonvektor je odabran (Tablica 8.) da većinu vremena radi na prvoj ili drugoj brzini vrtnje ventilatora zbog smanjenja buke prilikom pogona. Za odabranu veličinu ventilokonvektora specificirani su toplinski učin, pad tlaka i volumni protok vode (Slika 19.), pomoću kojih se dimenzioniraju cjevovodi i cirkulacijska pumpa sustava.

KAT	PROSTORIJA	TOPLINSKO OPTEREĆENJE	TOPL. UČIN PODNOG GRIJANJA	PREOSTALI POTREBAN TOPL. UČIN	VENTILOKONVEKTOR	TOPLINSKI UČIN VENTILOKONVEKTORA	
0.	P1 ULAZ	984	364	620	10 FS	780	[W]
	P2 ČEKAONICA	1538	671	867			
	P3 SESTRA	876	705	171			
	P4 ORDINACIJA	953	368	585			
	P6 SANIT.-GARD. ČVOR	382	136	246			
	P8 UTILITYTU	1360	0	1360			
1.	P2 DNEVNI BORAVAK	2097	1244	853	10FS	780	[W]
	P3 KUHINJA	758	295	463			
	P4 TRPEZARIJA	1163	371	792			
	P5 SOBA	1163	463	700			
	P7 SOBA	825	404	421			
	P8 SOBA	1158	501	657			

Tablica 8. Instalirani ventilokonvektori

TEHNIČKI PODATCI	10	20
	HLAĐENJE +	
GRIJANJE pri 45°C -		
Ukupni učinak	0,57/0,78/1,02 kW	0,82/1,53/2,21 kW
Priključna snaga	5/7/11 W	4/8/19 W
Pad tlaka vode	2,6/6,8/9,1 kPa	1,5/4,3/9,2 kPa
Protok vode	0,10/0,14/0,19 m ³ /h	0,14/0,27/0,41 m ³ /h
FCCOP	C	B
Razina buke	33/44/51 dB	35/45/53 dB

Slika 19. Specifikacije ventilokonvektora Ariston Nimbus aquaslim FS [6]

3.4. Kupaonski cijevni grijači

U prostore kupaona umjesto ventilokonvektora ugrađuju se cijevni grijači Vogel & Noot Della (Slika 20.). Lokalna regulacija toplinskog učina vrši se pomoću termostatskih radijatorskih ventila.



Slika 20. Vogel & Noot Della [7]

Instalirana su dva cijevna grijača u stambenom prostoru (Tablica 9.) :

KAT	PROSTORIJA	TOPLINSKO OPTEREĆENJE	TOPL. UČIN PODNOG GRIJANJA	PREOSTALI POTREBAN TOPL. UČIN	CIJEVNI GRIJAČ	TOPLINSKI UČIN CIJEVNOG GRIJAČA	
1.	P9 KUPAONA	665	209	456	1764x750 mm	392	[W]
	P10 SANITARNI ČVOR	396	142	254	1470x600 mm	249	

Tablica 9. Instalirani cijevni grijači [7]

3.5. Dizalica topline poslovnog prostora

Potreban toplinski učin dizalice topline za temperaturu polaznog voda 45°C i projektanu vanjsku temperaturu zraka -15 °C iznosi $\Phi = 5,7$ kW. [16]

Odabrana je dizalica topline Viessmann Vitocal 111-s (Slika 21.) tip AWBT-M 111.A12 u razdvojenoj izvedbi (engl. split system).

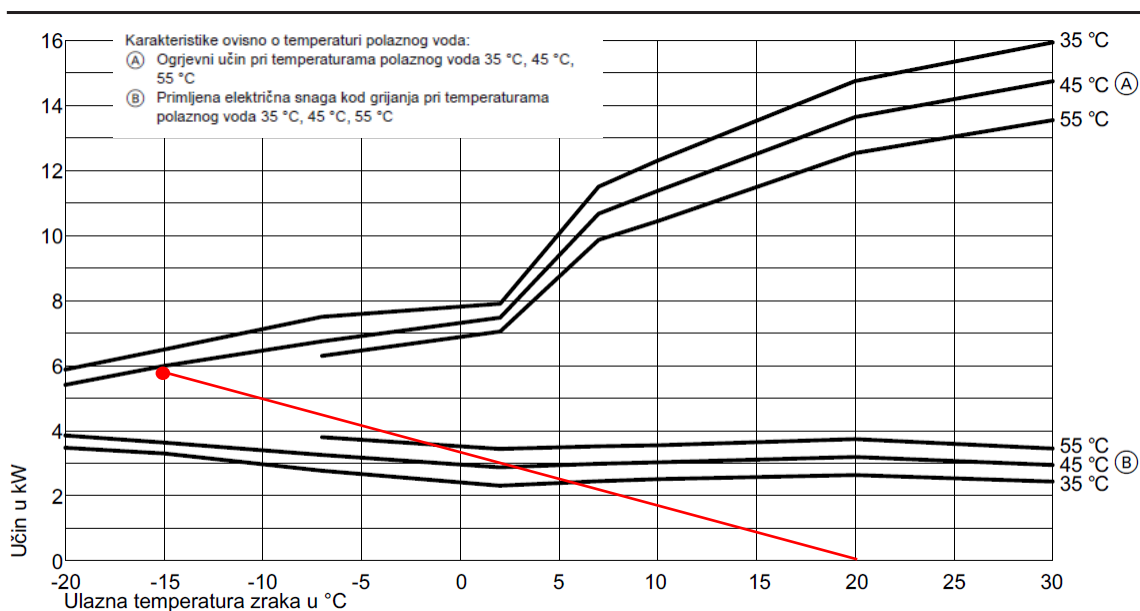


Slika 21. Viessmann Vitocal 111-s [16]

Dizalica topline zrak/voda Viessmann Vitocal 111-s na električni pogon s vanjskom i unutarnjom jedinicom dolazi s regulacijskim uređajem Vitotronic 200, visokoučinkovitom cirkulacijskom crpkom za sekundarni krug, 3-putnim preklopnim ventilom, membranskom tlačnom ekspanzijskom posudom od 10 litara i sigurnosnom grupom. Također, unutarnja jedinica sadrži integrirani spremnik potrošne tople vode volumena 210 litara. [16]

Minimalna temperatura okolišnjeg zraka pri kojoj je dopuštena uporaba iznosi -20°C , a maksimalna temperatura vode polaznog cjevovoda iznosi 55°C . Oba parametra nisu prekoračena u završnom radu.

U projektnim podacima proizvođača provjerava se dostupan toplinski učin dizalice topline za svaku radnu točku sustava i uspoređuje s toplinskim opterećenjem pri istoj okolišnjoj temperaturi (Slika 22.).



Slika 22. Dijagram učina vanjske jedinice 111.A12, 230V [16]

Na Slici 22. crvenim pravcem prikazane su sve radne točke sustava, odnosno toplinska opterećenja ovisno o okolišnoj temperaturi. Vidljivo je da za svaku radnu točku sustava grijanja, dizalica topline ima mogućnost proizvesti veći toplinski učin od potrebnog. U kritičnoj radnoj točki pri vanjskoj temperaturi zraka -15 °C toplinsko opterećenje od $\Phi = 5,7\text{ kW}$ namireno je proizvedenim toplinskim učinkom od $\Phi_{DT} = 6\text{ kW}$.

3.6. Dizalica topline stambenog prostora

Potreban toplinski učin dizalice topline za temperaturu polaznog voda 45 °C i projektnu vanjsku temperaturu zraka -15 °C iznosi $\Phi = 13,55\text{ kW}$. [17]

Odabrana je dizalica topline Viessmann Vitocal 222-s (Slika 23.) tip AWBT-M-E 221.C16 u razdvojenoj izvedbi (engl. split system).

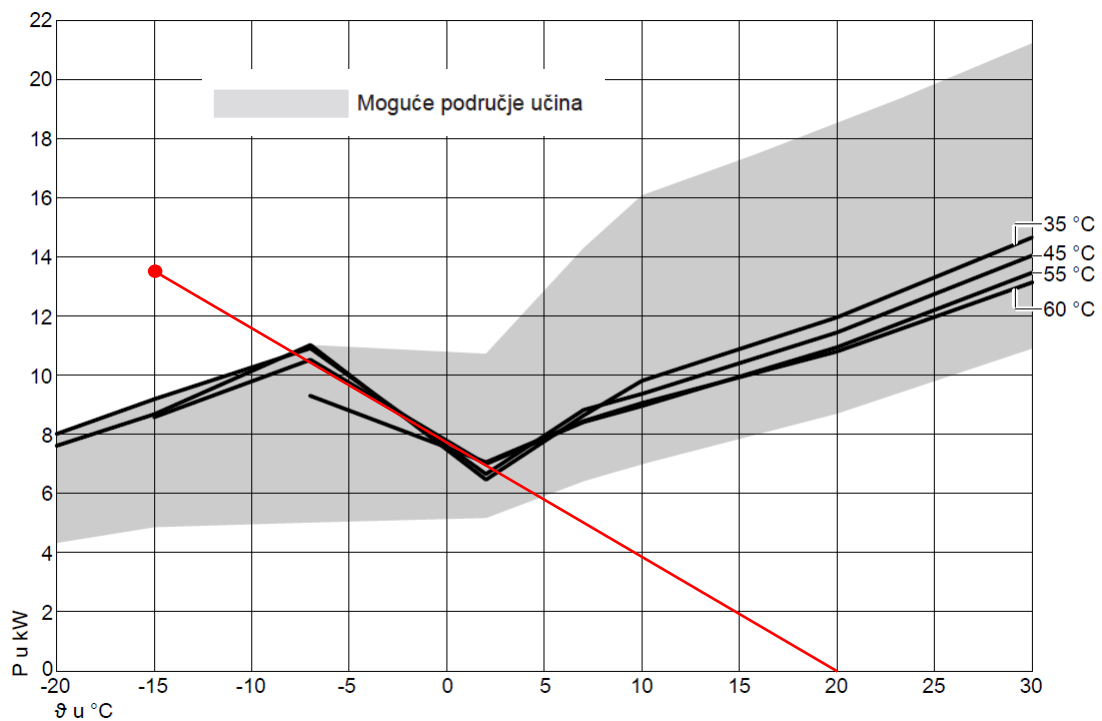


Slika 23. Viessmann Vitocal 222-s [17]

Dizalica topline zrak/voda Viessmann Vitocal 222-s na električni pogon s vanjskom i unutarnjom jedinicom dolazi s regulacijskim uređajem Vitotronic 200, visokoučinkovitom cirkulacijskom crpkom za sekundarni krug, 3-putnim preklopnim ventilom, membranskom tlačnom ekspanzijskom posudom od 10 litara i sigurnosnom grupom. Također, unutarnja jedinica sadrži integrirani spremnik potrošne tople vode volumena 220 litara. [17]

Minimalna temperatura okolišnjeg zraka pri kojoj je dopuštena uporaba iznosi -20°C , a maksimalna temperatura polaznog voda iznosi 60°C . Oba parametra nisu prekoračena u završnom radu.

U projektnim podacima proizvođača provjerava se dostupan toplinski učin dizalice topline za svaku radnu točku sustava i uspoređuje s toplinskim opterećenjem pri istoj okolišnjoj temperaturi (Slika 24.).



Slika 24. Dijagram učina vanjske jedinice 221.C16, 230V za različite temperature polaza [17]

Dizalica topline stambenog prostora pri projektnoj temperaturi vanjskog zraka -15°C ima toplinski učin od 9,2 kW, što je 4,35 kW manje od iznosa instaliranog toplinskog učina. Manjak toplinskog učina proizvodi se protočnim električnim grijačem snage $\Phi_{\text{EL}} = 6 \text{ kW}$ u unutarnjoj jedinici dizalice topline.

Na Slici 24. vidljivo je da se protočni električni grijač ogrjevne vode koristi za grijanje prilikom vanjskih temperatura nižih od $-7,5^{\circ}\text{C}$.

3.7. Međuspremnik ogrjevne vode

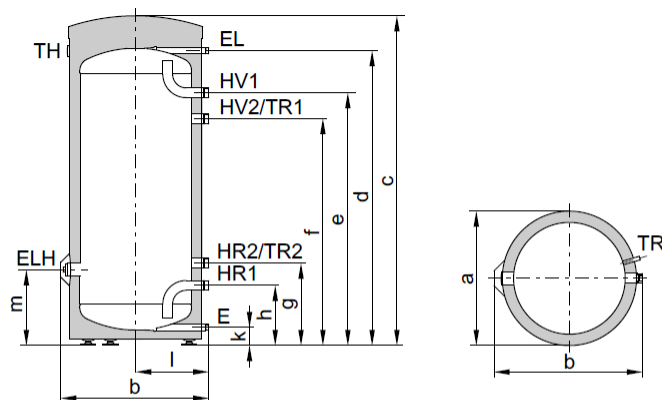
Stambeni i poslovni dio kuće imaju zasebne međuspremnike ogrjevne vode Viessmann Vitocell 100-E/-W (Slika 25.).



Slika 25. Viessmann Vitocell 100-E/-W [18]

Volumen čeličnog spremnika Vitocell 100-E/-W iznosi 200 litara. Isporučuje se s dvije zavarene uranjajuće čahure, jednim termometrom, nogama za postavljanje i montiranom toplinskom izolacijom. [18]

Poprečni presjek spremnika i priključci prikazani su Slikom 26.



Vitocell 100-E/-W (tip SVW, 200 litara)

E	Pražnjenje	HV	Polazni vod ogrjevnice
EL	Odzračivanje	TH	Termometar
ELH	Kolčak Rp 1½ za električni grijač EHE	TR	Uranjajuća čahura za osjetnik temperature spremnika, odn. regulator temperature
HR	Povratni vod ogrjevnice		

Slika 26. Shematski prikaz presjeka i priključaka međuspremnika ogrjevnice [18]

3.8. Cijevni razvod i odabir cirkulacijske pumpe poslovnog prostora

Za odabir cirkulacijske pumpe potrebno je dimenzionirati cjevovode sustava i odrediti kritičan pad tlaka.

Cijevni razvod izveden je dvocijevno te prilikom proračuna dijeli se na dionice konstantnog volumnog protoka ogrjevnice. Nakon određivanja duljine cijevi i masenog protoka vode odabire se promjer cijevi dostatan da pad tlaka po jedinici duljine bude manji od $R < 100 \text{ Pa/m}$. Ukupni pad tlaka dionice dobiva se zbrajanjem linijskog i lokalnih padova tlaka.

Međuspremnik ogrjevnice (Slika 25.) dijeli instalaciju na primarni krug dizalice toplote i na sekundarni krug potrošača. Sekundarni krug podijeljen je na regulacijske grupe ventilokonvektora i podnog grijanja. Svaka regulacijska grupa ima pripadajući cijevni razvod i cirkulacijsku pumpu.

U Tablici 10. prikazan je postupak proračuna pada tlaka pojedine dionice cjevovoda ventilokonvektora poslovnog dijela kuće.

Ventilokonvektori poslovnog prostora															
	L	Toplinski učin	Vodena vrijednost	q_m vode	DN	d_u	v	ϵ (k/d)	Re	λ	R	R*L	$\Sigma \xi$	Z	RL+Z
Dionica	m	W	mc_w	kg/s	mm	mm	m/s	/	/	/	Pa/m	Pa		Pa	Pa
0	7	4080	873,66167	0,20928532	DN25	25	0,43012	6E-05	17037	0,027	99,08	693,558	5	458,452	1152
1	4,8	3060	655,246253	0,15696399	DN25	25	0,32259	6E-05	12778	0,029	60,02	288,1	4	206,303	494,4
2	4,75	2040	436,830835	0,10464266	DN20	20	0,33603	8E-05	10648	0,031	85,54	406,308	4,5	251,835	658,1
3	26,15	1020	218,415418	0,05232133	DN15	16	0,26252	9E-05	6655,1	0,035	74,47	1947,29	12	409,888	27457

Tablica 10. Proračun cjevovoda ventilokonvektora poslovnog prostora

Dionica cjevovoda 0 (Tablica 10.) označava cjevovod neposredno nakon cirkulacijske pumpe, dok dionica 3 označava najudaljeniji cjevovod od cirkulacijske pumpe.

Do kritičnog pada tlaka cjevovoda dolazi se zbrajanjem svih padova tlaka dionica koje prethode krajnjoj dionici (Tablica 11.). Iznos kritičnog pada tlaka cjevovoda koji završava dionicom 3 iznosi 30 kPa (Tablica 11.).

Krajnja dionica	Pripadajuće dionice	Δp ukupno	
3	0+1+2+3	30	kPa

Tablica 11. Određivanje kritičnog pada tlaka grupe ventilokonvektora poslovnog prostora

Volumni protok kroz pumpu određen je specifikacijom ventilokonvektora (Slika 19.). Instalirana su 4 uređaja Nimbus aquaslim 10FS svaki specificiranog protoka vode $0,19 \text{ m}^3/\text{h}$, što znači da ukupni protok vode kroz pumpu iznosi $0,76 \text{ m}^3/\text{h}$.

Cjevovod za podno grijanje povezuje cirkulacijsku pumpu s razdjelnikom podnog grijanja. Iznos pada tlaka tog cjevovoda izračunat je istim principom kao i za ventilokonvektore. Dobivenom padu tlaka cjevovoda (Tablica 12.) pribraja se pad tlaka na razdjelniku podnog grijanja i pad tlaka kritične petlje podnog grijanja ispisan u Tablici 7. za razdjelnik (1.1).1.

Δp cjevovoda	Δp razdjelnika i podne petlje	Δp ukupno	
17	11	28	kPa

Tablica 12. Određivanje kritičnog pada tlaka grupe podnog grijanja poslovnog prostora

Kritičan pad tlaka cjevovoda podnog grijanja iznosi 28 kPa, uz potreban volumni protok pumpe $0,72 \text{ m}^3/\text{h}$ očitao iz Tablice 7. za razdjelnik (1.1).1.

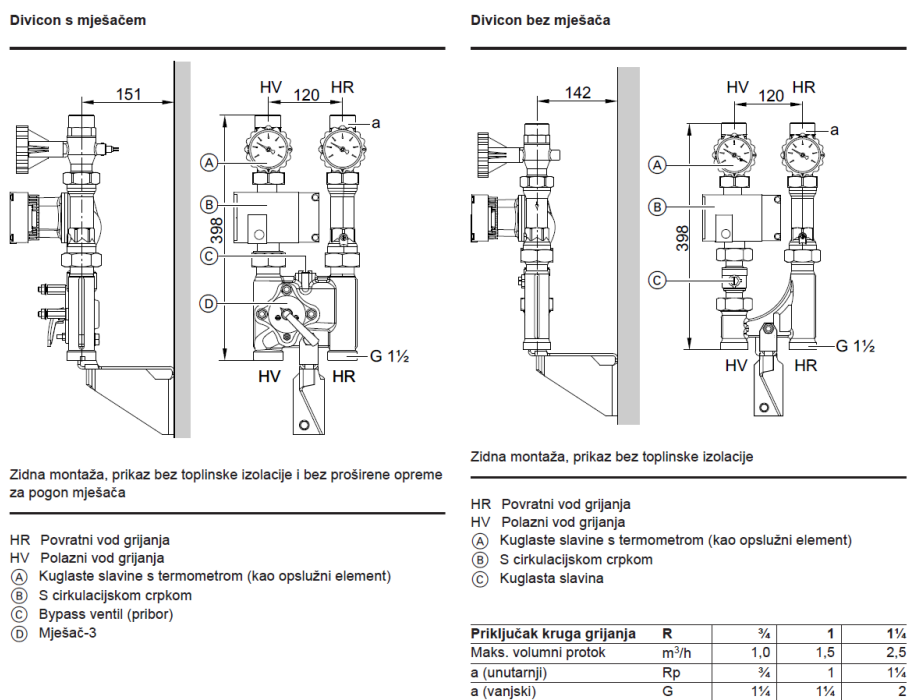
Proizvođač Viessmann nudi kompletno rješenje opreme za tip sustava s dvije odvojene regulacijske grupe. Za svaku grupu koristi se Viessmann Divicon cirkulacijski pumpni set (Slika 27.) koji sadržava pumpu, termometre i moguću izvedbu s mješačem povratne vode.

Za obje regulacijske grupe odabire se Viessmann Divicon cirkulacijski pumpni set R=3/4“ (Tablica 13.) prema maksimalnom dopuštenom protoku vode naznačenom na Slici 27. :

	q_v [m ³ /h]	Viessmann Divicon R= 3/4 "
Ventilokonvektori	0,72	Dopušten protok vode do 1 m ³ /h
Podno grijanje	0,76	

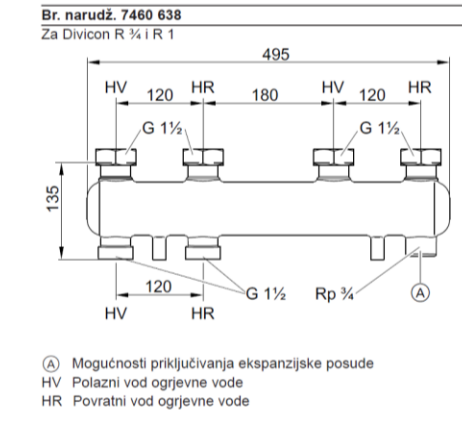
Tablica 13. Odabir Divicon cirkulacijskog pumpnog seta poslovnog prostora

Viessmann Divicon cirkulacijski pumpni set za podno grijanje sadrži mješač namijenjen za postizanje temperature polaznog voda 35°C miješanjem povratne ogrjevne vode.



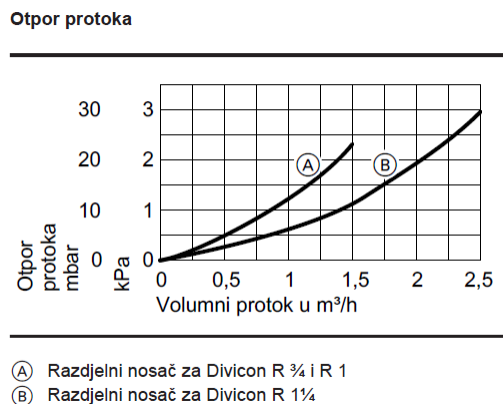
Slika 27. Viessmann Divicon cirkulacijski pumpni set [16]

Prema veličini priključka kruga grijanja ($R=3/4''$) Divicon cirkulacijskih pumpnih setova, odabran je Viessmann razdjelnik (Slika 28.). Divicon cirkulacijski pumpni setovi postavljaju se na razdjelnik koji se povezuje s međuspremnikom ogrjevnje vode.



Slika 28. Viessmann razdjelnik [16]

Odabrani Viessmann razdjelnik predstavlja lokalni pad tlaka koji će se naknadno uključiti u hidraulički proračun. Pad tlaka razdjelnika na koji su priključeni Divicon cirkulacijski pumpni setovi $R=3/4''$ prikazan je karakterističnom krivuljom „A“ na Slici 29. i iznosi $\Delta p_{RN} = 0,8$ kPa očitano za volumne protoke iz Tablice 13.

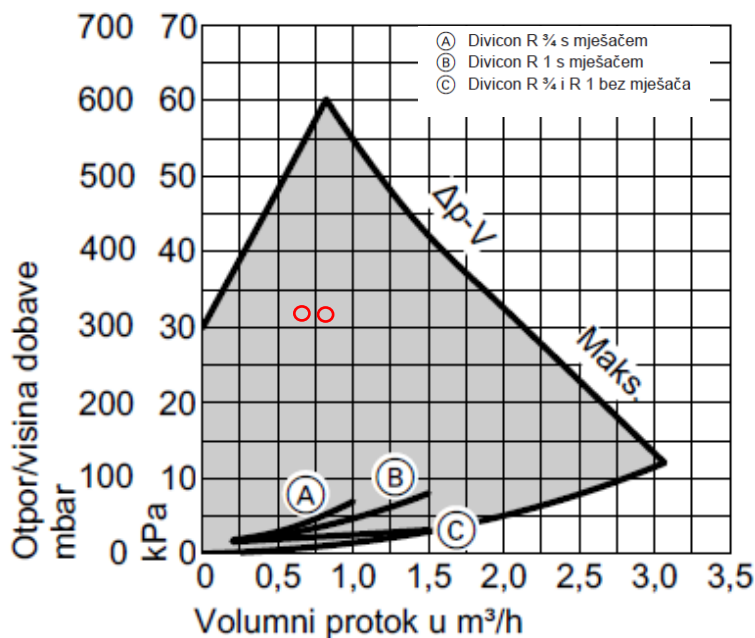


Slika 29. Otpor Viessmann razdjelnika [16]

Na temelju protoka vode iz Tablice 13. i padova tlaka pojedine grupe potrošača iz Tablice 11. i Tablice 12., za obje regulacijske grupe, odabrana je ista Wilo Yonos PARA 25/6 energetski štedljiva visokoučinkovita cirkulacijska pumpa s pogonom varijabilnog diferencijalnog tlaka.

Odabirom pumpe određen je lokalni pad tlaka Viessmann Divicon cirkulacijskih pumpnih setova koji će se naknadno uključiti u hidraulički proračun. Iz Slike 30. očitava se pad tlaka Divicon cirkulacijskog pumpnog seta za:

- ventilokonvektore $\Delta p_D = 2,5$ kPa bez mješača prikazan karakterističnom krivuljom „A“
- podno grijanje $\Delta p_{DM} = 5$ kPa s mješačem prikazan karakterističnom krivuljom „C“



Slika 30. Karakteristika pumpe Wilo Yonos PARA 25/6 [16]

U Tablici 14. definirani su ukupni padovi tlaka (uključujući Viessmann razdjelnik i Divicon cirkulacijski pumpni set) koji određuju radnu točku pojedine pumpe. Na Slici 30. se ponovno provjerava jesu li radne točke iz Tablice 14. i dalje unutar radnog područja pumpe.

Krug	Δp kritične dionice	Δp razdjelnika	Δp Divicon	Δp ukupno		Potreban volumni protok
Podno grijanje	28	0,8	5	33,8	kPa	0,72 m³/h
Ventilokonvektori	30	0,8	2,5	33,3	kPa	0,76 m³/h

Tablica 14. Konačni padovi tlaka i projektne radne točke pumpi poslovnog prostora

3.9. Cijevni razvod i odabir cirkulacijske pumpe stambenog prostora

Cijevni razvod stambenog dijela kuće principijelno je isti kao i cijevni razvod poslovnog prostora te je korišten isti tip opreme, ali zbog različitih instaliranih toplinskih učina i duljina cjevovoda oprema se dimenzionira odvojeno.

Kritičan pad tlaka cjevovoda ventilokonvektora stambenog prostora iznosi $\Delta p = 33$ kPa uz volumni protok vode od $1,85 \text{ m}^3/\text{h}$.

Kritičan pad tlaka cjevovoda podnog grijanja stambenog prostora iznosi $\Delta p = 41$ kPa uz volumni protok vode od $1,67 \text{ m}^3/\text{h}$.

Za obje regulacijske grupe odabire se Viessmann Divicon cirkulacijski pumpni set $R=1 \frac{1}{4}$ " (Tablica 15.) prema dopuštenom rasponu protoka vode naznačenom na Slici 27. :

	$q_v [\text{m}^3/\text{h}]$	Viessmann Divicon $R=1 \frac{1}{4}$ "
Ventilokonvektori	1,85	Dopušten protok vode od 1,5 do 2,5 m^3/h
Podno grijanje	1,67	

Tablica 15. Odabir Divicon cirkulacijskog pumpnog seta stambenog prostora

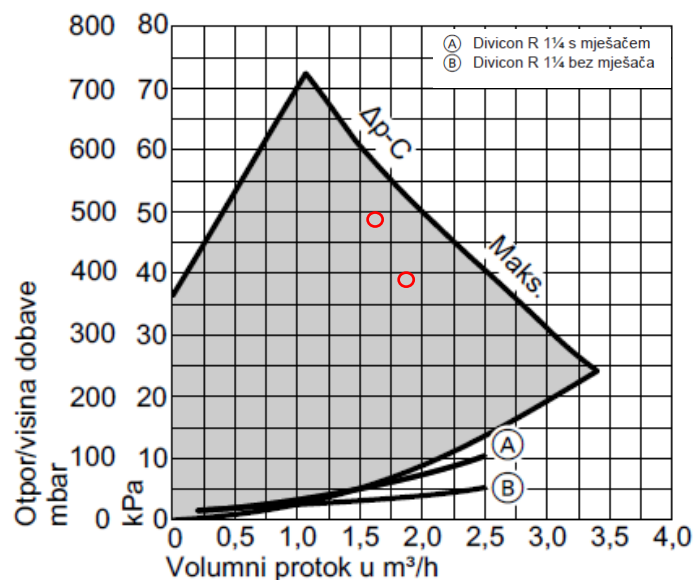
Viessmann Divicon cirkulacijski pumpni set za podno grijanje sadrži mješlač.

Pad tlaka razdjelnika na koji su priključeni Divicon cirkulacijski pumpni setovi $R=1 \frac{1}{4}$ " prikazan je karakterističnom krivuljom „B“ na Slici 29. i iznosi $\Delta p_{RN} = 1,5$ kPa očitano za volumne protoke iz Tablice 15.

Za obje regulacijske skupine stambenog prostora kuće odabrane su pumpe Wilo Yonos PARA 25/8.

Iz Slike 31. očitava se pad tlaka Divicon cirkulacijskog pumpnog seta za:

- ventilokonvektore $\Delta p_D = 4$ kPa bez mješlača prikazan karakterističnom krivuljom „B“
- podno grijanje $\Delta p_{DM} = 6$ kPa s mješlačem prikazan karakterističnom krivuljom „A“



Slika 31. Karakteristika pumpe Wilo Yonos PARA 25/8 [17]

U Tablici 16. definirani su ukupni padovi tlaka (uključujući Viessmann razdjelnik i Divicon cirkulacijski pumpni set) koji određuju radnu točku pojedine pumpe. Na Slici 31. se ponovno provjerava jesu li radne točke iz Tablice 16. i dalje unutar radnog područja pumpe.

Krug	Δp kritične dionice	Δp razdjelnika	Δp Divicon	Δp ukupno		Potreban volumni protok
Podno grijanje	41	1,5	6	48,5	kPa	1,67 m³/h
Ventilokonvektori	33	1,5	4	38,2	kPa	1,85 m³/h

Tablica 16. Konačni padovi tlaka i projektne radne točke pumpi stambenog prostora

3.10. Ekspanzijska posuda poslovnog prostora

Potrebno je izračunati minimalan volumen ekspanzijske posude prema izrazu [1]:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \frac{p_e+1}{p_e-p_0} [l] \quad (9)$$

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

V_V – dodatni volumen, oko 0,5% volumena vode u instalaciji, ali min. 3 litre [l]

p_e – projektni krajnji tlak, kod sustava koji rade na tlakovima manjim od 5 bar, uzima se 0,5 bar ispod tlaka sigurnosnog ventila [bar]

p_0 – primarni tlak ekspanzijske posude (tlak prilikom isporuke) [bar]

Odabran je tlak otvaranja sigurnosnog ventila $p_{sv} = 3,5$ bar.

Projektni krajnji tlak računa se prema izrazu:

$$p_e = p_{sv} - 0,5 = 3,5 - 0,5 = 2,5 \text{ bar} \quad (10)$$

p_{sv} – tlak otvaranja sigurnosnog ventila [bar]

Odabran je primarni tlak $p_0 = 1$ bar koji odgovara primarnom tlaku ekspanzijske posude u dizalici topline.

Potrebno je odrediti volumen vode u cijeloj instalaciji (Tablica 17.):

	Volumen vode [l]
Cijevni razvod	24
Spremnik vode	200
Podne petlje	80
Dizalica topline	20
Ukupno	324

Tablica 17. Ukupni volumen vode u instalaciji poslovnog prostora

Ukupni volumen vode u instalaciji iznosi $V_A = 324$ l.

Volumen širenja vode računa se prema izrazu:

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} = \frac{1,405 \cdot 324}{100} = 4,55l \quad (11)$$

$n = 1,405$ [1] – postotak širenja vode od temperature 10°C do 55°C [%]

$V_A = 324l$ – volumen vode u cijeloj instalaciji grijanja [l]

Dodatni volumen iznosi $V_V = 3$ l.

Prema formuli (9) računa se minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (3 + 4,55) * \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1} = 18l$$

Unutarnja jedinica dizalice topline ima ugrađenu ekspanzijsku posudu od 10 litara te se ekspanzijska posuda dimenzionira za preostali volumen vode:

$$V'_{n,min} = V_{n,min} - 10 = 18 - 10 = 8l \quad (12)$$

$V'_{n,min}$ – traženi volumen zatvorene ekspanzijske posude [l]

$V_{n,min}$ – minimalni volumen ekspanzijske posude [l]

Odabrana je ekspanzijska posuda Elbi ERP 385/8 zapremnine 8 litara (Slika 32.).



Slika 32. Ekspanzijska posuda Elbi ERP 385/8 [19]

Odabrana membranska ekspanzijska posuda postavlja se u prostor s ostalom opremom i spaja se na Viessmann razdjelnik (Slika 28. priključak „A“).

3.11. Ekspanzijska posuda stambenog prostora

Odabran je tlak otvaranja sigurnosnog ventila $p_{sv} = 3,5$ bar.

Iz formule (10) projektni krajnji tlak iznosi $p_e = 2,5$ bar.

Odabran je primarni tlak $p_0 = 1$ bar.

Potrebno je odrediti volumen vode u cijeloj instalaciji (Tablica 18.):

	Volumen vode [l]
Cijevni razvod	99
Spremnik vode	200
Podne petlje	117
Dizalica topline	20
Ukupno	436

Tablica 18. Ukupni volumen vode u instalaciji stambenog prostora

Ukupni volumen vode u instalaciji iznosi $V_A = 436$ l.

Iz formule (11) koristeći $n = 1,66$ [1] i $V_A = 436$ l dobiva se $V_e = 7,2$ l.

Dodatni volumen iznosi $V_V = 3$ l.

Prema formuli (9) računa se minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (7,2 + 3) * \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1} = 24l$$

Prema formuli (12) dobiva se $V'_{n,min} = 12$ l.

Odabrana je ekspanzijska posuda Elbi ERP 385/12 zapremnine 8 litara (Slika 33.).



Slika 33. Ekspanzijska posuda Elbi ERP 385/12 [19]

Odabrana membranska ekspanzijska posuda postavlja se u prostor s ostalom opremom i spaja se na Viessmann razdjelnik (Slika 28. priključak „A“).

3.12. Priprema potrošne tople vode

Obje dizalice topline opremljene su integriranim spremnikom potrošne tople vode. Dizalica poslovnog prostora ima spremnik volumena 210 litara koji je dovoljno velik za pripremanje potrošne tople vode poslovnog prostora zato što taj prostor nema niti jedno izljevno mjesto poput kade ili tuš kabine (sadrži nekoliko slavina koje zahtijevaju male volumne protoke vode).

Za prostor stambene namjene proračunava se veličina spremnika prema odgovarajućem broju izljevnikih mjesta.

Maksimalan toplinski tok za zagrijavanje vode pri temperaturi vode 40°C i specifičnom toplinskom kapacitetu vode $c = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ kWh/kgK}$ iznosi [14]:

$$\Phi_m = 7 * \varphi * n = 7 * 1,15 * 1 = 8,05 \text{ kW} \quad (13)$$

$\varphi = 1,15$ [14] – faktor istovremenosti

$n = 1$ – broj kada u stanu

Potreban toplinski učin izvora topline za zagrijavanje PTV-a iznosi:

$$\Phi_k = \frac{\Phi_m * z_B}{z_B + z_A} = \frac{8,05 * 2}{2 + 2} = 4,025 \text{ kW} \quad (14)$$

Φ_m – maksimalan toplinski tok za zagrijavanje vode [kW]

$z_B = 2h$ – vrijeme zagrijavanja vode do radne temperature spremnika [h]

$z_A = 2h$ – vrijeme trajanja najveće potrošnje [h]

Potrebna zapremnina spremnika iznosi:

$$V_s = \frac{z_A * \Phi_k}{c * \Delta t_s} * b = \frac{2 * 4,025}{1,16 * 10^{-3} * 50} * 1,1 = 153 \text{ l} \quad (15)$$

$z_A = 2h$ – vrijeme trajanja najveće potrošnje [h]

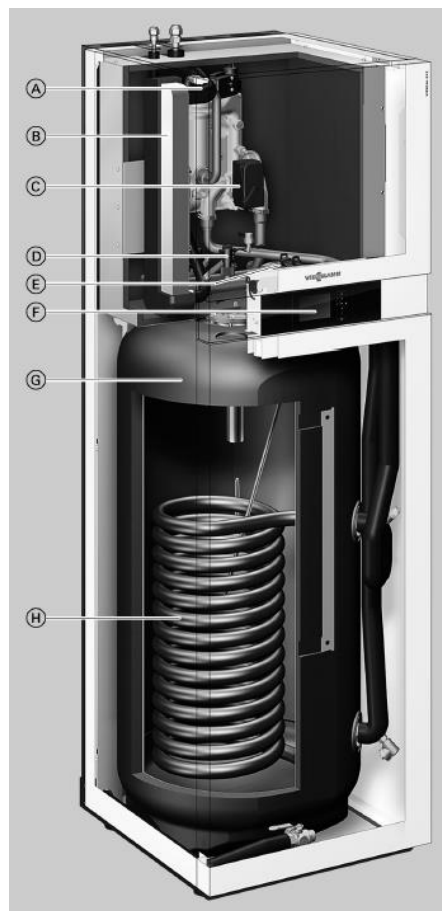
Φ_k – potreban toplinski učin izvora topline za zagrijavanje PTV – a [kW]

$c = 1,16 * 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{kgK}}$ – specifični toplinski kapacitet vode $[\frac{\text{kWh}}{\text{kgK}}]$

$\Delta t_s = 50^\circ\text{C}$ [2] – razlika najviše srednje i najniže dozvoljene temperature u spremniku [°C]

$b = 1,1$ [2] – faktor mrtvog prostora ispod izmjenjivača

Minimalna potrebna zapremnina spremnika potrošne vode iznosi 153 litre dok se u dizalici topline nalazi spremnik zapremnine 220 litara.



Slika 34. Unutarnja jedinica dizalice topline Vitocal 222-s [17]

U donjem dijelu unutarnje jedinice dizalice topline nalazi se spremnik potrošne tople vode označen slovom „G“, a slovom „H“ označen je izmjenjivač topline za grijanje spremnika PTV-a (Slika 34.)

3.13. Regulacija sustava grijanja

Regulacija sustava stambenog i poslovnog dijela kuće vrši se po jednakom principu rada koristeći regulacijske uređaje proizvođača Uponor.

Svaki razdjelnik podnog grijanja opremljen je kontrolerom Uponor Smatrix Wave Pulse X-265 (Slika 35.) čija je funkcija regulirati protok ogrjevne vode kroz petlje podnog grijanja pomoću aktuatora na termoelektrični pogon. Kontroler je smješten unutar razdjelnog ormarića pripadajućeg razdjelnika podnog grijanja i njime se upravlja prema temperaturama prostorija postavljenim na sobnim termostatima Uponor Smatrix Wave T-166 (Slika 36.).



Slika 35. Kontroler Smatrix Wave Pulse X-265 [20]



Slika 36. Sobni termostat Smatrix Wave T-166 [20]

Kontroler je opremljen komunikacijskim modulom Uponor Smatrix Wave Pulse Com R-208 (Slika 37.) koji uspostavlja vezu između sustava Uponor Smatrix Pulse, aplikacije Uponor Smatrix Pulse i Uponor oblaka [20]. Ukoliko u sustavu postoji drugi razdjelnik podnog grijanja s vlastitim kontrolerom, taj kontroler se oprema antenom Uponor Smatrix Wave Pulse A-265 (Slika 38.) umjesto komunikacijskog modula i podređen je kontroleru s komunikacijskim modulom. Antena i komunikacijski modul se postavljaju na zid u blizini pripadajućih kontrolera.



Slika 37. Komunikacijski modul Uponor Smatrix Wave Pulse Com R-208 [20]



Slika 38. Antena Uponor Smatrix Wave Pulse A-265 [20]

Za razdjelnike podnog grijanja s više od 8 priključaka, odnosno kada je potrebno upravljati s više od osam aktuatora, na kontroler je potrebno postaviti modul za proširenje Uponor Smatrix Wave Pulse M-262 (Slika 39.) koji omogućava spajanje šest dodatnih aktuatora (krugova podnog grijanja).



Slika 39. Modul za proširenje Smatrix Wave Pulse M-262 [20]

Ventilokonvektori sustava opremljeni su relejnim modulima Uponor Smatrix Wave M-161 (Slika 40.) registriranim na pripadajući termostat. Postavljaju se na zid u blizini pripadajućih ventilokonvektora.



Slika 40. Relejni modul Smatrix Wave M-161 [20]

4. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Projektiran je sustav toplovodnog grijanja kuće na području grada Županje, korisne površine 252 m² na dvije etaže (prizemlje i prvi kat). Kuća se sastoji od stambenog i poslovnog dijela. Izračunati su projektni toplinski gubici za stambeni dio 11,743 kW te za poslovni dio 3,882 kW. Ispis proračuna toplinskih gubitaka daje se u prilogu rada. Svaki dio kuće ima zasebni sustav grijanja, a oprema je smještena u zajedničkoj strojarnici u prizemlju kuće.

4.1. Sustav grijanja stambenog prostora

Izvor topline sustava grijanja je dizalica topline zrak/voda proizvođača Viessmann. Dizalica topline Viessmann Vitocal 222-s, tip AWBT-M-E 221.C16 na projektnoj vanjskoj temperaturi -15°C i pri polaznoj temperaturi ogrjevnice vode 45°C postiže toplinski učin 9,2 kW . Prilikom rada u vršnim opterećenjima potreban je električni grijač toplinskog učina 6 kW. Sustav je opremljen međuspremnikom ogrjevnice vode Viessmann Vitocell 100-E/-W zapremnine 200 litara. Pomoću razdjelnika grijanja, sustav se dijeli na dvije grupe: na regulacijsku grupu podnog grijanja temperaturnog režima rada 35/30°C i na regulacijsku grupu ventilokonvektora zajedno s kupaonskim cijevnim grijačima temperaturnog režima rada 45/40°C. Temperaturni režim podnog grijanja postiže se miješanjem povratne ogrjevnice vode u cirkulacijskom pumpnom setu Viessmann Divicon. Razdjelnici podnog grijanja Rehau HKV-D s mjeračima protoka smješteni su u podžbukne razdjelne ormariće Rehau UP. U instalaciji stambenog prostora koriste se pumpe sekundarnih krugova Wilo Yonos PARA 25/8. Uz ekspanzijsku posudu od 10 litara uključenu u unutrašnju jedinicu dizalice topline, sustav je opremljen ekspanzijskom posudom Elbi ERP 385/12 zapremnine 12 litara. Cjevovodi podnog grijanja izrađeni su od materijala PE-X, dok su ostali cjevovodi u sustavu bakreni s cijevnom izolacijom Armaflex. Instalirani učin podnog grijanja stambenog prostora iznosi 5914 W. Uz podno grijanje postavljeno je 8 ventilokonvektora Ariston Nimbus aquaslim FS, ukupnog toplinskog učina 6990 W. U kupaonama se nalaze dva cijevna grijača Vogel&Noot Della ukupnog toplinskog učina 641 W. Regulacijska grupa podnog grijanja hidraulički je balansirana pomoću automatskog balans ventila Danfoss ASV-P DN40 i pripadajućeg zapornog ventila ASV-M DN40. Svaki od ventilokonvektora hidraulički je balansiran pomoću vlastitog tlačno neovisnog balansirajućeg i regulacijskog ventila; Nimbus

aquaslim 20FS pomoću Danfoss AB-QM 4.0 DN20, a preostalih 7 ventilokonvektora Nimbus aquaslim 10FS pomoću Danfoss AB-QM 4.0 DN15LF.

4.2. Sustav grijanja poslovnog prostora

Sustav poslovnog prostora izveden je analogno sustavu grijanja stambenog prostora izuzev sljedećih razlika. Dizalica topline Viessmann Vitocal 111-s, tip AWBT-M 111.A12 na projektnoj vanjskoj temperaturi -15°C i pri polaznoj temperaturi ogrjevnice vode 45°C postiže toplinski učin 6 kW. Koriste se pumpe sekundarnih krugova Wilo Yonos PARA 25/6. Uz ekspanzijsku posudu od 10 litara uključenu u unutarnju jedinicu dizalice topline sustav je opremljen ekspanzijskom posudom Elbi ERP 385/8 zapremnine 8 litara. Instalirani učin podnog grijanja poslovnog prostora iznosi 2584 W. Uz podno grijanje postavljena su 4 ventilokonvektora Ariston Nimbus aquaslim 10FS, ukupnog toplinskog učina 3120 W. Regulacijska grupa podnog grijanja hidraulički je balansirana pomoću automatskog balans ventila Danfoss ASV-P DN25 i pripadajućeg zapornog ventila ASV-M DN25. Svaki ventilokonvektor je hidraulički balansiran pomoću vlastitog tlačno neovisnog balansirajućeg i regulacijskog ventila Danfoss AB-QM 4.0 DN15LF.

4.3. Regulacija sustava

Stambeni i poslovni prostor imaju isti princip regulacije sustava. Dizalice topline se isporučuju s regulacijskim uređajem Vitotronic 200, tip WO1C proizvođača Viessmann. Uređaj Vitotronic 200 ima funkciju isključivanja dizalice topline, regulacije primarne i sekundarnih cirkulacijskih pumpi i regulacije zadane temperature u međuspremniku ogrjevnice vode pomoću uronjenog osjetnika temperature. Pomoću vanjskog osjetnika temperature, uređaj Vitotronic 200 regulira polaznu temperaturu ogrjevnice vode prema zadanoj karakteristici grijanja. Regulaciju mješača koji ostvaruje traženu temperaturu polazne vode za podno grijanje također vrši uređaj Vitotronic 200 pomoću motornog pogona mješača i regulacijskog osjetnika temperature u polaznom vodu podnog grijanja. Regulacija potrošača izvodi se pomoću uređaja proizvođača Uponor kako je opisano u poglavlju o regulaciji sustava grijanja 3.13. Svaki razdjelnik podnog grijanja opremljen je Uponor Smatrix Wave PULSE X-265 kontrolerom čija je funkcija regulirati protok ogrjevnice vode kroz petlje podnog grijanja pomoću aktuatora na termoelektrični pogon. Ventilokonvektori sustava

opremljeni su relejnim modulima Uponor Smatrix Wave M-161 registriranim na pripadajući sobni termostat. Kupaonski cijevni grijači stambenog prostora reguliraju se lokalno pomoću termostatskih radijatorskih ventila. Temperatura u prostorijama se zadaje na sobnim termostatima Uponor Smatrix Wave T-166. Glavni kontroler povezan je s regulacijskim uređajem Vitotronic 200 koji pokreće sekundarne pumpe i regulira njihov rad.

4.4. Sustav pripreme potrošne tople vode

Oba sustava pripremaju potrošnu toplu vodu u akumulacijskim spremnicima integriranim u unutarnjim jedinicama dizalica topline. Spremnik potrošne tople vode stambenog prostora ima zapremninu 220 litara, dok spremnik poslovnog prostora ima zapremninu 210 litara. Unutar spremnika nalazi se izmjenjivač topline namijenjen za grijanje potrošne tople vode u obliku cijevne zavojnice kroz koju dizalica topline, putem troputnog preklopnog ventila, propušta ogrjevnu vodu. Pregrijavanje vode u svrhu zaštite od Legionele izvedeno je pomoću protočnog grijača električne snage 9 kW. Regulacijski prioritet zagrijavanja ima potrošna topla voda sustava.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu projektiran je sustav grijanja kuće na području grada Županje. Odabrana kuća izgrađena je 2000. godine što se očituje povećanim toplinskim gubicima shodno tadašnjim zahtjevima za toplinskom zaštitom zgrade i standardom gradnje. Prosječni specifični gubici topline iznose 70 W/m^2 što je znatno više od današnjih mjerila niskoenergetske gradnje. Svrha rada bila je instalirati sustav s obnovljivim izvorom energije u kuću postojećeg stanja i postići visoku razinu toplinske ugodnosti.

Odabrani izvor topline je dizalica topline zrak/voda koja predstavlja visokoučinkoviti, obnovljivi, niskotemperaturni izvor energije s polaznom temperaturom ogrjevnice vode do 45°C . Toplinski učin dizalice topline poslovnog prostora iznosi 6 kW, dok toplinski učin dizalice topline stambenog prostora iznosi 9,2 kW. U svrhu maksimalne toplinske ugodnosti odabrano je podno grijanje svih prostorija kuće koje radi na temperaturnom režimu $35/30^\circ\text{C}$. Kao posljedica stanja vanjske ovojnice kuće prilikom vršnog opterećenja sustava za grijanje su potrebni i ventilokonvektori koji rade na temperaturnom režimu $45/40^\circ\text{C}$. Daljnje energetske unaprjeđenje sustava postiglo bi se poboljšanjem toplinskih svojstava ovojnice kuće što bi omogućilo uklanjanje ventilokonvektora i smanjivanje polazne temperature ogrjevnice vode na 35°C . Smanjena temperatura polaza vode uzrokovala bi manju potrošnju energije.

Kuća je podijeljena na stambeni i poslovni dio. Toplinski učin dizalice topline poslovnog dijela kuće iznosi 6 kW, dok toplinski učin dizalice topline stambenog dijela iznosi 9,2 kW. Potrošna topla voda priprema se u akumulacijskim spremnicima integriranim u dizalicama topline koji imaju zapremninu 220 litara u stambenom i 210 litara u poslovnom prostoru.

Iako sustav postiže niske pogonske troškove, troškovi investicije znatno su veći u usporedbi sa sustavima koji koriste neobnovljive izvore energije poput plina.

Ovim radom pokazuje se mogućnost postavljanja modernog sustava s obnovljivim izvorom energije u kuću srednje razine toplinske zaštite kod slučajeva kada nije moguće izvršiti obnovu ovojnice. Ovakvim rješenjem sustav prati današnje ekološke standarde i postiže nisku emisiju štetnih plinova.

LITERATURA

- [1] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija “Grijanje“, FSB, Zagreb
- [2] HRN EN 12831
- [3] Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka, 2021, Narodne novine, Zagreb, 143.
- [4] HRN EN 7730
- [5] Termometal, <https://termometal.hr/rotex-oprema-za-podno-grijanje-grupa-345/>
- [6] Ariston, <https://www.ariston.com/hr-hr/products/ventilokonvektori/ventilokonvektori/nimbus-aquaslim-fs/>
- [7] Vogel&Noot, https://www.vogelundnoot.com/hr/della_kupaonski_radijatori.htm
- [8] V. Soldo: Podloge za predavanja iz kolegija “Hlađenje i dizalice topline“, FSB, Zagreb
- [9] Samsung, <https://www.lg.com/global/business/heating-split>
- [10] Samsung, <https://www.lg.com/global/business/heating-monobloc>
- [11] Tehnoprojekt d.d., 'Glavni projekt obiteljska kuća', Vinkovci, 2000.
- [12] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, 2020, Narodne novine, Zagreb, 102.
- [13] Rehau, <https://www.rehau.com/group-en>
- [14] Recknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković: Grejanje i klimatizacija, Vrnjačka Banja, 2004.
- [15] IntegraCAD, <https://integracad.com/>
- [16] Viessmann, Projektantske podloge „Vitocal 111-s“
- [17] Viessmann, Projektantske podloge „Vitocal 222-s“
- [18] Viessmann, Informacijski list „Vitocell 100-E/-W“
- [19] Elbi, Informacijski list Elbi ERP serija ekspanzijskih posuda
- [20] Uponor, Tehnički list s informacijama „Smatrix“

Prilog A - Toplinsko opterećenje grijanja prema HRN EN 12831

Prizemlje		Prostorija:		P5 WC																		
Duljina (m)		2,52		T (m)	5,00																	
Širina (m)		1,76		Gw	1,00																	
Površina (m ²)		4,44		f g1	1,45																	
Visina (m)		2,60		Broj otvora	0																	
Volumen (m ³)		11,53		e i	0,00																	
Oplošje (m ²)		31,13		f vi	1,00																	
Visina iznad tla (m)		0,00		V ex (m ³ /h)	0,00																	
Theta int. i (°C)		20		V su (m ³ /h)	0,00																	
Theta e (°C)		- 14		V su,i (m ³ /h)	0,00																	
f RH		0,00		n min (1/h)	1,00																	
Korekcijski faktor - fh,i		1,00																				
Rezultati proračuna																						
Phi V.inf (W)		0		Phi T,i (W)	0																	
Phi V.min (W)		12		Phi V,i (W)	133																	
Phi V.mech.inf		0		Phi V.mech (W)	0																	
Phi V.su (W)		0		Phi (W)	133																	
Phi RH (W)		0		Phi/A (W/m ²)	30																	
Phi/V (W/m ³)		11																				
Prizemlje																						
		Prostorija:		P6 Sanit.- garderob.čvor																		
Duljina (m)		2,71		T (m)	5,00																	
Širina (m)		1,76		Gw	1,00																	
Površina (m ²)		4,77		f g1	1,45																	
Visina (m)		2,60		Broj otvora	1																	
Volumen (m ³)		12,40		e i	0,02																	
Oplošje (m ²)		32,78		f vi	1,00																	
Visina iznad tla (m)		0,00		V ex (m ³ /h)	0,00																	
Theta int. i (°C)		20		V su (m ³ /h)	0,00																	
Theta e (°C)		- 14		V su,i (m ³ /h)	0,00																	
f RH		0,00		n min (1/h)	1,50																	
Korekcijski faktor - fh,i		1,00																				
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	VŠ (m)	A O (m²)	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)		
Pozicija 9	okolici	S	1	0,80	0,60	0,48	-	0,48	0,00	0,00	0,00	3,000	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,440	49
Z-1	okolici	S	1	1,76	2,90	5,10	+	4,62	0,00	0,00	0,00	0,430	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,987	67
PT-2	zemlji (pod)	hor.	1	2,71	1,76	4,77		4,77	1,85	5,16	0,00	0,540	0,28	- 14	1,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	1,139	38
TM Poz 13 iznad	okolici (Toplinski most)	S	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,100	3
TM Poz 13 ispod	okolici (Toplinski most)	S	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,100	3
TM Poz 13 bočno	okolici (Toplinski most)	S	2	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,140	4
TM Kut Z-1	okolici (Toplinski most)	SZ	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,030	1
Rezultati proračuna																						
Phi V.inf (W)		4		Phi T,i (W)	167																	
Phi V.min (W)		19		Phi V,i (W)	215																	
Phi V.mech.inf		0		Phi V.mech (W)	40																	
Phi V.su (W)		0		Phi (W)	382																	
Phi RH (W)		0		Phi/A (W/m ²)	80																	
Phi/V (W/m ³)		30																				

1. KAT		Prostorija:		P11 Stepenište																	
Dujina (m)			1,13	T (m)	5,00																
Širina (m)			4,05	Gw	1,00																
Površina (m ²)			4,58	f g1	1,45																
Visina (m)			2,60	Broj otvora	0																
Volumen (m ³)			11,90	e i	0,00																
Oplošje (m ²)			36,09	f vi	1,00																
Visina iznad tla (m)			3,10	V ex (m ³ /h)	0,00																
Theta int, i (°C)			20	V su (m ³ /h)	0,00																
Theta e (°C)			- 14	V su,i (m ³ /h)	0,00																
f RH			0,00	n min (1/h)	1,00																
Korekcijski faktor - fh,i			1,00																		
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/S (m)	A O (m ²)	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)	
PTA-1	negrijanoj prostoriji	hor.	1	1,13	4,05	4,58	+	4,58	0,00	0,00	0,00	0,360	0,00	- 10	1,00	0,88	0,00	0,00	0,00	1,455	49
TM tavan pregradni zid	negrijanoj prostoriji (Toplinski most)	S	1	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	- 10	1,00	1,50	0,00	0,00	0,05	0,075	2
Rezultati proračuna																					
Phi V,inf (W)																					0
Phi V,min (W)																					12
Phi V,mech,inf																					0
Phi V,su (W)																					190
Phi RH (W)																					0
Phi/V (W/m ²)																					16
																					52
																					138
																					0
																					41

Prilog B – Dimenzioniranje sustava podnog grijanja

Projekt: Obiteljska kuća

Podno grijanje

G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Prizemlje (1.1)

REHAU-razdjelivač s mjerачem protoka HKV-D 06 (1.1).1

Temperatura polazne vode 35,0 (°C)

Temperatura povratne vode 31,9 (°C)

Broj priključaka 6

Uk. površina petlji 43,9 (m²)

Uk. duljina cijevi 439,7 (m)

Instalirani učin 2282 (W)

Uk. instalirani učin 2584 (W)

Uk. volumen medija 58,37 (l)

Uk. protok 715,50 (kg/h)

11,16 (kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.
Prizemlje \ P1 Ulaz																	
84X4	X	Keramičke pločice	13	0,012	0,2	100	23,7	96,7	3,5	1,6		15					
Prizemlje \ P2 Čekaonica																	
83	B	Parket (hrast)	25	0,119	6,8	100	24,5	47,0	3,0	68,2	7,7	321	429	122,9	0,3	7,6	2,50
84	B	Parket (hrast)	25	0,119	6,8	100	24,5	46,1	3,5	68,2	14,0	314	474	116,6	0,2	7,6	2,50
83X1	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,2	100	24,5	47,0	3,0	2,3		11					
84X1	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,2	100	24,5	46,1	3,5	2,1		10					
50X2	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,3	100	24,8	49,8	1,5	3,0		15					
Prizemlje \ P3 Sestra																	
101	B	Keramičke pločice	10	0,010	8,7	100	26,0	63,6	6,0	87,0	7,8	553	661	94,7	0,2	6,2	1,00
90X4	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,8	100	27,1	77,1	1,5	8,0		62					
101X1	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,6	100	26,0	63,6	6,0	5,8		37					
100X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,3	100	26,0	63,6	6,0	3,0		19					
50X3	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,3	100	27,1	77,1	1,5	2,5		19					
83X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,2	100	26,7	72,8	3,0	2,0		15					
90X6	Y	Keramičke pločice	10	0,010					1,5	7,8							
Prizemlje \ P4 Ordinacija																	
100	B	Parket (hrast)	25	0,119	10,4	100	25,4	33,9	6,0	104,0	9,0	353	474	67,9	0,1	4,2	0,25
100X1	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,4	100	25,4	33,9	6,0	4,3		15					
Prizemlje \ P5 WC																	
50	B	Keramičke pločice	10	0,010	2,6	100	27,1	77,1	1,5	26,0	11,0	200	304	174,6	0,4	6,8	2,50
50X1	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,3	100	27,1	77,1	1,5	2,5		19					
Prizemlje \ P6 Sanit.- garderob.čvor																	
90	B	Keramičke pločice	10	0,010	1,7	100	27,1	77,1	1,5	17,1	19,8	132	242	138,8	0,3	4,5	1,00
90X1	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,1	50	28,0	88,1	1,5	1,0		4					
Prizemlje \ P7 Hodnik-stubište																	
84X3	X	Keramičke pločice	10	0,010	1,0	100	26,6	71,3	3,5	10,3		73					
83X3	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,3	100	26,7	72,8	3,0	3,4		25					
50X4	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,3	100	27,1	77,1	1,5	3,0		23					
90X5	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,3	100	27,1	77,1	1,5	3,0		23					
101X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,2	100	26,0	63,6	6,0	2,0		13					
100X3	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,2	100	26,0	63,6	6,0	1,7		11					

REHAU-razdjelivač s mjeracom protoka HKV-D 02 (1.1).2																	
Temperatura polazne vode		35,0 (°C)															
Temperatura povratne vode		31,5 (°C)															
Broj priključaka		2															
Uk. površina petlji		12,4 (m ²)															
Uk. duljina cijevi		124,0 (m)															
Instalirani učin		970 (W)															
Uk. instalirani učin		1052 (W)															
Uk. volumen medija		16,46 (l)															
Uk. protok		259,20 (kg/h)															
		10,88 (kPa)															
P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	I (m)	Id (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.
Prizemlje \ P1 Ulaz																	
102	B	Keramičke pločice	13	0,012	3,4	100	23,8	98,2	3,0	34,0	12,5	334	459	131,7	0,3	5,2	1,00
102X1	X	Keramičke pločice	13	0,012	0,2	100	23,8	98,2	3,0	1,5		15					
Prizemlje \ P7 Hodnik-stubište																	
110	B	Keramičke pločice	10	0,010	7,3	100	26,5	69,8	4,0	73,5	4,0	513	593	127,5	0,3	8,3	2,50
110X1	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,4	100	26,5	69,8	4,0	4,0		28					
102X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	1,1	100	26,7	72,8	3,0	11,0		80					

REHAU-razdjeljivač s mjerčem protoka HKV-D 09 (2.1).1																	
Temperatura polazne vode		35,0 (°C)															
Temperatura povratne vode		32,0 (°C)															
Broj priključaka		9															
Uk. površina petlji		87,3 (m ²)															
Uk. duljina cijevi		756,4 (m)															
Instalirani učin		4244 (W)															
Uk. instalirani učin		4862 (W)															
Uk. volumen medija		100,39 (l)															
Uk. protok		1398,90 (kg/h)															
		28,07 (kPa)															
P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m ² K/W)	A (m ²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m ²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent.
1. KAT \ P1 Hodnik																	
129X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	2,1	150	25,5	58,6	5,0	14,0		124					
130X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	2,1	150	25,5	58,6	5,0	14,0		124					
118X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,6	100	27,0	75,7	2,0	6,5		49					
131X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	1,3	100	26,7	72,8	3,0	13,0		95					
121X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,7	100	26,6	71,3	3,5	7,2		51					
119X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,3	100	26,7	72,8	3,0	2,8		20					
120X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,4	100	26,5	69,8	4,0	4,0		28					
122X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	1,1	100	27,1	77,1	1,5	11,0		85					
123X2	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,5	100	27,2	78,5	1,0	5,0		39					
1. KAT \ P2 Dnevni boravak																	
129	B	Parket (hrast)	25	0,119	13,6	150	23,9	39,4	5,0	89,4	25,0	534	834	143,4	0,3	15,0	1,00
130	B	Parket (hrast)	25	0,119	13,6	150	23,9	39,4	5,0	89,4	23,0	534	821	141,1	0,3	14,3	0,50
129X1	X	Parket (hrast)	25	0,119	1,7	150	23,9	39,4	5,0	11,0		66					
130X1	X	Parket (hrast)	25	0,119	1,4	150	23,9	39,4	5,0	9,0		54					
131X3	X	Parket (hrast)	25	0,119	1,2	100	24,5	47,0	3,0	12,0		56					
1. KAT \ P3 Kuhinja																	
118	B	Keramičke pločice	10	0,010	3,6	100	27,0	75,7	2,0	36,0	9,5	272	377	162,3	0,3	7,3	0,50
118X1	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,3	100	27,0	75,7	2,0	3,0		23					
1. KAT \ P4 Trpezarija																	
131	B	Parket (hrast)	25	0,119	7,3	100	24,5	47,0	3,0	73,0	31,0	343	602	172,5	0,4	18,7	2,50
131X1	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,6	100	24,5	47,0	3,0	6,0		28					
1. KAT \ P5 Soba																	
121	B	Parket (hrast)	25	0,119	9,6	100	24,5	46,1	3,5	95,6	11,9	441	594	146,0	0,3	14,5	1,00
121X1	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,4	100	24,5	46,1	3,5	3,7		17					
121X3	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,1	100	24,5	46,1	3,5	1,0		5					
1. KAT \ P7 Soba																	
119	B	Parket (hrast)	25	0,119	8,0	100	24,5	47,0	3,0	80,0	8,9	376	493	141,4	0,3	11,3	0,50
119X1	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,4	100	24,5	47,0	3,0	4,1		19					
119X3	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,2	100	24,5	47,0	3,0	2,0		9					
1. KAT \ P8 Soba																	
120	B	Parket (hrast)	25	0,119	10,4	100	24,4	45,1	4,0	104,5	10,5	472	614	131,9	0,3	13,0	0,50
120X1	X	Parket (hrast)	25	0,119	0,6	100	24,4	45,1	4,0	6,5		29					
1. KAT \ P9 Kupaona																	
122	B	Keramičke pločice	10	0,010	3,0	100	28,2	66,2	1,5	30,0	12,5	199	325	186,6	0,4	8,7	0,50
122X1	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,2	100	28,2	66,2	1,5	1,5		10					
1. KAT \ P10 Sanitarni čvor																	
123	B	Keramičke pločice	10	0,010	2,0	100	28,3	67,6	1,0	20,0	6,1	135	202	173,7	0,4	4,7	0,50
123X1	X	Keramičke pločice	10	0,010	0,1	100	28,3	67,6	1,0	1,1		7					

Prilog C – Podno grijanje po razdjelnicima

Projekt: Obiteljska kuća

Podno grijanje po razdjelnicima

G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Prizemlje (1.1)

REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 06 (1.1).1

Temperatura polazne vode:	35,0 (°C)
Temperatura povratne vode:	31,9 (°C)
Broj priključaka:	6
Ukupna površina petlji:	43,9 (m ²)
Duljina cijevi:	439,7 (m)
Instalirani učin	2282 (W)
Uk. instalirani učin	2584 (W)
Maseni protok:	11,99 (l/min)
Maksimalni pad tlaka sustava:	111,6 (mbar)

P	l (m)	w (m/s)	Δt (°C)	Maseni protok: (l/min)	Δp (mbar)	Poz. vent.
---	----------	------------	--------------------	------------------------------	----------------------	---------------

Prizemlje \ P1 Ulaz

Podno

Prizemlje \ P2 Čekaonica

Podno

83	75,9	0,26	3,0	2,06	76,0	2,50
84	82,2	0,25	3,5	1,95	76,0	2,50

Prizemlje \ P3 Sestra

Podno

101	94,8	0,20	6,0	1,59	62,0	1,00
-----	------	------	-----	------	------	------

Prizemlje \ P4 Ordinacija

Podno

100	113,0	0,14	6,0	1,14	42,0	0,25
-----	-------	------	-----	------	------	------

Prizemlje \ P5 WC

Podno

50	37,0	0,37	1,5	2,93	68,0	2,50
----	------	------	-----	------	------	------

Prizemlje \ P6 Sanit.- garderob.čvor

Podno

90	36,8	0,29	1,5	2,33	45,0	1,00
----	------	------	-----	------	------	------

Prizemlje \ P7 Hodnik-stubište

Podno

G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Prizemlje (1.1)

REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 02 (1.1).2

Temperatura polazne vode:	35,0 (°C)
Temperatura povratne vode:	31,5 (°C)
Broj priključaka:	2
Ukupna površina petlji:	12,4 (m ²)
Duljina cijevi:	124,0 (m)
Instalirani učin	970 (W)
Uk. instalirani učin	1052 (W)
Maseni protok:	4,34 (l/min)
Maksimalni pad tlaka sustava:	108,8 (mbar)

P	l (m)	w (m/s)	Δt (°C)	Maseni protok: (l/min)	Δp (mbar)	Poz. vent.
---	----------	------------	--------------------	------------------------------	----------------------	---------------

Prizemlje \ P1 Ulaz

Podno

102	46,5	0,28	3,0	2,21	52,0	1,00
-----	------	------	-----	------	------	------

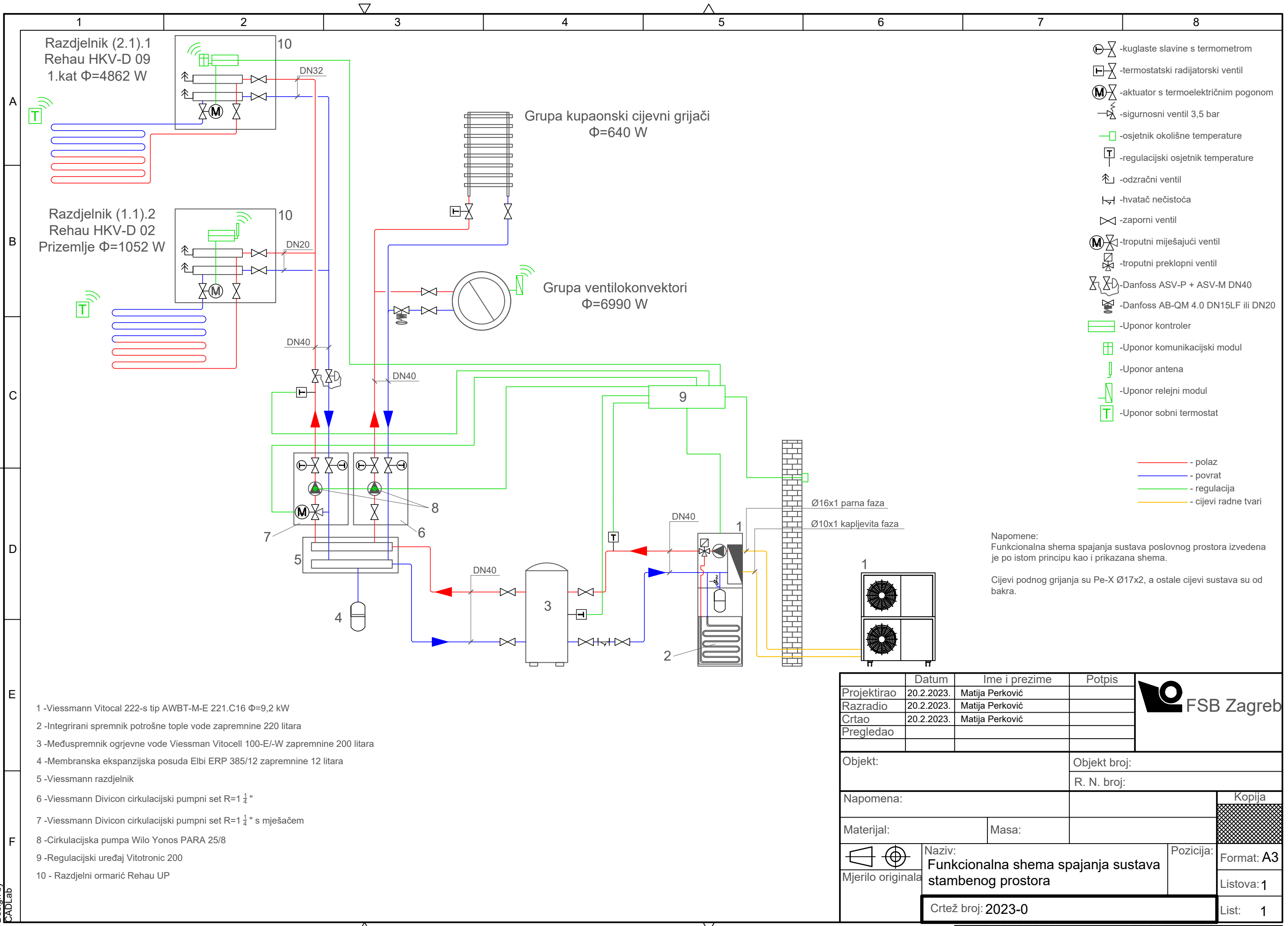
Prizemlje \ P7 Hodnik-stubište

Podno

110	77,5	0,27	4,0	2,14	83,0	2,50
-----	------	------	-----	------	------	------

G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na 1. KAT (2.1)							
REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 09 (2.1).1							
Temperatura polazne vode:	35,0 (°C)						
Temperatura povratne vode:	32,0 (°C)						
Broj priključaka:	9						
Ukupna površina petlji:	87,3 (m ²)						
Duljina cijevi:	756,4 (m)						
Instalirani učin	4244 (W)						
Uk. instalirani učin	4862 (W)						
Maseni protok:	23,44 (l/min)						
Maksimalni pad tlaka sustava:	280,7 (mbar)						
P	l (m)	w (m/s)	Δt (°C)	Maseni protok: (l/min)	Δp (mbar)	Poz. vent.	
1. KAT \ P2 Dnevni boravak							
Podno							
129	114,4	0,30	5,0	2,40	150,0	1,00	
130	112,4	0,30	5,0	2,36	143,0	0,50	
1. KAT \ P3 Kuhinja							
Podno							
118	45,5	0,34	2,0	2,72	73,0	0,50	
1. KAT \ P4 Trpezarija							
Podno							
131	104,0	0,36	3,0	2,89	187,0	2,50	
1. KAT \ P5 Soba							
Podno							
121	107,5	0,31	3,5	2,45	145,0	1,00	
1. KAT \ P7 Soba							
Podno							
119	88,9	0,30	3,0	2,37	113,0	0,50	
1. KAT \ P8 Soba							
Podno							
120	115,0	0,28	4,0	2,21	130,0	0,50	
1. KAT \ P9 Kupaona							
Podno							
122	42,5	0,39	1,5	3,13	87,0	0,50	
1. KAT \ P10 Sanitarni čvor							
Podno							
123	26,1	0,37	1,0	2,91	47,0	0,50	

Prilog D – Funkcionalna shema spajanja sustava stambenog prostora



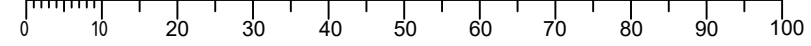
- kuglaste slavine s termometrom
- termostatski radijatorski ventil
- aktuator s termoelektričnim pogonom
- sigurnosni ventil 3,5 bar
- osjetnik okolišne temperature
- regulacijski osjetnik temperature
- odzračni ventil
- hvatač nečistoća
- zaporni ventil
- troputni miješajući ventil
- troputni preklopni ventil
- Danfoss ASV-P + ASV-M DN40
- Danfoss AB-QM 4.0 DN15LF ili DN20
- Uponor kontroler
- Uponor komunikacijski modul
- Uponor antena
- Uponor relejni modul
- Uponor sobni termostat

- - polaz
- - povrat
- - regulacija
- - cijevi radne tvari

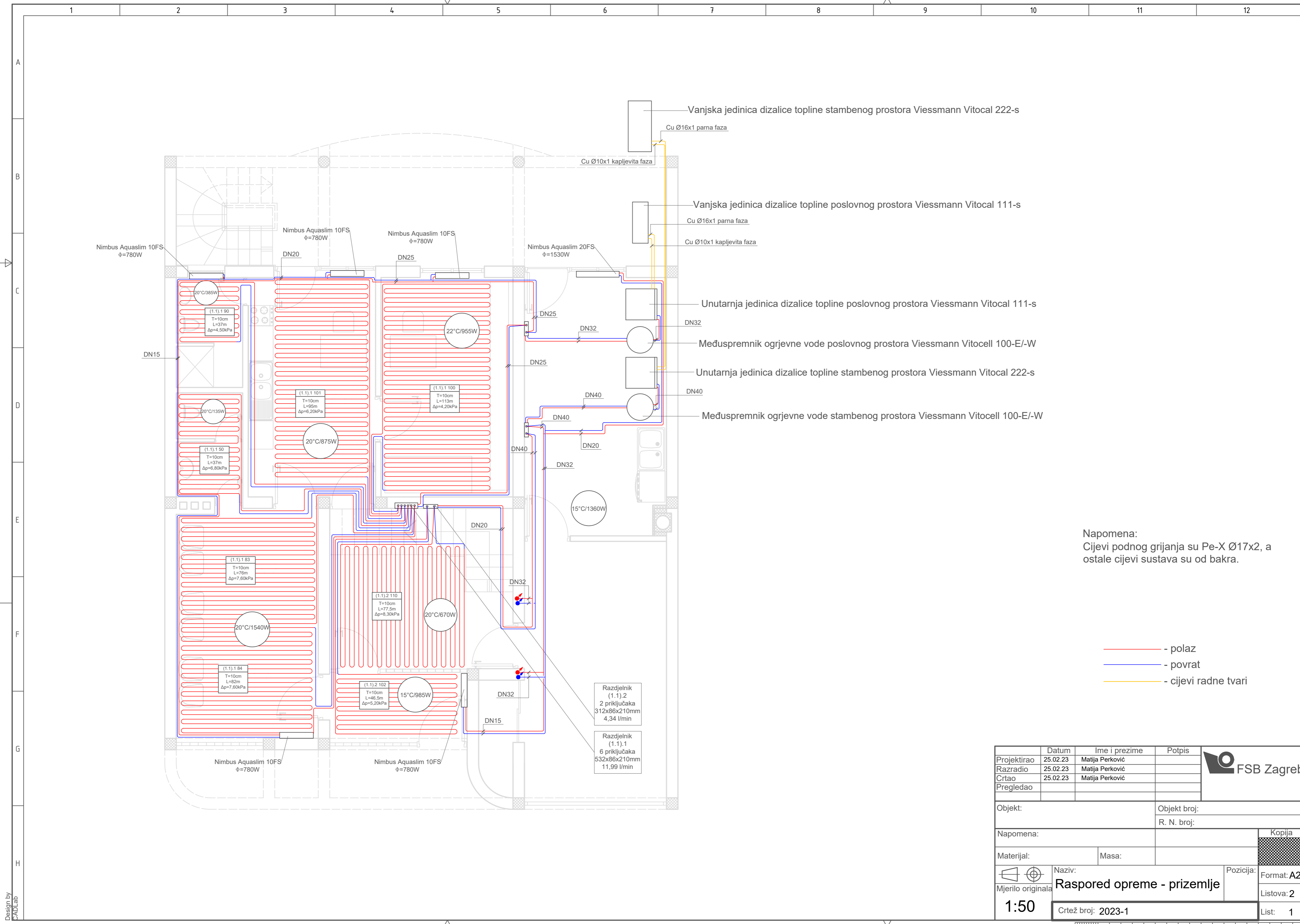
Napomene:
 Funkcionalna shema spajanja sustava poslovnog prostora izvedena je po istom principu kao i prikazana shema.
 Cijevi podnog grijanja su Pe-X Ø17x2, a ostale cijevi sustava su od bakra.

- 1 -Viessmann Vitocal 222-s tip AWBT-M-E 221.C16 Φ=9,2 kW
- 2 -Integrirani spremnik potrošne tople vode zapremnine 220 litara
- 3 -Međuspremnik ogrjevne vode Viessman Vitocell 100-E/-W zapremnine 200 litara
- 4 -Membranska ekspanzijska posuda Elbi ERP 385/12 zapremnine 12 litara
- 5 -Viessmann razdjelnik
- 6 -Viessmann Divicon cirkulacijski pumpni set R=1 ¼"
- 7 -Viessmann Divicon cirkulacijski pumpni set R=1 ¼" s mješačem
- 8 -Cirkulacijska pumpa Wilo Yonos PARA 25/8
- 9 -Regulacijski uređaj Vitotronic 200
- 10 - Razdjelni ormarić Rehau UP

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	20.2.2023.	Matija Perković		
Crtao	20.2.2023.	Matija Perković		
Pregledao				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		Format: A3
Naziv: Funkcionalna shema spajanja sustava stambenog prostora				
Crtež broj: 2023-0				List: 1



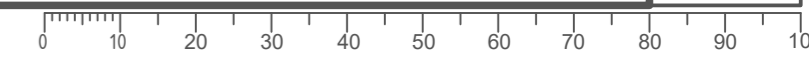
Prilog E – Tehnički crteži dispozicije opreme

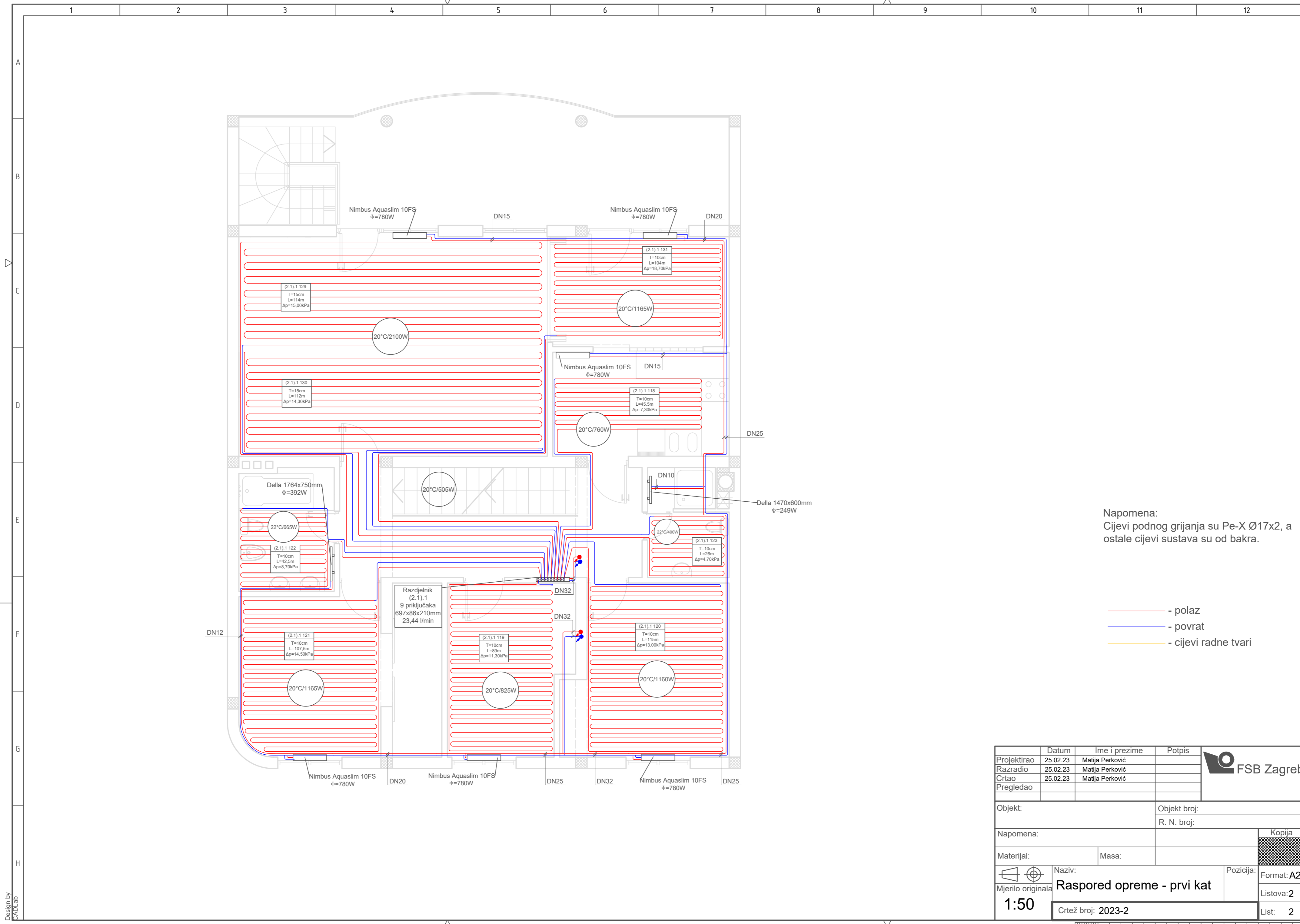


Napomena:
 Cijevi podnog grijanja su Pe-X Ø17x2, a ostale cijevi sustava su od bakra.

- - polaz
- - povrat
- - cijevi radne tvari

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	25.02.23	Matija Perković		
Crtao	25.02.23	Matija Perković		
Pregledao				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		Format: A2
Mjerilo originala		Naziv: Raspored opreme - prizemlje		Listova: 2
1:50		Crtež broj: 2023-1		List: 1





Napomena:
Cijevi podnog grijanja su Pe-X Ø17x2, a ostale cijevi sustava su od bakra.

- - polaz
- - povrat
- - cijevi radne tvari

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	25.02.23	Matija Perkočić		
Crtao	25.02.23	Matija Perkočić		
Pregledao				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		Format: A2
		Naziv:		Pozicija:
Mjerilo originala		Raspored opreme - prvi kat		Listova: 2
1:50		Crtež broj: 2023-2		List: 2

