

# Projekt grijanja stambene zgrade s dizalicom topline

---

Obućina, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

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:235:702778>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-10**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Matej Obućina

Zagreb, 2014.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor: Prof. Dr. Sc. Igor Balen

Matej Obućina

Zagreb, 2014.

## IZJAVA

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

Zahvaljujem se svome mentoru prof. dr. sc. Igoru Balenu, gospodinu Borisu Topličanecu iz tvrtke Vaillant, te gospodinu Velimiru Nastasiću iz tvrtke Danfoss na stručnim savjetima te podršci prilikom izrade rada.

Matej Obućina



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje
Datum 17-09-2014 Prilog
Klasa: 602-04/14-62
Ur.broj: 15-9703-14-393

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **MATEJ OBUĆINA** Mat. br.: 1191216082

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PROJEKT GRIJANJA STAMBENE ZGRADE S DIZALICOM TOPLINE**

Naslov rada na engleskom jeziku: **DESIGN OF HEATING SYSTEM WITH HEAT PUMP FOR RESIDENTIAL BUILDING**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati sustav grijanja za potrebe stambene zgrade s tri stana površine 400 m<sup>2</sup> na četiri etaže (Po+Pr+1K+Pk), prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Rad uključuje proračun potrebne toplinske energije za grijanje tijekom jedne godine uz određivanje energetskog razreda zgrade prema Pravilniku o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada (NN 81/12).

Za potrebe grijanja treba predvidjeti niskotemperaturni sustav s dizalicom topline i s podnim/zidnim grijanjem temperaturnog režima 40/30 °C.

Potrebno je riješiti pripremu potrošne tople vode u izvedbi akumulacijskog sustava, pri čemu treba koristiti instalaciju sa sunčevim kolektorima. Zgrada se nalazi na području grada Zagreba.

Na raspolaganju su energetske izvori:

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

Rad treba sadržavati:


- analizu sustava grijanja s dizalicama topline za stambene zgrade s osnovnim shemama
- toplinsku bilancu za zimsko razdoblje
- godišnju toplinsku bilancu za grijanje
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme
- tehnički opis sustava
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu automatske regulacije za potpuno automatski rad postrojenja
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

11. studenog 2013.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

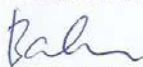
Rok predaje rada:

1. rok: 21. veljače 2014.
2. rok: 12. rujna 2014.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 3., 4. i 5. ožujka 2014.
2. rok: 22., 23. i 24. rujna 2014.

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

## Sadržaj:

POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	V
SAŽETAK.....	VI
<b>1. SUSTAVI GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 TOPLINSKA UGODNOST .....	1
1.2 TOPLINSKI GUBICI.....	2
1.3 PODJELA SUSTAVA GRIJANJA.....	4
1.4 OGRJEVNA TIJELA .....	4
1.5 IZVORI TOPLINE.....	6
1.6 SUSTAVI ZAGRIJAVANJA POTROŠNE TOPLE VODE .....	8
<b>2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE.....</b>	<b>10</b>
2.1 PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA.....	10
2.2 PRORAČUN GODIŠNJE POTROŠNJE ENERGIJE ZA GRIJANJE .....	12
2.2.1 PRORAČUN GODIŠNJE POTREBNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE METODOM STUPANJ-DAN .....	12
2.2.2 PRORAČUN GODIŠNJE POTREBNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE $Q_{h,nd}$ PREMA HRN EN ISO 13790 .....	13
2.2.2.1 Pregled osnovnih formula algoritma .....	14
2.2.2.2 Rezultati proračuna.....	17
<b>3. DIMENZIONIRANJE POVRŠINSKOG GRIJANJA.....</b>	<b>19</b>
3.1 PODNO GRIJANJE .....	19
3.2 ZIDNO GRIJANJE .....	20
3.3 REZULTATI PRORAČUNA POVRŠINSKOG GRIJANJA.....	21
<b>4. ODABIR DIZALICE TOPLINE I DIMENZIONIRANJE VODORAVNOG KOLEKTORSKOG POLJA .....</b>	<b>26</b>

5. DIMENZIONIRANJE SOLARNIH KOLEKTORA I SPREMNIKA PTV-a.....	31
6. DIMENZIONIRANJE I ODABIR KOMPONENATA SUSTAVA .....	38
6.1 MEĐUSPREMNIK .....	38
6.2 DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA PRIMARNOG KRUGA GRIJANJA .....	39
6.3 DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA SEKUDARNOG KRUGA GRIJANJA .....	39
6.4 DIMENZIONIRANJE RECIRKULACIJSKE PUMPE PTV-a.....	40
6.5 DIMENZIONIRANJE CJEVOVODA SOLARNOG KRUGA .....	41
6.6 DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE KRUGA GRIJANJA .....	44
6.7 DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE SOLARNOG SUSTAVA.....	45
7. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA .....	46
7.1 GRIJANJE.....	46
7.2 POTROŠNA TOPLA VODA .....	48
7.3 REGULACIJA .....	49
ZAKLJUČAK .....	51
LITERATURA.....	52
PRILOZI.....	54
Prilog 1 - Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831 .....	55
Prilog 2 - Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{h,nd}$ prema HRN EN ISO 13790.....	66
Prilog 3 - Određivanje potrebne površine solarnih kolektora prema HRN EN 15316-4-3 .....	68
Prilog 4 –Tehnički nacrti.....	70

## POPIS SLIKA

- Slika 1.1 Odnos PMV i PPD indeksa
- Slika 1.2 Površinsko grijanje ili hlađenje
- Slika 1.3 Princip rad dizalice topline
- Slika 1.4 Razdioba godišnje temperature zemlje za različite dubine
- Slika 1.5 Solarno zagrijavanje PTV-a uz podršku dodatnog izvora topline
- Slika 2.1 Pregled mjesečnih toplinskih gubitaka
- Slika 2.2 Pregled mjesečnih toplinskih dobitaka
- Slika 2.3 Pregled potrebne mjesečne toplinske energije za grijanje
- Slika 3.1 Tecto ploča za pozicioniranje
- Slika 3.2 Ugradnja registra u žbuku
- Slika 3.3 Razdjelnik i sabirnik "FHF"
- Slika 3.4 Podžbukni ormarić "UHF 2"
- Slika 4.1 "geoTHERM VWS 171/2"
- Slika 4.2 Kompenzacijska posuda
- Slika 4.3 Vodoravno kolektorsko polje
- Slika 5.1 Preporučena potrošnja tople vode
- Slika 5.2 Mjesečni faktori solarne pokrivenosti
- Slika 5.3 Razmaci potrebni za montažu kolektora na ravni krov
- Slika 5.4 Pribor za montažu kolektora
- Slika 6.1 Međuspremnik "VPS 300"
- Slika 6.2 Sekundarna pumpa grijanja "UPS 40-60/4 F"
- Slika 6.3 Recirkulacijska pumpa "UP 15-14 BU"
- Slika.6.4 Serijski spoj kolektora
- Slika 6.5 Pad tlaka u bakrenoj cijevi 60 % voda 40 % glikol



- Slika 6.6 Solarna stanica "S2 Solar 3"
- Slika 6.7 Ekspanzijska posuda kruga grijanja
- Slika 6.8 Ekspanzijska posuda solarnog kruga

## POPIS TABLICA

- Tablica 1. Minimalni broj izmjena zraka po satu
- Tablica 2. Faktor smanjenja temperaturne razlike
- Tablica 3. Korekcijski faktori
- Tablica 4. Unutarnje projektne temperature za prostorije različite namjene
- Tablica 5. Koeficijenti prolaza topline
- Tablica 6. Pregled toplinskih gubitaka po prostorijama
- Tablica 7. Pregled toplinskih gubitaka po stanovima
- Tablica 8. Ulazni podaci za proračun
- Tablica 9. Proračun podnog grijanja
- Tablica 10. Proračun zidnog grijanja
- Tablica 11. Instalirana snaga površinskog grijanja
- Tablica 12. Tehničke karakteristike dizalice topline "geoTHERM VWS 171/2"
- Tablica 13. Tehnički podaci spremnika "WP SOL 600"
- Tablica 14. Tehnički podaci kolektora "auroTHERM exclusiv VTK 1140/2"
- Tablica 15. Usporedba potrošnji električne energije
- Tablica 16. Tehnički podaci međuspremnika "VPS 300"
- Tablica 17. Pad tlaka primarnog kruga
- Tablica 18. Pad tlaka sekundarnog kruga

## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

- CRTEŽ 1. Funkcionalna shema spajanja i shema automatske regulacije
- CRTEŽ 2. Dispozicija opreme - tlocrt podruma
- CRTEŽ 3. Dispozicija opreme - tlocrt prizemlja
- CRTEŽ 4. Dispozicija opreme - tlocrt kata
- CRTEŽ 5. Dispozicija opreme - tlocrt potkrovlja
- CRTEŽ 6. Dispozicija opreme - tlocrt krova

## SAŽETAK

Predmet završnog rada je projektno rješenje sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode stambene zgrade na području Grada Zagreba prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Zgrada se sastoji od 4 etaže te se u njoj nalaze 3 stana ukupne korisne površine 216,55 m<sup>2</sup>. Smještanje opreme predviđeno je u negrijanom podrumu.

Sustav grijanja izveden je kao centralni toplovodni sa prisilnom cirkulacijom temperaturnog režima 40/30°C. Kao ogrjevna tijela koriste se podno i zidno grijanje. Podno i zidno grijanje dimenzionirani su prema dijagramima proizvođača na temelju prethodno određenih toplinskih gubitaka svake prostorije. Proračun toplinskih gubitaka proveden je prema normi HRN EN 12831. Izvor topline u sustavu grijanja je dizalica topline tlo/voda sa vodoravnim kolektorskim poljem smještenim u tlu.

Za pripremu potrošne tople vode koristi se akumulacijski sustav sa bivalentnim spremnikom koji se zagrijava solarnim kolektorima, uz podršku dizalice topline i električnog grijača. Kolektorsko polje sastoji se od sedam serijski spojenih vakuumskih kolektora ukupne površine 14 m<sup>2</sup> smještenih na krovu te orijentiranih prema jugu uz cjelogodišnji nagib od 30°.

Sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode u potpunosti je opremljen sa svom potrebnom armaturom i regulacijskim elementima za potpuno automatski rad.

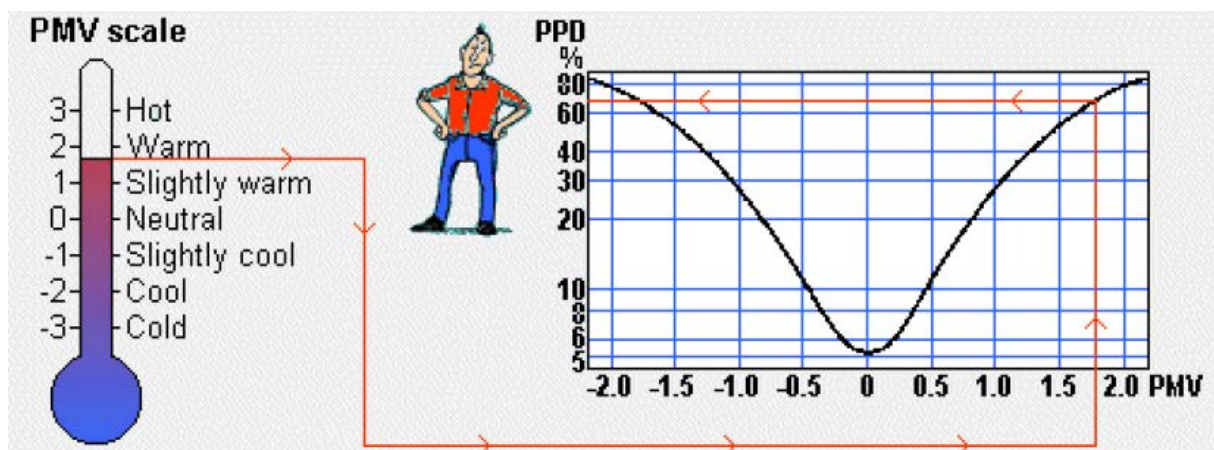
U radu je također izračunata i godišnja potrebna energija za grijanje na temelju kojeg je određen energetska razred zgrade prema važećem pravilniku te je prema njemu zgrada svrstana u energetska razred B.

Uz rad je priložena i tehnička dokumentacija koja se sastoji od nacрта na kojima je definiran smještaj opreme po etažama te je priložena i funkcionalna shema spajanja opreme te shema automatske regulacije.

# 1. SUSTAVI GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA

## 1.1 TOPLINSKA UGODNOST

Prema ISO 7730 toplinska ugodnost se definira kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. Zadatak sustava grijanja jest taj da se u zoni boravka ljudi osigura postizanje i održavanje parametara toplinske ugodnosti u granicama koje odgovaraju najvećem broju osoba. Zona boravka je dio prostorije koji se prostire od 0,1 do 1,8 m po visini prostorije, udaljena 1 m od vanjskog te 0,5 m od unutarnjih zidova. Osnovni parametri toplinske ugodnosti su temperatura zraka u prostoriji, temperature ploha prostorije, vlažnost zraka, strujanje zraka, razina odjevenosti te razina fizičke aktivnosti. Postoje još neki parametri toplinske ugodnosti ali na njih sustav grijanja ne utječe. Toplinska ugodnost je rezultat međusobne interakcije svih navedenih parametara. Pri promjeni jedne veličine, razinu ugodnosti je moguće zadržati jedino uz promjenu neke druge veličine. Osjećaj ugodnosti se vrednuje sa dvije osnovne veličine. To su PMV (predicted mean vote) i PPD (predicted percentage of dissatisfied). PMV predviđa subjektivno ocjenjivanje ugodnosti boravka u okolišu od strane grupe ljudi, dok PPD predviđa postotak nezadovoljnih osoba. Prema ISO 7730 PMV indeks bi se trebao nalaziti u rasponu od -0,5 do 0,5, a PPD indeks bi trebao biti manji ili jednak od 10%.



Slika 1.1 Odnos PMV i PPD indeksa

## 1.2 TOPLINSKI GUBICI

Kako bi se sustav grijanja stambene zgrade mogao ispravno dimenzionirati potrebno je proračunati toplinske gubitke zgrade. Proračun se provodi prema Europskoj normi HRN EN 12831. Norma 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 objekta. Vanjska projektna temperatura predstavlja najnižu vanjsku temperaturu u zadnjih 20-30 godina u obliku dnevne, dvodnevne ili peterodnevne srednje vrijednosti.

Projektni toplinski gubici se računaju za svaku grijanu prostoriju te se zatim sumiraju te se dobivaju ukupni toplinski gubici zgrade. Dva osnovna modela izmjene topline su transmisija i ventilacija. Transmisijski gubici se događaju uslijed izmjene topline kroz građevne elemente prema okolnom prostoru niže temperature. Proračun transmisijskih gubitaka podrazumijeva proračun izmjene topline kroz sve građevne elemente prostorije prema vanjskom okolišu, prema susjednim negrijanim prostorijama, prema susjednim prostorijama grijanim na nižu temperaturu te prema tlu. Za određivanje ukupnih transmisijskih gubitaka grijanog prostora koristi se sljedeća formula:

$$\Phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_i - \theta_e) \quad [W]$$

gdje su

- $H_{T,ie}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu (W/K)
- $H_{T,iue}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu (W/K)
- $H_{T,ig}$  - stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu (W/K)
- $H_{T,ij}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom prostoru grijanom na nižu različitu temperaturu (W/K)
- $\theta_i$  - unutarnja projektna temperatura (°C)
- $\theta_e$  - vanjska projektna temperatura (°C)

Za određivanje transmisijskih gubitaka također je potrebno definirati koeficijente prolaza topline. Oni ovise u materijalu od kojeg je pojedini građevni element izrađen te o debljinama

pojedinih slojeva korištenih materijala. Što je koeficijent prolaza topline manji to će biti manja izmjena topline kroz taj građevni element.

Za određivanje ventilacijskih gubitaka, koji se u ovom projektu svode na infiltraciju, potrebno je definirati minimalan broj izmjena zraka za promatranu prostoriju kako bi se mogao izračunati volumenski protok zraka koji prostorija izmjenjuje sa susjednim prostorima. Volumenski protok zraka ovisi brzini i smjeru strujanja vjetra, dimenzijama zazora prozora i vrata te još nekim utjecajnim parametrima. Ventilacijski gubici se računaju prema:

$$\Phi_V = H_{V,i}(\theta_i - \theta_e) = 0,34 \cdot V \quad [W]$$

Minimalan broj izmjena zraka po satu (ACH - air changes per hour) je definiran kao volumen zraka u prostoriji koji se promijeni u jednom satu. Na primjer, vrijednost ACH od 1 bi značila da se u jednom satu uslijed infiltracije promijeni cjelokupni volumen zraka u prostoriji. Vrijednosti su definirane u normi te su dane u tablici 1.

tip prostorije	$n_{\min}$ ( $h^{-1}$ )
<b>prostor za boravak</b>	0,5
<b>kuhinja ili kupaona sa prozorom</b>	1,5

Tablica 1. Minimalni broj izmjena zraka po satu

Za izmjenu topline sa susjednim prostorijama niže ali nepoznate temperature norma definira faktore smanjenja temperaturne razlike navedene u tablici 2. Oni se koriste kako bi se mogli odrediti projektni toplinski gubici grijane prostorije prema vanjskom okolišu kroz susjednu negrijanu prostoriju.

negrijani prostor	$b_u$
<b>stubište sa jednim vanjskim zidom</b>	0,4
<b>podrum sa prozorima</b>	0,8

Tablica 2. Faktor smanjenja temperaturne razlike

Zbroju transmisijskih i ventilacijskih gubitaka potrebno je dodati i toplinski tok potreban za naknadno zagrijavanje prostora zbog prekida grijanja. U slučaju prekida rada sustava grijanja preko noći temperatura prostorije pada. Koliko će ona pasti ovisi o toplinskoj tromosti zgrade. U ovome projektu, zbog dobre izolacije, pretpostavljen je pad temperature od 1 K te su sukladno normi odabrani korekcijski faktor koji se množe sa površinom prostorije te nadodaju

na ukupan potrební toplinski učin potreban za grijanje prostorije. Korekcijski faktori preuzeti iz norme dani su u tablici 3.

vrijeme zagrijavanja h	pretpostavljeni pad temperature K	$f_{RH}$ W/m <sup>2</sup>
2	1	6

Tablica 3. Korekcijski faktori

### 1.3 PODJELA SUSTAVA GRIJANJA

Kao što je već rečeno zadatak sustava grijanja je održavanje parametara toplinske ugodnosti. Na to kakav će se sustav grijanja upotrijebiti u objektu utječu mnogi faktori kao što su vremenski uvjeti na toj geografskoj lokaciji, položaj i svrha korištenja zgrade, vrijeme korištenja zgrade, raspoloživost izvora energije, investicijski i pogonski troškovi, zakoni, norme, propisi, preporuke, utjecaj na okoliš. Sustav grijanja definiran ovim projektom je toplovodni sustav temperaturnog režima 40/30°C. Koristi se centralno grijanje što znači da postoji jedan izvor topline za više grijanih prostora. Kao ogrjevna tijela koriste se panelni grijači a cirkulacija vode kroz sustav grijanja je prisilna uslijed rada primarne i sekundarne pumpe. Izvor topline za grijanje je dizalica topline zemlja/voda smještena u podrumu.

### 1.4 OGRJEVNA TIJELA

Za prenošenje topline sa ogrjevnog medija na zrak u prostoriji koriste se različita ogrjevna tijela. Zahtjevi koje ona moraju ispunjavati su da omoguće ravnomjernu razdiobu temperature u prostoriji, da budu što učinkovitija, male mase, jednostavna za ugradnju, jednostavna za čišćenje i održavanje, postojana na visoku temperaturu, tlak i koroziju, prihvatljivog izgleda i cijene. Položaj ugradnje ogrjevnog tijela ima direktan utjecaj na razdiobu temperaturu po visini prostorije. Ogrjevna tijela se dijele na člankasta ogrjevna tijela, pločasta ogrjevna tijela, konvektore, cijevne grijače i panelne grijače (površinsko grijanje).

Površinska grijanja se od ostalih sustava prvenstveno razlikuju po tome što samo jednu trećinu topline odaju konvekcijom a čak dvije trećine zračenjem. Velika prednost takvih sustav je to što se mogu koristiti niskotemperaturni režimi rada, u ovome slučaju 40/30°C, što omogućuje primjenu niskotemperaturnih kotlova, dizalica topline te solarnih sustava. Također

su estetski prihvatljivija jer ne zauzimaju prostor već su integrirani u konstrukcije podova, zidova i stropova te je puno bolja razdioba temperature po visini prostorije u odnosu na radijatorsko grijanje. Najveći nedostaci ovakvih sustava su viši investicijski troškovi te velika tromost što otežava regulaciju. Ovakvi sustavi se ugrađuju pri gradnji zgrada te je naknadna ugradnja u već postojeće zgrade otežana.



Slika 1.2 Površinsko grijanje ili hlađenje

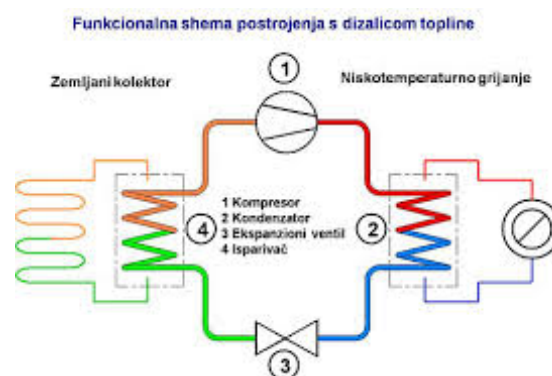
Kako bi se površinsko grijanje moglo primijeniti potrebno je provesti konstrukcijsku prilagodbu ploha na koje se ono ugrađuje te je potrebno dodatno izolirati dijelove površine u koje se grijanje ugrađuje kako bi se smanjili toplinski gubici. Konstrukcijska prilagodba se vrši prema preporukama proizvođača čiji se sustav površinskog grijanja koristi. Također je potrebno poštivanje smjernica o maksimalnim površinskim temperaturama na plohamo koje se griju. Za podno grijanje maksimalna temperatura površine iznosi  $27^{\circ}\text{C}$  u zoni boravka, dok je u rubnim zonama te prostorima sa kratkotrajnim zadržavanjem dopuštena viša temperatura. Za kupaonice maksimalna temperatura površine iznosi  $33^{\circ}\text{C}$  uz unutarnju projektanu temperaturu od  $24^{\circ}\text{C}$ . Kod izvođenja podnog grijanja također treba obratiti pozornost na koje se dijelove površine ono može ugraditi. Podno se grijanje u stambenim prostorijama ugrađuje u cjelokupnu površinu poda dok se kupaonicama i kuhinjama od nje oduzima dio površine na koji se postavljaju kupaonski odnosno kuhinjski elementi. Ista pravila ugradnje vrijede i za zidno grijanje.



## 1.5 IZVORI TOPLINE

Izvori topline u sustavima grijanje služe za opskrbu sustava s odgovarajućom količinom ogrjevnog medija potrebne temperature i tlaka s ciljem zagrijavanja potrošne tople vode te pokrivanja toplinskih gubitaka. Kao izvori topline za grijanje koriste se kotlovi (klasični, niskotemperaturni, kondenzacijski), toplane (direktni i indirektni priključak), električni grijači te sustavi obnovljivih izvora energije (dizalice topline, solarni sustavi, geotermalni izvori).

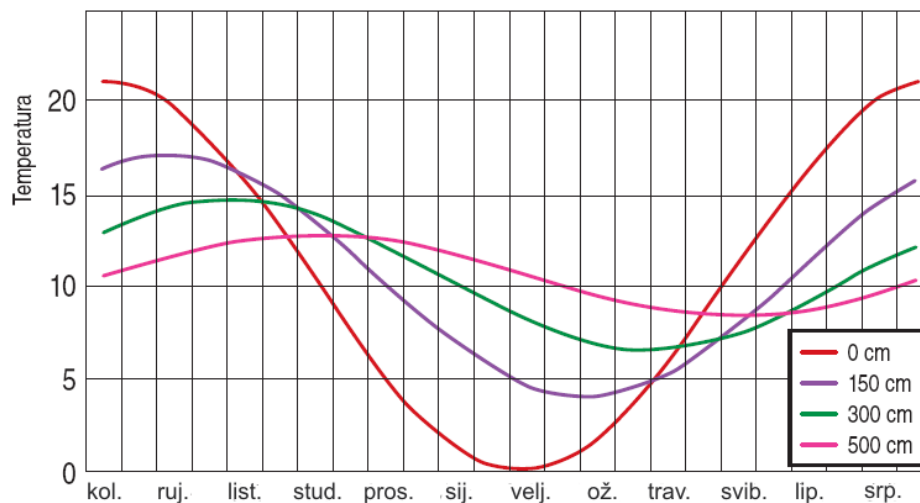
Zbog sve većih cijena fosilnih goriva te sve većom svijesti o zaštiti okoliša obnovljivi izvori energije sve više dobivaju prednost pred konvencionalnim sustavima. Korištenje besplatne energije iz okoliša je temelj obnovljivih sustava. Veću ekspanziju takvih sustava sprječavaju visoki investicijski troškovi te vrlo često dobivanje dozvola za takve sustave. Jedan od najčešće korištenih sustava su sustavi sa dizalicama topline. Dizalice topline su uređaji koji prenose toplinu od izvora niže temperature do ponora na višoj temperaturi. Pritom koriste samo električnu energiju za pogon kompresora dok kao izvor topline koriste besplatnu energiju iz okoliša. Princip rada dizalica topline se temelji na ljevokretnom kružnom procesu. Radna tvar u dizalici topline ulazi u isparivač u tekućem stanju pri niskoj temperaturi i niskom tlaku te tamo isparava preuzimajući na sebe toplinu od toplinskog izvora. Zatim ulazi u kompresor gdje joj se podižu temperatura i tlak te dolazi u pregrijano stanje te takva ulazi u kondenzator gdje predaje toplinu toplinskom ponoru. Iz kondenzatora opet struji u isparivač prolazeći pri tome kroz ekspanzijski ventil gdje joj se snižava tlak a time i temperatura isparavanja. Kao izvori topline za dizalice topline se koriste zrak, voda i tlo.



Slika 1.3 Princip rad dizalice topline (1.kompresor, 2.kondenzator, 3.ekspanzijski ventil, 4. isparivač)

Kod primjena sustava za tlo kao izvorom topline kroz cijevnu mrežu smještenu u tlu struji smjesa glikola i vode koja se zagrijava te zatim u izmjenjivaču predaje toplinu radnoj tvari koja pritom isparava. Glikolna smjesa se koristi zato jer bi pri niskim temperaturama

isparavanja moglo doći do zaleđivanja vode. Dodavanjem glikola koji ima nižu temperaturu ledišta od vode to je izbjegnuto. Ovakvi se sustavi najčešće koriste za niskotemperaturno grijanje te za pripremu PTV-a. Dizalica topline sa zemljom kao toplinskim spremnikom je jedna od najefikasnijih GViK tehnologija. Sa tлом kao izvorom topline moguće je pokriti cjelokupnu potrošnju energije za rad sustava grijanja i pripreme PTV-a. Na dubini od oko 2 metra, temperatura je gotovo konstantna tijekom cijele godine te se kreće u rasponu od 5 do 14°C što je vrlo važno kod odabira izvora topline. Polaganjem cijevi na toj dubini i cirkuliranjem medija kroz cijevi preuzima se toplina okolnog tla. Najveći dio energije tla dolazi dozračivanjem od sunca. Razlika temperatura tla i vanjskog zraka je prihvatljiva tijekom cijele godine što omogućava grijanje zimi kada je zrak hladniji od tla, te hlađenje ljeti kada je zrak topliji od tla. Sustav sa horizontalno ukopanim kolektorima jedan je od najčešće korištenih sustava koji garantira stabilno preuzimanje topline iz zemlje .



Slika 1.4 Razdioba godišnje temperature zemlje za različite dubine

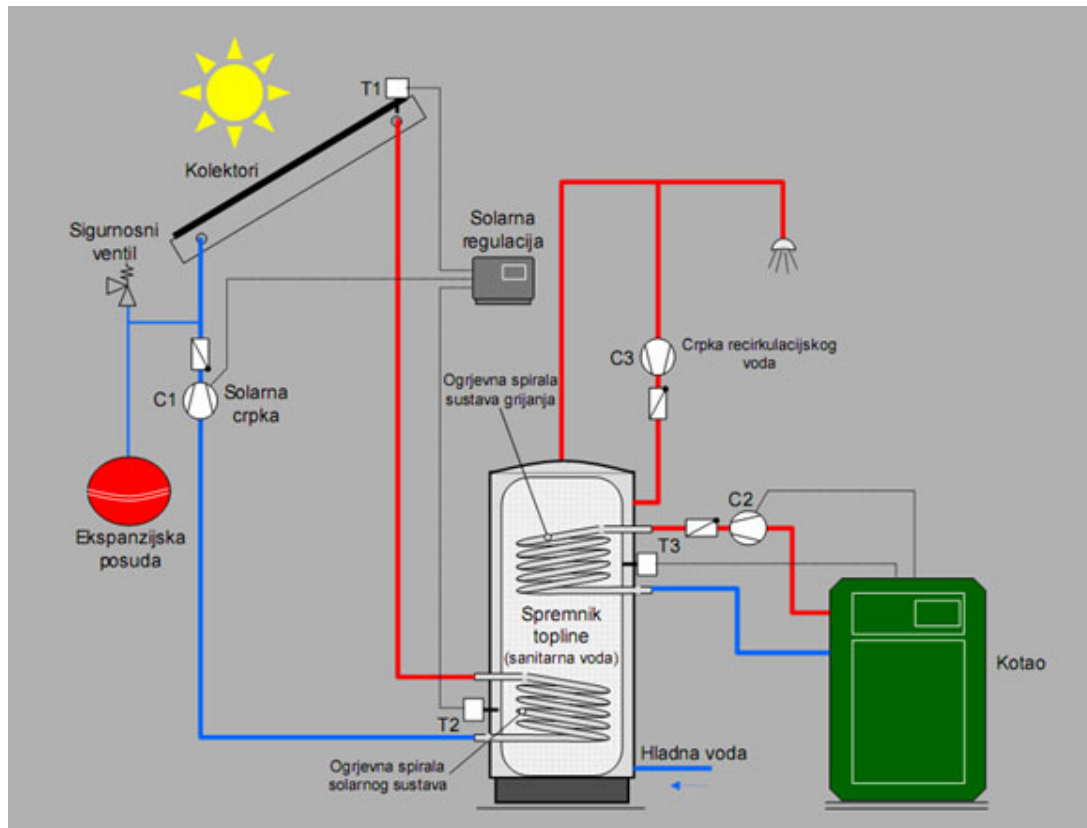
"Kvalitetu" dizalice topline i njenog toplinskog spremnika nabolje je ocijeniti preko faktora grijanja COP-a (coefficient of performance) koji predstavlja omjer energije isporučene za grijanje te utrošene električne energije. Vrijednosti COP-a kojeg ostvaruju dizalice topline za grijanje i pripremu PTV-a sa tлом kao izvorom topline kreću se oko vrijednosti 3.

$$COP = \frac{Q_{gr}}{P_{el}}$$

## 1.6 SUSTAVI ZAGRIJAVANJA POTROŠNE TOPLE VODE

Zagrijavanje potrošne tople vode vrši se lokalnim ili centralnim putem. Kod lokalnog zagrijavanja svako izljevno mjesto ima svoj grijač dok centralna priprema podrazumijeva jedan grijač za više izljevni mjesta. Sustavi PTV-a se mogu izvesti kao akumulacijski, protočni ili kao kombinirani. Kod protočnih sustava voda se zagrijava trenutno, što znači da se zagrijana voda odmah troši dok se kod akumulacijskih sustava voda priprema unaprijed prema predviđenoj potrošnji. Akumulacijski sustavi zahtijevaju manje snagu izvora topline jer se može računati sa faktorima istovremenosti, što znači da se pretpostavlja da neće svi potrošači koristiti vodu istovremeno. Recirkulacijska pumpa se ugrađuje kako bi se na svim mjestima potrošnje osigurala topla voda odmah nakon otvaranja slavine. Njeno se uključivanje regulira vremenski, najčešće svakih 15 minuta. Cjevovodi za razvod PTV-a moraju biti izolirani kako bi se spriječili gubici topline te time osigurala potrebna temperatura vode na izljevnom mjestu.

Kako bi se što efikasnije iskoristila "besplatna" dozirana energija od sunca danas su u sve većoj uporabi niskotemperaturni toplovodni sustavi zagrijavanja PTV-a. U solarnim kolektorima se zagrijava voda ili smjesa vode i glikola te se zatim ta energija akumulira u spremniku vode. Spremnici su najčešće izvedeni kao bivalentni, odnosno sa dva izmjenjivača. Jedan za zagrijavanje vode solarnim kolektorima, a drugi za zagrijavanje nekim drugim izvorom topline koji se koristi kad energija dobivena solarnim putem nije dovoljna za cjelokupno zagrijavanje vode. Sustavi mogu biti izvedeni kao termosifonski, gdje fluid struji uslijed razlike temperatura vode u kolektoru i spremniku, ili kao sustavi sa prisilnom cirkulacijom gdje se pumpom vrši cirkulacija fluida. Najčešće se koriste sustavi sa prisilnom cirkulacijom, u kojima se pumpa uključuje kada razlika temperatura u spremniku i kolektoru padne ispod postavljene temperaturne razlike (najčešće 3-5°C). Priprema potrošne tople vode je prva po važnosti primjena instalacija sa solarnim kolektorima. Ljeti se potreba energije za pripremu potrošne tople vode može u cijelosti pokriti solarnom instalacijom dok se u zimskim mjesecima prvenstveno koriste drugi izvori topline.



Slika 1.5 Solarno zagrijavanje PTV-a uz podršku dodatnog izvora topline

## 2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE

### 2.1 PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA

S obzirom da se sustav grijanja projektira za zgradu na području Grada Zagreba, potrebni podaci za proračun preuzimaju se iz meteoroloških podataka za Zagreb-Maksimir. Vanjska projektna temperatura za promatrano područje iznosi  $-15^{\circ}\text{C}$  dok se unutarnje projektne temperature odabiru zavisno o namjeni prostorije koja se proračunava. Vrijednosti unutarnjih projektnih temperatura dane su u tablici 4.

prostorija	unutarnja projektna temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
<b>dnevna soba, spavaća soba, kuhinja, zahod</b>	20
<b>kupaonica</b>	24
<b>hodnici i pomoćne grijane prostorije</b>	15

Tablica 4. Unutarnje projektne temperature za prostorije različite namjene

U ovome projektu koeficijenti prolaza topline nisu bili definirani već su njihove vrijednosti bile pretpostavljene takve da mogu omogućiti primjenu površinskog grijanja. Također su zbog pojednostavljenja zanemareni toplinski mostovi. Pregled odabranih koeficijenta prolaza topline dan je u tablici 5.

oznaka	gradevni element	koeficijent prolaza topline "U" ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )
<b>VZ</b>	vanjski zid	0,25
<b>UZ</b>	unutarnji zid	1
<b>ZS</b>	zid prema stubištu	0,25
<b>UV</b>	unutarnja vrata	1,2
<b>P</b>	prozor	0,9
<b>K</b>	krov	0,25
<b>MT</b>	međukonstrukcija prema terasi	0,3
<b>M</b>	međukonstrukcija	0,3
<b>VV</b>	vanjska vrata	0,9

Tablica 5. Koeficijenti prolaza topline

Za proračun je korišten softver "INTEGRACAD 2009". Rezultati proračuna po pojedinačnim prostorijama su dani u tablici 6 dok je rekapitulacija za svaki stan i ukupno za zgradu dana u tablici 7. Detaljan proračun proveden u "IntegraCAD"-u dan je u prilogu 1.

prostorija	A	$\theta_i$	$Q_T$	$Q_V$	$Q_N$	$q_n$
	m <sup>2</sup>	°C	W	W	W	W/m <sup>2</sup>
<b>0.1 dnevni boravak i kuhinja</b>	31,36	20	975	952	2115	67
<b>0.2 predsoblje</b>	13,25	15	244	172	495	37
<b>0.3 kupaonica</b>	7	24	374	355	771	110
<b>0.4 spavaća soba 1</b>	9,11	20	254	138	446	49
<b>0.5 spavaća soba 2</b>	10,8	20	487	164	715	66
<b>1.1 dnevni boravak i kuhinja</b>	43,47	20	1233	1319	2812	64
<b>1.2 WC</b>	2,22	20	52	101	166	74
<b>1.3 predsoblje</b>	12,2	15	150	159	382	31
<b>1.4 spavaća soba 1</b>	8,23	20	224	125	398	48
<b>1.5 spavaća soba 2</b>	11,87	20	278	180	529	44
<b>1.6 kupaonica</b>	5,36	24	214	272	518	96
<b>2.1 dnevni boravak i kuhinja</b>	35,24	20	1113	1069	2393	67
<b>2.2 kupaonica</b>	5,36	24	113	272	417	77
<b>2.3 spavaća soba</b>	21,8	20	703	331	1164	53

Tablica 6. Pregled toplinskih gubitaka po prostorijama

Oznake u tablici 6.: A - površina prostorije,  $\theta_i$  - unutarnja projektna temperatura,  $Q_T$  - transmisijski toplinski gubici,  $Q_V$  - ventilacijski toplinski gubici,  $Q_N$  - ukupni projektni toplinski gubici,  $q_n$  - ukupni projektni toplinski gubici svedeni na jedinicu površine

stanovi	toplinski gubici W
<b>stan 1</b>	4542
<b>stan 2</b>	4805
<b>stan 3</b>	3974
<b>ukupno zgrada</b>	13321

Tablica 7. Pregled toplinskih gubitaka po stanovima

## 2.2 PRORAČUN GODIŠNJE POTROŠNJE ENERGIJE ZA GRIJANJE

Projektni toplinski gubici dobiveni proračunom prema normi HRN EN 12831 mjerodavni su za dimenzioniranje sustava grijanja. Sustav grijanja se dimenzionira za rad u projektnim uvjetima ali zbog variranja vanjske temperature, ti se uvjeti pojavljuju samo nekoliko dana godišnje te većinu vremena sustav radi u djelomičnom opterećenju. Prema definiciji godišnja potrebna toplinska energija za grijanje jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade.

### 2.2.1 PRORAČUN GODIŠNJE POTREBNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE METODOM STUPANJ-DAN

Utjecaj promjene vanjske temperature može se ocijeniti na temelju stupanj - dana koji se izračunavaju ne temelju statističke analize temperaturnih promjena na promatranom području. Metoda stupanj-dan nastala je u Njemačkoj i prvenstveno se koristila za dimenzioniranje spremnika goriva, no s njome se može izračunati i godišnja potrošnja energije za grijanje. Metoda se danas više ne koristi.

- potrebna toplina za grijanje u pojedinom danu sezone grijanja:

$$Q_i = q \cdot (t_i - t_{e,1}) \cdot 24 \quad [Wh]$$

gdje su:

- $t_i$  = unutarnja temperatura
- $t_{e,i}$  = srednja vanjska projektna temperatura u pojedinom danu sezone grijanja
- $q$  = jedinični toplinski tok za grijanje zgrade sveden na 1 K razlike temperature (W/K)

- zbroj dnevnih potrebnih količina topline daje za sezonu grijanja od  $Z$  dana stvarnu količinu topline:

$$Q_H = 24 \cdot q \cdot \sum_{n=1}^Z (t_i - t_{e,n}) \quad [Wh/a]$$

- uz konstantnu unutarnju temperaturu grijanja u zgradi poznavanje srednje vanjske temperature u sezoni grijanja  $t_H$  dobije se :

$$Q_H = 24 \cdot q \cdot Z(t_i - t_H) \quad [Wh/a]$$

- jedinični toplinski tok  $q$  može se odrediti iz projektne vrijednosti toplinskog toka  $\Phi_H$  za projektnu vanjsku temperaturu  $t_e$ :

$$q = \frac{\Phi_H}{t_i - t_e} \quad [W/K]$$

- stupanj-dan se definira kao:

$$SD = \sum_{n=1}^Z (t_i - t_{e,n}) = Z(t_i - t_H)$$

- za srednju unutarnju temperaturu u zgradi  $20^\circ\text{C}$  i temperaturu početka i kraja sezone grijanja  $12^\circ\text{C}$  za Zagreb, SD iznosi 2732 (K dan/a)

- kombinacijom prethodnih izraza dobiva se:

$$Q_H = 24 \cdot \Phi_H \cdot \frac{SD \cdot y \cdot e}{t_i - t_e}$$

$$Q_H = 24 \cdot 13321 \cdot \frac{2732 \cdot 0,63 \cdot 0,9}{20 + 15}$$

$$Q_H = 14149,6 \quad [kWh/a]$$

gdje su:

- $y$  – faktor koji uzima u obzir da se transmisijski gubici, utjecaj vjetrova i sl. ne javljaju istovremeno - 0,63
- $e$  - koeficijent ograničenja - 0,9

## 2.2.2 PRORAČUN GODIŠNJE POTREBNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE $Q_{h,nd}$ PREMA HRN EN ISO 13790

Proračun se provodi prema "Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790" koji je preuzet sa web stranice Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja. Ulazni podaci za proračun su broj dana, broj sati i srednja



vanjska temperatura  $\theta_{e,m}$  za proračunski period za referentnu postaju Zagreb-Maksimir dani u tablici 8.

mjesec	broj dana	broj sati (h)	$\theta_{e,m}$ (°C)
1.	31	744	-0,8
2.	28	672	1,9
3.	31	744	5,9
4.	30	720	10,6
5.	31	744	15,3
6.	30	720	18,5
7.	31	744	20,1
8.	31	744	19,3
9.	30	720	15,8
10.	31	744	10,5
11.	30	720	5,3
12.	31	744	0,9

Tablica 8. Ulazni podaci za proračun

Ostali potrebni podaci su :

- srednji toplinski tok od sunčeva zračenja za proračunski period
- unutarnja postavna temperatura zone za grijanje:  $\theta_{int,H} = 19,9^{\circ}\text{C}$
- površina i koeficijenti prolaza topline pojedinih dijelova zgrade
- neto površina poda grijanog dijela zgrade:  $A=216,55 \text{ m}^2$
- specifični unutarnji dobitak:  $q_{spec} = 5 \text{ W/m}^2$

### 2.2.2.1 Pregled osnovnih formula algoritma

- potrebna toplinska energija za grijanje:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol}) \quad [kWh]$$

gdje su:

- $Q_{H,nd,cont}$  - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu (kWh)
- $Q_{H,ht}$  - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh)

- $\eta_{H,gn}$  – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka
- $Q_{H,gn}$  - ukupni toplinski dobitci zgrade u periodu grijanja (ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) (kWh)
- $Q_{Tr}$  - izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh)
- $Q_{Ve}$  - potrebna toplinska energija za ventilaciju za proračunsku zonu (kWh)
- $Q_{int}$  - unutarnji toplinski dobitci zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) (kWh)
- $Q_{sol}$  - toplinski dobitci od Sunčeva zračenja (kWh)

- izmjenjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom proračunske zone za promatrani period računa se pomoću koeficijenta toplinske izmjene topline H (W/K):

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000} \cdot (\theta_{int,H} - \theta_e) \cdot t \quad [kWh]$$

$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000} \cdot (\theta_{int,H} - \theta_e) \cdot t \quad [kWh]$$

gdje su:

- $H_{Tr} = 196,7$  - koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone (W/K)
- $H_{Ve} = 35,58$  - koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K)
- $t$  - trajanje proračunskog razdoblja (h)

- unutarnji toplinski dobitci od ljudi i uređaja računaju se za stambene prostore s vrijednošću 5 W/m<sup>2</sup> korisne površine

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} A_K \cdot t}{1000} \quad [kWh]$$

- solarni toplinski dobitci za promatrani vremenski period t:

$$Q_{sol} = \left[ \sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right] \cdot t + \left[ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right] \cdot t \quad [Wh]$$

gdje su:

- $\Phi_{sol,mn,k}$  - srednji toplinski tok od sunčeva izvora kroz k-ti građevni dio u grijani prostor (W)

- $\Phi_{sol,mn,u,l}$  - srednji toplinski tok od sunčeva izvora kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (W)
- $b_{tr,l}$  - faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l

- srednji toplinski tok od sunčeva zračenja kroz građevni dio zgrade k:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob} I_{S,k} A_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k} \quad [W]$$

gdje su:

- $F_{sh,ob}$  - faktor zasjenjenja od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja
- $I_{S,k}$  - srednji toplinski tok od sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela k za mjesečni proračun ( $W/m^2$ )
- $A_{sol,k}$  - efektivna površina otvora k na koju upada sunčevo zračenje ( $m^2$ )
- $F_{r,k}$  - faktor oblika između otvora k i neba
- $\Phi_{r,k}$  - toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu (W)

- faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - y_H^{a_H}}{1 - y_H^{a_H+1}} \quad \text{za } y_H > 0 \text{ i } y_H \neq 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad \text{za } y_H = 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{1}{y_H} \quad \text{za } y_H < 1$$

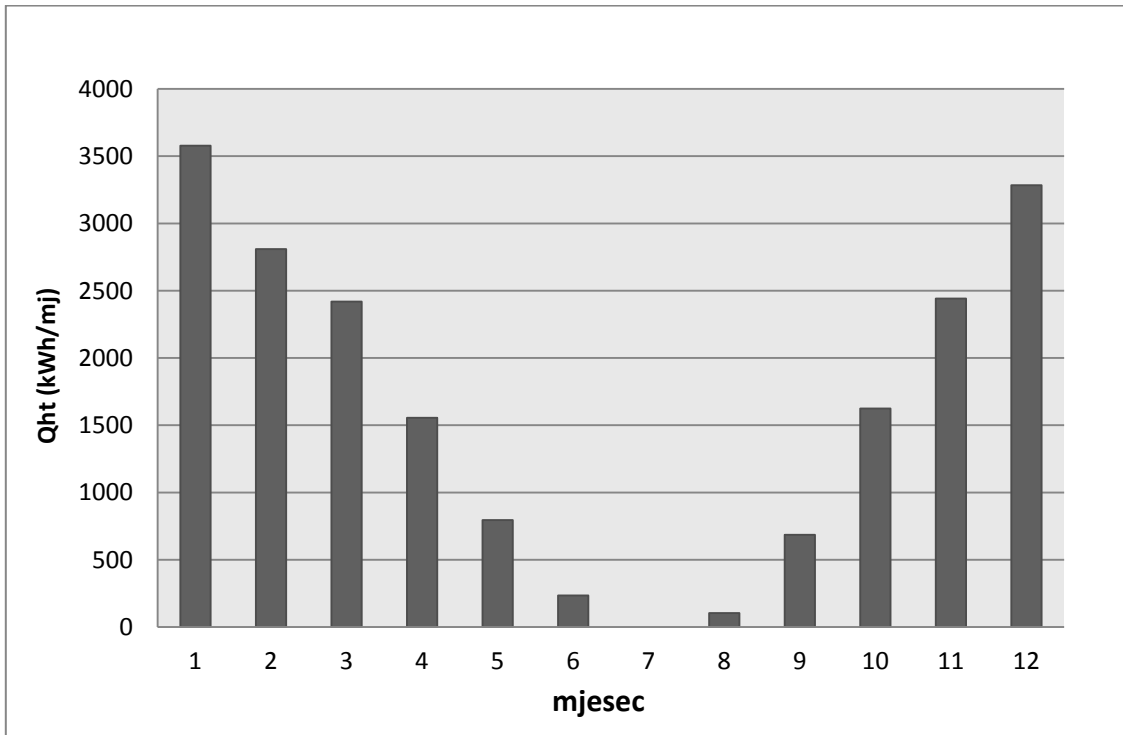
gdje su:

- $a_H$  - bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade  $\tau$
- $y_H$  - omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmjenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja

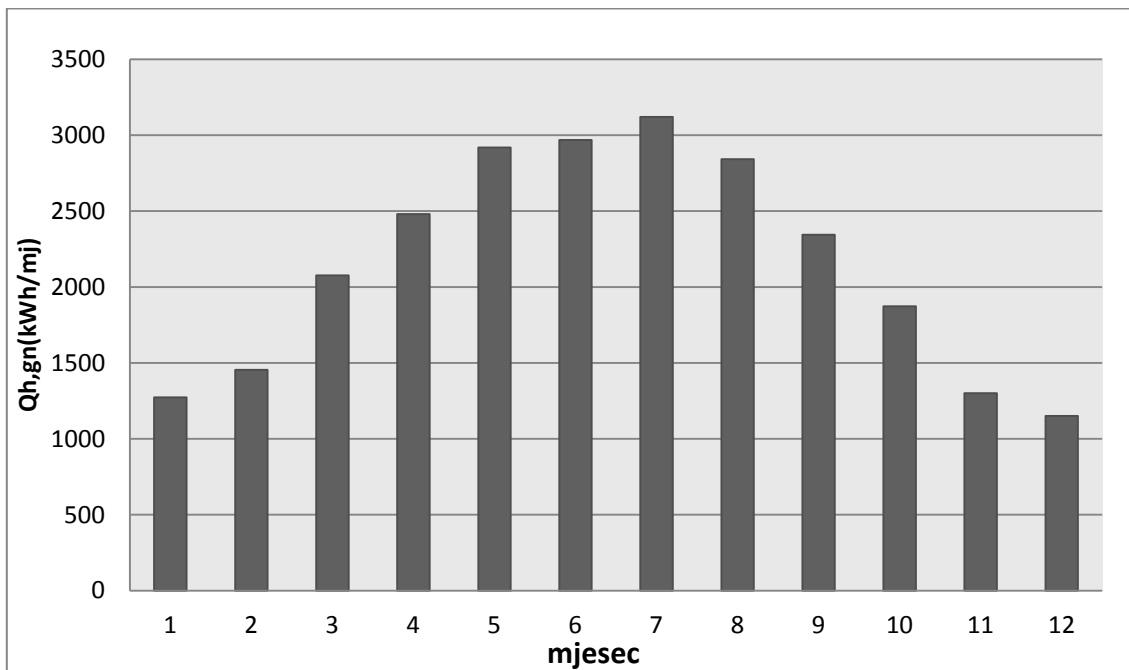
$$y_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

### 2.2.2.2 Rezultati proračuna

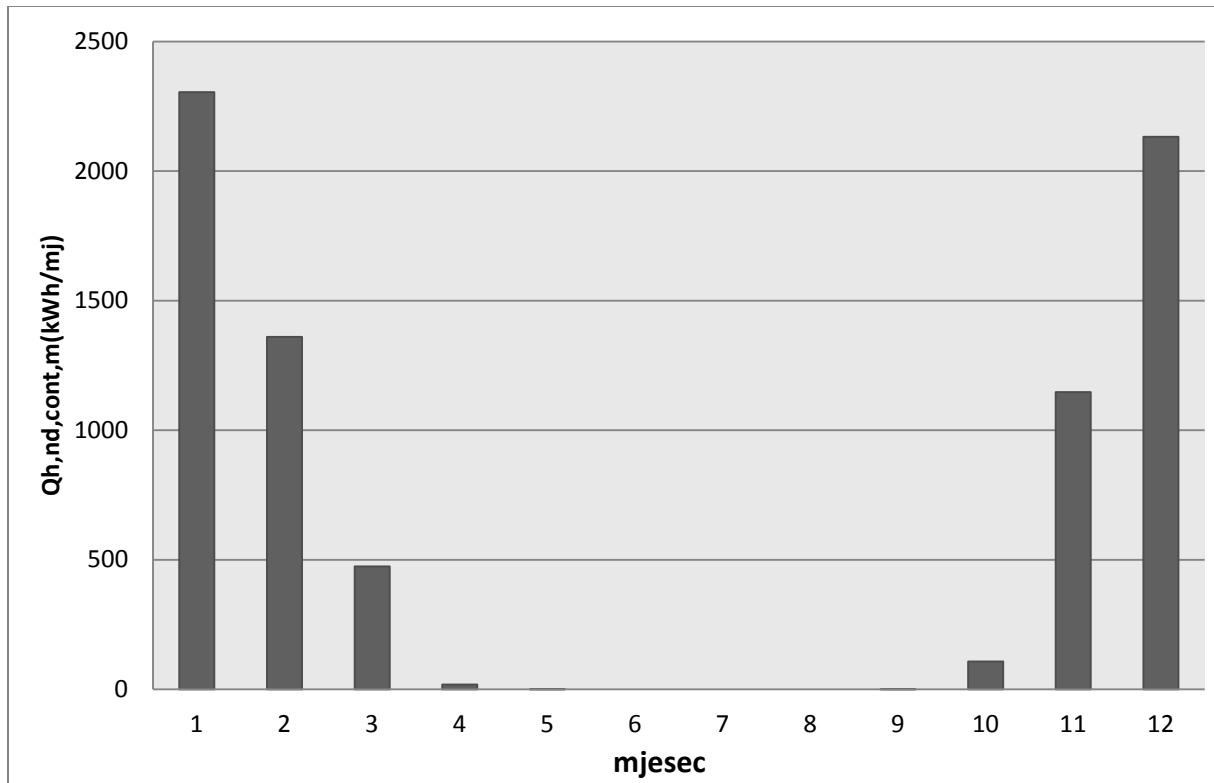
Proračun je proveden u softveru "Microsoft Office Excel 2007" te su dobivene mjesečne vrijednosti toplinskih gubitaka, toplinskih dobitaka, faktora iskorištenja toplinskih gubitaka te toplinske energije potrebne za grijanje.



Slika 2.1 Pregled mjesečnih toplinskih gubitaka



Slika 2.2 Pregled mjesečnih toplinskih dobitaka



Slika 2.3 Pregled potrebne mjesečne toplinske energije za grijanje

- godišnja vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje proračunske zone izračunava se kao suma pozitivnih mjesečnih vrijednosti

$$Q_{H,nd} = \sum_{m=1}^{12} Q_{H,nd,m} = 7546,474 \quad \left[ \frac{kWh}{a} \right]$$

- zahtijevana vrijednost godišnje potrebne toplinske energije za grijanje  $Q''_{H,nd}$  stambene zgrade, svedena na jedinicu korisne površine iznosi:

$$Q''_{H,nd} = \frac{Q_{H,nd}}{A_K} = 34,849 \quad [kWh/m^2a]$$

što ju prema važećem pravilniku o energetske pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada svrstava u energetski razred B.

Detaljan proračun proveden u excelu dan je u prilogu 2.

### 3. DIMENZIONIRANJE POVRŠINSKOG GRIJANJA

Sustav površinskog grijanja projektiran je tako da je u svim prostorijama korišteno podno grijanje, dok je u onim prostorijama u kojima podno nije bilo dovoljno kako bi se zadovoljila potreba za toplinom ugrađeno i zidno grijanje. Dimenzioniranje sustava je provedeno prema dijagramima proizvođača. Ulazni parametri su bili temperaturni režim 40/30°C iz kojeg je izračunata srednja logaritamska temperaturna razlika, toplinski otpor podloge te potreban toplinski učin. Potreban toplinski učin se dobiva tako da se od projektnih toplinskih gubitaka prostorije odbiju toplinski gubici prostorije kroz elemente u koje je ugrađen sustav grijanja. Sa navedenim se ulaznim parametrima iz dijagrama proizvođača za određeni sustav grijanja određuje toplinski učin kao funkcija razmaka polaganja cijevi te se provjerava da li takav sustav može pokriti zahtjeve za grijanje. Toplinski učin ovisi o otporu podne obloge, razmaku polaganja cijevi, temperaturnom režimu korištenog medija te temperaturi zraka u prostoriji. Broj krugova grijanja se određuje tako da se poštuju ograničenja o maksimalnoj dužini cijevi, maksimalnoj površini zone te maksimalnom padu tlaka kroz jedan krug.

#### 3.1 PODNO GRIJANJE

Sustav podnog grijanja je izveden prema smjernicama proizvođača "Uponor" te je korištena "Tecto" ploča za pozicioniranje cijevi koja se zalijeva sa cementnim estrihom debljine 45 mm i toplinske vodljivosti 1,2 W/mK. Ploče za pozicioniranje cijevi služe za fiksiranje cijevi i istovremeno kao barijera protiv penetracije estriha u izolaciju ispod ploče. Polaganje ploče za pozicioniranje cijevi treba započeti u uglu prostorije, dok na rubovima ploče, uz zid, treba postaviti dilatacijske trake iznad PE-folije. Zahvaljujući mogućnosti utiskivanja izdanaka gornje ploče, ploče se mogu jednostavno spajati pritiskom noge. Uklanjanjem suvišnih izdanaka na rubu ploče sprječava se višestruko preklapanje sa spojenim pločama. Ploče treba odrezati na određenu veličinu prema rubovima prostorije. Izrez se može koristiti za početak sljedećeg reda. Kako bi se spriječilo podizanje ploča od izolacije u uglovima prostorije kada se cijevi instaliraju, ploču za pozicioniranje cijevi treba pričvrstiti na izolaciju pomoću posebnog ubodnog elementa. Za to su označena posebna mjesta na ploči za pozicioniranje cijevi. Pomoću ploče za pozicioniranje cijevi mogu se instalirati cijevi 14 x 2 mm do 16 x 2 mm, u ovome projektu su korištenje PE-Xa cijevi 14 x 2. Za lakšu instalaciju preporuča se

primjena odmatalice cijevi. Dužina cijevi u krugu grijanja ne smije biti veća od 120 m te krugove grijanja treba instalirati prema projektu. 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 je izrađena od PE spužve. Krugove grijanja treba izvesti na taj način da se krugovi kroz dilatacijske spojeve ne križaju. Uz opremu se isporučuju detaljnije upute za montažu Tecto ploče za pozicioniranje.



Slika 3.1 Tecto ploča za pozicioniranje

### 3.2 ZIDNO GRIJANJE

Sustav zidnog grijanja je izveden prema smjernicama proizvođača "Aquatherm" te je korišten sustav zidnog grijanja "Climasytem". Zidno grijanje može se postaviti na ciglom zidanim, montažnim i betonskim zidovima. Podloga mora biti dovoljno suha kako bi prihvatila žbuku ili elemente suhe ugradnje te mora imati ravnu površinu. Žbuke se u pravilu mogu nanositi na sve podloge za žbuke. Odabir žbuke, postupak instalacije i prethodna obrada podloge moraju se prilagoditi vrsti žbuke. Registri se međusobno u paralelni spoj povezuju zavarivanjem. Zagrijavanjem spojnih dijelova, plastika se stopi u čvrst i nerastavljiv spoj. Dozvoljeno je

paralelno uključiti najviše četiri registra jednake visine, uzimajući u obzir maksimalnu ukupnu površinu od 15 m<sup>2</sup> po krugu grijanja. Dijelovi površine na koje je instalirano zidno grijanje ne smiju se prekrivati masivnim namještajem već je dozvoljeno postavljanje samo manjih dijelova namještaja kao što su stol, sjedeća garnitura i sl. Cjevovodi i kablovi koji su postavljeni na nosećoj podlozi moraju biti dovoljno pričvršćeni. Oni se postavljaju samostalno ili iza sustava "Aquatherm-Climasystem". Da bi se omogućilo širenje zidne konstrukcije u duljinu potrebno je predvidjeti mogućnost širenja graničnih sastavnih dijelova. To se može postići trajno elastičnom fugom. Uz opremu se isporučuju detaljnije upute za montažu sustava "Aquatherm-Climasystem"



Slika 3.2 Ugradnja registra u žbuku

### 3.3 REZULTATI PRORAČUNA POVRŠINSKOG GRIJANJA

Podno i zidno grijanje su proračunati za temperaturu polaza 40° i temperaturu povrata 30°. Podno grijanje prema dijagramu proizvođača Uponor, a zidno grijanje prema dijagramu proizvođača Aquatherm.



P	K	A	R <sub>T</sub>	T	L	Q <sub>kr</sub>	q <sub>m</sub>	v	R	Δp
-	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> K/W	cm	m	W	kg/h	m/s	mbar/m	mbar
<b>stan 1</b>										
<b>0.1</b>	0.1pa	14,35	0,1	20	71,75	653,62	56,43	0,2	0,85	61
	0.1pb	14,35	0,1	20	71,75	653,62	56,43	0,2	0,85	61
<b>0.2</b>	0.2p	9	0,06	30	29,7	486	41,96	0,15	0,55	16,34
<b>0.3</b>	0.3p	4	0,02	10	40	224	19,34	0,07	0,17	6,8
<b>0.4</b>	0.4p	9,11	0,1	20	45,55	400,84	34,6	0,12	0,36	16,4
<b>0.5</b>	0.5p	10,08	0,1	20	50,4	443,52	38,3	0,14	0,47	23,69
<b>stan 2</b>										
<b>1.1</b>	1.1pa	20,5	0,1	20	102,5	902	77,87	0,28	1,45	148,63
	1.1pb	20,5	0,1	20	102,5	902	77,87	0,28	1,45	148,63
<b>1.2</b>	1.2p	1,96	0,02	10	19,6	164,64	14,21	0,05	0,15	2,94
<b>1.3</b>	1.3p	9	0,06	30	29,7	468	40,4	0,14	0,47	13,96
<b>1.4</b>	1.4p	8,23	0,1	15	55,14	403,27	34,81	0,12	0,36	19,85
<b>1.5</b>	1.5p	11,87	0,1	15	79,53	581,63	50,21	0,18	0,7	55,67
<b>1.6</b>	1.6p	3,75	0,02	10	37,5	210	18,13	0,06	0,16	6
<b>stan 3</b>										
<b>2.1</b>	2.1pa	16,25	0,1	20	81,25	713,9	61,63	0,22	1	81,25
	2.1pb	16,25	0,1	20	81,25	713,9	61,63	0,22	1	81,25
<b>2.2</b>	2.2p	5,45	0,02	10	54,5	305,2	26,35	0,09	0,23	12,53
<b>2.3</b>	2.3p	21,8	0,1	20	109	959,2	82,81	0,3	1,75	190,75

Tablica 9. Proračun podnog grijanja

Oznake u tablici 9: P - prostorija, K - krug podnog grijanja, A - površina kruga, R<sub>T</sub> - toplinski otpor podne obloge, T - razmak cijevi, L - duljina kruga, Q<sub>kr</sub> - toplinski učin kruga, q<sub>m</sub> - maseni protok vode kroz krug, v - brzina strujanja vode, R - jedinični pad tlaka, Δp - ukupni pad tlaka

P	K	Nr	Ar	Agr	Q	qm	$\Delta p_A$	$\Delta p$
-	-	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W	kg/hm <sup>2</sup>	mbar/m <sup>2</sup>	mbar
<b>stan 1</b>								
<b>0.1</b>	0.1z	3	2,16	6,48	518,4	6,9	1,5	9,72
<b>0.2</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>0.3</b>	0.3z	4	1,92	7,68	414,72	4,66	1	7,68
<b>0.4</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>0.5</b>	0.5z	1	2,16	2,16	172,8	6,9	1,5	3,24
<b>stan 2</b>								
<b>1.1</b>	1.1z	4	2,7	10,8	864	6,9	1,5	16,2
<b>1.2</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>1.3</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>1.4</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>1.5</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>1.6</b>	1.6z	3	1,8	5,4	291,6	4,66	1	5,4
<b>stan 3</b>								
<b>2.1</b>	2.1z	5	2,4	12	960	6,9	1,5	18
<b>2.2</b>	2.2z	1	2,16	2,16	116,64	4,66	1	2,16
<b>2.3</b>	2.3z	1	2,4	2,4	192	6,9	1,5	3,6

Tablica 10. Proračun zidnog grijanja

Oznake u tablici 10: P - prostorija, K - krug zidnog grijanja, Nr - količina zidnih registara, Ar - površina jednog registra, Agr - ukupna grijача površina zida, Q - toplinski učin kruga, qm - maseni protok vode kroz krug,  $\Delta p_A$  - pad tlaka po jedinici površine,  $\Delta p$  - ukupni pad tlaka u krugu

P	Ti	A	$\Delta T_m$	Qn	Q <sub>p</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>pr</sub>	Q <sub>inst,p</sub>	Q <sub>inst,z</sub>	Q <sub>inst</sub>
-	°C	m <sup>2</sup>	°C	W	W	W	W	W	W	W
<b>stan 1</b>										
<b>0.1</b>	20	31,36	14,427	2115	263	56,7	1795,3	1307,24	518,4	1825,64
<b>0.2</b>	15	13,25	19,576	495	95	-	400	486	-	486
<b>0.3</b>	24	7	10,195	771	65	74,88	631,12	224	414,72	638,72
<b>0.4</b>	20	9,11	14,427	446	76	-	370	400,84	-	400,84
<b>0.5</b>	20	10,08	14,427	715	90	18,9	606,1	443,52	172,8	616,32
<b>ukupno</b>	-	70,8	-	4542	589	150,48	3802,52	2861,6	1105,92	3967,52
<b>stan 2</b>										
<b>1.1</b>	20	43,47	14,427	2812	128	94,5	2589,5	1804	864	2668
<b>1.2</b>	20	2,22	14,427	166	6	-	160	164,64	-	164,64
<b>1.3</b>	15	12,2	19,576	382	-	-	382	468	-	468
<b>1.4</b>	20	8,32	14,427	398	-	-	398	403,27	-	403,27
<b>1.5</b>	20	11,87	14,427	529	-	-	529	581,63	-	581,63
<b>1.6</b>	24	5,36	10,195	518	-	52,65	465,35	210	291,06	501,6
<b>ukupno</b>	-	83,35	-	4805	134	147,15	4523,85	3631,54	1155,6	4787,15
<b>stan 3</b>										
<b>2.1</b>	20	35,24	14,427	2393	-	105	2288	1427,8	960	2387,8
<b>2.2</b>	24	5,36	10,195	417	-	21,06	395,94	305,2	116,64	421,84
<b>2.3</b>	20	21,8	14,427	1164	-	21	1143	959,2	192	1151,2
<b>ukupno</b>	-	62,4	-	3974	-	147,06	3826,94	2692,2	1268,64	3960,84
<b>zgrada</b>										
<b>ukupno</b>	-	216,55	-	13321	723	444,69	12153,31	9185,34	3530,16	12715,5

Tablica 11. Instalirana snaga površinskog grijanja

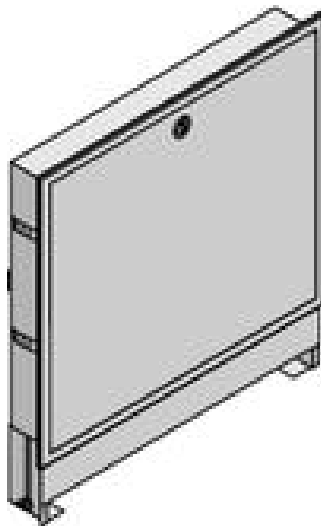
Oznake u tablici 11: P - prostorija, Ti - unutarnja projektna temperatura, A - površina prostorije,  $\Delta T_m$  - srednja temperaturna razlika ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji, Qn - projektni toplinski gubici, Q<sub>p</sub> - toplinski gubici kroz pod, Q<sub>z</sub> - toplinski gubici kroz grijaču površinu zida, Q<sub>pr</sub> - pročišćeni toplinski gubici, Q<sub>inst,p</sub> - instalirana snaga podnog grijanja, Q<sub>inst,z</sub> - instalirana snaga zidnog grijanja, Q<sub>inst</sub> - ukupna instalirana snaga

Krugove podnog i zidnog grijanja potrebno je povezati na razdjelnike. Odabran je razdjelnik "FHF" proizvođača "Danfoss". Za stanove 1 i 2 model "FHF-9F" a za stan 3 model "FHF-7F".



Slika 3.3 Razdjelnik i sabirnik "FHF"

Razdjelnici se smještaju u podžbukne ormariće "UHF 2" proizvođača "Uponor". Ormarići su visine 820, širine 710 i dubine 120 milimetara.



Slika 3.4 Podžbukni ormarić "UHF 2"

## 4. ODABIR DIZALICE TOPLINE I DIMENZIONIRANJE VODORAVNOG KOLEKTORSKOG POLJA

Određivanje potrebnog toplinskog učina dizalice topline provodi se prema izračunatoj potrebnoj toplini za zagrijavanje PTV-a te instaliranoj snazi sustava grijanja. Dizalica topline pri grijanju PTV-a diže temperaturu spremnika na 45°C, a dalje na 60°C električni grijač. Za dizanje temperature spremnika sa 10°C na 45°C dizalica topline treba u sustav predati 22,45 kWh/dnevno. Uz vrijeme zagrijavanja od 8 h dodatak snage za grijanje PTV-a za 12 osoba iznosi 2,8 kW što je u skladu sa preporukom proizvođača od 0,2kW po osobi. Uz instaliranu snagu grijanja od 12,72 kW dobiva se da je potreban toplinski učin dizalice topline 15,52 kW. Prema svemu navedenome odabrana je dizalica topline "geoTHERM VWS 171/2" proizvođača Vaillant koja pri temperaturi polaza (primarni krug od dizalice topline do međuspremnik) od 55°C daje 16,1 kW toplinskog učina uz faktor grijanja od 2,9. Za dogrijavanje PTV-a na konačnih 60°C koristi se električni grijač "VWZ EA 3" proizvođača Vaillant snage 3 kW.



Slika 4.1 "geoTHERM VWS 171/2"

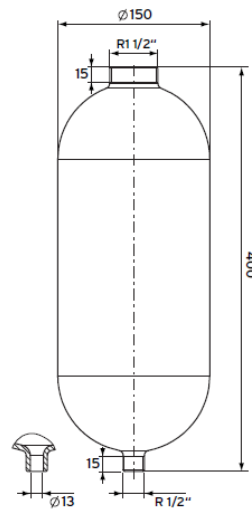
Veličina	Vrijednost
Učin grijanja W55 $\Delta T=5K$ (kW)	16,1
Dovedena električna energija (kW)	5,6
COP	2,9
Nazivni volumni protok kruga grijanja (l/h)	2973
Preostala visina dobave - krug grijanja, $\Delta T= 5K$ (mbar)	313
Nazivni volumni protok kruga izvora topline (l/h)	3939
Preostala visina dobave - krug izvora topline, $\Delta T=3K$ (mbar)	277
Temperatura kruga grijanja (min./maks.) ( $^{\circ}C$ )	25/62
Temperatura krug izvora topline (min./maks.) ( $^{\circ}C$ )	-10/20
Maksimalan radni tlak - krug grijanja (bar)	3
Maksimalan radni tlak - krug izvora topline (bar)	3
priključak polazni/povratni vod grijanja	G 5/4 / $\varnothing$ 28 mm
priključak polazni/povratni vod kruga izvora topline	G 5/4 / $\varnothing$ 28 mm
Rashladno sredstvo	tip R407C
Rashladno sredstvo	količina (kg) 3,05
Rashladno sredstvo	dopušteni radni tlak (MPa) 2,9
Visina (mm)	1200
Širina (mm)	600
Dubina (mm)	835
Težina (kg)	179

Tablica 12. Tehničke karakteristike dizalice topline "geoTHERM VWS 171/2"

Oprema koja se isporučuje sa dizalicom topline:

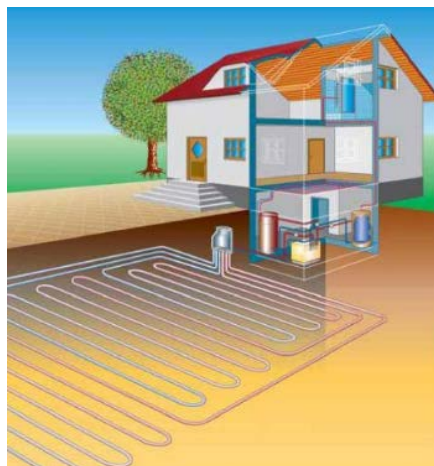
- atmosferski regulator s prikazom energetske bilance
- osjetnik vanjske temperature
- cirkulacijska pumpa grijanja (primarni krug)
- fleksibilne cijevi
- elektro - dodatno grijanje 6 kW
- sustav Pro E
- cirkulacijska crpka za rasolinu
- kompenzacijska posuda s rasolinom i sigurnosni ventilom
- osjetnik temperature spremnika PTV-a, osjetnik temperature polaznog voda, osjetnik temperature povratnog voda (osjetnik temperature međuspremnik posebno naručiti)
- motorni troputni ventil za zagrijavanje PTV

Kompenzacijska posuda za preuzimanje promijenjenog volumena rasoline i sigurnosni ventil (3 bar) nalaze se u opsegu isporuke dizalice topline zemlja/voda. Kompenzacijska posuda volumena 6 litara dostatna je za preuzimanje rasoline u sustavima sa ukupnim volumenom rasoline do 600 l. Montaža kompenzacijske posude, koja ujedno služi i kao odzračivač, vrši se na najvišoj točki polaznog voda rasoline. Pri stavljanju u pogon posudu je potrebno napuniti do 2/3 visine.



Slika 4.2 Kompenzacijska posuda

Horizontalno postavljenje kolektora u tlo zahtijeva vrlo veliku površinu te je takva primjena moguća samo kod zgrada sa dovoljno velikim okolnim prostorom. Kolektori su zapravo PE cijevi smještene u zemlji na dubini od oko 1,5 m. Nakon postavljanja, cijevi se posipaju slojem pijeska kako bi se izbjegnula oštećenja, a zatim se zatrpavaju prvotno iskopanom zemljom. Proračun potrebne površine kolektorskog polja se provodi prema "Osnove primjene dizalica topline" pritom pazeći da rezultati budu približno u skladu preporukom proizvođača.



Slika 4.3 Vodoravno kolektorsko polje

Ukupna površina potrebna za polaganje vodoravnog kolektorskog polja se računa prema:

$$A_{zem,kol,uk} = \frac{\Phi_{DT}}{q_{tlo}} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_{DT}}\right) = \frac{16100}{25} \cdot \left(1 - \frac{1}{2,9}\right) = 421,9 [m^2]$$

a minimalna ukupna duljina cijevi vodoravnog kolektorskog polja:

$$L_{uk,min} = \frac{A_{zem,kol,uk}}{s} = \frac{421,9}{0,75} = 562,5 [m]$$

gdje je:

- $\Phi_{DT}$  - toplinski učin dizalice topline = 16100 W
- $\varepsilon_{DT}$  - faktor grijanja dizalice topline = 2,9
- $q_{tlo}$  - specifično površinsko odavanje topline tla = 25 W/m<sup>2</sup>
- $s$  - međusobni razmak cijevi = 0,75 m

Potreban broj petlji vodoravnog kolektorskog polja za polietileneske cijevi dimenzija  $\Phi 32 \times 2,9$  mm i duljinu petlje 85 m:

$$X = \frac{L_{uk,min}}{85} = \frac{562,5}{85} = 6,61 \approx 7$$

Ukupna duljina vodoravnog kolektorskog polja:

$$L_{uk} = 85 \cdot X = 85 \cdot 7 = 595 [m]$$

Petlje vodoravnog kolektorskog polja potrebno je povezati na razdjelnik i sabirnik za što je predviđen set "GeoCal" proizvođača "Caleffi". Set je izrađen od polimernog materijala i namijenjen je za dizalice topline sa tlom te ima priključke za 7 petlji. Visine je 600 mm i ukupne dužine 845 mm. Razdjelnik i dizalicu topline treba povezati PE cijevima unutarnjeg promjera 32 mm s odgovarajućim prijelaznim komadom na priključku dizalice topline.

Maksimalna duljina petlje prema proizvođaču dizalice topline iznosi 100 metara. Iznad te vrijednosti bi cirkulacijska crpka za rasolinu mogla imati problema u radu zbog povećanog pada tlaka. Poštujući navedenu maksimalnu duljinu petlje, odabrana je duljina od 85 metara.



Ukupni volumen posrednog medija (smjesa vode i propilen-glikola sa masenim udjelom propilen-glikola 33 %) u razdjelniku, PE cijevima kolektorskog polja i spojnim cijevima:

$$V_{PM} = X \cdot L_{uk} \cdot V'_{L,k} + L_{sp} \cdot V'_{L,sp'} + V_r$$

$$V_{PM} = 7 \cdot 85 \cdot 0,539 + 4 \cdot 0,539 + 5 = 327,86 \text{ [l]}$$

gdje je:

- $V'_{L,k}$  = specifični volumen posrednog medija u cijevima vodoravnog kolektorskog polja - 0,539 l/m
- $L_{sp}$  - duljina spojnih cijevi - 4 m
- $V'_{L,sp'}$  = specifični volumen posrednog medija u spojnim cijevima - 0,539 l/m
- $V_r$  - volumen vode u razdjelniku i sabirniku - 5 l

- protok posrednog medija

$$V_{PM} = \frac{\Phi_{DT,r}}{\rho_{PM} \cdot c_{PM} \cdot \Delta\theta_{PM}} = \frac{10400}{1000 \cdot 4100 \cdot 3} = 0,84 \text{ [l/s]}$$

gdje su:

- $\rho_{PM}$  - gustoća posrednog medija = 1000 kg/m<sup>3</sup>
- $c_{PM}$  - specifični toplinski kapacitet posrednog medija = 4100 J/kg K
- $\Delta\theta_{PM}$  - razlika temperatura posrednog medija na ulazu i izlazu iz kolektora = 3°C
- $\Phi_{DT,r} = \Phi_{DT} - \Phi_{DT}/COP$  = rashladni učin isparivača = 10,4 kW

- ukupni pad tlaka u vodoravnom kolektorskom polju određuje se jednadžbom

$$\Delta p_{uk,vkp} = \Delta p_{pet} + \Delta p_{sp} = 18700 + 2100 = 20800 \text{ [Pa]}$$

gdje su:

- $\Delta p_{pet} = \Delta p'_{pet} \cdot L_{pet}$  - pad tlaka u jednoj petlji - 18700 Pa
- $\Delta p'_{pet}$  - pad tlaka po duljini petlje - 220 Pa/m
- $L_{pet}$  - duljina jedne petlje vodoravnog kolektorskog polja - 85 m
- $\Delta p_{sp} = \Delta p'_{sp} \cdot L_{sp}$  - pad tlaka u spojnim cijevima - 2100 Pa
- $\Delta p'_{sp}$  - pad tlaka po duljini spojne cijevi - 350 Pa/m

## 5. DIMENZIONIRANJE SOLARNIH KOLEKTORA I SPREMNIKA PTV-a

Za dimenzioniranje solarnih sustava ne vrijede ista pravila kao u slučaju dimenzioniranja konvencionalnih sustava. Osnovna razlika je u tome što solarni sustavi služe kao dopunski sustavi koji bi sa što većom efikasnošću trebali iskoristiti energiju sunca, koja znatno oscilira tijekom godine, te ju akumulirati s ciljem smanjenja utroška energije primarnog sustava. U procesu dimenzioniranja solarnog sustava potrebno je uzeti mnogo parametara kako bi se optimalno odradila veličina spremnika i potreban broj kolektora. Prvi i osnovni parametar je potrebna dnevna količina PTV-a. Ona se u postojećim sustavima određuje jednostavnim očitanjem brojila dok se za objekte u izgradnji koriste iskustveni podaci o potrošnji. U ovome je slučaju pretpostavljena ukupna potrošnja od 500 l dnevno što odgovara srednjoj potrošnji 4 osobe po stanu.

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/(učenic dan) 45°C
– bez tuševa	5-15 l/(učenic 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 5.1 Preporučena potrošnja tople vode

Dnevna potrebna toplina za zagrijavanje PTV-a se računa prema:

$$Q_w = V_p \cdot \rho_w \cdot c_w (t_s - t_{HW}) = 500 \cdot 992 \cdot 4,17 \cdot (60 - 10) = 29,17 \text{ [kWh/dan]}$$

a minimalni potrebni volumen spremnika za dnevnu potrošnju tople vode:

$$V_{smin} = \frac{V_p \cdot (t_{TW} - t_{HW})}{(t_s - t_{HW})} = \frac{500 \cdot (45 - 10)}{(60 - 10)} = 350 \text{ [l]}$$

gdje su:

- $V_{Smin}$  – minimalni volumen spremnika za dnevnu potrošnju tople vode
- $V_p$  – pretpostavljena dnevna potrošnja: 500 l/dan
- $t_{TW}$  – temperatura tople vode: 45°C
- $t_{HW}$  – temperatura hladne vode: 10°C
- $t_s$  – temperatura tople vode u spremniku: 60°C

Prema preporukama potrebno je odabrati spremnik koji je u mogućnosti pokriti dvodnevnu potrošnju. Isto tako je potrebno da spremnik bude bivalentan, odnosno da ima dvije izmjenjivačke površine, donju za solarni sustav i gornju za dogrijavanje primarnim izvorom topline iz sustava grijanja za slučaj kada je energija sunca nedovoljna za zagrijavanje PTV-a. Također je važno da površina gornjeg izmjenjivača bude što veća zato što se kao primarni izvor topline koristi dizalica topline voda/zemlja koja ima razliku temperatura polaznog i povratnog voda od 5 K. Predviđeno je da se u slučaju grijanja vode sa dizalicom topline temperatura spremnika podiže na 45°C dok će na 60° podići ugrađeni električni grijač. Ako bi dizalica topline dizala do 60°C njeno korištenje izgubilo bi smisao. Zbog svega navedenoga odabran je bivalentni spremnik "WP SOL 600" proizvođača Austria Email. Solarni je izmjenjivač smješten u donjem dijelu spremnika tako da je za solarno zagrijavanje na raspolaganju stoji čitava zapremnina spremnika. Kad se iz spremnika uzima topla voda u donji dio spremnika automatski dotječe hladna pitka voda tako da dolazi do temperaturnog raslojavanja.

Veličina		Vrijednost
<b>Sadržaj spremnika (l)</b>		575
<b>Maksimalni radni tlak (bar)</b>		10
<b>Visina (mm)</b>		2130
<b>Promjer (mm)</b>		860
<b>Solarni izmjenjivač</b>	Ogrjevna površina (m <sup>2</sup> )	1,46
<b>Solarni izmjenjivač</b>	Volumen medija u izmjenjivaču (l)	14,2
<b>Solarni izmjenjivač</b>	Pad tlaka pri nazivnom protoku (mbar)	10
<b>Izmjenjivač ogrjevne vode</b>	Ogrjevna površina (m <sup>2</sup> )	4,26
<b>Izmjenjivač ogrjevne vode</b>	Volumen medija u izmjenjivaču (l)	17
<b>Izmjenjivač ogrjevne vode</b>	Pad tlaka pri nazivnom protoku (m <sup>2</sup> )	24

Tablica 13. Tehnički podaci spremnika "WP SOL 600"

Za određivanje potrebne površine kolektorskog polja potrebno je odabrati solarni kolektor te sukladno normi HRN EN 15316-4-3 odrediti kolika mora biti ukupna površina kolektorskog polja, odnosno ukupan broj solarnih kolektora, kako bi sa kolektorima dobili solarnu pokrivenost koju želimo. U ovome slučaju, cilj je pokrivanje cjelokupne potrošnje u ljetnim mjesecima, dok će se u zimskim mjesecima dogrijavanje vršiti dodatnim izvorom topline. Stoga je odabran cjelogodišnji nagib kolektora od 30° s orijentacijom prema jugu.

Veličina	Vrijednost
<b>Površina (bruto,neto) (m<sup>2</sup>)</b>	2,3/2,0
<b>Sadržaj kolektora (l)</b>	1,8
<b>Bakreni cijevni priključak (mm)</b>	15
<b>Izolacija:visoki vakuum (bar)</b>	10 <sup>-8</sup>
<b>Maksimalni radni tlak (bar)</b>	10
<b>Apsorpcija apsorbera (%)</b>	93,5<
<b>Emisija apsorbera (%)</b>	6>
<b>Uvodnica solarnog osjetila (mm)</b>	6
<b>Stagnacijska temperatura (°C)</b>	272
<b>Visina (mm)</b>	1652
<b>Širina (mm)</b>	1392
<b>Dubina (mm)</b>	111
<b>Težina (kg)</b>	37

Tablica 14. Tehnički podaci kolektora "auroTHERM exclusiv VTK 1140/2"

Proračun broja kolektora vrši se u excelu prema normi HRN EN 15316-4-3 preuzetoj iz "Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama". Algoritam je preuzet sa web stranice Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja. Proračun se provodi prema podacima definiranim u normi, te prema referentnim klimatskim podacima za Zagreb-Maksimir. Ulazni podaci za proračun:

- volumen spremnika PTV-a:  $V = 600 \text{ l}$
- faktori sunčanog spremnika (-):

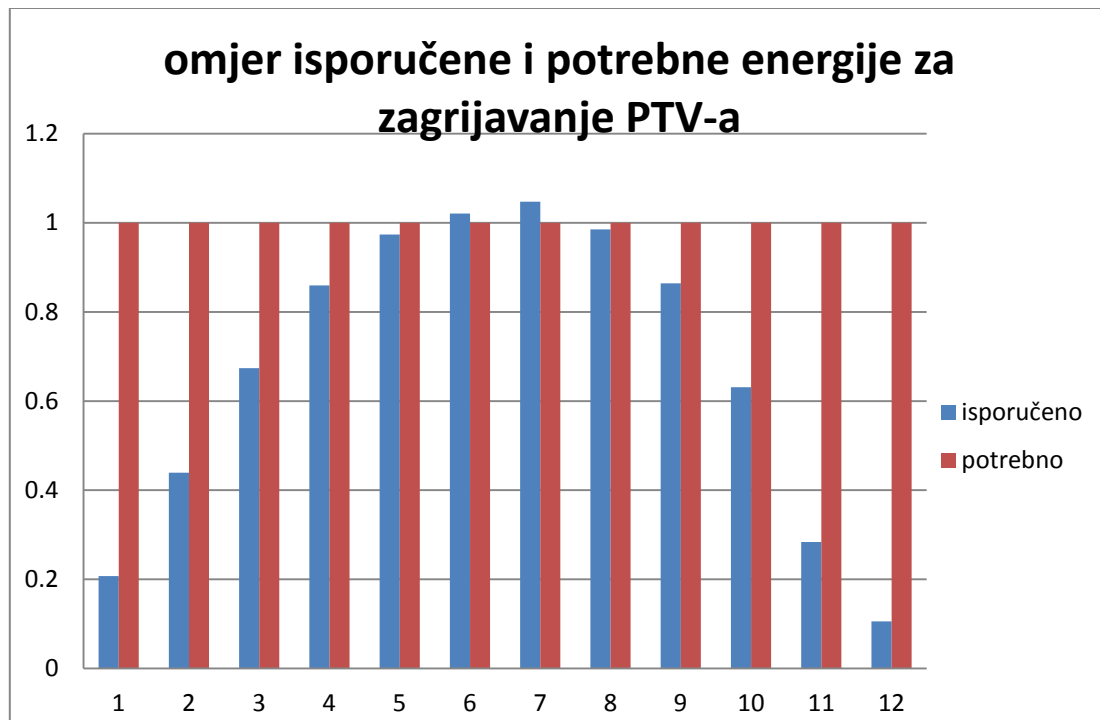
a	b	c	d	e	f
1,029	-0,065	-0,245	0,0018	0,0215	0

- broj dana i sati pojedinog mjeseca (h)
- koeficijenti toplinskih gubitaka kolektora prvog reda ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )

a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
1,8	0

- faktor učinkovitosti kolektorskog kruga:  $\eta_{\text{loop}} = 0,9$
- učinkovitost kolektora pri razlici srednje temperature radnog medija i zraka 0 K:  $\eta_0 = 0,8$
- prosječne mjesečne temperature, prosječno zračenje i ozračenost plohe
- faktor promjene upadnog kuta zračenja:  $\text{IAM} = 0,97$
- ukupno godišnje vrijeme rada pumpe:  $t = 2000 \text{ h}$
- toplinski gubici spremnika i distribucije: 10%

Prema rezultatima proračuna provedenog u excelu, 7 kolektora ukupne površine  $14 \text{ m}^2$  je dovoljno kako bi se pokrila cjelokupna potrošnja u lipnju i srpnju. Godišnja solarna pokrivenost potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a iznosi 67 %. Detaljan proračun proveden u excelu dan je u prilogu 3.

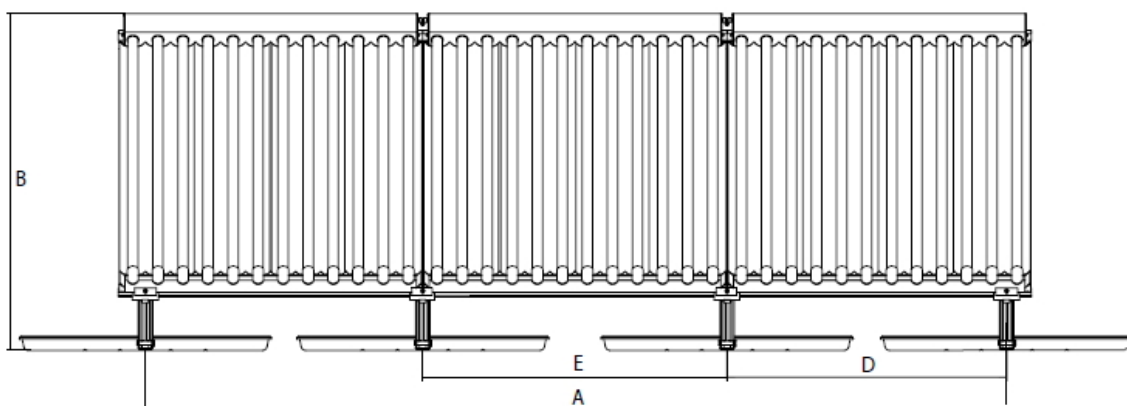


Slika 5.2 Mjesečni faktori solarne pokrivenosti

Za montažu kolektora na ravni krov koriste se okviri koji imaju provrte za podešavanja optimalnog nagiba, u ovome slučaju  $30^\circ$ . Na te okvire se postavljaju montažne šine koje se mogu podešavati. Montaža kolektora na ravni krov se izvodi tako da je kolektore moguće na brz i jednostavan način rastaviti te maknuti sa krova. Kolektori su povezani u serijski spoj.

Minimalni razmaci za sedam serijski spojenih kolektora i cjelogodišnji nagib od  $30^\circ$ :

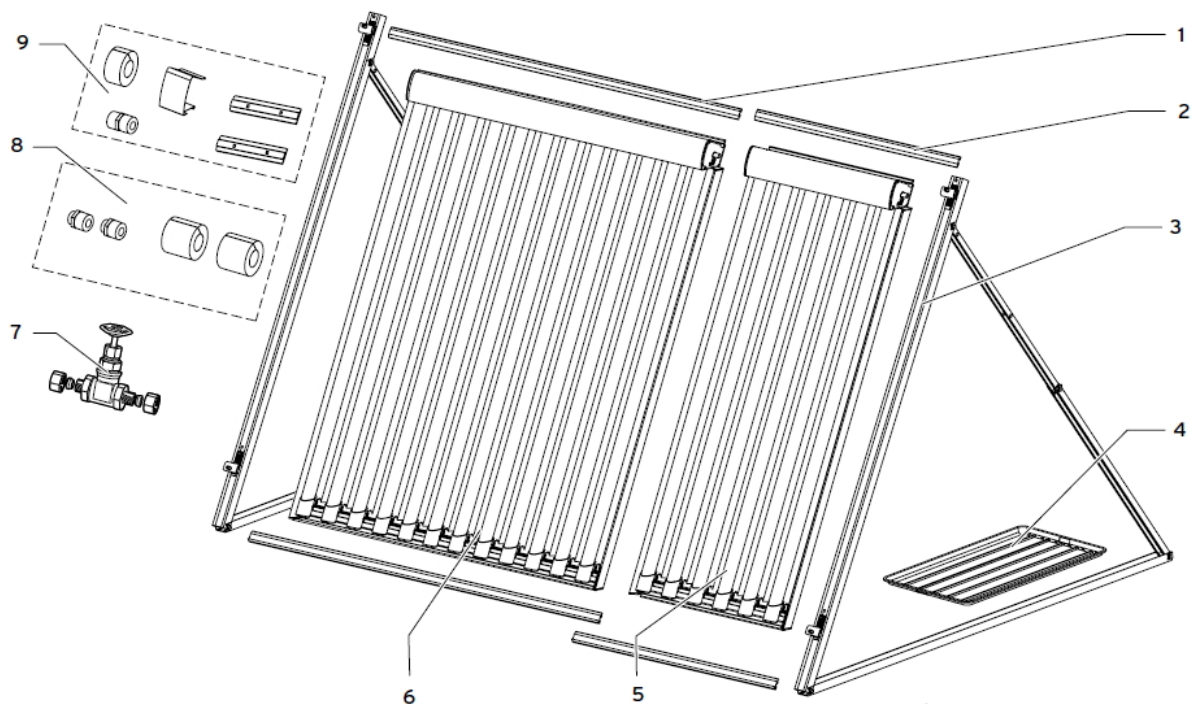
- A = 9533 mm
- B = 1072 mm



Slika 5.3 Razmaci potrebni za montažu kolektora na ravni krov

## Potreban pribor za montažu sedam kolektora na ravni krov

- 1. Montažna šina (komada 7)
- 4. Posuda za šljunak (komada 32)
- 6. Vakuumski cijevni kolektor (komada 7)
- 7. dvoputni ventil za povezivanje kolektora (komada 6)
- 8. Osnovni hidraulički spojni set (vijčani spoj sa steznim prstenom 15mm x 3/4" vanjski navoj DN 16, izolacija EPDM 13 x 28,6 mm) (komada 1)
- 9. Produžni hidraulički spojni set (spojnica za montažne šine, dvostruka spojnica, pokrivni lim, izolacija EPDM 13 x 28,6 mm) (komada 1)
- Montažni set (komada 8)



Slika 5.4 Pribor za montažu kolektora

Potrošna topla voda se zagrijava sa solarnim kolektorima, dizalicom topline i sa električnim grijačem. Sva tri podsustava za proizvodnju toplinske energije koriste samo električnu energiju. Iz tablice 15. vidljivo je da solarni sustav ima najveću isplativost. Solarnim se sustavom isporučuje čak 67% ukupne toplinske energije za pripremu PTV-a što je 3 puta više u odnosu na dizalicu topline i skoro 7 puta više u odnosu na električni grijač. Istovremeno solarni sustav troši samo 5 % od ukupne potrošnje električne energije potrebne za pripremu PTV-a. To je čak 8 puta manje od dizalice topline i skoro 11 puta manje od električnog grijača. Razlog tomu je to što dizalicama topline povišenjem polazne temperature drastično pada faktor grijanja, dok se na efikasnost električnih grijača se ne može utjecati jer oni daju približno onoliko toplinske energije koliko istovremeno potroše električne energije.

<b>podstav</b>	<b>toplina</b>	<b>pokrivenost</b>	<b>el. energija</b>	<b>udio u el. en.</b>
	kWh/god	-	kWh/god	-
<b>solarni kolektori</b>	7841,7	0,67	106	0,05
<b>dizalica topline</b>	2708,1	0,23	933,8	0,42
<b>električni grijač</b>	1160,6	0,10	1160,6	0,53
<b>ukupno</b>	11710,4	1	2200,4	1

Tablica 15. Usporedba potrošnje električne energije različitih podsustava PTV-a



## 6. DIMENZIONIRANJE I ODABIR KOMPONENATA SUSTAVA

### 6.1 MEĐUSPREMNIK

Međuspremnik topline se u sustave grijanja i pripreme PTV-a s dizalicama topline ugrađuje iz nekoliko razloga. Smanjuje se učestalost uključivanja dizalice topline, pokriva se vršna potrošnja, omogućuje se opskrba topline u vrijeme kada dizalice iz nekog razloga prestane s radom te je moguć noćni rad sa jeftinijom strujom. Prema uputama proizvođača, volumen spremnika treba iznositi 20-30 lit/kW toplinskog učina dizalice topline, a prema normi HRN EN 15420, 12 do 35 l/kW. Odabran je međuspremnik "VPS 300" proizvođača Vaillant.

Veličina	Vrijednost
Visina (mm)	1320
Širina bez izolacije (mm)	600
Širina s izolacijom (mm)	780
Dodatni prostor potreban za vrijeme postavljanja (mm)	1450
Težina praznog spremnika bez izolacije (kg)	51
Težina napunjenog spremnika s izolacijom (kg)	362
Zapremnina spremnika (l)	300
Dopušteni radni tlak (bar)	3
Dopuštena maksimalna temperatura (°C)	95
Priključci za grijanje	8 x R 1 1/2"
Odzračivanje	1 x R 1 1/2" gore
Temperaturni osjetnici	3 x R 3/4", 1 x R 1/2"

Tablica 16. Tehnički podaci međuspremnika "VPS 300"



Slika 6.1 Međuspremnik "VPS 300"

## 6.2 DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA PRIMARNOG KRUGA GRIJANJA

Proračun se provodi kako bi se dimenzionirao cjevovod primarnog kruga grijanja te da bi se provjerilo da li pumpa dizalice topline može savladati ukupni pad tlaka primarnog kruga. Primarni krug se sastoji od cjevovoda koji povezuje dizalicu topline sa spremnikom PTV-a i sa međuspremnikom. Kritična dionica je ona koja povezuje dizalicu topline sa spremnikom PTV-a.

dionica	Q <sub>inst</sub>	mc <sub>p</sub>	qm	L	DN	w	R	RL	Σξ	Z	RL+Z
-	W	W/°C	kg/s	m	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	15520	3104	0,743	2,8	32	0,75	190	532	3,5	976,5	1508,5
2	2800	560	0,134	3	20	0,38	100	300	6	429,7	729,73

Tablica 17. Pad tlaka primarnog kruga

Ukupni pad tlaka primarnog kruga iznosi 2238,2 Pa (0,23 m) što znači da pumpa dizalice topline sa visinom dizanja 3,217 m može savladati ukupni pad tlaka primarnog kruga.

## 6.3 DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA SEKUDARNOG KRUGA GRIJANJA

Ukupni pad tlaka kritične dionice prema kojoj se dimenzionira sekundarna pumpe dobije se zbrojem pada tlaka kritičnog kruga grijanja, pada tlaka na razdjelniku te linijskog i lokalnog pada tlaka kroz cjevovod od međuspremnika do kritičnog kruga grijanja i nazad do međuspremnika. Kritična dionica je krug 2.3p sa padom tlaka 190,75 mbar.

dionica	Q <sub>inst</sub>	mc <sub>p</sub>	qm	L	DN	w	R	RL	Σξ	Z	RL+Z
-	W	W/°C	kg/s	m	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	12715,5	1271,55	0,304	18,4	25	0,55	145	2668	9,5	1452	4120,4
2	8747,98	874,8	0,209	6	25	0,38	75	450	5,4	386,8	836,8
3	3960,84	396,8	0,095	6,5	20	0,28	55	357,5	6,6	256,6	614,15

Tablica 18. Pad tlaka sekundarnog kruga

Ukupni pad tlaka sekundarnog kruga grijanja:

$$\Delta p_P = \Delta p_{cj} + \Delta p_{raz} + \Delta p_{krit} = 24,5 [kPa]$$

$$H_p = \frac{\Delta p_p}{\rho \cdot g} = 2,52 \text{ [m]}$$

Odabrana je pumpa "UPS 40-60/4 F" proizvođača "Grundfos".



Slika 6.2 Sekundarna pumpa grijanja "UPS 40-60/4 F"

#### 6.4 DIMENZIONIRANJE RECIRKULACIJSKE PUMPE PTV-a

- proračun je proveden prema Recknagelu

- volumenski protok vode recirkulacijske pumpe:

$$V_p = \frac{Q_w}{2,4} = \frac{l_{wk}q_{wk} + l_{ws}q_{ws}}{2,4} = \frac{2 \cdot 11 + 12 \cdot 7}{2,4}$$

$$V_p = 44,2 \text{ [l/h]}$$

gdje je:

- $l_{wk}$  - dužina vodova tople vode u podrumu - 2 m
- $q_{wk}$  - toplinski gubici vodova tople vode smještenih u podrumu - 11 W/m
- $l_{ws}$  - dužina vertikalnih vodova tople vode - 12 m
- $q_{ws}$  - toplinski gubici vertikalnih vodova tople vode 7 W/m
- $\Delta\theta$  - hlađenje vode - 2°C

- preporučena brzina strujanja vode - 1 m/s

- odabrani promjer voda za recirkulaciju - 15 mm

$$\Delta p = 1,4 \cdot \left( \sum RL \right) + \Delta p_{nv} + \Delta p_{th}$$

$$\Delta p = 1,4 \cdot (14 \cdot 100) + 600 + 5000 = 7560 [Pa]$$

$$H = 0,77 [m]$$

- odabrana je recirkulacijska pumpa sa vremenskim uključivanjem, "UP 15-14 BU" proizvođača Grundfos

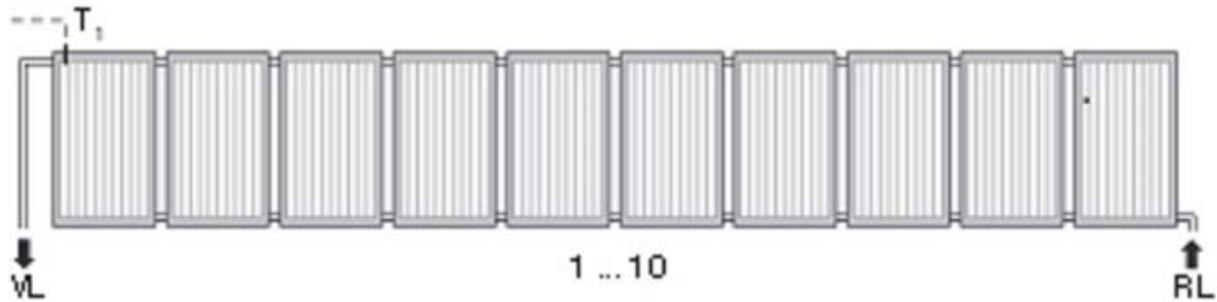


Slika 6.3 Recirkulacijska pumpa "UP 15-14 BU"

## 6.5 DIMENZIONIRANJE CJEVOVODA SOLARNOG KRUGA

Kako bi se kod kolektora ostvarila optimalna predaja topline, kroz njih mora prostrujati minimalni volumenski protok vode po  $m^2$  kolektorske površine. Ukupni volumenski protok direktno ovisi o kolektorskoj površini. Ne smije se prijeći minimalni protok od  $15 \text{ l/hm}^2$  što se naziva "low-flow" načinom rada, pri kojem se postiže razlika temperature medija na ulazu i izlazu od  $15\text{-}40^\circ\text{C}$ . Kod većih solarnih sustava se preporuča "low-flow" način rada jer bi inače cjevovodi bili većih dimenzija te bi morala biti odabrana crpka veće snage. Prema preporuci proizvođača Vaillant za sustav sa 7 serijski povezanih kolektora ukupne površine  $14 \text{ m}^2$  ukupni protok bi trebao biti između minimalnih  $210 \text{ l/h}$  i preporučenog maksimuma od  $420 \text{ l/h}$  ( $30 \text{ l/hm}^2$ ). Pad tlaka po metru cjevovoda iz energetskih razloga ne bi trebao biti veći od  $1,5 \text{ mbara}$  a brzina strujanja bi se trebala ograničiti na cca  $0,5 \text{ m/s}$ . Ako se dozvoli veća potrošnja energije crpke, može se povećati pad tlaka u kolektorskom krugu. Kako bi se spriječilo stvaranje šumova i odnošenje materijala brzina strujanja u cijevima ne bi trebala iznositi više od  $0,7 \text{ m/s}$ . Kod automatskog sustava odvajanja zraka brzina strujanja u cjevovodima ne bi trebala biti niža od  $0,4 \text{ m/s}$ , kako bi se nakon puštanja sustava u rad

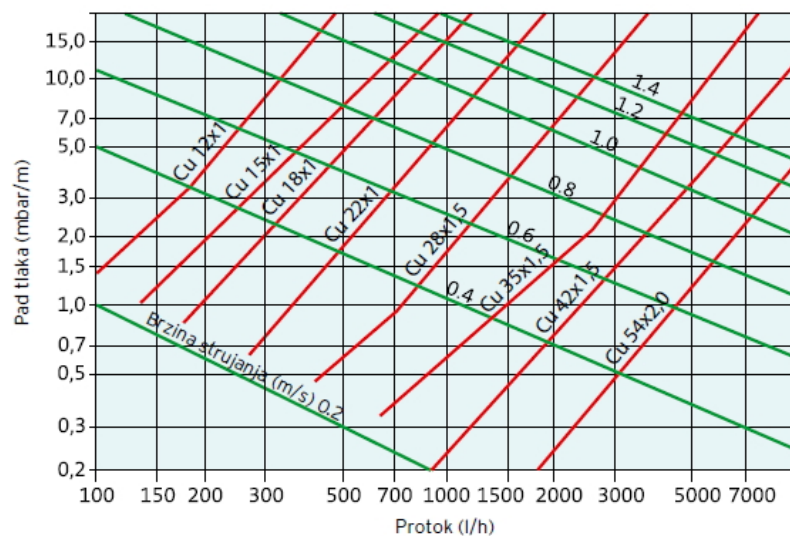
preostali mjehurići zraka u sustavu mogli transportirati do separatora zraka. Za određivanje ukupnog pada tlaka u sustavu moraju se zbrojiti linijski i lokalni padovi tlaka u cjevovodu te lokalni padovi tlaka svih komponenata u sustavu. Crpka u kolektorskom krugu mora moći savladati pad tlaka cijele instalacije te osigurati odgovarajući volumenski protok. Prema preporuci proizvođača odabran je protok od 20 l/hm<sup>2</sup>.



Slika.6.4 Serijski spoj kolektora

### Proračunski podaci

- $q_k$  – volumenski protok kroz kolektor = 20 l/hm<sup>2</sup>
- $q$  – ukupni volumenski protok = 14m<sup>2</sup> · 20 l/hm<sup>2</sup> = 280 l/h
- $L$  – ukupna duljina cjevovoda od spremnika do kolektora i nazad do spremnika – 22 m
- $R$  – linijski pad tlaka - 3 mbar/m (Cu 15x1)
- $w$  – brzina strujanja smjese - 0,5 m/s
- $a$  – 1,5 – faktor povećanja linijskih gubitaka cjevovoda zbog lokalnih gubitaka cjevovoda te lokalnih gubitaka u armaturi sustava
- $\Delta p_{\text{kolektora}}$  – pad tlaka u jednom kolektoru - 4 mbar
- $\Delta p_{\text{spremnika}}$  – pad tlaka u izmjenjivaču spremnika - 10 mbar
- $\rho$  – gustoća smjese (65% voda i 35% propilen-glikol) – 1050 kg/m<sup>3</sup>



Slika 6.5 Pad tlaka u bakrenoj cijevi 60 % voda 40 % glikol

Potreban tlak dobave pumpe solarnog kruga

$$\Delta p = \Delta p_{\text{cjevovod}} + \Delta p_{\text{kolektor}} + \Delta p_{\text{spremnik}} = 99 + 28 + 10 = 137 \text{ [mbar]}$$

Potrebna visina dobave pumpe iznosi

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = 1,33 \text{ [m]}$$

Odabrana je dvocijevna solarna pumpna stanica "S2 Solar 3" proizvođača "Regulus". Stanica je u potpunosti sastavljena i testirana. Pumpna stanica sadrži:

- Wilo ST 25/6 2-12 l/min – 6/4“ cirkulacijsku pumpu
- Manometar, 2 termometra na polaznom i povratnom vodu
- 6 bara sigurnosni solarni ventil
- Ventile za punjenje i pražnjenje
- Zaporni ventil, solarni nepovratni ventil
- Separator zraka
- Mjerač protoka sa kontrolom protoka
- Izlaz za priključak ekspanzijske posude



Slika 6.6 Solarna stanica "S2 Solar 3"

## 6.6 DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE KRUGA GRIJANJA

- minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude kruga grijanja se određuje prema

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (3,66 + 3) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1} = 15,54 [l]$$

gdje je

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

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} = \frac{0,72 \cdot 508}{100} = 3,66 [l]$$

- $V_V$  – dodatni volumen (zaliha) – 3 l
- $p_e$  – projektni krajnji tlak – 2,5 bara (0,5 bara ispod tlaka otvaranja sigurnosnog ventila)
- $p_0$  – primarni tlak punjenja ekspanzijske posude – za visinu instalacije do 10 m iznosi 1 bar
- $n$  – postotak širenja vode – 0,72 %
- $V_A$  – volumen vode u instalaciji – 508 l

- odabrana je ekspanzijska posuda volumena 18 litara proizvođača "Elbi"



Slika 6.7 Ekspanzijska posuda kruga grijanja

## 6.7 DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE SOLARNOG SUSTAVA

- minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude:

$$V_{n,min} = (\Delta V + V_D + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (3,17 + 12,6 + 2) \cdot \frac{5,5 + 1}{5,5 - 1}$$

$$V_{n,min} = 25,7 \quad [l]$$

gdje su:

- $\Delta V$  – promjena volumena smjese s promjenom temperature

$$\Delta V = V_{SUS} \frac{n}{100} = 3,17 \quad [l]$$

- $V_D$  – volumen prezetog sadržaja pare iz kolektora,  $V_D = V_K = 12,6 \text{ l}$
- $V_V$  – dodatna količina vode uslijed oscilacije tlaka u sustavu,  $V_V = 2 \text{ l}$
- $p_e$  – krajnji tlak – 5,5 bar
- $p_0$  – primarni tlak (punjenja) – 1 bar
- $V_{SUS}$  – volumen vode u sustavu

$$V_{SUS} = V_{KOL} + V_{CIJ} + V_{ARM} + V_{IZM} = 12,6 + 2,86 + 7,59 + 14,2 = 37,25 \quad [l]$$

- $n$  – postotak širenja vode – 8,5%

- odabrana je ekspanzijska posuda od 35 l proizvođača "Elbi" namijenjena za solarne sustave



Slika 6.8 Ekspanzijska posuda solarnog kruga



## 7. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

### 7.1 GRIJANJE

Projekt grijanja izveden je za stambenu zgradu na području Grada Zagreba prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Zgrada se sastoji od četiri etaže (podrum, prizemlje, 1 kat i potkrovlje) ukupne tlocrtno površine 400 m<sup>2</sup>, dok je površina grijanog prostora 216,55 m<sup>2</sup>. U zgradi se nalaze tri stana, po jedan u prizemlju, na prvom katu i u potkrovlju, dok je u negrijanom podrumu predviđeno smještanje opreme. Sustav grijanja izveden je kao centralni toplovodni s prisilnom cirkulacijom i površinskim grijanjem temperaturnog režima 40/30°C. Kao izvor topline u sustavu grijanja koristi se dizalica topline tlo/voda "geoTHERM VWS 171/2" proizvođača Vaillant koja pri temperaturi polaza 55°C (temperatura polaza od dizalice topline prema međuspremniku i spremniku PTV-a) i temperaturnoj razlici od 5°C ima toplinski učin 16,1 kW uz faktor grijanja od 2,9. Ona je opremljena cirkulacijskom pumpom koja pumpa vodu kroz primarni krug grijanja te pumpom koja omogućuje cirkulaciju rasoline kroz vodoravno kolektorsko polje. Radna tvar dizalice topline je zeotropna smjesa R407C. Kao izvor topline dizalice topline koristi se vodoravno kolektorsko polje. Ono se sastoji od 7 krugova PE cijevi dimenzija 32x2,9 ukopanih u zemlju na dubini od 1,5 m s međusobnim razmakom od 0,75 m i ukupne duljine 595 m. Ukupna površina vodoravnog kolektorskog polja iznosi 421,9 m<sup>2</sup>. Kroz cijevi vodoravnog kolektorskog polja struji rasolina, koja je zapravo smjesa 66% vode i 33% ekološki prihvatljivog propilen-glikola. Cijevi su povezane na razdjelnik i sabirnik za što je predviđen set "GeoCal" proizvođača Caleffi. Set je izrađen od polimernog materijala i namijenjen je za dizalice topline sa tlom te ima priključke za 7 petlji. Set se smješta u vanjski betonski šaht. Sa dizalicom topline isporučuju se i sigurnosni ventil od 3 bara te kompenzacijska posuda od 6 litara koji se smještaju u krug vodoravnog kolektorskog polja. Kompenzacijska posuda ujedno služi i kao odzračivač. Uz dizalicu topline u primarnom krugu sustava grijanja nalazi se još i međuspremnik topline "VPS 300" volumena 300 litara također proizvođača Vaillant. Volumen međuspremnika odabran je prema preporuci proizvođača i sukladno smjernicama iz norme HRN EN 15420. On ima zadatak da olakša rad sustava sa dizalicom topline na način da akumulira toplinu te tako smanjuje učestalost pokretanja kompresora dizalice topline te da snabdijeva sustav toplinom u slučaju da dizalica topline iz nekog razloga prestane sa radom. Također, omogućuje pokrivanje vršnih opterećenja te je moguć noćni rad sa jeftinijom strujom. Od međuspremnika do ogrjevnih tijela proteže se sekundarni krug grijanja. On se sastoji od sekundarne pumpe

grijanja, cijevnog razvoda od međuspremnik do razdjelnika s pripadajućom armaturom, razdjelnika i sabirnika te krugova površinskog grijanja. Kao cirkulacijska pumpa sekundarnog kruga grijanja koristi se pumpa "UPS 40-60/4 F" proizvođača Grundfos sa ugrađenom frekventnom regulacijom. Pumpa je dimenzionirana na temelju proračunatog pada tlaka kritične dionice sekundarnog kruga te prema potrebnom volumenskom protoku ogrjevnog medija koji slijedi iz ukupne instalirane snage sustava grijanja. Izvedba sa frekventnom regulacijom odabrana je zato što se ona može prilagođavati promjeni opterećenja sustava te se na taj način u konačnici postiže značajna ušteda električne energije za pogon pumpe u odnosu na pumpu bez frekventne regulacije. Kao ogrjevna tijela koriste se površinski grijači, odnosno podno i zidno grijanje. Površinsko grijanje projektirano je tako da je u svim prostorijama korišteno podno grijanje, dok je u onim prostorijama u kojima podno nije bilo dovoljno kako bi se zadovoljila potreba za toplinom ugrađeno još i zidno grijanje. Dimenzioniranje površinskog grijanja provedeno je prema dijagramima proizvođača. Podno grijanje je dimenzionirano prema dijagramu proizvođača Uponor za sustav "Tecto", a zidno prema dijagramu proizvođača Aquatherm za sustav "Climasystem". Sustav površinskog grijanja sastoji se od 17 krugova podnog i 8 krugova zidnog grijanja ukupne instalirane snage od 12715,5 W. Instalirana snaga grijanja je manja od projektnih toplinskih gubitaka zgrade, proračunatih prema HRN EN 12831 koji iznose 13321 W. Razlog tomu jest taj što je kod proračuna toplinskih gubitaka računani toplinski tok kroz sve površine koje omeđuju prostoriju koja se proračunava. Stvarni toplinski tok će biti manji zato što se u dijelove površine ugrađuje površinsko grijanje. I zato se kod dimenzioniranja površinskog grijanja od projektnih toplinskih gubitaka odbijaju toplinski gubici kroz dijelove površine u koje je ugrađeno površinsko grijanje. Krugovi podnog i zidnog grijanja se na sekundarni razvod povezuju preko razdjelnika i sabirnika. Korišten je razdjelno sabirni set "FHF" proizvođača Danfoss. Za stanove 1 i 2 model "FHF-9F" koji ima priključke za 9 krugova grijanja te za stan 3 model "FHF-7F" koji ima priključke za 7 krugova grijanja. Razdjelnici se smještaju ormariće "UHF 2" proizvođača Uponor predviđene za podžbuknu ugradnju. Kako bi se protok vode pravilno distribuirao prema razdjelnicima u za to predviđenom omjeru i time ostvarila pravilna raspodjela topline, u cijevni se razvod, prije razdjelnika ugrađuju diferencijalni regulatori tlaka. Korišteni su diferencijalni regulatori "ASV-PV 20" proizvođača Danfoss. Uz pomoć diferencijalnog regulatora tlaka može se preko pada tlaka na ventilu regulirati protok kroz dionicu. To je potrebno kako bi se spriječilo da dionice s manjim padom tlaka imaju povećan protok, a one sa većim padom tlaka nedovoljan protok. Uz pomoć diferencijalnog regulatora tlaka moguće je svaku dionicu hidraulički uravnotežiti održavajući diferencijalni

tlak u dionici na željenoj vrijednosti. Regulator diferencijalnog tlaka radi bez pomoćne energije. Kako bi se omogućila pravilna raspodjela troškova grijanja za sve potrošače, prije razdjelnika površinskog grijanja postavljena su mjerila toplinske energije, kalorimetri. Ultrazvučni kalorimetri "SONO1100 HE" proizvođača Danfoss mjere potrošnju toplinske energije za grijanje mjereći protok vode te razliku temperatura polaznog i povratnog voda. U sustavu grijanja se također nalazi i ekspanzijska posuda volumena 18 litara proizvođača Elbi. Ona ima zadatak da održava tlak u sustavu, da spriječi manjak ogrjevnog medija tijekom pogona sustava te da kompenzira promjenu volumena ogrjevnog medija uslijed promjene temperature. Sigurnosni ventil "VV 612 FxM" tlaka otvaranja 3 bara proizvođača Herz ima zadatak da spriječi prekoračenje maksimalnog dozvoljenog tlaka u sustavu. Punjenje i pražnjenje sustava grijanja ogrjevnim medijem osigurano je kuglastim ventilom "KP 513" proizvođača Herz a može se izvesti i na "FHF" razdjelnicima na kojima se još nalaze i "FHF-EA" automatski odzračni ventili.

## 7.2 POTROŠNA TOPLA VODA

Za zagrijavanje potrošne tople vode koristi se akumulacijski sustav sa bivalentnim spremnikom koji se zagrijava solarnim kolektorima, uz podršku dizalice topline i električnog grijača. Pretpostavljena je dnevna potrošnja od 500 litara te je odabran bivalentni spremnik "WP SOL 600" volumena 600 litara proizvođača Austria Email. 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, ako energija dozračena od sunca nije dovoljna za zagrijavanje PTV-a, voda grije sa dizalicom topline do temperature 45°C, dok na temperaturu od 60°C diže 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 sedam serijski povezanih vakuumskih kolektora "auroTHERM exclusiv VTK 1140/2" proizvođača Vaillant. Postavljeni su na ravni krov pod nagibom od 30° i orijentirani prema jugu. Kolektori su dimenzionirani tako da pokriju cjelokupnu potrebu za PTV-om tijekom ljetnih mjeseci. Ukupna godišnja solarna pokrivenost iznosi 67%, što znači da se solarnim sustavom pokriva 67% godišnje potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a. Brzina strujanja smjese u solarnom krugu je 0,5 m/s kroz cjevovod  $\Phi$ Cu 15x1. Smjesa se sastoji od 65% vode i 35% ekološki prihvatljivog propilen-glikola. Cirkulacija u sustavu je

prisilna, uslijed rada cirkulacijske pumpe "ST 25/6" proizvođača Wilo. Cirkulacijska pumpa se nalazi u dvocijevnoj solarnoj stanici "S2 Solar 3" proizvođača Regulus koja se isporučuje u potpunosti sastavljena i testirana. U solarnoj stanici se još nalaze i sigurnosni solarni ventil 6 bara, manometar, 2 termometra na polaznom i povratnom vodu, ventil za punjenje i pražnjenje sustava, zaporni ventil, solarni nepovratni ventil, separator zraka, mjerač protoka sa kontrolom protoka i izlaz za priključak ekspanzijske posude. Ekspanzijska posuda solarnog kruga je volumena 35 litara proizvođača Elbi. 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. Zbog toga je ugrađen recirkulacijski vod sa pumpom "UP 15-14 BU" proizvođača Grundfos. Ona miješa vodu ohlađenu u cijevima sa toplom vodom u spremniku i tako omogućuje održavanje stalne temperature vode na izljevnom mjestu.

### 7.3 REGULACIJA

Kao regulator primarnog kruga grijanja koristi se "Energetski bilancni atmosferski regulator" koji je sadržan u opsegu isporuke dizalice topline. On upravlja svim regulacijskim komponentama primarnog kruga grijanja. Glavna mu je zadaća uključivanje i isključivanje komponenata sustava s ciljem regulacije temperature 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 izvan zgrade. Regulator u slučaju porasta vanjske temperature snižava temperaturu polaznog voda prema međuspremniku, a u slučaju snižavanja vanjske temperature podiže temperaturu polaznog voda, do maksimalnih 55°C. Također preko troputnog miješajućeg ventila "VRM", smještenog iza međuspremnika, regulira temperaturu polaznog voda prema sekundarnom krugu grijanja. Temperatura polaza prema sekundarnom krugu grijanja prati se preko osjetnika temperature polaza "VF 2" smještenog u polaznom vodu, u kojem je također smješten i graničnik maksimalne temperature polaza "VRC" koji ima zadatak spriječiti prekoračenje maksimalne temperature polaza prema razdjelnicima od 40°C. Na atmosferski regulator priključene su pumpa primarnog kruga grijanja, pumpa sekundarnog kruga grijanja, recirkulacijska pumpa te pumpa vodoravnog kolektorskog polja ukopanog u zemlju. U isporuci dizalice topline nalaze se još i osjetnik temperature spremnika PTV-a "SP", osjetnik temperature međuspremnika "VF 1" i osjetnik temperature povratnog voda "RF 1". Regulator

preko troputnog razdjelnog ventila usmjerava vodu prema spremniku PTV-a ili prema međuspremniku ukoliko osjetnici pokazuju da je temperatura manja u odnosu na postavljenu vrijednost. Sve regulacijske komponentne primarnog kruga su od proizvođača Vaillant.

Regulacija sekundarnog kruga grijanja, odnosno kruga potrošača, vrši se promjenom protoka kroz krugove površinskog grijanja. Kao sustav regulacije odabran je "Danfoss link" bežični sustav regulacije proizvođača Danfoss. U petlje površinskog grijanja, na priključku na sabirnik, ugrađeni su zonski ventili "RA" sa elektrotermičkim pogonom "TWA-A/NC" koji su povezani (žično) sa regulacijskim razdjelnikom "Danfoss link HC". Korisnik željenu temperaturu prostorije namješta na sobnom termostatu "Danfoss link RS" koji bežično komunicira sa centralnom kontrolnom jedinicom "Danfoss link CC". "Danfoss link RS (room sensor)" ima ugrađen elektronički senzor za mjerenje sobne temperature te se s njime postavlja željena sobna temperatura. Centralna kontrolna jedinica "Danfoss link CC (central controller)" zatim bežično šalje signal prema regulatoru "Danfoss link HC (hydronic controller)" koji zatvara, ili otvara, zonske ventile pripadajućih krugova za tu prostoriju preko pogona ventila "TWA-A/NC". Centralne kontrolne jedinice povezane su sa dizalicom topline kojoj šalju signal da krene ili stane sa radom ovisno o potrebi.

Regulacija solarnog kruga vrši se solarnim regulatorom "auroMATIC 560". Regulator je potpuno opremljen sustav za solarne uređaje s kolektorskim poljem i solarnim spremnikom. On upravlja pumpom solarnog kruga, te ima osjetnike temperature kolektora, temperature spremnika PTV-a "SP 2" te osjetnik temperature polaza prema kolektoru "VR 10". Regulator uključuje pumpu solarnog kruga u ovisnosti o razlici temperature spremnika PTV-a i temperature na izlazu iz kolektora. Sve regulacijske komponente solarnog kruga su proizvođača Vaillant.

## ZAKLJUČAK

Izrada projektnog rješenja sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode provedena je u skladu sa svim važećim normama i pravilnicima te u skladu sa svim pravilima struke. Kod dimenzioniranja i odabira komponenata sustava pazilo se kako dijelovi korištene opreme ne bi bili predimenzionirani ili poddimenzionirani kako bi se omogućio pravilan rad sustava. Pravilan rad sustava podrazumijeva rad sustava sa minimalnim mogućim pogonskim troškovima, što manjim zastojima u radu uslijed kvarova te što jednostavnije prilagođavanje rada sustava prema željama korisnika. Sustavi grijanja i pripreme potrošne tople vode sa dizalicama topline i solarnim kolektorima predstavljaju tehnologije koje pridonose smanjenju emisije stakleničkih plinova uslijed smanjenog korištenja fosilnih goriva. Takvi sustavi imaju više investicijske troškove u odnosu na klasične sustave grijanja, no uz subvencije za korištenje obnovljivih izvora energije period povrata investicije može biti prihvatljiv za investitora. Ekonomska analiza investicijskih i pogonskih troškova instaliranog sustava nije bila predmet rada. Velika prednost takvih sustava je mogućnost korištenja niskotemperaturnih režima grijanja koji omogućavaju veću toplinsku ugodnost te veću energetska efikasnost cjelokupnog sustava. Iz tog razloga su kao ogrjevna tijela korišteni panelni grijači, odnosno podno i zidno grijanje s temperaturnim režimom 40/30°C. Cirkulacija ogrjevne vode u sustavu grijanja vrši se pomoću pumpe sa ugrađenom frekventnom regulacijom koja se prilagođava promjenama opterećenja u sustavu te time omogućuje značajnu uštedu električne energije u odnosu na izvedbu bez frekventne regulacije. Predviđa se da će se korištenje niskotemperaturnih toplovodnih sustava sa dizalicama topline i solarnim kolektorima u bližoj budućnosti postati skoro pa standardan način grijanja i pripreme potrošne tople vode. Ono što zasada sprječava veću ekspanziju takvih sustava su visoki investicijski troškovi za koje se predviđa da će se sniziti uz povećanje subvencija te uslijed smanjenja cijene samih komponenata sustava zbog sve većeg broja proizvođača zastupljenih na tržištu.

## LITERATURA

Knjige i priručnici:

- Podloge za predavanja iz kolegija "Grijanje"; I. Balen, FSB, Zagreb
- "Grijanje i klimatizacija"; Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković, Energetika marketing, 2011., Zagreb
- "Osnove primjene dizalica topline"; skupina autora, Energetika marketing, 2009., Zagreb
- "Sustavi površinskog grijanja i hlađenja"; Z. Paić, Energetika marketing, 2002., Zagreb
- "Osnove primjene solarnih toplinskih sustava"; skupina autora, Energetika marketing, 2010., Zagreb
- "Projektantske podloge", Vaillant

Web stranice proizvođača:

- <http://www.uponor.hr/>
- <http://www.aqt-aquatherm.hr/>
- <http://www.danfoss.com/>
- <http://www.vaillant.hr/>
- <http://www.caleffi.com/croatia/hr>
- <http://www.austria-email.com/>
- <http://hr.grundfos.com/>
- <http://www.regulus.eu/>
- <http://www.elbi.it/>
- <http://www.herz-hr.com/>

Norme i pravilnici:

- HRN EN 12831
- HRN EN ISO 13790
- HRN EN 15316-4-3
- EN 15420
- Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790
- Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama
- Pravilnik o energetske pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada
- Tablični prikazi meteoroloških veličina, položaja i visina za referentne postaje



## **PRILOZI**

Prilog 1 - Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831

Prilog 2 - Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje  $Q_{h,nd}$  prema HRN  
EN ISO 13790

Prilog 3 - Određivanje potrebne površine solarnih kolektora prema HRN EN 15316-4-3

Prilog 4 – Tehnički nacrti

Prilog 5 - CD-R disc

**Prilog 1 - Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	<b>Toplinski gubici</b>																					
2																						
3																						
4																						
5	<b>prizemlje \ stan 1</b>			<b>Prostorija:</b>			<b>P1 0.1 dnevni boravak i kuhinja</b>															
6	Duljina (m)			31.36			T (m)			0.00												
7	Širina (m)			1.00			Gw			1.15												
8	Površina (m2)			31.36			f g1			1.45												
9	Visina (m)			2.55			Broj otvora			3												
10	Volumen (m3)			79.97			e i			0.02												
11	Oplošje (m2)			227.76			f vi			1.00												
12	Visina iznad tla (m)			0.20			V ex (m3/h)			0.00												
13	Theta int, i (°C)			20			V su (m3/h)			0.00												
14	Theta e (°C)			- 15			V su,i (m3/h)			0.00												
15	f RH			6.00			n min (1/h)			1.00												
16	Korekcijski faktor - fh,i			1.00																		
17	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>V/Š (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
18	M	negrijanoj prostoriji	hor.	1	31.36	1.00	31.36	+	31.36	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	- 8	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	7.526	263
19	P	okolici	Z	1	1.80	2.25	4.05	-	4.05	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.645	127
20	P	okolici	Z	1	1.68	2.25	3.78	-	3.78	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.402	119
21	VZ	okolici	Z	1	5.50	2.75	15.13	+	7.30	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.825	63
22	P	okolici	S	1	1.20	1.75	2.10	-	2.10	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.890	66
23	VZ	okolici	S	1	6.90	2.75	18.98	+	16.88	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.220	147
24	ZS	negrijanoj prostoriji	l	1	2.75	2.75	7.56	+	7.56	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	6	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.756	26
25	VZ	okolici	J	1	3.58	2.75	9.84	+	9.84	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.460	86
26	VZ	okolici	J	1	3.12	2.75	8.58	+	8.58	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.145	75
27	<b>Rezultati proračuna</b>																					
28	Phi V,inf (W)			2			Phi T,i (W)			975												
29	Phi V,min (W)			80			Phi V,i (W)			952												
30	Phi V,mech,inf			0			Phi V,mech (W)			19												
31	Phi V,su (W)			0			Phi (W)			2115												
32	Phi RH (W)			188			Phi/A (W/m2)			67												
33	Phi/V (W/m3)			26																		
34																						
35																						
36	<b>prizemlje \ stan 1</b>			<b>Prostorija:</b>			<b>P2 0.2 predsoblje</b>															
37	Duljina (m)			13.25			T (m)			0.00												
38	Širina (m)			1.00			Gw			1.15												
39	Površina (m2)			13.25			f g1			1.45												
40	Visina (m)			2.55			Broj otvora			2												
41	Volumen (m3)			33.79			e i			0.02												

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
42	Oplošje (m2)				99.17			f vi			1.00											
43	Visina iznad tla (m)				0.20			V ex (m3/h)			0.00											
44	Theta int, i (°C)				15			V su (m3/h)			0.00											
45	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m3/h)			0.00											
46	f RH				6.00			n min (1/h)			0.50											
47	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																	
48	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>VŠ (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
49	VZ	okolici	J	1	4.61	2.75	12.68	+	12.68	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.170	95
50	VV	negrijanoj prostoriji	S	1	0.95	2.10	1.99	-	1.99	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	3	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.716	21
51	ZS	negrijanoj prostoriji	S	1	4.61	2.75	12.68	+	10.68	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	3	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	1.068	32
52	M	negrijanoj prostoriji	hor.	1	13.25	1.00	13.25	+	13.25	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	- 9	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	3.180	95
53	<b>Rezultati proračuna</b>																					
54	Phi V,inf (W)				1			Phi T,i (W)			244											
55	Phi V,min (W)				17			Phi V,i (W)			172											
56	Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)			7											
57	Phi V,su (W)				0			Phi (W)			495											
58	Phi RH (W)				80			Phi/A (W/m2)			37											
59	Phi/V (W/m3)				14																	
60																						
61																						
62	<b>prizemlje \ stan 1</b>				<b>Prostorija:</b>			<b>P3 0.3 kupaonica</b>														
63	Duljina (m)				7.00			T (m)			0.00											
64	Širina (m)				1.00			Gw			1.15											
65	Površina (m2)				7.00			f g1			1.45											
66	Visina (m)				2.55			Broj otvora			2											
67	Volumen (m3)				17.85			e i			0.02											
68	Oplošje (m2)				54.80			f vi			1.00											
69	Visina iznad tla (m)				0.20			V ex (m3/h)			0.00											
70	Theta int, i (°C)				24			V su (m3/h)			0.00											
71	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m3/h)			0.00											
72	f RH				6.00			n min (1/h)			1.50											
73	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																	
74	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>VŠ (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
75	UZ	grijanoj prostoriji	Z	1	1.15	2.75	3.16	+	3.16	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.324	12
76	UZ	grijanoj prostoriji	Z	1	0.65	2.75	1.79	+	1.79	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.184	7
77	UV	grijanoj prostoriji	S	1	0.82	2.10	1.72	-	1.72	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.212	8
78	UZ	grijanoj prostoriji	S	1	2.60	2.75	7.15	+	5.43	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.557	21
79	UZ	grijanoj prostoriji	S	1	2.60	2.75	7.15	+	7.15	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.733	28
80	M	negrijanoj prostoriji	hor.	1	7.00	1.00	7.00	+	7.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	- 7	1.00	0.79	0.00	0.00	0.00	1.669	65
81	VZ	okolici	J	1	5.35	2.75	14.71	+	14.71	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.678	143

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
82	P	okolici	I	1	0.90	1.50	1.35	-	1.35	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.215	47
83	VZ	okolici	I	1	2.00	2.75	5.50	+	4.15	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.038	40
84	<b>Rezultati proračuna</b>																					
85	Phi V,inf (W)				0				Phi T,i (W)				374									
86	Phi V,min (W)				27				Phi V,i (W)				355									
87	Phi V,mech,inf				0				Phi V,mech (W)				5									
88	Phi V,su (W)				0				Phi (W)				771									
89	Phi RH (W)				42				Phi/A (W/m2)				110									
90	Phi/V (W/m3)				43																	
91																						
92																						
93	<b>prizemlje \ stan 1</b>				<b>Prostorija:</b>				<b>P4 0.4 spavaca soba 1</b>													
94	Duljina (m)				9.11				T (m)				0.00									
95	Širina (m)				1.00				Gw				1.15									
96	Površina (m2)				9.11				f g1				1.45									
97	Visina (m)				2.55				Broj otvora				2									
98	Volumen (m3)				23.23				e i				0.02									
99	Oplošje (m2)				69.78				f vi				1.00									
100	Visina iznad tla (m)				0.20				V ex (m3/h)				0.00									
101	Theta int, i (°C)				20				V su (m3/h)				0.00									
102	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m3/h)				0.00									
103	f RH				6.00				n min (1/h)				0.50									
104	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																	
105	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>V/Š (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
106	ZS	negrijanoj prostoriji	Z	1	2.90	2.75	7.98	+	7.98	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 6	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.798	27
107	VZ	okolici	S	1	2.78	2.75	7.64	+	7.64	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.910	66
108	P	okolici	Z	1	0.90	2.23	2.01	-	2.01	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.809	63
109	VZ	okolici	Z	1	1.55	2.75	4.26	+	2.26	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.565	19
110	M	negrijanoj prostoriji	hor.	1	9.11	1.00	9.11	+	9.11	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	- 8	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	2.186	76
111	<b>Rezultati proračuna</b>																					
112	Phi V,inf (W)				0				Phi T,i (W)				254									
113	Phi V,min (W)				12				Phi V,i (W)				138									
114	Phi V,mech,inf				0				Phi V,mech (W)				6									
115	Phi V,su (W)				0				Phi (W)				446									
116	Phi RH (W)				55				Phi/A (W/m2)				49									
117	Phi/V (W/m3)				19																	
118																						
119																						
120	<b>prizemlje \ stan 1</b>				<b>Prostorija:</b>				<b>P5 0.5 spavaca soba 2</b>													
121	Duljina (m)				10.80				T (m)				0.00									
122	Širina (m)				1.00				Gw				1.15									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
123	Površina (m2)				10.80			f g1				1.45										
124	Visina (m)				2.55			Broj otvora				2										
125	Volumen (m3)				27.54			e i				0.02										
126	Oplošje (m2)				81.78			f vi				1.00										
127	Visina iznad tla (m)				0.20			V ex (m3/h)				0.00										
128	Theta int, i (°C)				20			V su (m3/h)				0.00										
129	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m3/h)				0.00										
130	f RH				6.00			n min (1/h)				0.50										
131	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																	
132	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>V/Š (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
133	VZ	okolici	S	1	2.78	2.75	7.64	+	7.64	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.910	66
134	P	okolici	l	1	3.60	2.55	9.18	-	9.18	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.262	289
135	VZ	okolici	l	1	5.05	2.75	13.89	+	4.71	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.178	41
136	M	negrijanoj prostoriji	hor.	1	10.80	1.00	10.80	+	10.80	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	- 8	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	2.592	90
137	<b>Rezultati proračuna</b>																					
138	Phi V,inf (W)				1			Phi T,i (W)				487										
139	Phi V,min (W)				14			Phi V,i (W)				164										
140	Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)				7										
141	Phi V,su (W)				0			Phi (W)				715										
142	Phi RH (W)				65			Phi/A (W/m2)				66										
143	Phi/V (W/m3)				26																	
144																						
145																						
146	<b>kat \ stan 2</b>				<b>Prostorija:</b>			<b>P1 1.1 dnevni boravak i kuhinja</b>														
147	Duljina (m)				43.47			T (m)				0.00										
148	Širina (m)				1.00			Gw				1.15										
149	Površina (m2)				43.47			f g1				1.45										
150	Visina (m)				2.55			Broj otvora				4										
151	Volumen (m3)				110.85			e i				0.02										
152	Oplošje (m2)				313.74			f vi				1.00										
153	Visina iznad tla (m)				2.95			V ex (m3/h)				0.00										
154	Theta int, i (°C)				20			V su (m3/h)				0.00										
155	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m3/h)				0.00										
156	f RH				6.00			n min (1/h)				1.00										
157	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																	
158	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>V/Š (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
159	VZ	okolici	S	1	7.54	2.75	20.74	+	20.74	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.185	181
160	P	okolici	Z	1	0.90	2.55	2.29	-	2.29	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.061	72
161	VZ	okolici	Z	1	1.60	2.75	4.40	+	2.11	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.528	18
162	ZS	negrijanoj prostoriji	Z	1	2.80	2.75	7.70	+	7.70	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	6	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.770	27

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
163	P	okolici	l	1	3.60	2.55	9.18	-	9.18	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.262	289
164	P	okolici	l	1	0.90	2.55	2.29	-	2.29	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.061	72
165	VZ	okolici	l	1	6.95	2.75	19.11	+	7.64	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.910	66
166	MT	okolici	hor.	1	12.28	1.00	12.28	+	12.28	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.684	128
167	K	okolici	hor.	1	23.00	1.00	23.00	+	23.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.750	201
168	VZ	okolici	J	1	7.30	2.75	20.08	+	20.08	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.020	175
169	<b>Rezultati proračuna</b>																					
170	Phi V,inf (W)				2				Phi T,i (W)				1233									
171	Phi V,min (W)				111				Phi V,i (W)				1319									
172	Phi V,mech,inf				0				Phi V,mech (W)				26									
173	Phi V,su (W)				0				Phi (W)				2812									
174	Phi RH (W)				261				Phi/A (W/m2)				64									
175	Phi/V (W/m3)				25																	
176																						
177																						
178	<b>kat \ stan 2</b>				<b>Prostorija:</b>				<b>P2 1.2 WC</b>													
179	Duljina (m)				2.22				T (m)				0.00									
180	Širina (m)				1.00				Gw				1.15									
181	Površina (m2)				2.22				f g1				1.45									
182	Visina (m)				2.55				Broj otvora				1									
183	Volumen (m3)				5.66				e i				0.01									
184	Oplošje (m2)				20.86				f vi				1.00									
185	Visina iznad tla (m)				2.95				V ex (m3/h)				0.00									
186	Theta int, i (°C)				20				V su (m3/h)				0.00									
187	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m3/h)				0.00									
188	f RH				6.00				n min (1/h)				1.50									
189	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																	
190	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>V/Š (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
191	VZ	okolici	J	1	2.20	2.75	6.05	+	6.05	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.513	52
192	<b>Rezultati proračuna</b>																					
193	Phi V,inf (W)				0				Phi T,i (W)				52									
194	Phi V,min (W)				8				Phi V,i (W)				101									
195	Phi V,mech,inf				0				Phi V,mech (W)				1									
196	Phi V,su (W)				0				Phi (W)				166									
197	Phi RH (W)				13				Phi/A (W/m2)				74									
198	Phi/V (W/m3)				29																	
199																						
200																						
201	<b>kat \ stan 2</b>				<b>Prostorija:</b>				<b>P3 1.3 predsoblje</b>													
202	Duljina (m)				12.20				T (m)				0.00									
203	Širina (m)				1.00				Gw				1.15									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
204	Površina (m2)				12.20			fg1				1.45										
205	Visina (m)				2.55			Broj otvora				4										
206	Volumen (m3)				31.11			e i				0.02										
207	Oplošje (m2)				91.72			f vi				1.00										
208	Visina iznad tla (m)				2.95			V ex (m3/h)				0.00										
209	Theta int, i (°C)				15			V su (m3/h)				0.00										
210	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m3/h)				0.00										
211	f RH				6.00			n min (1/h)				0.50										
212	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																	
213	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m2)	A' (m2)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as (°C)	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
214	VZ	okolici	J	1	4.70	2.75	12.92	+	12.92	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.230	96
215	VV	negrijanoj prostoriji	S	1	0.95	2.10	1.99	-	1.99	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	3	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.716	21
216	ZS	negrijanoj prostoriji	S	1	4.60	2.75	12.65	+	10.65	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	3	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	1.065	32
217	<b>Rezultati proračuna</b>																					
218	Phi V,inf (W)				1			Phi T,i (W)				150										
219	Phi V,min (W)				16			Phi V,i (W)				159										
220	Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)				6										
221	Phi V,su (W)				0			Phi (W)				382										
222	Phi RH (W)				73			Phi/A (W/m2)				31										
223	Phi/V (W/m3)				12																	
224																						
225																						
226	<b>kat \ stan 2</b>				<b>Prostorija:</b>				<b>P4 1.4 spavaca soba 1</b>													
227	Duljina (m)				8.23			T (m)				0.00										
228	Širina (m)				1.00			Gw				1.15										
229	Površina (m2)				8.23			fg1				1.45										
230	Visina (m)				2.55			Broj otvora				2										
231	Volumen (m3)				20.99			e i				0.02										
232	Oplošje (m2)				63.53			f vi				1.00										
233	Visina iznad tla (m)				2.95			V ex (m3/h)				0.00										
234	Theta int, i (°C)				20			V su (m3/h)				0.00										
235	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m3/h)				0.00										
236	f RH				6.00			n min (1/h)				0.50										
237	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																	
238	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m2)	A' (m2)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as (°C)	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
239	VZ	okolici	J	1	4.65	2.75	12.79	+	12.79	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.197	111
240	P	okolici	Z	1	1.00	2.25	2.25	-	2.25	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.025	70
241	VZ	okolici	Z	1	2.55	2.75	7.01	+	4.76	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.190	41
242	<b>Rezultati proračuna</b>																					
243	Phi V,inf (W)				0			Phi T,i (W)				224										



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
244	Phi V,min (W)				10			Phi V,i (W)				125										
245	Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)				5										
246	Phi V,su (W)				0			Phi (W)				398										
247	Phi RH (W)				49			Phi/A (W/m2)				48										
248	Phi/V (W/m3)				19																	
249																						
250																						
251	<b>kat \ stan 2</b>				<b>Prostorija:</b>				<b>P5 1.5 spavaca soba 2</b>													
252	Duljina (m)				11.87			T (m)				0.00										
253	Širina (m)				1.00			Gw				1.15										
254	Površina (m2)				11.87			f g1				1.45										
255	Visina (m)				2.55			Broj otvora				2										
256	Volumen (m3)				30.27			e i				0.02										
257	Oplošje (m2)				89.38			f vi				1.00										
258	Visina iznad tla (m)				2.95			V ex (m3/h)				0.00										
259	Theta int, i (°C)				20			V su (m3/h)				0.00										
260	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m3/h)				0.00										
261	f RH				6.00			n min (1/h)				0.50										
262	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																	
263	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>V/Š (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
264	VZ	okolici	S	1	4.80	2.75	13.20	+	13.20	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.300	115
265	P	okolici	Z	1	1.80	2.25	4.05	-	4.05	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.645	127
266	VZ	okolici	Z	1	2.95	2.75	8.11	+	4.06	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.015	35
267	<b>Rezultati proračuna</b>																					
268	Phi V,inf (W)				1			Phi T,i (W)				278										
269	Phi V,min (W)				15			Phi V,i (W)				180										
270	Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)				7										
271	Phi V,su (W)				0			Phi (W)				529										
272	Phi RH (W)				71			Phi/A (W/m2)				44										
273	Phi/V (W/m3)				17																	
274																						
275																						
276	<b>kat \ stan 2</b>				<b>Prostorija:</b>				<b>P6 1.6 kupaonica</b>													
277	Duljina (m)				5.36			T (m)				0.00										
278	Širina (m)				1.00			Gw				1.15										
279	Površina (m2)				5.36			f g1				1.45										
280	Visina (m)				2.55			Broj otvora				2										
281	Volumen (m3)				13.67			e i				0.02										
282	Oplošje (m2)				43.16			f vi				1.00										
283	Visina iznad tla (m)				2.95			V ex (m3/h)				0.00										
284	Theta int, i (°C)				24			V su (m3/h)				0.00										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
285	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m3/h)					0.00										
286	f RH				6.00			n min (1/h)					1.50										
287	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																		
288	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	VŠ (m)	A (m2)	O	A' (m2)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as (°C)	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
289	P	okolici	S	1	1.20	1.75	2.10	-	2.10	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.890	73
290	VZ	okolici	S	1	2.55	2.75	7.01	+	4.91	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.227	47
291	UZ	grijanoj prostoriji	Z	1	3.00	2.75	8.25	+	8.25	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.846	33	
292	UV	grijanoj prostoriji	J	1	0.82	2.10	1.72	-	1.72	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.212	8	
293	UZ	grijanoj prostoriji	J	1	2.00	2.75	5.50	+	3.78	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.388	15	
294	ZS	negrijanoj prostoriji	I	1	2.70	2.75	7.43	+	7.43	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	8	1.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.762	29	
295	M	grijanoj prostoriji	hor.	1	5.36	1.00	5.36	+	5.36	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.165	6	
296	<b>Rezultati proračuna</b>																						
297	Phi V,inf (W)				0			Phi T,i (W)					214										
298	Phi V,min (W)				21			Phi V,i (W)					272										
299	Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)					4										
300	Phi V,su (W)				0			Phi (W)					518										
301	Phi RH (W)				32			Phi/A (W/m2)					96										
302	Phi/V (W/m3)				37																		
303																							
304																							
305	<b>potkrovlje \ stan 3</b>				<b>Prostorija:</b>			<b>P1 2.1 dnevni boravak i kuhinja</b>															
306	Duljina (m)				35.24			T (m)					0.00										
307	Širina (m)				1.00			Gw					1.15										
308	Površina (m2)				35.24			f g1					1.45										
309	Visina (m)				2.55			Broj otvora					4										
310	Volumen (m3)				89.86			e i					0.02										
311	Oplošje (m2)				255.30			f vi					1.00										
312	Visina iznad tla (m)				5.70			V ex (m3/h)					0.00										
313	Theta int, i (°C)				20			V su (m3/h)					0.00										
314	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m3/h)					0.00										
315	f RH				6.00			n min (1/h)					1.00										
316	Korekcijski faktor - fh,i				1.00																		
317	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	VŠ (m)	A (m2)	O	A' (m2)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as (°C)	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
318	VZ	okolici	J	1	10.80	2.75	29.70	+	29.70	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.425	259	
319	ZS	negrijanoj prostoriji	S	1	3.35	2.75	9.21	+	9.21	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	6	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.921	32	
320	VV	negrijanoj prostoriji	Z	1	0.95	2.10	1.99	-	1.99	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	6	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.716	25	
321	ZS	negrijanoj prostoriji	Z	1	2.85	2.75	7.84	+	5.84	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	6	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.584	20	
322	P	okolici	S	1	0.90	1.75	1.57	-	1.57	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.413	49	
323	VZ	okolici	S	1	5.40	2.75	14.85	+	13.28	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.320	116	
324	P	okolici	I	1	2.40	2.45	5.88	-	5.88	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.292	185	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
325	P	okolici	l	1	0.90	1.75	1.57	-	1.57	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.413	49
326	VZ	okolici	l	1	5.50	2.75	15.13	+	7.67	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.918	67
327	K	okolici	hor.	1	35.24	1.00	35.24		35.24	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.810	308
328	<b>Rezultati proračuna</b>																					
329	Phi V,inf (W)					2		Phi T,i (W)					1113									
330	Phi V,min (W)					90		Phi V,i (W)					1069									
331	Phi V,mech,inf					0		Phi V,mech (W)					21									
332	Phi V,su (W)					0		Phi (W)					2393									
333	Phi RH (W)					211		Phi/A (W/m2)					67									
334	Phi/V (W/m3)					26																
335																						
336																						
337	<b>potkrovlje \ stan 3</b>				<b>Prostorija:</b>				<b>P2 2.2 kupaonica</b>													
338	Duljina (m)					5.36		T (m)					0.00									
339	Širina (m)					1.00		Gw					1.15									
340	Površina (m2)					5.36		f g1					1.45									
341	Visina (m)					2.55		Broj otvora					2									
342	Volumen (m3)					13.67		e i					0.02									
343	Oplošje (m2)					43.16		f vi					1.00									
344	Visina iznad tla (m)					5.70		V ex (m3/h)					0.00									
345	Theta int, i (°C)					24		V su (m3/h)					0.00									
346	Theta e (°C)					- 15		V su,i (m3/h)					0.00									
347	f RH					6.00		n min (1/h)					1.50									
348	Korekcijski faktor - fh,i					1.00																
349	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>V/Š (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
350	K	okolici	hor.	1	5.36	1.00	5.36	+	5.36	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.340	52
351	VZ	grijanoj prostoriji	Z	1	3.00	2.75	8.25	+	8.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.212	8
352	UV	grijanoj prostoriji	J	1	0.82	2.10	1.72	-	1.72	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.212	8
353	UZ	grijanoj prostoriji	J	1	2.00	2.75	5.50	+	3.78	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.388	15
354	ZS	negrijanoj prostoriji	l	1	2.70	2.75	7.43	+	7.43	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	8	1.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.762	29
355	<b>Rezultati proračuna</b>																					
356	Phi V,inf (W)					0		Phi T,i (W)					113									
357	Phi V,min (W)					21		Phi V,i (W)					272									
358	Phi V,mech,inf					0		Phi V,mech (W)					4									
359	Phi V,su (W)					0		Phi (W)					417									
360	Phi RH (W)					32		Phi/A (W/m2)					77									
361	Phi/V (W/m3)					30																
362																						
363																						
364	<b>potkrovlje \ stan 3</b>				<b>Prostorija:</b>				<b>P3 2.3 spavaca soba</b>													
365	Duljina (m)					21.80		T (m)					0.00									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
366	Širina (m)					1.00		Gw					1.15									
367	Površina (m2)					21.80		f g1					1.45									
368	Visina (m)					2.55		Broj otvora					3									
369	Volumen (m3)					55.59		e i					0.02									
370	Oplošje (m2)					159.88		f vi					1.00									
371	Visina iznad tla (m)					5.70		V ex (m3/h)					0.00									
372	Theta int, i (°C)					20		V su (m3/h)					0.00									
373	Theta e (°C)					- 15		V su,i (m3/h)					0.00									
374	f RH					6.00		n min (1/h)					0.50									
375	Korekcijski faktor - fh,i					1.00																
376	<b>OZ</b>	<b>Stijena prema</b>	<b>SS</b>	<b>Br</b>	<b>Duž. (m)</b>	<b>V/Š (m)</b>	<b>A O (m2)</b>	<b>A' (m2)</b>	<b>P</b>	<b>B'</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>Ueq</b>	<b>Theta u/as (°C)</b>	<b>ek</b>	<b>bu</b>	<b>fij</b>	<b>fg2</b>	<b>TM</b>	<b>H T,i (W/K)</b>	<b>Phi T,i (W)</b>	
377	VZ	okolici	S	1	4.90	2.75	13.48	+	13.48	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.370	118
378	VZ	okolici	J	1	4.90	2.75	13.48	+	13.48	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.370	118
379	P	okolici	l	1	1.00	2.25	2.25	-	2.25	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.025	70
380	P	okolici	l	1	1.80	2.25	4.05	-	4.05	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.645	127
381	VZ	okolici	l	1	5.55	2.75	15.26	+	8.96	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.240	78
382	K	okolici	hor.	1	21.80	1.00	21.80	+	21.80	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	- 15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.450	190
383	<b>Rezultati proračuna</b>																					
384	Phi V,inf (W)					1		Phi T,i (W)					703									
385	Phi V,min (W)					28		Phi V,i (W)					331									
386	Phi V,mech,inf					0		Phi V,mech (W)					13									
387	Phi V,su (W)					0		Phi (W)					1164									
388	Phi RH (W)					131		Phi/A (W/m2)					53									
389	Phi/V (W/m3)					20																
390																						

**Prilog 2 - Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje  $Q_{h,nd}$  prema HRN  
EN ISO 13790**

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	-
broj dana	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	-
t	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	h
$\theta_{e,m}$	-0.8	1.9	5.9	10.6	15.3	18.5	20.1	19.3	15.8	10.5	5.3	0.9	°C
Qtr,m	3029.337	2379.283	2048.827	1317.103	673.1861	198.2736	0	87.80688	580.6584	1375.641	2067.71	2780.551	kWh/mj
Qve,m	547.9605	430.3757	370.6013	238.2437	121.769	35.86464	0	15.88291	105.0322	248.8323	374.017	502.9589	kWh/mj
Qht	3577.298	2809.659	2419.428	1555.347	794.9551	234.1382	0	103.6898	685.6906	1624.473	2441.727	3283.51	kWh/mj
Qint,m	805.566	727.608	805.566	779.58	805.566	779.58	805.566	805.566	779.58	805.566	779.58	805.566	kWh/mj
Qsol,m	467.4068	727.0377	1270.835	1700.9	2113.431	2188.534	2314.95	2036.922	1564.458	1068.116	520.6675	345.7151	kWh/mj
Qh,gn	1272.973	1454.646	2076.401	2480.48	2918.997	2968.114	3120.52	2842.488	2344.038	1873.682	1300.247	1151.281	kWh/mj
Yh	0.355848	0.51773	0.85822	1.594808	3.671901	12.67676	0	27.41338	3.418507	1.153409	0.532511	0.350625	-
$\eta$	0.999688	0.99626	0.936594	0.619446	0.272325	0.078885	1	0.036479	0.292502	0.809432	0.995532	0.999718	-
Qh,nd,con	2304.722	1360.454	474.6835	18.82228	0.038813	1.53E-06	0	2.38E-09	0.055204	107.8556	1147.29	2132.553	kWh/mj

Qh,nd = 7546.474 kWh/a **godišnja potrebna toplina za grijanje**

Q''h,nd = 34.84865 kWh/m<sup>2</sup>a **godišnja potrebna toplina za grijanje po kvadratu korisne površine grijanog prostora**

**Prilog 3 - Određivanje potrebne površine solarnih kolektora prema HRN EN 15316-4-3**

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	-
broj dana	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	dan
broj sati tm	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	h
broj sekundi	2678400	2419200	2678400	2592000	2678400	2592000	2678400	2678400	2592000	2678400	2592000	2678400	s
θe,m,avg	-0.8	1.9	5.9	10.6	15.3	18.5	20.1	19.3	15.8	10.5	5.3	0.9	°C
Hs,g,ic	166	246	398	498	593	603	642	587	484	359	183	119	MJ/m2
Im	61.9773	101.687	148.596	192.13	221.4008	232.639	239.695	219.1607	186.7284	134.0352	70.60185	44.4295	W/m2
Esol	46.1111	68.3333	110.556	138.333	164.7222	167.5	178.333	163.0556	134.4444	99.72222	50.83333	33.0556	kWh/m2
θref	104.356	100.792	95.512	89.308	83.104	78.88	76.768	77.824	82.444	89.44	96.304	102.112	°C
ΔT	105.156	98.892	89.612	78.708	67.804	60.38	56.668	58.524	66.644	78.94	91.004	101.212	K
Qw,sol,us,m	994.583	898.333	994.583	962.5	994.5833	962.5	994.583	994.5833	962.5	994.5833	962.5	994.583	kWh
X	3.6022	3.38763	3.06973	2.69621	2.322681	2.06837	1.94121	2.004787	2.282944	2.704154	3.117416	3.4671	-
Y	0.45331	0.74375	1.08686	1.40527	1.61936	1.70156	1.75317	1.602975	1.36576	0.980354	0.516393	0.32496	-
Qw,sol,out,m	206.205	394.459	670.348	827.457	968.612	982.454	1041.76	980.0685	831.7259	627.5487	273.2129	104.958	kWh
Q'w,sol,out,m	206.205	394.459	670.348	827.457	968.612	962.5	994.583	980.0685	831.7259	627.5487	273.2129	104.958	kWh
f	0.20733	0.4391	0.674	0.8597	0.973887	1.02073	1.04744	0.985406	0.864131	0.630966	0.283858	0.10553	-
f stv	0.20733	0.4391	0.674	0.8597	0.973887	1	1	0.985406	0.864131	0.630966	0.283858	0.10553	-
mj udio insolacije	0.03403	0.05043	0.08159	0.10209	0.121566	0.12362	0.13161	0.120336	0.099221	0.073596	0.037515	0.0244	-
mj rad pumpe	68.0607	100.861	163.182	204.182	243.1324	247.232	263.223	240.6724	198.442	147.1915	75.03075	48.7905	h
el.en pumpe	3.60722	5.34563	8.64863	10.8216	12.88602	13.1033	13.9508	12.75564	10.51743	7.801148	3.97663	2.5859	kWh

**Qw,sol,out,g,korig.**

= **7841.68** kWh/a

**godišnja toplina isporučena u sustav**

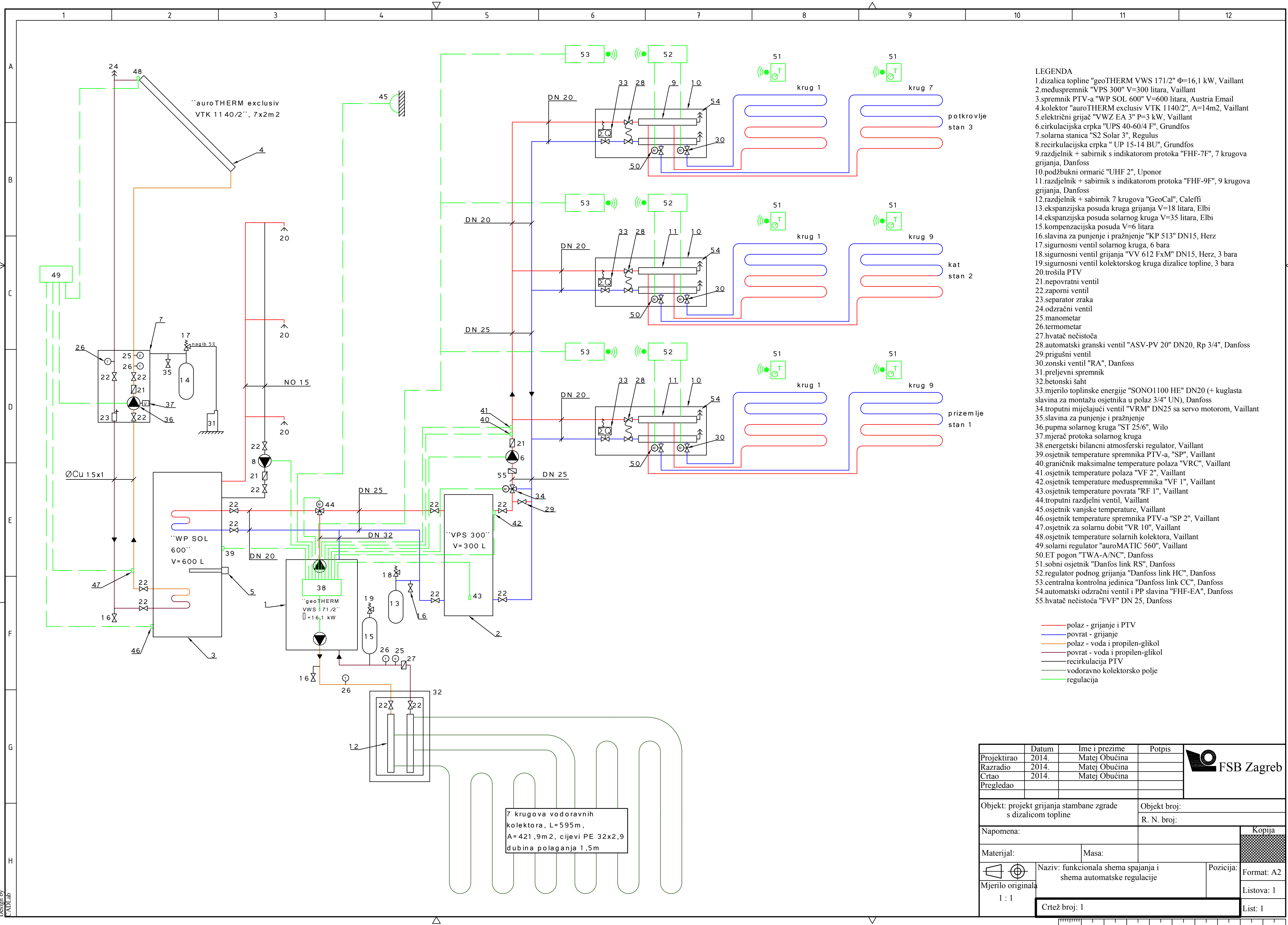
**Pel,g**

= **106** kWh/a

**godišnja potrošnja energije za pogon pumpe**



## **Prilog 4 – Tehnički nacrti**

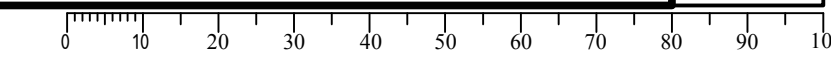


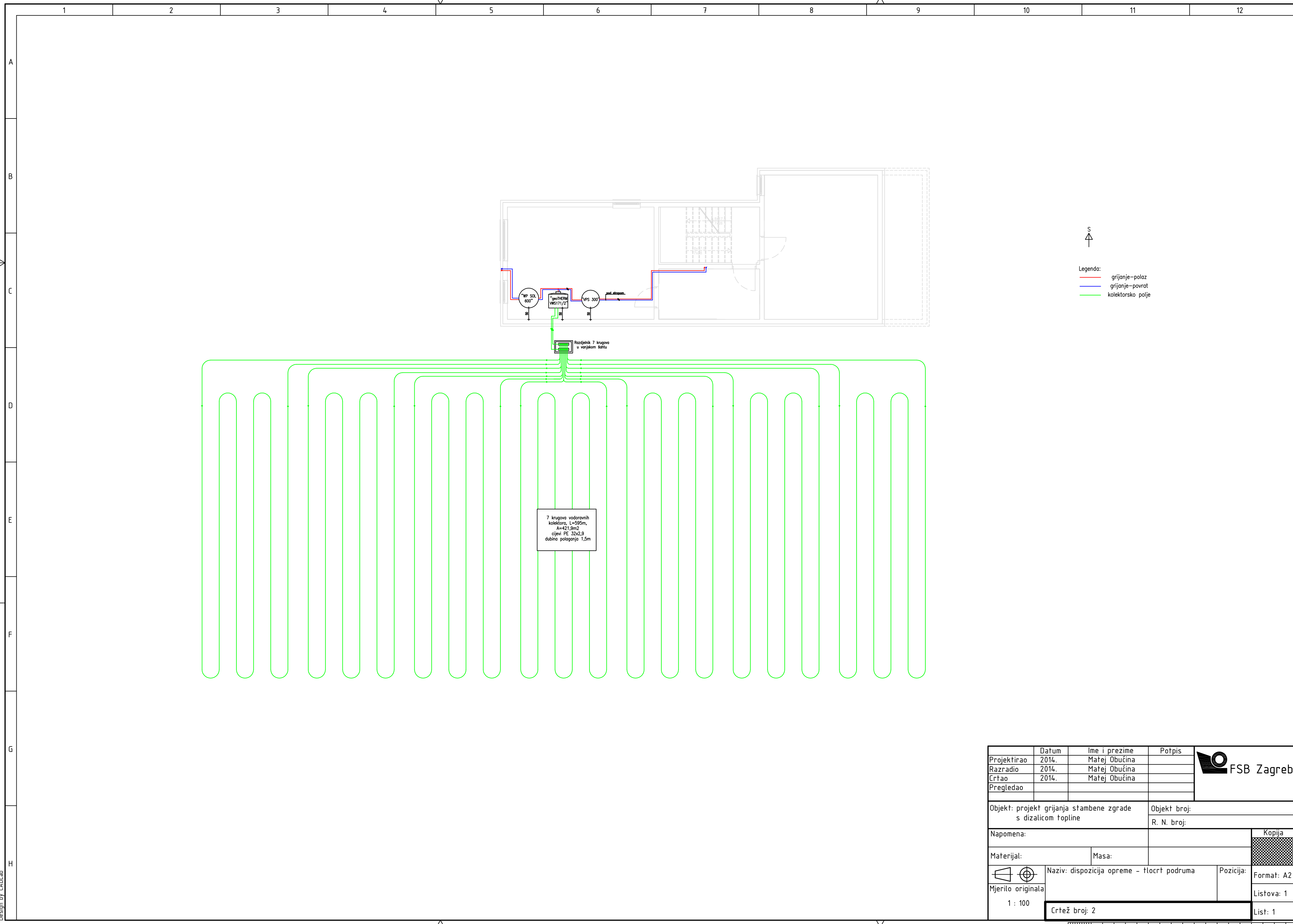
- LEGENDA**
- dizalica topline "geoTHERM VWS 171/2"  $\Phi=16,1$  kW, Vaillant
  - meduspremnik "VPS 300" V=300 litara, Vaillant
  - spremnik PTV-a "WP SOL 600" V=600 litara, Austria Email
  - kolector "auroTHERM exclusiv VTK 1140/2", A=14m<sup>2</sup>, Vaillant
  - električni grijač "VWZ EA 3" P=3 kW, Vaillant
  - cirkulacijska crpka "UPS 40-60/4 F", Grundfos
  - solarna stanica "S2 Solar 3", Regulus
  - recirkulacijska crpka "UP 15-14 BU", Grundfos
  - razdjelnik + sabirnik s indikatorom protoka "FHF-7F", 7 krugova grijanja, Danfoss
  - podžbukni ormarić "UHF 2", Uponor
  - razdjelnik + sabirnik s indikatorom protoka "FHF-9F", 9 krugova grijanja, Danfoss
  - razdjelnik + sabirnik 7 krugova "GeoCal", Caleffi
  - ekspanzijska posuda kruga grijanja V=18 litara, Elbi
  - ekspanzijska posuda solarnog kruga V=35 litara, Elbi
  - kompensacijska posuda V=6 litara
  - slavina za punjenje i pražnjenje "KP 513" DN15, Herz
  - sigurnosni ventil solarnog kruga, 6 bara
  - sigurnosni ventil grijanja "VV 612 FxM" DN15, Herz, 3 bara
  - sigurnosni ventil kolektorskog kruga dizalice topline, 3 bara
  - trošila PTV
  - nepovratni ventil
  - zaporni ventil
  - separator zraka
  - odzračni ventil
  - manometar
  - termometar
  - hvatač nečistoća
  - automatski granski ventil "ASV-PV 20" DN20, Rp 3/4", Danfoss
  - prigušni ventil
  - zonski ventil "RA", Danfoss
  - preljevni spremnik
  - betonski šaht
  - mjerilo toplinske energije "SONO1100 HE" DN20 (+ kuglasta slavina za montažu osjetnika u polaz 3/4" UN), Danfoss
  - troputni miješajući ventil "VRM" DN25 sa servo motorom, Vaillant
  - slavina za punjenje i pražnjenje
  - pupma solarnog kruga "ST 25/6", Wilo
  - mjerjač protoka solarnog kruga
  - energetski bilancni atmosferski regulator, Vaillant
  - osjetnik temperature spremnika PTV-a, "SP", Vaillant
  - graničnik maksimalne temperature polaza "VRC", Vaillant
  - osjetnik temperature polaza "VF 2", Vaillant
  - osjetnik temperature meduspremnika "VF 1", Vaillant
  - osjetnik temperature povrata "RF 1", Vaillant
  - troputni razdjelni ventil, Vaillant
  - osjetnik vanjske temperature, Vaillant
  - osjetnik temperature spremnika PTV-a "SP 2", Vaillant
  - osjetnik za solarnu dobit "VR 10", Vaillant
  - osjetnik temperature solarnih kolektora, Vaillant
  - solarni regulator "auroMATIC 560", Vaillant
  - ET pogon "TWA-A/NC", Danfoss
  - sobni osjetnik "Danfos link RS", Danfoss
  - regulator podnog grijanja "Danfoss link HC", Danfoss
  - centralna kontrolna jedinica "Danfoss link CC", Danfoss
  - automatski odzračni ventil i PP slavina "FHF-EA", Danfoss
  - hvatač nečistoća "FVF" DN 25, Danfoss

- polaz - grijanje i PTV
- povrat - grijanje
- polaz - voda i propilen-glikol
- povrat - voda i propilen-glikol
- recirkulacija PTV
- vodoravno kolektorsko polje
- regulacija

7 krugova vodoravnih kolektora, L=595m, A=421,9m<sup>2</sup>, cijevi PE 32x2,9 dubina polaganja 1,5m

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	2014.	Matej Obućina		
Crtao	2014.	Matej Obućina		
Pregledao				
Objekt: projekt grijanja stambane zgrade s dizalicom topline		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		
Mjerilo originala	Naziv: funkcionala shema spajanja i shema automatske regulacije		Pozicija:	Format: A2
1 : 1	Crtež broj: 1			Listova: 1
				List: 1



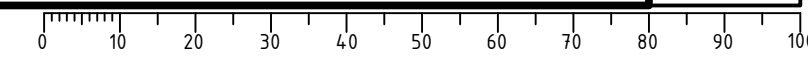


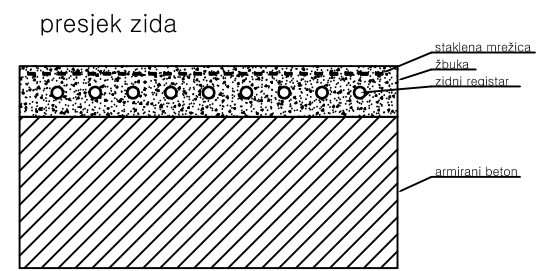
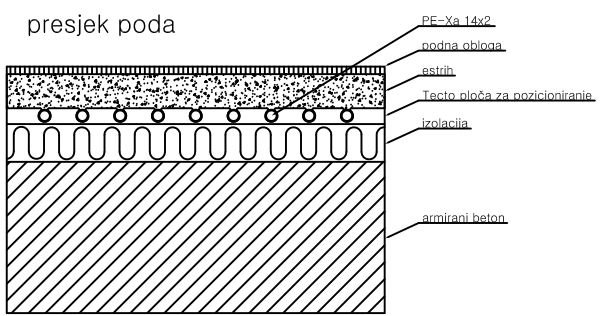
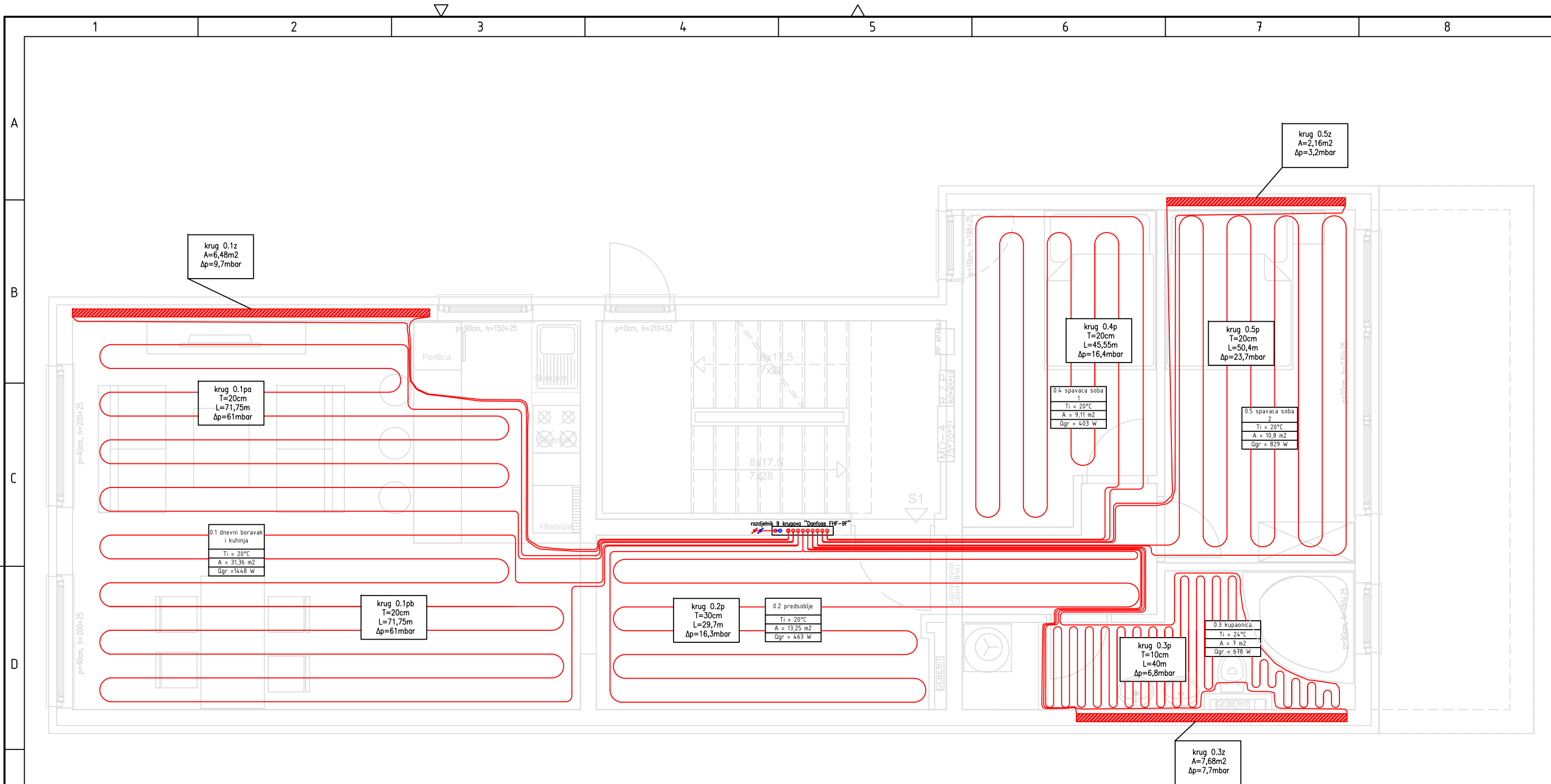
7 krugova vodoravnih kolektora, L=595m, A=421,9m<sup>2</sup> cijeni PE 32x2,9 dubina polaganja 1,5m



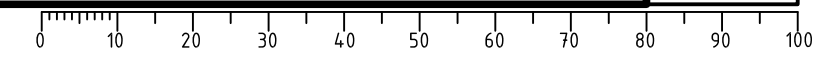
Legenda:  
 — grijanje-polaz  
 — grijanje-povrat  
 — kolektorsko polje

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	2014.	Mađej Obućina		
Crtao	2014.	Mađej Obućina		
Pregledao				
Objekt: projekt grijanja stambene zgrade s dizalicom topline		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:			Kopija	
Materijal:		Masa:		
		Naziv: dispozicija opreme - tlocrt podruma		Pozicija:
Mjerilo originala				Format: A2
1 : 100		Crtež broj: 2		Listova: 1
				List: 1

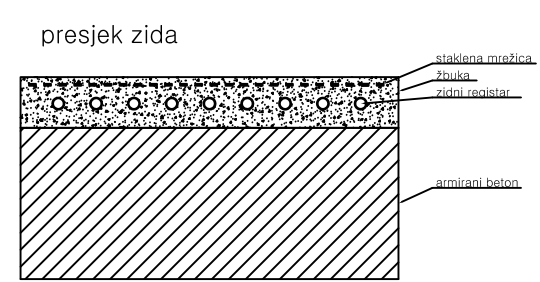
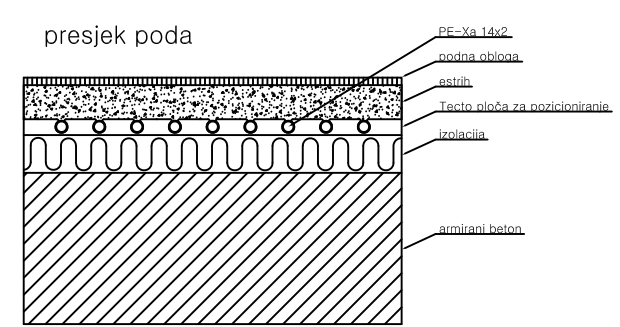
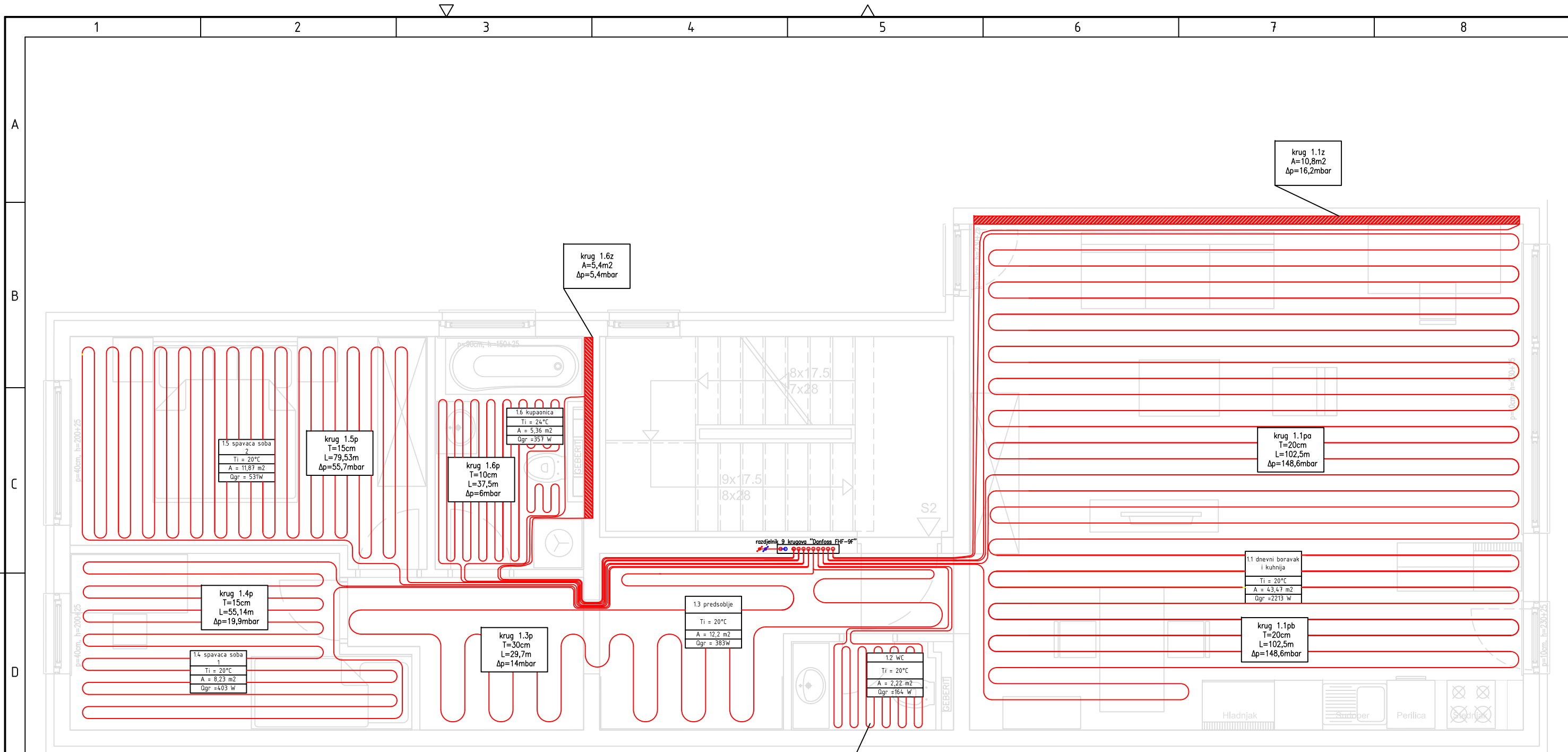




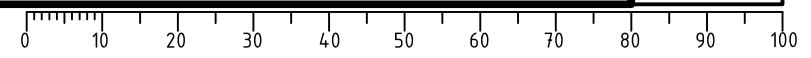
Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	2014.	Matej Obućina		
Crtao	2014.	Matej Obućina		
Pregledao				
Objekt: projekt grijanja stambene zgrade s dizalicom topline			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		
Mjerilo originala		Naziv: dispozicija opreme - tlocrt prizemlja	Pozicija:	Format: A3
1 : 50		Crtež broj: 3		Listova: 1
				List: 1



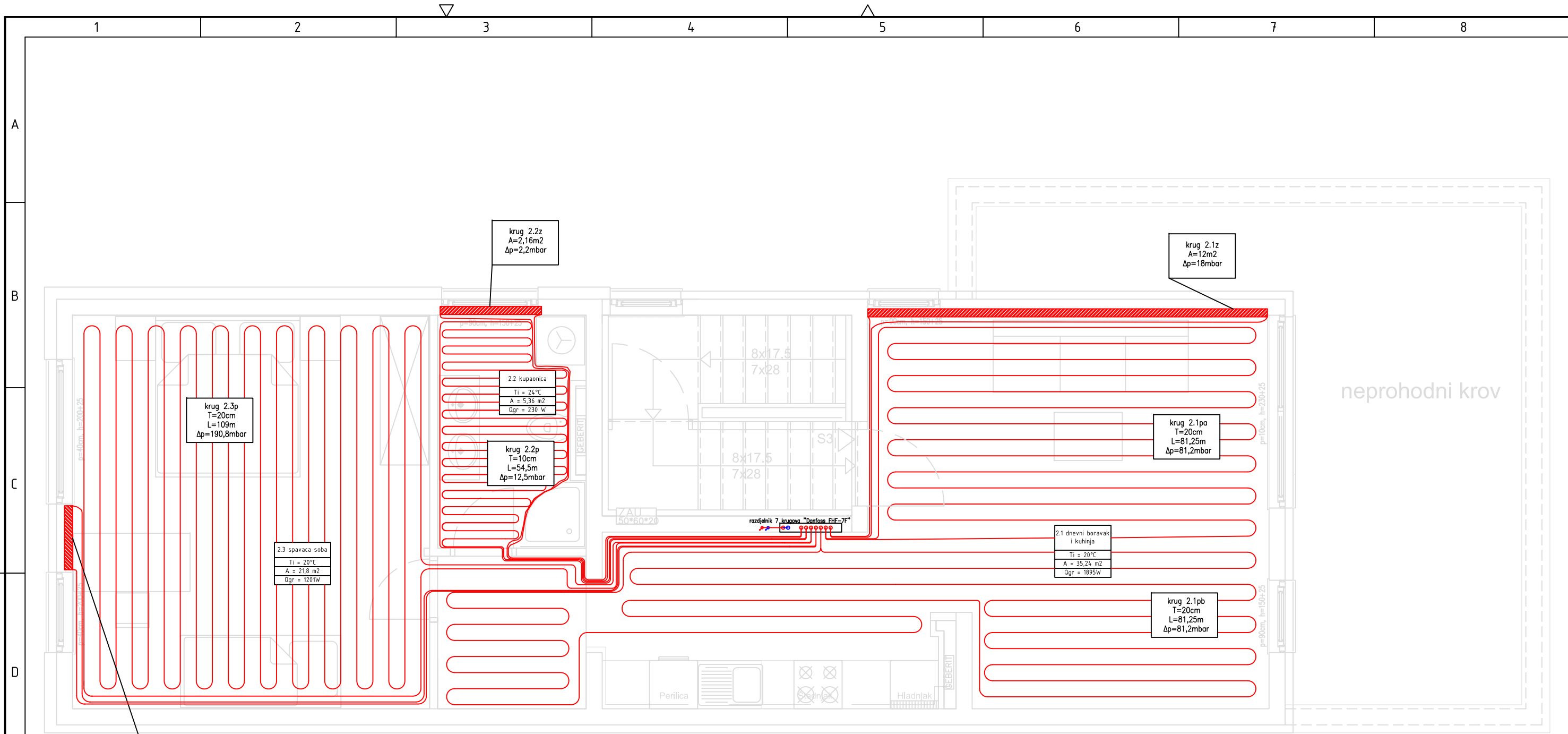
Design by CADLab



Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	2014.	Matej Obućina		
Crtao	2014.	Matej Obućina		
Pregledao				
Objekt: projekt grijanja stambene zgrade s dizalicom topline			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		
Naziv: dispozicija opreme - tlocrt kata			Pozicija:	Format: A3
Mjerilo originala				Listova: 1
1 : 50			Crtež broj: 4	List: 1



Design by CADLab



krug 2.3z  
A=2,4m<sup>2</sup>  
Δp=3,6mbar

krug 2.3p  
T=20cm  
L=109m  
Δp=190,8mbar

2.3 spavaca soba  
Ti = 20°C  
A = 21,8 m<sup>2</sup>  
Qgr = 1201W

2.2 kupaonica  
Ti = 24°C  
A = 5,36 m<sup>2</sup>  
Qgr = 230 W

krug 2.2p  
T=10cm  
L=54,5m  
Δp=12,5mbar

krug 2.2z  
A=2,16m<sup>2</sup>  
Δp=2,2mbar

razdjelnik 7 krugova "Danfoss FHF-7"

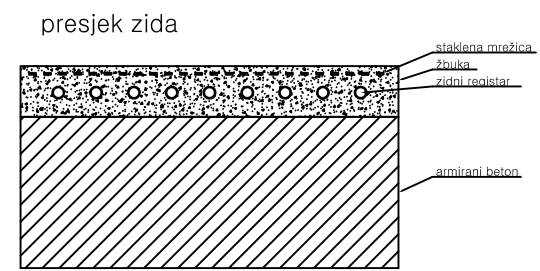
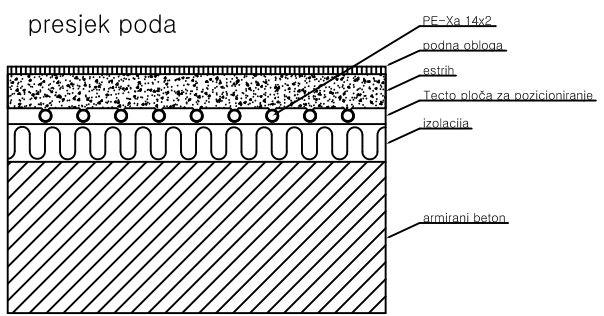
2.1 dnevni boravak i kuhinja  
Ti = 20°C  
A = 35,24 m<sup>2</sup>  
Qgr = 1895W

krug 2.1pb  
T=20cm  
L=81,25m  
Δp=81,2mbar

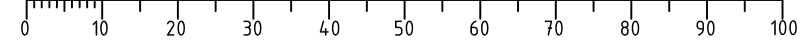
krug 2.1pa  
T=20cm  
L=81,25m  
Δp=81,2mbar

krug 2.1z  
A=12m<sup>2</sup>  
Δp=18mbar

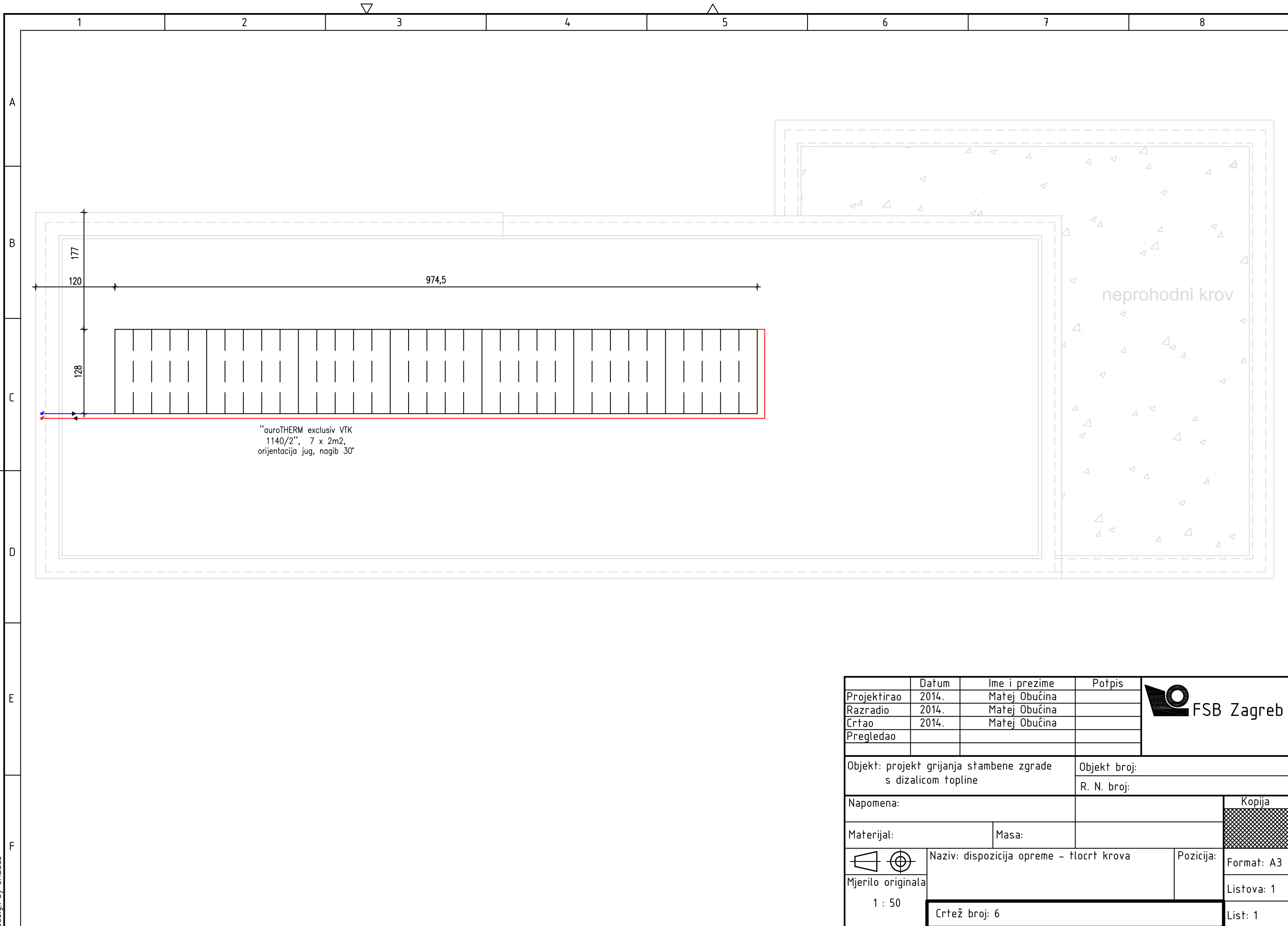
neprohodni krov



Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	2014.	Matej Obučina		
Crtao	2014.	Matej Obučina		
Pregledao				
Objekt: projekt grijanja stambene zgrade s dizalicom topline			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		
Mjerilo originala	Naziv: dispozicija opreme - tlocrt potkrovlja		Pozicija:	Format: A3
1 : 50	Crtež broj: 5			Listova: 1
				List: 1



Design by CADLab



Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	2014.	Matej Obućina		
Crtao	2014.	Matej Obućina		
Pregledao				
Objekt: projekt grijanja stambene zgrade s dizalicom topline			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		
	Naziv: dispozicija opreme - tlocrt krova		Pozicija:	Format: A3
Mjerilo originala				Listova: 1
1 : 50	Crtež broj: 6			List: 1

