

PROJEKTIRANJE SUSTAVA CENTRALNOG GRIJANJA ZA OBITELJSKU KUĆU

Mahnet, Tomislav

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:607728>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Specijalistički diplomski studij strojarstva
Proizvodno strojarstvo

Tomislav Mahnet

**PROJEKTIRANJE SUSTAVA
CENTRALNOG GRIJANJA ZA
OBITELJSKU KUĆU**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: dr. sc. Nenad Mustapić, prof. v. š.

Karlovac, 2020.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trig J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni /specijalistički studij: Specijalistički diplomski studij strojarstva
(označiti)

Usmjerenje: Proizvodni smjer

Karlovac, 25.06.2020.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Tomislav Mahnet

Matični broj: 0111408009

Naslov: Projektiranje sustava centralnog grijanja za obiteljsku kuću

Opis zadatka: Izraditi projekt sustava grijanja i hlađenja za potrebe obiteljske kuće smještene na području grada Zagreba.

Kao izvor topline za grijanje i pripremu potrošne tople vode predvidjeti nisko temperaturni plinski uređaj. Za zagrijavanje predvidjeti sustav radijatorskog i podnog grijanja, a pripremu potrošne tople vode riješiti u izvedbi akumulacijskog sustava sa solarnim panelima. Izraditi proračune za izbor opreme, toplinsku bilancu, te tehnički opis funkcioniranja sustava. Nacrtati kompletni sustav za grijanje zgrade, hlađenje zgrade, ventilaciju zgrade i pripremu potrošne tople vode uključujući funkcionalnu shemu spajanja, shematski prikaz instalacija i dispoziciju opreme.

Zadatak zadan:
24.09.2019.

Rok predaje rada:
25.06.2020.

Predviđeni datum obrane:
02.07.2020.

.....
Mentor:

.....
Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad napisao samostalno i to uz pomoć stručne i relevantne literature te provjerenih informacija sa Interneta. Zahvaljujem mentoru na savjetima, strpljenju i znanju koje mi je prenio. Hvala mojoj obitelji koja me je podupirala prilikom izrade diplomskog rada.

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad predstavlja rješenje sustava grijanja, hlađenja i ventilacije obiteljske kuće smještene u Zagrebu. Stambeni prostor je korisne površine 139 m² kojeg čine prizemlje i kat.

Pomoću crteža i shematskih prikaza napravljena je definicija veličine obiteljske kuće i sam raspored prostorija u njoj. Uvodni dio sastoji se od navođenja općih značajki grijanja s naglaskom na karakteristike centralnog grijanja i njegovih značajki. Analiziraju se i toplinski izvori u sustavima grijanja. Prilikom razrade zadatka prikazan je proces sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode kakav je potreban da bi se izvela instalacija jedne obiteljske kuće. Nakon izrade proračuna pristupilo se dimenzioniranju sustava te je odabrana i razrađena sva potrebna oprema za izvedbu instalacije grijanja i potrošne tople vode. U projektnom rješenju je odabran plinski kondenzacijski kotao sa spremnikom za toplu vodu. Grijanje se kao kombinacija radijatorskog i podnog grijanja, dok je zagrijavanje tople vode predviđeno pomoću solarnih kolektora. Hlađenje je predviđeno samo u dnevnom boravku i blagovaonici jer se tamo provodi najviše vremena, a to je ujedno i prostor sa najviše dobitaka topline. Ventilacija je predviđena u svim kupaonicama uglavnom zbog odsisa otpadnog zraka zimi. Na kraju rada izvodi se sveobuhvatan zaključak. Za proračune toplinskih gubitaka zgrade (zima) koriste se norme HRN EN 12831. Vanjska projektna temperatura za Zagreb je -18°C.

Ključne riječi: *grijanje, centralno grijanje, potrošna topla voda, solarno grijanje, hlađenje, ventilacija, obiteljska kuća.*

ABSTRACT

This graduate thesis represents the solution of the heating, cooling and ventilation system of a family house located in Zagreb. Living space is 139 m² of living space, consisting of ground floor and first floor. Drawings and schematic diagrams make the definition of the size of a family house and the space between them alone. The introductory part consists of providing general heating features with an emphasis on the characteristics of central heating and its features. Heat sources are also analyzed in heating systems. When elaborating a task, the process of heating system and consumable hot water is shown as needed to perform installation of a family house. After the calculation was made, the dimensioning of the system was started and all necessary equipment for the installation of the heating system and consumable hot water was selected and elaborated. The design solution selected gas condensing boiler with hot water tank. Heating is a combination of radiator and floor heating, while hot water heating is provided by solar collectors. Cooling is provided only in the living room and dining room because it spends the most time there, and it is also the area with the most heat gains. Ventilation is provided in all bathrooms mainly due to the extraction of waste air in winter. At the end of the work, a comprehensive conclusion is made. HRN EN 12831 norms are used for heat loss calculations (winter), and VDI 2078 norms are used for building thermal gain calculations (summer). Zagreb's outdoor design temperature is -18°C.

Keywords: *heating, central heating, consumable hot water, solar heating, cooling, ventilation, family house.*

SADRŽAJ

| | |
|---|-----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORETSKE OSNOVE | 3 |
| 2.1. Opće značajke grijanja s osvrtom na povijesni razvoj | 3 |
| 2.2. Karakteristike centralnog grijanja | 5 |
| 2.3. Podjela i glavni sustavi centralnog grijanja | 5 |
| 2.4. Energenti u sustavima grijanja | 12 |
| 2.5. Toplinski izvori u sustavima grijanja | 21 |
| 2.5.1. Kotlovi kao neizravni izvori topline | 22 |
| 2.5.2. Sustav grijalica, plinskih peći i plinskih zagrijača zraka | 25 |
| 2.5.3. Sustav solarne energije | 27 |
| 2.5.4. Toplinske crpke | 30 |
| 2.5.5. Toplinarski sustavi | 32 |
| 3. POSTAVKA ZADATKA | 33 |
| 3.1. Opis zadatka | 33 |
| 3.2. Opis objekta | 33 |
| 4. RAZRADA ZADATKA | 34 |
| 4.1. Proračun toplinskog opterećenja | 34 |
| 4.2. Dimenzioniranje podnog grijanja | 52 |
| 4.3. Proračun toplinskih dobitaka | 64 |
| 4.4 Ventilacija | 73 |
| 4.5. Solarni sustav za pripremu PTV | 77 |
| 4.6. Odabir ogrjevnih tijela | 88 |
| 4.7. Dimenzioniranje cijevnog razvoda | 89 |
| 4.8. Odabir recirkulacijske pumpe PTV-a | 90 |
| 4.9. Odabir kotla | 92 |
| 4.10. Odabir ekspanzijske posude grijanja | 93 |
| 4.11. Odabir ekspanzijske posude PTV-a | 95 |
| 5. POPIS OPREME | 96 |
| 6. ZAKLJUČAK | 99 |
| 7. POPIS LITERATURE | 101 |
| 8. PRILOZI | 102 |

| | |
|--|-----|
| 8.1. Popis oznaka i mjernih jedinica | 102 |
| 8.2. Popis slika | 107 |
| 8.3. Popis tablica | 108 |
| 8.4. Popis dijagrama..... | 109 |

PRIVITAK

1. UVOD

Kroz povijest je čovjek imao potrebu za grijanjem te su se kroz povijest koristili razni načini grijanja. Uglavnom, ljudi su se grijali oko ognjišta koje je bilo smješteno u sredini prostorije kako je to prikazano na slici 1. U današnje vrijeme najčešće se koriste sljedeći načini grijanja:

- a) plinsko
- b) električno
- c) solarno
- d) na loživo ulje
- e) na kruta goriva (drva, ugljen)
- f) drugi načini



Slika 1. Prikaz prostorije s ognjištem

Važno je naglasiti kako je za dobru udobnost boravka u zatvorenoj prostoriji potrebno uspostaviti ravnotežno stanje između ljudskog tijela i okolnog zraka jer u protivnom dolazi do osjećaja nelagode. Da bi se postiglo takvo stanje zrak u prostoriji treba imati adekvatnu temperaturu i vlažnost uz uvjetno gibanje. Za sustav centralnog grijanja karakteristično je to što ono ima razne izvedbe i načine u pogledu toga kako najbolje zagrijati prostorije uz što manju potrošnju energije.

Cilj kod svakog centralnog grijanja je isti, no postoje različite izvedbe – ovisno o objektu i njegovoj okolini. Uvođenje centralnog grijanja je složen i kompleksan proces te ga svakako treba pomno isplanirati. Izvedba centralnog grijanja može biti izvedena na razne načine, no u većini slučajeva sustav se temelji na protoku zagrijanog fluida koji prenosi toplinu od izvora do toplinskog tijela. Primarni elementi procesa centralnog grijanja su kotao, cijevi i grijača tijela, no postoje razne druge varijacije kao i vrste različitih tipova pojedinog elementa sustava. Kao izvor topline mogu se koristiti kruta, tekuća i plinovita goriva ili se djelomično može koristiti alternativna energija.

Cilj i svrha ovog diplomskog rada je da se prikaže proces izrade tehničkog projekta centralnog grijanja obiteljske kuće te da se analiziraju i objasne glavni tehnički pojmovi vezani uz sustave centralnog grijanja. U radu će se prikazati primjer projektiranja sustava plinskog centralnog grijanja za obiteljsku kuću u Zagrebu.

2. TEORETSKE OSNOVE

2.1. Opće značajke grijanja s osvrtom na povijesni razvoj

Kada se spomene prvi sustav grijanja, onda se uz to može povezati izlaganje Sunčevim zrakama, dok je pronalaskom vatre čovjeku omogućena zaštita od hladnog vremena. Kao prvo centralno grijanje može se smatrati hipokaust (slika 2.), antički uređaj za grijanje. Ispod prostorija, koje su se trebale grijati, bio je posebni podrum, takozvani hipokaust sa stupovima visokim 740 mm od opeke ili glinenih cijevi. Na stupovima su bile postavljene ploče od opeke koje su nosile od 150 do 200 mm debeli strop. Ložište je bilo postavljeno pored zgrade. Gorivo je bilo drvo ili drveni ugljen. Vrući dimni plinovi strujali su između stupova hipokausta i odvodili se kroz otvore u zidovima. Kad su stupovi, a djelomično i strop bili dovoljno zagrijani, obustavilo se loženje, zatvarali su se otvori za odvod dima, a otvarali otvori u podu ili u zidovima prostorije. Tada se dovodio u prostoriju svježi vanjski zrak, koji se zagrijavao pri prolazu pored usijanih stupova hipokausta. Radilo se o sustavima centralnog toplozračnog površinskog grijanja te su bili poznati pod nazivom „hipokaustično grijanje“. Rimska vila prikazana na slici 3. je jedan od prvih primjera takvog grijanja.



Slika 2. Hipokaust



Slika 3. Rimska vila grijana uz hipokaust

Za vrijeme srednjeg vijeka nije zabilježen neki značajniji pomak u razvoju tehnike grijanja te se kao izvor topline u nastambama običnog naroda služi otvoreno ognjište postavljeno u središtu prostorije. U kućama u kojima je obitavao viši sloj društva bio je postavljen otvoreni kamin u prostoriji u kojoj se najviše boravilo. Ostale se prostorije nisu grijale ili su se grijale tako što je kroz njih prolazio dimnjak.

U Njemačkoj se u 12. stoljeću izvodi centralno grijanje toplim zrakom na taj način da se zrak zagrijavao u pećima koje su bile napunjene kamenjem. Kamenje se je najprije zagrijalo pomoću klasičnog goriva, a dim je odlazio kroz dimnjak. Kad se kamenje užarilo, vatra je ugašena, a u ložište se puštao zrak. Zagrijani zrak strujao je u prostoriju kroz podne otvore. Prvo veliko poboljšanje su predstavljale kaljeve peći, koje su se uz neke izmjene održale do danas. Do značajnijih promjena dolazi u 18. stoljeću gdje je u Švedskoj izveden prvi sustav centralne pripreme potrošne tople vode, a u Engleskoj prvi sustav parnog grijanja. Tlak je pare u početku iznosio od 1 do 2 bara pretlaka, dok je niskotlačno parno grijanje izvedeno kasnije. Para se za grijanje zadržala sve do danas naročito u industriji, ali se za grijanje stanova, škola, bolnica i sličnih objekata upotrebljava sve manje, jer se potiskuje kao mnogo pogodnija topla i vrela voda naročito pri prijenosu topline na veće udaljenosti. Potkraj tog stoljeća su konstruirani prva željezna peć i ljevanoželjezni kotao.

Svojevrsna kulminacija tih događaja bila je u 19. stoljeću, kada u SAD-u počinje tvornička proizvodnja ljevanoželjeznih kotlova i radijatora, a posljednja desetljeća toga stoljeća donose pravu ekspanziju proizvođača opreme za grijanje, od kojih su neki opstali i do danas. U 20. stoljeću se izgrađuju prve toplane i parni toplinarski sustavi (u Dresdenu 1901. godine i toplovodni u Plauen 1906. godine.), a u vrijeme nakon Drugog svjetskog rata dolazi do sve veće primjene novih tehnologija grijanja te se sustavi grijanja sve više povezuju sa sustavima pripreme potrošne tople vode. Važna je 1930. godina kada je konstruirana prva cirkulacijska crpka za sustave grijanja (Oplaender). Za vrijeme tog razdoblja uočene su prednosti centralnog toplovodnog grijanja, koje najveći zamah doživljava pedesetih godina prošlog stoljeća. 70-ih godina dolazi do energetske krize i do velikih promjena u tehnici grijanja jer osnovni zahtjev postaje istodobno smanjivanje potrošnje goriva uz očuvanje ugodnosti boravka u prostorijama. Za to razdoblje bitno je naglasiti kako dolazi do prvih niskotemperaturnih kotlova i počinje se primjenjivati regulacija u ovisnosti o vanjskoj temperaturi. Kondenzacijski kotlovi su sljedeći veliki korak u razvoju tehnike grijanja, a što se tiče budućnosti, svakako treba spomenuti povezivanje sustava grijanja sa sustavom za decentraliziranu proizvodnju električne energije, odnosno primjena kogeneracije. Osim toga, dolazi i do sve veće primjene energije iz obnovljivih izvora kao što su, naprimjer, solarni sustavi.

2.2. Karakteristike centralnog grijanja

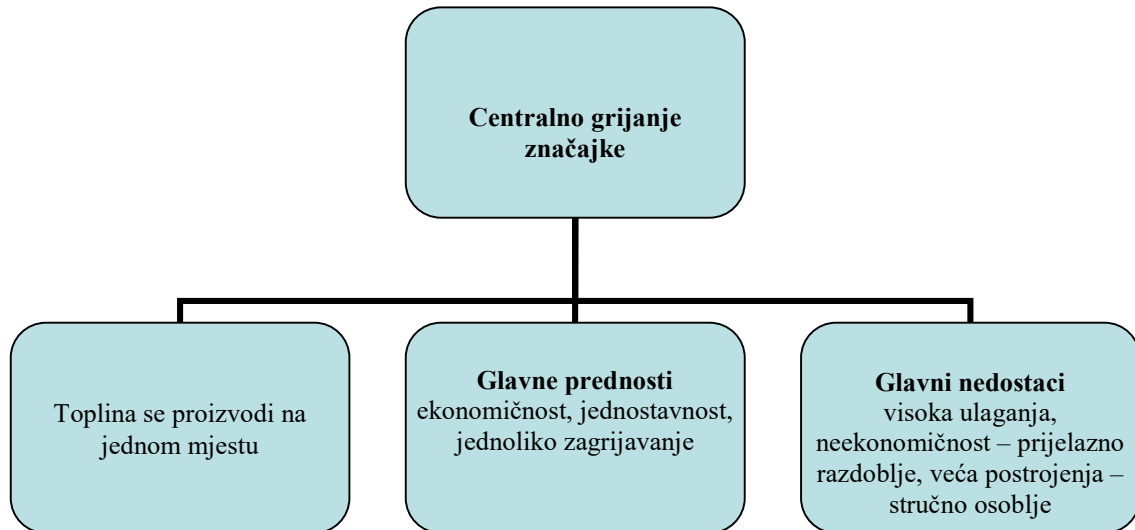
Glavna značajka i karakteristika centralnog grijanja je ta da se toplina proizvodi na jednom (centralnom) mjestu odakle se kroz cijevnu mrežu razvodi pomoću određenog prijenosnika topline (voda, para ili zrak). Pomoću centralnog grijanja najefikasnije se zagrijevaju ne samo cijele zgrade nego i manje obiteljske kuće.

Prednosti centralnog grijanja prikazani u dijagramu 1. su sljedeći:

- a) ekonomičnost,
- b) jednostavnost u posluživanju postrojenja,
- c) jednoliko zagrijavanje svih glavnih i sporednih prostorija,
- d) jednostavna regulacija,
- e) minimalna opasnost od nastanka požara,
- f) minimalno zagađivanje zraka i okoline.

Nedostaci centralnog grijanja prikazani u dijagramu 1. su sljedeći:

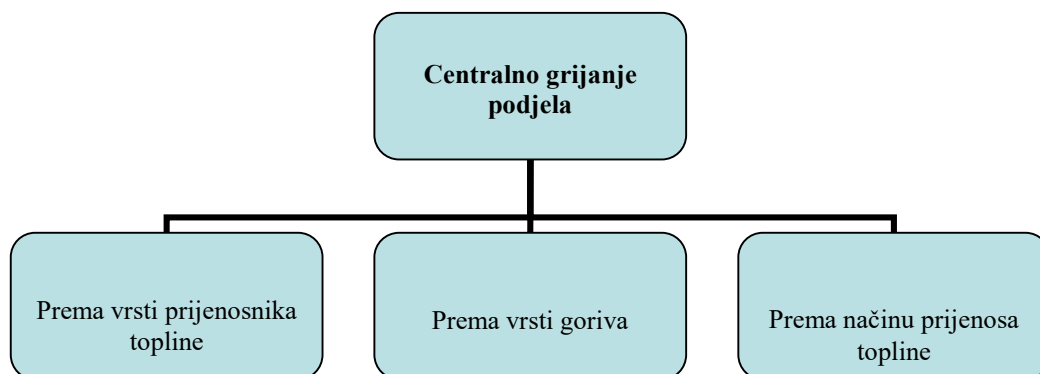
- a) visoka investicijska ulaganja,
- b) neekonomičnost u prijelaznom periodu kada postrojenje nije u stalnom pogonu te
- c) potreba posluživanja od strane stručnog osoblja kod većih postrojenja.



Dijagram 1. Značajke centralnog grijanja

2.3. Podjela i glavni sustavi centralnog grijanja

Centralno grijanje se može podijeliti prema različitim načelima (dijagram 2.):



Dijagram 2. Centralno grijanje – podjela

1. Prema vrsti prijenosnika topline:

- a) toplovodno,
- b) vrelovodno,
- c) parno grijanje toplim zrakom.

2. Prema vrsti goriva:

- a) grijanje na čvrsta goriva,
- b) grijanje na tekuća goriva,
- c) grijanje na plinovita goriva,
- d) grijanje na električnu energiju.

3. Prema načinu prijenosa topline:

- a) radijacijsko,
- b) konvekcijsko,
- c) zračno,
- d) kombinirano.

Mediji koji se rabe i određuju sustav grijanja su:

- a) kruta goriva,
- b) voda,
- c) etilenglikol - voda,
- d) ulje,
- e) plin,
- f) električna energija,
- g) ekološki prihvatljivi ugljikovodici.

Sustavi grijanja s obzirom na konstrukciju i ugradnju ogrjevnih tijela dijele se na:

- a) sustave radijatorskog grijanja,
- b) sustave panelnog grijanja,
- c) sustav cijevnih registara,
- d) sustav podnog grijanja,
- e) sustav ventilokonvektora parapetne, stropne i podstropne ugradnje - dvocijevni i četverocijevni,
- f) split - sustavi,

- g) PVRT - sustavi,
- h) sustav kaloriferskog grijanja uključivo zračne zavjese,
- i) kamini,
- j) grijalice na kruto gorivo.

Sustavi grijanja s obzirom na način zagrijavanja mogu se podijeliti na:

- a) lokalno grijanje,
- b) centralno grijanje.

Lokalno grijanje predstavlja najstariji način grijanja koji omogućava izravno zagrijavanje prostorije iz izvora topline koji je u njoj smješten. Izvori topline za lokalno grijanje su sljedeći:

- a) kamini (plinski, na kruta goriva), prikazani na slici 4.,
- b) peći (na kruta goriva, električne, plinske, uljne), prikazano na slici 5.,
- c) štednjaci (električni, na kruta goriva), prikazani na slici 6.,
- d) električno podno grijanje prikazano na slici 7.,
- e) grijalice (plinske, električne), prikazane na slici 8., itd.



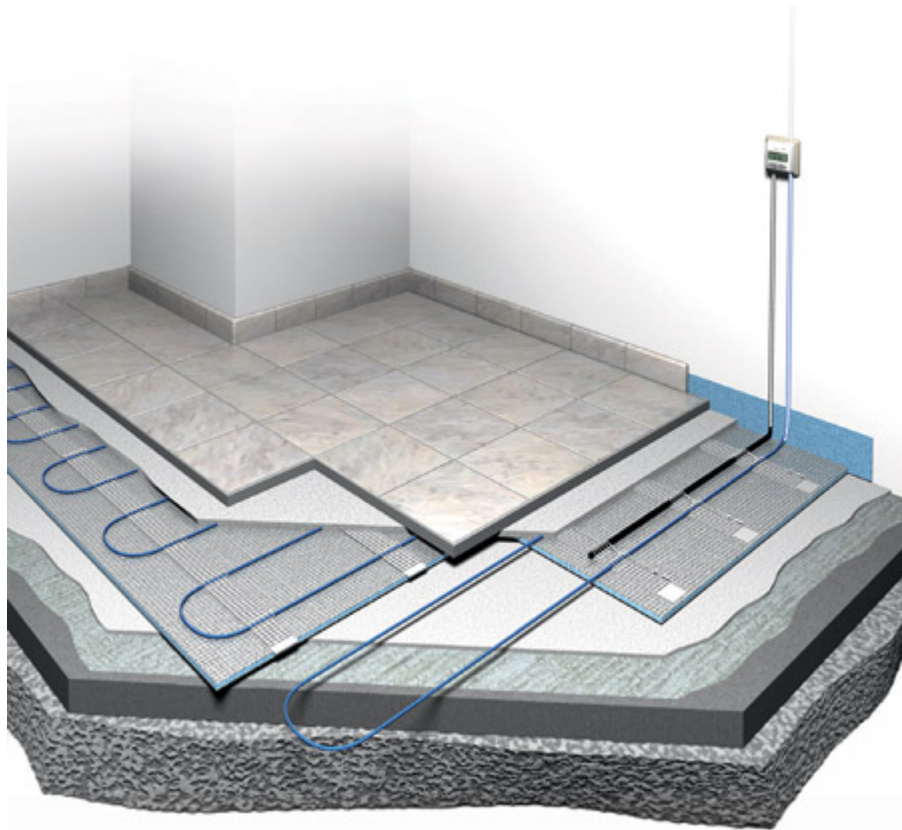
Slika 4. Kamin na kruta goriva



Slika 5. Plinska peć



Slika 6. Štednjak na kruta goriva



Slika 7. Električno podno grijanje



Slika 8. Električna grijalica

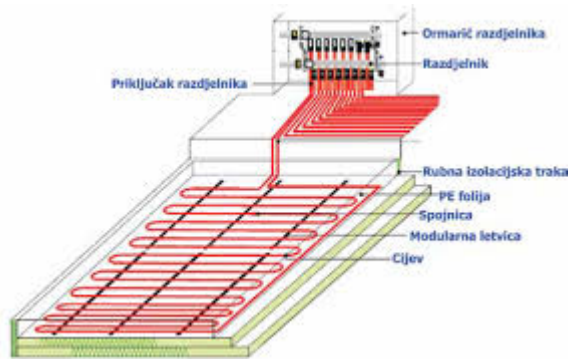
Osim navedenih lokalnih sustava, postoje i centralni sustavi grijanja kod koji se prostorija zagrijava posredno, pomoću ogrjevnih tijela kroz koje struji prikladni prijenosnik energije, odnosno ogrjevni medij (topla ili vrela voda, para, topli zrak) koji se zagrijava u izvoru topline smještenom na jednom mjestu u građevini.

Centralni sustavi grijanja mogu biti:

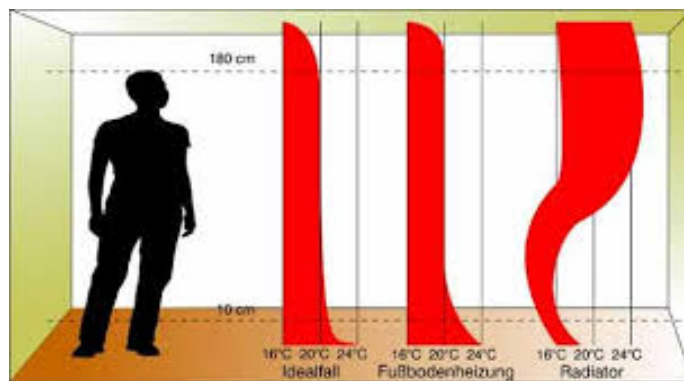
- a) radijatorsko toplovodno centralno grijanje (na plin, loživo ulje, kruta goriva, električno, solarno, spojeno na toplinarski sustav),
- b) toplovodno podno grijanje (slika 10.),
- c) kombinacija radijatorskog i podnog toplovnog grijanja (slika 9.),
- d) toplovodno grijanje velikih prostora zračnim grijačima itd.



Slika 9. Kombinacija radijatorskog i podnog toplovnog centralnog grijanja



Slika 10. Toplovodno podno grijanje

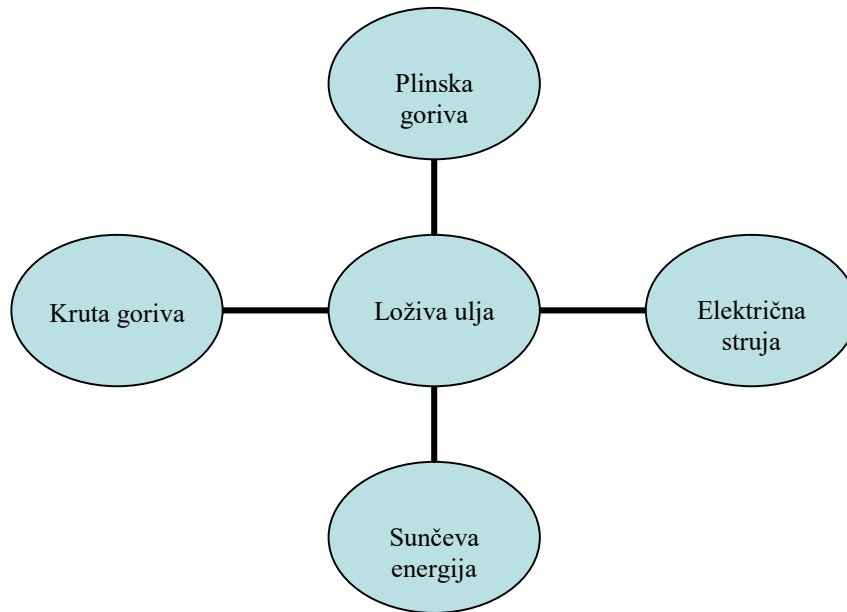


Slika 11. Temperaturna razdioba centralnog sustava grijanja

Prednosti centralnog sustava grijanja su jednolika temperaturna razdioba prikazana na slici 11. (podno i radijatorsko grijanje), mali broj kotlova i dimnjaka te baratanje gorivom izvan grijanog prostora. Nedostaci su složenost mjerenja potrošnje energije za veći broj korisnika u zgradi, visoki investicijski i pogonski troškovi te toplinski gubici u cijevima i kanalima.

2.4. Energenti u sustavima grijanja

U sustavima grijanja najčešće se koriste sljedeći energenti (dijagram 3.):



Dijagram 3. Energenti u sustavima grijanja

Plinska goriva

U plinska goriva se ubrajaju plinovi i plinske smjese čijim izgaranjem nastaje toplina, a najčešće se koriste u sustavima grijanja i pripreme potrošne tople vode, proizvodnji električne i toplinske energije te u motorima s unutarnjim izgaranjem za pogon vozila.

Plinska se goriva mogu podijeliti prema svojem izvoru, odnosno načinu ili procesu dobivanja te prema značajkama izgaranja.

Prema izvoru, odnosno načinu dobivanja plinska goriva mogu biti:

- a) prirodna, dobivena izravno iz zemlje (prirodni plin),
- b) umjetna, dobivena preradom nafte (ukapljeni naftni plin), ugljena (npr. gradski plin) ili u raznim drugim tehnološkim ili sličnim procesima (bioplin).

Podjela plinskih goriva prema značajkama izgaranja, odnosno toplinskom toku koji plin ostvaruje na plameniku uvedena je kako bi se standardizirala proizvodnja plinske opreme. Najčešće se koristi podjela plinova u 3 skupine (tzv. plinske grupe – tablica 1.) prema Radnom listu Njemačke stručne udruge za vodu i plin, DVGW G 260 koja se osniva na toplinskom opterećenju koje plin stvara na plameniku.

Tablica 1. Podjela plinova

1. skupina plinova

Obuhvaća plinove koji dobro izgaraju, lako se miješaju sa zrakom, izgaraju kratkim plavim plamenom, ne stvaraju čađu i pri čijem izgaranju ne dolazi do povrata plamena (npr. gradski i koksni plin).

2. skupina plinova

Obuhvaća plinove koji izgaraju nešto duljim plamenom nego oni iz 1. skupine i pri čijem izgaranju nastaje ugljični monoksid te dolazi do tzv. trganja, odnosno odvajanja plamena od izlaza sapnice (npr. prirodni plin).

3. skupina plinova

Obuhvaća plinove koji se nešto lošije miješaju sa zrakom nego plinovi iz prethodne dvije skupine, čiji su vrhovi plamena žute boje i pri čijem izgaranju dolazi do stvaranja čađe (npr. ukapljeni naftni plin).

Loživa ulja

Loživa ulja ili mazut su goriva dobivena frakcijskom destilacijom nafte, kao destilatna i/ili ostatna goriva. Govoreći generalno, loživa ulja su svi tekući naftni proizvodi koji izgaraju u pećima i kotlovima za proizvodnju topline ili se koriste u motorima za dobivanje snage, kao pogonsko gorivo u industriji, termoelektranama, brodski pogon i dr. To je skupina tekućih naftnih proizvoda, smjesa ugljikovodika visokog vrelišta koja najviše služi kao visokokalorično gorivo za loženje, te je zbog toga zakonski olakšano PDV-om. Loživa ulja se sastoje od dugačkih lanaca ugljikovodika, a posebno od alkana, cikloalkana i aromatskih ugljikovodika. Termin loživo ulje u užem smislu se odnosi na najteže komercijalno gorivo koje se može dobiti od sirove nafte. Loživo ulje sadrži više frakcije destilacije nafte koje zaostaju nakon odvajanja benzina i drugih lakih sastojaka, ili pak je to ostatak pri atmosferskoj ili vakuumskoj frakcijskoj destilaciji i drugim postupcima rafinerijske preradbe nafte. Svojstva loživih ulja određena su normama i propisima, a najznačajnija su gustoća, viskoznost (lagana, srednja i vrlo teška), stinište i plamište, te udjel sumpornih spojeva (mazut s manje i mazut s više sumpora, granica je 1%), koksa i pepela. Razlikuju se destilacijska ili plinska (specijalno lako i lako) i ostatna loživa ulja. Destilacijska ulja manje su gustoće i viskoznosti i malog udjela sumpornih spojeva. Glavna namjena je kao goriva za

grijanje u domaćinstvima, školama, športskim dvoranama i drugim javnim ustanovama, malim industrijskim pećima i sušarama, platenicima, staklenicima, ITD.. Ostatna ulja mogu biti laka, srednja ili teška. Nastaju frakcionacijom naftnih destilacijskih ostataka.

U Hrvatskoj se loživa ulja dijele u nekoliko skupina s obzirom na fizikalno-kemijska svojstva i primjenu:

a) Ekstra lako loživo ulje - (loža, lož ulje, LU EL) destilatno gorivo s primjenom u domaćinstvu i industriji, za uređaje s isparivačkim plamenicima i plamenicima na rasprskavanje bez mogućnosti predgrijavanja goriva. Dodaje mu se crvena boja kako bi se mogla onemogućiti zloupotreba. Skladišti se u podzemnim spremnicima ili u spremnicima koji nisu izloženi temperaturama nižim od točke tečenja goriva.

b) Ekstra lako loživo ulje (LU L-I, LU L-II): kombinacija destilatnog i ostatnog goriva koje se primjenjuje za izvore topline u sustavima grijanja i industriji opremljenih s instalacijama za predgrijavanje goriva pri skladištenju i uporabi.

c) Srednje loživo ulje (LU S-I, LU S-II): ostatno gorivo koje se primjenjuje za izvore topline u industriji i energetske postrojenjima s mogućnosti predgrijavanja pri prijenosu, skladištenju i uporabi.

d) Teško loživo ulje (mazut, bunker-ulje, LU T-I, LU T-II) je najviše zastupljeno teško loživo ulje. To je ostatno gorivo koje se primjenjuje u velikim industrijskim pećima i velikim energetske postrojenjima s mogućnosti predgrijavanja pri prijenosu, skladištenju i uporabi. Viskozan, gust i tamnoobojen proizvod, a služi kao gorivo parnih kotlova u termoelektranama i toplanama, u industrijskim pećima, za pogon brodskih motora i dr.. Viskoznost mazuta prilagođuje se i poboljšava prethodnom toplinskom obradbom ili miješanjem ulja s manje viskozim lakim ili srednjim loživim uljima, a potrebno je i njegovo zagrijavanje neposredno prije doziranja i raspršivanja u ložištima. Uporaba teških loživih ulja sve više se uvjetuje smanjenjem udjela nepoželjnih i ekološki nepovoljnih sumpornih spojeva.

Spremnici za loživo ulje su zatvorene posude namijenjene skladištenju loživog ulja u količini koja je dostatna za pokrivanje potrošnje tijekom određenog vremena, u pravilu tijekom sezone grijanja. Projektiraju se, izvode i opremaju s obzirom na odgovarajuće

norme i protupožarne propise (npr. Pravilnik o zapaljivim tekućinama, NN 54/99), arhitektonske uvjete (položaj građevine, raspored prostorija u njoj, smještaj i veličina kotlovnice itd.) i predviđenu potrošnju loživog ulja.

Spremnici za loživo ulje mogu se podijeliti na dva osnovna načina:

1. prema izgledu i mjestu postavljanja - cilindrični ukopani (podzemni) - cilindrični nadzemni ležeći i uspravni - samostojeći ili baterijski za postavljanje u prostorije - pravokutni zavareni za postavljanje u prostorije,
2. prema materijalu izrade: - čelični (cilindrični, četvrtasti itd.) - polimerni četvrtasti, baterijski itd.) - armiranobetonski.

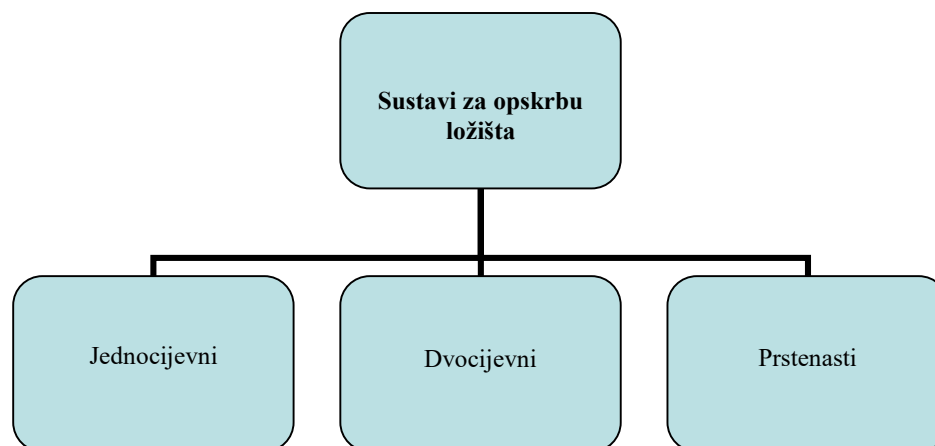
Ukopani ili podzemni spremnici danas su u primjeni najčešći. U većini slučajeva izrađuju se od čelika i cilindričnog su oblika, s jednostrukom ili dvostrukom stijenkom, prevučeni izolacijom i zaštićeni od korozije, mogu biti izrađeni i od poliesterske smole armirane staklenim vlaknima.

Postavljaju se u iskopanu rupu u tlu čije je dno u pravilu betonirano (zbog zaštite podzemnih voda), sidre kako bi se spriječilo djelovanje sila uzgona i zatrpavaju slojem prikladnog materijala (najčešće šljunka). Na vrhu spremnika se nalazi otvor s priključcima oko kojega se izvodi betonsko okno koje se mora zatvarati poklopcem, a također treba izvesti odzračni vod. Samostojeći ili baterijski spremnici u posljednje se vrijeme sve češće koriste. U pravilu se izrađuju od polimernih materijala (polietilena, poliamida ili poliesterske smole armirane staklenim vlaknima), a postoje i čelične izvedbe. Isporučuju se s volumenima čak do 10 000, a više spremnika se može povezivati u baterije pri čemu se učvršćuju čeličnim profilima ili bandažama. Polimerni spremnici imaju nekoliko osnovnih prednosti u odnosu na čelične:

- a) ne korodiraju,
- b) imaju malu masu što olakšava ugradnju,
- c) prozirni su pa omogućavaju uvid u količinu ulja izvana.

Zavareni čelični četvrtasti spremnici izrađuju se prema narudžbi, odnosno prema stanju na licu mjesta. Prikladni su kada nije moguć prijevoz, unos i postavljanje već gotovih spremnika (npr. kod postojećih zgrada). Mogu se točno prilagoditi postojećim dimenzijama

prostorije, a jedino što treba izvesti je izolacija poda i zidova kako bi se onemogućilo propuštanje ulja u tlo. Sustavi za opskrbu ložišta izvora topline loživim uljem mogu biti izvedeni na tri osnovna načina što je prikazano u dijagramu 4.



Dijagram 4. Sustavi za opskrbu ložišta

Jednocijevni sustav opskrbe loživim uljem sastoji se od samo jednog voda između spremnika i uljnog filtra iza čega prema plameniku mogu ići jedan ili dva voda, a uljna crpka mora imati mogućnost odzračivanja. Kada od filtra prema crpki, odnosno plameniku idu dva voda, filtarski je uređaj opremljen i odgovarajućim odzračnikom. Takvi se sustavi u pravilu koriste za izvore topline malih učina i s gavitacijskim dovodom ulja.

Dvocijevni sustav opskrbe loživim uljem sastoji se od dva voda između spremnika i uljne crpke plamenika: polaznog (usisnog) i povratnog. Na taj je način osiguran povrat viška ulja i zraka koji u njega može ući natrag u spremnik, a ujedno i hlađenje crpke. Prstenasti sustav opskrbe loživim uljem služi za opskrbu više izvora topline istodobno, a pri tome je redovito potrebna ugradnja tzv. međucrpke.

Kruta goriva

Od krutih goriva treba spomenuti ugljen i biomasu. Ugljen je kruto gorivo fosilnog porijekla koje je ranije bilo vrlo često, a danas je njegova primjena u sustavima grijanja obiteljskih kuća, stambenih i poslovnih zrada uglavnom napuštena te se kao energent najviše

koristi u velikim energetske postrojenjima i u industriji. Najvećim se dijelom sastoji od ugljika, vodika, kisika, a ostatak otpada na sumpor, dušik, vodu, pepeo i razne druge primjese koje ovise o porijeklu ugljena i o njegovoj obradi. S obzirom na porijeklo, način dobivanja i obrade te sastav, postoji nekoliko vrsta ugljena koje se prema svojstvima mogu značajno razlikovati:

- a) kameni ugljen,
- b) mrki ugljen (udio vlage 45 - 60%),
- c) lignit (s drvenastom strukturom),
- d) briketi (dobivaju se mljevenjem, sušenjem i briketiranjem kamenog ili mrkog ugljena)
- e) ugljena prašina (dobiva se mljevenjem osušenog kamenog ili mrkog ugljena),
- f) koks (dobiva se suhom destilacijom ugljena na temperaturi oko 1000 °C),
- g) drveni ugljen (dobiva se izgaranjem drveta bez prisutnosti kisika).

Biomasa je kruto gorivo biološkog porijekla, odnosno obnovljivi izvor energije, a može biti u raznim oblicima: ogrjevno drvo, osušena slama ili životinjski izmet, treset itd.

Prema Uredbi o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN 140/97), biomasa je gorivo koje se dobiva od biljaka ili dijelova biljaka kao što su drvo, slama, stabljike žitarica, ljuštore itd.

Biomasa se dijeli na:

- a) drvenu biomasu (ostaci iz šumarstva, otpadno drvo),
- b) drvenu uzgojenu biomasu (brzorastuće drveće) i nedrvnu uzgojenu biomasu (brzorastuće alge i trave) ostatke i otpatke iz poljoprivrede, životinjski otpad i ostatke.

Električna struja

Električnu struju čini usmjereno gibanje električnih naboja kroz vodič pod utjecajem električnog polja. Električna struja može teći samo ako postoje slobodni nositelji naboja i električno polje. Najjednostavniji strujni krug sastoji se od izvora, vodova, trošila i prekidača. Zbog razlike napona na polovima izvora uspostavlja se električno polje u vodiču kojim se počinju gibati slobodni elektroni. Vodiči su izrađeni od materijala koji dobro provode električnu struju (bakar). Trošilo pretvara električnu energiju u neku drugu vrstu

energije, dok prekidač služi za zatvaranje i otvaranje strujnog kruga. Za smjer struje u strujnom krugu uzimamo smjer od pozitivnog prema negativnom polu, dok je stvaran smjer gibanja elektrona u vodiču od negativnog prema pozitivnom polu.

S obzirom na vodljivost električne struje materijale dijelimo na:

- a) vodiče (dobro provode električnu struju: bakar, srebro, željezo...),
- b) izolatore (ne provode električnu struju: drvo, plastika, guma,...),
- c) poluvodiče (provode električnu struju samo u jednom smjeru, a u suprotnom smjeru pružaju veliki otpor: kristali silicija i germanija),
- d) supravodiče (ne pružaju nikakav otpor prolasku električne struje: materijali visoke tehnologije - još su u razvoju).

Ako kroz određeni presjek vodiča prođe naboj Q u nekom vremenu t , tada je jakost električne struje definirana omjerom:

$$I=Q/t \text{ [A]} \quad (1)$$

Jedinica za jakost električne struje zove se amper, a instrument kojim se mjeri jakost struje zove se ampermetar. Stalna struja ima jakost od jednog ampera ako u jednoj sekundi presjekom vodiča proteče naboj od jednog kulona.

Sunčeva ili solarna energija

Solarna ili sunčeva energija je energija Sunca, njegova svjetlost i toplina koju ljudi koriste od davnina uz pomoć raznih tehnologija. Sunčeva zračenja, uz sekundarne solarne izvore kao što su vjetar, energija valova i biomasa, se računaju u najčešće dostupne obnovljive izvore energije na Zemlji. Upotrebljava se samo mali dio solarne energije od one koja je na raspolaganju.

Solarna energija pruža električnu energiju pomoću toplinskih strojeva ili fotonaponskih sustava. Jednom pretvorena, njena upotreba je ograničena samo ljudskom genijalnošću. Djelomični popis solarnog sustava uključuje prostor za grijanje i hlađenje kroz solarnu

arhitekturu, pitku vodu kroz destilaciju i dezinfekciju, toplinsku energiju za kuhanje i visoku temperaturu procesa topline za industrijske svrhe.

Solarne tehnologije su široko karakterizirane ili kao pasivne solarne ili aktivne solarne, ovisno o načinu sakupljanja, pretvaranja i distribuiranja sunčevog svjetla. Aktivne solarne tehnike uključuju uporabu fotonaponskih ćelija i solarnih kolektora (slika 12.) kako bi pretvorili sunčevu svjetlost u korisne izlazne jedinice. Pasivne solarne tehnike uključuju orijentaciju zgrade prema Suncu, odabir materijala s povoljnim termalnim svojstvima ili svojstvima raspršivanja svjetlosti te projektiranje prostora kod kojih prirodno cirkulira zrak. Solarna termalna tehnologija može se upotrijebiti za grijanje vode, grijanje prostora, hlađenje prostora i proces toplinske energije.



Slika 12. Solarni kolektori

Solarni sustavi za toplu vodu prikazani na slici 13. koriste Sunce za zagrijavanje vode. U niskim geografskim širinama (ispod 40 stupnjeva) 60-70% tople vode do 60°C može se osigurati pomoću solarnog grijanja. Najčešće vrste solarnih grijača su evakuirani cijevni kolektori (44%) i glazirani plosnati kolektori (34%) koji se uglavnom koriste za toplu vodu, te neglazirani plastični sakupljači (21%) koji se uglavnom koriste za zagrijavanje bazena. Od 2007. ukupno instalirani kapacitet solarnih sustava tople vode iznosi oko 154 GW. Kina je svjetski lider u njihovoj implementaciji sa 70 GW instaliranih od 2006. i cilj im je 210 GW do 2020. godine. Izrael i Cipar su, po glavi stanovnika, vođe u korištenju solarnih sustava tople vode. Više od 90 % kućanstava se koristi njima. U SAD-u, Kanadi i Australiji grijanje bazena je dominantna primjena solarne tople vode.



Slika 13. Solarni sustav za toplu vodu

2.5. Toplinski izvori u sustavima grijanja

Izvori topline su dijelovi sustava grijanja u kojima dolazi do pretvorbe prikladnog primarnog izvora energije (npr. kemijske energije goriva, električne energije, Sunčeve energije, energije iz okoliša itd.) u toplinu koja se potom izravno ili posredno (pomoću odgovarajućeg prijenosnika energije - ogrjevnog medija) predaje u prostoriju. Izvori topline dijele se na nekoliko osnovnih načina:

1. Prema izvedbi:
 - a) kotlovi i kombinirani kotlovi (omogućavaju i pripremu PTV-a),
 - b) grijalice i zagrijači zraka,
 - c) peći, štednjaci i kamini,
 - d) solarni sustavi,
 - e) toplinske crpke,
 - f) toplinske stanice,
 - g) razni posebni izvori.

2. Prema vrsti goriva:
 - a) plinski,
 - b) uljni,

- c) na kruta goriva i biomasu,
 - d) električni,
 - e) solarni,
 - f) na toplinu iz okoliša (toplinske crpke i sl.),
 - g) izmjenjivački (toplinske stanice i sl.).
3. Prema prijenosniku energije (ogrjevnom mediju):
- a) toplovodni,
 - b) vrelovodni,
 - c) parni,
 - d) uljni,
 - e) toplozračni,
 - f) izravni (izravno zagrijavaju okolni zrak, bez posrednika).
4. Prema mjestu postavljanja:
- a) podni ili samostojeći,
 - b) zidni,
 - c) ovješeni o strop i sl.

2.5.1. Kotlovi kao neizravni izvori topline

Kotlovi su neizravni izvori topline za sustave (centralnog) grijanja u kojima na jednom mjestu dolazi do pretvorbe primarnog oblika energije u toplinu koja se potom pomoću ogrjevnog medija dovodi do ogrjevnih tijela (radijatora, konvektora, podnog grijanja i preko njih predaje korisnicima. Kotlovi su danas, u raznim izvedbama, najčešći izvori topline u europskim zemljama i također se mogu podijeliti na više osnovnih načina:

1. Prema materijalu izrade tijela:
- a) čelični (slika 14.),
 - b) lijevanoželjezni,
 - c) od kombinacije materijala.



Slika 14. Čelični toplovodni kotao

2. Prema veličini, odnosno učinku:
 - a) mali - malog učinka: 5 - 30 (80) kW,
 - b) srednji - srednjeg učinka: 50 (80) - 150 (200) kW,
 - c) veliki - velikog učinka: > 200 kW.

3. Prema načinu iskorištavanja energije (ujedno i prema temperaturama ogrjevnog medija i dimnih plinova na izlazu iz kotla te stupnjevima djelovanja kotla):
 - a) standardni (s standardnim temperaturama polaznog i povratnog voda 90/70 °C),
 - b) niskotemperaturni (sa sniženim temperaturama, npr. 70/50, 60/40 °C),
 - c) kondenzacijski prikazan na slici 15. (iskorištavanje topline kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova).



Slika 15. Kondenzacijski plinski kotao

Kotlovi kod kojih se toplina dobiva izgaranjem goriva dijele se:

1. Prema vrsti goriva:
 - a) na plinska goriva,
 - b) na tekuća goriva,
 - c) na kruta goriva,
 - d) kombinirani (za više vrsta goriva).

2. Prema načinu uzimanja zraka za izgaranje, odnosno izvedbi plamenika:
 - a) ovisni o zraku iz prostorije (s atmosferskim ili pretlačnim plamenikom),
 - b) neovisni o zraku iz prostorije (sa zatvorenom komorom izgaranja) u posebnoj izvedbi

3. Prema izvedbi spoja s plamenikom:
 - a) u kompaktnoj izvedbi (s ugrađenim plamenikom i svom drugom potrebnom opremom)
 - b) jedinični ili tzv. unit (s ugrađenim plamenikom) s mogućnošću dogradnje plamenika

4. Prema izvedbi izmjenjivačkih ploha, odnosno broju nastrujavanja dimnih plinova na izmjenjivačke plohe:
 - a) jednovlačni (s jednim nastrujavanjem),
 - b) dvovlačni (s dva nastrujavanja),
 - c) trovlačni (s tri nastrujavanja),
 - d) u bloku,
 - e) s plamenom cijevi.

Kotlovnice

Plinska kotlovnica je samostojeća zgrada ili posebna prostorija u zgradi u kojoj se nalazi jedan ili više izvora topline koji kao osnovno gorivo koriste plin i čiji ukupni instalirani toplinski učinak iznosi više od 50 kW. Najviši dopušteni radni tlak plina za opskrbu izvora topline (trošila) u kotlovnica koje su smještene u zgradi u kojoj se zadržava ili boravi više

ljudi iznosi 100 mbar, a u samostojećim kotlovnica do 4 bar. Projektiranje, izvođenje i pogon plinskih kotlovnica određeno je *Pravilnikom o tehničkim normativima za projektiranje, izgradnju, pogon i održavanje plinskih kotlovnica* iz 1990. godine.

Kotlovnica može biti izvedena kao zasebna zgrada (tzv. samostojeća kotlovnica), manja zgrada prislonjena uz veću ili se pak može smjestiti u odgovarajuću prostoriju u zgradi. Samostojeća kotlovnica ne mora nužno biti u zatvorenom prostoru ako je njezina oprema na prikladan način zaštićena od oštećenja. Smještaj kotlovnice u zgradi ovisi o njezinoj visini. Kotlovnica koja kao gorivo koristi prirodni plin se može smjestiti u podrumске prostorije ako je podrum ukopan najviše do 2/3 visine s time da je gornja trećina (jedan vanjski zid) u slobodnom prostoru. U zgradama u kojima se stalno ili povremeno okuplja veći broj ljudi (npr. kazališta, kina, dvorane za razne priredbe, bolnice, domovi itd.), za kotlovnice se odabiru prostorije koje nisu ispod razine okolnog tla, a najmanje dva zida su im u slobodnom prostoru.

Kotlovnice na loživo ulje izvode se i opremaju uz poštivanje sličnih pravila kao za plinske kotlovnice te odredbi *Pravilnika o zapaljivim tekućinama* (NN 54/99). Mogu se smještati na krovu (uz ograničenje veličine spremnika loživog ulja), u prizemlju ili u podrumu zgrade (samo ako postoji prirodna ventilacija i ako se pri tome mogu osigurati dovoljne količine zraka za izgaranje). Podovi kotlovnice trebaju biti izvedeni tako da se sprječava propuštanje loživog ulja prema tlu, a kanalizacijski sustav mora biti opremljen hvatačem ulja. Isto tako, u vezi s protupožarnom opremom, ventilacijom i dovodom zraka za izgaranje u kotlovnici, mogu se koristiti iste smjernice kao za plinske kotlovnice.

2.5.2. Sustav grijalica, plinskih peći i plinskih grijača zraka

Plinske peći ili grijalice su izvori topline sustava grijanja kojima se zrak, a time i osobe u prostoriji izravno zagrijavaju, bez prijenosnika topline, tj. koji ujedno služe kao ogrjevna tijela. Radi se o individualnim sustavima grijanja kojima se može zagrijavati samo jedna prostorija pri čemu su osnovni načini izmjene topline konvekcija i zračenje. Pri tome se može koristiti jedna ili više peći, što se određuje na osnovi potrebnog toplinskog učina, dok nazivni učina plinskih peći najčešće iznosi 2,9 - 12 kW. S obzirom na izvedbu odvoda dimnih plinova, plinske peći mogu biti s priključkom na dimnjak (dimnovodnu cijev) i s tzv. fasadnim priključkom. Plinski zagrijači zraka ili kaloriferi su izvori topline sustava grijanja

koji poput grijalica također ujedno služe kao ogrjevna tijela pri čemu se toplina s okolicom uglavnom izmjenjuje konvekcijom, ali koji su u pravilu namijenjeni za zagrijavanje velikih prostorija (npr. tvorničkih hala, sportskih dvorana, skladišta i sl.). Po svojoj su izvedbi gotovo jednaki plinskim grijalicama za prostorije te za njih također vrijede propisi za plinske instalacije, a jedina je značajna razlika to što su u pravilu predviđeni za postavljanje visoko na zid, odnosno za vješanje o strop. U oba slučaja na odgovarajući način treba riješiti odvod dimnih plinova. Plinske infracrvene grijalice prikazane na slici 16. su izvori topline sustava grijanja koji su uglavnom namijenjeni za zagrijavanje jednog dijela prostorije ili otvorenih prostora (npr. radnog mjesta, terasa i sl.) i koji ujedno služe kao ogrjevna tijela pri čemu se toplina izmjenjuje zračenjem.



Slika 16. Plinske infracrvene grijalice

Takav se način prijenosa topline odvija putem elektromagnetskih valova u spektralnom području IC zračenja. S obzirom na to što za zagrijavanje nekog točno određenog dijela prostorije ili prostora ne treba zagrijavati i okolni zrak, takvo je rješenje vrlo prikladno za grijanje velikih zatvorenih prostora (industrijske hale, sportske dvorane, tržnice, crkve itd.), pojedinačnih radnih mjesta ili robe u skladištima, poluzatvorenih i natkrivenih prostora (tribine, terase i sl.) itd. Izvor IC zračenja je ugrijano tijelo s kojeg toplina zrači na hladniju okolicu, pri čemu uže područje IC zračenja obuhvaća valne duljine 0,75 - 10 p.m. Pri

visokim se temperaturama, uz toplinske pojavljuju i svjetlosne zrake, tj. EMV čije su valne duljine manje od 0,75 nm. Zbog toga se toplinsko zračenje može podijeliti na tamno, kod kojeg ne dolazi do pojave svjetlosnih valova i svijetlo, kod kojega se pojavljuju svjetlosni valovi.

S obzirom na to, IC grijalice se dijele na:

- a) svijetlo zračeće ili IC grijalice svijetlog zračenja,
- b) tamno zračeće ili IC grijalice tamnog zračenja.

2.5.3. Sustav solarne energije

Solarni sustavi kao na slici 20. su izvori topline za grijanje i pripremu PTV-a koji kao osnovni izvor energije koriste toplinu sunčeve energije. Solarni se sustavi za grijanje u najvećem broju slučajeva koriste kao dodatni izvori topline, dok kao osnovni služe plinski, uljni ili električni kotlovi. Njihova je primjena kao osnovni izvori topline za sustave grijanja rijetka i ograničena na područja s dovoljnom količinom Sunčevog zračenja tijekom cijele godine, u kojima su ujedno i klimatski uvjeti povoljniji pa je sezona grijanja kratka. Solarni se sustavi stoga ponajviše koriste za pripremu PTV-a.

Osnovni dijelovi solarnih sustava su:

- a) kolektor,
- b) spremnik tople vode s izmjenjivačem topline,
- c) solarna stanica s crpkom i regulacijom,
- d) razvod s odgovarajućim radnim (solarnim) medijem.

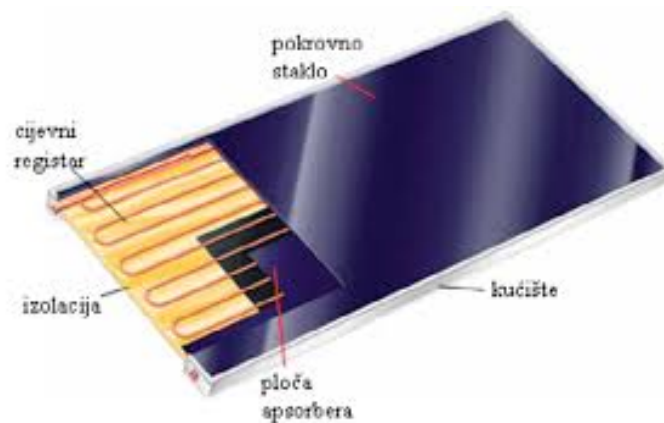
Kolektor je osnovni dio svakog solarnog sustava i u njemu dolazi do pretvorbe Sunčeve u toplinsku energiju. Dozračena Sunčeva energija prolazi kroz prozirnu površinu koja propušta zračenje samo u jednom smjeru te se pretvara u toplinu koja se predaje prikladnom prijenosniku topline: solarnom radnom mediju (najčešće smjesi vode i glikola).

U njihove najvažnije dijelove ubrajaju se:

- a) kućište s odgovarajućom toplinskom izolacijom, priključcima, sabirnim vodovima i pričvrstnim elementima,
- b) apsorberske plohe koje služe za potpunu apsorpciju toplinskog (IC) dijela Sunčevog zračenja i njegovu pretvorbu u korisnu toplinu,
- c) pokrov koji se izrađuje od uobičajenog prozorskog ili vodenog bijelog stakla ih od polimernih materijala ojačanih staklenim vlaknima.

Kolektori se pojavljuju u dvije osnovne izvedbe:

1. pločasti ili ravni (slika 17.),
2. cijevni, vakumski.



Slika 17. Dijelovi pločastog kolektora

Spremnik tople vode je dio solarnog sustava koji služi za izmjenu topline s ogrjevnim medijem sustava grijanja ili potrošnom toplom vodom te za njihovu pohranu.

Uobičajeno se pojavljuje u dvije osnovne izvedbe:

- a) jednostavan - samo za pripremu PTV-a (slika 18.),
- b) kombiniran - za sustave grijanja (sastavljen od dva spremnika - jednog u drugom).

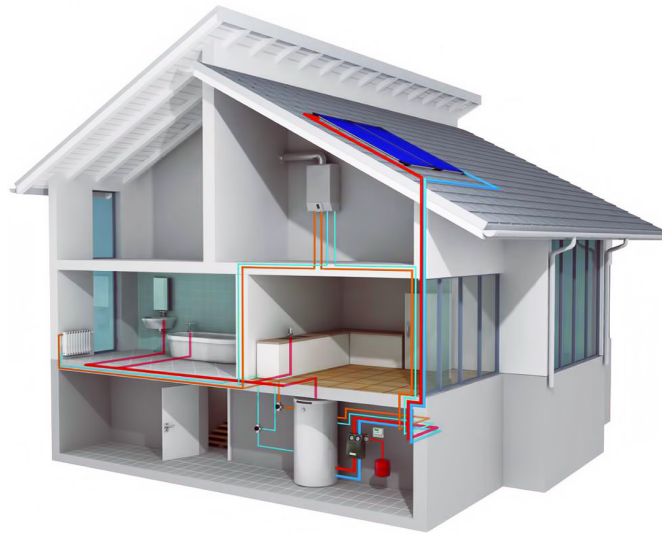


Slika 18. Solarni spremnik za pripremu PTV-a



Slika 19. Solarna pumpna stanica

Solarna stanica s crpkom prikazana na slici 19. predstavlja središnji dio cijelog solarnog sustava jer omogućava strujanje solarnog medija, dok automatska regulacija vodi računa o sigurnom pogonu cijelog sustava i usklađivanju njegovog rada sa sustavom grijanja i pripreme PTV-a, odnosno uvjetima u okolici kao što su promijenjene potrebe za toplinom, iznimno niske ili visoke vanjske temperature koje mogu oštetiti sustav i sl. Treba napomenuti da postoje i izvedbe solarnih sustava koje ne koriste crpku (tzv. termosifonski sustavi), već se u njima strujanje osniva na gravitacijskom djelovanju zbog razlike temperatura, odnosno gustoće solarnog medija.



Slika 20. Solarni sustav

2.5.4. Toplinske pumpe

Toplinske pumpe prikazane na slici 21. su uređaji koji rade na termodinamičkom načelu dizalice topline, dovode energiju s niže temperaturne razine na višu uz dodatnu energiju (rad) pomoću ljevokretnog kružnog procesa prikladnog radnog medija te mogu poslužiti kao izvori toplinskog i rashladnog učina u sustavima grijanja, odnosno hlađenja i klimatizacije. Za svoj rad zahtijevaju pogonsku energiju koja je funkcija temperaturnih razina toplinskih spremnika: o toplinskog izvora - prostora ili medija niže temperaturne razine kojemu se uzima toplina, najčešće neposredna okolica: okolni zrak, tlo, površinske ili podzemne vode, onečišćeni zrak iz prostorija, otpadna toplina itd. o toplinskog ponora - prostora ili medija više temperaturne razine kojemu se predaje toplina, npr. prostorija, ogrjevni medij sustava grijanja, potrošna topla voda itd. Toplinske pumpe mogu se koristiti kao osnovni ili dodatni izvor topline u sustavima grijanja stanova (slika 22.), obiteljskih kuća, stambenih ili poslovnih zgrada pa i manjih naselja. Osnovna zamisao njihove primjene temelji se na iskorištavanju dijela topline iz neposredne okolice čime se zamjenjuje jedan dio potrošnje pogonske energije (električne ili dobivene izgaranjem plina).

S obzirom na dodatni izvor energije, one mogu biti:

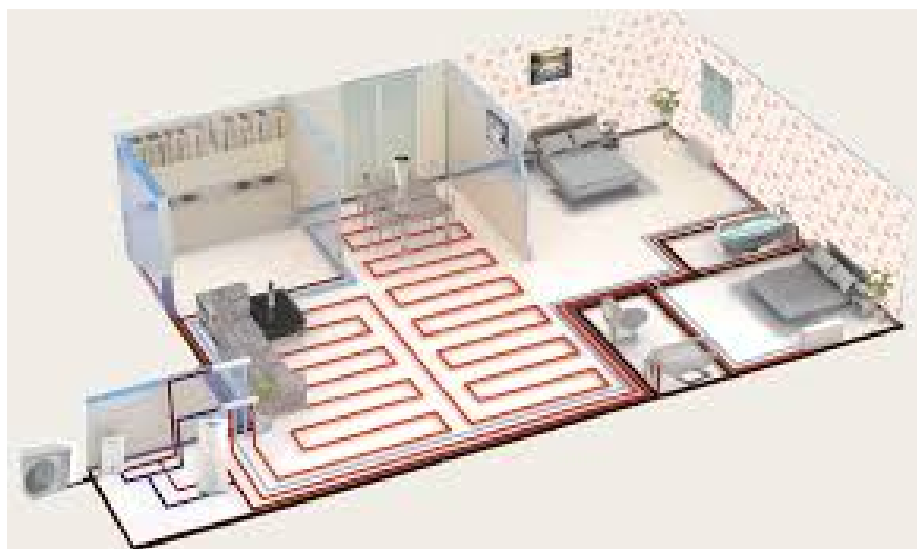
- a) kompresijske, kod kojih se strujanje radne tvari ostvaruje djelovanjem mehaničke energije pomoću kompresora ili crpke pogonjenih električnim, dizelskim ili plinskim motorom,

b) difuzijsko-apsorpcijske, kod kojih se strujanje radne tvari ostvaruje djelovanjem toplinske energije nastale izgaranjem prikladnog goriva ili električnim grijačem.

Faktor učinka (COP) je osnovni pokazatelj učinkovitosti rada toplinskih crpki.



Slika 21. Toplinska pumpa



Slika 22. Sustav grijanja pomoću toplinske pumpe

2.5.5 Toplinski sustavi

Sustavi daljinskog grijanja ili toplinarski sustavi predstavljaju način opskrbe potrošača toplinskom energijom za grijanje pomoću vode kao prijenosnika energije koji se na potrebnu temperaturu zagrijava na jednom mjestu za više zgrada ili cijelo naselje te preko distributivne mreže prenosi do objekta potrošača. Sustavi daljinskog grijanja mogu se podijeliti na dva osnovna načina: o prema energetske stanju prijenosnika energije o prema vrsti izvora topline u kojem se proizvodi toplinska energija. Prema energetske stanju prijenosnika energije sustavi daljinskog grijanja mogu biti: o vrelovodni, s temperaturom vode $< 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ o vrelovodni, s temperaturom vode $> 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ o parovodni.

Prema vrsti izvora topline sustavi daljinskog grijanja mogu biti:

- a) Sa zajedničkom proizvodnjom toplinske i električne energije uobičajeno u termoelektranama toplanama u kojima se u spojnom (kogeneracijskom) procesu proizvode električna i toplinska energija (takvi su sustavi najveći i uobičajeno se nalaze u većim gradovima),
- b) S blokovskim kotlovnica za proizvodnju isključivo toplinske energije koje su uobičajeno smještene u većim ili manjim naseljima te proizvode toplinsku energiju za manji broj zgrada uz koje se nalaze ili veće infrastrukturne objekte (npr. bolnice, škole, učilišta, vojna postrojenja i sl.),
- c) Sustavi industrijskog grijanja, pri čemu se otpadna toplina nastala korištenjem toplinske energije u proizvodno - tehnološkim procesima distribuira i koristi za grijanje stambenih objekata u blizini tvornice.

U osnovne dijelove sustava daljinskog grijanja ubrajaju se:

- a) postrojenje za proizvodnju toplinske energije,
- b) razvodna mreža (toplovodi, vrelovodi, parovodi),
- c) toplinske stanice o kućne instalacije grijanja (sustav grijanja objekta).

3. POSTAVKA ZADATKA

3.1. Opis zadatka

Dimenzioniranje sustava centralnog grijanja za obiteljsku kuću započet će proračunom toplinskog opterećenja, prema tlocrtima i informacijama o objektu. Dobiveni podaci koristiti će se za proračun ogrjevnih tijela u prostorijama, cijevne mreže i opreme u kotlovnici. Prema proračunu toplinskih dobitaka dimenzionirat će se sustav hlađenja, dok će se proračunom ventilacije obuhvatiti samo prisilno izbacivanje otpadnog zraka iz kupaonica. Također će se prikazati proračun solarnog sustava i odabir potrebnih komponenti za dobivanje potrošne tople vode (PTV-a).

3.2. Opis objekta

Obiteljska kuća sa kvalitetnom stolarijom i toplinskom izolacijom sastoji se od prizemlja i kata. U prizemlju se nalazi veliki dnevni boravak sa blagovaonicom i kuhinjom, radna soba, kupaonica, ulazni prostor, otvoreno stepenište i grijana tehnička prostorija u kojoj je smještena perilica i sušilica rublja, a ujedno služi i kao kotlovnica gdje je smješten plinski kondenzacijski aparat sa spremnikom za toplu vodu. Kat objekta je osmišljen kao spavaći dio i tu se nalazi 5 spavaćih soba sa 2 odvojene kupaonice i hodnik koji povezuje sobe sa stepeništem. Visine etaža (gotov pod-strop) su 260 cm. Ukupna (unutarnja) površina objekta je 154 m². Kada od te površine odbijemo unutarnje zidove onda ispada da korisna površina iznosi 139 m² od čega prizemlje ima 70 m², a kat 69 m² što znači da obje etaže imaju približno jednaku površinu.

4. RAZRADA ZADATKA

4.1. Proračun toplinskog opterećenja

Toplinsko opterećenje računat će se po HRN EN 12831. Ukupni toplinski gubici sastoje se od transmisijskih toplinskih gubitaka, ventilacijskih toplinskih gubitaka i dodatka za zagrijavanje. Za transmisijske gubitke uzimaju se površine građevinskih elemenata (zidovi, stropovi, vrata, prozori..) koji graniče s većim temperaturnim razlikama, a za ventilacijske gubitke koristi se volumen prostora uz minimalni broj izmjena zraka. Unutarnja projektna temperatura zraka za normalno obučenog čovjeka u sjedećem položaju iznosi 22 °C, pa ćemo stoga tu temperaturu koristiti u proračunu za dnevni boravak u kojem se provodi najviše vremena tijekom dana, dok će se za kupaonicu koristiti projektna temperatura zraka od 24°C, a za spavaće sobe i otvoreno stubište 20 °C.

Obiteljska kuća, odnosno stambeni objekt slobodnog tipa nalazi se u Zagrebu i vanjska projektna temperatura prema HRN EN 12831 iznosi -18°C.

1. Koeficijent prolaza topline U je količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m² površine, kod razlike temperature od 1 K, izraženo u W/m²K. Koeficijent U je bitna karakteristika vanjskog elementa konstrukcije i igra veliku ulogu u analizi ukupnih toplinskih gubitaka, a time i potrošnji energije za grijanje. Što je koeficijent prolaska topline manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja.

$$U=1/R_T \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (2)$$

$$R_T=R_{si}+R_1+R_2+\dots+R_n+R_{se} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (3)$$

$$R=d/\lambda \quad (4)$$

Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline STROP/POD [1]

| sloj | opis sloja | debljina sloja (m) | koeficijent toplinske vodljivosti λ (W/mK) |
|------|------------------------|--------------------|--|
| 1 | Cementna žbuka | 0.025 | 0.87 |
| 2 | Armirani beton | 0.2 | 0.47 |
| 3 | Polistiren (izolacija) | 0.03 | 0.041 |
| 4 | Polietilenska folija | 0.0002 | 1.25 |
| 5 | Cementni estrih | 0.05 | 1.4 |
| 6 | Parket | 0.01 | 0.2 |

Tablica 3. Koeficijenti prolaza topline UNUTARNJI ZID [1]

| sloj | opis sloja | debljina sloja (m) | koeficijent toplinske vodljivosti λ (W/mK) |
|------|----------------------|--------------------|--|
| 1 | Gipskarton (2 ploče) | 0.025 | 0.25 |
| 2 | Mineralna vuna | 0.05 | 0.035 |
| 3 | Gipskarton (2 ploče) | 0.025 | 0.25 |

Tablica 4. Koeficijenti prolaza topline VANJSKI ZID[1]

| sloj | opis sloja | debljina sloja (m) | koeficijent toplinske vodljivosti λ (W/mK) |
|------|------------------------|--------------------|--|
| 1 | Fasada | 0.005 | 0.75 |
| 2 | Cementna žbuka | 0.025 | 0.87 |
| 3 | Polistiren (izolacija) | 0.15 | 0.035 |
| 4 | Opeka | 0.25 | 0.42 |
| 5 | Cementna žbuka | 0.025 | 0.87 |

Tablica 5. Ukupni koeficijenti prolaza topline za pojedine elemente [2]

| VRSTA | OZNAKA | U (W/m ² K) |
|---------------|--------|------------------------|
| Strop | STROP | 0,50 |
| Pod | POD | 0,50 |
| Unutarnji zid | UZ | 0,53 |
| Vanjski zid | VZ | 0,20 |
| Prozor | PR | 1,40 |
| Vanjska vrata | VV | 2,00 |

Koeficijenti toplinske vodljivosti λ preuzeti su iz tablica [1], dok su koeficijenti prijelaza topline U za prozore i vrata preuzeti iz tablica [2].

2. Transmisijski toplinski gubici Φ_T (provođenje topline kroz okolne plohe prema okolici i tlu, te prema okolnim prostorima s različitim opterećenjem). [3]

Kod izračuna transmisijskih toplinskih gubitaka koristi se korekcijski faktor za toplinske mostove $\Delta U_{WB}=0.10$ [W/m²K].

$$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad (5)$$

$$H_T = \Sigma A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k \quad (6)$$

$$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_{int} - \theta_e) = \Sigma A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \cdot f_k \quad (7)$$

3. Ventilacijski toplinski gubici Φ_V (posljedica strujanja zraka kroz ovojnicu zgrade i između njezinih pojedinih dijelova, odnosno prostorija). [3]

$$\Phi_V = V_Z \cdot c_Z \cdot \rho_Z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \quad (8)$$

$$V_Z = V_P \cdot I_Z \quad (9)$$

Iz toplinskih tablica očitavaju se vrijednosti c_Z i ρ_Z za zrak:

ρ_Z – gustoća zraka, [kg/m³]; $\rho_Z = 1.2$ kg/m³ [1]

c_{PZ} – specifični toplinski kapacitet zraka, [J/kgK]; $c_{PZ} = 1010$ J/kgK [1]

$$c_Z = c_{PZ} / 1h \text{ [W/kgK]} \quad (10)$$

$$c_Z = 1010 \text{ [J/kgK]} / 3600 \text{ s} = 0.28055 \text{ [W/kgK]}$$

4. Dodatak za zagrijavanje Φ_Z [3]

$$\Phi_Z = A \cdot f_z \quad (11)$$

Korekcijski faktor za ponovno zagrijavanje:

Najdulje vrijeme prekida 8h, masa zgrade srednja, pretpostavljeni pad temperature 2°C, vrijeme za ponovno zagrijavanje 2h.

Korekcijski faktor za ponovno zagrijavanje ovisan o vremenu koje je potrebno za ponovno zagrijavanje nakon prekida grijanja $f_z = 11$ [1]

5. Ukupni toplinski gubici Φ_{UK} (zbroj svih toplinskih gubitaka) [3]

$$\Phi_{UK} = \Sigma \Phi_T + \Sigma \Phi_V + \Sigma \Phi_Z \quad (12)$$

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 01 - DNEVNI BORAVAK I BLAGAVAONICA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 22 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 40 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 14,00 | 2,80 | 39,20 | 0,20 | 11,76 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 3,90 | 2,20 | 8,58 | 1,40 | 12,87 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 4,40 | 1,40 | 6,16 | 1,40 | 9,24 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 2,70 | 2,80 | 7,56 | 0,53 | 3,81 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | | 0,50 | 0,00 |
| pod (prema tlu) | 0,40 | | | 36,05 | 0,50 | 8,65 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 46,33 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 1.853,29 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 100,94 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 50,47 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 22 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 22 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 679,65 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 679,65 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 36,05 | 11,00 | 396,55 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 2.929,49 |

Tablica 6. Toplinski gubici za prostoriju 01

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 02 - KUHINJA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 2,00 | 2,80 | 5,60 | 0,20 | 1,68 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 1,25 | 1,40 | 1,75 | 1,40 | 2,63 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 5,00 | 2,80 | 14,00 | 0,53 | 7,06 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | | 0,50 | 0,00 |
| pod (prema tlu) | 0,40 | | | 6,00 | 0,50 | 1,44 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 12,80 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 486,44 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 16,80 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 8,40 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 107,46 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 107,46 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 6,00 | 11,00 | 66,00 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 659,90 |

Tablica 7. Toplinski gubici za prostoriju 02

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 03 - RADNA SOBA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 5,40 | 2,80 | 15,12 | 0,20 | 4,54 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 1,60 | 1,40 | 2,24 | 1,40 | 3,36 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 4,50 | 2,80 | 12,60 | 0,53 | 6,35 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | | 0,50 | 0,00 |
| pod (prema tlu) | 0,40 | | | 7,20 | 0,50 | 1,73 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 15,97 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 607,03 |
| Potrebni volumni protok zraka V_z | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 20,16 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka | $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | 10,08 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 128,95 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 128,95 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 7,20 | 11,00 | 79,20 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 815,18 |

Tablica 8. Toplinski gubici za prostoriju 03

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|---------|---------------------|------------------------|----------------|
| Prostorija: 04 - HODNIK | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | H τ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 1,50 | 2,80 | 4,20 | 0,20 | 1,26 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 2,20 | 1,40 | 3,08 | 1,40 | 4,62 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| vanjska vrata | 1,00 | 1,00 | 2,20 | 2,20 | 2,00 | 4,62 |
| unutarnji zid | 0,80 | 12,60 | 2,80 | 35,28 | 0,53 | 17,78 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | | 0,50 | 0,00 |
| pod (prema tlu) | 0,40 | | | 11,52 | 0,50 | 2,76 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \Sigma A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 31,05 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 1.179,74 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V _p | [m ³] | | 32,26 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l _z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potrebni volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 16,13 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \Sigma (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | c _z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 206,33 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 206,33 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | f _z [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | | | 126,72 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 1.512,79 |

Tablica 9. Toplinski gubici za prostoriju 04

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|---------|---------------------|------------------------|----------------|
| Prostorija: 05 - KUPAONICA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 24 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 42 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | H τ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 3,60 | 2,80 | 10,08 | 0,20 | 3,02 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 0,40 | 0,80 | 0,32 | 1,40 | 0,48 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 2,70 | 2,80 | 7,56 | 0,53 | 3,81 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | | 0,50 | 0,00 |
| pod (prema tlu) | 0,40 | | | 3,12 | 0,50 | 0,75 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 8,06 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 338,65 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V _p | [m ³] | | 8,74 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l _z | [1/h] | | 1,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 13,10 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | c _z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 22 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 24 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 176,46 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 176,46 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | f _z [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 3,12 | 11,00 | 34,32 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 549,43 |

Tablica 10. Toplinski gubici za prostoriju 05

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 06 - TEHNIČKA PROSTORIJA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 18 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 36 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 1,50 | 2,80 | 4,20 | 0,20 | 1,26 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 0,60 | 0,80 | 0,48 | 1,40 | 0,72 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 6,80 | 2,80 | 19,04 | 0,53 | 9,60 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | | 0,50 | 0,00 |
| pod (prema tlu) | 0,40 | | | 4,70 | 0,50 | 1,13 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 12,70 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 457,35 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 13,16 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka | $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | 6,58 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 18 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 79,75 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 79,75 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 4,70 | 11,00 | 51,70 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 588,80 |

Tablica 11. Toplinski gubici za prostoriju 06

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 11 - SPAVAĆA SOBA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 4,70 | 2,80 | 13,16 | 0,20 | 3,95 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 2,00 | 2,20 | 4,40 | 1,40 | 6,60 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | 1,40 | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 7,10 | 2,80 | 19,88 | 0,53 | 10,02 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | 12,04 | 0,50 | 2,17 |
| pod | 0,40 | | | | 0,50 | 0,00 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 22,73 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 863,92 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 33,712 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 16,86 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec. toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 215,64 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 215,64 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 12,04 | 11,00 | 132,44 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 1.212,00 |

Tablica 12. Toplinski gubici za prostoriju 11

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 12 - SPAVAĆA SOBA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 5,50 | 2,80 | 15,40 | 0,20 | 4,62 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 1,00 | 2,20 | 2,20 | 1,40 | 3,30 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 1,60 | 1,40 | 2,24 | 1,40 | 3,36 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 6,75 | 2,80 | 18,90 | 0,53 | 9,53 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | 11,25 | 0,50 | 2,03 |
| pod | 0,40 | | | | 0,50 | 0,00 |
| Ukupni koeficijent transmisijских top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 22,83 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 867,56 |
| Potrebni volumni protok zraka V_z | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 31,5 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 15,75 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec. toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 201,49 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 201,49 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 11,25 | 11,00 | 123,75 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 1.192,80 |

Tablica 13. Toplinski gubici za prostoriju 12

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 13 - HODNIK | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | | | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 8,90 | 2,80 | 24,92 | 0,53 | 12,56 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | 4,90 | 0,50 | 0,88 |
| pod | 0,40 | | | | 0,50 | 0,00 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 13,44 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 510,78 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 13,72 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka | $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | 6,86 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec. toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 22 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 92,38 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 92,38 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 4,90 | 11,00 | 53,90 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 657,06 |

Tablica 14. Toplinski gubici za prostoriju 13

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 14 - SPAVAĆA SOBA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 0,65 | 2,80 | 1,82 | 0,20 | 0,55 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | 2,20 | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 2,10 | 1,40 | 2,94 | 1,40 | 4,41 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 8,90 | 2,80 | 24,92 | 0,53 | 12,56 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | 8,70 | 0,50 | 1,57 |
| pod | 0,40 | | | | 0,50 | 0,00 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 19,08 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 725,10 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 24,36 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 12,18 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec. toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 155,82 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 155,82 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 8,70 | 11,00 | 95,70 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 976,62 |

Tablica 15. Toplinski gubici za prostoriju 14

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 15 - SPAVAĆA SOBA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 3,80 | 2,80 | 10,64 | 0,20 | 3,19 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | 2,20 | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 2,60 | 1,40 | 3,64 | 1,40 | 5,46 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 6,40 | 2,80 | 17,92 | 0,53 | 9,03 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | 10,20 | 0,50 | 1,84 |
| pod | 0,40 | | | | 0,50 | 0,00 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 19,52 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 741,75 |
| Potrebni volumni protok zraka V_z | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 28,56 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 14,28 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec. toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 182,69 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 182,69 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | | | 112,20 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 1.036,63 |

Tablica 16. Toplinski gubici za prostoriju 15

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 16 - SPAVAĆA SOBA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 4,70 | 2,80 | 13,16 | 0,20 | 3,95 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | 2,20 | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 1,80 | 1,40 | 2,52 | 1,40 | 3,78 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 6,50 | 2,80 | 18,20 | 0,53 | 9,17 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | 9,84 | 0,50 | 1,77 |
| pod | 0,40 | | | | 0,50 | 0,00 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 18,67 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 709,54 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 27,552 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 13,78 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec. toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 176,24 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 176,24 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 9,84 | 11,00 | 108,24 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 994,01 |

Tablica 17. Toplinski gubici za prostoriju 16

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|---------|---------------------|------------------------|----------------|
| Prostorija: 17 - KUPAONICA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 24 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 42 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | H τ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 1,00 | 2,80 | 2,80 | 0,20 | 0,84 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 0,60 | 0,80 | 0,48 | 1,40 | 0,72 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 7,25 | 2,80 | 20,30 | 0,53 | 10,23 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | 4,42 | 0,50 | 0,80 |
| pod (prema tlu) | 0,40 | | | | 0,50 | 0,00 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 12,59 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 528,65 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V _p | [m ³] | | 12,38 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l _z | [1/h] | | 1,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 18,56 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | c _z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 22 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 24 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 249,99 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 249,99 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | f _z [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | | | 48,62 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 827,26 |

Tablica 18. Toplinski gubici za prostoriju 17

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|---------|---------------------|------------------------|----------------|
| Prostorija: 18 - KUPAONICA | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 24 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 42 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | H τ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 0,65 | 2,80 | 1,82 | 0,20 | 0,55 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | 2,20 | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 0,60 | 0,80 | 0,48 | 1,40 | 0,72 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 7,65 | 2,80 | 21,42 | 0,53 | 10,80 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | 3,38 | 0,50 | 0,61 |
| pod | 0,40 | | | | 0,50 | 0,00 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 12,67 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 532,14 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | Vp | [m ³] | | 9,46 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | lz | [1/h] | | 1,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 14,20 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | cz | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 24 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 181,61 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 181,61 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | | | 37,18 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 750,93 |

Tablica 19. Toplinski gubici za prostoriju 18

| PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Prostorija: 1 - UNUTARNJE STUBIŠTE | | | | | | |
| Podaci o temperaturama | | | | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | °C | -18 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | °C | 20 | | | |
| Razlika temperatura ($\theta_{int} - \theta_e$) | | °C | 38 | | | |
| Transmisijski toplinski gubici | | | | | | |
| | f_k | L [m] | h [m] | A [m ²] | U [W/m ² K] | Hτ [W/K] |
| vanjski zid (prema zraku) | 1,00 | 2,10 | 5,40 | 11,34 | 0,20 | 3,40 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | | 2,20 | 0,00 | 1,40 | 0,00 |
| staklo/prozori/vrata | 1,00 | 0,60 | 1,20 | 0,72 | 1,40 | 1,08 |
| vanjska vrata | 1,00 | | | 0,00 | 2,00 | 0,00 |
| unutarnji zid | 0,80 | 6,00 | 5,40 | 32,40 | 0,53 | 16,33 |
| krov | 0,90 | | | 0,00 | | 0,00 |
| strop | 0,30 | | | 6,30 | 0,50 | 1,13 |
| pod | 0,40 | | | | 0,50 | 0,00 |
| Ukupni koeficijent transmisijskih top. gub. $HT = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$, [W/K] | | | | | | 21,95 |
| Korekcijski faktor za toplinske mostove ΔU_{WB} [W/m ² K] | | | | | | 0,10 |
| Ukupni transmisijski toplinski gubici $\Phi_T = HT \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 833,93 |
| Potrebni volumni protok zraka Vz | | | | | | |
| Volumen prostora | V_p | [m ³] | | 34,02 | | |
| Potreban broj izmjena zraka | l_z | [1/h] | | 0,50 | | |
| Potreban volumni protok zraka $V_z = V_p \cdot l_z$, [m ³ /h] | | | | | | 17,01 |
| Ukupno potreban volumen zraka $V_z = \sum (V_z)$, [m ³ /h] | | | | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | c_z | W/kgK | 0,28055 | | | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,20 | | | |
| Temp. ubačenog zraka u prostoriju | $\theta_{int-ulaz}$ | [°C] | 20 | | | |
| Unutarnja projektna temperatura | θ_{int} | [°C] | 20 | | | |
| Vanjska projektna temperatura | θ_e | [°C] | -18 | | | |
| Ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e)$, [W] | | | | | | 217,61 |
| Toplina dobivena procesom povrata $\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \cdot \lambda$, [W] | | | | | | 0,00 |
| Ukupni ventilacijski toplinski gubici $\Phi_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W] | | | | | | 217,61 |
| Dodatak za zagrijavanje Φ_z | | | | | | |
| | | | | A [m ²] | fz [-] | |
| $\Phi_z = A \cdot f_z$ | | | | 6,30 | 11,00 | 69,30 |
| Ukupni toplinski gubici $\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_Z$, [W] | | | | | | 1.120,84 |

Tablica 20. Toplinski gubici za prostoriju 1

| Oznaka prostorije | A [m ²] | V [m ³] | Transmisijski toplinski gubici Φ_T [W] | Ventilacijski toplinski gubici Φ_{v1} [W] | Dodatak za zagrijavanje Φ_z [W] | Ukupni toplinski gubici Φ [W] |
|-------------------|---------------------|---------------------|---|--|--------------------------------------|------------------------------------|
| 01 | 36,05 | 100,94 | 1.853,29 | 679,65 | 0,00 | 2.532,94 |
| 02 | 6,00 | 16,80 | 486,44 | 107,46 | 66,00 | 659,90 |
| 03 | 7,20 | 20,16 | 607,03 | 128,95 | 79,20 | 815,18 |
| 04 | 11,52 | 32,26 | 1.179,74 | 206,33 | 126,72 | 1.512,79 |
| 05 | 3,12 | 8,74 | 338,65 | 176,46 | 34,32 | 549,43 |
| 06 | 4,70 | 13,16 | 457,35 | 79,75 | 51,70 | 588,80 |
| 11 | 12,04 | 33,71 | 863,92 | 215,64 | 132,44 | 1.212,00 |
| 12 | 11,25 | 31,50 | 867,56 | 201,49 | 123,75 | 1.192,80 |
| 13 | 4,90 | 13,72 | 510,78 | 92,38 | 53,90 | 657,06 |
| 14 | 8,70 | 24,36 | 725,10 | 155,82 | 95,70 | 976,62 |
| 15 | 10,20 | 28,56 | 741,75 | 182,69 | 112,20 | 1.036,63 |
| 16 | 9,84 | 27,55 | 709,54 | 176,24 | 108,24 | 994,01 |
| 17 | 4,42 | 12,38 | 528,65 | 249,99 | 48,62 | 827,26 |
| 18 | 3,38 | 9,46 | 532,14 | 181,61 | 37,18 | 750,93 |
| 19 | 6,30 | 17,64 | 833,93 | 217,61 | 69,30 | 1.120,84 |
| Ukupno: | 139,62 | 390,94 | 11.235,87 | 3.052,07 | 1.139,27 | 15.427,21 |

Tablica 21. Ukupni toplinski gubici

4.2. Dimenzioniranje podnog grijanja

Kao i za svako grijanje, presudno za besprijeckorno rad podnog grijanja je optimalno polaganje, koje treba izvesti prema odgovarajućim pravilima i normama. Podno grijanje ćemo dimenzionirati prema EN 1264. Kao osnova za izračun služi potrebna toplina. To je snaga potrebna za zagrijavanje jedne prostorije, a ovisi o položaju prostorije, toplinskoj izolaciji, broju prozora i sl. Dugotrajne temperature zagrijanog poda veće od 25°C većina ljudi smatra neugodnim. Budući da su maksimalne temperature poda potrebne samo kroz mali broj dana u godine, u prostorijama za dnevni boravak i sličnim dopušteno je i 29°C. U prostorima u kojima se ne boravi stalno, odnosno u rubnim područjima, dopušteno je i 35°C. Ove vrijednosti su definirane u EN 1264 kao granične vrijednosti nadtemperatura podnog grijanja (za područja boravka 9 K, za rubna područja 15 K). Ako se potrebni toplinski učin ne postigne ni korištenjem rubnih područja, potrebno je dodatno grijanje.

Odgovarajućom izolacijom ispod postavljenih cijevi, osigurava se da emisija topline prema dolje bude manja od 25% ukupnog učina grijanja, odnosno manja od 20 W/m². Polazište dimenzioniranja je potrebna toplina P_N .

1. Izračun potrebne topline [4]

Kod podnog grijanja gubitak topline preko poda može se oduzeti od ukupnog gubitka topline cijele prostorije (potrebna toplina).

$$P_{NB} = P_N - P_{FB} \text{ [W]} \quad (13)$$

P_{NB} – potrebna toplina [W]

P_N – propisana potreba topline [W]

P_{FB} – gubitak topline preko poda [W]

2. Izračun specifične potrebne topline [4]

Iz izračunate potrebne topline i raspoložive ogrjevne površine (osnovna površina prostorije umanjena za razne prepreke) izračunava se i specifična potrebna toplina.

$$q_{spez} = P_{NB} / A_R \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (14)$$

q_{spez} – specifična potrebna toplina [W/m²]

P_{NB} – izračunata potrebna toplina [W]

A_R – površina prostorije [m²]

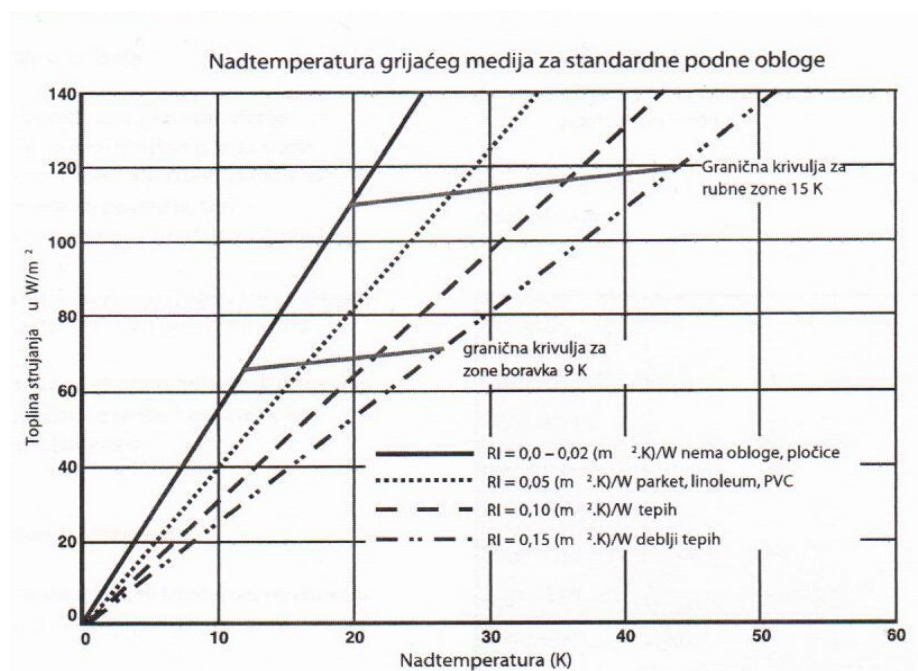
3. Polaganje referentne prostorije [4]

Za polaganje referentne prostorije odabire se razupora (temperaturna razlika između polaza i povrata). Kupaonice se ne uzimaju kao referentne prostorije.

Razupora σ je definirana u EN 1264 sa $\sigma < 5$ K.

4. Nadtemperatura ogrjevnog medija [4]

Nadtemperatura ogrjevnog medija je logaritamski utvrđena srednja razlika između temperature ogrjevnog medija i utvrđene unutarnje temperature. Za izračun referentne prostorije uzima se nadtemperatura ogrjevnog medija, koja vlada pri odabranom otporu toplinske provodljivosti podne obloge i pri određenoj gustoći toplinskog toka. Nadtemperatura ogrjevnog medija može se očitati direktno iz dijagrama.



Dijagram 5. Nadtemperatura grijaćeg medija [2]

$$t_{mH} = \ln \frac{t_{VL} - t_{RC}}{t_{RC} - t_i} ; \quad [\text{K}] \quad (15)$$

t_{mH} – nadtemperatura grijaćeg medija [K]

t_{VL} – temperatura polaznog voda [°C]

t_{RC} – temperatura povratnog voda [°C]

t_i – unutarnja temperatura prostorije [°C]

5. Izračun temperature polaznog voda [4]

Temperatura polaza ne vrijedi samo za referentnu prostoriju, nego i za sve druge krugove. Kako bi se u svakom krugu podnog grijanja na raspolaganje stavilo točno toplinsko opterećenje, razupora varira.

$$t_{VL} = t_i + t_{mH} + \sigma/2 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (16)$$

t_{VL} – temperatura polaznog voda [°C]

t_i – unutarinja temperatura prostorije [°C]

t_{mH} – nadtemperatura grijaćeg medija [K]

σ – razupora (temperatura polaza – temperatura povrata)

6. Određivanje razupora svih drugih krugova grijanja [4]

Pomoću specifičnog toplinskog opterećenja i razmaka polaganja pronalazi se nadtemperatura grijaćeg medija. Razupora se može odrediti iz nadtemperature ogrjevnog medija i temperature polaznog voda.

$$\sigma/2 = t_{VL} - (t_i + t_{mH}) \quad (17)$$

$$\sigma = 2 \cdot (t_{VL} - (t_i + t_{mH})) \quad (18)$$

t_{VL} – temperatura polaznog voda [°C]

t_i – unutarinja temperatura prostorije [°C]

t_{mH} – nadtemperatura grijaćeg medija [K]

σ – razupora (temperatura polaza – temperatura povrata)

7. Rubna područja [4]

Ako je potrebna toplina za jednu prostoriju tako velika da se ne može pokriti ni uz pridržavanje maksimalne temperature poda od 29°C, a ni uz manji raspon postavljenih cijevi, tada je potrebno izvršiti proračun rubnih područja. Pri tome se provjerava da li je moguće potrebnu toplinu pokriti rubnim područjem koje ima temperaturu podnog grijanja

do 35°C. Ako se pri tome ne postigne potrebna toplina strujanja s manjim razmakom polaganja cijevi (npr. 10 cm), mora se računati sa višom temperaturom polaza, nego što je planirano. Pri tome se moraju poštivati systemska ograničenja.

8. Izračun protoka vode [4]

Protok vode može se računati na osnovu poznatog učina grijanja i razupore.

$$m = (P_{NB} / \sigma \cdot c) \cdot 3600 \text{ [kg/h]} \quad (19)$$

m – protok vode [kg/h]

P_{NB} – potrebna toplina [W]

σ – razupora (temperatura polaza – temperatura povrata) [K]

c – specifični toplinski kapacitet medija (voda) = 4,19 [KJ/kgK]

3600 – faktor množenja za pretvaranje kg/s u kg/h

9. Izračun duljine cijevi [4]

Ukupna duljina cijevi jednog kruga grijanja ne bi smjela preći 100 m. Ako kod izračuna ispadne više od 100 m cijevi, treba napraviti podjelu krugova grijanja. Prilikom izračuna se ne smiju zaboraviti dodatni vodovi od razdjelnika L_{ZU} .

$$L = A_R / a + 2 \cdot L_{ZU} \text{ [m]} \quad (20)$$

L – duljina cijevi kruga grijanja [m]

A_R – površina prostorije [m²]

a – razmak polaganja cijevi [m]

L_{ZU} – duljina cijevi polaznog odnosno povratnog voda od razdjelnika [m]

10. Izračun pada tlaka [4]

Uz pomoć tablice i vrijednosti L i m može se izračunati pad tlaka podnog grijanja. Maksimalna brzina protoka ne bi trebala biti veća od 0,8 m/s. Za izračun pada tlaka moraju se zbrajati i pojedinačni otpori fazonskih komada. Ovi otpori se izračunavaju preko dodatnog koeficijenta otpor ξ ili se dodaju kao preračunate ekvivalentne duljine cijevi. Koeficijent dodatnog otpora ξ određuje se eksperimentalno. Dakle radi se o empirijskoj vrijednosti koja može osjetno odstupati.

$$Z = \sum \xi \cdot v^2 \cdot 5 \quad (21)$$

Z – zbroj pojedinačnih otpora [mbar]

v – brzina strujanja medija [m/s]

ξ – koeficijent gubitaka

$$\Delta p_g = R \cdot l + Z + \Delta p_v \quad (22)$$

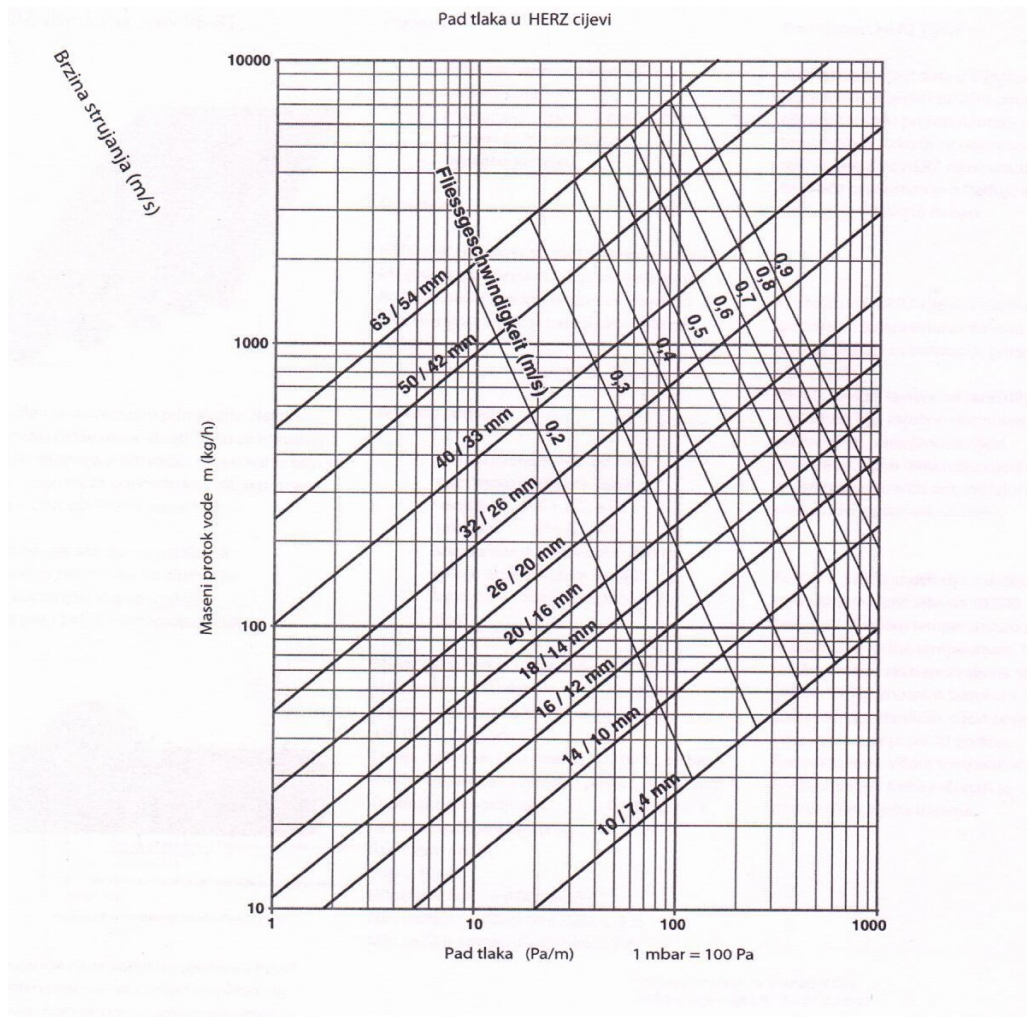
Δp_g – ukupan pad tlaka u krugu grijanja [Pa/m]

R – pad tlaka po metru cijevi [Pa/m]

l – duljina cijevi [m]

Z – zbroj pojedinačnih otpora [mbar]

Δp_v – pad tlaka na termostatskom ventilu [Pa/m]



Dijagram 6. Pad tlaka u cijevima [4]

| Otpori priključaka | | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------|--------------|
| Cijev dim. | Luk cijevi | Kutnik | Ėemad skretanje toka jednostrano | T-komad miješanje toka | T-komad povrat toka obostrano | T-komad spajanje toka | Prolazni komad | Zidni kutnik |
| | | | | | | | | |
| Vrijednosti izražene u duljine cijevi u m | | | | | | | | |
| 14 | 0,70 | 1,50 | 1,30 | 1,60 | 1,70 | 1,70 | 1,00 | 1,40 |
| 16 | 0,60 | 1,40 | 1,20 | 1,50 | 1,60 | 1,60 | 0,90 | 1,30 |
| 18 | 0,55 | 1,20 | 0,90 | 1,40 | 1,50 | 1,50 | 0,70 | 1,20 |
| 20 | 0,50 | 1,10 | 0,60 | 1,30 | 1,40 | 1,40 | 0,50 | 1,10 |
| 26 | 0,40 | 1,00 | 0,50 | 1,20 | 1,30 | 1,30 | 0,40 | |
| 32 | 0,30 | 0,80 | 0,30 | 1,00 | 1,10 | 1,10 | 0,30 | |
| 40 | 0,26 | 0,76 | 0,28 | 0,95 | 1,00 | 1,00 | 0,26 | |
| 50 | 0,22 | 0,72 | 0,26 | 0,90 | 0,95 | 0,95 | 0,22 | |
| 63 | 0,18 | 0,70 | 0,24 | 0,85 | 0,90 | 0,90 | 0,18 | |

Slika 23. Otpori priključaka [4]

| PODNO GRIJANJE | | | | |
|---|--|---|-------|---------|
| Prostorija: 01 - DNEVNI BORAVAK I BLAGAVAONICA (referentna prostorija) | | | | |
| Podaci o prostoriji i gubicima topline | | | | |
| Temperatura polaznog voda | tVL | [°C] | 45,00 | |
| Temperatura povratnog voda | tRC | [°C] | 37,00 | |
| Unutarnja temperatura prostorije | ti | [°C] | 22,00 | |
| Površina prostorije | AR | [m²] | 36,05 | |
| Razupora (tVL - tRC) | σ | [K] | 5,00 | |
| $\sigma \cdot c$ (4,19 kJ/kgK) | | [kJ/kg] | 20,95 | |
| Razmak polaganja cijevi | a | [m] | 0,10 | |
| Duljina polaznog voda | LZU | [m] | 6,00 | |
| Brzina protoka | v | [m/s] | 0,50 | |
| Cijev | ϕ | [mm] | 16,00 | |
| Propisana potreba topline | PN | [W] | 2.930 | |
| Gubitak topline preko poda | PFB | [W] | 346 | |
| Potrebna topline PNB = (PN - PFB) | PNB | [W] | 2.584 | |
| Specifična potrebna toplina qspez = PNB / AR , [W/m²] | | | | 71,7 |
| Nadtemperatura ogrjevnog medija | tmH = | $\frac{tVL - tRC}{\ln \frac{tVL - ti}{tRC - ti}}$, [K] | | 18,6 |
| Temperatura polaznog voda (ref.) | tVL = ti + tmH + $\sigma/2$ [°C] | | | 43,1 |
| Protok vode | m = (PNB / $\sigma \cdot c$) · 3600 , [kg/h] | | | 444,0 |
| Duljina cijevi kruga grijanja | L = $\frac{AR}{a} + (2 \cdot LZU)$ | | [m] | 372,5 |
| Duljina cijevi prelazi 100 m | (372,5m / 4 kruga) | | | 4 kruga |
| Pad tlaka (za v=0,5 m/s) | Z = $\sum \xi \cdot v^2 \cdot 5$ [Pa] | | | 870,0 |
| Ukupan pad tlaka | $\Delta pg = R \cdot L + Z + \Delta pv$ [Pa] | | | 7.860,0 |

Tablica 22. Proračun podnog grijanja za prostoriju 01

| PODNO GRIJANJE | | | | |
|---|--|---|-------|---------|
| Prostorija: 02 - KUHINJA | | | | |
| Podaci o prostoriji i gubicima topline | | | | |
| Temperatura polaznog voda | tvL | [°C] | 45,00 | |
| Temperatura povratnog voda | tRC | [°C] | 37,00 | |
| Unutarnja temperatura prostorije | ti | [°C] | 20,00 | |
| Površina prostorije | AR | [m ²] | 6,00 | |
| Razupora (tvL - tRC) | σ | [K] | 5,00 | |
| $\sigma \cdot c$ (4,19 kJ/kgK) | | [kJ/kg] | 20,95 | |
| Razmak polaganja cijevi | a | [m] | 0,10 | |
| Duljina polaznog voda | LZU | [m] | 5,50 | |
| Brzina protoka | v | [m/s] | 0,50 | |
| Cijev | ϕ | [mm] | 16,00 | |
| Propisana potreba topline | PN | [W] | 660 | |
| Gubitak topline preko poda | PFB | [W] | 55 | |
| Potrebna toplina PNB = (PN - PFB) | PNB | [W] | 605 | |
| Specifična potrebna toplina qspez = PNB / AR , [W/m ²] | | | | 100,8 |
| Nadtemperatura ogrjevnog medija | tmH = | $\frac{tvL - tRC}{\ln \frac{tvL - ti}{tRC - ti}}$, [K] | | 18,6 |
| Temperatura polaznog voda (ref.) | tvL = ti + tmH + $\sigma/2$ [°C] | | | 41,1 |
| Protok vode | m = (PNB / $\sigma \cdot c$) · 3600 , [kg/h] | | | 104,0 |
| Duljina cijevi kruga grijanja | L = $\frac{AR}{a} + (2 \cdot LZU)$ [m] | | | 71,0 |
| Pad tlaka (za v=0,5 m/s) | Z = $\Sigma \xi \cdot v^2 \cdot 5$ [Pa] | | | 587,0 |
| Ukupan pad tlaka | $\Delta p_g = R \cdot L + Z + \Delta p_v$ [Pa] | | | 6.887,0 |

Tablica 23. Proračun podnog grijanja za prostoriju 02

| PODNO GRIJANJE | | | | |
|---|--|---|-------|---------|
| Prostorija: 03 - RADNA SOBA | | | | |
| Podaci o prostoriji i gubicima topline | | | | |
| Temperatura polaznog voda | tvL | [°C] | 45,00 | |
| Temperatura povratnog voda | tRC | [°C] | 37,00 | |
| Unutarnja temperatura prostorije | ti | [°C] | 20,00 | |
| Površina prostorije | AR | [m ²] | 7,20 | |
| Razupora (tvL - tRC) | σ | [K] | 5,00 | |
| $\sigma \cdot c$ (4,19 kJ/kgK) | | [kJ/kg] | 20,95 | |
| Razmak polaganja cijevi | a | [m] | 0,10 | |
| Duljina polaznog voda | LZU | [m] | 2,50 | |
| Brzina protoka | v | [m/s] | 0,50 | |
| Cijev | ϕ | [mm] | 16,00 | |
| Propisana potreba topline | PN | [W] | 815 | |
| Gubitak topline preko poda | PFB | [W] | 66 | |
| Potrebna toplina PNB = (PN - PFB) | PNB | [W] | 749 | |
| Specifična potrebna toplina qspez = PNB / AR , [W/m ²] | | | | 104,0 |
| Nadtemperatura ogrjevnog medija | tmH = | $\frac{tvL - tRC}{\ln \frac{tvL - ti}{tRC - ti}}$, [K] | | 20,5 |
| Temperatura polaznog voda (ref.) tvL = ti + tmH + $\sigma/2$ [°C] | | | | 43,0 |
| Protok vode m = (PNB / $\sigma \cdot c$) · 3600 , [kg/h] | | | | 128,7 |
| Duljina cijevi kruga grijanja | L = | $\frac{AR}{a} + (2 \cdot LZU)$ | [m] | 77,0 |
| Pad tlaka (za v=0,5 m/s) | Z = $\Sigma \xi \cdot v^2 \cdot 5$ [Pa] | | | 760,0 |
| Ukupan pad tlaka | $\Delta pg = R \cdot L + Z + \Delta pv$ [Pa] | | | 8.393,0 |

Tablica 24. Proračun podnog grijanja za prostoriju 03

| PODNO GRIJANJE | | | | |
|---|------------------------------------|-------------------|-----------|---------|
| Prostorija: 04 - HODNIK | | | | |
| Podaci o prostoriji i gubicima topline | | | | |
| Temperatura polaznog voda | tvL | [°C] | 45,00 | |
| Temperatura povratnog voda | tRC | [°C] | 37,00 | |
| Unutarnja temperatura prostorije | ti | [°C] | 20,00 | |
| Površina prostorije | AR | [m ²] | 11,52 | |
| Razupora (tvL - tRC) | σ | [K] | 5,00 | |
| σ·c (4,19 kJ/kgK) | | [kJ/kg] | 20,95 | |
| Razmak polaganja cijevi | a | [m] | 0,10 | |
| Duljina polaznog voda | LZU | [m] | 1,00 | |
| Brzina protoka | v | [m/s] | 0,50 | |
| Cijev | φ | [mm] | 16,00 | |
| Propisana potreba topline | PN | [W] | 1.513 | |
| Gubitak topline preko poda | PFB | [W] | 105 | |
| Potrebna toplina PNB = (PN - PFB) | PNB | [W] | 1.408 | |
| Specifična potrebna toplina qspez = PNB / AR , [W/m ²] | | | | 122,2 |
| Nadtemperatura ogrjevnog medija | tmH = | | tvL - tRC | |
| | | ln | tvL - ti | [K] |
| | | | tRC - ti | |
| Temperatura polaznog voda (ref.) tvL = ti + tmH + σ/2 [°C] | | | | 43,0 |
| Protok vode m = (PNB / σ·c)·3600 , [kg/h] | | | | 136,0 |
| Duljina cijevi kruga grijanja | $L = \frac{AR}{a} + (2 \cdot LZU)$ | | [m] | 117,2 |
| Duljina cijevi prelazi 100 m, ali krugovi koji prolaze hodnikom imaju 30 m cijevi | | | | 87,2 |
| Pad tlaka (za v=0,5 m/s) | Z = Σ ξ · v² · 5 | | [Pa] | 910,0 |
| Ukupan pad tlaka | Δpg = R · L + Z + Δpv | | [Pa] | 9.985,0 |

Tablica 25. Proračun podnog grijanja za prostoriju 04

| PODNO GRIJANJE | | | | |
|---|---|-------------------|-----------|---------|
| Prostorija: 05 - KUPAONICA | | | | |
| Podaci o prostoriji i gubicima topline | | | | |
| Temperatura polaznog voda | tVL | [°C] | 45,00 | |
| Temperatura povratnog voda | tRC | [°C] | 37,00 | |
| Unutarnja temperatura prostorije | ti | [°C] | 24,00 | |
| Površina prostorije | AR | [m ²] | 3,12 | |
| Razupora (tVL - tRC) | σ | [K] | 5,00 | |
| σ·c (4,19 kJ/kgK) | | [kJ/kg] | 20,95 | |
| Razmak polaganja cijevi | a | [m] | 0,075 | |
| Duljina polaznog voda | LZU | [m] | 1,50 | |
| Brzina protoka | v | [m/s] | 0,50 | |
| Cijev | φ | [mm] | 16,00 | |
| Propisana potreba topline | PN | [W] | 550 | |
| Gubitak topline preko poda | PFB | [W] | 32 | |
| Potrebna toplina PNB = (PN - PFB) | PNB | [W] | 519 | |
| Specifična potrebna toplina qspez = PNB / AR , [W/m ²] | | | | 166,2 |
| Nadtemperatura ogrjevnog medija | tmH = | | tVL - tRC | |
| | | ln | tVL - ti | , [K] |
| | | | tRC - ti | |
| | | | | 29,6 |
| Temperatura polaznog voda (ref.) tVL = ti + tmH + σ/2 [°C] | | | | 56,1 |
| Protok vode m = (PNB / σ·c)·3600 , [kg/h] | | | | 89,1 |
| Duljina cijevi kruga grijanja | $L = \frac{AR}{a} + (2 \cdot LZU)$ | [m] | | 44,6 |
| Pad tlaka (za v=0,5 m/s) | $Z = \sum \xi \cdot v^2 \cdot 5$ | [Pa] | | 295,0 |
| Ukupan pad tlaka | $\Delta p_g = R \cdot L + Z + \Delta p_v$ | [Pa] | | 3.300,0 |

Tablica 26. Proračun podnog grijanja za prostoriju 05

| PODNO GRIJANJE | | | | |
|---|---|---|-------|---------|
| Prostorija: 06 - TEHNIČKA PROSTORIJA | | | | |
| Podaci o prostoriji i gubicima topline | | | | |
| Temperatura polaznog voda | tvL | [°C] | 45,00 | |
| Temperatura povratnog voda | tRC | [°C] | 37,00 | |
| Unutarnja temperatura prostorije | ti | [°C] | 18,00 | |
| Površina prostorije | AR | [m ²] | 4,70 | |
| Razupora (tvL - tRC) | σ | [K] | 5,00 | |
| $\sigma \cdot c$ (4,19 kJ/kgK) | | [kJ/kg] | 20,95 | |
| Razmak polaganja cijevi | a | [m] | 0,15 | |
| Duljina polaznog voda | LZU | [m] | 1,50 | |
| Brzina protoka | v | [m/s] | 0,50 | |
| Cijev | ϕ | [mm] | 16,00 | |
| Propisana potreba topline | PN | [W] | 588 | |
| Gubitak topline preko poda | PFB | [W] | 41 | |
| Potrebna toplina PNB = (PN - PFB) | PNB | [W] | 547 | |
| Specifična potrebna toplina qspez = PNB / AR, [W/m²] | | | | 116,4 |
| Nadtemperatura ogrjevnog medija | tmH = | $\frac{tvL - tRC}{\ln \frac{tvL - ti}{tRC - ti}}$, [K] | | 22,9 |
| Temperatura polaznog voda (ref.) tvL = ti + tmH + $\sigma/2$ [°C] | | | | 43,4 |
| Protok vode m = (PNB / $\sigma \cdot c$) · 3600, [kg/h] | | | | 94,0 |
| Duljina cijevi kruga grijanja | L = $\frac{AR}{a} + (2 \cdot LZU)$ | [m] | | 34,3 |
| Pad tlaka (za v=0,5 m/s) | Z = $\Sigma \xi \cdot v^2 \cdot 5$ | [Pa] | | 268,0 |
| Ukupan pad tlaka | $\Delta p_g = R \cdot L + Z + \Delta p_v$ | [Pa] | | 2.744,0 |

Tablica 27. Proračun podnog grijanja za prostoriju 06

4.3. Proračun toplinskih dobitaka

Izvori topline u ljetnom razdoblju su:

- 1. Unutarnji izvori topline Q_i** (dobitak topline od ljudi strojeva, rasvjete, susjednih prostorija i sl.) [3]
- 2. Vanjski izvori topline Q_A** (dobitak topline kroz zidove i staklene plohe transmisijom i zračenjem) [3]

1. Unutarnji izvori topline Q_I [3]

$$Q_I = Q_P + Q_M + Q_E + Q_R \quad (23)$$

Q_P – toplina koju odaju ljudi [W]

Q_M – toplina koju odaju različiti električni uređaji [W]

Q_E – dobitak topline od rasvjete [W]

Q_R – dobitak topline od susjednih prostorija [W]

Toplina koju odaju ljudi Q_P [3]

$$Q_P = N \cdot Q_{ukupna} \quad (24)$$

N – broj osoba [-]

Q_{ukupna} – ukupna toplina (osjetna + latentna) koju odaje jedna osoba [W]

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

* odavanje vodene pare, [g/h]

Slika 24. Toplina koju odaju ljudi Q_P (VDI 2078)

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

Slika 25. Toplina koju odaju različiti električni uređaji Q_M (VDI 3804)

2. Vanjski izvori topline Q_A [3]

$$Q_A = Q_W + Q_F = Q_W + (Q_T + Q_S) \quad (25)$$

Q_W – dobitak topline transmisijom kroz zidove [W]

Q_F – dobitak topline kroz staklene površine - prozore [W]

Q_T – dobitak topline kroz staklene površine - prozore transmisijom [W]

Q_S – dobitak topline kroz staklene površine - prozore zračenjem [W]

Transmisija topline kroz zidove Q_W [3]

Toplina koja prodire izvana kroz zidove i krov prema unutra. Prolaz topline opisan je također općepoznatom jednadžbom:

$$Q_W = A \cdot U \cdot (\theta_e - \theta_{int}) \quad (26)$$

Q_W – transmisija topline kroz zidove i krov [W]

A – površina plohe [m²]

U – koeficijent prolaza topline [W/(m²K)]

θ_e – vanjska projektna temperatura (ljetno) [°C]

θ_{int} – unutarnja projektna temperatura (ljetno) [°C], za θ_{int} uzima se 26°C

| Mjesto | θ_e [°C] | φ_e [%] |
|----------------|--------------------|--------------------|
| Dubrovnik | 32 | 52 |
| Hvar | 32 | 48 |
| Karlovac | 32 | 40 |
| Ogulin | 31 | 45 |
| Osijek | 33 | 44 |
| Pula | 31 | 47 |
| Rijeka | 32 | 40 |
| Sisak | 32 | 37 |
| Slavonski Brod | 33 | 37 |
| Split | 34 | 46 |
| Šibenik | 34 | 39 |
| Varaždin | 31 | 43 |
| Vinkovci | 32 | 43 |
| Zadar | 32 | 45 |
| Zagreb | 32 | 40 |

Mollier-ov h - x dijagram za vlažni zrak
→ entalpija $h = 63$ kJ/kg

Slika 26. Vanjska projektna temperatura θ_e i relativna vlažnost zraka φ_e - ljetno

Dobitak topline kroz prozore Q_F transmisijom Q_T i zračenjem Q_S [3]

$$Q_F = Q_T + Q_S \quad (27)$$

TRANSMISIJA kroz staklene površine – prozore Q_T [3]

$$Q_T = A \cdot U \cdot (\theta_e - \theta_{int}) \quad (28)$$

Q_T – transmisija topline kroz staklene površine - prozore [W]

A – površina plohe [m²]

U – koeficijent prolaza topline [W/(m²K)]

θ_e – vanjska projektna temperatura (ljetno) [°C]

θ_{int} – unutarnja projektna temperatura (ljetno) [°C], za θ_{int} uzima se 26°C

ZRAČENJE kroz staklene površine – prozore Q_s [3]

$$Q_s = I_{max} \cdot A_s \cdot b + I_{dif\ max} \cdot A_{sjena} \cdot b \quad (29)$$

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

$$\text{stara jedinica } 1 \text{ kcal}/(m^2/h) = 1.163 \text{ W}/m^2$$

$I_{dif\ max}$ – maksimalna vrijednost difuznog sunčevog zračenja [W/ m²]

A_s – osunčana površina stakla [m²]

A_{sjena} – zasjenjena površina stakla [m²]

A – ukupna površina stakla, $A = A_s + A_{sjena}$ [m²]

b – koeficijent propusnosti sunčevog zračenja [-]

Zasjenjeni dio prozora – prima samo difuzno sunčevo zračenje

Osunčani dio prozora – prima direktno i difuzno sunčevo zračenje

3. Ventilacija Q_H [3]

| Stanje zraka | θ | φ | h |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|
| | [°C] | [%] | [kJ/kg] |
| Vanjski zrak (Zagreb) | $\theta_e = 32$ | $\varphi_e = 40$ | $h_e = 63$ |
| Zrak u prostoriji | $\theta_{int} = 26$ | $\varphi_{int} = 40$ | $h_{int} = 64$ |
| Ubačeni zrak u prostoriju | $\theta_{int-ulaz} = 25$ | $\varphi_{int-ulaz} = 40$ | $h_{int-ulaz} = 65$ |

Tablica 28. Vanjska projektna temperatura θ_e i relativna vlažnost zraka φ_e - ljeto

Entalpija vlažnog zraka h (zrak + vodena para) [kJ/kg] – Mollier-ov dijagram za vlažni zrak

$$h = h_L + x \cdot h_D \quad (30)$$

h_L – entalpija zraka [kJ/kg]

h_D – entalpija vodene pare [kJ/kg]

x – sadržaj vlage [-]

$$h_L = c_{p,L} \cdot t \quad (31)$$

$$h_D = r_0 + c_{p,D} \cdot t \quad (32)$$

$$Q_h = \frac{V_z}{3.6} \cdot \rho_z \cdot (h_e - h_{int-ulaz}) \quad [W] \quad (33)$$

Q_h – rashladni učin hladnjaka [W]

V_z – potrebni volumni protok zraka [m^3/h]

ρ_z – gustoća zraka [kg/m^3] – $\rho_z = 1.2 \text{ kg}/m^3$

h_e – entalpija vanjskog zraka [kJ/kg]

$h_{int-ulaz}$ – entalpija zraka ubačenog u prostoriju [kJ/kg]

Ukupni potrebni rashladni učin hladnjaka:

$$Q = Q_I + Q_A + Q_h \quad (34)$$

| PRORAČUN DOBITAKA TOPLINE | | | | |
|--|--|-------------------------------|---|---|
| Prostorija: 01 - DNEVNI BORAVAK I BLAGAVAONICA | | | | |
| Osnovni podaci: | | | | |
| Vanjski zrak - temperatura | θ_e | °C | 32 | |
| Vanjski zrak - relativna vlažnost | φ_e | % | 40 | |
| Vanjski zrak - entalpija | h_e | kJ/kg | 63 | |
| Zrak u prostoriji - temperatura | θ_{int} | °C | 26 | |
| Zrak u prostoriji - relativna vlažnost | φ_{int} | % | 50 | |
| Zrak u prostoriji - entalpija | h_{int} | kJ/kg | 53 | |
| Ubačeni zrak - temperatura | $\theta_{int-ulaz}$ | °C | 25 | |
| Ubačeni zrak - relativna vlažnost | $\varphi_{int-ulaz}$ | % | 40 | |
| Ubačeni zrak - entalpija | $h_{int-ulaz}$ | kJ/kg | 46 | |
| Temperatura tla | θ_{po} | °C | 20 | |
| Razlika temperatura $\Delta\theta$ | $\theta_e - \theta_{int}$ | °C | 6 | |
| Razlika temperatura $\Delta\theta$ | $\theta_{po} - \theta_{int}$ | °C | -6 | |
| Razlika entalpija | $h_e - h_{int-ulaz}$ | kJ/kg | 17 | |
| 1. Unutarnji izvori topline Q_i | | | | |
| Toplina koju odaju ljudi Q_M (VDI 2078) | | | | |
| Broj osoba | N | [-] | 7 | |
| Osjetna toplina - 1 osoba | $Q_{osjetna}$ | [W] | 70 | |
| Latentna toplina - 1 osoba | $Q_{latentna}$ | [W] | 45 | |
| Ukupna toplina - 1 osoba | Q_{ukupna} | [W] | 115 | |
| Osjetna toplina - N osoba | $Q_{osjetna-N} = N \cdot Q_{osjetna}$ [W] | | | 490 |
| Latentna toplina - N osoba | $Q_{latentna-N} = N \cdot Q_{latentna}$ [W] | | | 45 |
| Ukupna toplina - N osoba | $Q_P = N \cdot Q_{ukupna}$ [W] | | | 805 |
| Toplina koju odaju električni uređaji Q_M (VDI 3804) - televizor [W] | | | | 175 |
| Toplina koju odaju električni uređaji Q_M (VDI 3804) - usisavač [W] | | | | 50 |
| Toplina koju odaju električni uređaji Q_M (VDI 3804) - radio [W] | | | | 40 |
| Ukupna toplina koju odaju električni uređaji ΣQ_M [W] | | | | 265 |
| Suma unutarnjih izvora topline Q_i [W] | | | | 1.070,00 |
| 2. Vanjski izvori topline Q_A | | | | |
| Transmisija topline kroz zidove Q_w | | | | |
| Građevni dio | U [W/m ² K] | A [m ²] | $\Delta\theta$ [K] | $U \cdot A \cdot \Delta\theta$ [W] |
| vanjski zid (prema zraku) | 0,2 | 39,20 | 6 | 47 |
| strop | 0,5 | 36,05 | 6 | 108 |
| pod | 0,5 | 36,05 | -6 | -108 |
| Transmisija topline kroz zidove Q_w | $Q_w = \Sigma(U \cdot A \cdot \Delta\theta)$ [W] | | | 47 |

| Transmisija topline kroz prozore Q_T | | | | |
|--|---|--------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Građevni dio | U [W/m ² K] | A [m ²] | $\Delta\theta$ [K] | $U \cdot A \cdot \Delta\theta$ [W] |
| prozori - S | 1,4 | 0,00 | 6 | 0 |
| prozori - J | 1,4 | 8,80 | 6 | 74 |
| prozori - I | 1,4 | 7,76 | 6 | 65 |
| prozori - Z | 1,4 | 0,00 | 6 | 0 |
| Transmisija topline kroz prozore Q_T | $Q_T = \Sigma(U \cdot A \cdot \Delta\theta)$ [W] | | | 139 |
| Zračenje topline kroz prozore Q_s | RUJAN 12h | | | |
| Građevni dio | I [W/m ² K] | A [m ²] | b [K] | $I \cdot A \cdot b$ [W] |
| prozori - S | 102,34 | 0,00 | 0,5 | 0,0 |
| prozori - J | 575,70 | 8,80 | 0,5 | 2.533,1 |
| prozori - I | 102,34 | 7,76 | 0,5 | 397,1 |
| prozori - Z | 102,34 | 0,00 | 0,5 | 0,0 |
| Zračenje topline kroz prozore Q_s | $Q_s = \Sigma(I \cdot A \cdot b)$ [W] | | | 2.930,2 |
| Suma vanjskih izvora topline Q_A | $Q_A = Q_w + Q_T + Q_s$ | | | 3.116,30 |
| Ukupni dobitak topline | $Q_{uk} = Q_l + Q_A$ | | | 4.186,30 |
| 3. Ventilacija Q_h | | | | |
| Ukupni potrebni volumn zraka | V_z | [m ³ /h] | 50,47 | |
| Spec.toplinski kapacitet zraka | c_z | [W/kgK] | 0,28055 | |
| Gustoća zraka | ρ_z | [kg/m ³] | 1,2 | |
| Razlika entalpija | $h_e - h_{int-ulaz}$ | [kJ/kg] | 17 | |
| Rashladni učin hladnjaka,[W] | $Q_h = V_z \cdot \rho_z \cdot (h_e - h_{int-ulaz}) / 3,6$ | | | 286,00 |
| Ukupni potrebni rashladni učin hladnjaka | $Q = Q_l + Q_A + Q_h$ [W] | | | 4.472,30 |

Tablica 29. Proračun dobitaka topline za prostoriju 01

PODRUČJE RADA



OD **-10°C**
DO **+46°C**



OD **-15°C**
DO **+24°C**

ENERGETSKA UČINKOVITOST

SEER

8,5

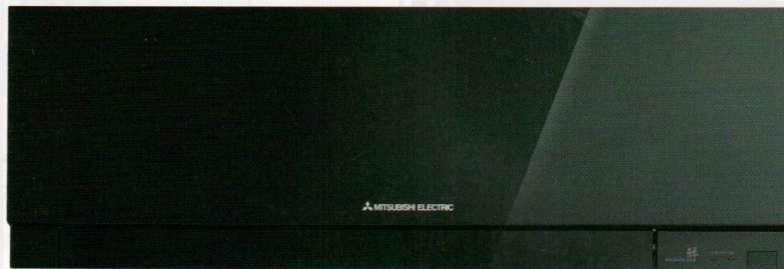


SCOP

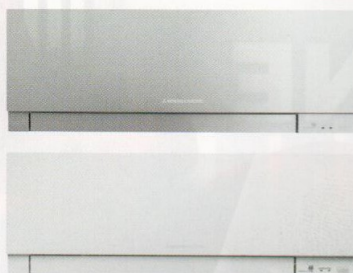
4,7



Podaci se odnose na model snage 2,5 kW



NOVO



MUZ-EF50



MUZ-EF25/35/42

| UNUTARNJA JEDINICA | | | MSZ-EF25VG | MSZ-EF35VG | MSZ-EF42VG | MSZ-EF50VG |
|--|-------------------|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| VANJSKA JEDINICA | | | MUZ-EF25VG | MUZ-EF35VG | MUZ-EF42VG | MUZ-EF50VG |
| Rashladni učin | kW | * | 2,5 | 3,5 | 4,2 | 5,0 |
| Raspon rashladnog učina (min.-max.) | kW | * | 1,2 - 3,4 | 1,4 - 4,0 | 0,9 - 4,6 | 1,4 - 5,4 |
| Snaga električnog priključka | kW | * | 0,54 | 0,91 | 1,28 | 1,56 |
| Pdesignc | kW | * | 2,5 | 3,5 | 4,2 | 5,0 |
| SEER / Energetska klasa | | * | 8,50 / A+++ | 8,50 / A+++ | 7,70 / A++ | 7,20 / A++ |
| Godišnja potrošnja energije | kWh | * | 103 | 144 | 192 | 244 |
| Učin grijanja | kW | * | 3,2 | 4,0 | 5,4 | 5,8 |
| Raspon učina grijanja (min.-max.) | kW | * | 1,1 - 4,2 | 1,8 - 5,5 | 1,4 - 6,3 | 1,6 - 7,5 |
| Snaga električnog priključka | kW | * | 0,70 | 0,95 | 1,46 | 1,56 |
| Pdesignh | kW | * | 2,4 | 2,9 | 3,8 | 4,2 |
| SCOP / Energetska klasa | | * | 4,70 / A++ | 4,60 / A++ | 4,60 / A++ | 4,50 / A+ |
| Godišnja potrošnja energije | kWh | * | 716 | 882 | 1155 | 1309 |
| UNUTARNJA JEDINICA | | | MSZ-EF25VG | MSZ-EF35VG | MSZ-EF42VG | MSZ-EF50VG |
| Protok zraka | m ³ /h | * | 240 - 630 | 240 - 630 | 348 - 630 | 348 - 660 |
| Razina buke (h/l) | dB(A) | * | 42 / 21 | 42 / 21 | 42 / 28 | 43 / 30 |
| Protok zraka | m ³ /h | * | 240 - 714 | 240 - 762 | 330 - 762 | 384 - 792 |
| Razina buke (h/l) | dB(A) | * | 45 / 21 | 46 / 21 | 48 / 28 | 49 / 30 |
| Dimenzije (V×Š×D) | mm | | 299 x 885 x 195 | 299 x 885 x 195 | 299 x 885 x 195 | 299 x 885 x 195 |
| Težina | kg | | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 |
| VANJSKA JEDINICA | | | MUZ-EF25VG | MUZ-EF35VG | MUZ-EF42VG | MUZ-EF50VG |
| Razina buke | dB(A) | * | 47 | 49 | 50 | 52 |
| Razina buke | dB(A) | * | 48 | 50 | 51 | 52 |
| Dimenzije (V×Š×D) | mm | | 550 x 800 x 285 | 550 x 800 x 285 | 550 x 800 x 285 | 880 x 840 x 330 |
| Težina | kg | | 30 | 35 | 35 | 54 |
| Promjer cijevi - plin | mm (col) | | 9,52 (3/8) | 9,52 (3/8) | 9,52 (3/8) | 12,7 (1/2) |
| Promjer cijevi - tekućina | mm (col) | | 6,35 (1/4) | 6,35 (1/4) | 6,35 (1/4) | 6,35 (1/4) |
| Maksimalna duljina cijevi | m | | 20 | 20 | 20 | 30 |
| Maksimalna visinska razlika | m | | 12 | 12 | 12 | 15 |
| Napon priključka | V-Ph-Hz | | 230 - 1 - 50 | 230 - 1 - 50 | 230 - 1 - 50 | 230 - 1 - 50 |
| Radna tvar/GWP | | | R32/675 | R32/675 | R32/675 | R32/675 |
| Punjenje u kg/tona CO ₂ - EKV | | | 0,80/1,67 | 1,15/2,40 | 1,15/2,40 | 1,45/3,03 |
| Cijena VPC kn (bez PDV-a) | Bijela/crna | | 6.510,00 | 7.720,00 | 10.050,00 | 12.310,00 |
| Cijena MPC kn (s PDV-om) | Bijela/crna | | 8.140,00 | 9.650,00 | 12.570,00 | 15.390,00 |
| Cijena VPC kn (bez PDV-a) | Srebrna | | 6.760,00 | 7.990,00 | 10.290,00 | 12.530,00 |
| Cijena MPC kn (s PDV-om) | Srebrna | | 8.450,00 | 9.990,00 | 12.870,00 | 15.670,00 |
| WI-FI upravljanje kn (s PDV-om) | | | | | 490,00 | |

* hlađenje * grijanje

Slika 27. Mitsubishi klima

Prema proračunu dobitaka iz topline iz tablice 23. vidljivo je da nam je potrebno nešto manje od 4,5 kW za hlađenje prostorije, pa stoga odabiremo vrhunski Japanski rashladni monosplit sustav čije karakteristike možemo vidjeti na slici 27., a koji se sastoji od unutarnje i vanjske jedinice. Unutarnja jedinica oznake MSZ-EF50VG i vanjska jedinica oznake MUZ-EF50VG rashladnog učina 5,0 kW i učina grijanja od 5,8 kW. Osim izuzetno tihim radom, malom potrošnjom energije i vrhunskim dizajnom, uređaj će zadovoljiti istančan ukus zahtjevnijih korisnika.

4.4. Ventilacija

Ovisno o mogućnostima izmjene zraka, postoji prirodna i prisilna ventilacija. Potrebno je napomenuti da korištenje prirodne ventilacije nema uvijek željeni učinak. U slučaju prisilne ventilacije prostorije koriste se ventilatori koji osiguravaju dovoljan intenzitet izmjene zraka. Uglavnom, ventilator doprinosi kretanju zraka iz prostorije u okoliš, a svježiji zrak dolazi iz drugih prostorija. Ponekad je dobro ugraditi ventilator u kupaonicu čak i uz dobru prirodnu ventilaciju kako bi se ubrzalo čišćenje zraka od neugodnih mirisa. Ako se prirodni način ne uspije organizirati dovoljno intenzivna izmjena zraka, prisilna ventilacija je obavezna. Prilikom dizajniranja samog objekta predviđeno je da svaki sanitarni čvor, odnosno kupaonica ima mogućnost prirodnog provjetravanja. Drugim riječima sve kupaonice, pa i tehnička prostorija u kojoj je smještena perilica i sušilica rublja imaju prozor. Kako bi osigurali izmjenu zraka i provjetravanje prostorija tijekom zimskih mjeseci, a da se pritom ne gubi toplina prilikom otvaranja prozora predviđen je jednostavan sustav prisilne ventilacije koju sačinjava odsisni ventilator i okrugle PVC cijevi. Kako bismo pojednostavnili sustav ventilacije i izbjegli rekuperaciju zraka, a samim time uštedjeli prostor i novac, svaka prostorija se ventilira zasebno. Potrebno je još spomenuti kuhinju koja također ima prozor, pa za odvod neugodnih mirisa možemo koristiti prirodnu ventilaciju, napu s filterom ili klasičnu napu. Budući da se ne radi o profesionalnoj kuhinji, a najveći efekt ima klasična napa ostavit ćemo samo pripremu PVC cijevi DN 100 koje dimenzijom zadovoljavaju istrujavanje zraka za klasične kuhinjske nape „kućne“ upotrebe.

Za sanitarne čvorove potrebno je osigurati 4 – 5 izmjena zraka u roku od 1 sata, dok je za tehničku prostoriju dovoljno 4 izmjene.

Prostorija 05 – kupaonica u prizemlju

- transmisijski gubici Φ_T pokriveni radiatorima
- dimenzija prostorije 2,8·1,3·2,4 m
- površina prostorije $A = 3,12 \text{ m}^2$
- zapremnina prostorije $V_p = 8,74 \text{ m}^3$
- min. broj izmjena zraka $i = 5$

UKUPNA POTREBNA KOLIČINA SVJEŽEG ZRAKA

$$L = V_p \cdot i \quad (35)$$

$$L = 8,74 \cdot 5 = 43,70 \text{ m}^3/\text{h}$$

Prostorija 06 – tehnička prostorija u prizemlju

- transmisijski gubici Φ_T pokriveni radiatorima
- dimenzija prostorije 2,8·1,55·2,85 m
- površina prostorije $A = 4,42 \text{ m}^2$
- zapremnina prostorije $V_p = 12,37 \text{ m}^3$
- min. broj izmjena zraka $i = 4$

UKUPNA POTREBNA KOLIČINA SVJEŽEG ZRAKA

$$L = V_p \cdot i \quad (35)$$

$$L = 12,37 \cdot 4 = 49,48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Prostorija 17 – kupaonica na katu

- transmisijski gubici Φ_T pokriveni radiatorima
- dimenzija prostorije 2,8·1,55·2,85 m
- površina prostorije $A = 4,42 \text{ m}^2$
- zapremnina prostorije $V_p = 12,37 \text{ m}^3$
- min. broj izmjena zraka $i = 5$

UKUPNA POTREBNA KOLIČINA SVJEŽEG ZRAKA

$$L = V_p \cdot i \quad (35)$$

$$L = 12,37 \cdot 5 = 61,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

Prostorija 18 – kupaonica na katu

- transmisijski gubici Φ_T pokriveni radiatorima
- dimenzija prostorije 2,8·1,25·2,70 m
- površina prostorije $A = 3,38 \text{ m}^2$
- zapremnina prostorije $V_p = 9,46 \text{ m}^3$
- min. broj izmjena zraka $i = 5$
- temperatura prostorije $t_p = +24^\circ\text{C}$

UKUPNA POTREBNA KOLIČINA SVJEŽEG ZRAKA

$$L = V_p \cdot i \quad (35)$$

$$L = 9,46 \cdot 5 = 47,30 \text{ m}^3/\text{h}$$

MODEL FEATURES

| | CZ | CRZ | CHZ | CDZ |
|-------------------------|------|------|------|-----|
| DC MOTOR | • | • | • | • |
| PILOT LIGHT | • | • | • | • |
| BACKDRAFT SHUTTER | • | • | • | • |
| ADJUSTABLE RUN-ON-TIMER | | • | • | • |
| ADJUSTABLE HUMIDISTAT | | | • | |
| DETECTOR MOVEMENT | | | | • |
| WIRING DIAGRAM* | 2, 3 | 4, 5 | 1, 4 | 1 |

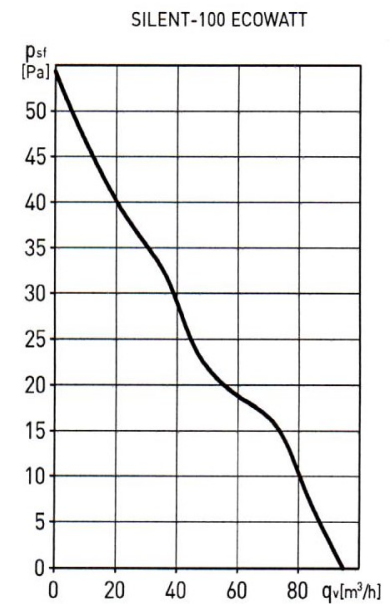
* See section of Wiring Diagrams.

TECHNICAL CHARACTERISTICS

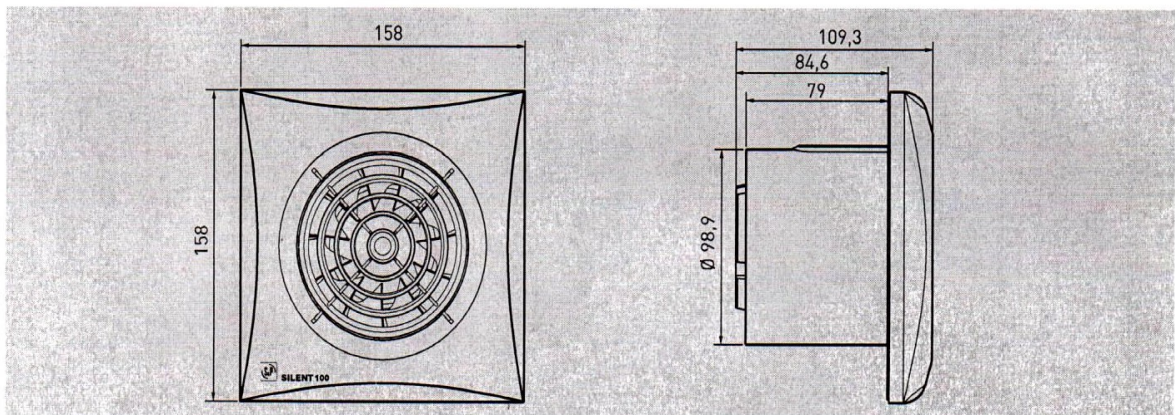
| Model | Speed (rpm) | Abs. power at free discharge (W) | Voltage (V) 50/60 Hz | Sound pressure level* (dB(A)) | Airflow at free discharge (m³/h) | Insulation/ IP | Ø Duct (mm) | Weight (kg) |
|------------------------------|-------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|
| SILENT-100 ECOWATT | 2100 | 5 | 230 | 26,5 | 95 | Class II / IP45 | 100 | 0,57 |
| KIT SILENT-100 12VDC ECOWATT | 2300 | 6 | 230 | 26,5 | 95 | Class III / IP57 Class II / IP21** | 100 | 0,57/0,48** |

* Sound pressure level measured at 3 m at free air conditions.
 ** SILENT/CT-12/6.

PERFORMANCE CURVE



DIMENSIONS (mm)

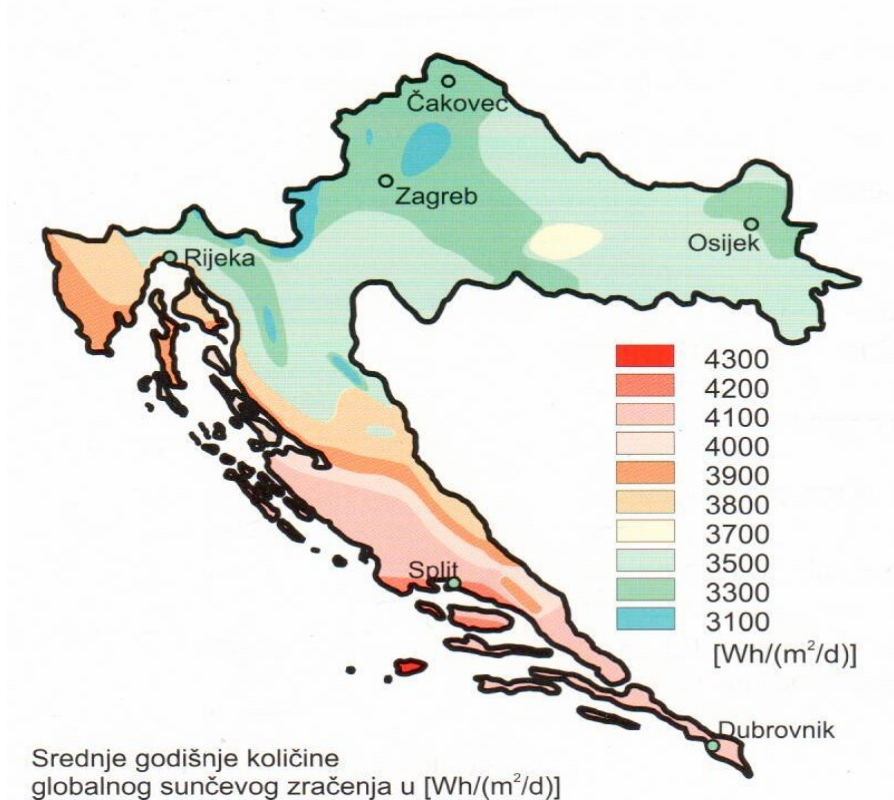


Slika 28. Kupaonski ventilator

Za ove jednostavne sustave ventilacije odabiremo aksijalne ventilatore tvrtke S&P (slika 28.) koji zadovoljavaju po svim parametrima prema krivulji odnosno tablici danoj od proizvođača opreme gdje x – os prikazuje protok zraka, a y – os pad tlaka. Iz tablice možemo zaključiti da su vrijednosti protoka zraka i pada tlaka obrnuto recipročne. Također ovi ventilatori troše vrlo malo energije, ali zato ih u nekim većim ventilacijskim sustavima ne možemo koristiti.

4.5. Solarni sustav za pripremu PTV

U današnje vrijeme mnogo energije se troši na pripremu tople vode i grijanje, pa se intenzivno radi na što efikasnijem dobivanju energije iz alternativnih izvora. Jedan od izvora je sunčeva energija koja se dosta koristi u zagrijavanju PTV-a. Intenzitet sunčevog zračenja je nestalan, a ovisi o meteorološkim prilikama, geografskom položaju i godišnjem dobu. Kod projektiranja solarnih sustava mora se znati količina dozračne sunčeve energije. U raznim dijelovima hrvatske količina sunčeve energije koja dospije na horizontalnu plohu tijekom godine je različita. Objekt za koji radimo proračun nalazi se u Zagrebu, znači u kontinentalnom dijelu Hrvatske gdje je situacija sa srednjom godišnjom količinom globalnog sunčevog zračenja nepovoljnija u odnosu na priobalni dio što se jasno vidi iz slike 29.



Slika 29. Srednje godišnje količine globalnog sunčevog zračenja - Hrvatska

Solarni sustavi za pripremu PTV u obiteljskim kućama mogu se relativno jednostavno projektirati i dimenzionirati. Kod odabira odgovarajućeg kolektora važno je naglasiti da

su i pločasti i vakuumski kolektori odličan izbor kada govorimo o pripremi tople vode. Prilikom projektiranja sustava vrlo važan aspekt vezanje uz zaštitu, sigurnost i zdravlje ljudi. Stoga je potrebno posebno obratiti pozornost na dvije stvari, a to su: zaštita od prevruće vode i zaštita od legionarske bolesti. Prilikom korištenja sunčeve energije temperatura vode u spremniku može značajno varirati, te temperature iznad 60°C nisu nikakva rijetkost. Kako bi se korisnici sustava zaštitili od opekline koje može prouzročiti prevruća voda u spremniku, obavezna je ugradnja termostatskog troputnog miješajućeg ventila s kojim je moguće ograničiti temperaturu vode prema potrošačima. Legionarska bolest posebna je opasnost za ljudsko zdravlje. Bakterije legionele posebno brzo se razmnožavaju u vodi temperature između 30°C i 50°C, dok kod temperatura iznad 60°C bakterije umiru. Stoga je radi termičke dezinfekcije vode potrebno ukupnu zapreminu spremnika jednom u danu zagrijati iznad 60°C. Osim volumena vode koja se nalazi u spremniku, potrebno je dezinficirati i cjevovod potrošne tople vode.

Projektiranje solarnih sustava možemo podijeliti u sedam glavnih koraka:

1. Određivanje potrebne količine PTV
2. Određivanje volumena spremnika PTV
3. Dimenzioniranje kolektorske površine
4. Odabir hidrauličkog povezivanja
5. Dimenzioniranje cjevovoda
6. Dimenzioniranje solarne crpke
7. Dimenzioniranje ekspanzijske posude

1. Određivanje potrebne količine PTV [5]

Najvažniji parametar za dimenzioniranje solarnih sustava koji služe zagrijavanju PTV je određivanje dnevne potrebne količine tople vode. Najčešće se procjenjuje potreba za PTV na temelju empirijskih vrijednosti određenih prema broju osoba i ostalih potrošača tople vode.

Na temelju potrebne količine PTV računski se dobiva dnevna potrebna toplinska energija za potrebu iste:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (36)$$

Q - toplinska energija [Wh]

m - masa vode [kg] – 1 lit \approx 1 kg

c - toplinski kapacitet vode [\approx 1,16 Wh/kgK]

ΔT – temperaturna razlika između tople i hladne vode [K]

Kod malih solarnih sustava temperatura od 45°C je u pravilu dovoljna, dok je kod velikih sustava tražena temperatura 60°C. Godišnja potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV izračunava se da se dnevna energija pomnoži s 365.

Traži se dnevna potrebna količina energije za zagrijavanje vode u domaćinstvu sa 5 osoba s pretpostavljenom prosječno potrebnom količinom PTV od 50 lit. (45 °C) po osobi.

Podaci:

$$m = 5 \cdot 50 = 250 \text{ lit} \quad (37)$$

$$c = 1,16 \text{ Wh/kgK} \quad [2]$$

$$\Delta T = 45\text{K} - 10 \text{ K} = 35\text{K} \quad (38)$$

Izračun:

$$Q = 250 \cdot 1,16 \cdot 35$$

$$Q = 10.150 \text{ Wh/d} = 10,15 \text{ kWh/d} \quad (39)$$

Projicirano na 365 dana iz toga proizlazi godišnja potreba za energijom od 3.704,75 kWh.

Količina PTV za jednu i dvije obitelji

| Vrsta objekta | Primjena | Prosječna potrebna količina PTV u litrama na dan i po osobi (45 °C) | | |
|--------------------------------|---|---|--|--|
| | | Mali stupanj komfora (minimalna potrebna količina) | Srednji stupanj komfora (standardna potrebna količina) | Visok stupanj komfora (maksimalna potrebna količina) |
| Kuća za jednu i dvije obitelji | Standardan - visok komfor | 20 - 30 odnosno 0,8 - 1,2 kWh / (osoba · dan) | 30 - 50 odnosno 1,2 - 2 kWh / (osoba · dan) | 50 - 70 odnosno 2 - 2,8 kWh / (osoba · dan) |
| Dodatno: | Perilica rublja odnosno perilica posuda | Po uređaju cca 20 l/d odnosno prema uputama proizvođača | | |

Slika 30. Količina PTV za jednu i dvije obitelji [2]

2. Određivanje volumena spremnika PTV [5]

Najveća potrošnja PTV je u jutarnjim i večernjim satima.

Za spremnik kod obiteljskih kuća, odnosno manjih sustava uzima se 1,2 – 2 puta veći volumen od potrebne dnevne količine PTV. Također potrebno je zadovoljiti i zahtjev da je potrebno minimalno 50 litara po 1 m² instalirane površine kolektorskog polja.

Traži se potrebna količina PTV i veličina spremnika za 5 osoba s prosječnim dnevnim potrebama za istom.

Izračun:

Potrebna količina vode je izračunata i iznosi 250 litara.

uz 250 lit • 1,2 = 300 lit;

Slijedi izbor solarnoga spremnika Vaillant VIH S 300 zapremnine 300 litara.

3. Dimenzioniranje kolektorske površine

Površina kolektora odabire se na osnovu potrebne količine PTV i odgovarajuće zapremine spremnika. Približno po 1 m² kolektorske površine za 50 l potrebne dnevne količine (prema potrebnoj količini PTV od 45 °C za jednu osobu) na cca 60 l zapremine spremnika. Ovakav grafički prikaz vrijedi za geografsku lokaciju sa srednjim godišnjim zračenjem od 1000 kWh/m². Kolektori su smješteni na ravnom krovu i orijentirani su na jug.

Traži se solarni sustav za 5 osoba u kući sa prosječnom potrebnom količinom PTV.

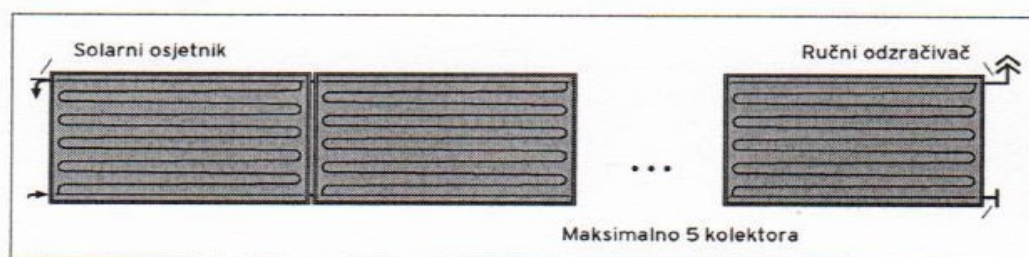
uz 300 lit / 60 lit = 5 • 1 m² = 5 m²

Postupak:

Za potrebnu dnevnu tople vode od 250 l/d, odnosno veličine spremnika od 300 litara potrebno je 5 m² kolektorske površine.

4. Odabir hidrauličkog povezivanja [5]

Solarni kolektori su pločasti proizvedeni od tvrtke Vaillant oznake auroTHERM VFK 145H. Za njihovo spajanje koristimo jednostrani spoj kao na slici 31. U tom se slučaju polazni i povratni vod kolektorskoga niza nalaze na istoj strani, čime se štedi cjevovod i pojednostavljuje montaža. Kod istostranog priključka moguće je spojiti maksimalno 5 kolektora.



Kolektorsko polje s priključcima na istoj strani

Slika 31. Kolektorsko polje s priključcima na istoj strani

5. Dimenzioniranje cjevovoda [5]

Kako bi se postigla optimalna predaja topline kolektora njima mora prostrujati minimalni volumenski protok po m^2 kolektorske površine. Ukupni volumenski protok kolektorskoga kruga direktno ovisi o kolektorskoj površini i ne smije biti manji od $15 \text{ lit/m}^2\text{h}$ koji odgovara tzv. „low-flow“ načinu rada. U kombinaciji sa solarnom stanicom VMS 70; a u ovisnosti o duljini cjevovoda, promjeru cjevovoda, kolektorskog spoja i ukupnih padova tlaka u kolektorskom krugu; moguće je spojiti do 70 m^2 kolektorske površine.

Ne smije se prekoračiti minimalni volumenski protok od $15 \text{ lit/m}^2\text{h}$ kolektorske površine.

Brzina solarne tekućine u cjevovodu trebala bi se kretati oko $0,4 \text{ m/s}$ jer se pri toj brzini mali mjehurići zraka relativno lagano transportiraju do odzračnog mjesta koje se nalazi u najvišoj točki sustava. Brzina tekućine u cjevovodu svakako nebi trebala prelaziti $0,5\text{-}0,6 \text{ m/s}$ kako bi se spriječio veliki pad tlaka što rezultira većom potrošnjom električne energije za pogon solarne crpke. Općenito, pad tlaka u cjevovodu ne bi trebao biti veći od $1,5 - 2 \text{ mbar/m}$.

Minimalni volumenski protok i minimalni promjer cjevovoda kod pločastih kolektora

| Broj kolektora VFK 145 V/H | Neto površina | Broj redova x broj kolektora | | Protok | Minimalni promjer bakrenih cijevi za ukupnu duljinu cijevi od: | |
|----------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|--------|--|----------|
| | | Istostrani priključak | Izmjenični priključak | | 20 m | 50 m |
| Komad | m ² | | | l/h | | |
| 2 | 4,7 | 1 x 2 | 1 x 2 | 180 | 15 x 1 | 15 x 1 |
| 3 | 7,05 | 1 x 3 | 1 x 3 | 180 | 15 x 1 | 15 x 1 |
| 4 | 9,4 | 1 x 4 | 1 x 4 / 2 x 2 | 180 | 15 x 1 | 18 x 1 |
| 5 | 11,75 | 1 x 5 | 1 x 5 | 180 | 18 x 1 | 18 x 1 |
| 6 | 14,1 | 3 x 2* / 2 x 3* | 1 x 6 / 3 x 2* / 2 x 3* | 212 | 18 x 1 | 18 x 1 |
| 7 | 16,45 | | 1 x 7 | 247 | 18 x 1 | 18 x 1 |
| 8 | 18,8 | 2 x 4* / 4 x 2* | 2 x 4 / 4 x 2 / 1 x 8 | 282 | 18 x 1 | 22 x 1 |
| 9 | 21,15 | | 1 x 9 | 318 | 22 x 1 | 22 x 1 |
| 10 | 23,5 | 2 x 5* / 5 x 2* | 1 x 10 / 2 x 5 / 5 x 2 | 353 | 22 x 1 | 22 x 1 |
| 11 | 25,8 | | 1 x 11 | 387 | 22 x 1 | 22 x 1 |
| 12 | 28,2 | | 1 x 12 / 2 x 6 / 3 x 4 / 4 x 3 | 423 | 22 x 1 | 22 x 1 |
| 20 | 47 | | 4 x 5 / 5 x 4 | 705 | 22 x 1 | 28 x 1,5 |
| 24 | 56,4 | | 2 x 12 / 4 x 6 / 6 x 4, itd | 846 | 28 x 1,5 | 28 x 1,5 |
| 32 | 75,2 | | 4 x 8, itd | 1128 | 28 x 1,5 | 28 x 1,5 |

* Samo kod paralelnog spajanja kolektorskih polja

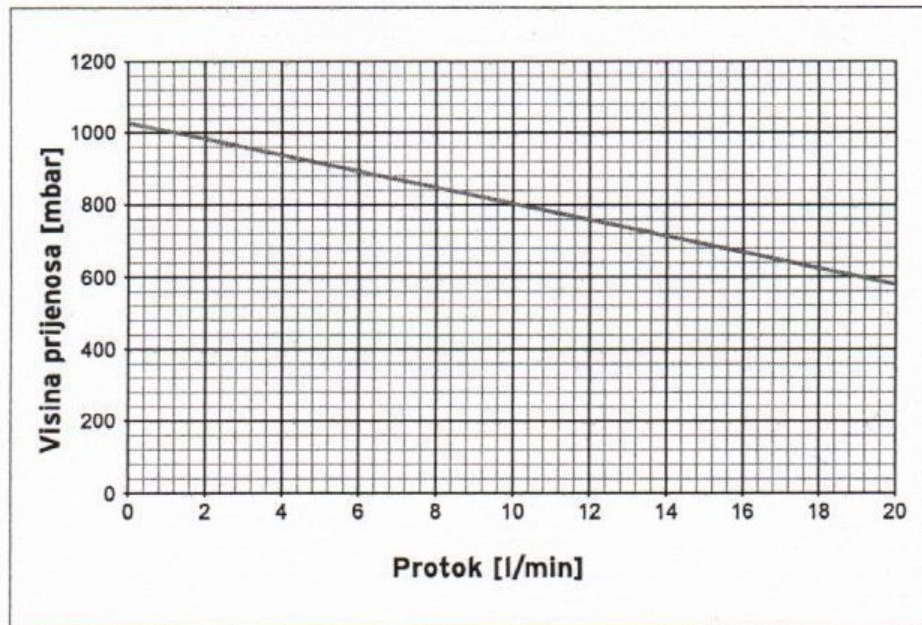
Slika 32. Podaci o protoku i promjeru cjevovoda kod pločastih kolektora Vaillant VFK

Iz prijašnjeg proračuna dobili smo spremnik veličine 300 lit. i površinu kolektorskog polja od 5,0 m². Kako odabrani pločasti kolektori auroTHERM VFK 145H imaju neto površinu od 2,35 m² po komadu, za naš objekt trebamo 2 kolektora čija zajednička površina iznosi 4,7 m². Iz slike 32. odabiremo promjer bakrenih cijevi 15x1 mm za ukupnu duljinu cijevi od 20 m i protok od 180 lit/h.

6. Dimenzioniranje solarne crpke [5]

U našem slučaju protok kroz solarne kolektore iznosi 180 lit/h što iznosi 3 lit/min, pa iz dijagrama na slici 33. možemo očitati da je za dobiveni protok visina dobave solarne crpke VMS 70 iznosi 960 mbar-a što je cca 9,6 m. Visina dobave crpke je i više nego dovoljna za naš sustav budući da je naša visina od vrha solarnog kolektora do solarne stanice 6 m.

VMS 70 - preostala visina dobave solarne crpke



Slika 33. Visina dobave solarne crpke – VMS 70

7. Dimenzioniranje ekspanzijske posude [5]

Solarni sustavi postavljaju posebne zahtjeve u području sigurnosti rada. Tu se, uz uobičajene sigurnosne ventile, dodatno uvjetuje vlastita pouzdanost sustava. Vlastita pouzdanost znači da sustav može opet raditi nakon mirovanja automatski i bez dodatnog rukovanja. Ako se, primjerice, prilikom jakog sunčeva zračenja na temelju male potrošnje dosegne maksimalna temperatura spremnika, crpka solarnog sustava se zaustavlja. Temperature u kolektoru rastu do temperature stagnacije, pri čemu u kolektoru može nastati para. U tom slučaju iz sigurnosnog ventila ili odzračivača ne smije isteći solarna tekućina, budući da bi je nedostajalo nakon hlađenja sustava i trebalo bi je ručno dopuniti. Potrebna vlastita pouzdanost postiže se tako da ekspanzijska posuda prima ne samo širenje zbog zagrijavanja, već i istisnutu zapreminu zbog stvaranja pare u kolektoru čime se izbjegava otvaranje sigurnosnog ventila.

Terminologija vezana uz izračun:

V_n - Nominalna zapremina ekspanzijske posude

V_e - Zapremina ekspanzije
 V_v - Zapremina parne faze
 V_c - Zapremina parne faze u cjevovodu
 V_{SK} – Sigurnosna količina tekućine
 P_f - Faktor tlaka
 V_S - Zapremina solarnog sustava
 V_K - Zapremina u kolektorima (uključujući spojne cijevi)
 V_R - Zapremina u cjevovodu
 V_{IZ} - Zapremina izmjenjivača
 L_{uk} - Ukupna duljina cjevovoda
 A_{coll} - Površina apsorbera
 p_d - Maksimalni pretlak kolektorskog kruga
 p_a - Pretlak punjenja kolektorskog kruga
 p_p - Pretlak ekspanzijske površine
 p_{stat} - Statički tlak
 h – Statička visina

Nominalna zapremina V_n ekspanzijske posude rezultat je umnoška zbroja ekspanzijske zapremine (V_e), zapremine parne faze (V_v), zapremine sigurnosne količine solarne tekućine (V_{SK}) i faktora tlaka (P_f):

$$V_n = (V_e + V_v + V_{SK}) \times P_f \quad (40)$$

Naš sustav se sastoji od 2 pločasta kolektora VFK 145H, koriste se bakrene cijevi 15 x 1 mm ukupne duljine 17 m i kombinirani spremnik VIH S 300, statička visina je 6 m.

a) Izračunavanje ukupne zapremine solarne tekućine u sustavu V_S

Ukupna zapremina solarne tekućine u sustavu V_S jednaka je zbroju solarne tekućine koja se nalazi u svim skupinama elemenata solarnog sustava. Prema tome ukupna zapremina solarne tekućine sustava je:

$$V_S = V_K + V_R + V_{IZ} + V_{SK} \quad (41)$$

$$V_S = (2,16 \times 4) + (17 \times 0,13) + 10,7 + 3,0 = 24,55 \text{ lit}$$

| Elementi solarnog sustava | Zapremina |
|---|-------------------------|
| 1. Kolektori (V_K) | |
| auroTHERM VFK 145 H | 2,16 l/kom |
| auroTHERM VFK 125/3 auroTHERM VFK 145 V | 1,85 l/kom |
| auroTHERM exclusive VTK 570/2 | 0,90 l/kom |
| auroTHERM exclusive VTK 1140/2 | 1,80 l/kom |
| auroTHERM VFK 135/2 D | 1,35 l/kom |
| auroTHERM VFK 135/2 VD | 1,46 l/kom |
| 2. Cjevovod (V_R) | |
| Fleksibilne priključne cijevi, DN 16, 1 m | 0,265 l/kom |
| Fleksibilna cijev 2 u 1 DN 16, 2 x 0,265 l/m | 0,53 l/m |
| Fleksibilna cijev 2 u 1 DN 20, 2 x 0,36 l/m | 0,72 l/m |
| Cijev Cu 12 x 1 | 0,08 l/m |
| Cijev Cu 15 x 1 | 0,13 l/m |
| Cijev Cu 18 x 1 | 0,20 l/m |
| Cijev Cu 22 x 1 | 0,30 l/m |
| Cijev Cu 28 x 1,5 | 0,50 l/m |
| Cu 32 x 1,5 pipe | 0,80 l/m |
| 3. Spremnici (V_{SK} i V_{IZ}) | |
| W_{SK} sigurnosna količina tekućine | ≥ 3 l |
| W_{IZ} zapremina izmjenjivača | |
| auroSTOR VIH S 300/400/500 | 10,7 l/9,9 l/ 14,2 l |
| geoSTOR VIH RW 400 B | 10,0 l |
| auroSTOR VPS SC 700 | 17,5 l |

Slika 34. Elementi solarnog sustava

Zapremina u kolektorima (slika 34.):

$$V_K = 2 \times \text{kolektor (VFK 145 V)} \quad (42)$$

$$V_K = 2 \times 1.85 \text{ lit} = 3,7 \text{ lit}$$

Zapremina u cjevovodu:

$$V_R = 17 \text{ m} \times 0,13 \text{ lit} = 2,21 \text{ lit} \quad (42)$$

Zapremina u izmjenjivaču spremnika (slika 34.):

$$V_{IZ} = 10,7 \text{ lit} \quad (44)$$

Zapremina sigurnosne količine: $V_{SK} = 0.04 \times V_S$ (45)

$$V_{SK} = 0.04 \times 24,55$$

$$V_{SK} = 0,98 \text{ lit}$$

$$V_{SK} = 3,0 \text{ lit}$$

U slučaju da je proračunska vrijednost V_{SK} manja od 3 uzima se fiksna vrijednost od 3 litre.

b) Izračunavanje zapremine ekspanzije V_e

Zapremina ekspanzije V_e posljedica je promjene temperature prilikom rada solarnog sustava (uobičajene temperature rada su od -20°C do 130°C) i iznosi cca 8,5% od ukupne zapremine solarne tekućine u sustavu.

$$V_e = 0,085 \times V_S \quad (46)$$

$$V_e = 0,085 \times 24,55$$

$$V_e = 2,09 \text{ lit}$$

c) Izračun zapremine parne faze V_V

Zapremina parne faze solarne tekućine V_V se sastoji od zapremine solarne tekućine koja se nalazi u kolektorima V_K i zapremine parne faze koja se nalazi u cjevovodu V_c .

$$V_K = 3,7 \text{ lit}$$

$$V_R = 2,21 \text{ lit}$$

$$V_V = V_K + V_c \quad (47)$$

$$V_V = 3,7 + 2,21$$

$$V_V = 5,91 \text{ lit}$$

d) Izračunavanje faktora tlaka i ispravnog tlaka sustava P_f

Faktor tlaka izračunava se odnosnom tlakova u solarnom sustavu.

$$P_f = (p_d + 1) / (p_d - p_a) \quad (48)$$

$$P_f = (5,4 + 1) / (5,4 - 2,0)$$

$$P_f = 1,88 \text{ bar}$$

Pretlak kolektorskog kruga p_d

Krajnji pretlak kolektorskog kruga iznosi 90% od tlaka aktivacije sigurnosnog ventila, što kod korištenja Vaillantovih cijevnih grupa iznosi 5,4 bar.

$$p_d = 5,4 \text{ bar}$$

Pretlak ekspanzijske posude p_p

Pretlak ekspanzijske posude p_p kod isporuke iste iznosi 2,5 bar i potrebno ga je prilagoditi statičkoj visini objekta. Statički tlak p_{stat} odgovara visinskoj razlici h između kolektorskog polja i ekspanzijske posude (statička visina od 10 metara odgovara tlaku od približno 1 bar).

$$p_p = p_{stat} = h \times 0,1 \quad (49)$$

$$p_p = p_{stat} = 6 \times 0,1 = 0,6 \text{ bar}$$

Pretlak punjenja kolektorskog kruga p_a

Prilikom puštanja u pogon, tlak punjenja (inicijalni tlak) p_a mora biti prilagođena na način da je veći za 0,5 bara od statičkog tlaka. Za male sustave potrebno je osigurati minimalni pretlak od 2 bara kako bi se postiglo kontrolirano isparavanje pri stagnacijskim temperaturama od cca 120°C.

$$p_a = p_{stat} + 0,5 \text{ bar} \quad (50)$$

$$p_a = 0,6 \text{ bar} + 0,5 \text{ bar} = 1,1 \text{ bar}$$

Budući da je za male sustave potrebno osigurati minimalni pretlak $p_a > 2,0$ bar, uzimamo:

$$p_a = 2,0 \text{ bar}$$

e) Izračunavanje nominalne zapremine ekspanzijske posude V_n

Korištenjem vrijednosti dobivenih u prethodnim koracima volumen ekspanzijske posude iznosi:

$$V_n = (V_e + V_V + V_{SK}) \times P_f \quad (51)$$

$$V_n = (2,09 + 5,91 + 3,0) \times 1,88$$

$$V_n = 20,68 \text{ lit}$$

Odabire se ekspanzijska posuda od 25 litrara.

4.6. Odabir ogrjevnih tijela

U prizemlju objekta izvedeno je podno grijanje, dok su za ogrjevna tijela u prostorijama na katu odabrani su pločasti radijatori *Vaillant* zbog povoljne cijene, jednostavnog i modernog izgleda te lakog održavanja. Odabrali smo model V- 22 standardne visine od 600 mm sa integriranim ventilom koji se jednostavno i elegantno spaja na „H“ ventil iz zida tako da se priključak praktički ne vidi što znatno doprinosi estetici cijelog prostora u kojem se radijator nalazi. U kupaonicama na katu postaviti ćemo cijevne kupaonske radijatore „sušaće ručnika“ talijanskog proizvođača *Irsap Tip Ares* klasične bijele boje, elegantnog izgleda. Osim uobičajene funkcije grijanja mogu se koristiti za sušenje rublja ili odlaganje ručnika zbog čega su vrlo praktični. Kod odabira radijatora korištene su tablice proizvođača. U tablici 24. prikazani su tipovi i dimenzije odabranih radijatora po prostorijama.

| Kat | | | | | | |
|-------------------|----------------|------------------------|------|------------------|-----------------|-----------------|
| Prostorija | Tu (°C) | Dimenzije (DxV) | | Radijator | Qn (W) | Qi (W) |
| 1 Unut. stubište | 20 | 1000 | 600 | Vaillant V-22 | 1.120,84 | 1.258,00 |
| 11 Spavaća soba | 20 | 1000 | 600 | Vaillant V-22 | 1.212,00 | 1.258,00 |
| 12 Spavaća soba | 20 | 1000 | 600 | Vaillant V-22 | 1.192,80 | 1.258,00 |
| 13 Hodnik | 20 | 600 | 600 | Vaillant V-22 | 657,06 | 755,00 |
| 14 Spavaća soba | 20 | 800 | 600 | Vaillant V-22 | 976,62 | 1.007,00 |
| 15 Spavaća soba | 20 | 900 | 600 | Vaillant V-22 | 1.036,63 | 1.132,00 |
| 16 Spavaća soba | 20 | 800 | 600 | Vaillant V-22 | 994,01 | 1.007,00 |
| 17 Kupaonica | 24 | 500 | 1720 | Irsap Ares | 827,26 | 838,00 |
| 18 Kupaonica | 24 | 450 | 1720 | Irsap Ares | 750,93 | 755,00 |
| UKUPNO: | | | | | 8.768,15 | 9.268,00 |

Tablica 30. Tipovi i dimenzije odabranih radijatora po prostorijama

4.7. Dimenzioniranje cijevnog razvoda [6]

Izmjerene su dužine dionica, izračunata njihova potrebna snaga iz čega je dobiven maseni protok. Prema masenom protoku a uzimavši u obzir odgovarajuće brzine da ne dođe do šumova i da pogon bude ekonomičan s manjim gubicima, iz priručnika [3] određen je profili cijevi za kritičnu dionicu s pripadajućim linijskim otporima i brzinom.

Proračun:

$$q = \frac{Q_R}{\Delta T} \cdot 0,86 = \frac{15824}{20} \cdot 0,86 = 680 \text{ [kg/h]} \quad (52)$$

$$d_u = D_v - 2 \cdot s = 0,028 - 2 \cdot 0,0015 = 0,025 \quad (53)$$

$$A = \frac{D_u^2 \cdot \lambda}{4} = \frac{0,025^2 \cdot 3,14}{4} = 0,00049 \text{ [m}^2\text{]} \quad (54)$$

$$v = \frac{q}{A \cdot \rho} = \frac{680}{0,00049 \cdot 987} = 1406 \text{ [m/h]} = 0,39 \text{ [m/s]} \quad (55)$$

$$R = \frac{\lambda \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot d_u} = \frac{0,025 \cdot 987 \cdot 0,39^2}{2 \cdot 0,025} = 76 \text{ [Pa/m]} \quad (56)$$

$$Z = \xi \cdot \rho/2 \cdot v^2 = 4 \cdot 987/2 \cdot 0,39^2 = 300 \text{ [Pa]} \quad (57)$$

λ [-]...koeficijent trenja (0.02-0.04)

ρ [kg/m³]...gustoća vode (987 kg/m³)

ξ [-]...koeficijent lokalnih otpora (*Recknagel-Sprenger*; tablica 2.3.4-10)

Prilikom proračuna provjereni su ukupni padovi tlaka na dionici između plinskog kotla i najudaljenijeg radijatora. U tablici 31. Prikazano je dimenzioniranje kritične dionice cjevovoda i pad tlaka. U pravitku 7. nalazi se prikaz kritične dionice cjevovoda u izometriji.

| Dionica | Dužina dionice (L) | Toplinska energija | Protok | DN | DN unutarnji | Brzina strujanja | R | R*L | $\Sigma \xi$ | Z | R*L+Z |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------------|------------------|------|-----|--------------|-----|-------|
| | m | W | kg/h | mm | mm | m/s | Pa/m | Pa | | Pa | Pa |
| 1 | 1,3 | 15824 | 680 | 28x1,5 | 25 | 0,39 | 76 | 99 | 4 | 300 | 399 |
| 2 | 3,5 | 8768 | 377 | 22x1 | 20 | 0,33 | 69 | 242 | 5 | 269 | 511 |
| 3 | 10,5 | 1258 | 54 | 16x2 | 12 | 0,13 | 20 | 210 | 4 | 33 | 243 |
| Pad tlaka na priključku radijatora: | | | | | | | | | | | 1152 |
| Pad tlaka radijatora: | | | | | | | | | | | 250 |
| Σ : | | | | | | | | | | | 1402 |

Tablica 31. Pad tlaka kritične dionice

4.8. Odabir recirkulacijske pumpe PTV-a [7]

Volumni protok vode recirkulacijske pumpe [3] :

$$V_p = \frac{Q_w}{\rho \cdot c \cdot \Delta\theta_w} = \frac{l_{w,K} \cdot q_{w,K} + l_{w,S} \cdot q_{w,S}}{\rho \cdot c \cdot \Delta\theta_w} \quad (58)$$

$$V_p = \frac{5,5 \cdot 7 + 5,0 \cdot 7}{1 \cdot 1,2 \cdot 2} = 30,63 \text{ [l/h]}$$

$$V_p = 30,63 \text{ l/h} = 0,306 \text{ m}^3/\text{h}$$

Q_w - toplinski gubici svih vodova [W]

l_{wK} – dužina vodova tople vode u podu [m]

q_{wK} – toplinski gubici vodova tople vode smještenih u podu [W/m]

l_{wS} – dužina vertikalnih vodova tople vode [m]

q_{wS} – toplinski gubici vertikalnih vodova tople vode [W/m]

ρ – gustoća vode [kg/l]

c – specifični toplinski kapacitet vode [Wh/kgK]

$\Delta\theta_w$ – hlađenje zagrijane vode [K]

Odabrana dimenzija cjevovoda recirkulacije je PPR 20x3,4 mm, dok je preporučena brzina strujanja $< 1,0$ m/s.

Pad tlaka:

$$\Delta p_p = 1,4 \cdot (\Sigma l \cdot R) + \Sigma \Delta p_{RV} + \Delta p_{TH} \text{ [Pa]} \quad (59)$$

$$\Delta p_p = 1,4 \cdot (10,5 \cdot 8) + 4000 + 2000 = 6117,6 \text{ Pa}$$

Δp_p – potrebna dobava recirkulacijske pumpe [Pa]

$\Sigma l \cdot R$ – ukupni linijski pad tlaka [Pa]

Δp_{RV} – pad tlaka u nepovratnom ventilu [Pa]

Δp_{TH} – pad tlaka termostatskog ventila [Pa]

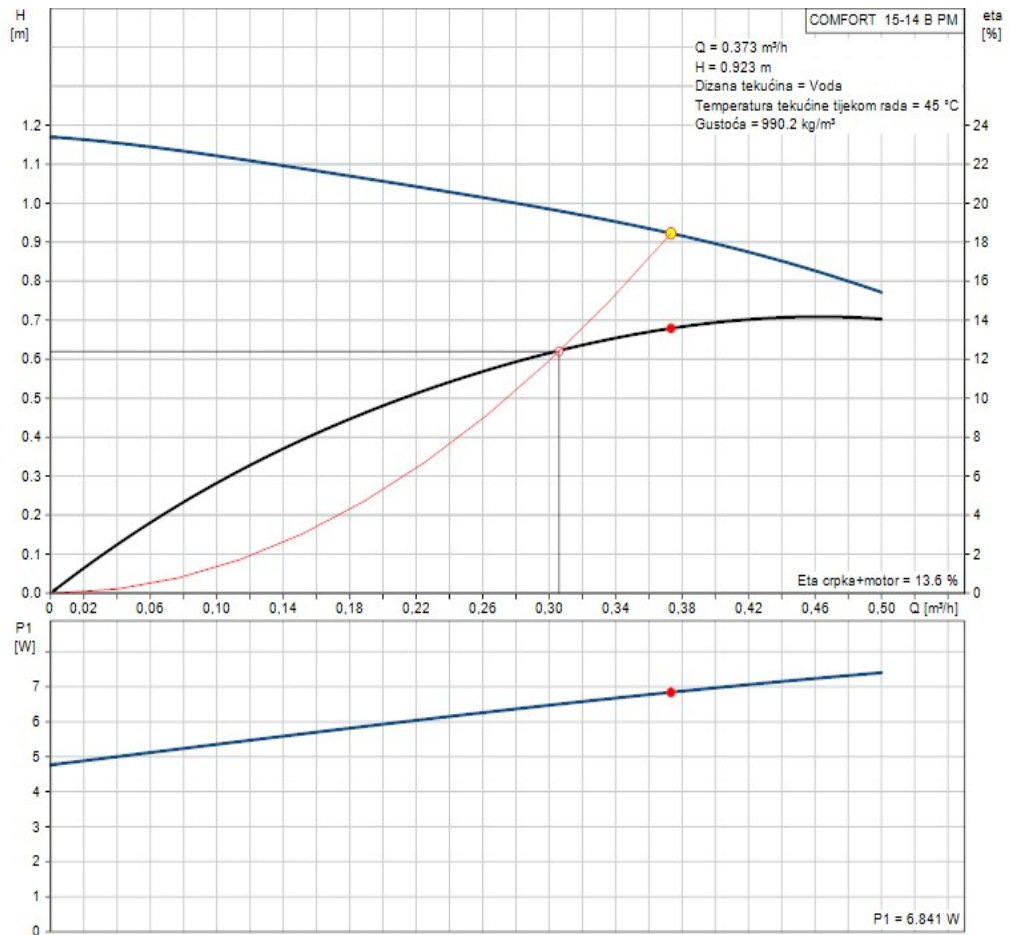
Visina dobave pumpe:

$$H_p = \frac{\Delta p_p}{\rho \cdot g} = \frac{6117,6}{1000 \cdot 9,81} = 0,62 \text{ [m]} \quad (60)$$

Prema zadanim veličinama, odabirem recirkulacijsku pumpu Grundfos COMFORT 15-14 B PM (slika 35.) koja zadovoljava potrebnu visinu dobave i protok čije su karakteristike prikazane u dijagramu 7. Pumpa je posebno orijentirana na malu potrošnju električne energije.



Slika 35. Grundfos Comfort 15-14 B PM



Dijagram 7. Radne karakteristike recirkulacijske pumpe PTV-a

4.9. Odabir kotla

a) Potrebna količina topline za zagrijavanje vode u sustavu grijanja Q_G

$$Q_G = Q_i \cdot (1 + a) \text{ [kW]} \quad (61)$$

Q_i - instalirana količina topline [kW]

a - dodatak zbog topl. gubitaka (0,05-0,15)

$$Q_G = 15,43 \cdot (1 + 0,15)$$

$$Q_G = 17,74 \text{ kW}$$

b) Potrebna količina topline za zagrijavanje vode u spremniku Q_{SP}

$$Q_{SP} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{z \cdot \eta \cdot 3600}; \quad [\text{kW}] \quad (62)$$

m – količina vode [l]

c – specifična toplina – 4,2 [kJ/kgK]

ΔT – razlika temperature pri zagrijavanju vode [K]

z – vrijeme zagrijavanja = 2,0 [h]

η – stupanj djelovanja = 0,85

Pri čemu je:

$$\Delta T = 45 - 10 = 35 \text{ K}$$

$$m = 300 \text{ l}$$

$$Q_{SP} = \frac{300 \cdot 4,2 \cdot 35}{2 \cdot 0,85 \cdot 3600} \text{ kW}$$

$$Q_{SP} = 7,2 \text{ kW}$$

c) Ukupna količina topline kotla Q_K

$$Q_K = Q_G + Q_{SP} \quad [\text{kW}] \quad (63)$$

$$Q_K = 17,74 + 9,268 = 27,008 \text{ kW}$$

Odabirem kondenzacijski plinski zidni cirko uređaj njemačke tvrtke *Vaillant* Tip VU INT 306/5-5 nazivnog toplinskog učinka 6,4-31,8 kW s visokim stupnjem iskorštenja od 98% koji se spaja na vlastitu turbo kondenzacijsku zrako-dimovodnu cijev $\phi 80/125$ mm sa prodorom kroz krov objekta.

4.10. Odabir ekspanzijske posude grijanja [7]

Ekspanzijski sustav grijanja ima ulogu održavanja radnog tlaka, kompenzira promjene volumena ogrjevnog medija koje su posljedica promjene temperature te sprječava manjak volumena medija u pogonu. Postoji otvoreni i zatvoreni ekspanzijski sustav. U ovom slučaju koristit ćemo zatvorenu membransku ekspanzijsku posudu.

Minimalni potrebni volumen ekspanzijske posude računa se prema sljedećoj formuli:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o}; [l] \quad (64)$$

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100}; [l] \quad (65)$$

V_e – volumen širenja vode [W]

V_V – volumen zalihe, najmanje 0,5% volumena vode u instalaciji, min. 3 l [l]

V_A – volumen vode u instalaciji [l]

p_e – krajnji projektni tlak, iznosi 0,5 bara manje od tlaka sigurnosnog ventila [bar]

p_o – primarni tlak ekspanzijske posude [bar]

n – postotak širenja vode pri različitim temperaturama

Sustav podnog i radijatorskog grijanja radi na tlaku od 2,0 bara, pa je odabran tlak sigurnosnog ventila od 3,0 bara. Volumen vode u instalaciji dobivamo zbrajanjem volumena svih dijelova sustava grijanja, a vrijednosti su date u tablici 31.

| Element sustava | Volumen [l] |
|---|-------------|
| cijevi podnog grijanja | 98 |
| razdjelnici i cijevi radijatorskog grijanja | 28 |
| radijatori | 62 |
| zapremnina izmjenjivača VIH S500 | 14 |
| kondenzacijski aparat | 3 |
| Ukupno: | 205 |

Tablica 32. Volumen vode pojedinih elemenata sustava grijanja

Odabran je talijanski proizvođač VAREM pa se iz dokumentacije odabire primarni tlak ekspanzijske posude 1,5 bar.

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} = \frac{0,0227 \cdot 205}{100} = 0,0465 \text{ l}$$

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (0,0465 + 3) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1,5} = 10,71 \text{ l}$$

Potreban volumen posude je 10,7 litara pa se odabire ekspanzijska posuda od 12 litara model Extravarem LR.

4.11. Odabir ekspanzijske posude PTV [7]

Postupak odabira odnosno dimenzioniranje ekspanzijske posude PTV-a je isti kao za grijanje. Volumen vode u sustavu potrošne tople vode dan je u tablici 32.

| Element sustava | Volumen [l] |
|-------------------|-------------|
| Cijevni razvod | 12 |
| Spremnik VIH R500 | 500 |
| Ukupno: | 512 |

Tablica 33. Volumen vode pojedinih elemenata sustava grijanja za odabir eksp. posude

Sustav PTV-a radi na tlaku od 4,0 bara, pa je odabran tlak sigurnosnog ventila od 5,0 bara.

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} = \frac{0,0171 \cdot 512}{100} = 0,0876 \text{ l}$$

$$V_{n,\min} = (V_e + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (0,0876 + 3) \cdot \frac{4,5 + 1}{4,5 - 3,5} = 17,0 \text{ l}$$

Potreban volumen posude je 17,0 litara pa se odabire ekspanzijska posuda od 18 litara model Extravarem LC CE.

5. POPIS OPREME

| R.br. | Stavka | | Jed.mj. | Kol. |
|-------|---|----------|----------------|------|
| 1. | Radijator Vaillant V-22 | 1000/600 | kom | 3 |
| 2. | | 900/600 | kom | 1 |
| 3. | | 800/600 | kom | 2 |
| 4. | | 600/600 | kom | 1 |
| 5. | Kupaonski cijevni radijator Irsap Ares | 1720/500 | kom | 1 |
| 6. | Kupaonski cijevni radijator Irsap Ares | 1720/450 | kom | 1 |
| 7. | Radijatorska termostatska glava | | kom | 7 |
| 8. | H-ventil kutni - radijatorski | | kom | 7 |
| 10. | Radijatorski ventil, kutni | 1/2" | kom | 2 |
| 11. | Radijatorska prigušnica, kutna | 1/2" | kom | 2 |
| 12. | Ormar za razdjelnik za 9 krugova grijanja | | kom | 1 |
| 13. | Ormar za razdjelnik (podno grijanje) 10 krugova | | kom | 1 |
| 14. | Razdjelnik s mjeračima protoka za 10 krugova | | kom | 1 |
| 15. | Razdjelnik s ventilima za 9 krugova grijanja | | kom | 1 |
| 16. | Pex-Al-Pex cijevi u izolaciji | 16x2 | m | 110 |
| 17. | Pex-Al-Pex cijevi u izolaciji | 26x3 | m | 20 |
| 18. | Press prijelazi i fazonski komadi | | kompl. | 1 |
| 19. | Cijev za podno grijanje | 16x2 | m | 700 |
| 20. | Čepasta ploča sa izolacijom 40 mm | | m ² | 70 |
| 21. | Rubna izolacijska traka (debljina 8 mm, h=150 mm) | | m | 120 |
| 22. | Regulacijski set flex za podno grijanje | | kom | 1 |
| 23. | Pogonska jedinica | | kom | 10 |
| 24. | Regulacijski razdjelnik | | kom | 1 |
| 25. | Sobni regulator podnog grijanja | | kom | 5 |
| 26. | Holender spoj sa steznim prstenom 16x2 | | kom | 38 |
| 27. | Aditiv za estrih | | lit | 14 |
| 28. | MS prijelazi za spoj bakrenih cijevi i armatura | | kompl. | 1 |

| | | | | |
|-----|---|--|-----|--------|
| 29. | | CuØ28x1,5 | m | 14 |
| 30. | Bakrene cijevi sa nosačima i fazonskim komadima | CuØ22x1,0 | m | 25 |
| 31. | | CuØ15x1,0 | m | 16 |
| 32. | | Vaillant kondenzacijski cirko uređaj VU INT 306/5-5 sa spojnom konzolom i plinskim ventilom 3/4" | | kompl. |
| 33. | Vaillant bivalentni solarni spremnik VIH S 300 | | kom | 1 |
| 34. | Sigurnosna grupa sa reducir ventilom za spremnike veće od 200 litara te tlak u mreži do 10 bara | | kom | 1 |
| 35. | Vaillant ekspanzijska posuda solarna 25 litara | | kom | 1 |
| 36. | Recirkulacijska crpka Grundfos 15-14 BP M | | kom | 1 |
| 37. | Regulacija Vaillant auroMATIC 620/3 | | kom | 1 |
| 38. | Daljinski korektor Vaillant VR 90/3 | | kom | 1 |
| 39. | Ekspanzijska posuda 12 litara, Extravarem LR | | kom | 1 |
| 40. | Ekspanzijska posuda sanitarna 18 litara, Extravarem LC CE | | kom | 1 |
| 41. | Solarna stanica Vaillant auroFLOW VMS 70 | | kom | 1 |
| 42. | Solarni kolektor Vaillant auroTHERM VFK 145H | | kom | 2 |
| 43. | Nosači solarnih kolektora Vaillant za ravni krov | | kom | 2 |
| 44. | Bakrene cijevi u kolutu sa izolacijom | CuØ15x1,0 | m | 14 |
| 45. | Solarni odzračni lončić | 1/2" | kom | 1 |
| 46. | PP slavina | 1/2" | kom | 3 |
| 47. | Manometar aksijalni 0-10 bara | 1/2" | kom | 2 |
| 48. | Termometar aksijalni 0-120 °C | 1/2" | kom | 2 |
| 49. | Filter navojni NO20/PN6 | | kom | 2 |
| 50. | Kuglasta slavina voda NO25/PN6 | | kom | 8 |
| 51. | Kuglasta slavina voda NO20/PN6 | | kom | 6 |
| 52. | Kuglasta slavina voda NO15/PN6 | | kom | 10 |
| 53. | Nepovratni ventil NO20/PN6 | | kom | 1 |
| 54. | Nepovratni ventil NO15/PN6 | | kom | 2 |
| 55. | Mitsubishi unutarnja jedinica MSZ-EF50VG | | kom | 1 |
| 56. | Mitsubishi vanjska jedinica MUZ-EF50VG | | kom | 1 |
| 57. | Klima cijev u izolaciji | 1/4" | m | 5 |

| | | | | |
|-----|--|------|--------|----|
| 58. | Klima cijev u izolaciji | 3/8" | m | 5 |
| 59. | Kauflex cijev za odvod kondenzata 20 mm | | m | 5 |
| 60. | Nosači klime pocinčani | | par | 1 |
| 61. | Električni kabal 5x1,5 mm, licna | | m | 5 |
| 62. | Kupaonski ventilator S&P SILENT 100 ECOWATT | | kom | 4 |
| 63. | PVC cijev sa fazonskim komadima | Ø100 | m | 12 |
| 64. | Sitni potrošni materijal (vijci, tiple, podloške, pasta, srebro, acetilen, kisik, rezne ploče i sl.) | | kompl. | 1 |

Tablica 34. Popis opreme

6. ZAKLJUČAK

Projektni zadatak ovog diplomskog rada prikazuje projektno rješenje sustava grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode jedne obiteljske kuće u Zagrebu. Kako se radi o novogradnji koja ima vrlo kvalitetnu toplinsku izolaciju i stolariju, te su korišteni najsuremeniji materijali, kod proračuna toplinskih gubitaka, odnosno dobitaka korišten je pojednostavljeni postupak prema standardu HRN EN 12831. Objekt u blizini parcele ima sve komunalne priključke, pa tako i zemni plin, te je za potrebe grijanja i dogrijavanja tople vode predviđen plinski kondenzacijski kotao s visokim stupnjem iskorištenja. Dodatno povećanje učina kotla postiže se hlađenjem dimnih plinova ispod točke rosišta usljed čega dolazi do kondenzacije vodene pare. Na taj način koristi se latentna toplina dimnih plinova – gornja ogrjevna moć goriva. Grijanje kata kuće gdje se nalazi spavaći dio sa kupaonicama osmišljeno je kao radijatorsko grijanje prilikom čega su korišteni pločasti radijatori modernog dizajna u sobama i kupaonski cijevni radijatori u kupaonicama. Razvod radijatorskog grijanja nalazi se u podu i spojen je preko „razdjelnika“ koji nam omogućava izvedbu cjevovoda bez spojeva u podu. Za takav način spajanja potrebna je nešto veća duljina cijevi i „razdjelnik“ što financijski ne predstavlja preveliki trošak za investitora, a sigurnost od eventualnog propuštanja je puno veća. Većoj sigurnosti od propuštanja značajno doprinose troslojne cijevi Pex-Al-Pex koje su ujedno i jednostavne za ugradnju, savitljive su i nisu lomljive. Regulacija temperature kata predviđena je preko tjednog digitalnog sobnog termostata pozicioniranog u referentnoj prostoriji koja je u ovom slučaju hodnik.

Za razliku od kata objekta, u prizemlju je projektirano podno grijanje preko „razdjelnika“ u sklopu kojeg se nalaze servo pogoni svakog kruga grijanja i integriran je „flex set“ konstantnih vrijednosti koji se sasoji od cirkulacijske frekventne pumpe, cijevnog termostata i improvizirane hidrauličke skretnice. Na taj način do razdjelnika podnog grijanja možemo dovesti veću temperaturu koja se pomoću „flex seta“ ograniči na željenu i ovisno o potrebi grijanja pojedinog kruga zagrijava pojedini krug. Svaka prostorija ima svoj termostat, tako da je osiguran maksimalan komfor.

Zagrijevanje tople vode funkcionira kao solarni sustav preko solarnih kolektora smještenih na ravnom krovu objekta koji griju vodu u solarnom bivalentnom spremniku i pokrivaju kompletne zahtjeve za toplom vodom tijekom ljetnog perioda. Budući da se objekt nalazi u kontinentalnom dijelu Hrvatske, preko solarnih kolektora ne možemo osigurati dovoljnu

količinu tople vode tijekom cijele godine, pa stoga spremnik moramo dogrijavati pomoću plinskog kondenzacijskog kotla.

Objekt je dobro izoliran, pa je samo u dnevnom boravku koji je spojen sa blagovaonicom i kuhinjom projektirano hlađenje koje je zamišljeno kao klasični inverterski monosplit sustav sa zidnom jedinicom.

Što se tiče ventilacije, proračunati su obični aksijalni ventilatori za ispuh onečišćenog zraka u kupaonicama. Sve kupaonice imaju prozore preko kojih je omogućeno prirodno ventiliranje prostorija.

Bitno je napomenuti da prilikom odabira rješenja u ovom diplomskom radu investitor nije imao većih zahtjeva prilikom izbora opreme, a ni ograničenja s ekonomskog aspekta. Isto tako treba uzeti u obzir blizinu, odnosno mogućnost spajanja objekta na sve komunalne priključke čime je znatno olakšan izbor opreme i otvorene su sve mogućnosti. Stoga je odabrana klasična oprema poznatih proizvođača visoke kvalitete, ekonomičnosti i jednostavnosti rukovanja s razvijenom servisnom mrežom i mogućnošću tehničke podrške u svakom trenutku.

7. POPIS LITERATURE

- [1.] „Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790“, ažurirano u ožujku 2014. godine
- [2.] Andrassy M. ; Balen I. ; Boras, I. ; Dović, D. ; Hrs Borković Ž. ; Lenić, K. ; Loncar, D. ; Pavković B. ; Soldo, V. ; Sučić B. ; Švaić, S. „Priručnik za energetske certificiranje zgrada“ UNDP Hrvatska, Zagreb 2010.
- [3.] <https://fsb.unizg.hr>
- [4.] Jauschowitz, Rudolf „HERZ Sustavi toplovođenog grijanja – hidraulika“, Herz Armaturen Ges.m.b.H., Beč 2004.
- [5.] „Projektantske podloge Vaillant - solarni sustavi“
- [6.] Labudović B. „PRIRUČNIK ZA GRIJANJE“, Energetika marketing, Zagreb 2005.
- [7.] Recknagel/Sprenger/Schramek/Čeperković „GREJANJE I KLIMATIZACIJA“, Interklima, Vrnjačka Banja 2002.
- [8.] Internet stranice fakulteta, stručnih časopisa i proizvođača opreme za ventilaciju, centralno grijanje, podno grijanje te hlađenje i solarne sustave.
(www.em.com.hr, www.fsb.hr, www.vuka.hr, www.centar-energije.com,
www.vaillant.hr, www.centrometal.hr, www.pasivna-kuca.info, www.bosch.hr,
<http://www.zelenaenergija.org/>, www.grundfos.com.hr, www.herz-armaturen.com ...)

8. PRILOZI

8.1. Popis oznaka i mjernih jedinica

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|-----------------|----------------------|--|
| U | [W/m ² K] | Koeficijent prolaza topline |
| R | [W/m ² K] | Toplinski otpor |
| R_{si} | [W/m ² K] | Unutarnji plošni otpor prijelaza topline |
| R_{se} | [W/m ² K] | Vanjski plošni otpor prijelaza topline |
| R_1, R_2, R_n | [W/m ² K] | Projektne vrijednosti toplinskog otpora svakog sloja |
| R_T | [W/m ² K] | Ukupan toplinski otpor homogenih i nehomogenih slojeva |
| d | [m] | Debljina sloja |
| λ | [W/mK] | Koeficijent toplinske vodljivosti |
| H_T | [W/K] | Koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka |
| ΔU_{WB} | [W/mK] | Korekcijski faktor za toplinske mostove |
| Φ_T | [W] | Transmisijski toplinski gubici |
| Φ_V | [W] | Ventilacijski toplinski gubici |
| Φ_Z | [W] | Dodatak za zagrijavanje |
| Φ_{UK} | [W] | Ukupni toplinski gubici |
| θ_{int} | [°C] | Unutarnja projektna temperatura |
| θ_e | [°C] | Vanjska projektna temperatura |
| A | [m ²] | Površina |
| V_P | [m ³] | Volumen prostora |
| V_Z | [m ³ /h] | Volumni protok zraka |
| f_k | [-] | Temperaturni korekcijski faktor |
| f_z | [-] | Korekcijski faktor za ponovno zagrijavanje |
| c_z | [W/kgK] | Specifični toplinski kapacitet zraka |

| | | |
|------------|----------------------|---|
| ρ_z | [kg/m ³] | Gustoća zraka |
| I_Z | [1/h] | Potreban broj izmjena zraka |
| c_{pz} | [J/kgK] | Specifični toplinski kapacitet zraka |
| ξ | [-] | Koeficijent lokalnih otpora |
| Z | [Pa] | Lokalni pad tlaka |
| v | [m/s] | Brzina strujanja medija |
| ρ_w | [kg/m ³] | Gustoća vode |
| c_w | [W/kgK] | Specifični toplinski kapacitet vode |
| P_{NB} | [W] | Potrebna toplina |
| P_N | [W] | Propisana potreba topline |
| P_{FB} | [W] | Gubitak topline preko poda |
| q_{spez} | [W/m ²] | Specifična potrebna toplina |
| A_R | [m ²] | Površina prostorije |
| t_{mH} | [K] | Nadtemperatura grijaćeg medija |
| t_{VL} | [°C] | Temperatura polaznog voda |
| t_{RC} | [°C] | Temperatura povratnog voda |
| t_i | [°C] | Unutarnja temperatura prostorije |
| σ | [K] | Razupora (temperatura polaza – temperatura povrata) |
| m | [kg/h] | Protok vode |
| c | [KJ/kgK] | specifični toplinski kapacitet medija (voda) = 4,19 |
| L | [m] | Duljina cijevi kruga grijanja |
| a | [m] | Razmak polaganja cijevi |
| L_{ZU} | [m] | Duljina cijevi polaznog odnosno povratnog voda od razdjelnika |
| Z | [mbar] | Zbroj pojedinačnih otpora |
| v | [m/s] | Brzina strujanja medija |
| Z | [mbar] | Zbroj pojedinačnih otpora |

| | | |
|----------------|----------------------|---|
| Δ_{pg} | [Pa/m] | Ukupan pad tlaka u krugu grijanja |
| R | [Pa/m] | Pad tlaka po metru cijevi |
| I | [m] | Duljina cijevi |
| Δ_{pv} | [Pa/m] | Pad tlaka na termostatskom ventilu |
| Q_P | [W] | Toplina koju odaju ljudi |
| Q_M | [W] | Toplina koju odaju različiti električni uređaji |
| Q_E | [W] | Dobitak topline od rasvjete |
| Q_R | [W] | Dobitak topline od susjednih prostorija |
| N | [-] | Broj osoba |
| Q_{ukupna} | [W] | Ukupna toplina (osjetna + latentna) koju odaje jedna osoba |
| Q_A | [W] | Vanjski izvor topline |
| Q_W | [W] | Dobitak topline transmisijom kroz zidove |
| Q_F | [W] | Dobitak topline kroz staklene površine - prozore |
| Q_T | [W] | Dobitak topline kroz staklene površine transmisijom |
| Q_S | [W] | Dobitak topline kroz staklene površine zračenjem |
| I_{max} | [W/ m ²] | Maksimalna vrijednost ukupnog sunčevog zračenja, stara jedinica 1 kcal/(m ² /h) = 1.163 W/ m ² |
| $I_{dif\ max}$ | [W/ m ²] | Maksimalna vrijednost difuznog sunčevog zračenja |
| A_s | [m ²] | Osunčana površina stakla |
| A_{sjena} | [m ²] | Zasjenjena površina stakla |
| A | [m ²] | Ukupna površina stakla |
| b | [-] | Koeficijent propusnosti sunčevog zračenja |
| h | [kJ/kg] | Entalpija vlažnog zraka |
| h_L | [kJ/kg] | Entalpija zraka |
| h_D | [kJ/kg] | Entalpija vodene pare |
| x | [-] | Sadržaj vlage |
| Q_h | [W] | Rashladni učin hladnjaka |

| | | |
|-----------------------|----------------------|--|
| V_Z | [m ³ /h] | Potrebni volumni protok zraka |
| ρ_z | [kg/m ³] | gustoća zraka – $\rho_z=1.2 \text{ kg/m}^3$ |
| h_e | [kJ/kg] | Entalpija vanjskog zraka |
| $h_{\text{int-}ulaz}$ | [kJ/kg] | Entalpija zraka ubačenog u prostoriju |
| L | [m ³ /h] | Ukupna potrebna količina svježeg zraka |
| V_p | [m ³] | Zapremnina prostorije |
| i | [-] | Minimalan broj izmjena zraka |
| Q | [Wh] | Toplinska energija |
| m | [kg] | Masa vode (1 lit \approx 1 kg) |
| ΔT | [K] | Temperaturna razlika između tople i hladne vode |
| Q | [Wh] | Toplinska energija |
| c | [Wh/kgK] | Toplinski kapacitet vode ($\approx 1,16 \text{ Wh/kgK}$) |
| V_n | [l] | Nominalna zapremina ekspanzijske posude |
| V_e | [l] | Zapremina ekspanzije |
| V_v | [l] | Zapremina parne faze |
| V_c | [l] | Zapremina parne faze u cjevovodu |
| V_{SK} | [l] | Sigurnosna količina tekućine |
| P_f | [bar] | Faktor tlaka |
| V_S | [l] | Zapremina solarnog sustava |
| V_K | [l] | Zapremina u kolektorima (uključujući spojne cijevi) |
| V_R | [l] | Zapremina u cjevovodu |
| V_{IZ} | [l] | Zapremina izmjenjivača |
| L_{uk} | [m] | Ukupna duljina cjevovoda |
| A_{coll} | [m ²] | Površina apsorbера |
| p_d | [bar] | Maksimalni pretlak kolektorskog kruga |
| p_a | [bar] | Pretlak punjenja kolektorskog kruga |
| p_p | [bar] | Pretlak ekspanzijske površine |

| | | |
|---------------------|---------------------|---|
| p_{stat} | [bar] | Statički tlak |
| h | [m] | Statička visina |
| V_P | [m ³ /h] | Volumni protok vode recirkulacijske pumpe |
| Q_W | [W] | Toplinski gubici svih vodova |
| l_{wK} | [m] | Dužina vodova tople vode u podu |
| q_{wK} | [W/m] | Toplinski gubici vodova tople vode smještenih u podu |
| l_{wS} | [m] | Dužina vertikalnih vodova tople vode |
| q_{wS} | [W/m] | Toplinski gubici vertikalnih vodova tople vode |
| ρ | [kg/l] | Gustoća vode |
| c | [Wh/kgK] | Specifični toplinski kapacitet vode |
| $\Delta\vartheta_W$ | [K] | Hlađenje zagrijane vode |
| Δ_{pp} | [Pa] | Potrebna dobava recirkulacijske pumpe |
| $\Sigma l \cdot R$ | [Pa] | Ukupni linijski pad tlaka |
| Δ_{pRV} | [Pa] | Pad tlaka u nepovratnom ventilu |
| Δ_{pTH} | [Pa] | Pad tlaka termostatskog ventila |
| H_p | [m] | Visina dobave pumpe |
| Q_G | [kW] | Potrebna količina topline za zagrijavanje vode u sustavu grijanja |
| Q_i | [kW] | Instalirana količina topline |
| a | [-] | Dodatak zbog topl. gubitaka (0,05-0,15) |
| Q_{SP} | [kW] | Potrebna količina topline za zagrijavanje vode spremniku |
| Q_K | [kW] | Ukupna količina topline kotla |
| m | [l] | Količina vode |
| c | [kJ/kgK] | Specifična toplina (4,2 kJ/kgK) |
| ΔT | [K] | Razlika temperature pri zagrijavanju vode |
| z | [h] | Vrijeme zagrijavanja (2,0 h) |
| η | [-] | Stupanj djelovanja (= 0,85) |

| | | |
|--|-------|--|
| $V_{n,min}$ | [l] | Minimalni potrebni volumen ekspanzijske posude |
| V_e | [W] | Volumen širenja vode |
| V_V | [l] | Volumen zalihe, najmanje 0,5% volumena vode u instalaciji, min. 3 l |
| V_A – volumen vode u instalaciji [l] | [l] | Volumen vode u instalaciji |
| p_e | [bar] | Krajnji projektni tlak, iznosi 0,5 bara manje od tlaka sigurnosnog ventila |
| p_o | [bar] | Primarni tlak ekspanzijske posude |
| n | [-] | Postotak širenja vode pri različitim temperaturama |

8.2. Popis slika

| | |
|--|----|
| Slika 1. Prikaz prostorije s ognjištem (https://www.ognjiste-srece-kuce.com) | 1 |
| Slika 2. Hipokaust (https://images.app.goo.gl/Vo4J3ZxBk2cfssEV6) | 3 |
| Slika 3. Rimska vila grijana uz hipokaust (https://images.app.goo.gl/rin5AU AeAV9GqKmY7) | 4 |
| Slika 4. Kamin na kruta goriva (https://images.app.goo.gl/L52AFiaa897sR8za6) | 8 |
| Slika 5. Plinska peć (https://images.app.goo.gl/vkwx9nqrF9BLCF4VA) | 9 |
| Slika 6. Štednjak na kruta goriva (https://images.app.goo.gl/CKyvkPrJdwKf9F26) | 9 |
| Slika 7. Električno podno grijanje (https://images.app.goo.gl/DShniZ7ZkzuGQQep9) | 10 |
| Slika 8. Električna grijalica (https://images.app.goo.gl/uZzRT4Lh3cgS1xjp9) | 10 |
| Slika 9. Kombinacija radijatorskog i podnog toplovodnog centralnog grijanja (https://www.buderus.com.hr) | 11 |
| Slika 10. Toplovodno podno grijanje (https://images.app.goo.gl/4a8c8up25Cy2mhG58) | 12 |
| Slika 11. Temperaturna razdioba centralnog sustava grijanja (Herz katalog) | 12 |
| Slika 12. Solarni kolektori (Katalog) | 20 |
| Slika 13. Solarni sustav za toplu vodu (Katalog Buderus)..... | 21 |
| Slika 14. Čelični toplovodni kotao (https://www.centrometal.hr) | 23 |
| Slika 15. Kondenzacijski plinski kotao (Katalog Weishaupt) | 23 |
| Slika 16. Plinske infracrvene grijalice (https://images.app.goo.gl/DGYa4dWiq3tjCJ28) | 26 |

| | |
|---|----|
| Slika 17. Dijelovi pločastog kolektora (https://images.app.goo.gl/fDG8S2GzS91eaK2v6) . | 28 |
| Slika 18. Solarni spremnik za pripremu PTV-a (https://images.app.goo.gl/6AK7Dz1jY5ueus5z5) | 29 |
| Slika 19. Solarna pumpna stanica (Katalog) | 29 |
| Slika 20. Solarni sustav (Toshiba katalog)..... | 30 |
| Slika 21. Toplinska pumpa (Daikin katalog) | 31 |
| Slika 22. Sustav grijanja pomoću toplinske pumpe (Daikin katalog)..... | 31 |
| Slika 23. Otpori priključaka (HERZ Sustavi toplovodnog grijanja - hidraulika) | 58 |
| Slika 24. Toplina koju odaju ljudi Q _P (VDI 2078) (https://www.fsb.unizg.hr) | 65 |
| Slika 25. Toplina koju odaju različiti električni uređaji Q _M (VDI 3804) (https://www.fsb.unizg.hr) | 66 |
| Slika 26. Vanjska projektna temperatura θ_e i relativna vlažnost zraka φ_e – ljetu(https://www.fsb.unizg.hr) | 67 |
| Slika 27. Mitsubishi klima (Mitsubishi katalog)..... | 72 |
| Slika 28. Kupaonski ventilator (S&P katalog)..... | 76 |
| Slika 29. Srednje godišnje količine globalnog sunčevog zračenja – Hrvatska (Katalog Centrometal)..... | 77 |
| Slika 30. Količina PTV za jednu i dvije obitelji („Projektantske podloge Vaillant“). | 79 |
| Slika 31. Kolektorsko polje s priključcima na istoj strani (Projektantske podloge Vaillant) . | 81 |
| Slika 32. Podaci o protoku i promjeru kod pločastih kolektora Vaillant VFK (Projektantske podloge Vaillant) | 82 |
| Slika 33. Visina dobave solarne crpke – VMS 70 (Projektantske podloge Vaillant) | 83 |
| Slika 34. Elementi solarnog sustava (Projektantske podloge Vaillant) | 85 |
| Slika 35. Grundfos Comfort 15-14 B PM (https://www.grundfos.com.hr.) | 91 |

8.3. Popis tablica

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Podjela plinova | 14 |
| Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline STROP/POD | 34 |
| Tablica 3. Koeficijenti prolaza topline UNUTARNJI ZID..... | 35 |
| Tablica 4. Koeficijenti prolaza topline VANJSKI ZID | 35 |
| Tablica 5. Ukupni koeficijent prolaza topline za pojedine elemente | 35 |
| Tablica 6. Toplinski gubici za prostoriju 01 | 37 |

| | |
|---|----|
| Tablica 7. Toplinski gubici za prostoriju 02 | 38 |
| Tablica 8. Toplinski gubici za prostoriju 03 | 39 |
| Tablica 9. Toplinski gubici za prostoriju 04 | 40 |
| Tablica 10. Toplinski gubici za prostoriju 05 | 41 |
| Tablica 11. Toplinski gubici za prostoriju 06 | 42 |
| Tablica 12. Toplinski gubici za prostoriju 11 | 43 |
| Tablica 13. Toplinski gubici za prostoriju 12 | 44 |
| Tablica 14. Toplinski gubici za prostoriju 13 | 45 |
| Tablica 15. Toplinski gubici za prostoriju 14 | 46 |
| Tablica 16. Toplinski gubici za prostoriju 15 | 47 |
| Tablica 17. Toplinski gubici za prostoriju 16 | 48 |
| Tablica 18. Toplinski gubici za prostoriju 17 | 49 |
| Tablica 19. Toplinski gubici za prostoriju 18 | 50 |
| Tablica 20. Toplinski gubici za prostoriju 1 | 51 |
| Tablica 21. Ukupni toplinski gubici..... | 52 |
| Tablica 22. Proračun podnog grijanja za prostoriju 01 | 59 |
| Tablica 23. Proračun podnog grijanja za prostoriju 02 | 60 |
| Tablica 24. Proračun podnog grijanja za prostoriju 03 | 61 |
| Tablica 25. Proračun podnog grijanja za prostoriju 04 | 62 |
| Tablica 26. Proračun podnog grijanja za prostoriju 05 | 63 |
| Tablica 27. Proračun podnog grijanja za prostoriju 06 | 64 |
| Tablica 28. Vanjska projektna temperatura θ_e i relativna vlažnost zraka φ_e – ljeto | 68 |
| Tablica 29. Proračun dobitaka topline za prostoriju 01 | 71 |
| Tablica 30. Tipovi i dimenzije odabranih radijatora po prostorijama..... | 88 |
| Tablica 31. Pad tlaka kritične dionice | 90 |
| Tablica 32. Volumen vode pojedinih elemenata sustava grijanja..... | 94 |
| Tablica 33. Volumen vode pojedinih elemenata sustava grijanja za odabir eksp. posude | 95 |
| Tablica 34. Popis opreme | 96 |

8.4. Popis dijagrama

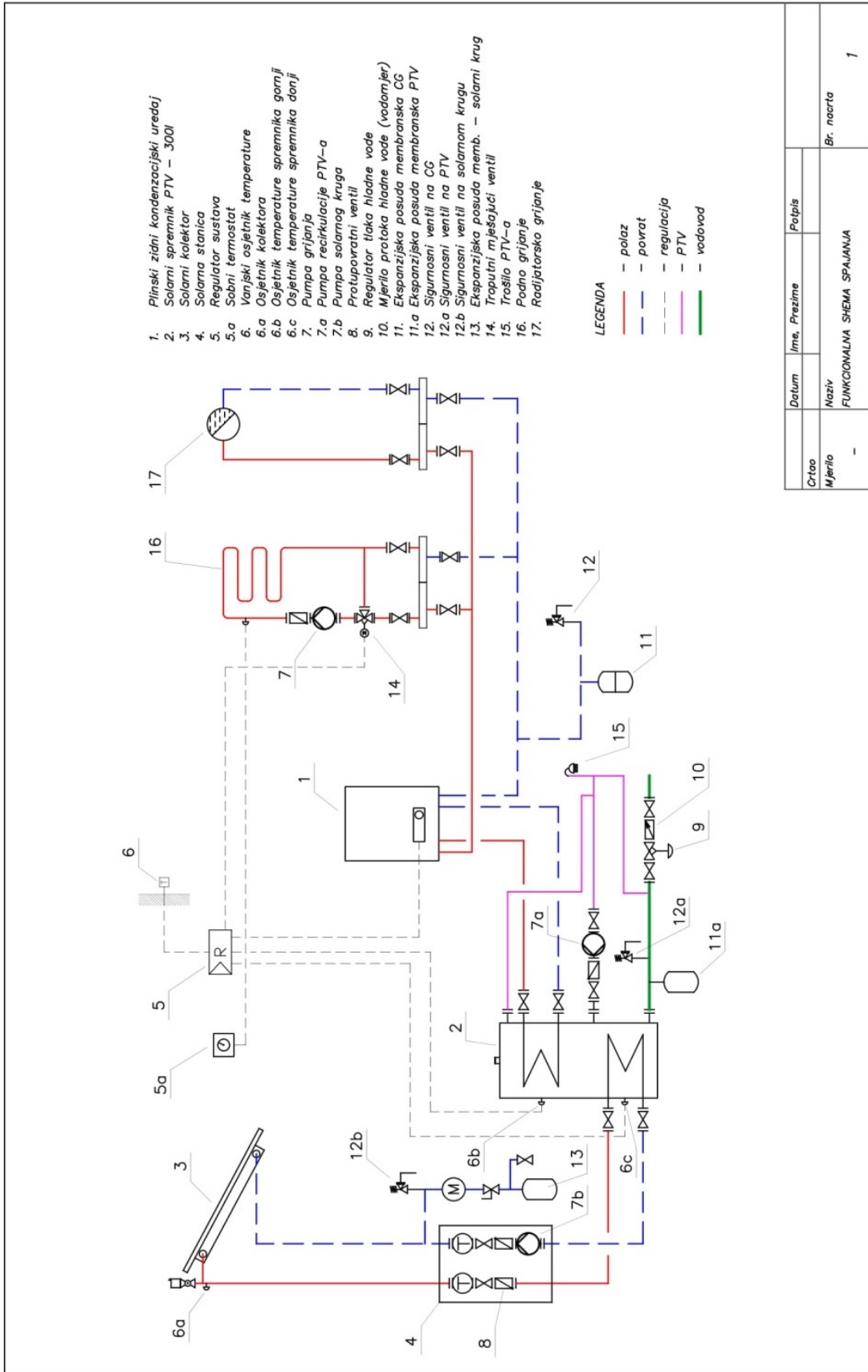
| | |
|---|---|
| Dijagram 1. Značajke centralnog grijanja..... | 6 |
| Dijagram 2. Centralno grijanje - podjela..... | 6 |

| | |
|---|----|
| Dijagram 3. Energenti u sustavima grijanja | 13 |
| Dijagram 4. Sustavi za opskrbu ložišta | 14 |
| Dijagram 5. Nadtemperatura grijaćeg medija | 54 |
| Dijagram 6. Pad tlaka u cijevima | 58 |
| Dijagram 7. Radne karakteristike recirkulacijske pumpe PTV-a..... | 92 |

PRIVITAK

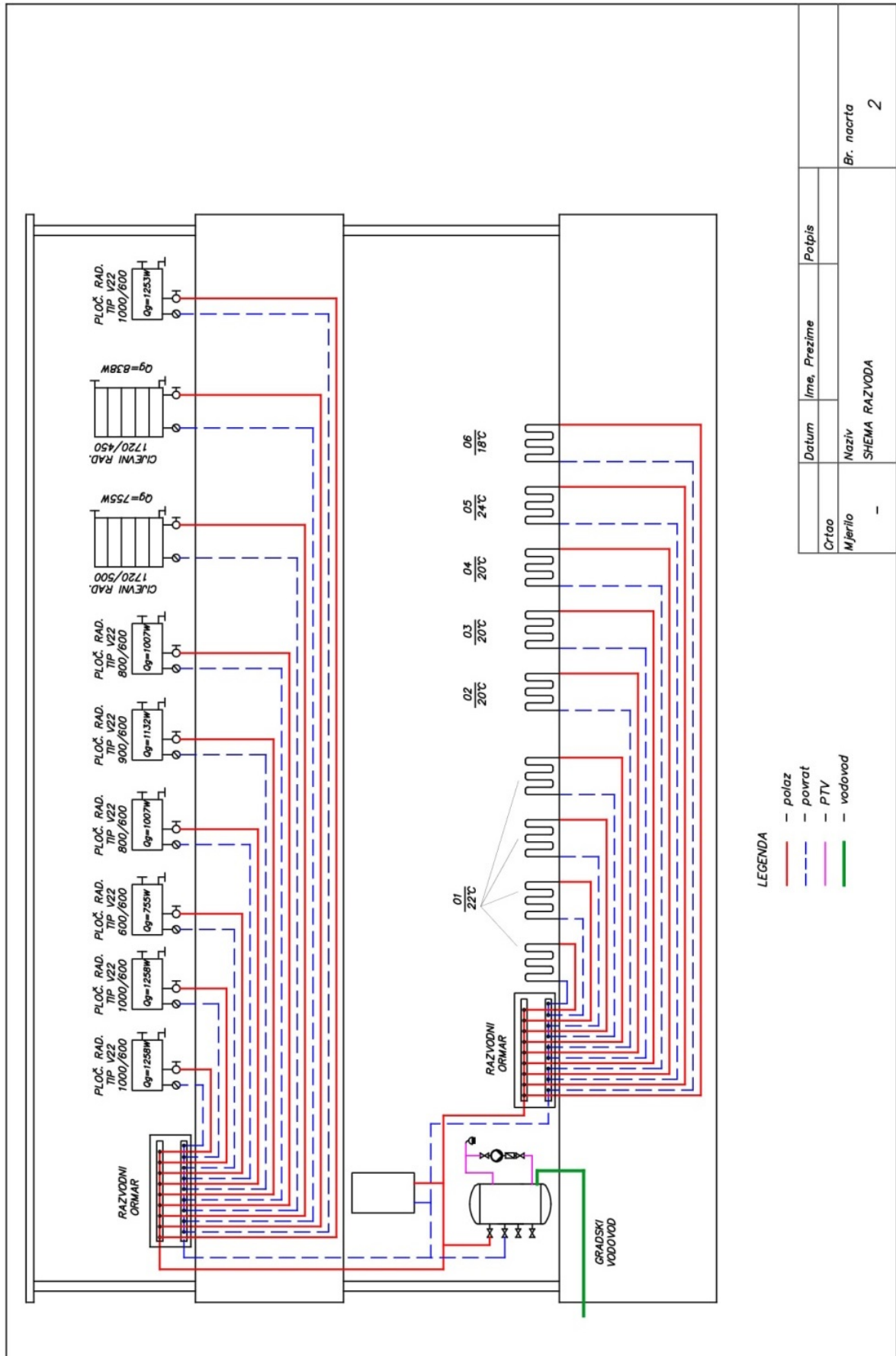
- Privitak 1. Funkcionalna shema spajanja
- Privitak 2. Shema razvoda grijanja
- Privitak 3. Tlocrt prizemlja – podno grijanje
- Privitak 4. Tlocrt kata – radijatorsko grijanje
- Privitak 5. Tlocrt prizemlja – ventilacija i hlađenje
- Privitak 6. Tlocrt kata – ventilacija
- Privitak 7. Prikaz kritične dionice cjevovoda

Privitak 1. Funkcionalna shema spajanja

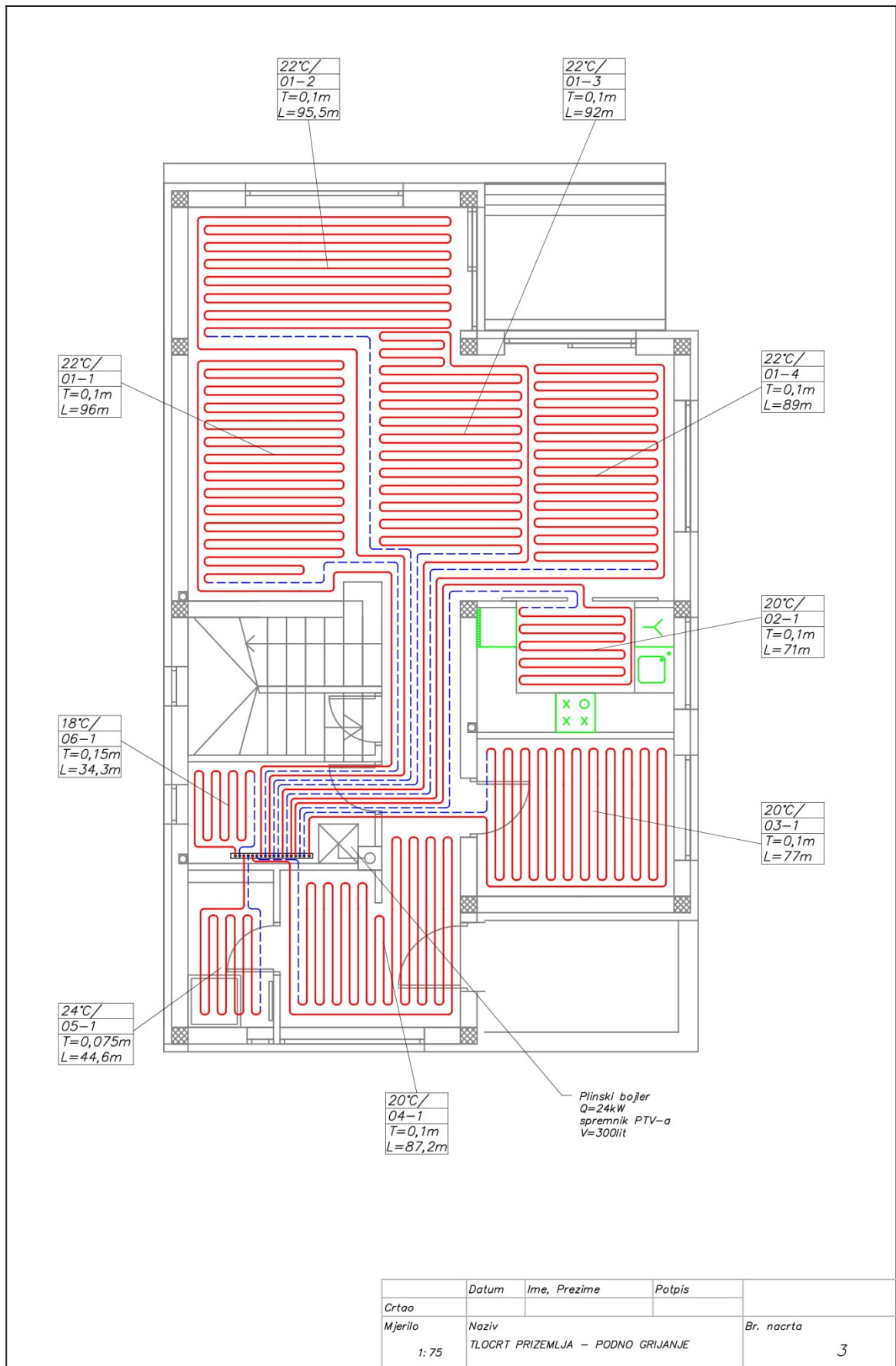


| | | | |
|---------|-------|------------------------------|--------------|
| Crtao | Datum | Ime, Prezime | Podpis |
| Mjerilo | Naziv | FUNKCIONALNA SCHEMA SPAJANJA | |
| - | | | Br. nacrtu 1 |

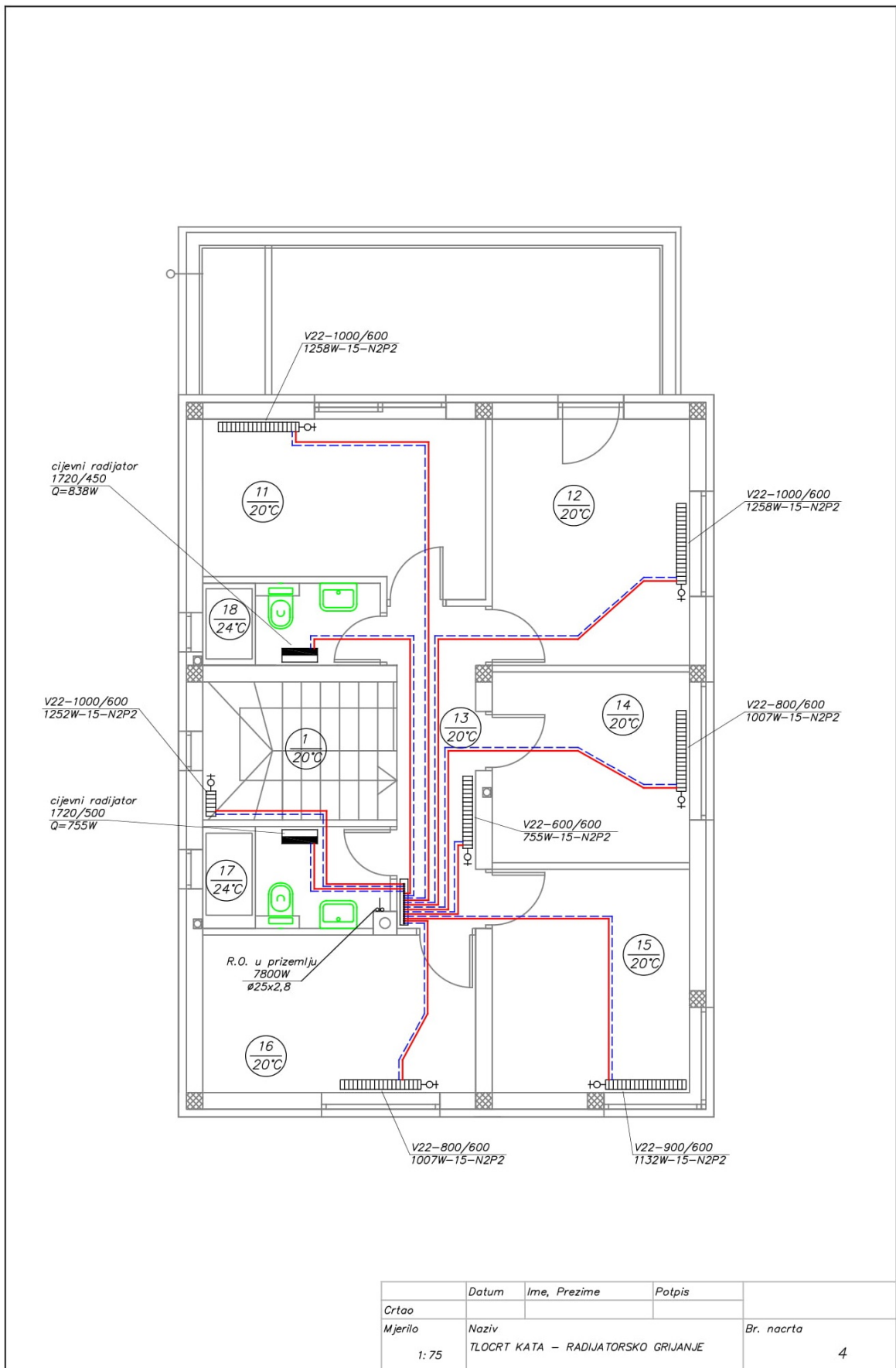
Privitak 2. Shema razvoda grijanja



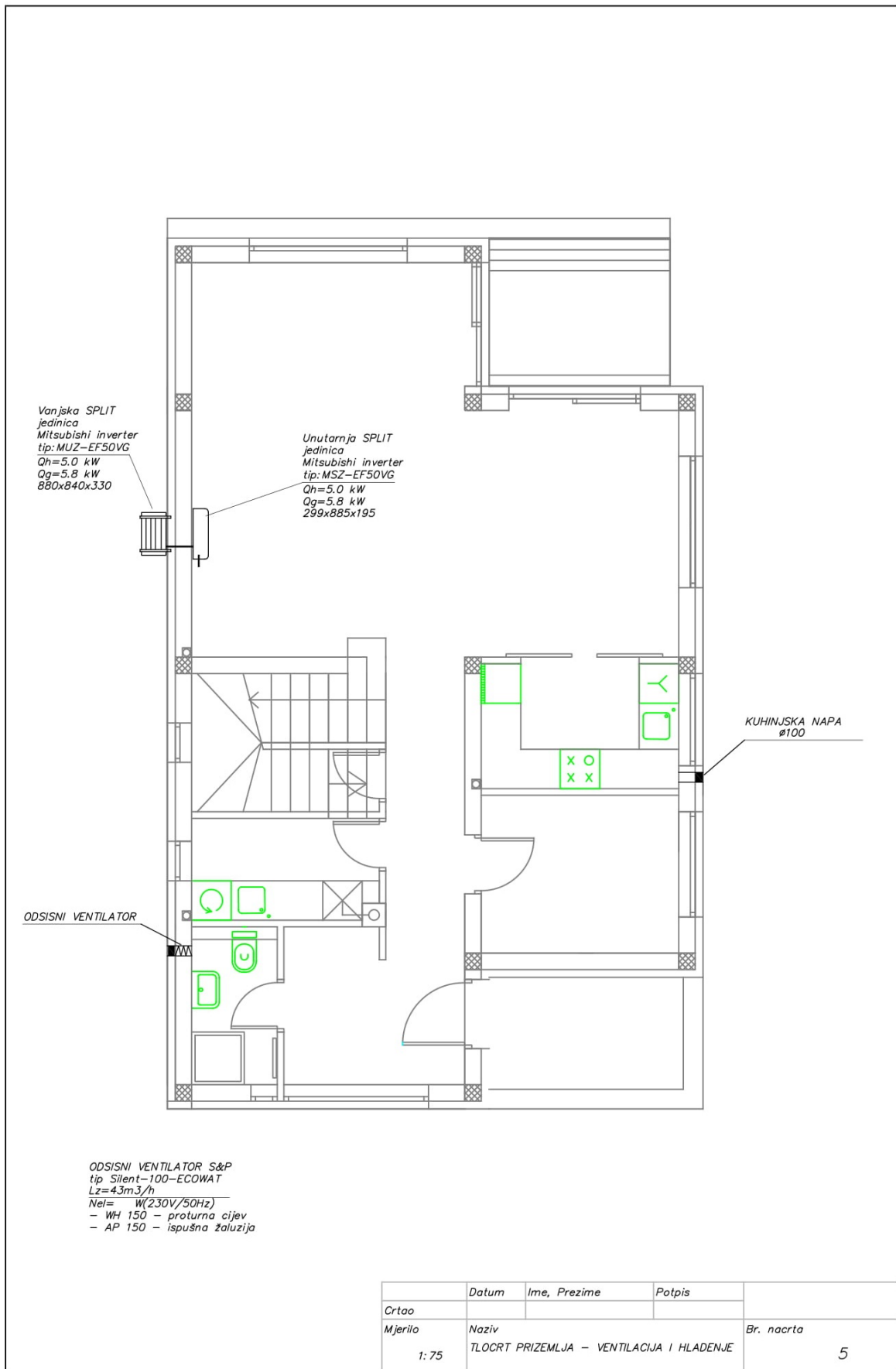
Privitak 3. Tlocrt prizemlja – podno grijanje



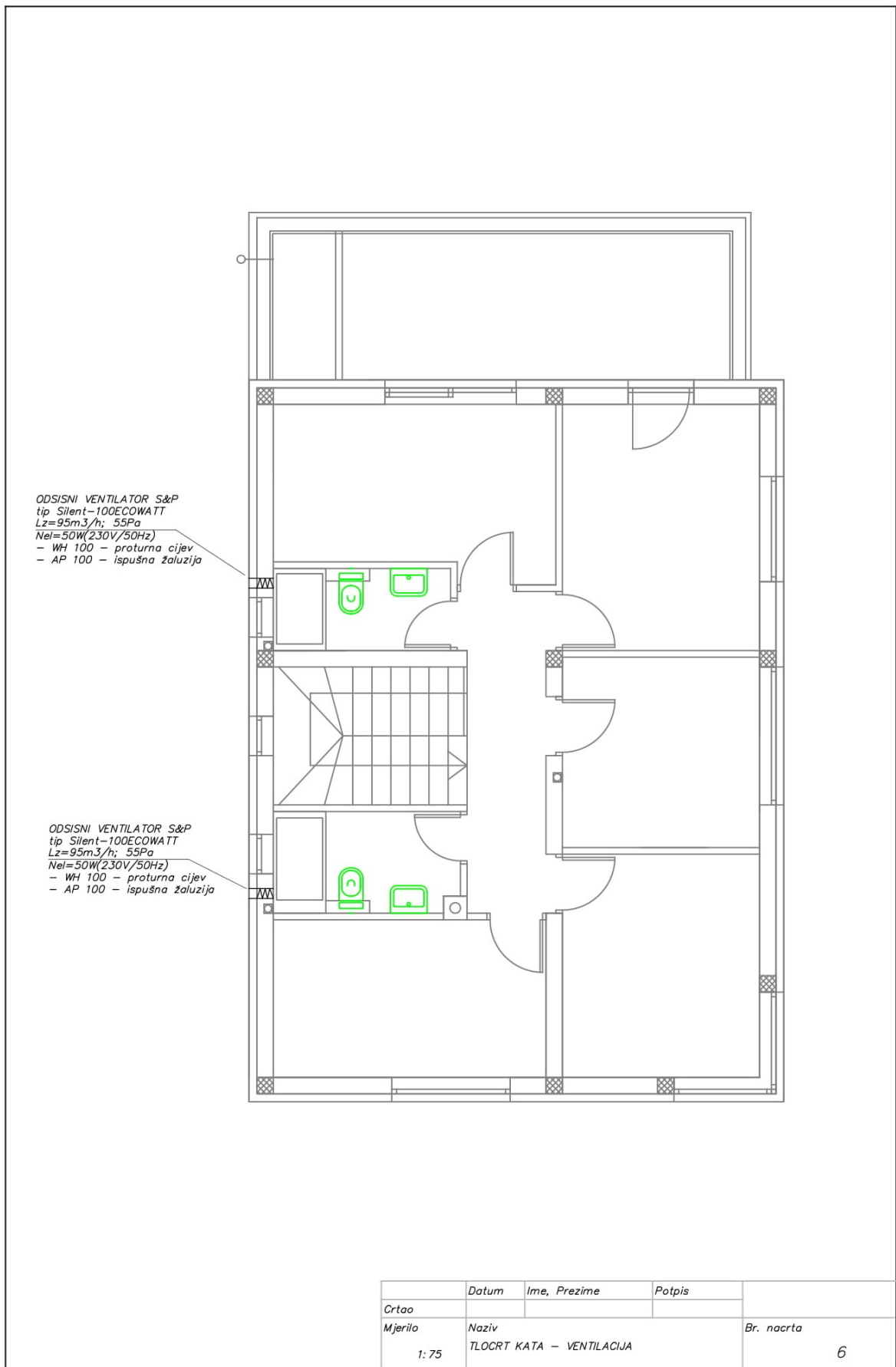
Privitak 4. Tlocrt kata – radijatorsko grijanje



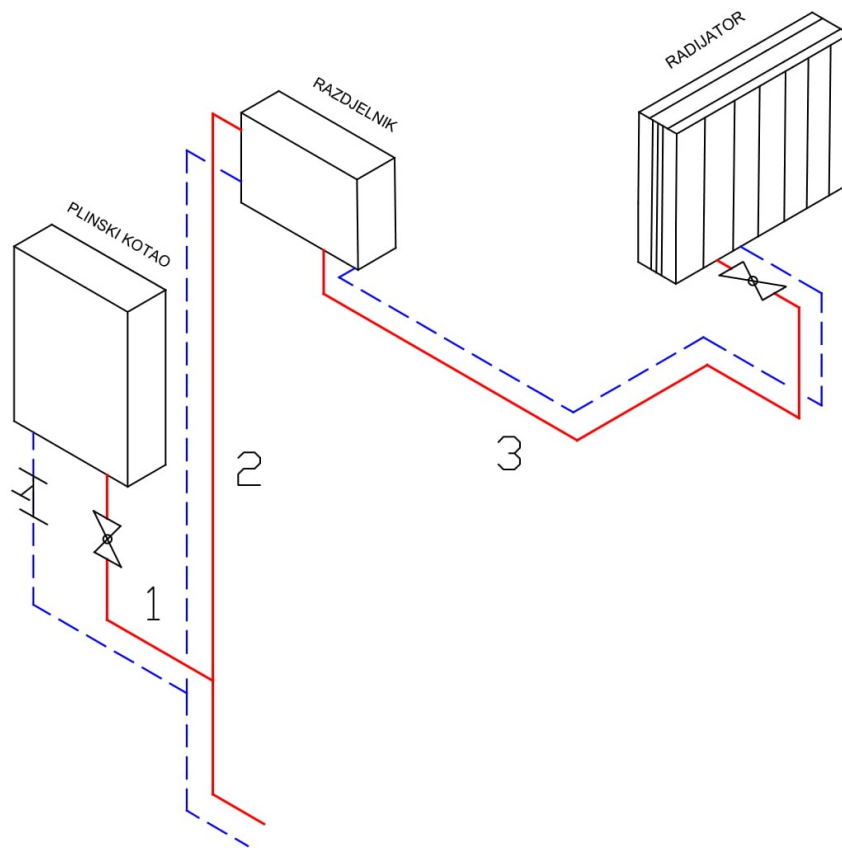
Privitak 5. Tloort prizemlja – ventilacija i hlađenje



Privitak 6. Tlocrt kata – ventilacija



Privitak 7. Prikaz kritične dionice cjevovoda



| | Datum | Ime, Prezime | Potpis | |
|---------|-----------------------------------|--------------|--------|------------|
| Crtao | | | | |
| Mjerilo | Naziv | | | Br. nacrtu |
| 0 | PRIKAZ KRITIČNE DIONICE CJEVOVODA | | | 7 |