

Projekt sustava grijanja i hlađenja stambene zgrade

Krizmanić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:235:226146>

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

DIPLOMSKI RAD

Luka Krizmanić

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Igor Balen, dipl. ing.

Student:

Luka Krizmanić

Zagreb, 2017.

IZJAVA

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

Zahvaljujem se svome mentoru, Prof. dr. sc. Igoru Balenu na stručnim savjetima i pomoći, gospodinu Viktoru Vušaku iz tvrtke Vaillant, te zaposlenicima tvrtke Thalpos na stručnim savjetima prilikom izrade rada.

Luka Krizmanić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

| | |
|--|--------|
| Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: | |
| Ur. broj: | |

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Luka Krizmanić** Mat. br.: 0035183115

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava grijanja i hlađenja stambene zgrade**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating and cooling system for residential building**

Opis zadatka:

U ovom radu, potrebno je projektirati sustav grijanja i hlađenja za stambenu zgradu s 3 stana, ukupne korisne površine 212 m², s vanjskim bazenom površine 44 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Stambena zgrada ima tri etaže (Po+Pr+1K). Najprije je potrebno usporediti tri varijante rješenja s različitim izvorima topline: kotlom na biomasu, dizalicom topline tlo-voda i dizalicom topline zrak-voda te odabrati optimalno tehničko rješenje na temelju usporedbe investicijskih i pogonskih troškova. Sustav grijanja predvidjeti s temperaturnim režimom 35/30 °C, a sustav hlađenja predvidjeti s temperaturnim režimom 12/16 °C. Pripremu potrošne tople vode (PTV) predvidjeti u izvedbi akumulacijskog sustava sa solarnim kolektorima. Također, predvidjeti dogrijavanje bazenske vode sa solarnim kolektorima u razdoblju od svibnja do rujna. Odabrano rješenje sustava potrebno je razraditi na razini glavnog projekta. Zgrada se nalazi na području grada Korčule.

Na raspolaganju su energetske izvori:
- elektro-priključak 230/400V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.


Rad treba sadržavati:

- toplinsku bilancu zgrade za zimu i za ljeto,
- toplinsku i količinsku bilancu razvoda vode odabranog sustava grijanja, hlađenja i pripreme PTV,
- hidraulički proračun cijevne mreže ogrjevnog i rashladnog medija,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije odabranog sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu regulacije,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.


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

Zadatak zadan: 28. rujna 2017. Datum predaje rada: 30. studenog 2017. Predvideni datum obrane: 6., 7. i 8. prosinca 2017.

Zadatak zadao:


Prof. dr. sc. Igor Balen

Predsjednica Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| SADRŽAJ | 1 |
| POPIS SLIKA | 3 |
| POPIS TABLICA..... | 4 |
| POPIS OZNAKA:..... | 5 |
| 1 Uvod..... | 9 |
| 2 Opis zgrade | 18 |
| 3 Projektni toplinski gubici zgrade - HRN EN 12831 | 21 |
| 3.1 Rezultati proračuna..... | 24 |
| 4 Proračun toplinskog opterećenja prema VDI 2078..... | 26 |
| 5 PRORAČUN GODIŠNJE POTREBNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE $Q_{h,nd}$ I HLAĐENJE $Q_{c,nd}$ PREMA HRN EN ISO 13790 | 28 |
| 5.1 Ulazni parametri | 28 |
| 5.2 Rezultati proračuna..... | 30 |
| 6 Odabir optimalnog rješenja sustava grijanja, hlađenja i pripreme PTV-a | 31 |
| 6.1 Kotao na biomasu (drvena sječka)..... | 31 |
| 6.2 Dizalica topline tlo - voda | 32 |
| 6.3 Dizalica topline zrak - voda..... | 32 |
| 6.4 Usporedba sustava grijanja hlađenja i pripreme PTV-a | 33 |
| 7 Odabir termotehničke opreme..... | 34 |
| 7.1 Dizalica topline zrak - voda..... | 34 |
| 7.2 Potrošna topla voda | 37 |
| 7.2.1 Potrebna količina PTV-a | 37 |
| 7.3 Solarni kolektori | 40 |
| 7.3.1 Odabir ekspanzijske posude solarnog kruga | 42 |
| 7.4 Odabir ventilokonvektora | 45 |
| 7.5 Podno grijanje..... | 48 |
| 7.6 Odabir radijatorskog grijanja..... | 53 |
| 7.7 Odabir cirkulacijskih pumpi | 54 |
| 7.7.1 Proračun cirkulacijske pumpe primarnog kruga | 54 |
| 7.7.2 Proračun cirkulacijske pumpe sekundarnog kruga..... | 55 |
| 7.7.3 Odabir pumpe kruga podnog grijanja..... | 56 |

| | | |
|-----|--|----|
| 7.8 | Odabir ekspanzijske posude kruga grijanja..... | 59 |
| 7.9 | Izmjenjivač topline vanjskog bazena..... | 61 |
| 8 | TEHNIČKI OPIS SUSTAVA..... | 62 |
| 8.1 | Grijanje i hlađenje | 62 |
| 8.2 | Potrošna topla voda (PTV) | 63 |
| 8.3 | Regulacija | 65 |
| 9 | Zaključak..... | 67 |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1: Podjela sustava grijanja..... | 8 |
| Slika 2: Pločasti radijator [8]..... | 11 |
| Slika 3: Člankasti radijator | 12 |
| Slika 4: Kupaonski cijevni radijator | 12 |
| Slika 5: Dvocijevni i četverocijevni sustav ventilokonvektora [13] | 13 |
| Slika 6: Profil temperature po visini prostorije [14] | 14 |
| Slika 7: Petlja podnog grijanja [15]..... | 15 |
| Slika 8: Geotermalna sonda i vodoravno kolektorsko polje [16]..... | 16 |
| Slika 9: Dizalica topline sa zrakom kao izvorom energije [17] | 16 |
| Slika 10: Dizalica topline sa podzemnom vodom kao izvorom energije [16] | 17 |
| Slika 11: Prikaz stambene zgrade..... | 18 |
| Slika 12: Tlocrt podruma..... | 19 |
| Slika 13: Tlocrt prizemlja..... | 19 |
| Slika 14: Tlocrt kata | 20 |
| Slika 16: Usporedba troškova termotehničkih sustava [18]..... | 33 |
| Slika 17: Dizalica topline Vaillant aroTHERM [7]..... | 34 |
| Slika 18: Ogrjevni učin dizalice topline u ovisnosti o vanjskoj temperaturi [7]..... | 35 |
| Slika 19: Rashladni učin dizalice topline u ovisnosti o temperaturnom režimu [7] | 35 |
| Slika 20: Preporučena potrošnja tople vode [6] | 37 |
| Slika 21: Akumulacijski spremnik proizvođača Vaillant [7] | 39 |
| Slika 22: Solarni kolektor proizvođača Vaillant tip auroTHERM VFK 145/2 [7] | 40 |
| Slika 23: Toplinska energija solarnog sustava [18]..... | 41 |
| Slika 24: Odabir ekspanzijske posude solarnog kruga [7] | 42 |
| Slika 25: Elbi DSV 80 [19] | 42 |
| Slika 26: Pad tlaka u cjevovodu solarnog kruga [7]..... | 43 |
| Slika 27: Vaillant auroFLOW VMS 70 [7] | 44 |
| Slika 28: Ventilokonvektor proizvođača Vaillant [7] | 45 |
| Slika 29: Temeljena ploča REHAU Vario i cijev podnog grijanja RAUTITAN flex [15]..... | 48 |
| Slika 30: Razdjelnik i sabirnik podnog grijanja HKV-D [15] | 49 |
| Slika 31: Podžbukni ormarić podnog grijanja [15] | 49 |
| Slika 32: Dimenzije podžbuknog ormarića [15] | 50 |
| Slika 33: Kupaonski cijevni radijator [8] | 53 |
| Slika 34: Karakteristika pumpe dizalice topline [7]..... | 54 |
| Slika 35: Cirkulacijska pumpa Grundfos ALPHA2 [20] | 55 |
| Slika 36: Karakteristika pumpe sekundarnog kruga [20]..... | 56 |
| Slika 37: Karakteristika pumpe - Apartman 1 [20] | 57 |
| Slika 38: Karakteristika pumpe - Apartman 2 [20] | 58 |
| Slika 39: Karakteristika pumpe - Apartman 3 [20] | 59 |
| Slika 40: Ekspanzijska posuda kruga grijanja [19] | 61 |
| Slika 41: Izmjenjivač topline vanjskog bazena [21] | 61 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1: Korišteni i maksimalno dopušteni koeficijenti prolaza topline..... | 24 |
| Tablica 2: Transmisijski gubici prostorije..... | 24 |
| Tablica 3: Rezultati proračuna za zgradu | 25 |
| Tablica 4: Toplinsko opterećenje | 26 |
| Tablica 5: Vršna opterećenja projektnog dana u mjesecu..... | 27 |
| Tablica 6: Ulazni podaci | 29 |
| Tablica 7: Podaci o građevnim elementima | 29 |
| Tablica 8: Podaci o otvorima za zgradu | 29 |
| Tablica 9: Koeficijenti transmisijske i ventilacijske izmjene topline..... | 30 |
| Tablica 10: Izračunata godišnja potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje..... | 30 |
| Tablica 11. Isporučena i primarna energija sustava grijanja (kotao na biomasu) | 31 |
| Tablica 12. Isporučena i primarna energija sustava grijanja (DT tlo-voda)..... | 32 |
| Tablica 13. Isporučena i primarna energija sustava grijanja (dizalica topline zrak-voda)..... | 33 |
| Tablica 14: Dobivena i dodatna potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a | 41 |
| Tablica 15: Parametri instaliranih ventilokonvektora | 46 |
| Tablica 16: Parametri ventilokonvektora po prostorijama..... | 47 |
| Tablica 17: Rezultati proračuna za Apartman 1 | 51 |
| Tablica 18: Rezultati proračuna za Apartman 2..... | 52 |
| Tablica 19: Rezultati proračuna za Apartman 3 | 52 |
| Tablica 20: Tehničke karakteristike kupaonskih radijatora | 53 |
| Tablica 21: Pad tlaka u primarnom krugu | 54 |
| Tablica 22: Pad tlaka u sekundarnom krugu | 55 |
| Tablica 23: Pad tlaka kruga podnog grijanja - Apartman 1 | 56 |
| Tablica 24: Pad tlaka kruga podnog grijanja - Apartman 2 | 57 |
| Tablica 25: Pad tlaka kruga podnog grijanja - Apartman 3 | 58 |
| Tablica 26: Volumen vode u sustavu grijanja..... | 60 |

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

| | |
|--|--------|
| Nacrt 1: Tlocrt podruma - Podno grijanje | M1:100 |
| Nacrt 2: Tlocrt prizemlja - Podno grijanje | M1:100 |
| Nacrt 3: Tlocrt 1. kata - Podno grijanje | M1:100 |
| Nacrt 4: Tlocrt podruma Radijatorsko grijanje | M1:100 |
| Nacrt 5: Tlocrt prizemlja - Radijatorsko grijanje | M1:100 |
| Nacrt 6: Tlocrt 1. kata - Radijatorsko grijanje | M1:100 |
| Nacrt 7: Tlocrt krova - Solarni kolektori | M1:100 |
| Nacrt 8: Tlocrt podruma - Ventilokonvektorski sustav | M1:100 |
| Nacrt 9: Tlocrt prizemlja - Ventilokonvektorski sustav | M1:100 |
| Nacrt 10: Tlocrt 1. kata - Ventilokonvektorski sustav | M1:100 |
| Nacrt 11: Podrum - Strojarnica - Dispozicija opreme/1 | M1:25 |
| Nacrt 11a: Podrum - Strojarnica - Dispozicija opreme/2 | M1:25 |
| Nacrt 12: Funkcionalna shema spajanja | - |

POPIS OZNAKA:

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|---------------------|-----------------------|--|
| U | $[W/m^2K]$ | Koeficijent prolaza topline |
| θ | $[^{\circ}C]$ | Temperatura |
| A_p | $[m^2]$ | Površina prostorije |
| ϑ_u | $[^{\circ}C]$ | Unutrašnja temperatura prostorije |
| ϕ_n | $[W]$ | Ukupni projektni toplinski gubici/opterećenje |
| ϕ_T | $[W]$ | Ukupni transmisijski gubici |
| ϕ_V | $[W]$ | Ukupni ventilacijski gubici |
| A | $[m^2]$ | Oplošje grijanog dijela zgrade |
| V_e | $[m^3]$ | Volumen grijanog dijela zgrade |
| f_0 | $[m^{-1}]$ | Faktor oblika zgrade |
| A_K | $[m^2]$ | Površina korisnog dijela zgrade |
| A_f | $[m^2]$ | Površina grijane zone računata s vanjskim dimenzijama |
| n_{50} | $[h^{-1}]$ | Broj izmjena zraka pri nametnoj razlici tlaka od 50 Pa |
| $Q_{H,nd}$ | $[kWh/a]$ | Ukupna godišnja potrebna energija za grijanje |
| $Q''_{H,nd}$ | $[kWh/m^2a]$ | Specifična godišnja potrebna energija za grijanje po m^2 |
| $Q_{C,nd}$ | $[kWh/a]$ | Ukupna godišnja potrebna energija za hlađenje |
| $Q''_{C,nd}$ | $[kWh/m^2a]$ | Specifična godišnja potrebna energija za hlađenje po m^2 |
| $V_{W,f,dan}$ | $[lit./jedinici/dan]$ | Dnevna potrošnja PTV-a po korisniku u zgradi |
| f | $[-]$ | Broj ljudi |
| $\vartheta_{w,del}$ | $[^{\circ}C]$ | Temperatura potrošne tople vode |
| $\vartheta_{w,0}$ | $[^{\circ}C]$ | Temperatura svježeg vode |
| Q_w | $[kWh]$ | Godišnja potrebna toplinska energija za pripremu PTV-a |
| $Q_{w,sol,us}$ | $[kWh]$ | Potrebna godišnja izlazna toplina iz podsustava za proizvodnju PTV-a |
| $Q_{w,sol,out}$ | $[kWh]$ | Isporučena Sunčeva energija u sustav za proizvodnju PTV-a |
| f_{sol} | $[-]$ | Udio isporučene Sunčeve energije u toplinskom opterećenju |
| $Q_{bu,m}$ | $[kWh]$ | Toplinska energija koju je potrebno dovesti dodatnim generatorom topline |
| $Q_{gen,in}$ | $[kWh]$ | Toplinska energija za grijanje na ulazu u podsustav proizvodnje |
| E_{del} | $[kWh]$ | Isporučena energija u sustav |
| f_p | $[kWh]$ | Faktor primarne energije |
| E_{prim} | $[kWh]$ | Primarna energija sustava |

SAŽETAK

U ovom radu izrađen je projekt sustava grijanja, hlađenja i pripreme potrošne tople vode za stambenu zgradu na području grada Korčule prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Zgrada se sastoji od tri apartmana, jednog u prizemlju i dva na katu ukupne korisne površine 212 m².

Proračun toplinskog opterećenja se vrši za klimatsku zonu grada Hvara s pripradajućim vanjskim projektnim uvjetima, prema normi HRN EN 12831 i pomoću računalnog programa IntegraCAD. Analiza godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode vrši se s podacima za grad Split prema normi HRN EN ISO 13790 i pomoću računalnog programa KI Expert Plus.

Usporedbom tri sustava pripreme ogrjevnog i rashladnog medija:

- kotla na biomasu u kombinaciji sa rashladnikom vode
- dizalicom topline tlo-voda
- dizalicom topline zrak-voda

na temelju investicijskih i pogonskih troškova odabran je optimalni sustav.

Sustav grijanja predviđen je kao centralni toplovodni sustav sa prisilnom cirkulacijom gdje se za temeljno zagrijavanje prostorija koristi podno grijanje temperaturnog režima 35/30°C. Za zagrijavanje kupaonica predviđeni su kupaonski radijatori s temperaturama polaza i povrata 40/35°C. Za pokrivanje vršnih opterećenja zimi i hlađenje prostorija ljeti ugrađen je dvocijevni sustav ventilokonvektorskog grijanja/hlađenja. Za pripremu potrošne tople vode ugrađen je akumulacijski sustav sa bivalentnim spremnikom koji će se zagrijavati solarnim kolektorima, uz podršku dodatnog generatora topline. Također je predviđeno dogrijavanje vanjskog bazena solarnim sustavom kada neće biti potrebe za zagrijavanjem PTV-a.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, PTV, dizalica topline, solarni kolektori

SUMMARY

With this thesis, a system for heating, cooling and hot water supply is designed, for a residential building in the area of Korčula according to the architectural background. The building consists of three apartments, one on the ground floor and two on the first floor with a total usable area of 212 m².

By comparing three systems for heating and cooling:

- heating with a biomass boiler in combination with a water chiller
- ground to water heat pump
- air to water heat pump

based on investment and operating costs, choose the optimal system and elaborate it at the level of the main project.

The heating system is designed as a central heating system with forcible circulation, where floor heating operates with a 35/30°C. For bathroom heating, bathroom tubular radiators are foreseen, with operating temperatures 40/35°C. In order to cover the peak loads in winter and cooling the rooms in the summer, a two-pipe fancoil heating/cooling system is envisaged. For the preparation of DHW, a bivalent tank is envisaged for heating with solar collectors and with the support of an additional heat generator. It is also envisaged to warm up an outdoor swimming pool with a solar system when there is no need for DHW heating.

Calculation of the thermal load is done for the climate zone of the town Hvar with the external design conditions according to HRN EN 12831 and with the IntegraCAD computer program. The analysis of the annual required thermal energy for heating, cooling and preparation of hot water is done with the data for city of Split according to HRN EN ISO 13790 and using the KI Expert Plus computer program.

Key words: heating, cooling, DHW, heat pump, solar collector

1. UVOD

Potreba za grijanjem jedna je od osnovnih ljudskih potreba. Pod sustavom grijanja se podrazumijevaju svi elementi koji služe za grijanje prostora. Glavni dio sustava grijanja je izvor topline. Za prijenos toplinske energije od izvora do grijanih prostorija koristi se razvod, koji je sastavni dio centralnih sustava grijanja i njime se distribuira ogrjevni medij. Ogrjevni medij je radna tvar koja u centralnim sustavima grijanja služi za prijenos energije od izvora topline do ogrjevnih tijela smještenih u prostorijama. Ogrjevno tijelo je dio sustava grijanja koji služi za prijenos topline na prostoriju. Grijanjem prostorija može se utjecati na temperaturu zraka i temperaturu zidova no to nije dovoljno kako bi se postigla toplinska ugodnost u grijanom prostoru. Američko društvo inženjera sustava grijanja, hlađenja i klimatizacije (engl. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE) i Međunarodna organizacija za normizaciju (engl. International Organization for Standardization, ISO) u svojim normama definiraju toplinsku ugodnost kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem prostora. Osnovi faktori koji utječu na toplinsku ugodnost osoba u prostoru su:

- temperatura zraka u prostoriji
- temperatura plohe prostorija
- vlažnost zraka
- strujanje zraka
- razina odjevenosti
- razina fizičke aktivnosti
- ostali faktori (kvaliteta zraka, buka...)

Važno je spomenuti kako je toplinska ugodnost rezultat zajedničkog djelovanja svih navedenih faktora i pri promjeni jedne veličine, istu ili sličnu razinu ugodnosti moguće je održati samo uz promjenu i neke druge [6]. Za održavanje zadane toplinske ugodnosti i unutarnjih klimatskih uvjeta uz korištenje manje količine energije povezan je termin energetske učinkovitosti. Energetska učinkovitost u zgradarstvu prepoznata je u današnje vrijeme kao područje koje ima veliki potencijal smanjenja potrošnje energije. Utrošena energija u stambenim i nestambenim zgradama čini više od 40% ukupne potrošnje primarne energije u Hrvatskoj. Najznačajniji udio potrošnje energije u zgradama pripada grijanju,

kondicioniranju zraka i pripremi potrošne tople vode. S obzirom na prethodno navedeno, jasno je iz kojeg razloga ljudi sve više teže izgradnji kuća s niskom razinom potrošnje energije, niskoenergetskim kućama [11].

Niskoenergetske kuće u pravilu koriste kvalitetnu toplinsku izolaciju, kvalitetnu stolariju (trostruko staklo...), niske razine propuštanja zraka i rekuperaciju topline u ventilaciji, a sve u svrhu manje potrebne energije za grijanje i hlađenje. Smanjenje toplinskih gubitaka niskoenergetske kuće ostvaruje se na sljedeće načine: orijentacija kuće na jug, odvajanje toplinskih zona kuće (dnevna soba prema jugu, ostave na sjever), kompaktna gradnja, vrlo dobra izolacija cijelog oplošja kuće, prozori s troslojnim staklom, kontrolirana ventilacija prostorija s rekuperacijom topline, niskotemperaturni sustav grijanja itd. Važno je spomenuti da je za odabir optimalnog rješenja potrebno odrediti pravilan sustav grijanja.

Sustavi grijanja obiteljskih kuća mogu se podijeliti na sljedeće načine:

- prema energentu
- prema načinu zagrijavanja
- prema izvedbi ogrjevnih tijela

Podjela prema energentu temelji se na izvoru energije koji se koristi za pretvorbu u toplinu, a dijeli se na:

- električni
- plinski (zemni plin, ukapljeni naftni plin...)
- loživo ulje (ekstra lako loživo ulje, mazut...)
- kruta goriva (drvena sječka, peleti, ugljen...)
- toplina iz okoliša

S obzirom na podjelu prema načinu zagrijavanja postoje dva osnovna tipa:

- lokalno grijanje
- centralno grijanje [11]

Primjeri lokalnog grijanja su kamini, peći, štednjaci, električno podno grijanje...itd. Osnovna značajka ovakvih sustava je da nema razvoda koji bi distribuirao topline u druge prostorije, odnosno zagrijavaju se prostorije u kojima se nalazi toplinski izvor, a ostale prostorije

zagrijavaju se indirektno preko spomenute grijane prostorije. Osim lokalnog sustava grijanja postoji i centralno grijanje koje karakterizira jedan izvor topline najčešće smješten u kotlovnici ili strojarnici u kojem se priprema ogrjevni medij. Tako zagrijani ogrjevni medij (voda, para, zrak) distribuira se razvodom grijanja prema ostalim grijanim prostorijama. Primjer centralnog grijanja može biti toplovodno radijatorsko grijanje gdje je kotao smješten u kotlovnici, a ogrjevni medij se cirkulacijskim pumpama distribuira do ogrjevnih tijela u grijanom prostoru. Prednosti ovakvih sustava grijanja su smanjivanje broja ložišta i dimnjaka, a samim time i manje zagađivanje okoliša, povećana korisnost kotla s obzirom na kvalitetniju izvedbu sustava izgaranja.

Podjela sustava grijanja prema tipu ogrjevnih tijela temelji se na principu na koji se toplina predaje u prostor, a dijeli se na :

- izravni (kamin, peć...)
- radijatorski (pločasti, člankasti, kupaonski cijevni...)
- konvektorski
- ventilokonvektorski (zidni, kazetni, parapetni)
- površinski (podno, zidno, stropno)

Radijatori se mogu podijeliti na pločaste, člankaste i cijevne radijatore. Pločasti radijatori (Slika 2) izrađeni su od zavarenih čeličnih ploča. Prednja ploča predstavlja jedinstvenu površinu s mogućom izvedbom do 3 ploče u dubinu i uglavnom predaje toplinu u prostor zračenjem. Zadnja strana ploče odaje toplinu konvekcijom te se za povećanje izmjene topline ugrađuju konvektorski limovi koji oblikuju okomite kanale za strujanje zraka [6].



Slika 1: Pločasti radijator [8]

Člankasti radijator (Slika 3) izrađeni su od lijevanog željeza/alumuminija. Osnovni mehanizam izmjene topline je konvekcija. Radijatori se sastoje od većeg broja međusobno spojenih članaka. Toplinski učin najčešće je određen prema jednom članku tako da se potrebni učin kombinira spajanjem potrebnih broja članaka.



Slika 2: Člankasti radijator

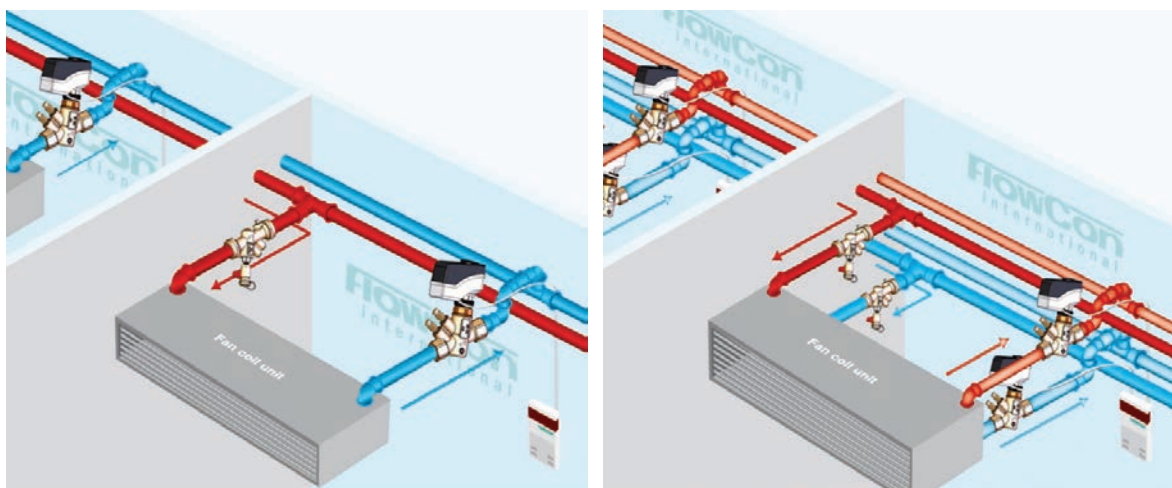
Cijevni radijatori (Slika 4) su ogrjevna tijela jednostavne konstrukcije izrađena od glatkih cijevi. Izvode se jednostruko (u obliku cijevnih spirala) ili kao cijevni registri (baterija paralelno spojenih cijevi), a osnovni mehanizam izmjene topline je konvekcija.



Slika 3: Kupaonski cijevni radijator

Ventilokonvektori (eng. fan coil) su uređaji koji se sastoje od izmjenjivača topline, ventilatora i filtera ugrađenih u jedno kućište. Izmjenjivač je pri tome izveden kao cijevni s lamelama (Cu-Al izmjenjivači) i unutar njega struji prijenosnik energije (voda). Ventilatorom se ostvaruje prisilno strujanje zraka iz prostorije preko izmjenjivačkih ploha, čime se zrak hladi ili grije, ovisno o tome struji li kroz izmjenjivač hladna ili topla voda.

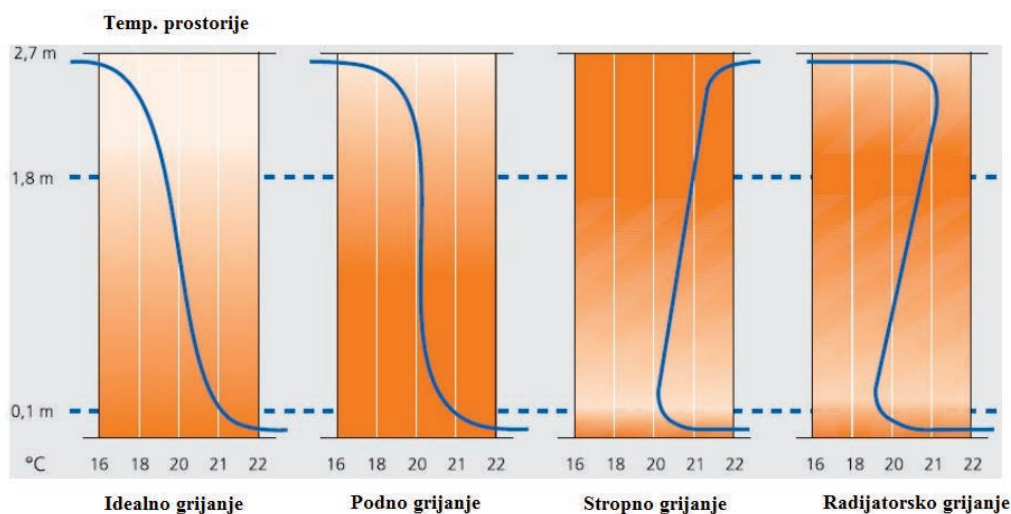
Za grijanje vode može poslužiti kotao, električni bojler, dizalica topline itd. Cjevovodi su najčešće bakreni, ali se u posljednje vrijeme koriste polietilenske cijevi s gotovim spojnim i prijelaznim elementima. Ventilokonvektor se na cjevovod najčešće spaja fleksibilnim spojem te se ugrađuju ventili za regulaciju toplinskog učina. Sustav može biti dvocijevni ili četverocijevni. Kod dvocijevnog se sustava postavljaju dvije cijevi - polazni i povratni vod, čime se ostvaruje cirkulacija tople ili hladne vode u zatvorenom krugu. Instalacija tada služi za sezonski rad: kada je potrebno hlađenje kroz cjevovod struji hladna voda, a kada je potrebno grijanje topla voda.



Slika 4: Dvocijevni i četverocijevni sustav ventilokonvektora [13]

Ventilokonvektori predviđeni za rad u dvocijevnom sustavu imaju samo jedan izmjenjivač topline kroz koji struji hladna ili topla voda. Četverocijevni sustavi imaju četiri cijevi - dva polazna voda i dva povratna voda (Slika 5), tj. poseban par vodova za toplu i hladnu vodu. U takvom je sustavu po želji moguće hlađenje ili grijanje. Takva instalacija i uređaji su skuplji, ali pružaju neovisnost rada u pojedinim zonama. [12].

Podno grijanje upotrebljava se u novogradnji i postojećim zgradama (rekonstrukcije), školama, vrtićima, sportskim dvoranama, bolnicama, crkvama, proizvodnim halama i kao grijanje slobodnih površina za topljenje snijega i leda na kolnim prilazima. Podno grijanje s plastičnim cijevima načelno se može pokretati svim nosiocima energije; s krutim, tekućim ili plinovitim gorivima ili električnom strujom [9]. Podno grijanje predviđeno je za rad u niskotemperaturnom režimu i idealan je sustav u kombinaciji sa dizalicama topline. Čovjek je izložen neprestanoj izmjeni topline sa svojom okolinom. U normalnim okolnostima čovjek ima tjelesnu temperaturu od oko 37°C. Predaja topline to je veća, što je veća temperaturna razlika između površine tijela (temperatura kože cca. 32°-33° C) i temperature okoline. Kod podnog i površinskog grijanja zrak u prostoriji, a i okolne površine prostorije pretežno će se grijati zračenjem, a samo jednim manjim dijelom konvekcijom. To nužno vodi do daleko ravnomjernije profilirane temperature prostorije (Slika 6).



Slika 5: Profil temperature po visini prostorije [14]

Kod podnog grijanja temperatura zraka u prostoriji može se držati za 2-3°C nižom, bez narušavanja osjećaja ugone. Podni sustavi grijanja se dijele na mokre i suhe. Kod mokrih sustava cijevi leže iznad izolacijskog sloja u estrihu. Ogrjevnice cijevi pričvršćene su za podlogu i postavljaju se direktno na toplinsku izolaciju ili na ploču pripremljenu za to. Kod suhog sustava cijevi se postavljaju iznad sloja cementnog estriha. Prilikom projektiranja potrebno je paziti da pojedina petlja (Slika 7) ne prelazi duljinu od 120 m, pri čemu je maksimalna duljina jedne zone može iznositi 8 m, a maksimalna površina koju može pokrivati jedna petlja je 40 m², također preporuča se da brzina medija u cijevima ne prelazi 1 m/s, u suprotnome bi nastala buka koja bi negativno utjecala na kvalitetu boravka u prostoriji.

Također treba paziti na postavljanje dilatacijskih traka kako bi se izbjeglo puknuće estriha prilikom promjena temperature poda.



Slika 6: Petlja podnog grijanja [15]

Za slučaj kada su potrebni dilatacijski spojevi, npr. ispod pragova vrata, cijevi koje prolaze kroz dilatacijski spoj treba uvući u zaštitnu cijev (bužir). Nakon toga se dilatacijski spoj izvodi lijepljenjem posebne ravne dilatacijske T-trake na foliju na mjestu gdje nema ploče za pozicioniranje cijevi. T-traka je visoka 100 mm, debela 10 mm i izrađena je od PE spužve.

1.1 Toplinska energija iz obnovljivih izvora energije

Priroda nam nudi brojne mogućnosti za ekološki prihvatljivu proizvodnju toplinske energije. Korištenjem prirodnih izvora energije, dizalice topline pridonose značajnoj uštedi na troškovima grijanja. Dizalice topline rade učinkovito i na niskim temperaturama. Do 75% potreba za grijanjem mogu se dobiti izravno iz okoliša, a tek 25% energije treba dodati u obliku električne energije. Neke od prednosti korištenja obnovljivih izvora su smanjena emisija CO₂, neiscrpní izvori energije i niski troškovi grijanja i hlađenja.

1.1.1 Geotermalna energija

Dizalice topline mogu koristiti geotermalnu energiju na dva načina: postavljanjem površinskih kolektora na dubini od cca. 1,5 metara te postavljanjem bušotinskih sondi (Slika 8). Postavljanje površinskih kolektora pogodno je za kuće s relativno velikom površinom okućnice u odnosu na grijanu zgradu.



Slika 7: Geotermalna sonda i vodoravno kolektorsko polje [16]

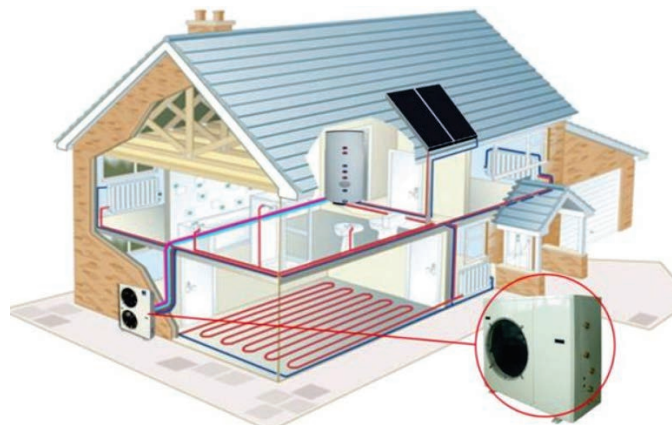
Ukoliko površina okućnice nije odgovarajuće veličine, moguće je koristiti toplinu na relativno malo prostora postavljanjem bušotinskih sondi koje se postavljaju do dubine od 100 metara. Temperatura tijekom cijele godine kreće se u rasponu od 7 do 13°C što je velika prednost zemlje kao izvora topline.

Preduvjeti za korištenje geotermalne topline:

- velika površina okućnice sa slobodnim pristupom (površinski kolektori)
- eventualno treba zatražiti posebne dozvole

1.1.2 Zrak iz okoliša kao izvor energije

Dizalice topline koriste zrak iz okoliša te pohranjenu energiju u zraku koriste za podizanje toplinske energije s niže temperaturne razine na višu temperaturnu razinu, prihvatljivu za primjenu u odgovarajućem sustavu grijanja. (Slika 9).



Slika 8: Dizalica topline sa zrakom kao izvorom energije [17]

Prednosti korištenja energije iz zraka:

- ne zahtijeva posebne dozvole
- najniži investicijski troškovi

1.1.3 Podzemne vode kao izvor energije

Dizalice topline mogu koristiti toplinu pohranjenu u podzemnim vodama čija je temperatura relativno stabilna (Slika 10), bez obzira na godišnje doba i vanjske temperature. Ukoliko postoji mogućnost, korištenje podzemnih voda putem bunara može biti vrlo efikasno. Podzemne vode smatraju se kao najizdašniji izvor toplinske i rashladne energije zbog temperature tijekom ljeta i zime u granicama od 9 do 14 °C.



Slika 9: Dizalica topline sa podzemnom vodom kao izvorom energije [16]

Prednosti korištenja podzemnih voda:

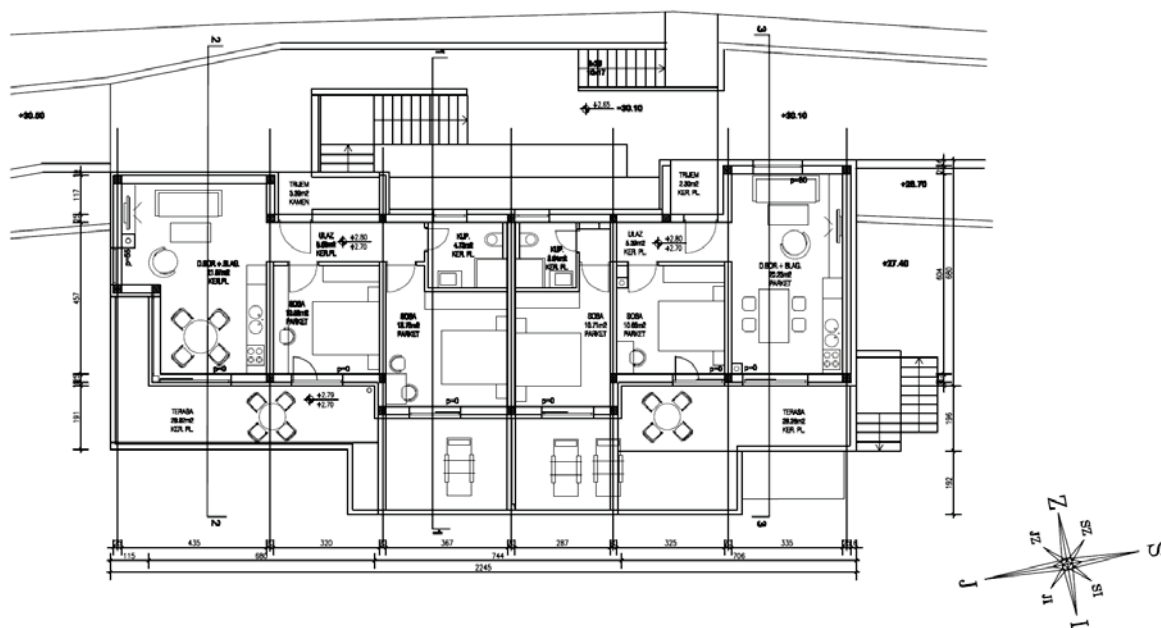
- dobro skladištenje topline: održava se stabilna temperatura u granicama od 9 do 14 °C čak i tijekom zimskih dana [7]

2. OPIS ZGRADE

Stambena zgrada (Slika 11) nalazi se na otoku Korčuli i sastoji se od 3 etaže, Podrum (Slika 12) + Prizemlje (Slika 13) + Kat (Slika 14). Namjena zgrade je za stanovanje s jednim apartmanom u prizemlju i dva apartmana na katu. Apartman 1 sastoji se od 3 spavaće sobe, dnevnog boravka, blagovaone, kuhinje, 2 kupaonice, predsoblja i ostave. Apartmani 2 i 3 na prvom katu sastoje se od 2 spavaće sobe, dnevnog boravka, kupaonice i ulaznog hodnika. U podrumu je predviđen prostor za smještaj strojarke opreme. Koeficijenti prolaza topline odabrani su tako da zgrada ima toplinsko opterećenje ispod $50\text{W}/\text{m}^2$ s čime su zadovoljeni maksimalni dopušteni koeficijenti iz Tehničkog propisa. Vanjski gabariti zgrade su ($\text{š} \times \text{d} \times \text{v}$) $11,0 \times 7,0 \times 10 \text{ m}$, dok je korisna površina 212 m^2 . Na parceli se također nalazi vanjski bazen dimenzija ($\text{š} \times \text{d} \times \text{v}$) $11,0 \times 4,0 \times 2,0 \text{ m}$.



Slika 10: Prikaz stambene zgrade



Slika 13: Tlocrt kata

3. PROJEKTNI TOPLINSKI GUBICI ZGRADE - HRN EN 12831

Za dimenzioniranje opreme sustava grijanja potrebno je napraviti proračun toplinskih gubitaka zgrade. Projektni toplinski gubici računaju se za svaku grijanu prostoriju te se naknadno sumiraju u ukupne gubitke koje je potrebno pokriti sustavom grijanja. Proračun se provodi prema normi HRN EN 12831, koja definira proračun potrebnog toplinskog učina za održavanje unutarnje projektne temperature prostorije pri vanjskim projektnim uvjetima. Vanjski projektni uvjeti nisu definirani u normi nego se uzimaju zavisno o lokaciji zgrade. Proračun projektnih toplinskih gubitaka napravljen je u računalnom programu IntegraCAD 2017.

Projektni toplinski gubici prostorije jednaki su sumi projektnih transmisivskih gubitaka i projektnih ventilacijskih gubitaka, a računaju se prema:

$$\Phi_G = \Phi_T + \Phi_V$$

gdje su:

- Φ_T - projektni transmisivski gubici (W)
- Φ_V - projektni ventilacijski gubici (W)

Transmisivski gubici su gubici uslijed izmjene topline iz prostorije kroz građevne elemente prema prostoru niže temperature, prema vanjskom okolišu, susjednim negrijanim prostorijama, susjednim prostorijama grijanim na nižu temperaturu te prema tlu. Za određivanje ukupnih transmisivskih gubitaka grijanog prostora koristi se sljedeća formula:

$$\Phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\theta_i - \theta_e)$$

gdje su:

- $H_{T,ie}$ - koeficijent transmisivskog 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 prostoru grijanom na nižu različitu temperaturu (W/K)
- θ_i - unutarnja projektana temperatura (°C)
- θ_e - vanjska projektana temperatura (°C)

Ventilacijski gubici su toplinski gubici zraka kroz ovojnicu zgrade i između pojedinih njezinih dijelova, odnosno prostorija, te prisilno dovodjenje zraka. Za određivanje ventilacijskih gubitaka koristi se sljedeća formula:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} * (\theta_i - \theta_e)$$

gdje su:

- $H_{V,i}$ - koeficijent ventilacijskih gubitaka (W/K)
- $\Phi_{V,i}$ - ventilacijski gubici prostora (W)
- θ_i - unutarnja projektana temperatura grijanog prostora (°C)
- θ_e - vanjska projektana temperatura (°C)

Koeficijent ventilacijskih gubitaka uzima u obzir protok zraka kroz prostoriju kao i gustoću i specifični kapacitet zraka, a računa se prema:

$$H_{V,i} = V_i * \rho * c_p$$

gdje su:

- ρ - gustoća zraka (kg/m³)
- c_p - specifični toplinski kapacitet zraka (kJ/kgK)
- V_i - protok zraka kroz grijani prostor (m³/s)

U objektima bez projektiranog ventilacijskog sustava se pretpostavlja da zrak koji ulazi u zgradu ima toplinska svojstva vanjskog zraka. Protok zraka u takvim zgradama, koji se koristi

za proračun toplinskih gubitaka je veća vrijednost između infiltracijskog protoka kroz zazor i minimalnog broja izmjena zraka, odnosno:

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

gdje su:

- $V_{inf,i}$ - protok zraka infiltracijom kroz zazor i rupe u ovojnici zgrade

$$V_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i$$

- $V_{min,i}$ - minimalni broj izmjena zraka u zgradi

$$V_{min,i} = n_{min} * V_i$$

gdje su:

- V_i - volumen grijanog prostora prema unutarnjim dimenzijama (m^3)
- n_{50} - izmjena zraka po satu uzrokovana razlikom tlaka od 50 Pa između grijanog prostora i vanjskog okoliša
- e_i - koeficijenti zaštićenosti objekta, uzima u obzir utjecaj vjetra odnosno zaštićenosti zgrade i broj otvora prema okolici
- ε_i - korekcijski faktor za visinu
- n_{min} - minimalni broj izmjena zraka u prostoriji (h^{-1})

S obzirom da se sustav grijanja projektira za zgradu na području grada Korčule, potrebni podaci za proračun preuzimaju se sa najbliže meteorološke postaje odnosno koriste se meteorološki podaci s postaje na otoku Hvaru. Vanjska projektna temperatura i projektne unutarnje temperature u grijanim prostorijama su:

- vanjska projektna temperatura za Hvar $\theta_e = -2^\circ C$
- unutarnja temperatura (dnevni boravak, spavaće sobe, hodnici), $\theta_i = 20^\circ C$
- unutarnja temperatura kupaonica, $\theta_i = 24^\circ C$

3.1 Rezultati proračuna

Tablicom 1. prikazani su građevni elementni sa pripadajućim koeficijentima.

| Građevni element | U [W/m ² K] | U _{max} [W/m ² K] |
|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Vanjski zid | 0,2 | 0,45 |
| Zid prema negrijanom prostoru | 0,4 | 0,6 |
| Unutarnji zid | 0,6 | 0,8 |
| Pod na tlu | 0,3 | 0,5 |
| Zid prema tlu | 0,4 | 0,5 |
| Strop prema negrijanom prostoru | 0,4 | 0,6 |
| Strop iznad vanjskog zraka | 0,2 | 0,3 |
| Ravni krov | 0,2 | 0,3 |
| Prozor | 1,1 | 1,8 |
| Vanjska vrata | 1,4 | 2,4 |
| Unutarnja vrata | 1,4 | 2,4 |

Tablica 1: Korišteni i maksimalno dopušteni koeficijenti prolaza topline

U nastavku je prikazan detaljniji proračun transimijjskih gubitaka za jednu prostoriju u zgradi. Tablicom 2. su prikazani rezultati za svaku plohu proračunate prostorije, dnevni boravak u prizemlju sa površinom od 27 m² i volumenom 68,4 m³.

| Građevni element | Stijena prema | Or. | Duž. (m) | V/Š (m) | A (m ²) | U (W/m ² K) | θ (°C) | H T _i (W/K) | Phi T _i (W) |
|-----------------------------|------------------|------|----------|---------|---------------------|------------------------|--------|------------------------|------------------------|
| Prozor P1 | okolici | I | 1,20 | 1,50 | 1,80 | 1,100 | - 2 | 1,980 | 43 |
| Vanjski zid 1 | okolici | I | 3,18 | 2,71 | 6,82 | 0,200 | - 2 | 1,364 | 30 |
| Vanjski zid 1 | okolici | S | 1,20 | 2,71 | 3,24 | 0,200 | - 2 | 0,648 | 14 |
| Vrata unutarnja | gr. prostoriji | Z | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,400 | 18 | 0,255 | 5 |
| Unutarnji zid 20/18°C | gr. prostoriji | Z | 1,02 | 2,71 | 0,77 | 0,600 | 18 | 0,042 | 0 |
| Strop prema negrijanom | negr. prostoriji | hor. | 9,01 | 1,00 | 9,01 | 0,400 | 5 | 2,457 | 54 |
| Pod na tlu | zemlji (pod) | hor. | 18,00 | 1,00 | 18,00 | 0,300 | - 2 | 0,764 | 16 |
| Ravni prohodni krov | okolici | hor. | 6,82 | 1,00 | 6,82 | 0,200 | - 2 | 1,364 | 30 |
| Strop prema grijanom | gr. prostoriji | hor. | 20,19 | 1,00 | 20,19 | 0,600 | 10 | 5,506 | 121 |
| Ukupni transimijjski gubici | | | | | | | | | 316 |

Tablica 2: Transimijjski gubici prostorije

Na osnovu volumena prostorije i minimalnog broja izmjene zraka proračunati su ventilacijski gubici u iznosu $\phi_v=256$ W. Ukupni projektni gubici prostorije iznose $\phi_n=572$ W.

Na temelju prethodnog proračuna, izračunati su transmisijski i ventilacijski projektni gubici za cijelu zgradu i prikazani su Tablicom 3.

| Oznaka | Prostorija | A [m ²] | ϑ_u [°C] | ϕ_n [W] | ϕ_T [W] | ϕ_v [W] |
|-------------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Apartman 1 | | | | | | |
| P1 | Predsooblje | 6 | 20 | 179 | 117 | 62 |
| P2 | Prostorija | 3 | 20 | 20 | 20 | 0 |
| P3 | Kupaona 1.2 | 6 | 24 | 314 | 105 | 209 |
| P4 | Kupaona 1.3 | 8 | 24 | 404 | 123 | 281 |
| P5 | Spavaća soba 1.5 | 18 | 20 | 387 | 211 | 176 |
| P6 | Spavaća soba 1.6 | 18 | 20 | 519 | 344 | 175 |
| P7 | Spavaća soba 1.7 | 11 | 20 | 339 | 228 | 111 |
| P8 | Dnevni boravak | 27 | 20 | 572 | 316 | 256 |
| P9 | Kuhinja | 17 | 20 | 737 | 234 | 503 |
| P11 | Blagovaona | 11 | 20 | 519 | 406 | 113 |
| Apartman 1 | Ukupno | 125 | - | 3990 | 2104 | 1886 |
| Apartman 2 | | | | | | |
| P1 | Dnevni boravak | 28 | 20 | 1009 | 686 | 323 |
| P2 | Hodnik | 7 | 20 | 264 | 179 | 85 |
| P3 | Kupaona | 6 | 24 | 411 | 155 | 256 |
| P4 | Spavaća soba | 16 | 20 | 395 | 209 | 186 |
| P5 | Spavaća soba | 12 | 20 | 376 | 230 | 146 |
| Apartman 2 | Ukupno | 69 | - | 2455 | 1459 | 996 |
| Apartman 3 | | | | | | |
| P6 | Kupaona | 5 | 24 | 341 | 134 | 207 |
| P7 | Hodnik | 5 | 20 | 192 | 131 | 61 |
| P8 | Dnevni boravak | 26 | 20 | 804 | 498 | 306 |
| P9 | Spavaća soba | 12 | 20 | 316 | 168 | 148 |
| P10 | Spavaća soba | 14 | 20 | 370 | 203 | 167 |
| Apartman 3 | Ukupno | 62 | - | 2023 | 1134 | 889 |
| Zgrada | Ukupno | 256 | | 8468 | 4697 | 3771 |

Tablica 3: Rezultati proračuna za zgradu

Ukupni toplinski gubici za cijelu zgradu proračunati prema HRN EN 12831 iznose 8468 W te se ta vrijednost koristi za dimenzioniranje izvora topline sustava grijanja.

4. PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA PREMA VDI 2078

Proračun rashladnog učina za stambenu zgradu na području otoka Korčule provodi se prema VDI 2078. Vrijednost unutarnje projektne temperature iznosi 25°C za sve prostorije osim kupaonice, odnosno sve prostorije koje se hlade. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja su za svaku prostoriju i za zgradu u cijelosti (Tablica 4.)

| Apartman 1 | | | |
|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| | Qsuho (W) | Qvlažno (W) | Qukupno (W) |
| P1 Predsoblje | 0 | 0 | 0 |
| P2 Prostorija | 0 | 0 | 0 |
| P3 Kupaona 1.3 | 0 | 0 | 0 |
| P4 Kupaona 1.4 | 0 | 0 | 0 |
| P5 Spavaća soba 1.5 | 335 | 64 | 399 |
| P6 Spavaća soba 1.6 | 675 | 58 | 733 |
| P7 Spavaća soba 1.7 | 682 | 58 | 740 |
| P8 Dnevni boravak | 704 | 116 | 820 |
| P9 Kuhinja | 768 | 153 | 921 |
| P10 Blagovaona | 1544 | 116 | 1660 |
| Apartman 1 - Ukupno | 4708 | 565 | 5273 |
| Apartman 2 | | | |
| | Qsuho (W) | Qvlažno (W) | Qukupno (W) |
| Dnevni boravak | 1833 | 123 | 1956 |
| Hodnik | 141 | 32 | 173 |
| Kupaona | 0 | 0 | 0 |
| Spavaća soba 2.4 | 734 | 58 | 792 |
| Spavaća soba 2.5 | 725 | 58 | 783 |
| Apartman 2 - Ukupno | 3433 | 271 | 3704 |
| Apartman 3 | | | |
| | Qsuho (W) | Qvlažno (W) | Qukupno (W) |
| Kupaona | 0 | 0 | 0 |
| Hodnik | 66 | 0 | 66 |
| Dnevni boravak | 894 | 0 | 894 |
| Spavaća soba 3.4 | 752 | 58 | 810 |
| Spavaća soba 3.5 | 765 | 58 | 823 |
| Apartman 3 - Ukupno | 2477 | 116 | 2593 |
| Zgrada - Ukupno | 10618 | 952 | 11570 |

Tablica 4: Toplinsko opterećenje

Toplinsko opterećenje pojedinih prostorija koristi se za dimenzioniranje ventilokonvektora za hlađenje prostora. Ukupan zbroj vršnih toplinskih opterećenja svih prostorija u zgradi iznosi 11.570 W međutim dizalica topline ne smije se odabirati prema toj vrijednosti. Razlog tome leži u činjenici da se prethodna opterećenja neće dogoditi u svim prostorijama istovremeno. Stoga je potrebno odrediti ukupno toplinsko opterećenje koje će se pojaviti u najnepovoljnijem trenutku.

| Datum | 21. Lipanj | 23. Srpanj | 24. Kolovoz | 22. Rujan |
|------------|------------|--------------|-------------|-----------|
| Sat | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Ukupno (W) | 10018 | 10496 | 10148 | 9267 |

Tablica 5: Vršna opterećenja projektnog dana u mjesecu

Iz Tablice 5. vidljivo je da najveća potreba za hlađenjem iznosi 10.496 W i pojavljuje se 23. srpnja u 09:00 h, te se ta vrijednost koristi za dimenzioniranje dizalice topline.

5. PRORAČUN GODIŠNJE POTREBNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE $Q_{H,ND}$ I HLAĐENJE $Q_{C,ND}$ PREMA HRN EN ISO 13790

Proračun godišnje potrebne toplinske energije napravljen je u računalnom programu KI Expert Plus koji prati Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790. Algoritam se temelji na sumiranju ukupnih gubitaka i dobitaka toplinske energije tokom cijele godine, ovisno o periodu grijanja ili hlađenja. Mjesečnom metodom, godišnja potrebna toplinska energija za grijanje računa se prema:

$$Q_{H,nd} = (Q_{Tr} + Q_{Ve}) - \eta_{H,gn} * Q_{H,gn}$$

gdje su:

- Q_{Tr} - izmjenjena toplinska energija transmisijom (kWh)
- Q_{Ve} - potrebna toplinska energija za ventilaciju (kWh)
- $\eta_{H,gn}$ - stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka kod grijanja
- $Q_{H,gn}$ - toplinski dobici od ljudi, uređaja, rasvjete i sunčevog zračenja (kWh)

Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje računa se prema:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} * Q_{C,ht}$$

- $Q_{C,gn}$ - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu hlađenja (kWh)
- $\eta_{C,ls}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka kod hlađenja
- $Q_{C,ht}$ - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu hlađenja (kWh)

5.1 Ulazni parametri

Zgrada je računata kao jedna grijana/hlađena zona te su rezultati prikazani na razini cijele zgrade. Osnovi podaci o zgradi prikazani su u Tablici 6.

| | | | |
|--|------------------|--------|--------------------|
| Oplošje grijanog dijela zgrade | A | 685,93 | [m ²] |
| Obujam grijanog dijela zgrade | V _e | 745,00 | [m ³] |
| Obujam grijanog zraka | V | 566,20 | [m ³] |
| Faktor oblika zgrade | f ₀ | 0,92 | [m ⁻¹] |
| Ploština korisne površine | A _K | 212,00 | [m ²] |
| Površina kondicionirane (grijane i hladene) zone računate s vanjskim dimenzijama | A _f | 265,00 | [m ²] |
| Ukupna ploština pročelja | A _{uk} | 468,22 | [m ²] |
| Ukupna ploština prozora | A _{wuk} | 60,20 | [m ²] |

Tablica 6: Ulazni podaci

Potrebno je razdvojiti različite tipove zidova i otvora te ih razvrstati prema orijentaciji. U Tablici 7. prikazane su površine s pripadajućim koeficijentima prolaza topline, a u Tablici 8., tip i površine otvora s pripadajućom orijentacijom.

| Naziv građevnog dijela | A [m ²] | U [W/m ² K] |
|---------------------------------|---------------------|------------------------|
| Vanjski zid VZ1 | 232,54 | 0,20 |
| Zid prema tlu | 42,84 | 0,40 |
| Pod na tlu | 83,82 | 0,30 |
| Strop prema negrijanom prostoru | 46,42 | 0,40 |
| Strop iznad vanjskog zraka | 44,63 | 0,20 |
| Krov | 175,48 | 0,20 |

Tablica 7: Podaci o građevnim elementima

| Tip otvora | U _w [W/m ²] | Orijentacija | A _w [m] | n |
|--------------------|------------------------------------|--------------|--------------------|-------|
| Prozor P1 | 1,30 | Istok | 1,00 | 35,62 |
| Prozor P1 | 1,30 | Zapad | 1,00 | 3,50 |
| Prozor P1 | 1,30 | Sjever | 1,00 | 2,07 |
| Prozor P1 | 1,30 | Jug | 1,00 | 13,01 |
| Vrata unutarnja VU | 2,00 | Zapad | 1,00 | 4,00 |
| Vrata unutarnja VU | 2,00 | Jug | 1,00 | 2,00 |

Tablica 8: Podaci o otvorima za zgradu

5.2 Rezultati proračuna

U Tablici 9. prikazani su dobiveni koeficijenti transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, prema tlu, prema negrijanom prostoru, ukupna vrijednost transmisijskih gubitaka i koeficijent ventilacijskih gubitaka.

| | |
|-------------------|--------|
| H_D [W/m] | 170,99 |
| $H_{g,avg}$ [W/m] | 30,951 |
| H_U [W/m] | 0,000 |
| H_{tr} [W/m] | 201,94 |
| H_{Ve} [W/m] | 136,90 |

Tablica 9: Koeficijenti transmisijske i ventilacijske izmjene topline

U Tablici 10. prikazana je ukupna godišnja potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje te potrebna energija po m^2 korisne površine zgrade.

| | |
|-------------------------------------|----------|
| $Q_{H,nd}$ [KWh/a] | 1666,10 |
| $Q''_{H,nd}$ [KWh/m ² a] | 7,86 |
| $Q_{C,nd}$ [KWh/a] | 13592,48 |
| $Q''_{C,nd}$ [KWh/m ² a] | 64,12 |

Tablica 10: Izračunata godišnja potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje

Razlog tako velikom odstupanju potrebne energije za grijanje i hlađenje ($Q_{H,nd}=1666,1$ kWh; $Q_{C,nd}=13592,48$ kWh) je u činjenici da iako toplinska izolacija u periodu grijanja pomaže zadržavanju topline unutar grijanog prostora, ona u periodu hlađenja odmaže odvođenju topline. Toj razlici dodatno doprinosi to što se kuća nalazi u primorskoj Hrvatskoj sa nešto manjim brojem dana sezone grijanja.

6. ODABIR OPTIMALNOG RJEŠENJA SUSTAVA GRIJANJA, HLADENJA I PRIPREME PTV-A

Za određivanje energetski optimalnog rješenja uspoređena su tri izvora topline za pripremu ogrjevnog i rashladnog medija i to:

- Kotao na biomasu u kombinaciji s rashladnikom vode
- Dizalica topline tlo/voda
- Dizalica topline zrak/voda

Sva tri proračuna provedena su računalnim softverom KI Expert Plus.

6.1 Kotao na biomasu (drvena sječka)

Kao prvo moguće rješenje predviđen je kotao na drvenu sječku s automatskim punjenjem i ventilatorskim plamenikom. Kotao sa pripadajućom regulacijskom opremom i cirkulacijskim pumpama je smješten u strojarnici koja se smatra negrijanim prostorom u podrumu. Cijevni razvod kruga grijanja je dvocijevni te se sustav smatra hidraulički uravnoteženim. Iz razloga što su toplinski gubici zgrade relativno mali temperaturni režim grijanja predviđen je sa temperaturama polaza i povrata 35/30°C. Kotao se osim za grijanje prostora koristi i za dogrijavanje PTV-a u mjesecima kada nema dovoljno toplinske energije sa solarnog sustava. Rezultati provedeni računalnim programom za kotao na biomasu kao izvorom topline prikazani su u Tablici 11:

| Energent | Svrha / Potrošač | $Q_{gen,in}$ [kWh] | E_{del} [kWh] | Faktor f_p | E_{prim} [kWh] |
|---------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|--------------|------------------|
| Drvena sječka | Kotao na biomasu | 2381,59 | 2407,65 | 0,154 | 387,55 |
| Električna energija | Podsustav razvoda grijanja | - | 63,14 | 0,798 | 50,38 |
| Električna energija | Podsustav predaje grijanja | - | - | 0,798 | - |
| Drvena sječka | Dogrijavanje PTV | 3143,9 | 3929,9 | 0,154 | 484,16 |

Tablica 11. Isporučena i primarna energija sustava grijanja (kotao na biomasu)

6.2 Dizalica topline tlo - voda

Kao drugo rješenje izvora topline razmatrana je opcija dizalice topline tlo - voda nazivne snage 16 kW. Dizalica topline sa pripadajućom regulacijskom opremom i cirkulacijskim pumpama je smještena u strojarnici koja se smatra negrijanim prostorom u podrumu objekta. Cijevni razvod kruga grijanja je dvocijevni te se sustav smatra hidraulički uravnoteženim. Temperaturni režim i u slučaju dizalice topline također je predviđen sa temperaturama polaza i povrata 35/30°C. Dizalica topline koristi se za grijanje i hlađenje prostora te za dogrijavanje PTV-a u mjesecima kada nema dovoljno toplinske energije sa solarnog sustava. Rezultati provedeni računalnim programom za dizalicu topline sa tлом kao izvorom topline prikazani su u Tablici 12:

| Energent | Svrha / Potrošač | $Q_{gen,in}$ [kWh] | E_{del} [kWh] | Faktor f_p | E_{prim} [kWh] |
|---------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|---------------------|
| Električna energija | DT tlo-voda | 2043,48 | 476,82 | 0,798 | 380,51 |
| Električna | Podsustav razvoda grijanja | - | 67,77 | 0,798 | 54,08 |
| Električna energija | Podsustav predaje grijanja | - | - | 0,798 | - |
| Električna energija | Dogrijavanje PTV | 3143,9 | 1218,57 | 0,798 | 972,42 |

Tablica 12. Isporučena i primarna energija sustava grijanja (DT tlo-voda)

6.3 Dizalica topline zrak - voda

Kao treće rješenje izvora topline razmatrana je opcija dizalice topline zrak - voda nazivne snage 16 kW. Dizalica topline sa pripadajućom regulacijskom opremom i cirkulacijskim pumpama je smještena u strojarnici koja se smatra negrijanim prostorom u podrumu objekta. Cijevni razvod kruga grijanja je dvocijevni te se sustav smatra hidraulički uravnoteženim. Temperaturni režim također je predviđen sa temperaturama polaza i povrata 35/30°C. Dizalica topline koristi se za grijanje i hlađenje prostora te za dogrijavanje PTV-a u mjesecima kada nema dovoljno toplinske energije sa solarnog sustava. Rezultati provedeni računalnim programom za dizalicu topline sa zrakom kao izvorom topline prikazani su u Tablici 13:

| Energent | Svrha / Potrošač | $Q_{gen,in}$ [kWh] | E_{del} [kWh] | Faktor f_p | E_{prim} [kWh] |
|---------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|--------------|------------------|
| Električna energija | DT zrak-voda | 2082,40 | 628,64 | 0,798 | 501,65 |
| Električna energija | Podsustav razvoda grijanja | - | 67,77 | 0,798 | 54,08 |
| Električna energija | Podsustav predaje grijanja | - | - | 0,798 | - |
| Električna energija | Dogrijavanje PTV | 3143,9 | 1699,42 | 0,798 | 1356,14 |

Tablica 13. Isporučena i primarna energija sustava grijanja (dizalica topline zrak-voda)

6.4 Usporedba sustava grijanja hlađenja i pripreme PTV-a

Uzimajući u obzir investicijske i pogonske troškove u periodu od 10 godina, napravljena je usporedba navedenih sustava. Rezultati usporedbe prikazani na Slici 16. pokazuju približno jednake troškove kotla na biomasu i dizalice topline zrak-voda, ali zbog jednostavnijeg načina uporabe, i lakšeg održavanja odabran je sustav sa dizalicom topline zrak-voda kao optimalno rješenje sustava grijanja, hlađenja i pripreme PTV-a.

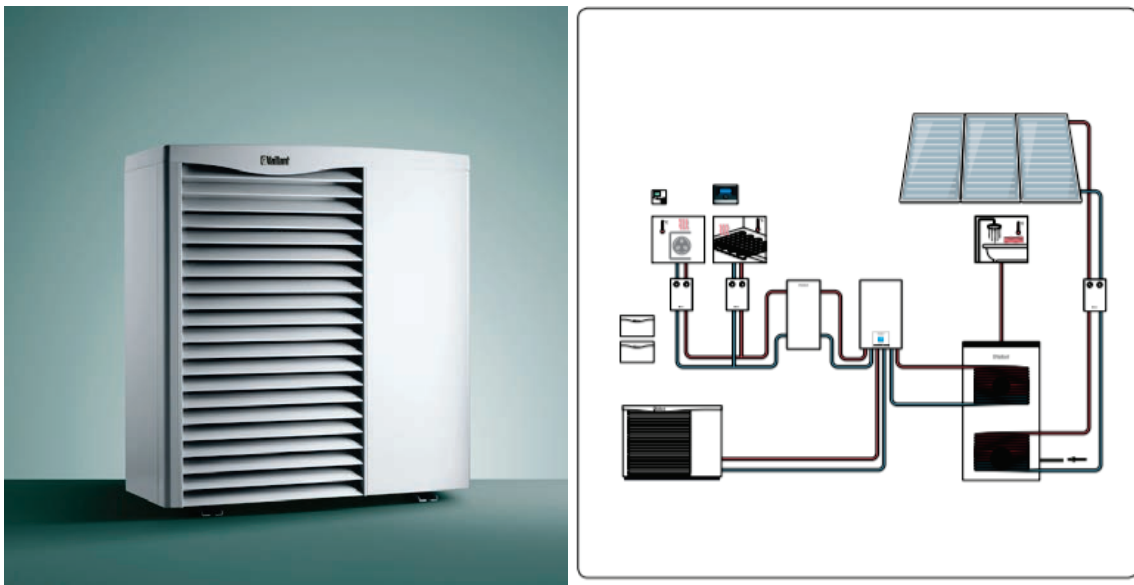


Slika 14: Usporedba troškova termotehničkih sustava [18]

7. ODABIR TERMOTEHNIČKE OPREME

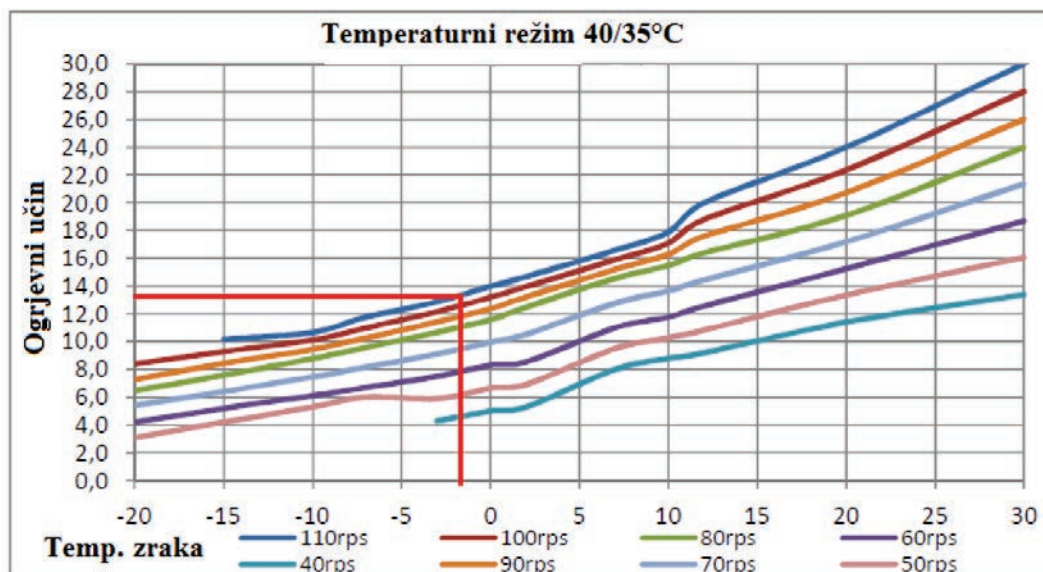
7.1 Dizalica topline zrak - voda

Dizalica topline koristi se za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode (PTV). S obzirom da predmetna zgrada ima veće toplinsko opterećenje u odnosu na toplinske gubitke ($\phi_{hl}=10.496 \text{ W}$, $\phi_{gr}=8.468 \text{ W}$) odabir odgovarajuće dizalice topline vrši se prema rashladnom kapacitetu. Odabrana je dizalica topline proizvođača Vaillant tip aroTHERM VWL 155/2 A (Slika 17). Dizalica topline aroTHERM namijenjena je za grijanje i hlađenje prostora te pripremu potrošne tople vode.



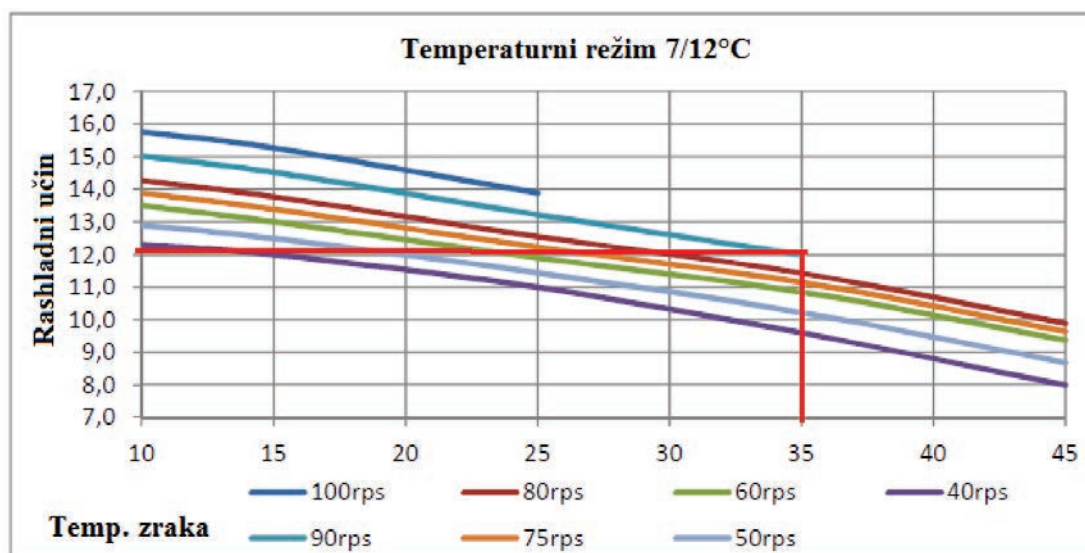
Slika 15: Dizalica topline Vaillant aroTHERM [7]

Kako bi se dizalice topline raznih proizvođača mogle uspoređivati, uvedena je norma prema kojoj se ispituje. Uvjet nalaže da se radni parametri dizalice topline prikažu za temperaturu okoliša $+7^{\circ}\text{C}$. S obzirom da je na lokaciji zgrade projektna vanjska temperatura -2°C , potrebno je provjeriti može li odabrana dizalica topline isporučiti potrebnu toplinsku energiju dobivenu proračunom. Na Slici 18. prikazan je ogrjevni učin koji dizalica topline može isporučiti u ovisnosti o vanjskoj temperaturi.



Slika 16: Ogrjevni učin dizalice topline u ovisnosti o vanjskoj temperaturi [7]

Iz slike je vidljivo da pri vanjskoj temperaturi od -2°C dizalica topline može isporučiti 13,0 kW ogrjevnog učina što zadovoljava potrebni učin od 8,47 kW. Također je važno provjeriti zadovoljava li dizalica topline u periodu hlađenja s obzirom da su parametri prikazani za temperaturni režim $7/12^{\circ}\text{C}$, a potrebni su nam podaci za režim $12/16^{\circ}\text{C}$.



Slika 17: Rashladni učin dizalice topline u ovisnosti o temperaturnom režimu [7]

S obzirom da su dostupni podaci za temperaturni režim $7/12^{\circ}\text{C}$ (Slika 19) te da je pritom dizalica topline u mogućnosti isporučiti 12 kW rashladnog učina (potrebno $\phi_{hl}=10,5$ kW), možemo zaključiti da dizalica topline zadovoljava i u pogledu rashladnog učina.

Tehničke karakteristike dizalice topline aroTHERM VWL 155/2 prikazane su u nastavku:

| aroTHERM | VWL 155/2 A |
|--------------------------------------|-----------------------|
| • Električni priključak | 230 V / 400 V / 50 Hz |
| • Ogrjevni učin A-2/W35 | 13,0 kW |
| • Faktor grijanja COP | 3,0 |
| • Rashladni učin A35/W12 | >12,0 kW |
| • Faktor hlađenja EER | 2,8 |
| • Temperatura zraka min. (grijanje) | -20°C |
| • Temperatura zraka min. (hlađenje) | 10°C |
| • Tip kompresora | rotacijski |
| • Radna tvar | R410A |
| • Širina | 1103 mm |
| • Visina | 1375 mm |
| • Dubina | 463 mm |
| • Neto masa | 165 kg |
| • Priključci polaznog/povratnog voda | 1 1/4" |

7.2 Potrošna topla voda

Potrošna topla voda (PTV) koristiti će se na izljevnim mjestima u kući (tuševi, umivaonici, sudoperi...). Za pripremu potrošne tople vode predviđen je akumulacijski sustav sa bivalentnim spremnikom koji se zagrijava solarnim kolektorima, uz podršku dizalice topline. Solarni sustav je dimenzioniran tako da u ljetnim mjesecima u potpunosti pokrije potrebu za PTV-om dok se u ostalim mjesecima predviđa podrška dizalice topline. Također je predviđeno da će se svi viškovi energije u ljetnim mjesecima iskoristiti za dogrijavanje vanjskog bazena.

7.2.1 Potrebna količina PTV-a

S obzirom da je zgrada u idejnoj fazi potreba za PTV-om se odabire iz iskustvenih podataka (Slika 20) te ona odgovara srednjoj potrošnji u stambenim zgradama u iznosu od 50 litara/dan/osobi. Predviđa se da borave 4 osobe po stambenoj jedinici što rezultira potrošnjom od 600 litara vode na dan.

| Vrsta zgrade | Dnevna potrošnja PTV po osobi V_p |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Stambena zgrada - niska potrošnja | 10-30 l/(osoba dan) 60°C |
| - srednja potrošnja | 30-50 l/(osoba dan) |
| - visoka potrošnja | 50-90 l/(osoba dan) |
| Bolnica | 100-300 l/(ležaj dan) 60°C |
| Uredska zgrada | 10-40 l/(osoba dan) 45°C |
| Hotel/motel | 100-200 l/(osoba dan) 60°C |
| Škola – s tuševima | 30-50 l/(učenik dan) 45°C |
| – bez tuševa | 5-15 l/(učenik dan) |
| Sportski centar s tuševima | 50-70 l/(osoba dan) 45°C |
| Dom umirovljenika | 30-70 l/(osoba dan) 45°C |
| Vojarna | 30-50 l/(osoba dan) 45°C |

Slika 18: Preporučena potrošnja tople vode [6]

Dnevna potrebna toplina za zagrijavanje PTV sa 10°C na 60°C računa se prema:

$$Q_w = V_p * \rho_w * c_w * (t_s - t_{HW})$$

$$Q_w = \frac{600}{1000} * 1000 * 4,18 * (60 - 10)$$

$$Q_w = 34,83 \text{ kWh/dan}$$

pri čemu je dizalicom topline potrebno predati 24,33 kWh toplinske energije dnevno za zagrijavanje vode u spremniku sa 10°C na 45°C, a preostalih 10,5 kWh je potrebno predati električnim grijačem za zagrijavanje vode sa 45°C na 60°C.

Minimalni potrebni volumen spremnika:

$$V_{Smin} = \frac{V_p * (t_{TW} - t_{HW})}{t_S - t_{HW}}$$

$$V_{Smin} = \frac{600 * (45 - 10)}{60 - 10}$$

$$V_{Smin} = 420 \text{ l}$$

Zahtjevi na spremnik su da bude bivalentni odnosno da se unutar njega nalaze dva izmjenjivača. Gornji izmjenjivač povezan je s krugom dizalice topline te se preporuča da on bude što veće površine s obzirom da je razlika temperature polaza i povrata 5°C. Donji izmjenjivač povezan je sa solarnim krugom te se tako osigurava zagrijavanje vode prvenstveno solarnim sustavom s obzirom da će na dnu spremnika uvijek biti hladnija voda. U slučaju kada solarni sustav nije u mogućnosti u potpunosti pokriti potrebu za PTV-om, ostatak topline pokriti će se dizalicom topline. Također je bitno navesti da je dizalicom topline predviđeno zagrijavanje vode do temperature 45°C. S obzirom da je iz higijenskih razloga sanitarnu vodu povremeno potrebno zagrijati na 60°C kako bi se spriječio nastanak legionele, ostatak topline predati će se pomoću električnog grijača. Poštivajući prethodno navedene uvjete odabran je spremnik proizviđača Vaillant tip uniSTOR VIH SW-500 (Slika 21), s električnim grijačem snage 3 kW.



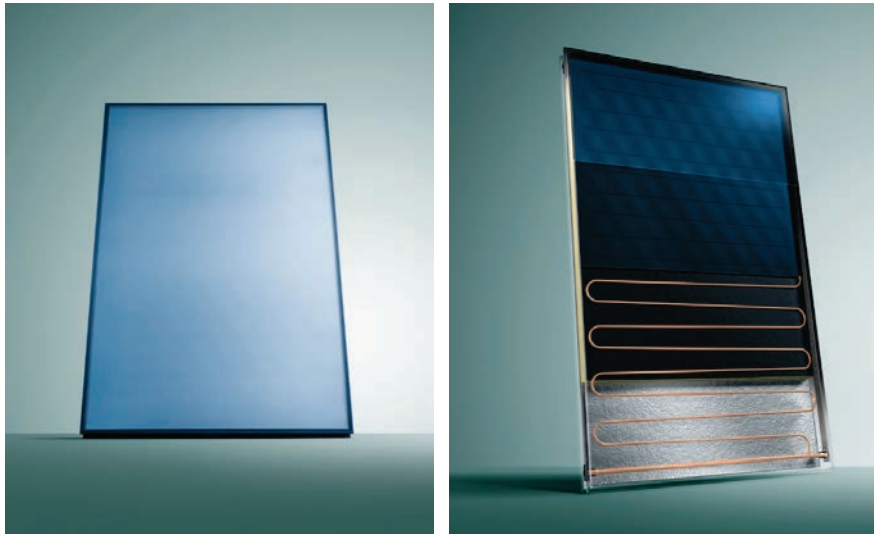
Slika 19: Akumulacijski spremnik proizvođača Vaillant [7]

Tehničke karakteristike akumulacijskog spremnika:

| | |
|-------------------------------------|--------------------|
| • Zapremina spremnika | 456 l |
| • Visina | 1775 mm |
| • Promjer | 810 mm |
| • Masa (prazan) | 265 kg |
| • Masa (napunjen) | 719 kg |
| • Maks. temperatura tople vode | 85 °C |
| • Maks. temperatura polaznog voda | 110 °C |
| • Maks. pogonski tlak | 10 bar |
| • Razred energetske učinkovitosti | A - |
| • Površina izmjenjivača grijanja | 4,4 m ² |
| • Pad tlaka u izmjenjivaču grijanja | 57 mbar |
| • Zapremina izmjenjivača grijanja | 28,9 l |
| • Površina solarnog izmjenjivača | 2,1 m ² |
| • Pad tlaka u solarnom izmjenjivaču | 27 mbar |
| • Zapremina solarnog izmjenjivača | 13,5 l |

7.3 Solarni kolektori

Određivanje potrebne površine kolektorskog polja izvršeno je računalnim programom KI Expert Plus, a sukladno normi HRN EN 15316-4-3. S obzirom na zahtjev da se u ljetnim mjesecima solarnim sustavom osigura dovoljno topline za pokrivanje ukupne potrebe za zagrijavanje PTV-a, odabrana je površina od 18,8 m², odnosno 8 solarnih kolektora od 2,35 m². Sukladno proračunu odabran je solarni sustav proizvođača Vaillant tip auroTHERM VFK 145/2 H (Slika 22).

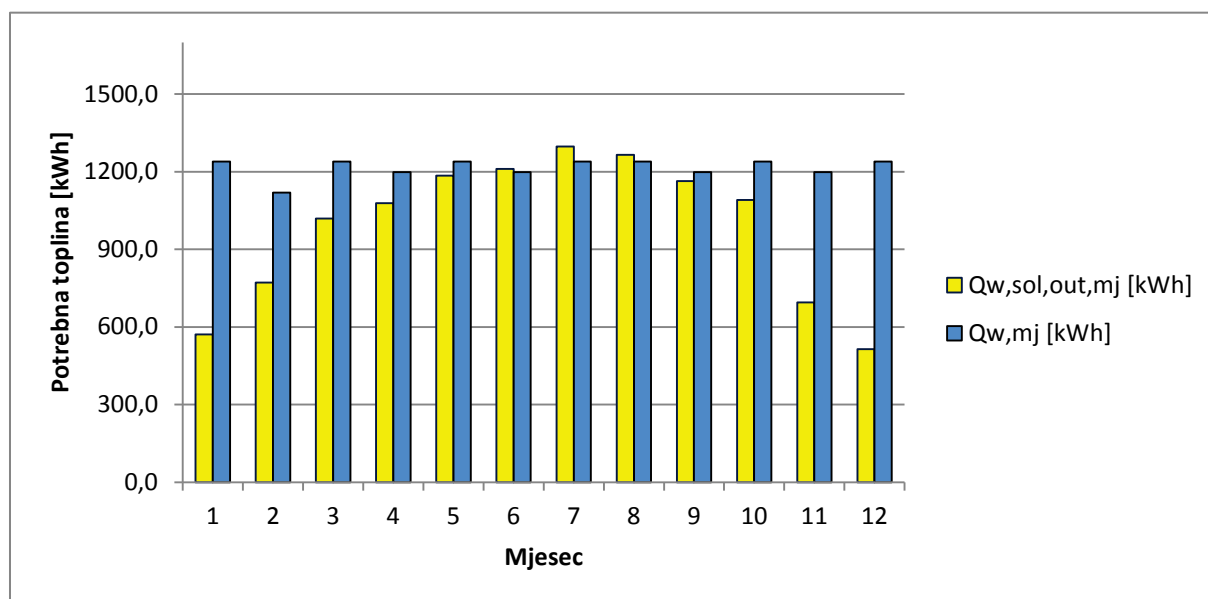


Slika 20: Solarni kolektor proizvođača Vaillant tip auroTHERM VFK 145/2 [7]

Tehničke karakteristike solarnog kolektora prikazane su sljedećim stavkama:

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| • Tip | horizontalni |
| • Visina | 1233 mm |
| • Širina | 2033 mm |
| • Dubina | 80 mm |
| • Zapremnina | 2,16 l |
| • Maks. tlak | 10 bar |
| • Temp. u stanju mirovanja | 171 °C |
| • Bruto površina | 2,51 m ² |
| • Površina otvora | 2,35 m ² |
| • Stupanj djelovanja, η_0 | 79,1 % |
| • Masa | 38 kg |

Ukupno dobivena toplinska energija solarnog sustava i potrebna energija za zagrijavanje PTV-a na mjesečnoj razini prikazana je na Slici 23.



Slika 21: Toplinska energija solarnog sustava [18]

Sa Slike 23. je vidljivo da se solarnim sustavom u potpunosti pokriva potreba za zagrijavanjem PTV u 6., 7., i 8. mjesecu dok je u ostalim mjesecima potrebno koristiti dizalicu topline. Instaliranim sustavom ostvarena je godišnja solarna pokrivenost potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV u iznosu od 81%. Rezultati na godišnjoj razini prikazani su u Tablici 14 [18]:

| | Q _w [kWh] | Q _{w,sol,out} [kWh] | f _{sol} [-] | E _{del} [kWh] | Q _{bu,m} [kWh] |
|------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| Ukupno godišnje | 14.586,1 | 11.860,7 | 0,81 | 123,6 | 3.143,92 |

Tablica 14: Dobivena i dodatna potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a

Gdje je:

Q_w, – godišnja potrebna toplina za pripremu PTV

Q_{w,sol,out} – isporučena sunčeva energija u sustav za pripremu PTV

f_{sol} – udio isporučene sunčeve energije u toplinskom opterećenju

E_{del} – Isporučena energija solarnog sustava

Q_{bu,m} – Toplinska energija koju je potrebno dovesti dodatnim generatorom topline

7.3.1 Odabir ekspanzijske posude solarnog kruga

Za odabir ekspanzijske posude solarnog kruga korištene su preporuke proizvođača Vaillant (Slika 24). Serijski spoj od 8 solarnih kolektora povezuje bakreni cjevovod dimenzija Ø22 x 1 duljine 28 metara, te se odabire ekspanzijska posuda zapremnine 80 litara. Odabrana je ekspanzijska posuda proizvođača Elbi tip DSV 80 (Slika 25).

| Broj pločastih kolektora VFK 125 VFK 145 | Statička visina u m | | | | | | | | |
|--|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | | | 20 | | | 30 | | |
| | Duljina cjevovoda u m | | | | | | | | |
| | 30 | 40 | 50 | 40 | 50 | 60 | 60 | 70 | 80 |
| 2 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 25 | 35 | 35 | 35 |
| 3 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 50 | 50 | 50 |
| 4 | 25 | 25 | 25 | 35 | 35 | 35 | 50 | 50 | 50 |
| 5 | 35 | 35 | 35 | 50 | 50 | 50 | 80 | 80 | 80 |
| 6 | 50 | 50 | 50 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 |
| 7 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 118 | 118 | 118 |
| 8 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 118 | 118 | 118 |
| 9 | 80 | 80 | 80 | 118 | 118 | 118 | 180 | 180 | 180 |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 118 | 118 | 118 | 180 | 180 | 180 |
| 11 | 100 | 100 | 100 | 125 | 125 | 125 | 200 | 200 | 200 |
| 12 | 118 | 118 | 118 | 150 | 150 | 150 | 218 | 218 | 218 |
| 13 | 118 | 118 | 118 | 180 | 180 | 180 | 235 | 235 | 235 |
| 14 | 125 | 125 | 125 | 180 | 180 | 180 | 250 | 250 | 250 |

Osnova za izračun: Do 4 kolektora - Cu 18 x 1; 5 - 8 kolektora - Cu 22 x 1; 9 - 14 kolektora - Cu 28 x 1,5; Tlak punjenja
 $p_g = h \times 0,1 + 0,5$ bar

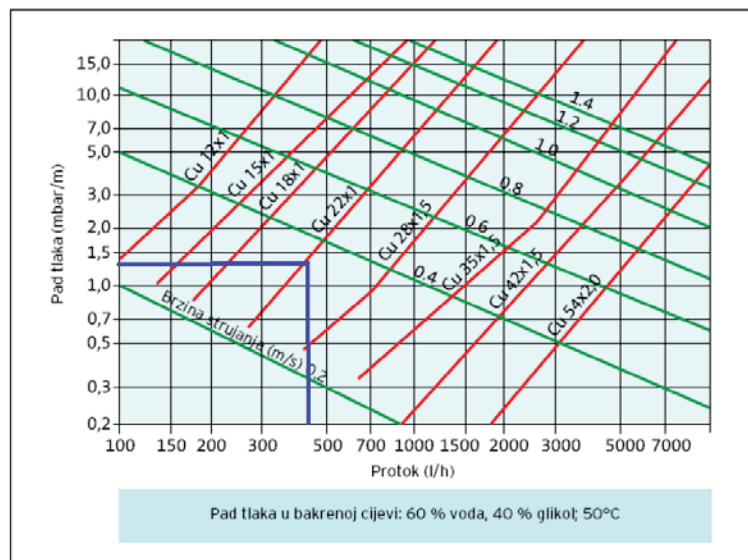
Slika 22: Odabir ekspanzijske posude solarnog kruga [7]



Slika 23: Elbi DSV 80 [19]

Za ostvarivanje optimalne predaje topline solarnih kolektora, kroz njih mora prostrujati minimalni volumenski protok vode po m² kolektorske površine. Ukupni volumenski protok direktno ovisi o kolektorskoj površini i ne bi trebao biti manji od 15 l/hm² što se naziva "low-flow" načinom rada, pri kojem se postiže razlika temperature medija na ulazu i izlazu od 15-40°C. Prema preporuci proizvođača Vaillant, za sustav sa 8 solarnih kolektora ukupne površine 18,8 m² ukupni protok bi trebao biti između minimalnih 280 l/h (15 l/hm²) i preporučenog maksimuma od 560 l/h (30 l/hm²). Pad tlaka po metru cjevovoda ne bi trebao biti veći od 1,5 mbar, a brzina strujanja bi se trebala ograničiti na 0,5 m/s.

Za odabrani protok od 470 l/h (25 l/hm²) u bakrenim cijevima Ø22 x 1 ukupne duljine 28 m, pad tlaka u cjevovodu iznosi 39,2 mbar (Slika 26).



Slika 24: Pad tlaka u cjevovodu solarnog kruga [7]

Za određivanje ukupnog pada tlaka potrebno je na pad tlaka u cjevovodu dodati pad tlaka u izmjenjivaču PTV-a i pad tlaka na solarnom kolektoru.

$$\Delta p_{uk} = \Delta p_{cjev} + \Delta p_{izmj} + \Delta p_{kol}$$

$$\Delta p_{uk} = 39,2 + 27 + 90$$

$$\Delta p_{uk} = 156,2 \text{ mbar}$$

gdje su:

- Δp_{cjev} - pad tlaka u cjevovodu (mbar)
- Δp_{izmj} - pad tlaka u izmjenjivaču PTV-a
- Δp_{kol} - pad tlaka u serijskom spoju 8 solarnih kolektora

Visina dizanja cirkulacijske pumpe solarnog kruga određuje se prema:

$$H = \frac{\Delta p_{uk}}{\rho * g} = \frac{156,2 * 100}{1050 * 9,81} = 1,52 \text{ m}$$

gdje su:

- ρ - gustoća smjese 60% voda i 40% glikol, $\rho=1050 \text{ kg/m}^3$
- g - gravitacijska konstanta, $g=9,81 \text{ m/s}^2$

Na osnovu izračunatog odabrana je solarna cijevna grupa proizvođača Vaillant tip auroFLOW VMS 70 (Slika 27).



| Naziv | Vrijednost |
|-----------------------------|-------------------|
| Dimenzije proizvoda, širina | 245 mm |
| Dimenzije proizvoda, visina | 325 mm |
| Dimenzije proizvoda, dubina | 175 mm |
| Težina | 6 kg |
| Priključci | G 3/4 |
| Maks. temperatura | 130 °C |
| Maks. tlak | 0,6 MPa (6,0 bar) |
| Nazivni napon | 220-240 V ~ 50 Hz |
| Potrošnja struje, maks. | 0,52 A |
| Stupanj zaštite | IP 24 |
| EEL | ≤ 0,23 |

Slika 25: Vaillant auroFLOW VMS 70 [7]

7.4 Odabir ventilokonvektora

Kao ogrjevna/rashladna tijela koriste se ventilokonvektori u dvocijevnoj izvedbi. Takva izvedba sustava omogućuje nam ili grijanje ili hlađenje s jednom cijevi za polaz i jednom za povrat ogrjevne/rashladne vode. Ventilokonvektori su predviđeni za rad u zimskog režimu u trenucima kada se toplinski gubici ne mogu pokriti samo podnim grijanjem. Ogrjevni medij (voda) distribuira se cirkulacijskom pumpom prema uređajima u temperaturnom režimu 40/35°C, a regulacija učina pojedinog ventilokonvektora je promjenom protoka preko troputnog ventila na strani vode i promjenom brzine vrtnje ventilatora na strani zraka. U ljetnom režimu ventilokonvektori se koriste kao rashladna tijela do kojih se distribuira hladna voda temperaturnog režima 12/16°C. Regulacija učina ventilokonvektora u režimu hlađenja odgovara onoj u režimu grijanja, promjenom protoka i promjenom brzine vrtnje ventilatora. Za grijanje/hlađenje prostora odabrani su ventilokonvektori proizvođača Vaillant tip aroVAIR prikazani na Slici 28.



Slika 26: Ventilokonvektor proizvođača Vaillant [7]

Zbog realnih radnih uvjeta, koji nisu u skladu sa standardnim kataloškim vrijednostima, za proračun učina ventilokonvektora korišten je računalni program Excel. U Tablici 15. prikazani su parametri pojedinog tipa ventilokonvektora u realnim uvjetima.

| | | VA 1-017 CN | VA 1-030 CN | VA 1-045 CN |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Priključna snaga | | 14 W | 29 W | 29 W |
| Nazivna struja | | 0,23 A | 0,32 A | 0,30 A |
| Strujno napajanje | Napon | 230 V | 230 V | 230 V |
| | Frekvencija | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz |
| Protok zraka | Niski broj okretaja vent. | 190 m ³ /h | 380 m ³ /h | 570 m ³ /h |
| | Srednji broj okretaja vent. | 215 m ³ /h | 430 m ³ /h | 650 m ³ /h |
| | Visoki broj okretaja vent. | 255 m ³ /h | 510 m ³ /h | 765 m ³ /h |
| Učin hlađenja | Niski broj okretaja vent. | 632 W | 1025 W | 1584 W |
| | Srednji broj okretaja vent. | 823 W | 1389 W | 2018 W |
| | Visoki broj okretaja vent. | 1094 W | 1785 W | 2785 W |
| Nazivni protok vode u pogonu hlađenja | | 299 l/h | 488 l/h | 762 l/h |
| Padovi tlaka u pogonu hlađenja | | 8,5 kPa | 16,3 kPa | 30,1 kPa |
| Učin grijanja | Niski broj okretaja vent. | 795 W | 1266 W | 1896 W |
| | Srednji broj okretaja vent. | 904 W | 1763 W | 2507 W |
| | Visoki broj okretaja vent. | 1275 W | 2342 W | 3513 W |
| Padovi tlaka u pogonu grijanja | | 8,0 kPa | 14,5 kPa | 25,3 kPa |
| Zvučni tlak | Niski broj okretaja vent. | 20 dB | 23 dB | 27 dB |
| | Srednji broj okretaja vent. | 26 dB | 29 dB | 33 dB |
| | Visoki broj okretaja vent. | 30 dB | 33 dB | 37 dB |
| Pogonski tlak, maksimalni | | 16,0 bar | 16,0 bar | 16,0 bar |
| Širina | | 800 mm | 1000 mm | 1200 mm |
| Visina | | 592 mm | 592 mm | 592 mm |
| Dubina | | 220 mm | 220 mm | 220 mm |
| Neto masa | | 24,4 kg | 28,2 kg | 34,2 kg |

Tablica 15: Parametri instaliranih ventilokonvektora

Nakon što su odabrani ventilokonvektori, u Tablici 16. dan je prikaz ventilokonvektora po prostorijama s određenim radnim parametrima.

| Br. | Namjena | Qg (W) | m _{w,gr} (kg/h) | Qh (W) | m _{w,hl} (kg/h) | TIP |
|------|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------|--------------------------|-------|
| | Apartman 1 | | | | | |
| 1.1 | Predsoblje | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1.2 | Prostorija | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1.3 | Kupaona + WC | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1.4 | Kupaona + WC | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1.5 | Spavaća soba | 0 | 0 | 400 | 86 | VA-17 |
| 1.6 | Spavaća soba | 0 | 0 | 740 | 159 | VA-17 |
| 1.7 | Spavaća soba | 0 | 0 | 740 | 159 | VA-17 |
| 1.8 | Dnevni boravak | 0 | 0 | 820 | 177 | VA-17 |
| 1.9 | Kuhinja | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1.10 | Blagovaona | 591 | 102 | 2590 | 558 | VA-45 |
| | Ukupno Apartman 1 | 591 | 102 | 5290 | 1.139 | |
| | Apartman 2 | | | | | |
| 2.1 | Dnevni boravak | 499 | 86 | 2140 | 461 | VA-30 |
| 2.2 | Hodnik | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2.3 | Kupaona | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2.4 | Spavaća soba | 0 | 0 | 800 | 172 | VA-17 |
| 2.5 | Spavaća soba | 0 | 0 | 790 | 170 | VA-17 |
| | Ukupno Apartman 2 | 499 | 86 | 3730 | 803 | |
| | Apartman 3 | | | | | |
| 3.1 | Kupaona | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3.2 | Hodnik | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3.3 | Dnevni boravak | 406 | 70 | 970 | 209 | VA-17 |
| 3.4 | Spavaća soba | 0 | 0 | 810 | 174 | VA-17 |
| 3.5 | Spavaća soba | 0 | 0 | 830 | 179 | VA-17 |
| | Ukupno Apartman 3 | 406 | 70 | 2610 | 562 | |
| | | | | | | |
| | Ukupno | 1.496 | 258 | 11630 | 2.504 | |

Tablica 16: Parametri ventilokonvektora po prostorijama

gdje su:

- Qg (W) - ogrjevni učin potreban na ventilokonvektoru
- m_{w,gr}(kg/h) - protok vode režimu grijanja pri razlici temperature polaz/povrat dt=5°C
- Qh (W) - rashladni učin potreban na ventilokonvektoru
- m_{w,hl} (kg/h) - protok vode u režimu hlađenja pri razlici temperature polaz/povrat dt=4°C

7.5 Podno grijanje

Podno grijanje predviđeno je kao temeljni način zagrijavanja prostorija. Ogrjevni medij (voda) priprema se pomoću dizalice topline i cirkulacijskom pumpom distribuira prema razdjelniku podnog grijanja. Razdjelnik i sabirnik ogrjevne vode nalaze se u ormariću podnog grijanja te je predviđena ugradnja zasebnog ormarića za svaki apartman. Prilikom projektiranja korišten je računalni program IntegraCAD.

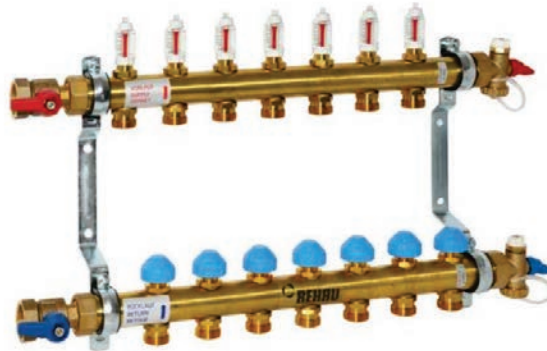
Kao temeljna ploča za pozicioniranje i fiksiranje cijevi korištena je REHAU Vario ploča (Slika 29) sa ispunom od stiroporne pjene. Razvod podnog grijanja predviđen je sa polietilenskim cijevima tipa REHAU RAUTITAN flex (Slika 29) dimenzija $\varnothing=16 \times 2,2$ mm s razmakom polaganja od 150 mm. U kupaonicama je, zbog većih toplinskih gubitaka i male površine iskoristive podne plohe, razmak polaganja cijevi 100 mm.



Slika 27: Temeljna ploča REHAU Vario i cijev podnog grijanja RAUTITAN flex [15]

Razlog unaprijed određenog razmaka polaganja cijevi je u tome što će u većini sezone grijanja podni razvod sa spomenutim razmakom pokriti ukupne toplinske gubitke, a u trenucima vršnog opterećenja kada će nedostajati topline paralelno će se uključiti ventilokonvektori koji će dogrijavati do željene temperature. S obzirom da dizalica topline priprema ogrjevnu vodu temperature 40°C , troputnim miješajućim ventilom smanjuje se temperaturni režim na $35/30^{\circ}\text{C}$. Na svakom razdjelniku u strojarnici nalazi se po jedna cirkulacijska pumpa kruga podnog grijanja koja distribuira ogrjevnu vodu u razdjelnik podnog grijanja koji se nalazi u svakom stanu. Iz razdjelnika podnog grijanja koji je smješten u ormariću podnog grijanja voda se nadalje distribuira prema petljama podnog grijanja u

apartmanu. Razdjelnici podnog grijanja su opremljeni armaturom za ručno zatvaranje, automatsko reguliranje sobne temperature i hidrauličko podešavanje sustava. Odabrani su razdjelnici podnog grijanja proizvođača REHAU tip HKV-D (Slika 30).



Slika 28: Razdjelnik i sabirnik podnog grijanja HKV-D [15]

Razdjelnici se smještaju u ormariće podnog grijanja. Odabran je podžbukni ormarić proizvođača REHAU tip UP (Slika 31). Bočne stranice su po izboru s lijeve ili desne strane opremljene kliznim vratašcima za priključenje polaznog i povratnog voda.

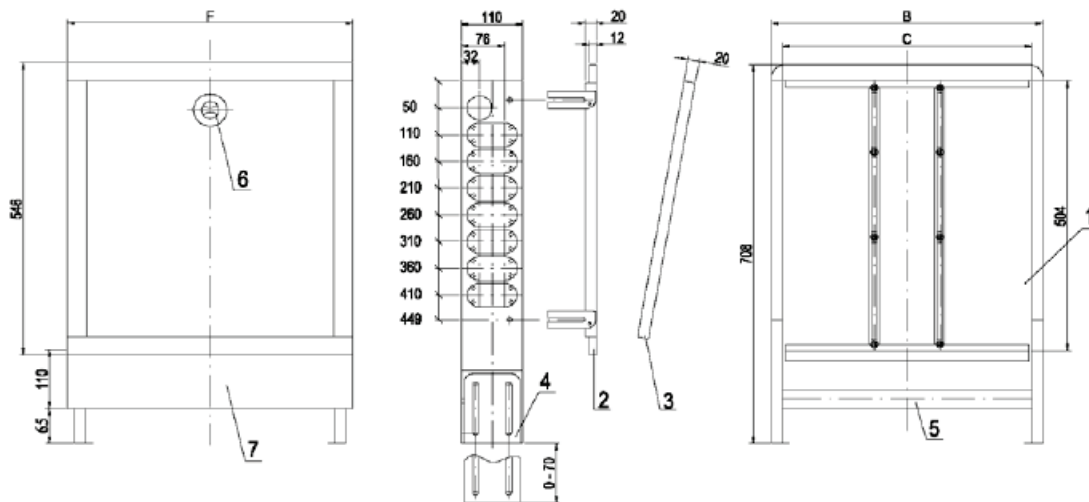


Slika 29: Podžbukni ormarić podnog grijanja [15]

Dimenzije ormarića ovise o broju priključaka na razdjelniku. U Apartmanu 1 u prizemlju zgrade instalirano je 8 krugova podnog grijanja te je odabran ormarić REHAU UP - 3, dok su

na katu Apartmani 2. i 3. sa po 4 kruga grijanja svaki i odabrani su ormarići tipa REHAU UP-2. Dimenzije ormarića prikazane su na Slici 32.

| Tip ormara | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Broj krugova grijanja | do 3 grijača kruga | do 5 grijača krugova | do 10 grijača krugova | do 12 grijača krugova |
| Visina ugradnje ormara [mm] ¹⁾ | 708 | 708 | 708 | 708 |
| Ukupna širina ormara izvana [mm] "B", bez prednje maske | 489 | 574 | 874 | 1174 |
| Ukupna širina ormara izvana [mm] "F", s prednjom maskom | 513 | 598 | 898 | 1198 |
| Unutarnja mjera ormara [mm] "C" | 449 | 534 | 834 | 1134 |
| Ukupna dubina ormara ²⁾ izvana [mm] | 110-160 | 110-160 | 110-160 | 110-160 |
| Težina ormara [kg] | 12,54 | 13,77 | 19,22 | 23,88 |



Slika 30: Dimenzije podžbuknog ormarića [15]

Rezultati proračuna sustava podnog grijanja u Apartmanu 1 prikazani su u Tablici 17:

| Tip ormarića podnog grijanja: REHAU- UP 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|----------------|--------|---------------------------|---------------------|--------|---------|-----------------------|---------|-------|--------|-----------|---------|----------|---------|----------|------------|
| Tip razdjelnika: REHAU- HKV-D 08 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura polazne vode | | 35,0 | | (°C) | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura povratne vode | | 30,0 | | (°C) | | | | | | | | | | | | | |
| Broj priključaka | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Uk. površina petlji | | 73,3 | | (m ²) | | | | | | | | | | | | | |
| Uk. duljina cijevi | | 473,3 | | (m) | | | | | | | | | | | | | |
| Instalirani učin | | 3041 | | (W) | | | | | | | | | | | | | |
| Uk. volumen medija | | 50,02 | | (l) | | | | | | | | | | | | | |
| Uk. protok | | 570,50 | | (kg/h) | | | | | | | | | | | | | |
| Maks. pad tlaka | | 21,0 | | (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. |
| Kat 1 \ P3 Kupaona 1.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 2,8 | 100 | 27,3 | 33,0 | 5,0 | 27,5 | 0,0 | 91 | 91 | 17,7 | 0,0 | 0,2 | 0,25 |
| Kat 1 \ P5 Kupaona 1.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 2,9 | 100 | 27,3 | 33,0 | 5,0 | 29,2 | 0,0 | 96 | 96 | 18,8 | 0,0 | 0,3 | 0,25 |
| Kat 1 \ P6 Spavaća soba 1.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 11,5 | 250 | 23,4 | 34,7 | 5,0 | 46,0 | 0,0 | 399 | 399 | 74,7 | 0,2 | 3,4 | 0,25 |
| Kat 1 \ P7 Spavaća soba 1.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 12,2 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 80,7 | 0,0 | 535 | 535 | 100,0 | 0,3 | 9,8 | 0,25 |
| Kat 1 \ P8 Spavaća soba 1.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 6,9 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 45,3 | 0,0 | 300 | 300 | 56,2 | 0,1 | 1,2 | 0,25 |
| Kat 1 \ P9 Dnevni boravak | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 17,8 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 117,2 | 0,0 | 776 | 776 | 145,2 | 0,4 | 21,0 | 2,50 |
| Kat 1 \ P10 Kuhinja | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 11,5 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 75,9 | 0,0 | 503 | 503 | 94,1 | 0,2 | 8,3 | 0,25 |
| Kat 1 \ P11 Blagovaona | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 7,8 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 51,5 | 0,0 | 341 | 341 | 63,8 | 0,2 | 2,9 | 0,25 |

Tablica 17: Rezultati proračuna za Apartman 1

Rezultati proračuna sustava podnog grijanja u Apartmanu 2 prikazani su u Tablici 18:

| Tip ormarića podnog grijanja: REHAU- UP 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|----------------|--------|---------------------------|---------------------|--------|---------|-----------------------|---------|-------|--------|-----------|---------|----------|---------|----------|------------|
| Tip razdjelnika: REHAU- HKV-D 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura polazne vode | | 35,0 | | (°C) | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura povratne vode | | 30,0 | | (°C) | | | | | | | | | | | | | |
| Broj priključaka | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Uk. površina petlji | | 41,5 | | (m ²) | | | | | | | | | | | | | |
| Uk. duljina cijevi | | 283,8 | | (m) | | | | | | | | | | | | | |
| Instalirani učin | | 1818 | | (W) | | | | | | | | | | | | | |
| Uk. volumen medija | | 29,99 | | (l) | | | | | | | | | | | | | |
| Uk. protok | | 340,30 | | (kg/h) | | | | | | | | | | | | | |
| Maks. pad tlaka | | 21,0 | | (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. |
| Kat 2 \ Apartman 2 \ P1 Dnevni boravak | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 17,7 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 116,8 | 0,0 | 774 | 774 | 144,8 | 0,4 | 21,0 | 2,50 |
| Kat 2 \ Apartman 2 \ P3 Kupaona | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | B | Ker. pločice | 13 | 0,012 | 3,0 | 100 | 28,4 | 45,6 | 5,0 | 30,0 | 0,0 | 137 | 137 | 25,8 | 0,1 | 0,4 | 0,25 |

| Kat 2 \ Apartman 2 \ P5 Spavaća soba | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|----------------|----|-------|------|-----|------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|
| 27 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 11,4 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 74,9 | 0,0 | 496 | 496 | 92,8 | 0,2 | 8,0 | 0,25 |
| Kat 2 \ Apartman 2 \ P6 Spavaća soba | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 9,4 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 62,0 | 0,0 | 411 | 411 | 76,9 | 0,2 | 4,8 | 0,25 |

Tablica 18: Rezultati proračuna za Apartman 2

Rezultati proračuna sustava podnog grijanja u Apartmanu 3 prikazani su u Tablici 19:

| Tip ormarića podnog grijanja: REHAU- UP 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|----------------|--------|---------------------------|---------------------|--------|---------|-----------------------|---------|-------|--------|-----------|---------|----------|---------|----------|------------|
| Tip razdjelnika: REHAU- HKV-D 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura polazne vode | | | | | | 35,0 | | (°C) | | | | | | | | | |
| Temperatura povratne vode | | | | | | 30,0 | | (°C) | | | | | | | | | |
| Broj priključaka | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | |
| Uk. površina petlji | | | | | | 33,6 | | (m ²) | | | | | | | | | |
| Uk. duljina cijevi | | | | | | 228,6 | | (m) | | | | | | | | | |
| Instalirani učin | | | | | | 1472 | | (W) | | | | | | | | | |
| Uk. volumen medija | | | | | | 24,15 | | (l) | | | | | | | | | |
| Uk. protok | | | | | | 275,70 | | (kg/h) | | | | | | | | | |
| Maks. pad tlaka | | | | | | 12,7 | | (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. |
| Kat 2 \ Stan \ P7 Kupaona | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | B | Ker. pločice | 13 | 0,012 | 2,0 | 100 | 28,4 | 45,6 | 5,0 | 20,0 | 0,0 | 91 | 91 | 17,2 | 0,0 | 0,2 | 0,25 |
| Kat 2 \ Stan \ P9 Dnevni boravak | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 13,5 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 89,1 | 0,0 | 590 | 590 | 110,4 | 0,3 | 12,7 | 2,50 |
| Kat 2 \ Stan \ P10 Spavaća soba | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 9,3 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 61,4 | 0,0 | 406 | 406 | 76,1 | 0,2 | 4,7 | 0,25 |
| Kat 2 \ Stan \ P11 Spavaća soba | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | B | Parket (hrast) | 16 | 0,076 | 8,8 | 150 | 24,2 | 43,7 | 5,0 | 58,1 | 0,0 | 385 | 385 | 72,0 | 0,2 | 4,0 | 0,25 |

Tablica 19: Rezultati proračuna za Apartman 3

7.6 Odabir radijatorskog grijanja

Za zagrijavanje kupaonica koristit će se kupaonski cijevni radijatori s temperaturnim režim ogrjevne vode 40/35°C. Odabrani su radijatori proizvođača Vogel&Noot tip VM (Slika 33). Radijatori imaju središnji priključak te su opremljeni termostatskim ventilom s termomstatskom glavom, zaštitnom kapom za odzračivanje i ventilskim čepom za ispuštanje vode.



Slika 31: Kupaonski cijevni radijator [8]

Tehničke karakteristike ugrađenih tipova radijatora prikazane su u Tablici 19.

| Tip | 1800/750 | 1800/900 |
|-------------------------------|----------|----------|
| Nazivna visina (mm) | 1800 | 1800 |
| Ugradbena visina (mm) | 1764 | 1764 |
| Dužina (mm) | 750 | 900 |
| Ogrjevni učin (W) | 217 | 256 |
| Ekspozent toplinskog učina, n | 1,328 | 1,321 |
| Količina vode (l) | 9,9 | 11,3 |
| Masa (kg) | 21,7 | 25,2 |

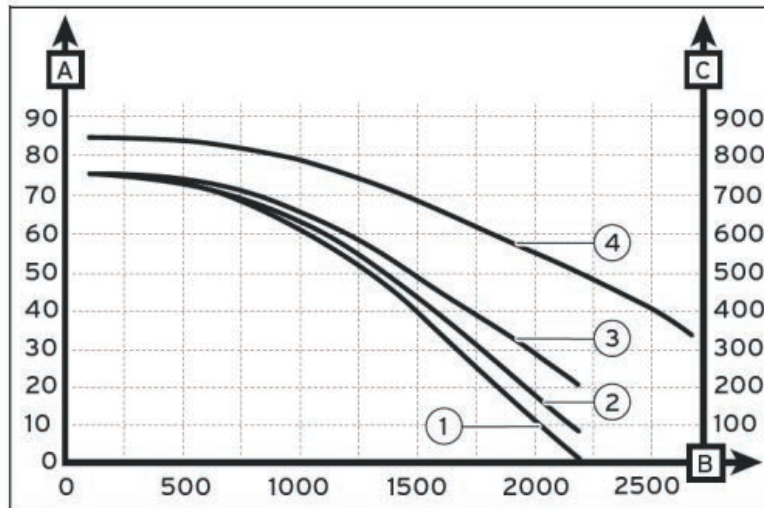
Tablica 20: Tehničke karakteristike kupaonskih radijatora

U apartmanu 1, u prizemlju ugrađena su dva radijatora tipa Dion VM 1800/900 po jedan za svaku kupaonicu. U apartmanu 2 ugrađen je također tip Dion VM 1800/900 dok je u apartmanu 3 predviđen tip Dion VM 1800/750. Ukupni instalirani ogrjevni učin sustavom radijatorskog grijanja iznosi 985 W.

7.7 Odabir cirkulacijskih pumpi

7.7.1 Proračun cirkulacijske pumpe primarnog kruga

S obzirom da pad tlaka u primarnom krugu svladava cirkulacijska pumpa u sklopu dizalice topline, potrebno je provjeriti može li ona svladati otpore primarnog kruga. Primarni krug se sastoji od cjevovoda koji povezuje dizalicu topline sa spremnikom PTV-a i međuspremnikom, pri čemu je kritična dionica ona koja povezuje dizalicu sa spremnikom PTV-a.



Slika 32: Karakteristika pumpe dizalice topline [7]

Na Slici 34. prikazana je karakteristika pumpe dizalice topline gdje simboli predstavljaju sljedeće:

"4" - Vaillant VWL 155/2 A

A - visina dizanja (kPa)

B - protok (l/h)

C - visina dizanja (mbar)

| DIONICA | ΔP_{PLOK} | ΔP_{LIN} | ΔP_{DION} | Q(W) | Qm(l/h) | Qv(m ³ /h) | L(m) | Du(mm) | w(m/s) | $\lambda(-)$ | $\Sigma\zeta(-)$ |
|---------|---|-------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-----------------------|------|--------|--------|--------------|------------------|
| 1 - 2 | 961,58 | 273,82 | 1235,40 | 14600 | 2510,6 | 2,568 | 3 | 39 | 0,598 | 0,0204 | 5,5 |
| | Pad tlaka (Pa) = | | 1235,40 | | | | | | | | |
| | Izmjenjivač (Pa) = | | 5740,00 | | | | | | | | |
| | $\Sigma\Delta P_{\text{uk}}$ (Pa) = | | 6975,40 | 69,8 | mbar | | | | | | |

Tablica 21: Pad tlaka u primarnom krugu

Proračunski je određena potrebna visina dizanja primarnog kruga u iznosu od 0,7 m (69,8 mbar) (Tablica 21). S obzirom da pumpa dizalice topline za protok od 2510,6 l/h ima visinu dizanja približno 4 m (400 mbar), utvrđeno je da može svladati pad tlaka u primarnom krugu.

7.7.2 Proračun cirkulacijske pumpe sekundarnog kruga

Za proračun ukupnog pada tlaka sekundarnog kruga potrebno je odrediti kritičnu dionicu. U sekundarnom krugu nalaze se razdjelnici i sabirnici za sva 3 apartmana, te razvod radijatorskog kruga grijanja i ventilokonvektorskog kruga grijanja/hlađenja. Kritična dionica sekundarnog kruga je dionica ventilokonvektora do prostorije 2.01. gdje je instaliran ventilokonvektor tip VA 1-030. Ukupni pad tlaka na kritičnoj dionici iznosi 31138,95 Pa (Tablica 22).

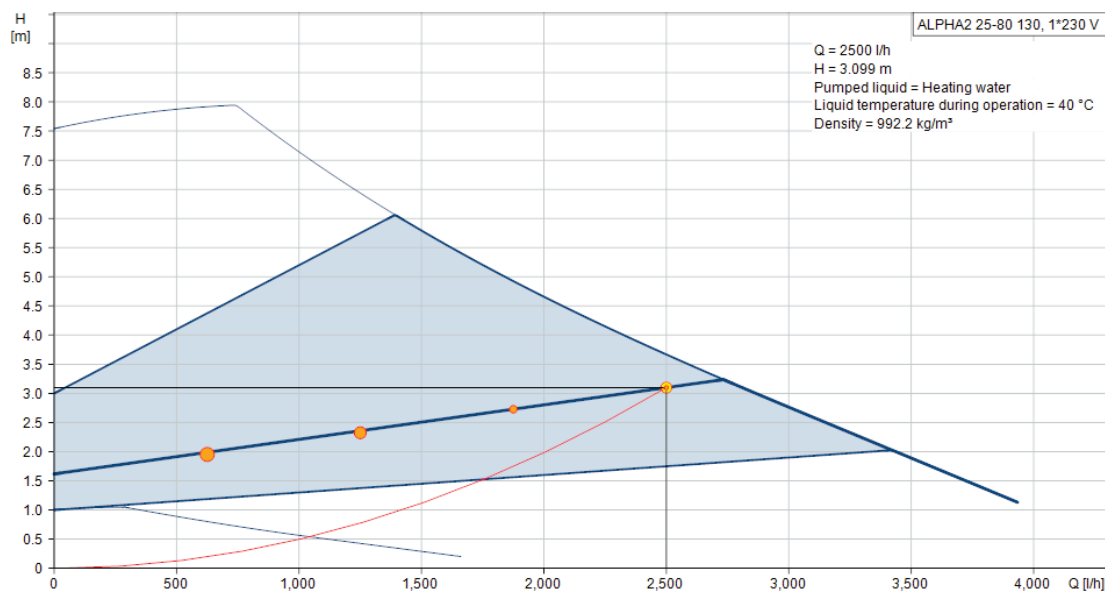
| DIONICA | ΔP_{LOK} | ΔP_{LIN} | ΔP_{DION} | Q(W) | Qm(kg/h) | Qv(m ³ /h) | L(m) | Du(mm) | w(m/s) | $\lambda(-)$ | $\Sigma\zeta(-)$ |
|--|------------------|------------------|-------------------|-------|----------|-----------------------|------|--------|--------|--------------|------------------|
| 1 - 2 | 311,55 | 45,23 | 356,78 | 11630 | 2499,89 | 2,557 | 0,5 | 39 | 0,595 | 0,0204 | 1,8 |
| 2 - 2 | 388,10 | 276,78 | 664,88 | 6340 | 1362,79 | 1,394 | 1,2 | 25,6 | 0,753 | 0,0213 | 1,4 |
| 3 - 2 | 1199,33 | 4234,68 | 5434,01 | 3730 | 801,77 | 0,820 | 47 | 25,6 | 0,443 | 0,0240 | 12,5 |
| 4 - 2 | 103,51 | 1264,19 | 1367,70 | 2930 | 629,81 | 0,644 | 6 | 19,6 | 0,594 | 0,0239 | 0,6 |
| 5 - 2 | 267,06 | 848,52 | 1115,58 | 2140 | 460,00 | 0,470 | 7 | 19,6 | 0,434 | 0,0258 | 2,9 |
| Pad tlaka (Pa) = | | | 8938,95 | | | | | | | | |
| Ventilokonvektor(Pa)= | | | 16300,00 | | | | | | | | |
| Reg. ventil (Pa) = | | | 5900,00 | | | | | | | | |
| $\Sigma\Delta P_{uk}$ (Pa) = | | | 31138,95 | | | | | | | | |

Tablica 22: Pad tlaka u sekundarnom krugu

Odabrana je cirkulacijska pumpa proizvođača Grundfos tip ALPHA2 25-80 130 (Slika 35), sa karakteristikom prikazanom na Slici 36.



Slika 33: Cirkulacijska pumpa Grundfos ALPHA2 [20]



Slika 34: Karakteristika pumpe sekundarnog kruga [20]

7.7.3 Odabir pumpe kruga podnog grijanja

Zadatak cirkulacijskih pumpi kruga podnog grijanja je da svladaju pad tlaka u podnoj petlji, u razdjelniku/sabirniku podnog grijanja i razvodu podnog grijanja do glavnog razdjelnika/sabirnika u strojarnici. Za svaki apartman proračunata je zasebna pumpa.

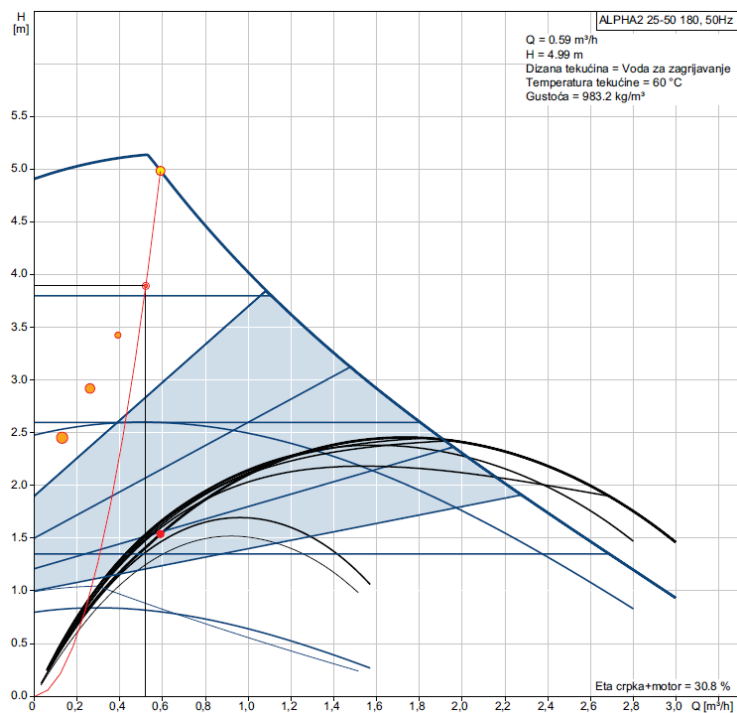
Apartman 1

Kritična dionica kruga podnog grijanja u apartmanu 1 je u prostoriji 1.8. (dnevni boravak) te je u Tablici 23. prikazan proračun ukupnog pada tlaka za tu dionicu.

| DIONICA | ΔP _{PLOK} | ΔP _{PLIN} | ΔP _{PDION} | Q(W) | Q _m (kg/h) | Q _v (m ³ /h) | L(m) | Du(mm) | w(m/s) | λ(-) | Σζ(-) |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------|-----------------------|------------------------------------|------|--------|--------|--------|-------|
| 1 - 2 | 134,76 | 459,44 | 594,20 | 3041 | 522,94 | 0,53482 | 10,8 | 25,6 | 0,289 | 0,0267 | 3,3 |
| Pad tlaka (Pa) = | | | 594,20 | | | | | | | | |
| Otpor petlje (Pa) = | | | 21000,00 | | | | | | | | |
| Reg. ventil (Pa) = | | | 12000,00 | | | | | | | | |
| Ostali otpori (Pa) = | | | 5000,00 | | | | | | | | |
| ΣΔP_{uk} (Pa) = | | | 38594,20 | | | | | | | | |

Tablica 23: Pad tlaka kruga podnog grijanja - Apartman 1

Odabrana je cirkulacijska pumpa proizvođača Grundfos tip ALPHA2 25-50 180, sa karakteristikom prikazanom na Slici 37.



Slika 35: Karakteristika pumpe - Apartman 1 [20]

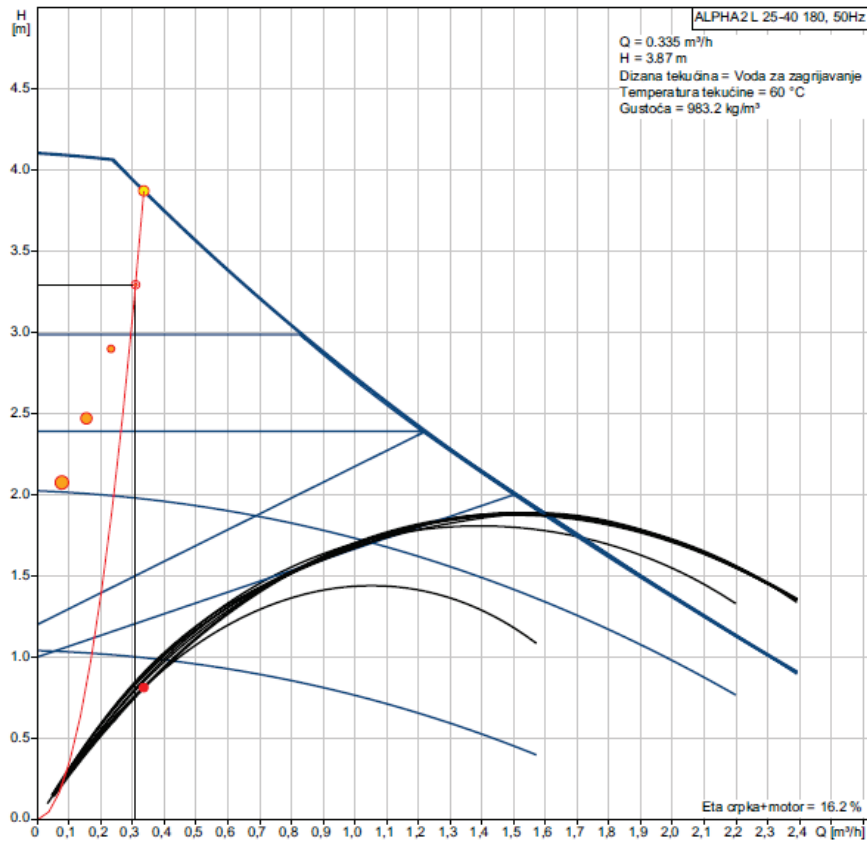
Apartman 2

Kritična dionica kruga podnog grijanja u apartmanu 2 je u prostoriji 2.1. (dnevni boravak) te je u Tablici 24. prikazan proračun ukupnog pada tlaka za tu dionicu.

| DIONICA | ΔP _{LOK} | ΔP _{LIN} | ΔP _{DION} | Q(W) | Q _m (kg/h) | Q _v (m ³ /h) | L(m) | Du(mm) | w(m/s) | λ(-) | Σζ(-) |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------|-----------------------|------------------------------------|------|--------|--------|--------|-------|
| 1 - 2 | 306,34 | 3037,41 | 3343,75 | 1818 | 312,63 | 0,31973 | 49,2 | 19,6 | 0,295 | 0,0284 | 7,2 |
| Pad tlaka (Pa) = | | | 3343,75 | | | | | | | | |
| Otpor petlje (Pa) = | | | 21000,00 | | | | | | | | |
| Reg. ventil (Pa) = | | | 5000,00 | | | | | | | | |
| Ostali otpori (Pa) = | | | 3500,00 | | | | | | | | |
| ΣΔP_{uk} (Pa) = | | | 32843,75 | | | | | | | | |

Tablica 24: Pad tlaka kruga podnog grijanja - Apartman 2

Odabrana je cirkulacijska pumpa proizvođača Grundfos tip ALPHA2 25-40 180, sa karakteristikom prikazanom na Slici 38.



Slika 36: Karakteristika pumpe - Apartman 2 [20]

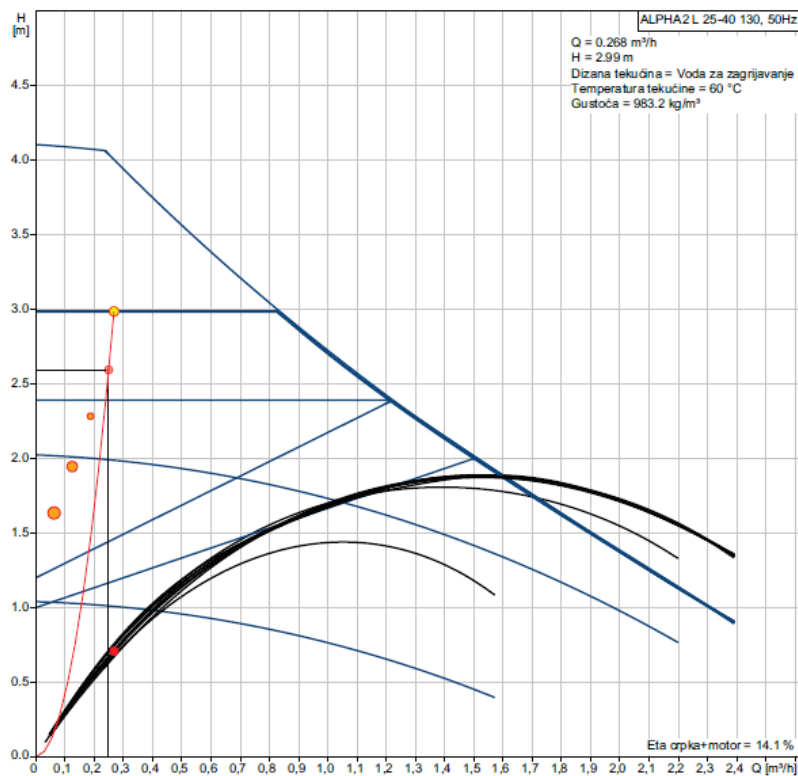
Apartman 3

Kritična dionica kruga podnog grijanja u apartmanu 3 je u prostoriji 3.1. (dnevni boravak) te je u Tablici 25. prikazan proračun ukupnog pada tlaka za tu dionicu.

| DIONICA | ΔP_{PLOK} | ΔP_{LIN} | ΔP_{DION} | Q(W) | Qm(kg/h) | Qv(m ³ /h) | L(m) | Du(mm) | w(m/s) | $\lambda(-)$ | $\Sigma\zeta(-)$ |
|---------|---|-------------------------|--------------------------|------|----------|-----------------------|------|--------|--------|--------------|------------------|
| 1 - 2 | 451,15 | 5275,49 | 5726,64 | 1472 | 253,13 | 0,25888 | 47,2 | 16 | 0,358 | 0,0285 | 7,2 |
| | Pad tlaka (Pa) = | | 5726,64 | | | | | | | | |
| | Otpor petlje (Pa) = | | 14070,00 | | | | | | | | |
| | Reg. ventil (Pa) = | | 3000,00 | | | | | | | | |
| | Ostali otpori (Pa) = | | 3000,00 | | | | | | | | |
| | $\Sigma\Delta P_{\text{uk}}$ (Pa) = | | 25796,64 | | | | | | | | |

Tablica 25: Pad tlaka kruga podnog grijanja - Apartman 3

Odabrana je cirkulacijska pumpa proizvođača Grundfos tip ALPHA2 25-40 130, sa karakteristikom prikazanom na Slici 39.



Slika 37: Karakteristika pumpe - Apartman 3 [20]

7.8 Odabir ekspanzijske posude kruga grijanja

Minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude kruga grijanja određuje se prema:

$$V_{n,min} = (V_e + V_v) * \frac{p_e + 1}{p_e - p_o}$$

gdje je:

V_e - volumen širenja vode uslijed povišenja temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda

$$V_e = \frac{n * V_A}{100}$$

V_A - ukupni volumen vode u sustavu

V_v - dodatni volumen (zaliha) 3 litre

p_e - projektni krajnji tlak – 2,5 bara (0,5 bara ispod tlaka otvaranja sigurnosnog ventila)

p_o - primarni tlak punjenja ekspanzijske posude – za visinu instalacije do 10 m iznosi 1 bar

n - postotak širenja vode u instalaciji ovisan o temperaturi - za zagrijavanje do 40°C,
 $n=0,72\%$

Za izračun volumena širenja vode potrebno je poznavati ukupni volumen vode u sustavu. U Tablici 26. prikazan je volumen vode u sustavu po komponentama.

| Komponente sustava | Volumen vode (l) |
|-----------------------|------------------|
| Cjevovod | 111 |
| Radijatori | 43,8 |
| Podno grijanje | 107,7 |
| Ventilokonvektori | 22 |
| Razdjelnik/sabirnik | 6 |
| Međuspremnik | 35 |
| Izmjenjivač PTV | 28,9 |
| Dizalica topline | 2,7 |
| Ukupno vode u sustavu | 357 |

Tablica 26: Volumen vode u sustavu grijanja

Volumen širenja vode uslijed povišenja temperature:

$$V_e = \frac{n * V_A}{100} = \frac{0,72 * 357}{100} = 2,57 \text{ l}$$

i naposljetku minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude kurga grijanja:

$$V_{n,min} = (V_e + V_v) * \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (2,57 + 3) * \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1} = 13,0 \text{ l}$$

Na temelju proračunatog odabire se ekspanzijska posuda volumena 18 litara proizvođača Pneumatex tip Statico SD - 18 (Slika 40).



Slika 38: Ekspanzijska posuda kruga grijanja [19]

7.9 Izmjenjivač topline vanjskog bazena

Za izmjenjivač topline vanjskog bazena odabran je cijevni izmjenjivač proizvođača Vagner tip 13 (Slika 41), nazivnog toplinskog učina 13,0 kW. Izmjenjivač se naručuje sa standardnom bazenskom tehnikom koja nije dio ovog projekta.



Slika 39: Izmjenjivač topline vanjskog bazena [21]

8. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

8.1 Grijanje i hlađenje

Projekt grijanja i hlađenja izrađen je za stambenu zgradu na području grada Korčule prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Stambena zgrada sastoji se od tri etaže, Podrum + Prizemlje + Kat s površinom grijanog prostora od 212 m². U zgradi se nalaze tri apartmana, jedan u prizemlju i dva na katu. Negrijani podrum predviđen je kao strojarnica, odnosno kao prostor za smještaj strojarne opreme. U sklopu zgrade nalazi se vanjski bazen dimenzija (š x d x v) 11,0 x 4,0 x 2,0 m. Sustav grijanja izveden je kao centralni toplovodni s prisilnom cirkulacijom u kombinaciji sa površinskim grijanjem i grijanjem pomoću ventilokonvektora. Kao izvor topline u sustavu grijanja koristi se dizalica topline zrak-voda aroTHERM VWL 155/2 proizvođača Vaillant koja pri vanjskoj temperaturi od -2°C i polaznoj temperaturi ogrjevnog vode 40°C i temperaturnoj razlici od 5°C ima ogrjevni učin 13,0 kW uz faktor grijanja od 3,0. Dizalica topline također se koristi i za pripremu rashladne vode. Pri vanjskoj temperaturi 35°C dizalica topline priprema rashladnu vodu temperaturnog režima 12/16°C te isporučuje 12,0 kW rashladnog učina uz faktor hlađenja 2,8. Dizalica topline je opremljena cirkulacijskom pumpom koja distribuira vodu kroz primarni krug grijanja i do spremnika PTV-a. Uz dizalicu topline ugrađen je međuspremnik topline "VWZ MPS 40" zapremnine 35 litara proizvođača Vaillant. Zadatak međuspremnika je da osigura minimalni protok u krugu dizalice topline, neovisno o potrošačima u sekundarnom krugu. Od međuspremnika do ogrjevnih tijela proteže se sekundarni krug, koji se sastoji od zajedničke cirkulacijske pumpe, razdjelnika/sabirnika sa pripadajućom armaturom za svaki stan zasebno, cjevovoda te ogrjevnih/rashladnih tijela. Voda se u sekundarnom krugu distribuira cirkulacijskom pumpom proizvođača Grundfos tip ALPHA2 25-80 130 sa ugrađenom frekvencijskom regulacijom. Pumpa je dimenzionirana na temelju proračunatog pada tlaka kritične dionice sekundarnog kruga te prema potrebnom volumenskom protoku ogrjevnog/rashladnog medija.

Za temeljno zagrijavanje boravišnih prostorija predviđen je sustav podnog grijanja. Razvod podnog grijanja predviđen je sa polietilenskim cijevima dimenzija $\varnothing=16 \times 2,2$ mm sa razmakom polaganja od 150 mm dok je u kupaonicama zbog većih toplinskih gubitaka i male površine iskoristive podne plohe razmak polaganja cijevi 100 mm. U trenucima vršnog opterećenja kada će nedostajati topline, uz podno grijanje, paralelno će se uključiti ventilokonvektori koji će dogrijavati do željene temperature. Ukupni instalirani ogrjevni učin

sustavom podnog grijanja iznosi 6331 W koji se raspoređuje za sva 3 apartmana u zgradi. Apartman u prizemlju sastoji se od 8 krugova podnog grijanja koji su spojeni na razdjelnik proizvođača REHAU tip HKD-08 i smješteni u ormariću podnog grijanja tipa REHAU UP 3. Apartmani 2 i 3, na katu, sastoje se svaki od 4 kruga podnog grijanja povezana razdjelnikom tipa HKD 04 smještenom u ormariću podnog grijanja tipa REHAU UP 2. Za cirkulaciju ogrjevnog vode u sustavima podnog grijanja predviđene su cirkulacijske pumpe proizvođača Grundfos tip ALPHA2, za svaki apartman zasebno. Za dogrijavanje prostorija u trenucima kada podno grijanje nije u mogućnosti pokriti toplinske gubitke, paralelno se uključuju ventilokonvektori. Ugrađeni su ventilokonvektori parapetne izvedbe za rad u dvocijevnom sustavu, s trobrzinskim motorom ventilatora proizvođača Vaillant tip aroVAIR. Ventilokonvektori su projektirani za rad u sezoni grijanja s temperaturnim režimom 40/35°C. Regulacija učina pojedinog ventilokonvektora je promjenom brzine vrtnje ventilatora na strani zraka i promjenom protoka preko troputnog ventila na strani vode. Ukupno instalirani ogrjevni učin podsustavom ventilokonvektora iznosi 1496 W. U ljetnom režimu ventilokonvektori se koriste kao rashladna tijela do kojih se distribuira hladna voda temperaturnog režima 12/16°C. Ukupno instalirani rashladni učin iznosi 11630 W. Za zagrijavanje kupaonica ugrađeni su kupaonski cijevni radijatori proizvođača Vogel&Noot tip Dion. Radijatori su opremljeni s termostatskim ventilom s termomstatskom glavom, zaštitnom kapom za odzračivanje i ventilskim čepom za ispuštanje vode. Ukupno instalirani učin podsustavom radijatorskog grijanja iznosi 985 W. Za pravilnu raspodjelu troškova sustava grijanja i hlađenja, prije glavnog razdjelnika za svaki apartman ugrađen je kalorimetar proizvođača Danfoss tip Sonometer 1100 s mogućnošću rada i u sezoni grijanja i u sezoni hlađenja. Ultrazvučni kalorimetri mjere potrošnju toplinske energije mjereći protok vode te razliku temperature polaznog i povratnog voda.

8.2 Potrošna topla voda (PTV)

Za pripremu potrošne tople vode koristi se akumulacijski sustav sa bivalentnim spremnikom koji se zagrijava solarnim kolektorima, uz podršku dizalice topline i električnog grijača. Odabran je bivalentni spremnik proizvođača Vaillant tip uniSTOR VIH SW 500 zapremnine 456 litara. U spremniku se nalaze dva izmjenjivača. Donji za zagrijavanje vode solarnim sustavom i gornji za zagrijavanje vode dizalicom topline. U spremnik je također ugrađen i električni grijač "VWZ EA 3" proizvođača Vaillant snage 3 kW. Predviđeno je da se u

slučaju nedovoljno dozračene energija sunca, voda grije pomoću dizalice topline do temperature 45°C, dok na konačnih 60°C vodu zagrijava električni grijač. Kada se iz spremnika uzima topla voda, u donji dio automatski dotječe hladna pitka voda tako da dolazi do temperaturnog raslojavanja. Kolektorsko polje se sastoji od 8 serijski povezanih pločastih kolektora orijentiranih prema jugu, proizvođača Vaillant tip auroTHERM VFK 145 H. Kolektori su dimenzionirani tako da pokriju cjelokupnu potrebu za PTV-om tijekom ljetnih mjeseci. Ukupna godišnja solarna pokrivenost iznosi 81%, što znači da se solarnim sustavom pokriva 81% godišnje potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a. U trenucima kada će se sa solarnog sustava dobivati više toplinske energije nego što je potrebno za pripremu PTV-a, troputnim ventilom će se preusmjeriti zagrijana glikolna smjesa i koristit će se za dogrijavanje vanjskog bazena. Brzina strujanja smjese u solarnom krugu je 0,5 m/s kroz cjevovod ØCu 22x1. Smjesa se sastoji od vode i ekološki prihvatljivog glikola. Cirkulacija u sustavu je prisilna, uslijed rada cirkulacijske pumpe koja je u sastavu solarne cijevne grupe proizvođača Vaillant tip auroFLOW VMS 70. Ekspanzijska posuda solarnog kruga je volumena 80 litara odabrana prema dijagramu proizvođača. Razvodni cjevovod tople vode od akumulacijskog spremnika do trošila PTV-a stalno je ispunjen toplom vode. Ukoliko neko vrijeme nema potrošnje vode, temperatura joj pada te je zbog toga ugrađen recirkulacijski vod. U njemu se miješa ohlađena voda u cijevima sa toplom vodom u spremniku i tako omogućuje održavanje stalne temperature vode na izljevnom mjestu.

8.3 Regulacija

Za primarni krug grijanja i hlađenja koristi se regulacija u ovisnosti o vanjskoj temperaturi, regulator tipa multiMATIC VRC 700 s modulom za hidrauličko proširenje na 3 kruga grijanja tip VR 70. Regulator VRC 700 je povezan sa upravljačkim modulom za programiranje dizalice topline VWZ AL, sve proizvođača Vaillant. Regulator upravlja svim regulacijskim komponentama primarnog kruga i glavna mu je zadaća uključivanje i isključivanje komponenata sustava s ciljem regulacije polaznog voda te održavanje potrebne temperature spremnika PTV-a. Regulacija temperature polaznog voda vrši se u ovisnosti o vanjskoj temperaturi koja se prati preko osjetnika vanjske temperature smještenog na sjevernom pročelju zgrade. Regulator u slučaju snižavanja vanjske temperature, podiže temperaturu polaznog voda prema međuspremniku do 40°C, te isto tako u slučaju porasta vanjske temperature, regulator snižava temperaturu polaza. Regulator preko troputnog razdjelnog ventila usmjerava vodu ili prema međuspremniku ili prema spremniku PTV-a, pri čemu prednost ima spremnik PTV-a. U slučaju kada temperaturni osjetnik "T" u spremniku PTV-a osjeti temperaturu nižu od zadane, troputnim ventilom se preusmjerava proces na zagrijavanje PTV-a. Regulator također upravlja i pumpom sekundarnog kruga. Pumpa je frekventno upravljana što znači da se protok regulira u ovisnosti o potrebi na potrošačima. U sekundarni krug ugrađen je prestrujni ventil "PV" kako bi se osigurao minimalni protok vode koji pumpa mora distribuirati. Na pumpu sekundarnog kruga spojeni su razdjelnici za svaki apartman te se iz njih voda dalje distribuira prema ventilokonvektorima, radijatorima i podnom grijanju. S obzirom da na razdjelnik dolazi voda temperature 40°C, preko troputnog miješajućeg ventila "TMV-P", smještenog prije cirkulacijske pumpe kruga podnog grijanja, regulira se temperatura polaznog voda prema ormariću podnog grijanja. Temperatura polaza prati se preko osjetnika temperature polaza "TP" smještenog u polaznom vodu, u kojem je također smješten i graničnik maksimalne temperature polaza "TPG" koji ima zadatak spriječiti prekoračenje maksimalne temperature polaza prema razdjelnicima od 35°C. U svaku grijanu prostoriju ugrađen je sobni regulator temperature proizvođača Siemens tip RDG100. Regulator u sebi ima osjetnik temperature te upravlja zonskim ventilima sa elektrotermičkim pogonom koji se nalaze na sabirniku podnog grijanja. Regulator RDG100 također ima mogućnost vođenja dva kruga grijanja, podno grijanje i ventilokonvektorsko grijanje. Logika vođenja paralelnog načina rada dva kruga grijanja temelji se na postavljanju temperature na ventilokonvektorima 2-3°C ispod željene temperature u prostoru. Na taj način, kada se temperatura u prostoru počne snižavati, odnosno podno grijanje nije u mogućnosti pokriti

toplinske gubitke, regulator će poslati signal na aktuator ventilokonvektora i dogrijati prostor na traženu temperaturu.

Regulacija solarnog kruga vrši se solarnim regulatorom tipa auroMATIC 570 proizvođača Vaillant. Regulator upravlja pumpom solarnog kruga, te ima osjetnike temperature kolektora, temperature spremnika PTV-a i osjetnik temperature polaza prema kolektoru. Regulator prati temperaturu na izlazu iz solarnih kolektora i kada ta temperatura postane veća od temperature u spremniku za postavljenu vrijednost 7°C , regulator uključuje cirkulacijsku pumpu solarnog kruga. Također kada temperatura na izlazu iz kolektora padne na vrijednost 3°C iznad temperature u spremniku, regulator isključuje pumpu. U trenucima kada postoji dovoljno velika razlika temperatura na izlazu iz kolektora i u spremniku, a nema potrebe za zagrijavanjem PTV-a, troputnim razdjelnim ventilom se preusmjerava proces na dogrijavanje bazenske vode.

9. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu napravljen je projekt grijanja, hlađenja i pripreme potrošne tople vode za stambenu zgrada s 3 apartmana, ukupne korisne površine 212 m^2 na području grada Korčule. U sklopu projekta uspoređena su tri izvora topline, kotao na biomasu u kombinaciji sa rashladnikom vode, dizalica topline tlo-voda i dizalica topline zrak-voda. Usporedbom investicijskih i pogonskih troškova kroz period od 10 godina, odabran je sustav sa dizalicom topline zrak-voda kao optimalno rješenje te je razrađen na razini Glavnog projekta.

Određeni su projektni toplinski gubici grijanog prostora prema normi HRN EN 12831. Proračun je izvršen za najbližu dostupnu lokaciju odnosno grad Hvar s vanjskom projektnom temperaturom -2°C . Ukupni projektni toplinski gubici iznose $8,47 \text{ kW}$ te je prema njima dimenzionirana oprema za grijanje. Proračun projektnog toplinskog za opterećenja proveden je prema smjernici VDI 2078 te je određen potrebn rashladni učin u iznosu od $10,49 \text{ kW}$. Proračun toplinskih gubitaka i toplinskog opterećenja za predmetnu zgradu proveden je pomoću računalnog programa IntegraCAD.

Proračun ukupne godišnje toplinske energije potrebne za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode, te usporedba 3 sustava grijanja provedena je putem računalnog programa KI Expert Plus. Izračunata vrijednost godišnje potrebne energije za grijanje iznosi $1666,1 \text{ kWh}$, odnosno $7,86 \text{ kWh/m}^2$ korisne površine zgrade, dok za hlađenje ona iznosi $13592,5 \text{ kWh}$, odnosno $64,12 \text{ kWh/m}^2$. Proračunom je određena i ukupna godišnja toplinska energija potrebna za zagrijavanje PTV-a, na osnovi potrošnje od 600 litara/dnevno i ona iznosi $14.586,6 \text{ kWh}$.

Sustav grijanja izveden je kao centralni toplovodni sustav sa prisilnom cirkulacijom gdje se za temeljno zagrijavanje prostorija koristi podno grijanje temperaturnog režima $35/30^\circ\text{C}$. Za zagrijavanje kuponica ugrađeni su kupaonski radijatori iz cijevnog registra s temperaturama polaza i povrata $40/35^\circ\text{C}$. Za pokrivanje vršnih opterećenja zimi i hlađenje prostorija ljeti instaliran je dvocijevni sustav ventilokonvektorskog grijanja/hlađenja. Za pripremu potrošne tople vode koristi se akumulacijski sustav sa bivalentnim spremnikom koji se zagrijava solarnim kolektorima, uz podršku dizalice topline i električnog grijača. Također je predviđeno dogrijavanje vanjskog bazena solarnim sustavom kada neće biti potrebe za zagrijavanjem PTV-a.

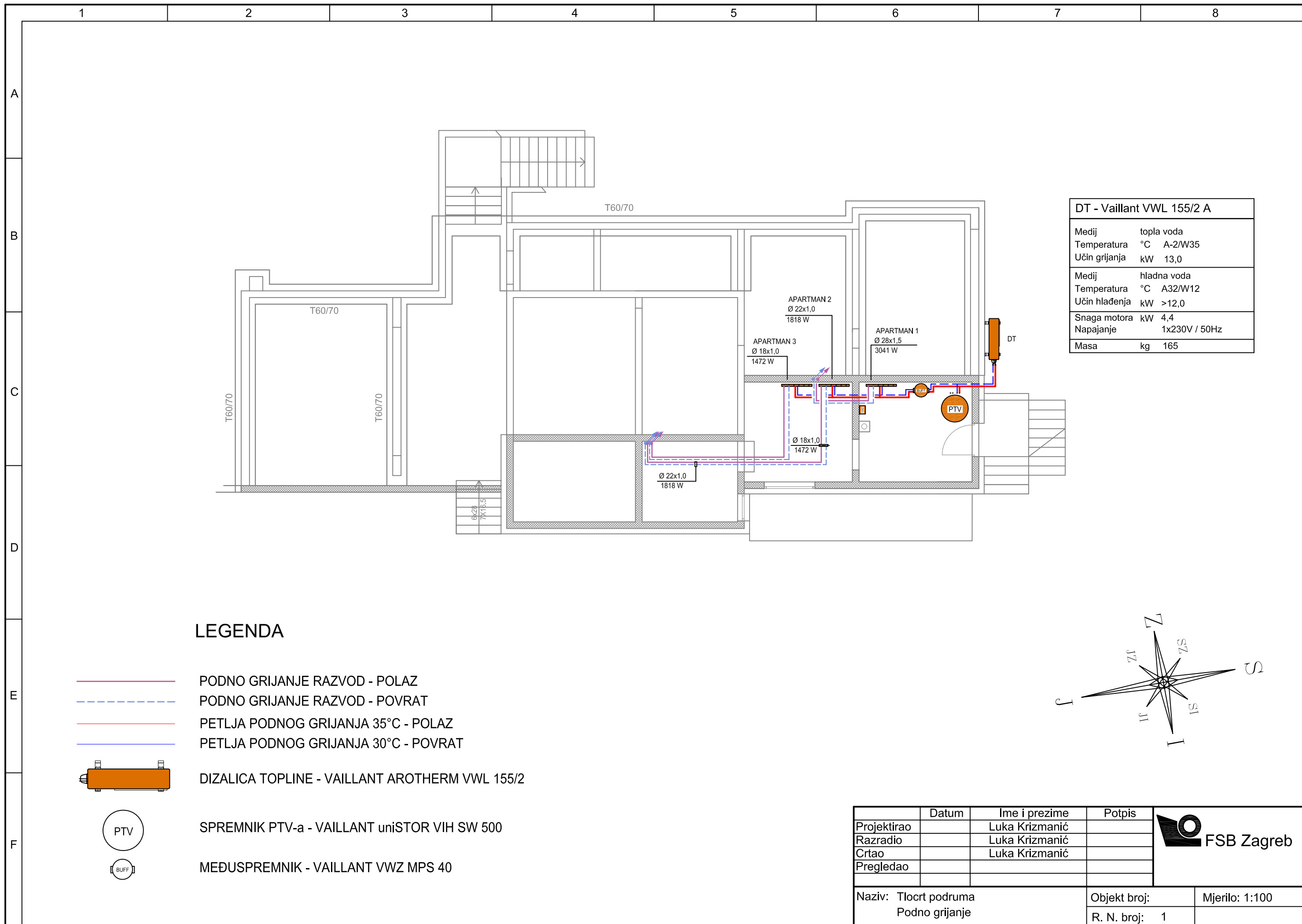
Analizom rezultata može se zaključiti da će korištenje obnovljivih izvora energije u kombinaciji sa niskotemperaturnim grijanjem sa dizalicama topline i solarnim kolektorima u bližoj budućnosti postati standard. Uz relativno velike uštede energije, prednost obnovljivih izvora je i smanjena emisija CO₂ čime se direktno utječe na zaštitu okoliša.

Prilikom izrade projektnog rješenja sustava grijanja, hlađenja i pripreme pripreme potrošne tople vode, vođeno je računa da se poštivaju svi važeći pravilnici i norme te da odgovarajuća rješenja budu u skladu sa svim pravilima struke. Također kod dimenzioniranja i odabira komponenata sustava, pozornost je skrenuta na kvalitetu i suvremena tehnička rješenja.

LITERATURA

- [1] Sustavi grijanja u zgradarstvu: *Metoda proračuna toplinskog opterećenja prema EN 12831*
- [2] Soldo V., Novak S., Horvat I.: *Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790*, Zagreb, 2014.
- [3] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: *Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama*
- [4] Dović D., Horvat I., Rodić A., Soldo V., Švaić S.: *Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama: Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode*, Zagreb, 2015.
- [5] Dović D., Ferdelji N., Horvat I., Rodić A.: *Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade*
- [6] Balen I., FSB: *Podloge za predavanja iz kolegija "Grijanje" i "Klimatizacija"*
- [7] www.vaillant.hr
- [8] www.vogelundnoot.hr
- [9] www.pipelife.hr
- [10] www.solar.hr
- [11] www.enu.fzoeu.hr
- [12] www.mariterm.hr
- [13] www.flowcon.com
- [14] www.kht-dresden.de
- [15] www.rehau.hr
- [16] www.daikin.hr
- [17] www.weishaupt.hr
- [18] Krizmanić L.: *Usporedba tri sustava grijanja obiteljske kuće*
- [19] www.imi-hydronic.com
- [20] www.grundfos.hr
- [21] www.vagnerpool.com

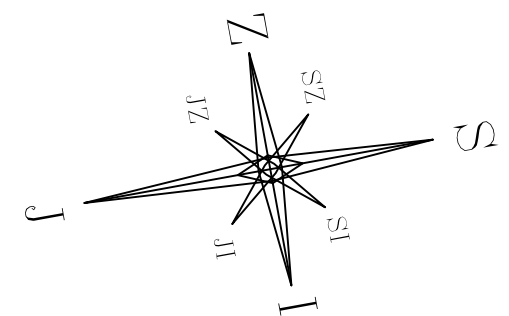
Grafički prilozi



| DT - Vaillant VWL 155/2 A | |
|---------------------------|---------------|
| Medij | topla voda |
| Temperatura °C | A-2/W35 |
| Učin grijanja | kW 13,0 |
| Medij | hladna voda |
| Temperatura °C | A32/W12 |
| Učin hlađenja | kW >12,0 |
| Snaga motora | kW 4,4 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz |
| Masa | kg 165 |

LEGENDA

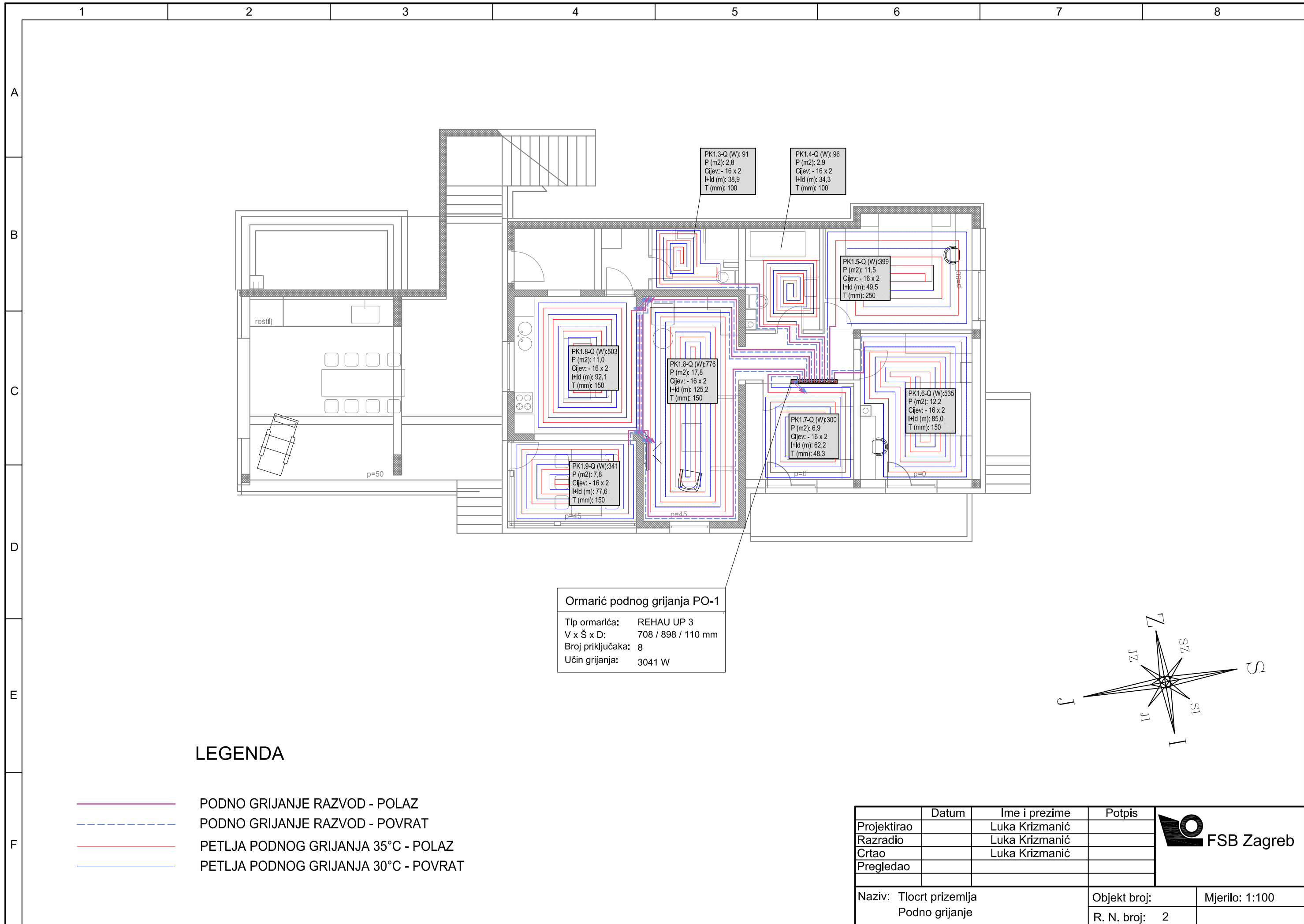
- PODNO GRIJANJE RAZVOD - POLAZ
- - - PODNO GRIJANJE RAZVOD - POVRAT
- PETLJA PODNOG GRIJANJA 35°C - POLAZ
- PETLJA PODNOG GRIJANJA 30°C - POVRAT
- DIZALICA TOPLINE - VAILLANT AROTHERM VWL 155/2
- SPREMNIK PTV-a - VAILLANT uniSTOR VIH SW 500
- MEDUSPREMNIK - VAILLANT VWZ MPS 40



| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|-------------|-------|----------------|--------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | | |

FSB Zagreb

| | | |
|---|---------------|----------------|
| Naziv: Tlocrt podruma Podno grijanje | Objekt broj: | Mjerilo: 1:100 |
| | R. N. broj: 1 | |



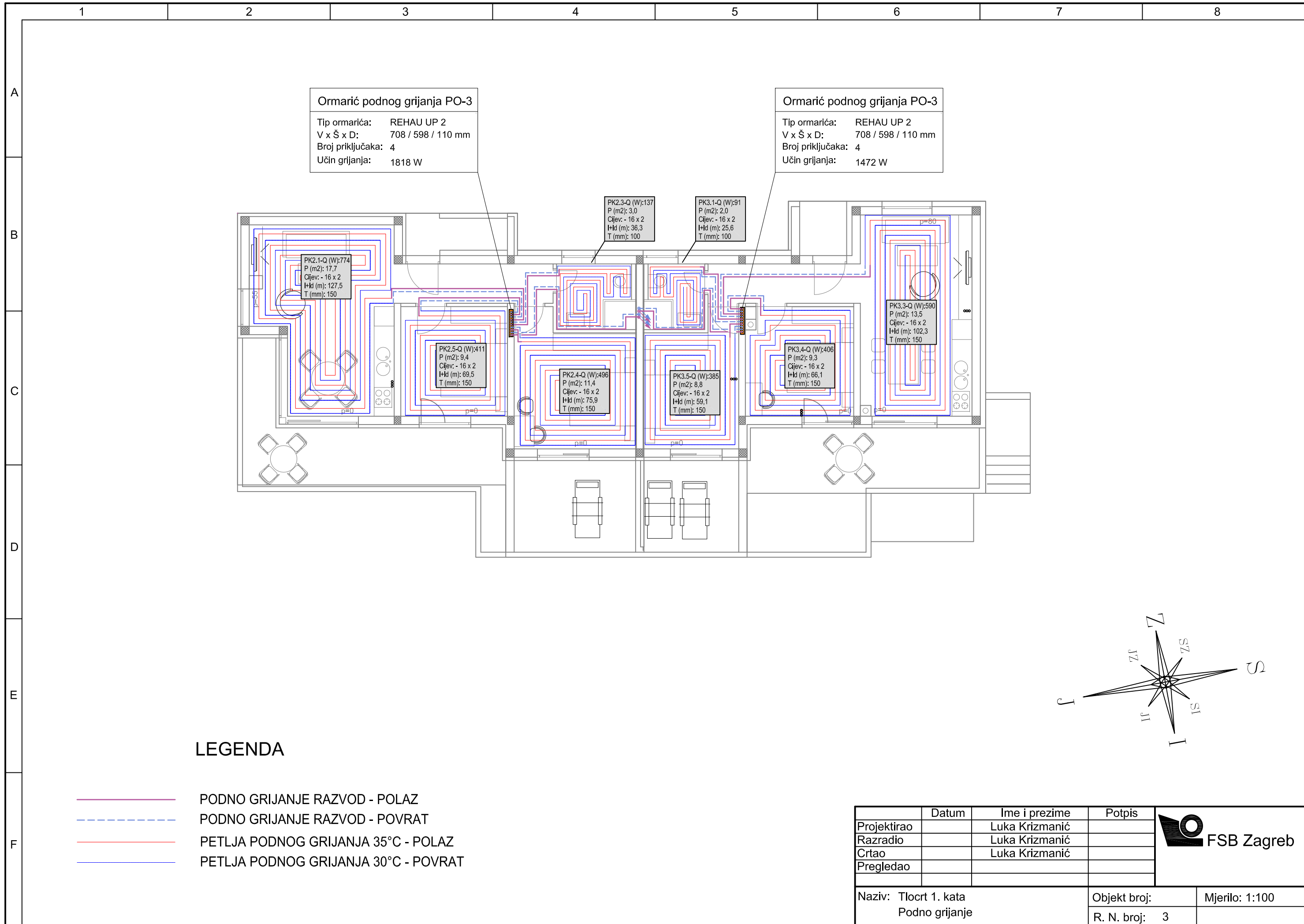
Ormaric podnog grijanja PO-1
 Tip ormarica: REHAU UP 3
 V x Š x D: 708 / 898 / 110 mm
 Broj priključaka: 8
 Učin grijanja: 3041 W

LEGENDA

- PODNO GRIJANJE RAZVOD - POLAZ
- - - PODNO GRIJANJE RAZVOD - POVRAT
- PETLJA PODNOG GRIJANJA 35°C - POLAZ
- PETLJA PODNOG GRIJANJA 30°C - POVRAT

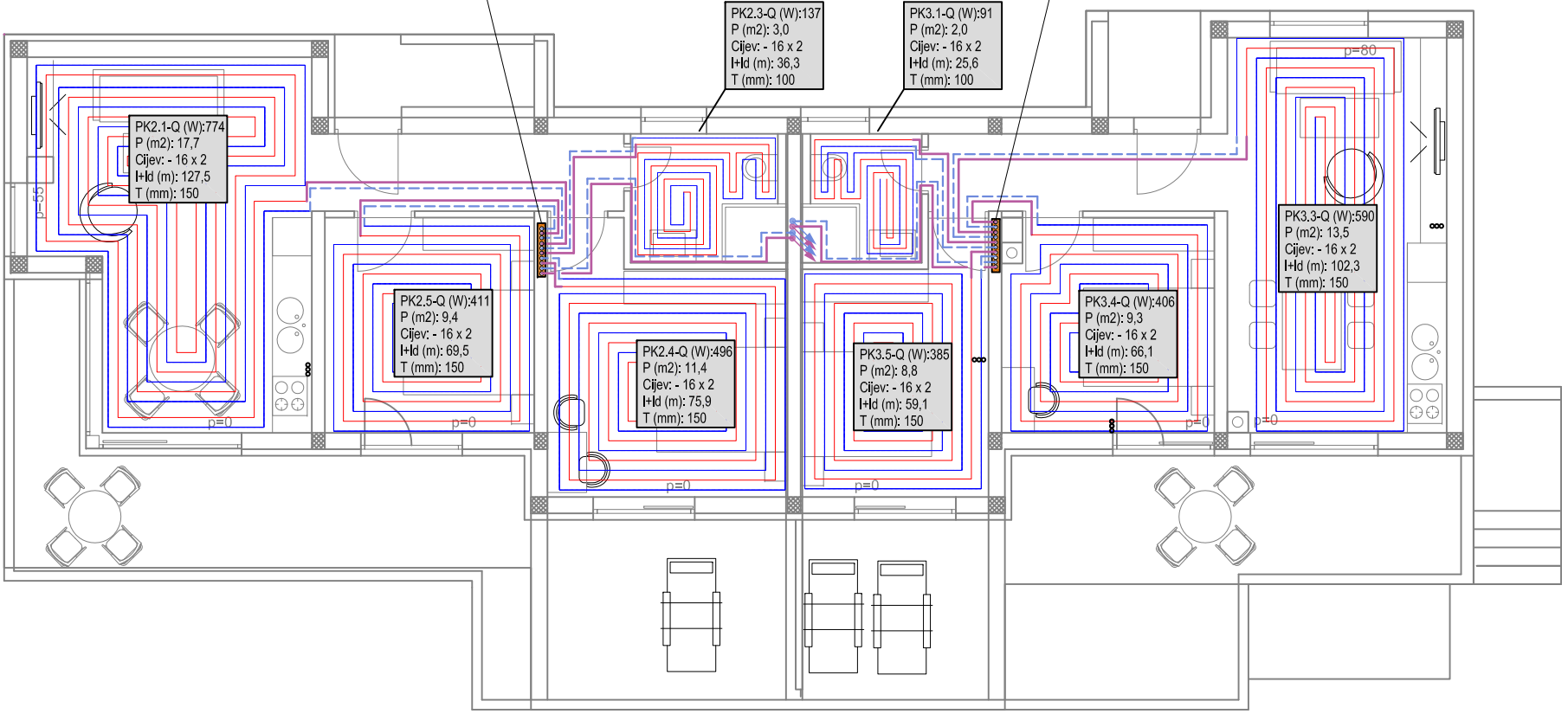
| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|---|-------|----------------|----------------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | | |
| Naziv: Tlocrt prizemlja Podno grijanje | | Objekt broj: | Mjerilo: 1:100 |
| | | R. N. broj: 2 | |





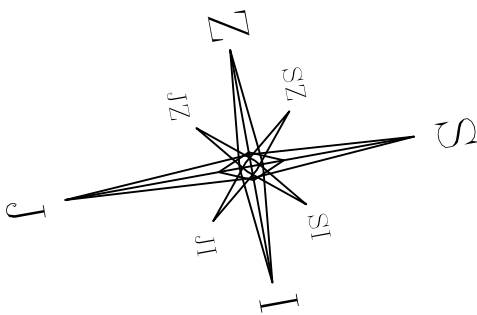
Ormarić podnog grijanja PO-3
 Tip ormarića: REHAU UP 2
 V x Š x D: 708 / 598 / 110 mm
 Broj priključaka: 4
 Učin grijanja: 1818 W

Ormarić podnog grijanja PO-3
 Tip ormarića: REHAU UP 2
 V x Š x D: 708 / 598 / 110 mm
 Broj priključaka: 4
 Učin grijanja: 1472 W



LEGENDA

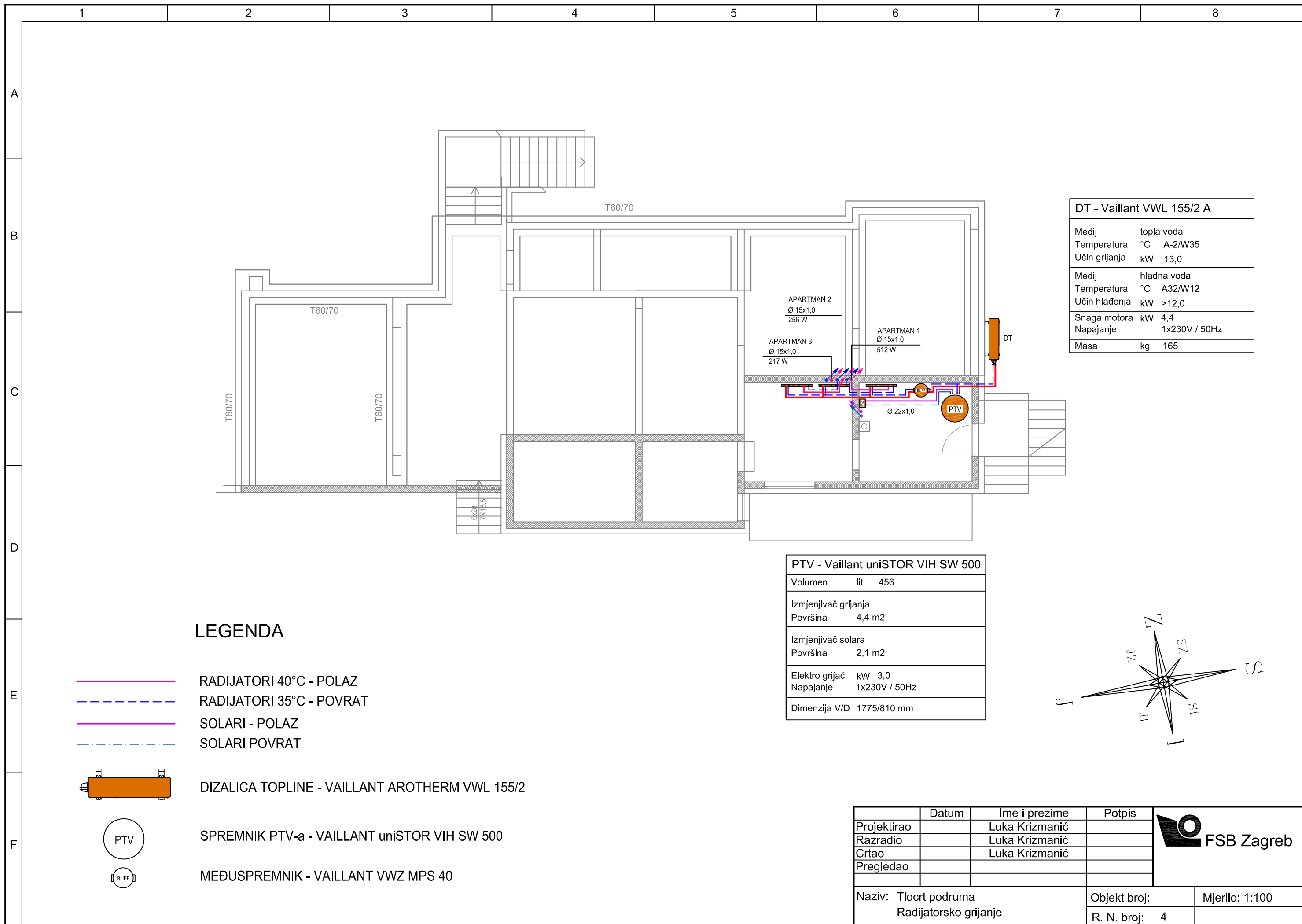
- PODNO GRIJANJE RAZVOD - POLAZ
- PODNO GRIJANJE RAZVOD - POVRAT
- PETLJA PODNOG GRIJANJA 35°C - POLAZ
- PETLJA PODNOG GRIJANJA 30°C - POVRAT



| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|-------------|-------|----------------|--------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | | |

FSB Zagreb

| | | | |
|---|--|---------------|----------------|
| Naziv: Tlocrt 1. kata Podno grijanje | | Objekt broj: | Mjerilo: 1:100 |
| | | R. N. broj: 3 | |

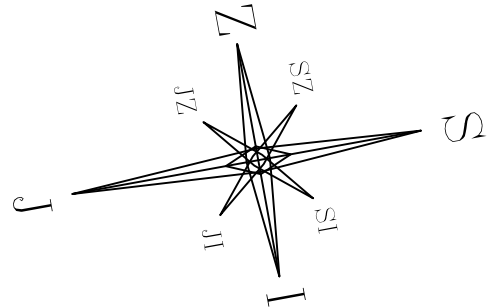


| DT - Vaillant VWL 155/2 A | |
|---------------------------|---------------|
| Medij | topla voda |
| Temperatura °C | A-2/W35 |
| Učin grijanja | kW 13,0 |
| Medij | hladna voda |
| Temperatura °C | A32/W12 |
| Učin hlađenja | kW >12,0 |
| Snaga motora | kW 4,4 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz |
| Masa | kg 165 |

| PTV - Vaillant uniSTOR VIH SW 500 | |
|-----------------------------------|--------------------|
| Volumen lit | 456 |
| Izmjenjivač grijanja | |
| Površina | 4,4 m ² |
| Izmjenjivač solara | |
| Površina | 2,1 m ² |
| Elektro grijač | kW 3,0 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz |
| Dimenzija V/D | 1775/810 mm |

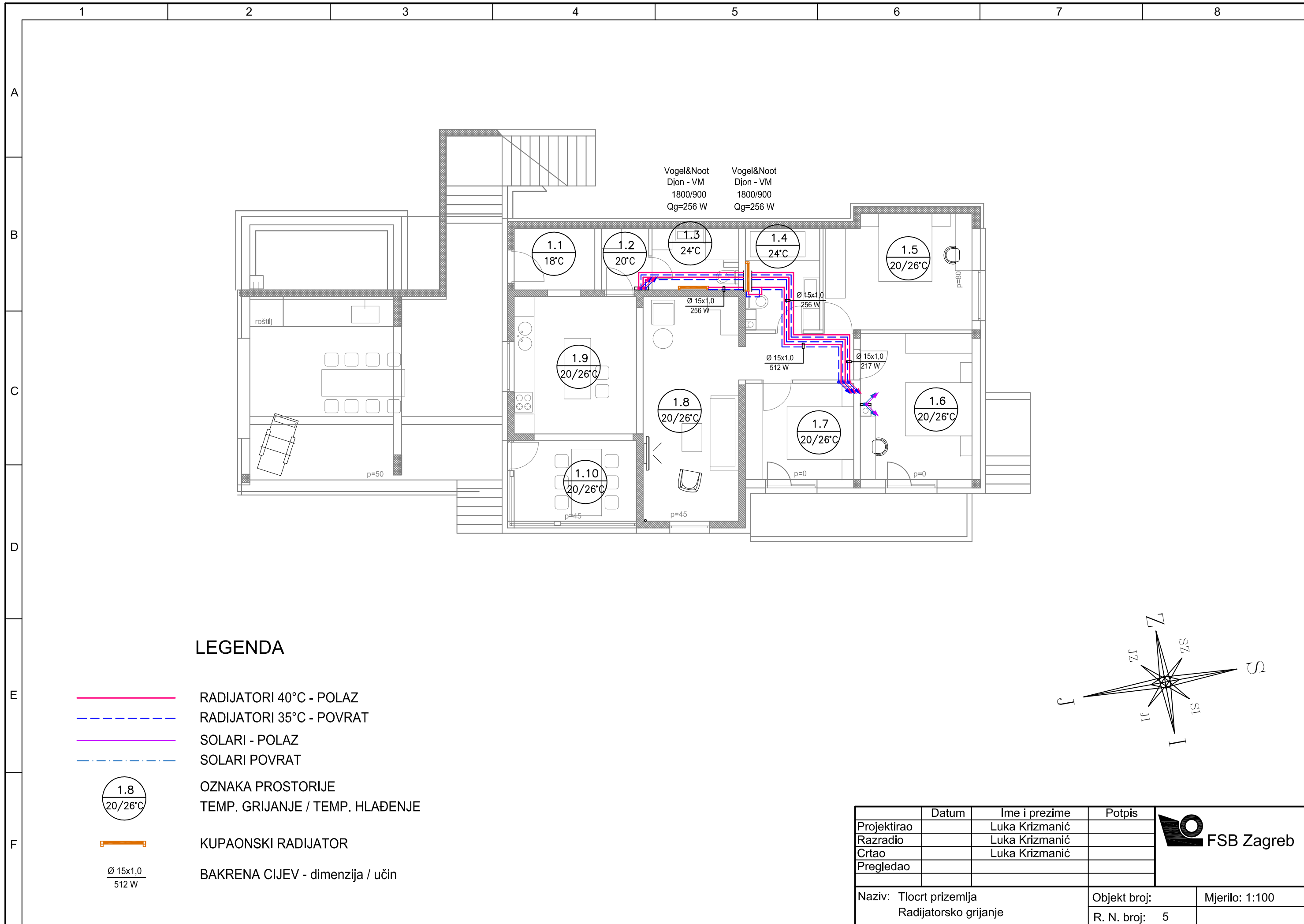
LEGENDA

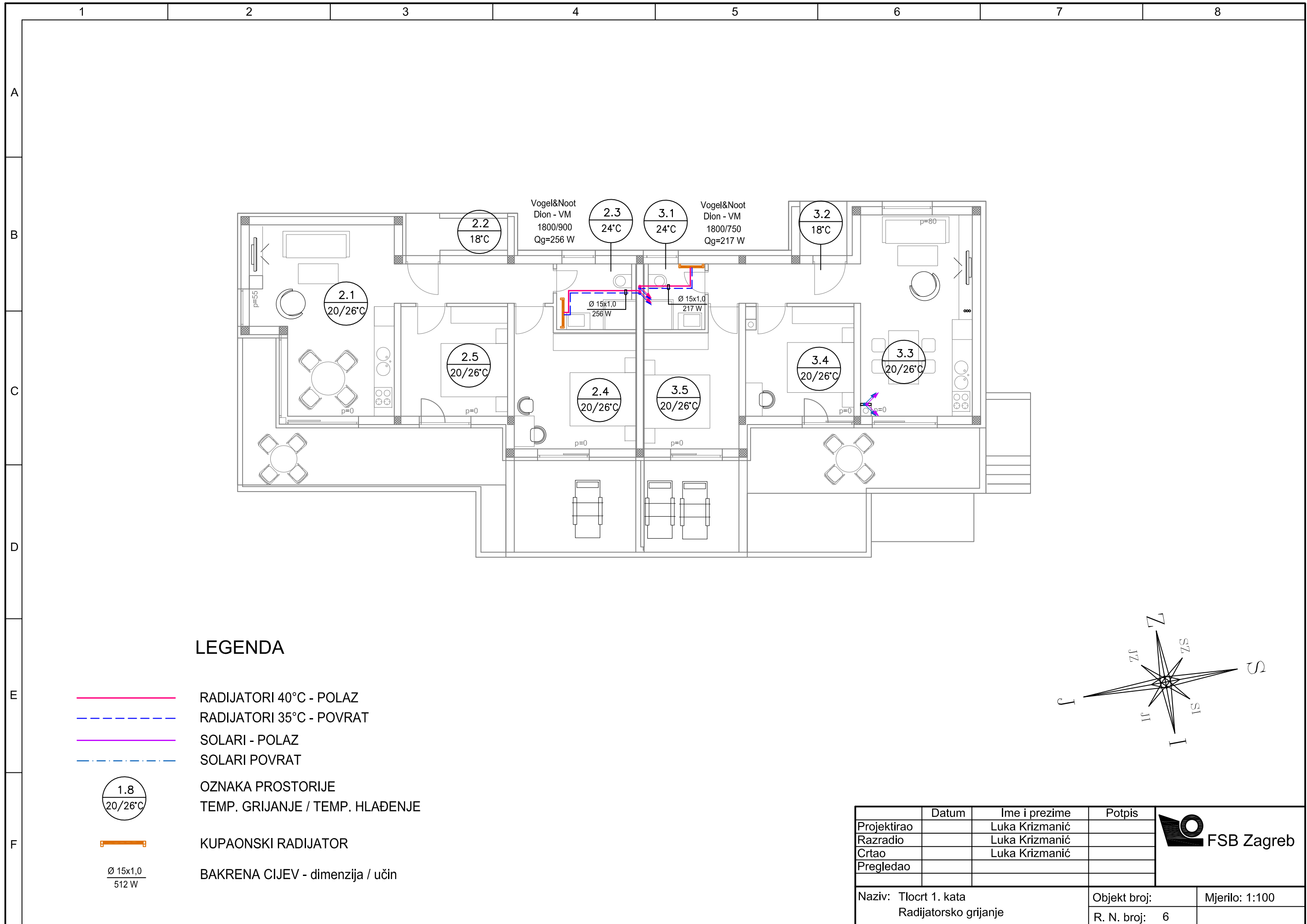
- RADIJATORI 40°C - POLAZ
- - - RADIJATORI 35°C - POVRAT
- SOLARI - POLAZ
- - - SOLARI POVRAT
- DIZALICA TOPLINE - VAILLANT AROTHERM VWL 155/2
- SPREMNIK PTV-a - VAILLANT uniSTOR VIH SW 500
- MEĐUSPREMNIK - VAILLANT VWZ MPS 40



| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|--|-------|----------------|----------------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | | |
| Naziv: Tlocrt podruma Radijatorsko grijanje | | Objekt broj: | Mjerilo: 1:100 |
| | | R. N. broj: 4 | |

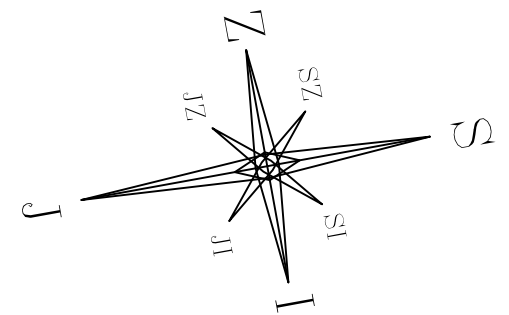




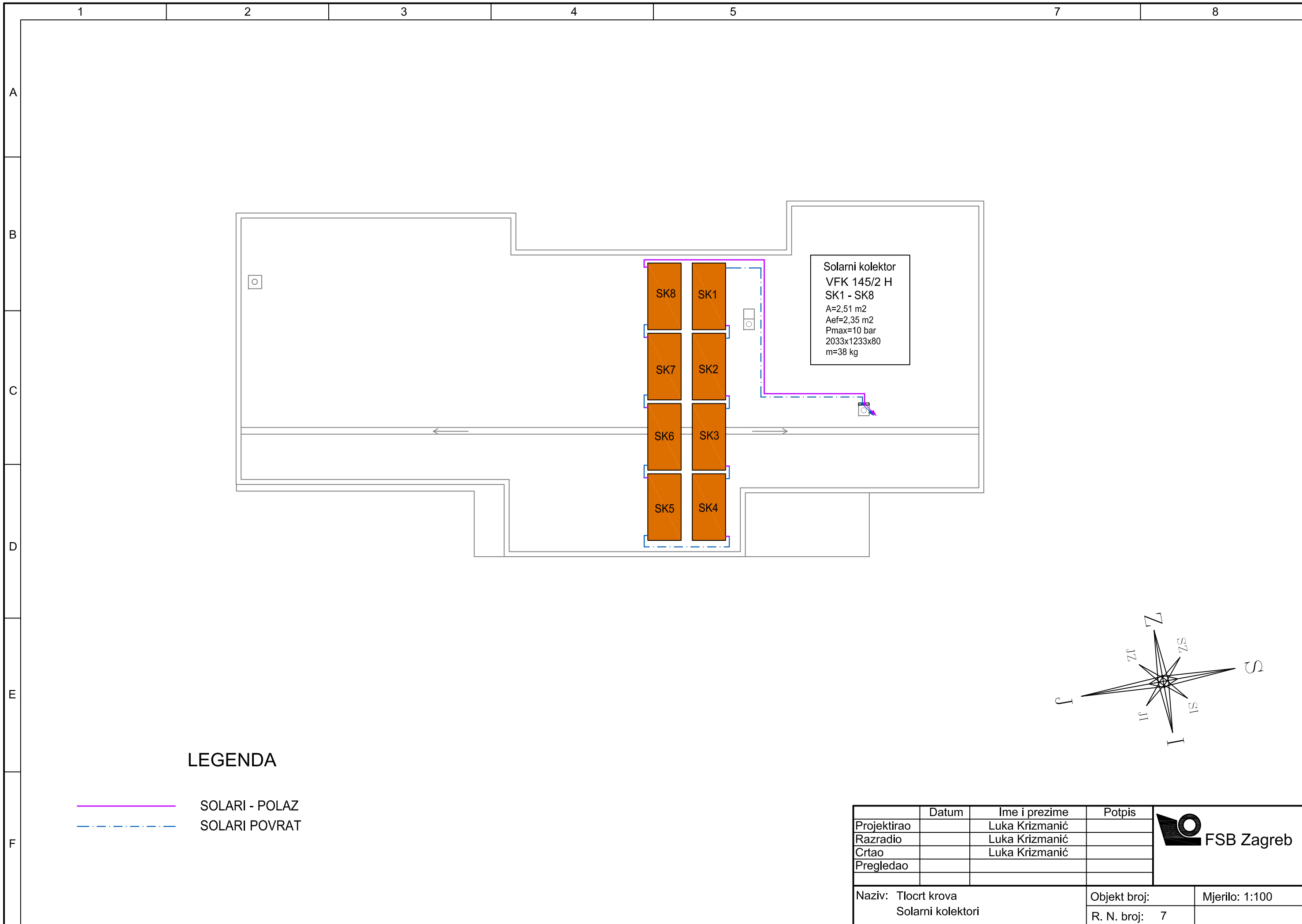


LEGENDA

- RADIJATORI 40°C - POLAZ
- - - RADIJATORI 35°C - POVRAT
- SOLARI - POLAZ
- - - SOLARI POVRAT
- 1.8
20/26°C OZNAKA PROSTORIJE
TEMP. GRIJANJE / TEMP. HLAĐENJE
- KUPAONSKI RADIJATOR
- Ø 15x1,0
512 W BAKRENA CIJEV - dimenzija / učin



| | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
|--|-------|----------------|-------------------------------|----------------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | | |
| Pregledao | | | | |
| Naziv: Tlocrt 1. kata Radijatorsko grijanje | | | Objekt broj: R. N. broj: 6 | Mjerilo: 1:100 |



Solarni kolektor
 VFK 145/2 H
 SK1 - SK8
 A=2,51 m²
 Aef=2,35 m²
 Pmax=10 bar
 2033x1233x80
 m=38 kg

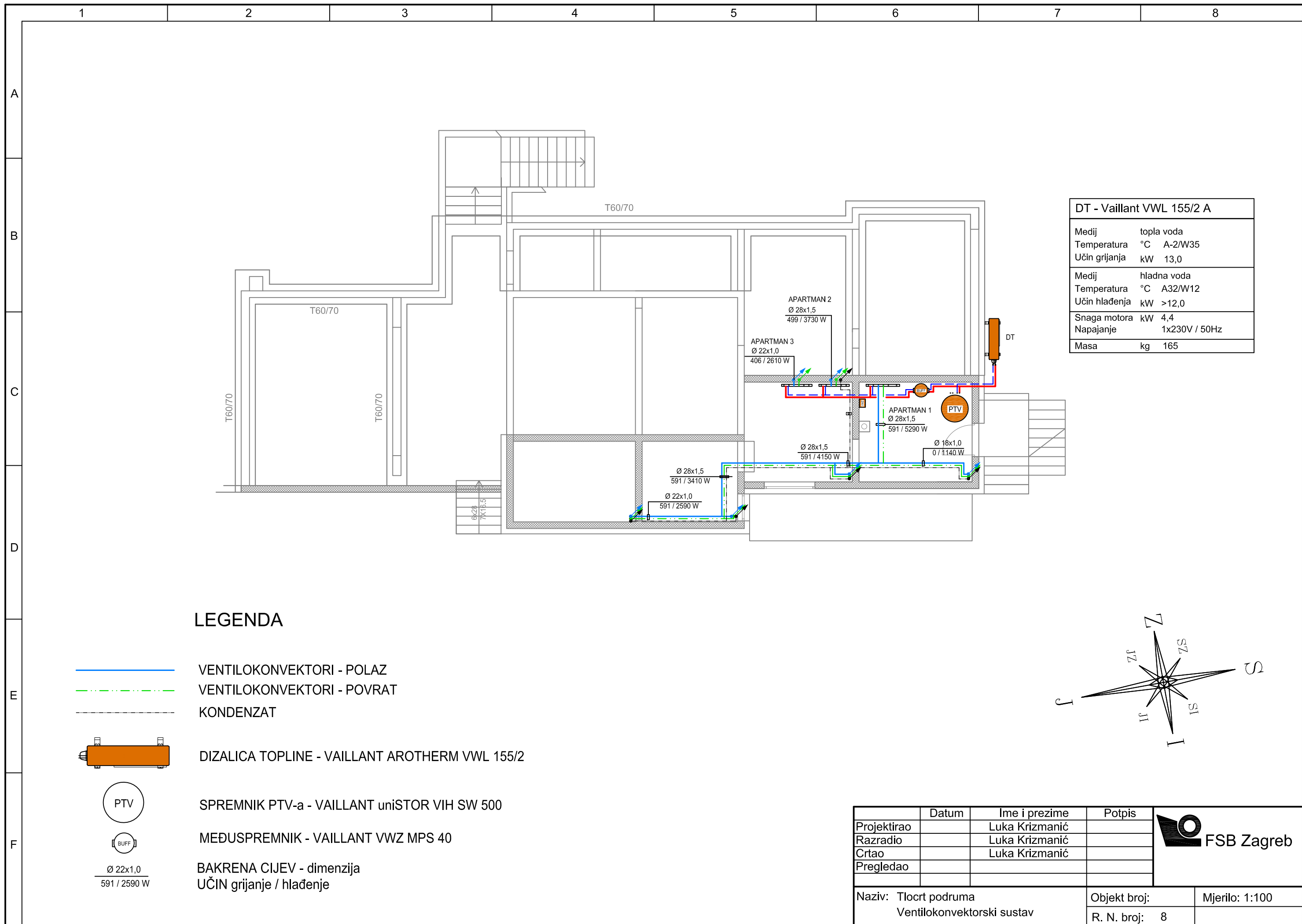
LEGENDA

- SOLARI - POLAZ
- - - SOLARI POVRAT

| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|-------------|-------|----------------|--------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | | |



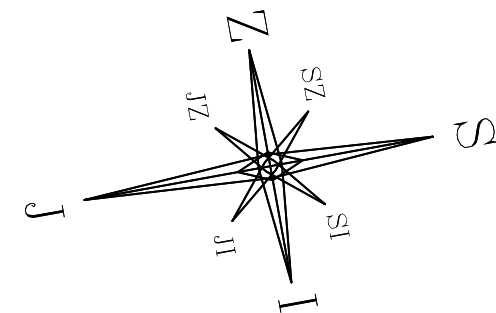
| | | |
|--|---------------|----------------|
| Naziv: Tlocrt krova Solarni kolektori | Objekt broj: | Mjerilo: 1:100 |
| | R. N. broj: 7 | |



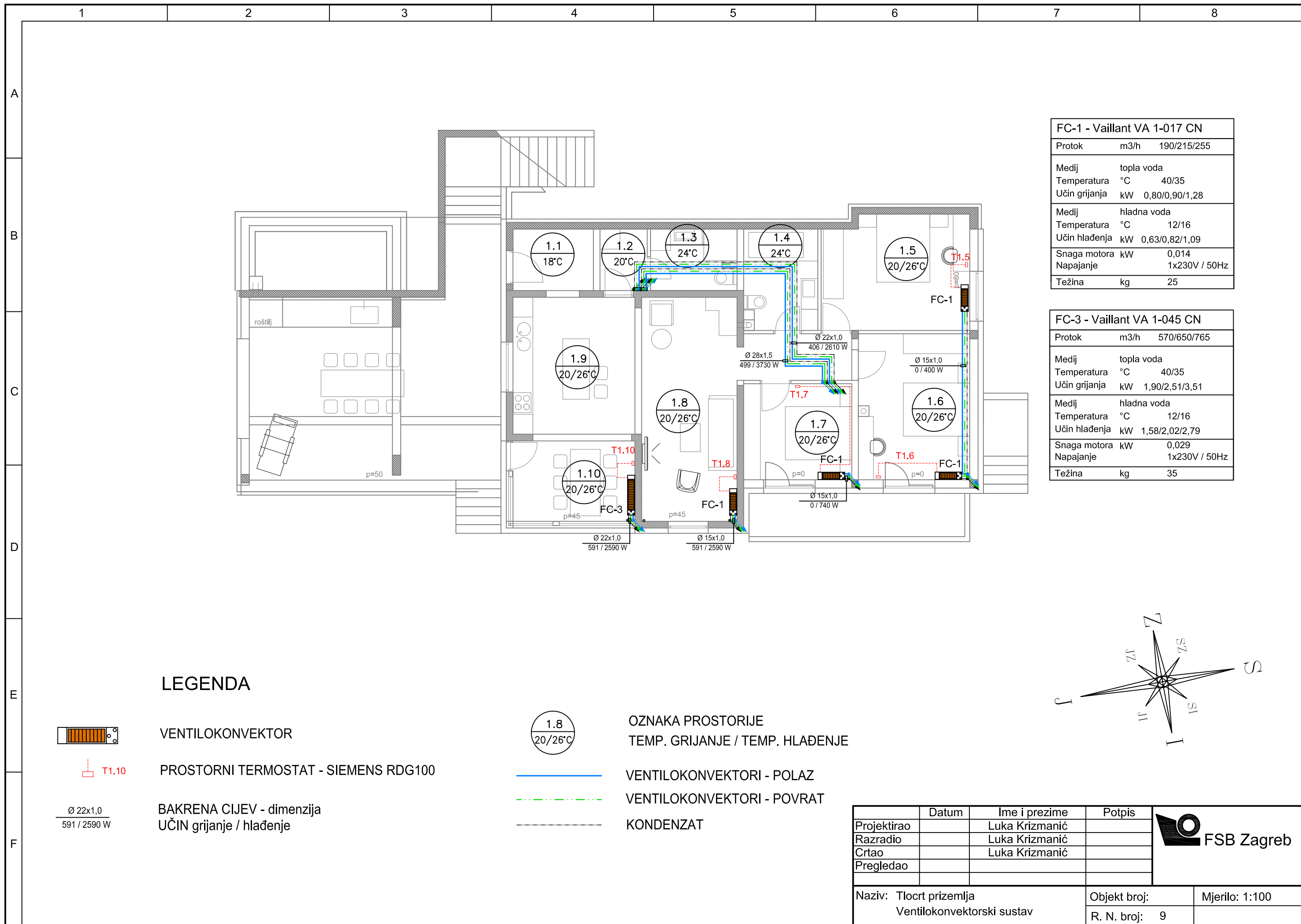
| | |
|----------------------------------|---------------|
| DT - Vaillant VWL 155/2 A | |
| Medij | topla voda |
| Temperatura °C | A-2/W35 |
| Učin grijanja | kW 13,0 |
| Medij | hladna voda |
| Temperatura °C | A32/W12 |
| Učin hlađenja | kW >12,0 |
| Snaga motora | kW 4,4 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz |
| Masa | kg 165 |

LEGENDA

- VENTILOKONVEKTORI - POLAZ
- VENTILOKONVEKTORI - POVRAT
- KONDENZAT
- DIZALICA TOPLINE - VAILLANT AROTHERM VWL 155/2
- SPREMIK PTV-a - VAILLANT uniSTOR VIH SW 500
- MEĐUSPREMIK - VAILLANT VWZ MPS 40
- BAKRENA CIJEV - dimenzija
UČIN grijanje / hlađenje



| | | | | |
|---|-------|----------------|---------------|----------------|
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| Projektirao | | Luka Krizmanić | | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | | |
| Pregledao | | | | |
| Naziv: Tlocrt podruma Ventilokonvektorski sustav | | | Objekt broj: | Mjerilo: 1:100 |
| | | | R. N. broj: 8 | |



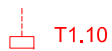
| FC-1 - Vaillant VA 1-017 CN | | |
|-----------------------------|---------------|----------------|
| Protok | m3/h | 190/215/255 |
| Medij | topla voda | |
| Temperatura | °C | 40/35 |
| Učin grijanja | kW | 0,80/0,90/1,28 |
| Medij | hladna voda | |
| Temperatura | °C | 12/16 |
| Učin hlađenja | kW | 0,63/0,82/1,09 |
| Snaga motora | kW | 0,014 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz | |
| Težina | kg | 25 |

| FC-3 - Vaillant VA 1-045 CN | | |
|-----------------------------|---------------|----------------|
| Protok | m3/h | 570/650/765 |
| Medij | topla voda | |
| Temperatura | °C | 40/35 |
| Učin grijanja | kW | 1,90/2,51/3,51 |
| Medij | hladna voda | |
| Temperatura | °C | 12/16 |
| Učin hlađenja | kW | 1,58/2,02/2,79 |
| Snaga motora | kW | 0,029 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz | |
| Težina | kg | 35 |

LEGENDA



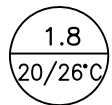
VENTILOKONVEKTOR



PROSTORNI TERMOSTAT - SIEMENS RDG100

Ø 22x1,0
591 / 2590 W

BAKRENA CIJEV - dimenzija
UČIN grijanje / hlađenje



OZNAKA PROSTORIJE
TEMP. GRIJANJE / TEMP. HLAĐENJE



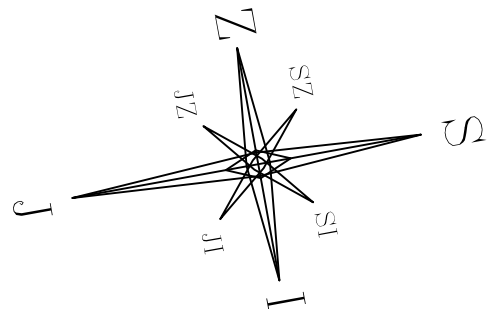
VENTILOKONVEKTORI - POLAZ



VENTILOKONVEKTORI - POV RAT



KONDENZAT



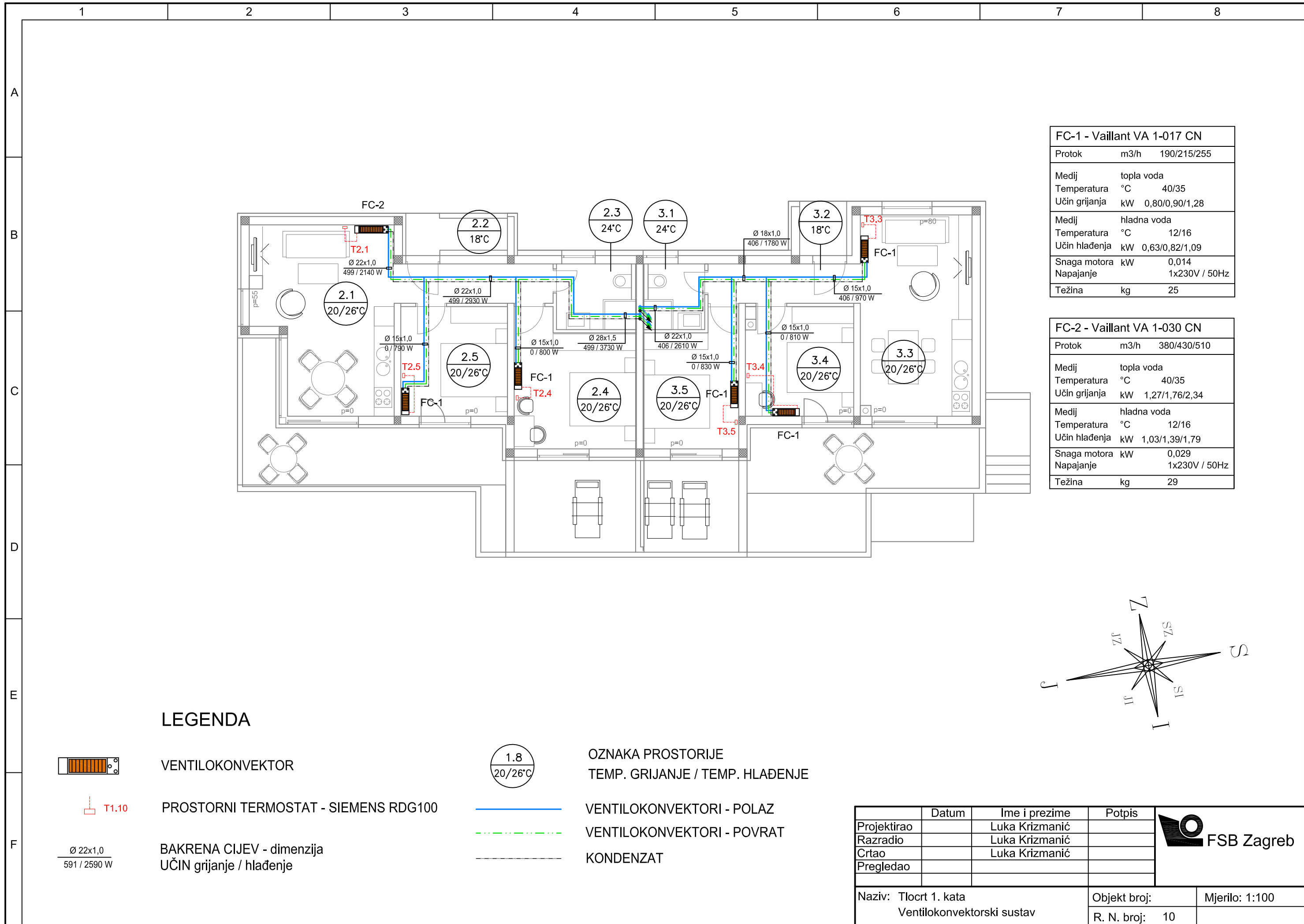
| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|-------------|-------|----------------|--------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | | |



Naziv: Tlocrt prizemlja
Ventilokonvektorski sustav

Objekt broj:
R. N. broj: 9

Mjerilo: 1:100



| FC-1 - Vaillant VA 1-017 CN | |
|-----------------------------|-------------------|
| Protok | m3/h 190/215/255 |
| Medij | topla voda |
| Temperatura | °C 40/35 |
| Učin grijanja | kW 0,80/0,90/1,28 |
| Medij | hladna voda |
| Temperatura | °C 12/16 |
| Učin hlađenja | kW 0,63/0,82/1,09 |
| Snaga motora | kW 0,014 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz |
| Težina | kg 25 |

| FC-2 - Vaillant VA 1-030 CN | |
|-----------------------------|-------------------|
| Protok | m3/h 380/430/510 |
| Medij | topla voda |
| Temperatura | °C 40/35 |
| Učin grijanja | kW 1,27/1,76/2,34 |
| Medij | hladna voda |
| Temperatura | °C 12/16 |
| Učin hlađenja | kW 1,03/1,39/1,79 |
| Snaga motora | kW 0,029 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz |
| Težina | kg 29 |

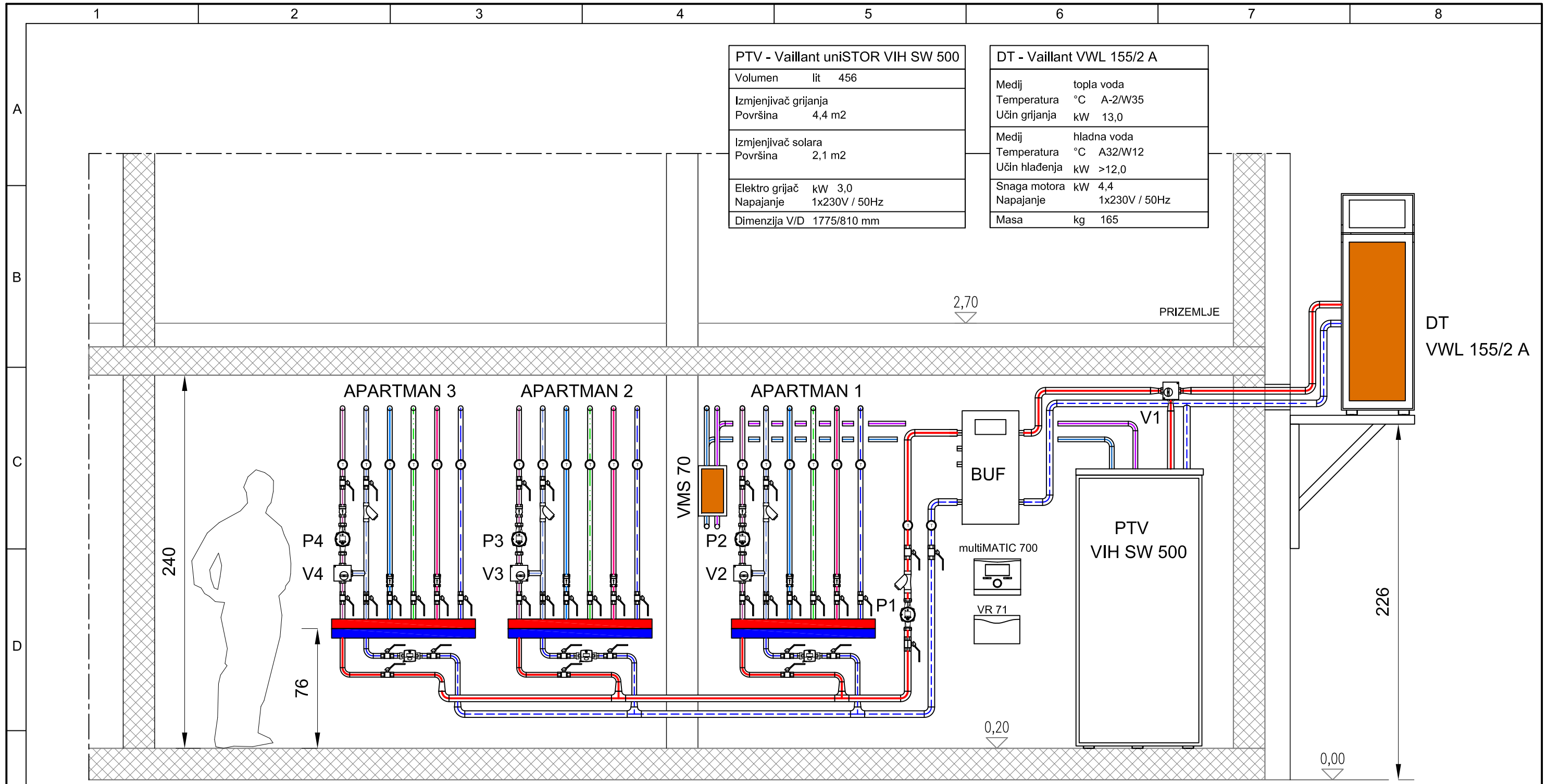
LEGENDA

- VENTILOKONVEKTOR
- PROSTORNI TERMOSTAT - SIEMENS RDG100
- BAKRENA CIJEV - dimenzija 591 / 2590 W
- OZNAKA PROSTORIJE
- TEMP. GRIJANJE / TEMP. HLAĐENJE
- VENTILOKONVEKTORI - POLAZ
- VENTILOKONVEKTORI - POVRAT
- KONDENZAT

| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|-------------|-------|----------------|--------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | | |

FSB Zagreb

| | | |
|---|----------------|----------------|
| Naziv: Tlocrt 1. kata Ventilokonvektorski sustav | Objekt broj: | Mjerilo: 1:100 |
| | R. N. broj: 10 | |



| | |
|--|-----------------------------|
| PTV - Vaillant uniSTOR VIH SW 500 | |
| Volumen | lit 456 |
| Izmjenjivač grijanja | Površina 4,4 m ² |
| Izmjenjivač solara | Površina 2,1 m ² |
| Elektro grijač | kW 3,0 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz |
| Dimenzija V/D | 1775/810 mm |

| | |
|----------------------------------|---------------|
| DT - Vaillant VWL 155/2 A | |
| Medij | topla voda |
| Temperatura | °C A-2/W35 |
| Učin grijanja | kW 13,0 |
| Medij | hladna voda |
| Temperatura | °C A32/W12 |
| Učin hlađenja | kW >12,0 |
| Snaga motora | kW 4,4 |
| Napajanje | 1x230V / 50Hz |
| Masa | kg 165 |

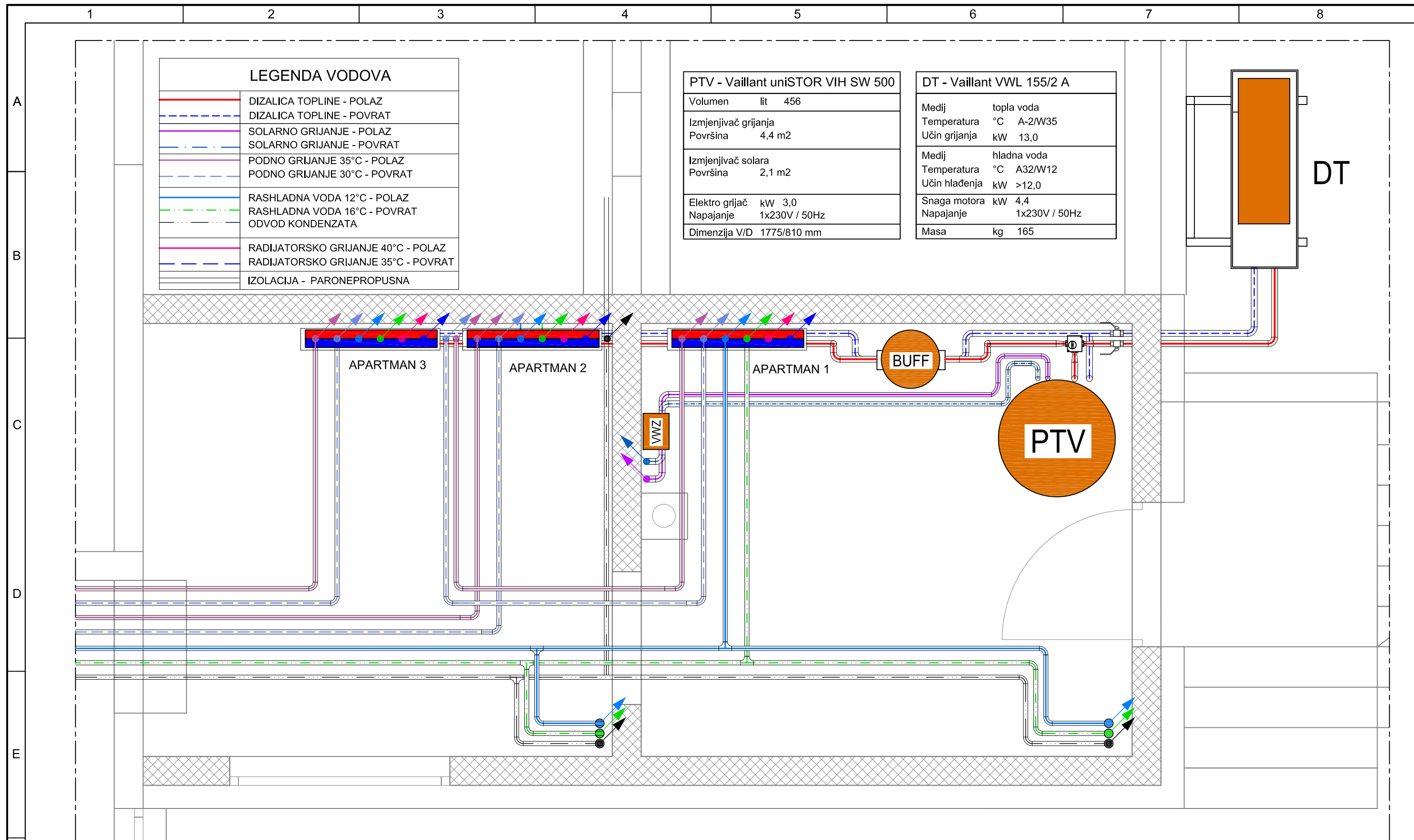
LEGENDA VODOVA

| | |
|--|-------------------------------------|
| | DIZALICA TOPLINE - POLAZ |
| | DIZALICA TOPLINE - POVRAT |
| | SOLARNO GRIJANJE - POLAZ |
| | SOLARNO GRIJANJE - POVRAT |
| | PODNO GRIJANJE 35°C - POLAZ |
| | PODNO GRIJANJE 30°C - POVRAT |
| | RASHLADNA VODA 12°C - POLAZ |
| | RASHLADNA VODA 16°C - POVRAT |
| | ODVOD KONDENZATA |
| | RADIJATORSKO GRIJANJE 40°C - POLAZ |
| | RADIJATORSKO GRIJANJE 35°C - POVRAT |
| | ELEKTRIČNE INSTALACIJE I AUTOMATIKA |

| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|-------------|-------|----------------|--------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | | |



| | | |
|---|--------------------------------|---------------|
| Naziv: Podrum - Strojarnica Dispozicija opreme | Objekt broj: R. N. broj: 11 | Mjerilo: 1:25 |
|---|--------------------------------|---------------|



LEGENDA VODOVA

| | |
|--|-------------------------------------|
| | DIZALICA TOPLINE - POLAZ |
| | DIZALICA TOPLINE - POVRAT |
| | SOLARNO GRIJANJE - POLAZ |
| | SOLARNO GRIJANJE - POVRAT |
| | PODNO GRIJANJE 35°C - POLAZ |
| | PODNO GRIJANJE 30°C - POVRAT |
| | RASHLADNA VODA 12°C - POLAZ |
| | RASHLADNA VODA 16°C - POVRAT |
| | ODVOD KONDENZATA |
| | RADIJATORSKO GRIJANJE 40°C - POLAZ |
| | RADIJATORSKO GRIJANJE 35°C - POVRAT |
| | IZOLACIJA - PARONEPROPUSNA |

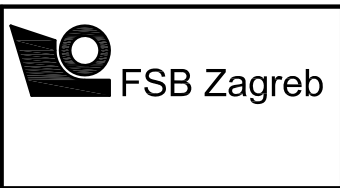
PTV - Vaillant uniSTOR VIH SW 500

| | | |
|----------------------|----------------|---------------|
| Volumen | lit | 456 |
| Izmjenjivač grijanja | | |
| Površina | m ² | 4,4 |
| Izmjenjivač solara | | |
| Površina | m ² | 2,1 |
| Elektro grijač | kW | 3,0 |
| Napajanje | | 1x230V / 50Hz |
| Dimenzija V/D | | 1775/810 mm |

DT - Vaillant VWL 155/2 A

| | | |
|---------------|----|---------------|
| Medij | | topla voda |
| Temperatura | °C | A-2/W35 |
| Učin grijanja | kW | 13,0 |
| Medij | | hladna voda |
| Temperatura | °C | A32/W12 |
| Učin hlađenja | kW | >12,0 |
| Snaga motora | kW | 4,4 |
| Napajanje | | 1x230V / 50Hz |
| Masa | kg | 165 |

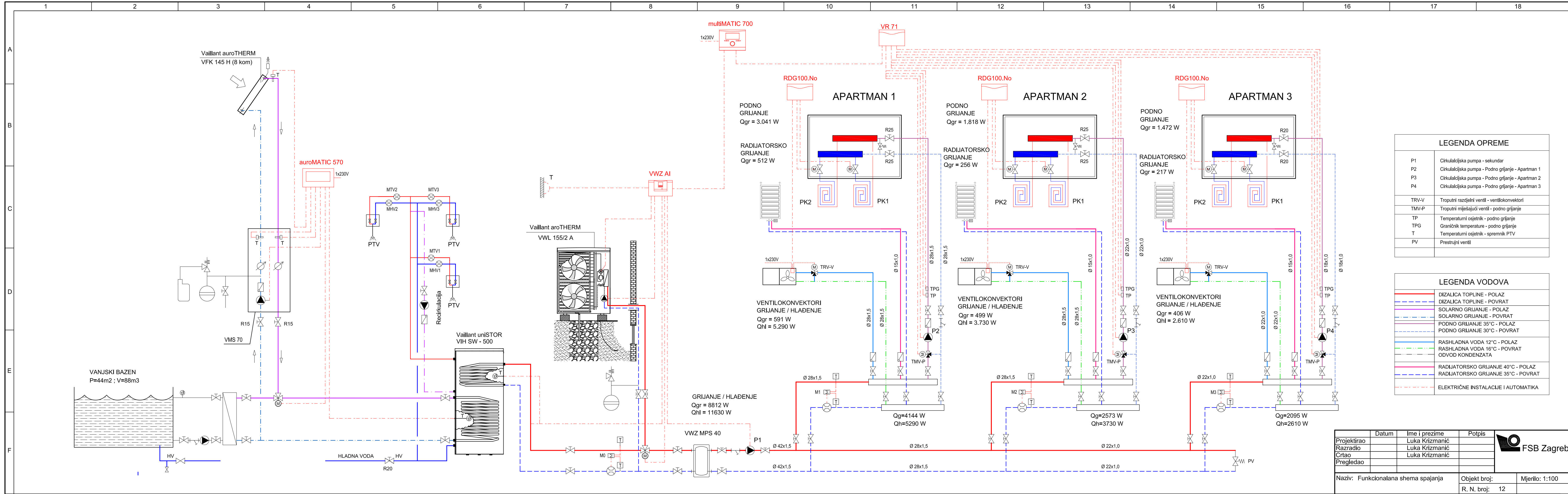
| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|-------------|-------|----------------|--------|
| Projektirao | | Luka Krizmanić | |
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | | |



Naziv: Podrum - Tlocrt strojarnice
Dispozicija opreme

Objekt broj: _____
R. N. broj: 11a

Mjerilo: 1:25



| LEGENDA OPREME | |
|----------------|---|
| P1 | Cirkulacijska pumpa - sekundar |
| P2 | Cirkulacijska pumpa - Podno grijanje - Apartman 1 |
| P3 | Cirkulacijska pumpa - Podno grijanje - Apartman 2 |
| P4 | Cirkulacijska pumpa - Podno grijanje - Apartman 3 |
| TRV-V | Troputni razdjelni ventil - ventilo-konvektori |
| TMV-P | Troputni miješajući ventil - podno grijanje |
| TP | Temperaturni osjetnik - podno grijanje |
| TPG | Graničnik temperature - podno grijanje |
| T | Temperaturni osjetnik - spremnik PTV |
| PV | Prestrujni ventil |

| LEGENDA VODOVA | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| (Red solid line) | DIZALICA TOPLINE - POLAZ |
| (Red dashed line) | DIZALICA TOPLINE - POVRAT |
| (Blue solid line) | SOLARNO GRIJANJE - POLAZ |
| (Blue dashed line) | SOLARNO GRIJANJE - POVRAT |
| (Green solid line) | PODNO GRIJANJE 35°C - POLAZ |
| (Green dashed line) | PODNO GRIJANJE 30°C - POVRAT |
| (Light blue solid line) | RASHLADNA VODA 12°C - POLAZ |
| (Light blue dashed line) | RASHLADNA VODA 16°C - POVRAT |
| (Light blue dotted line) | ODVOD KONDENZATA |
| (Pink solid line) | RADIJATORSKO GRIJANJE 40°C - POLAZ |
| (Pink dashed line) | RADIJATORSKO GRIJANJE 35°C - POVRAT |
| (Red dashed line) | ELEKTRIČNE INSTALACIJE I AUTOMATIKA |

| Projektirao | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|-------------|-------|----------------|--------|
| Razradio | | Luka Krizmanić | |
| Crtao | | Luka Krizmanić | |
| Pregledao | | Luka Krizmanić | |

| | | | |
|------------------------------------|--|----------------|----------------|
| Naziv: Funkcionalna shema spajanja | | Objekt broj: | Mjerilo: 1:100 |
| | | R. N. broj: 12 | |

