

Grijanje i hlađenje stambenog objekta korištenjem različitih izvora energije

Pintarić, Igor

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:646888>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-21**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ



**Sveučilište
Sjever**

Diplomski rad br. 063/STR/2022

**Grijanje i hlađenje stambenog objekta korištenjem različitih
izvora energije**

Igor Pintarić, 0231042743 (5064/601)

Varaždin, lipanj 2023. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za strojarstvo

Diplomski rad br. 063/STR/2022

Grijanje i hlađenje stambenog objekta korištenjem različitih izvora energije

Student

Igor Pintarić, 0231042743 (5064/601)

Mentor

Prof. dr. sc. Ante Čikić

Varaždin, lipanj 2023. godine

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Strojarstvo		
PRISTUPNIK	Pintarić Igor	MATIČNI BROJ	0231042743 (5064/601)
DATUM	11. srpnja 2022.	KOLEGIJ	KGH sustavi
NASLOV RADA	Grijanje i hlađenje stambenog objekta korištenjem različitih izvora energije		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Heating and cooling of a residential building using different energy sources		
MENTOR	prof.dr.sc. Ante Čikić	ZVANJE	redoviti profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc Zlatko Botak - predsjednik povjerenstva		
	2. prof.dr.sc. Ante Čikić		
	3. prof.dr.sc. Živko Kondić		
	4. doc.dr.sc. Tanja Tomić - rezervni član		
	5. _____		

Zadatak diplomskog rada

BROJ	063/STR/2022
OPIS	

Prema arhitektonskom prijedlogu projektirati grijanje i hlađenje stambenog objekta - dva stana. Stan 1 se grije i hladi pomoću dizalice topline zrak - voda, a stan 2 pomoću protočnog cirkulacijskog aparata s pogonom na prirodni plin (grijanje) i rashladnim uređajem zrak - zrak. Stambeni objekt se nalazi na području kontinentalne Hrvatske. Za grijanje/hlađenje objekta primijeniti odgovarajuće ogrjevna tijela i površine sa konvektivnom izmjenom topline i zračenjem. Temperatura tople vode je maksimalno 60°C (stan 1) i 75°C (stan2), a hladne vode najniža 7°C. Statički tlak zatvorenog sustava i dilataciju ogrjevnog medija predvidjeti sukladno obliku i namjeni termotehničke instalacije. Proračunati toplinsko i rashladno opterećenje sukladno projektnim unutarnjim uvjetima ugodnosti i vanjskim mikroklimatskim uvjetima, dimenzionirati i odabrati opremu, ogrjevna/rashladna tijela, cjevovode i pogonske uređaju za odgovarajuće termotehničke i hidrauličke parametre optimalnih karakteristika. Proračunati i dimenzionirati dilataciju medija sa pripadajućim ekspanzijsko - sigurnosnim sustavom. Izraditi funkcionalnu shemu termotehničke instalacije s prikazom regulacije i upravljanja. Uz analitičke i pisane sadržaje, grafički (sheme, crteži - dispozicija prema odabranom mjerilu, slike, tablice, dijagrami,...) prikazati termotehnički sustav prepoznatljivom stručnoj praksi. Dati odgovarajuće analize (godišnji troškovi energije za stan 1 i stan2), komentar i zaključak. Ostale fizikalne parametre, tehničke karakteristike i dodatke koristiti iz stručnog opsega i literature.

ZADATAK USUČEN

12.07.2022.

PODPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SJEVER

VARAŽDIN

Sažetak

U ovom diplomskom radu obrađen je zadatak projektiranja sustava grijanje i hlađenje stambenog objekta prema arhitektonskom prijedlogu koristeći različite izvore energije. Objekt se nalazi na području kontinentalne Hrvatske i sastoji se od dva stana.

Projektiran je sustav grijanja i hlađenja stambenih objekata prema izračunatim toplinskim gubicima i dobicima topline koristeći smjernice i važeće norme s ciljem pronalaska optimalnog rješenja i postizanja projektirane unutarnje temperature. Proračun toplinskog i rashladnog opterećenja kao i koeficijenti prolaska topline izvedeni su pomoću programa Integra CAD prema normi HRN EN 12831 i VID2087 te su prema tome odabrani odgovarajući izvori energije i odgovarajuća ogrjevna tijela.

Za prvi stan kao izvor topline za grijanje i hlađenje odabrana je dizalica topline u izvedbi zrak-voda te je predviđeno grijanje i hlađenje pomoću ventilokonvektora s temperaturom tople vode maksimalno 60°C a hladne 7°C. Regulacija temperature se vrši pomoću regulacije dizalice topline i pomoću dodirnih displeja koji se nalaze na ventilokonvektorima .

Za drugi stan kao izvor topline odabran je kondenzacijski uređaj s pogonom na prirodni plin koji zagrijava stan pomoću ventilskih pločastih radijatora, dok su za hlađenje odabrani klasični rashladni klima uređaji u multi split izvedbi.

Na kraju je napravljena analiza godišnjih troškova energije za stan 1 i stan 2, a nacrti prizemlja i kata, kao i funkcionalne shema spajanja dane su u priložima.

Ključne riječi:

Grijanje, hlađenje, dizalica topline, ventilokonvektor, plinski uređaj

Summary

In this thesis, the main task was designing the heating and cooling system of a residential building according to the architectural proposal using different energy sources. The building is located on the territory of continental Croatia and consists of two apartments. The heating and cooling system of residential building was designed according to calculated heat losses and heat gains using guidelines and valid norms with the aim of finding optimal solutions and achieving the designed internal temperature. Calculation of heat and cooling loads as well as heat transfer coefficients were performed using the Integra Cad program according to HRN EN 12831 and VID 2087 standards so appropriate energy sources and heating elements were selected accordingly.

For the first apartment, an air-water heat pump was selected as a source of heat for cooling and heating with a fan convector with a maximum hot water temperature of 60°C and cold water 7°C. Temperature regulation is done using regulation of the upper crane and by means of touch displays located on the fan coil units.

For the second apartment, as heat source was chosen condensing device powered by natural gas, which heats apartment using ventilated plate radiators, while classic multi split air conditioners were chosen for cooling,

At the end, was made an analysis of the annual energy cost for apartment 1 and apartment 2 and there are given the plans of ground and first floor, as well as functional connection schemes in the attachments.

Key words:

Heating, cooling, heat pump, fan convector, gas device

Popis korištenih kratica

EN – europska norma

KGH – klimatizacija, grijanje i hlađenja

PTV – potrošna topla voda

COP - faktor grijanja

SCOP – sezonski faktor grijanja

EER – faktor hlađenja

SEER – sezonski faktor hlađenja

HRN EN – hrvatska norma

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Dizalica topline	4
2.1.	Princip rada	6
2.2.	Osnovni dijelovi	7
2.2.1.	<i>Kompresor</i>	8
2.2.2.	<i>Iparivač</i>	9
2.2.3.	<i>Ekspanzijski ventil</i>	9
2.2.4.	<i>Kondenzator</i>	10
2.2.5.	<i>Radna tvar i ostala oprema</i>	11
2.2.6.	<i>Ostala oprema</i>	12
2.3.	Način rada dizalice topline	12
2.3.1.	<i>Monovalentni način rada</i>	12
2.3.2.	<i>Bivalentno paralelni način rada</i>	13
2.3.3.	<i>Bivalentno alternativni način rada</i>	13
2.3.4.	<i>Djelomično bivalentno usporedni način rada</i>	14
2.4.	Podjela dizalica topline prema toplinskom izvoru	15
2.4.1.	<i>Dizalica topline zrak – voda</i>	15
2.4.2.	<i>Dizalica topline voda – voda</i>	17
2.4.3.	<i>Dizalica topline tlo - voda</i>	18
2.5.	Faktor grijanja i hlađenja.....	20
3.	Tehnički opis sustava	22
3.1.	Opis zgrade.....	22
4.	Proračun toplinskog opterećenja zgrade	28
4.1.	Proračun toplinskih gubitaka.....	28
4.1.1.	<i>Transmisijski toplinski gubici</i>	32
4.1.2.	<i>Ventilacijski toplinski gubici</i>	33
4.1.3.	<i>Toplinski učin potreban za zagrijavanje zbog prekida grijanja</i>	33
4.1.4.	<i>Rezultati proračuna toplinskih gubitaka</i>	34
4.2.	Proračun toplinskih dobitaka.....	35
4.2.1.	<i>Toplinsko opterećenje uslijed unutrašnjih izvora topline</i>	35
4.2.2.	<i>Toplinsko opterećenje uslijed vanjskih izvora topline</i>	36
4.2.3.	<i>Rezultati proračuna toplinskih dobitaka</i>	37
5.	Odabir opreme sustava – stan 1	39
5.1.	Odabir dizalice topline	39
5.2.	Odabir ogrjevnih i rashladnih tijela.....	42
5.3.	Regulacija sustava	45
6.	Odabir opreme sustava – stan 2	46

6.1. Odabir kondenzacijskog uređaja	46
6.2. Odabir ogrjevnih i rashladnih tijela.....	48
6.3. Odabir regulacije	54
7. Analiza troškova grijanja i hlađenja	55
7.1. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za stan 1 i stan 2.....	55
7.2. Proračun godišnjih pogonskih troškova dizalice topline za stan 1.....	59
7.3. Proračun godišnjih pogonskih troškova stana 2.....	60
7.4. Usporedba sustava grijanja i hlađenja.....	61
8. Zaključak.....	62
Literatura.....	63
Popis slika	64
Popis tablica.....	66
Prilozi.....	67

1. Uvod

Zadatak ovog diplomskog rada je projektirati grijanje i hlađenje stambenog objekta primjenom različitih izvora energije. Kod projektiranja svaki projektant mora biti upoznat s propisima i normama koje vrijede za područje u kojem se sustav projektira te mora osigurati ugodnost boravka u svojim zgradama.

Najvažniji zadatak svakog sustava grijanja i klimatizacije je postizanje parametara toplinske ugodnosti u zoni boravka ljudi. Toplinska ugodnost je subjektivan i individualan osjećaj, odnosno nemjerljiva veličina koja se prema normi EN ISO 7730 definira kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo s toplinskim stanjem okoliša. Ovako široko postavljena definicija ugodnosti povezana je s mnogo relativnih čimbenika; gdje je osjećaj ugodnosti, kao reakcija na okoliš nužno individualan osjećaj tako da ne postoji određeni skup stanja okoliša gdje bi svaka osoba iskazala jednako zadovoljstvo. Također se može pojaviti određeni stupanj nezadovoljstva ako u grupi osoba koje borave u istom prostoru ili obavljaju jednake aktivnosti. Stoga se ugodnost u praksi može definirati kao skup stanja okoliša u kojem postotak nezadovoljnih ne prelazi određenu vrijednost. Najvažniji faktori koji utječu na toplinsku ugodnost su:

- Temperatura zraka u prostoriji i temperatura ploha prostorija
- Vlažnost zraka i strujanje zraka
- Razina odjevenosti
- Razina fizičke aktivnosti
- Kvaliteta zraka
- Namjena prostora

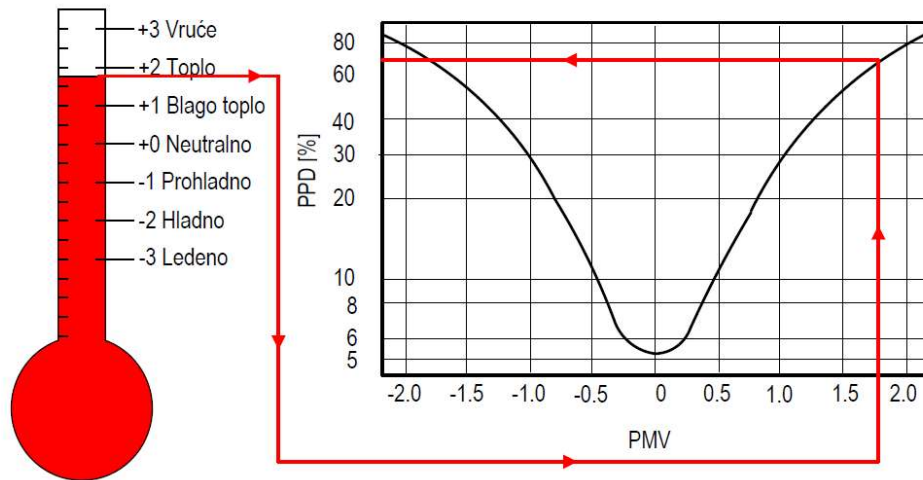
Toplinska ugodnost će biti rezultat zajedničkog međudjelovanja gore navedenih faktora, te će se tako promjenom jedne veličine moći kompenzirati promjenom neke druge veličine.

Gledajući strojarske aspekte za postizanje ugodne toplinske ugodnosti vrlo važnu ulogu imaju sustavi klimatizacije, grijanja i hlađenja (KGH) kojima se postiže udobnost toplinske ravnoteže između stanara i zgrade. Toplinska ugodnost vrednuje se pomoću dvije veličine:

- PMV (engl. Predicted Mean vote)
- PPD (engl. Predicted Percentage of Dissatisfied)

PMV predviđa subjektivno ocjenjivanje ugodnosti boravka u okolišu od strane grupe ljudi, a PPD predviđa postotak nezadovoljnih ljudi. PPD je funkcija PMV-a, a sam odnos između PMP i PPD indeksa prikazan je na slici 1. koja prikazuje skalu razine ugodnosti sa 7 točaka prema ASHRAU.

Na slici 1. vidljivo je da se indeks PPD kreće po skali od 7 točaka, gdje točka -3 predstavlja vruće, 0 = neutralno, a točka 3 = ledeno. Kako bi se postigla što bolja toplinska ugodnost PPD indeks bi trebao biti manji ili jednak od 10%, a PMV indeks bi se trebao kretati u rasponu od -0,5 do +0,5.



Slika 1. Međusobna zavisnost PMV i PPD indeksa [1]

Kako je glavna uloga sustava grijanja osiguravanje parametara toplinske ugodnosti vrlo je važno odabrati odgovarajući sustav grijanja. Pri odabiru sustava grijanja treba voditi računa i o sljedećim faktorima:

- Građevinsko fizikalna svojstva i arhitektonske značajke zgrade
- Geografska lokacija
- Položaj i tip zgrade
- Raspoloživost izvora energije (energenata)
- Zahtjevima korisnika
- Investicijski i pogonski troškovi
- Važeći zakoni, propisi i norme
- Utjecaj na okoliš

Postoji nekoliko osnovnih podjela sustava grijanja a to su:

- Podjela prema energentu – plinski sustavi, električni sustavi, solarni sustavi, sustavi na loživo ulje i sustavi na kruta goriva (drvo, ugljen, peleti, biomasa)
- Prema izvedbi - sustavi centralnog grijanja, daljinskog grijanja i sustavi posebnih namjena
- Prema vrsti ogrjevnog tijela – toplozračni, zračno-vodeni, toplovodni, vrelovodni i parni sustavi

U ovom radu će se više posvetiti sustavima centralnog grijanja. Kod njih postoji središnji izvor topline koji opskrbljuje tražene prostorije toplinom pomoću ogrjevnih tijela kroz koje struji ogrjevni medij koji se zagrijava u izvoru topline koji je obično smješten unutar objekta u za to predviđenu prostoriju. Najčešći izvori topline su kotlovi u kojima dolazi do pretvorbe kemijske energije sadržane u gorivu u toplinu koja se zatim preko ogrjevnog medija dovodi do ogrjevnih tijela koji zatim zagrijavaju prostorije. Medij za prijenos topline je najčešće voda koja se dovodi do ogrjevnog tijela pomoću prisilne cirkulacije (pomoću pumpe) ili pomoću prirodne cirkulacije (uzgona). Najčešće vrste toplovodnih kotlova su: klasični kotao, niskotemperaturni kotao i kondenzacijski kotao.

Najekonomičniji način grijanja je grijanje na plin, ali ponekad zbog nepostojanja plinske mreže na svim područjima nije dostupan. Grijanje na drva je također ekonomičan način grijanja koji je ujedno i najjeftiniji ali on ne nudi preveliki komfor zbog stalne potrebe za ručnim paljenjem i dodavanjem drva u kotao. Moguća je i primjena električnog načina grijanja ali to je ujedno i najskuplji način, međutim kombiniranjem korištenja električne energije i obnovljivih izvora energije (zraka, vode, tla) postiže se visoka energetska učinkovitost. Takvo kombiniranje se može postići primjenom dizalice topline. Ugradnjom takvih sustava također se ostvaruje i što manji utjecaj na okoliš u odnosu na konvencionalne izvore sustave, ali je investicijski trošak dosta veći.

Nakon odabira izvora grijanja potrebno je izabrati i odgovarajuća ogrjevna tijela. Također kako bi se i osigurala učinkovitost nekog sustava potrebno je i izabrati odgovarajuću regulaciju koja će održavati željenu toplinsku ugodnost.

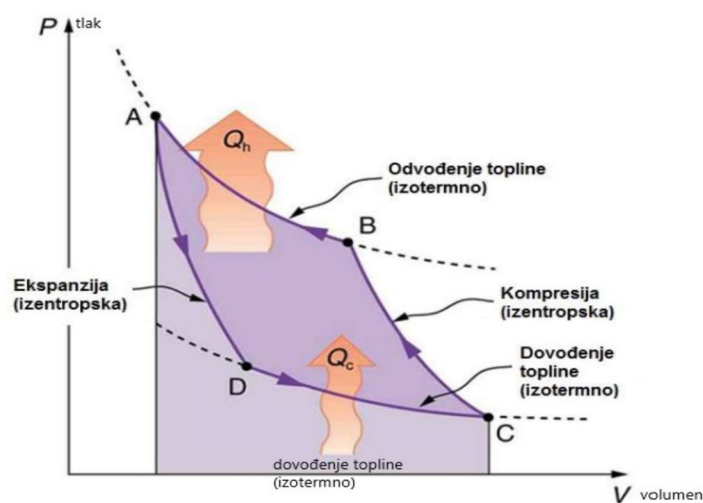
2. Dizalica topline

U zadatku je potrebno projektirati grijanje i hlađenje stana 1 primjenom dizalice topline stoga su na početku opisane osnove dizalice topline.

Pojam dizalica topline odnosi se na toplinski uređaj kojemu je osnovni zadatak prevođenje toplinske energije iz sustava niže temperaturne razine (kao što je zemlja, zrak, voda) na sustav više temperaturne razine (centralno grijanje ili PTV) korištenjem dodatne energije (rada) pomoću kružnog procesa prikladnog radnog medija (freon). Kružni proces je proces promjena niza stanja u nekom sustavu gdje završetak predstavlja ponovni početak slijeda, a taj se slijed ponavlja proizvoljan broj puta i time se dobiva prijenos topline ili obavljanje rada.

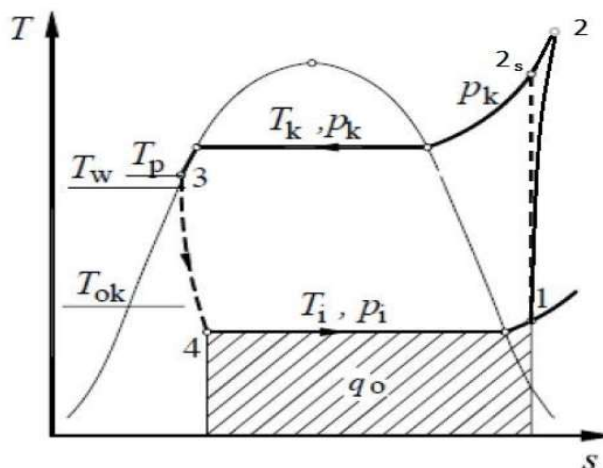
Kružni proces se još naziva i Carnotov proces a ovisno o načinu prikazivanja na dijagramu može biti desnokretni ili lijevokretni. Kod desnokretnih kružnih procesa promijene se odvijaju u smjeru kazaljke na satu gdje dolazi do pretvorbe toplinske energije u mehaničku energiju - rad. Takve pretvorbe energije su vidljive na primjerima motora s unutarnjim izgaranjem, plinskim turbinama i parnim strojevima. Kod lijevokretnih kružnih procesa promijene se odvijaju suprotno od smjera kazaljke na satu i tamo dolazi do izmjene topline između dva spremnika različitih temperaturnih razina kao što je primjer princip rada kod dizalica topline i kod rashladnih uređaja. Pri tome za obavljanje rada kod lijevokretnih kružnih procesa koristi kompenzacijska energija odnosno mehanički rad kompresora. Ljevokretni kružni proces prikazan je na slici 2, a sastoji se od četiri osnovna procesa:

- Izentropska kompresija – kod temperature rashladnog spremnika
- Izotermna kompresija
- Izentropska ekspanzija
- Izotermna ekspanzija – kod temperature ogrjevnog spremnika



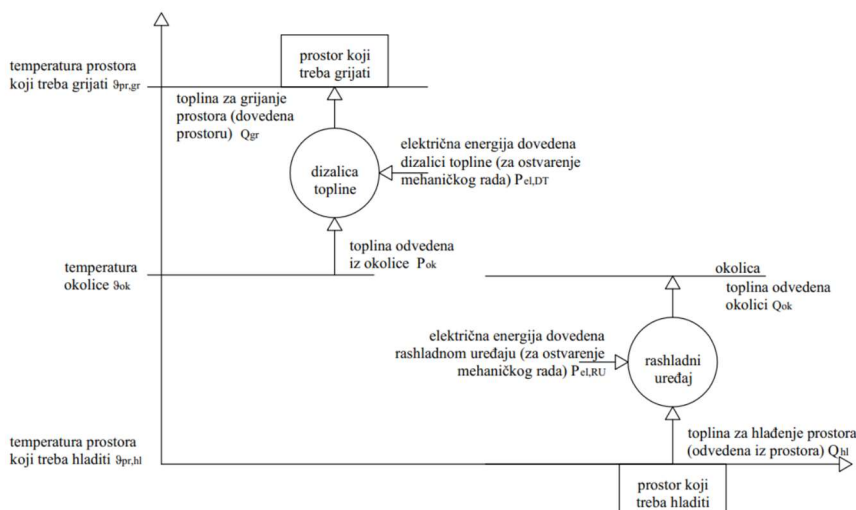
Slika 2. Ljevokretni kružni proces [2]

Lijevoekretni proces se može prikazati i pomoću T,S dijagrama koji je prikazan na slici 3. Dijagram prikazuje politropsku kompresiju od točke 1 do 2 do tlaka kondenzacije koja se odvija unutar kompresora, zatim se od točke 2 od točke 3 unutar kondenzatora odvija hlađenje i kondenzacija, a od točke 3 do točke 4 odvija se prigušivanje i spuštanje tlaka na tlak isparavanja te od točke 4 do točke 1 unutar isparivača odvija se izmjena topline.



Slika 3. Lijevoekretni kružni proces u T,S dijagramu [2]

Lijevoekretni kružni procesi još se nazivaju i rashladni procesi, ogrjevni procesi te rashladno ogrjevni procesi, a sve prema namjeni u kojoj se koriste. Stoga su i u načelu dizalice topline i rashladni uređaji isti uređaji s jednakim dijelovima samo što je njihova namjena drugačija. Kod dizalice topline, toplina se uzima iz okoline i predaje se potrebna toplina za grijanje određenog prostora. Ako se radi o rashladnom uređaju tada se topline odvodi iz prostora i predaje se okolini. Takva usporedba procesa dizalice topline i rashladnog uređaja prikazana je na slici 4.



Slika 4. Usporedba procesa dizalice topline i rashladnog uređaja [2]

Glavno načelo dizalice topline jest grijanje nekog prostora dok je za hlađenje zadužen rashladni uređaj pa će se u daljnjem tekstu sadržaj odnositi samo na rad dizalice topline .

2.1. Princip rada

Princip rada dizalice topline je vrlo jednostavan i vrlo često se uspoređuje s radom kućanskog hladnjaka, samo u obrnutoj funkciji. Kada hladnjak hladi, toplina se proizvodi kao „otpad“. Takva toplinska energija se tada prenosi sa stražnje stanje hladnjaka na okolišni zrak. Isti takav proces odvija se u dizalici topline iz zraka, ali u obrnutoj funkciji; dizalica topline preuzima toplinu iz okoliša (zrak, zemlja, voda) koja se nalazi vani i predaje je sustavu grijanja kao toplinsku energiju. Kako se sustav grijanja zagrijava, zrak koji prolazi kroz jedinicu se hladi. Za ovaj proces potrebna je samo električna energija.

Princip rada gledajući preko termotehničkog sustava je takav da se energija okoline prenosi radnom tvari do kompresora koji tlači radnu tvar čime joj se povećava temperatura koja se zatim preko kondenzatora te izmjenjivač unutar kondenzatora zaprima toplinu i šalje toplu ogrjevnu vodu u sustav grijanja. Nakon toga radni medij se preko ekspanzijskog ventila vraća u isparivač. U ekspanzijskom ventilu radni medij ekspandira s višeg na niži tlak isparivača te se ohlađuje. Time se zatvara kružni proces koji se stalno ponavlja.

Dizalice topline dobivaju 3/4 topline za grijanje iz okoliša a preostalih 1/4 je električna energija koja je potrebna za pokretanje kompresora. Iz omjera predane topline grijanja i utrošene električne energije dobiva se koeficijent učinka ($3+1=4$) koji opisuje djelotvornost dizalice topline.

Priključak na sustav grijanja ovisi o ogrjevnom mediji koji taj sustav upotrebljava. Ako je ogrjevni medij voda, sustav mora imati polazni i povratni vod, a ako se kao medij koristi topli zrak dizalica topline se spaja na kanalni razvod zraka. Toplinska bilanca dizalice topline može se opisati preko izraza (1):

$$Q_{DT} = \emptyset_{DT,r} + P_{komp} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{DT} = \frac{\emptyset_{DT}}{P_{komp}}$$

Q_{DT} – toplinski učinak dizalice topline (W)

$\emptyset_{DT,r}$ – rashladni učinak dizalice topline (W)

P_{komp} – snaga kompresora (W)

ε_{DT} - faktor grijanja dizalice topline, >1 (uvijek)

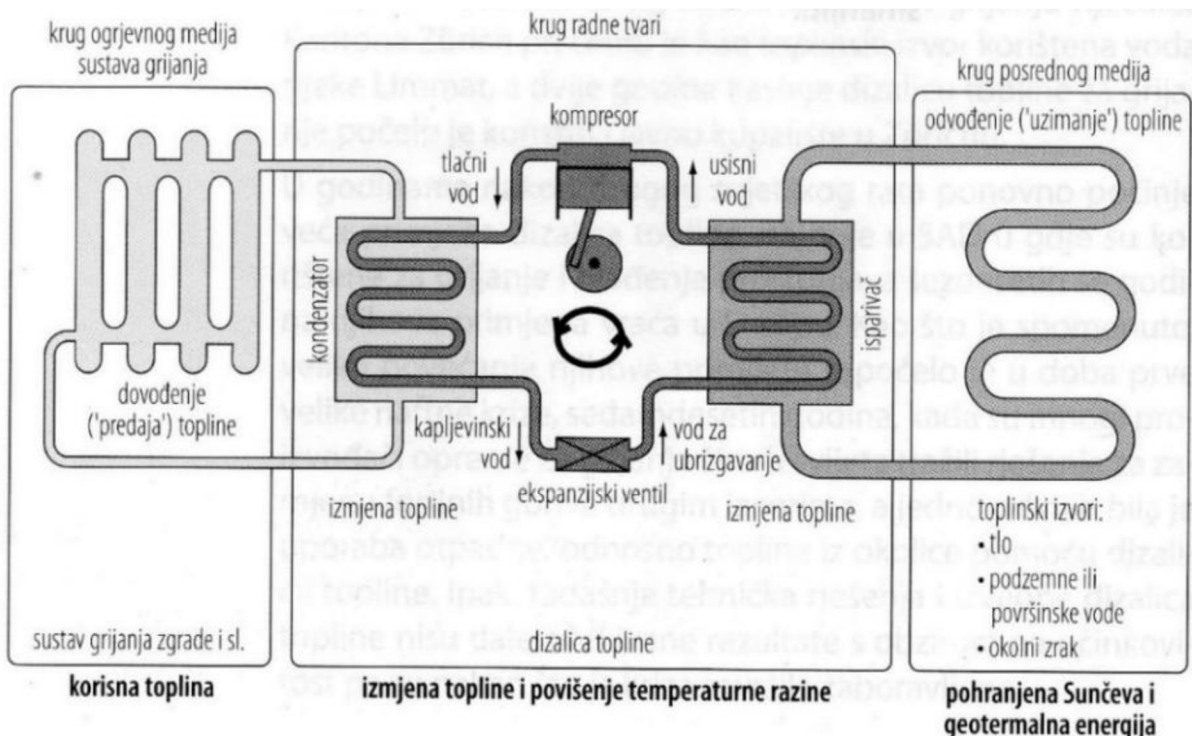
2.2. Osnovni dijelovi

Osnovni dijelovi dizalice topline nalaze se unutar jednog kućišta koje čini jedinstveni uređaj. Kako bi uređaj vršio potreban rad koji će zadovoljavati potrebno mu je osigurati posredni medij, razvod za taj medij, neprekinuti izvor električne energije i također mu je potreban sustav automatske regulacije.

Na slici 5 je prikazan pojednostavljen izgled dizalice topline s njezinim osnovnim dijelovima koji su:

1. Kompresor
2. Isparivač
3. Ekspanzijski ventil
4. Kondenzator
5. Radne tvari (plinovi, mediji)
6. Spojni vodovi
7. Regulacijski i pomoćni elementi

Ti svi osnovni dijelovi dizalice topline nalaze se u zajedničkom kućištu koje čine jedinstvenu cjelinu. U nastavku su opisane glavne karakteristike osnovnih dijelova.

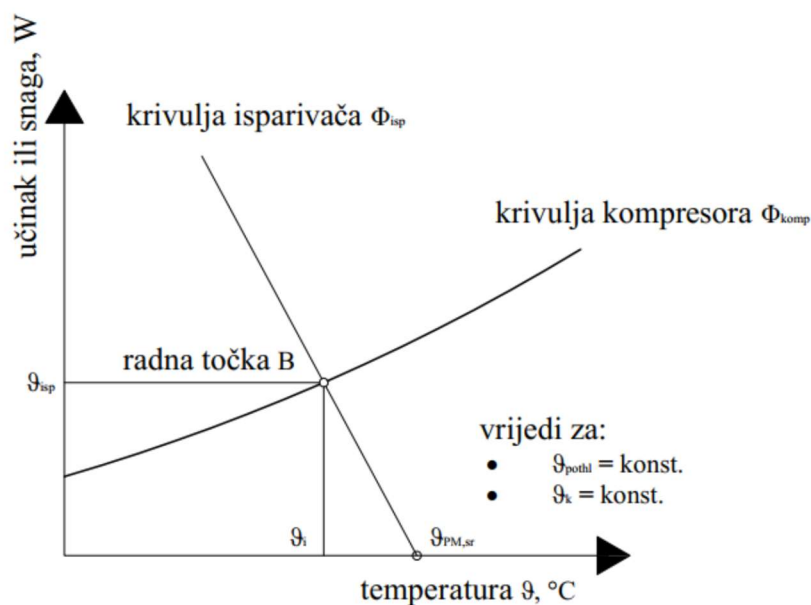


Slika 5. Pojednostavljeni izgled dizalice topline [2]

2.2.1. Kompresor

Kompresor je najvažniji dio dizalice topline u kojem se dovođenjem energije povećava tlak i temperatura plinovite radne tvari koja kruži kroz sustav, odnosno on povećava temperaturu i tlak radne tvari na vrijednost koja omogućuje kondenzaciju na temperaturu koja je veća od temperature ogrjevnog medija i omogućava strujanje kroz rashladni sustava

Kompresor vrši komprimiranje radne tvari iz isparivača, a sam odnos rashladnog učinka kompresora i isparivača može se prikazati $Q-\vartheta$ dijagramom koji je prikazan na slici 6. Da bi se omogućilo potpuno komprimiranje radnje tvari, rashladni učinak kompresora i isparivača morao bi biti jednak. Točka B u kojoj se sijeku krivulje isparivača i kompresora se naziva ravnotežna ili radna točka.



Slika 6. Prikaz krivulja isparivača i kompresora te radne točke $Q-\vartheta$ dijagramom [2]

Postoji nekoliko izvedba kompresora: klipni, vijčani, spiralni i turbokompresori.

Rashladni učin kompresora jednak je rashladnom učinku isparivača, a izračunava se pomoću izraza (2):

$$\Phi_{kom} = \Phi_{isp} = \rho_1 \cdot A_c \cdot s \cdot f \cdot i \cdot \lambda \cdot q_1, [W] \quad (2)$$

Gdje je:

ρ_1 – gustoća radne tvari na ulazu u kompresor [kg/m^3]

A_c – promjer cilindra klipnog kompresora [m^2]

s – stapaj kompresora

f – frekvencija vrtnje vratila kompresora [Hz]

i – broj cilindra

λ - volumetrički stupanj djelovanja

q_1 - specifični volumetrijski rashladni učin [J/m^3]

2.2.2. Isparivač

U isparivaču se vrši potpuno isparavanje radne tvari tako da se dovodi toplina iz neposredne okoline. Isparivač ima funkciju izmjenjivača topline koji obavlja izmjenu radne tvari i posrednog medija koji može biti zrak, voda ili glikolna smjesa. Sam rashladni učinak isparivača ovisi o koeficijentu prolaska topline izmjenjivača i razlici temperature posrednog medija i radne tvari koja isparava kao i o ukupnoj površini na kojoj se odvija izmjena topline. Preporučljivo je da ta razlika temperature bude što manja, a tlak isparavanja što veći. Kod izvedba isparivača je bitno da su dimenzije samog uređaja što manje kako bi bio i što manji opor strujanja posrednog medija i radne tvari i samim time bi se dobio što veći toplinski tok pri izmjeni topline.

Postoji nekoliko vrsta izvedba isparivača, a to su: pločasti, s cijevnim snopom, dvostruki s koaksijalnom cijevi, lamelni, s cijevnom zmijom...

Izmjena topline u isparivaču izračunava se pomoću izraza (3):

$$\Phi_{isp} = k_{isp} \cdot A_{isp} \cdot (\vartheta_{PM, sr} - \vartheta_i), [W] \quad (3)$$

Gdje su:

k_{isp} – koeficijent prolaza topline isparivača [W/m^2K]

A_{isp} – površina za izmjenu topline isparivača [m^2]

$\vartheta_{PM, sr}$ – srednja temperatura posrednog medija pri prolasku kroz isparivač [$^{\circ}C$]

ϑ_i – temperatura isparavanja radne tvari [$^{\circ}C$]

2.2.3. Ekspanzijski ventil

Osnovni zadatak ekspanzijskog ventila je snižavanje temperature i tlaka radne tvari u kapljevitom stanju, odnosno sniziti temperaturu i tlak na vrijednost do koje dolazi do isparavanja radne tvari i to tako da je ona niža od temperature posrednog medija. Ulaskom radne tvari u potpunom kapljevitom stanju počinje proces u ekspanzijskom ventili gdje tvar počinje ekspandirati, a temperatura i tlak se snižavaju do temperature i tlaka isparavanja te tvar ulazi u isparivač. Izvedba ekspanzijskog ventila može biti u tri varijante:

- jednostavna kapilarna cijev
- ekspanzijski ventil s elektroničkim upravljanjem
- termostatski ekspanzijski ventil

2.2.4. Kondenzator

Osnovni zadatak kondenzatora je predaja topline mediju i u njemu se vrši kondenzacija radne tvari tako da se predaje toplina neposrednoj okolini. On mora osigurati što manji pad tlaka na strani radne tvari i medija pri čemu se povećava gustoća toplinskog toka pri izmjeni topline.

Izvedba kondenzatora može biti prema ovisnosti o mediju:

- Kondenzator hlađen vodom – koristi se za toplovodno grijanje i pripremu potrošne tople vode
- Kondenzator hlađen zrakom – koristiti se za toplozračno grijanje, klimatizaciju i ventilaciju

Izvedba prema konstrukciji:

- Pločasti od nehrđajućeg čelika
- S dvostrukom koaksijalnom cijevi od bakra ili legura nikla i bakra

Izmjena topline kondenzatora izračunava se pomoću izraza (4):

$$\Phi_{kond} = q_{m,RT} \cdot q_k = q_{m,RT} \cdot (h_2 - h_3) = k_{kond} \cdot A_{kond} \cdot (\vartheta_k - \vartheta_{OM,sr}), [W] \quad (4)$$

Gdje je:

$q_{m,RT}$ – maseni protok ogrjevnog medija kroz kondenzator [kg/s]

q_k – specifični toplinski učin kondenzatora [J/kg]

h_2 – specifična entalpija radne tvari na ulazu u kondenzator (izlaz iz kompresora) [J/kg]

h_3 – specifična entalpija radne tvari na izlazu iz kondenzatora (ulaz u ekspanzijski ventil) [J/kg]

k_{kond} – koeficijent prolaza topline kondenzatora [W/m²K]

A_{kond} – površina za izmjenu topline kondenzatora [m²]

ϑ_k – temperatura kondenzacije radne tvari [°C]

$\vartheta_{OM,sr}$ – srednja temperatura ogrjevnog medija pri prolasku kroz kondenzator [°C], izračunava se preko izraza (5):

$$\vartheta_{OM,sr} = \frac{\vartheta_{OM,ul} + \vartheta_{OM,iz}}{2} \quad (5)$$

$\vartheta_{OM,ul}$ – temperatura ogrjevnog medija na ulazu u kondenzator [°C]

$\vartheta_{OM,izl}$ – temperatura ogrjevnog medija na izlazu iz kondenzatora [°C]

2.2.5. Radna tvar i ostala oprema

Radna tvar kod dizalica topline je prijenosnik energije između niskotemperaturnog i visokotemperaturnog toplinskog spremnika, a najčešće su to halogenirani ugljikovodici odnosno drugim riječima „freoni“. U nekim slučajevima mogu se koristiti i prirodne radne tvari izobutan, amonijak ili CO₂. U tablici 1 su prikazani primjeri primjene radne tvari

Tablica 1. Radne tvari [4]

RT	Sastav	Zamjena za	GWP ₁₀₀	Primjena	Napomena
R134a		R12, R22	1300	Kućanski aparati i mali komercijalni rashladni uređaji	Prikladna za retrofitting
R152a		R12	140	Automobilski rashladni uređaji (u istraživanju)	Umjereno zapaljiva
R404a	143a/125/134a 52/44/4 %	R502, R22	3260	Nepokretne i pokretne hladnjače za smrznutu robu	Pseudo azeotropna RT
R407C	32/125/134a 23/25/52 %	R22	1526	Klimatizacija	Klizanje temperature
R417a	600/134a/125 3,5/50/46,5 %	R22	2138	Rashladnici vode, rashladne vitrine	Klizanje temperature
R410A	32/125 50/50 %	-	1725	Split sustavi za hlađenje	Visok tlak
R23		R13	11700	Kaskadni rashladni uređaji	Visok GWP
R600a (izo-butan)		R12, R134a	20	Kućanski aparati	Zapaljiva, eksplozivna
R744 (CO ₂)			1	Kaskadni rashladni uređaji	Previsok tlak, T _{kr} - niska
R717 (NH ₃)		R22	0	Industrijsko hlađenje	Otrovna

Kod izbora radne tvari treba težiti tome da se pri jednakim temperaturama isparavanja i kondenzacije uloži što manje rada jer se ta radna tvar komprimira na nižu temperaturu. Također je preporučljivo izabrati radne tvari sa što manjim omjerom tlakova kod jednakih omjera temperatura isparavanja i kondenzacije jer se time postiže što veći ogrjevni i rashladni učinak same radne tvari. U nastavku su navedena još neka osnovna svojstva na koje treba obratiti pozornost kod izbora:

- Fizikalna i kemijska stabilnost
- Nekorozivnost
- Nezapaljivost i neeksplozivno
- Neotrovnost
- Mala viskoznost
- Niska točka smrzavanja
- Velika latentna temperatura isparavanja i kondenzacije
- Neškodljivost okolini i bez utjecaja na razgradnju ozonskom omotača

2.2.6. Ostala oprema

Oprema koja se dodatno koristi kod dizalica topline su i razni regulacijski uređaji koji osiguravaju siguran i pouzdan rad, te spojni vodovi koji povezuju osnovne elemente i služe za razvod radne tvari. Spojni dijelovi se mogu podijeliti ovisno o ulozi, a to su:

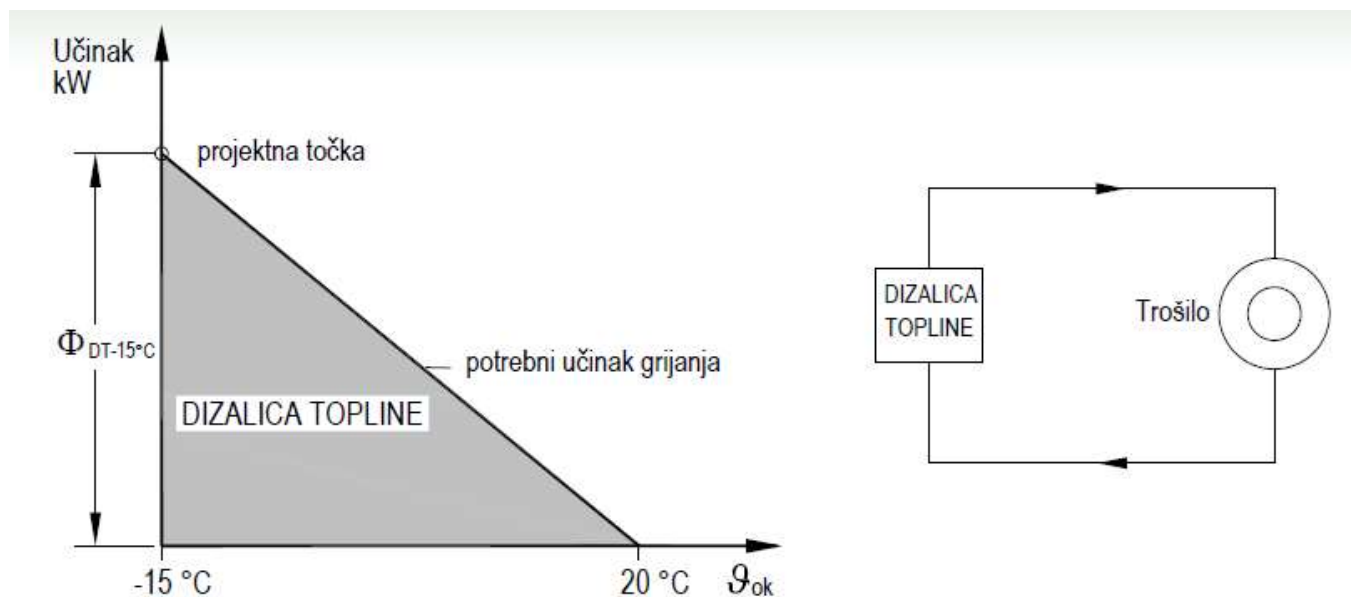
- Usisni vod : isparivač – kompresor
- Tlačni vod: kompresor – kondenzator
- Kapljevinski vod: kondenzator – ekspanzijski ventil
- Vod za ubrizgavanje – ekspanzijski ventil - isparivač

2.3. Način rada dizalice topline

Sustavi grijanja s dizalicom topline mogu biti izvedeni tako da ona bude jedini izvor topline, ali mogu biti i izveden tako da koriste i druge izvore topline. Prema tome dizalica topline mogu se podijeliti prema načinu rada na koji zadovoljavaju toplinske potrebe za grijanje, a to su:

2.3.1. Monovalentni način rada

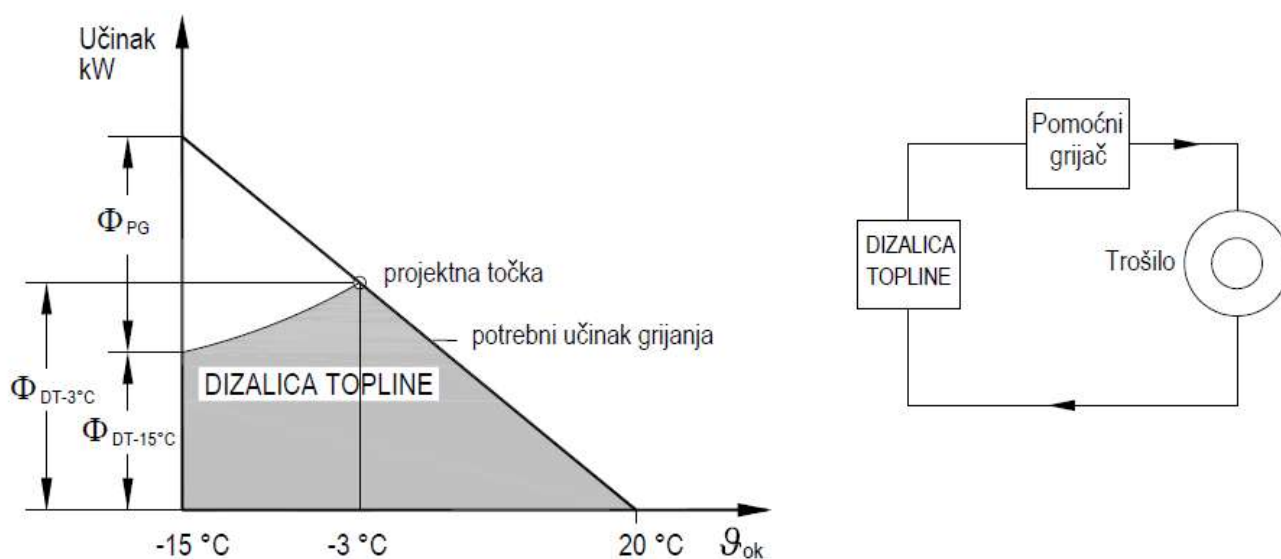
U tom slučaju načina rada tijekom cijele sezone grijanje toplinske potrebe su pokriveno isključivo dizalicom topline koja je jedini izvor topline za grijanje i PTV. Takve dizalice se najčešće koriste, a kao toplinski izvor koriste izvore koji su dostupni cijele godine kao što su podzemne vode i površinski i dubinski slojevi tla. Učinak se projektira prema vanjskoj projektnoj temperaturi i fizici objekta. Na slici 7 je prikazan monovalentni način rada dizalice topline.



Slika 7. Monovalentni način rada dizalice topline [1]

2.3.2. Bivalentno paralelni način rada

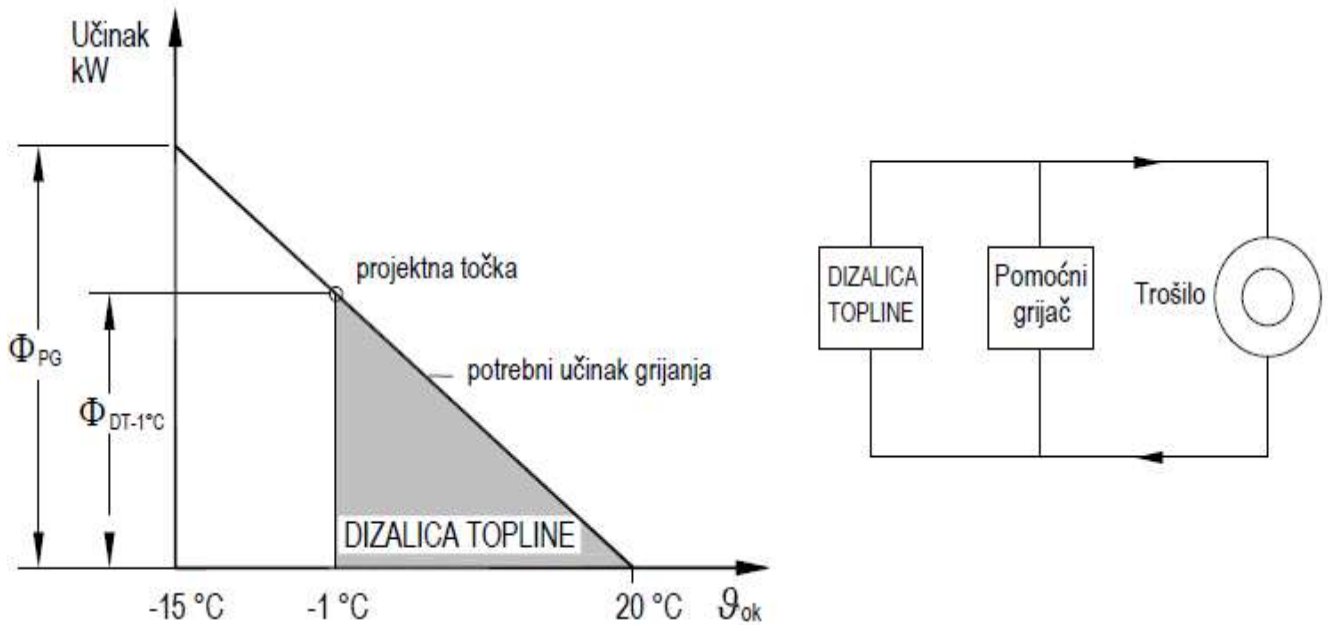
Kod takvog načina rada dizalice topline tijekom cijele sezone grijanja pokrivaju samo jedan dio potreba samo do određene vrijednosti vanjske temperature. Kako pada što više vanjska temperatura zraka (ispod -3°C) potrebno je upotrebljavati još barem jedan dodatni izvor kao što je plin, kruto gorivo ili električna energija. Taj dodatni izvor se uključuju pomoću regulacije koja je vođena prema vanjskoj temperaturi i prema potrebnom učinku grijanja. Najveća prednost takvog načina rada je mogućnost zadržavanja postojećeg izvora energije kod rekonstrukcija i dogradnji, te je veća sigurnost opskrbe objekta toplinom jer postoje dva izvora topline i dva energenta. Takav način sustava grijanja koristi se kod dizalica topline zrak-voda. Na slici 8 je prikazan bivalentno paralelni način rada dizalice topline.



Slika 8. Bivalentno paralelni način rada dizalice topline [1]

2.3.3. Bivalentno alternativni način rada

Kod toga načina rada dizalica topline radi do određenog trenutka u sezoni grijanja, tj. do vrijednosti bivalentne točke i tada dodatni izvor preuzima pokrivanje cjelokupnih potreba za grijanje a dizalica topline se isključuje. Bivalentna točka odgovara vrijednosti neke niske vanjske temperature zraka. Takav način rada sustava primjenjiv je i za zgrade sa radijatorskim grijanjem koje koriste visoko temperaturne režime ($90/70^{\circ}\text{C}$ ili $80/60^{\circ}\text{C}$). Dizalica topline je prema tome jedini izvor topline do određene vrijednosti vanjske temperature ovisno o temperaturi polaznog voda maksimalno 55°C . Daljnjim padom vanjske temperature zraka isključuje se dizalica topline i uključuje se drugi izvor topline koji je jedini u radu. Na slici 9 je prikazan bivalentno alternativni način rada dizalice topline gdje je vidljivo da je bivalentna točka kod izbora sustava grijanja u tom slučaju -1°C .



Slika 9. Bivalentno alternativni način rada dizalice topline [1]

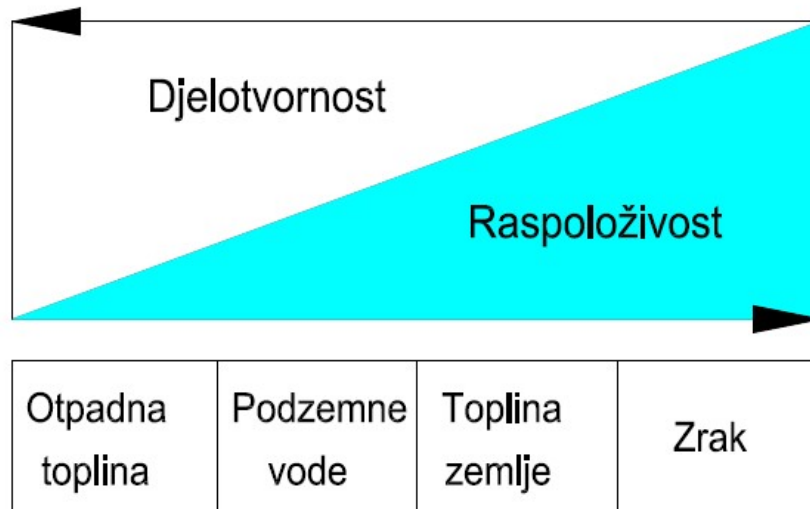
2.3.4. Djelomično bivalentno usporedni način rada

Kod tog načina rada dizalice topline u određenom trenutku u sezoni grijanja (točka uključivanja) uključuje se dodatan izvor topline koji s dizalicom pokriva cjelokupne potrebe zgrade toplinom, a zatim se u točki isključivanja dizalica topline isključuje i time samo dodatni izvor topline pokriva cjelokupne potrebe za toplinom. Te dvije točke; točka isključivanja i točka uključivanja određuju se temperaturom ogrjevnoga medija, temperaturom okoline i vremenom jeftinije tarifne električne struje. Za što uspješniju primjena djelomično bivalentno usporednoga načina rada treba ispunjavati slijedeće osnovne uvjet:

- Toplinski izvor treba biti raspoloživ kroz cijelu sezonu grijanja
- Treba biti što manja udaljenost između toplinskog izvora i mjesta gdje se predaje toplina,
- Poželjno je koristiti niskotemperaturni sustav grijanja, odnosno mjesto predaje topline treba imati umjerenu temperaturu
- Kako bi se postigla veća isplativost potrebno je upotrebljavati taj način čim većim brojem sati tijekom godine

2.4. Podjela dizalica topline prema toplinskom izvoru

Koeficijent učinkovitosti dizalice topline najviše ovisi o karakteristikama toplinskog izvora. Toplinski izvori mogu biti zrak, voda i tlo, a kao najbolji toplinski izvor se definira onaj koji može osigurati dovoljnu količinu topline na što stabilnijoj i većoj temperaturu u sezoni grijanja ili hlađenja, s time da je i što jeftiniji i manji utrošak energije za transport topline prema izvoru. Na slici 10. prikazana je usporedba djelotvornosti i raspoloživosti izvora topline .



Slika 10. Kvalitativan prikaz djelotvornosti i raspoloživosti izvora topline [1]

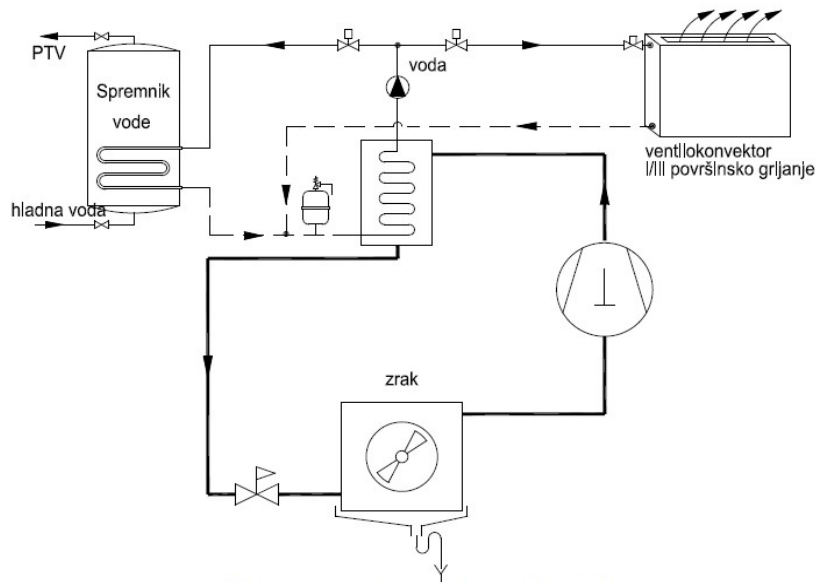
Podjela dizalica s obzirom na toplinski izvor tako se dijele u tri osnovne skupine, a to su:

- Dizalica topline zrak – voda (zrak kao toplinski izvor)
- Dizalica topline voda – voda (voda kao toplinski izvor)
- Dizalica topline tlo – voda (tlo kao toplinski izvor)

2.4.1. Dizalica topline zrak – voda

Najpristupačniji toplinski izvor je zrak jer se nalazi svuda oko nas, te je on ujedno široko dostupan, besplatan i najjednostavniji za korištenje. Kada se govori o zraku kao izvoru podrazumijeva se na energiju okolnog zraka, na otpadni i istrošeni zrak ili zrak iz raznih drugih procesa. Dizalice topline s zrakom kao izvor topline stoga pronalaze najrašireniju primjenu u svijetu, a mogu raditi na principu: zrak-voda i zrak-zrak koji se obično primjenjuje u klima uređajima.

Dizalice topline s zrakom kao toplinski izvor rade tako da uzimaju toplinu od vanjskog zraka tijekom grijanja ili odbacuju toplinu tijekom korištenja za potrebu hlađenja. Prikaz sheme sustava prikazan je na slici 11.

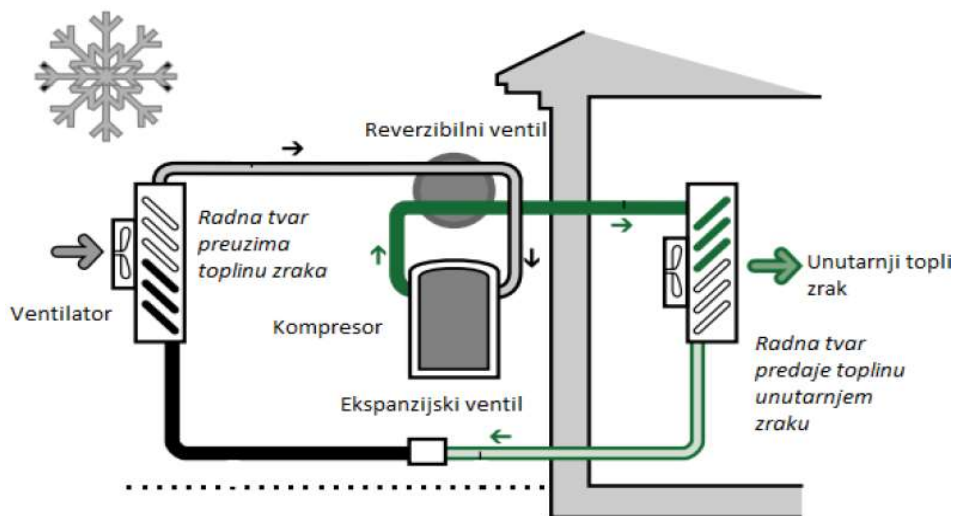


Slika 11. Dizalica topline zrak-voda [1]

Dizalice topline zrak–voda radi u tri ciklusa:

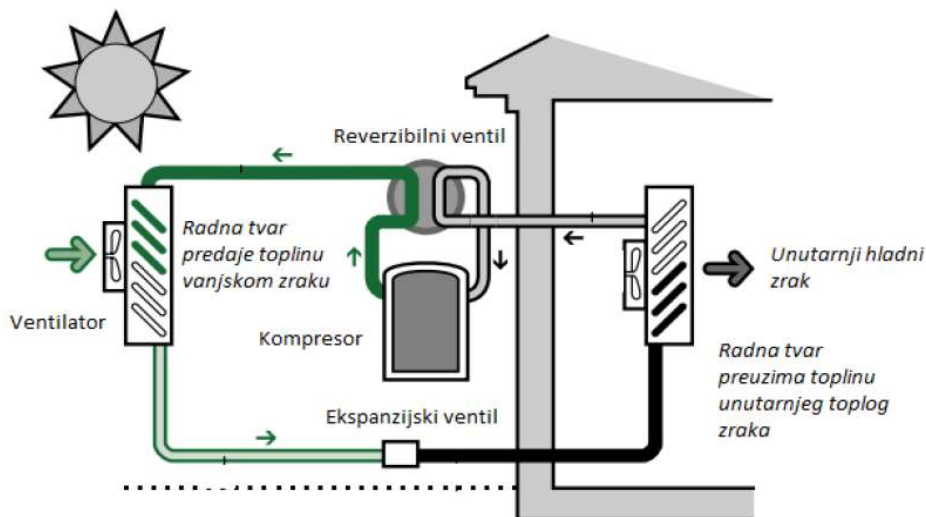
- ciklus grijanja,
- ciklus hlađenja
- ciklus odleđivanja.

U ciklusu grijanja za rad dizalice topline se odzima vanjskom zraka. Princip rada je da rashlađena tekućina prolazi ekspanzijskim ventilom koji smanjuje tlak i dolazi do isparivača. Zatim rashlađena temperatura apsorbira temperaturu vanjskog zraka i postaje niskotemperaturna para koja zatim prolazi reverzibilnim ventilom kako bi sakupila zaostalu tekućini i osigurala sigurnost kompresora. Kada dođe do kompresora, para se komprimira gdje postaje para visokog tlaka i visoke temperature i dolazi do kondenzatora gdje prelazu u tekućinu. Na slici 12 vidljive su osnovne komponente dizalice topline kod zraka kao toplinski izvor u ciklusu grijanja.



Slika 12. Komponente dizalice topline u ciklusu grijanja [8]

U ciklusu hlađenja princip rada dizalice topline je da se topli unutarnji zrak izbacuje u okoliš iz prostorije. On je isti kao i kod ciklus grijanja s razlikom to što u ciklusu hlađenja isparivač postaje kondenzator i obrnuto. Unutarnja toplina se prenosi putem radne tvari na vanjski zrak a rashladno sredstvo u kondenzatoru pretvara se u tekućinu. Na slici 12. prikazane su osnovne komponente dizalice topline kod zraka kao toplinski izvor u ciklusu hlađenja.



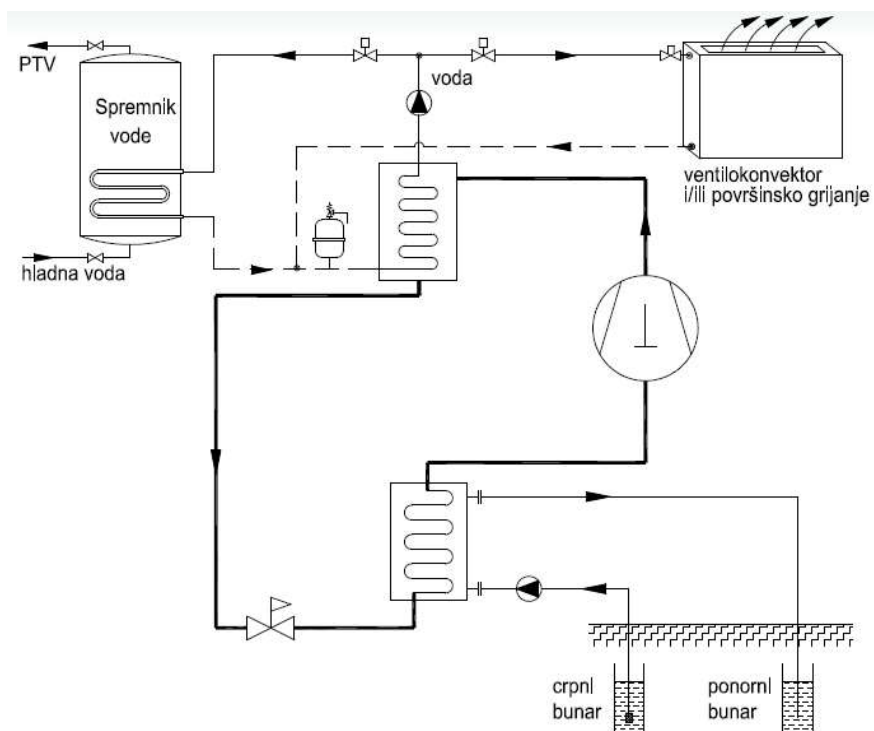
Slika 13. Komponente dizalice topline u ciklusu hlađenja [8]

Kada dizalica topline duže vrijeme radi u ciklusu grijanja, a vanjska temperatura je približna temperaturi smrzavanja dolazi do nakupljanja mraza koji smanjuje učinkovitost isparivač. Kada dođe do nakupljanja mraza potrebno je prebaciti dizalicu topline u ciklus odleđivanja kako bi se taj mraz odmrznuo. Ciklus odleđivanja tako da reverzibilni ventil prebacuje dizalicu topline iz ciklusa grijanja u ciklus hlađenja i isključuje se vanjski ventilator kako bi se što manje smanjila potrebna količina potrebna za otapanje leda.

2.4.2. Dizalica topline voda – voda

Primjena dizalica s vodom kao toplinskim izvorom podrazumijeva toplinsku energiju površinskih voda koji se nalaze uz potoke, rijeke, kanale, jezera, mora ili kao iskorištavanje topline podzemnih voda kao izvor topline. Preporučljivo je da ta temperatura vode ne bude ispod 4°C jer se time smanjuje sama učinkovitost dizalica. Kod primjene površinskih voda kao što su jezera i rijeke većinom temperatura ne pada ispod +4°C ali je nedostatak takvog izvora je skupa investicija jer je pogon pumpi za crpljenje i povratak preskup. Kod primjene podzemnih voda temperature se kreću u razmaku od 8°C do 12°C pa su one i najoptimalnije za primjenu jer se temperatura podzemnih voda ne mijenja. Kod korištenja takvih izvora potrebno je izbušiti dvije bušotine; ponorni i crpni bunar čija udaljenost ne smije biti manja od 15 metara.

Najvažnija komponenta kod ovakve izvedbe je crpni bunar jer o njemu ovisi cijela efikasnost te izvedbe dok je za ponorni važno da se ugradi nizvodno. Promjer tih bunara mora biti veći od 220 mm. Ponorni bunar mora biti u smjeru toka vode (nizvodno) od crpnog bunara kako ne bi došlo do miješanja ponorne i crpne vode. Princip rada dizalica toplina s podzemnim vodama kao izvorom topline prikazan je na slici 14, a on je takav da je podzemna voda dovodi preko crpnog bunara i vreća se preko ponornog bunara.

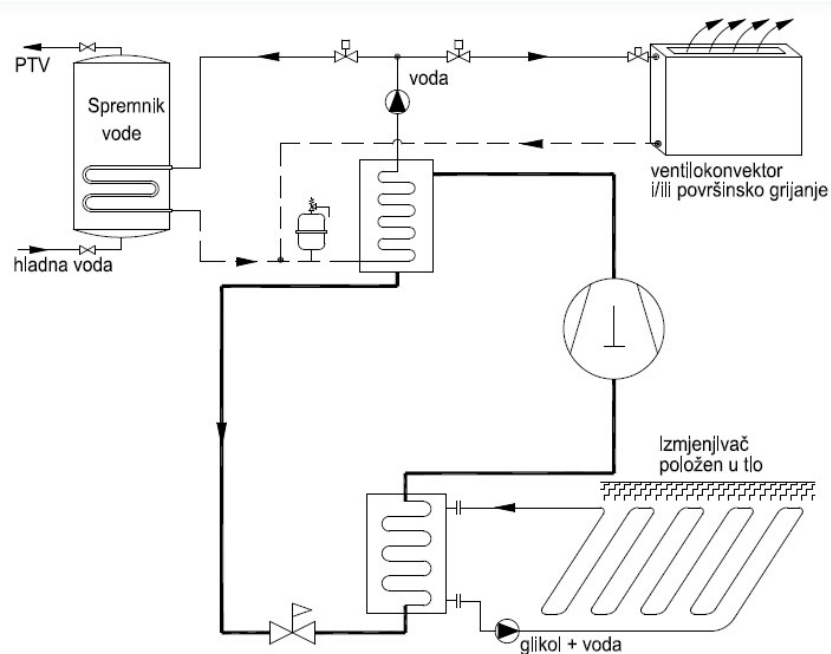


Slika 14. Dizalica topline voda-voda s podzemnim vodama kao izvor topline [1]

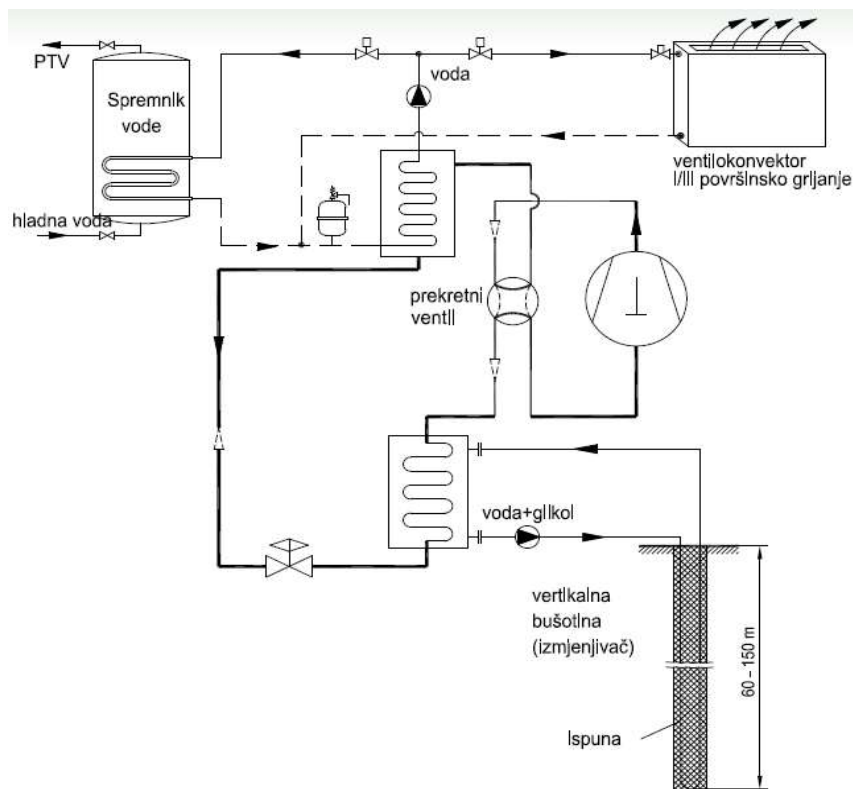
2.4.3. Dizalica topline tlo - voda

Dizalice topline koje koriste tlo kao toplinski izvor energije podrazumijevaju primjenu površinskih i podzemnih slojeva Zemlje. Kod primjene takve dizalice izmjena topline između tla i posrednog medija vrši se pomoću izmjenjivača topline koji su ukopani u tlo.

Postoje dvije osnovne izvedbe tih izmjenjivača, izvedba kao zemljani kolektor ili postavljeni kao toplinska sonda. Princip rada oba dvije izvedbe je da se zimi potreba za grijanjem postiže pomoću medija koji struji u sekundarnom krugu tako da se uzima toplina od tla i predaje se dizalici topline, a ljeti se ta toplina odvodi van i predaje se tlu ili zemlji. Na slici 15 prikazan je prikaz dizalice topline tlo voda s toplinskim kolektorom koji su postavljeni u tlu kao neprekinuta petlja podzemnih cjevovoda, a na slici 16 je prikazana izvedba s toplinskom sondom.



Slika 15. Dizalica topline tlo-voda s toplinskim kolektorom [1]



Slika 16. Dizalica topline tlo-voda s toplinskom sondom [1]

Prednost korištenja tla kao izvor topline je ta što tlo već na dubini od 2 metra ima konstantnu temperaturu od 7-13°C što omogućava rad dizalice pri optimalnoj projektnoj točki bez prevelikih oscilacija za razliku od zraka gdje te temperature variraju. Nedostatak ovakve izvedbe je to što položene cijevi zauzimaju veliki dio prostora (duplo od grijanog prostora) pa ni nije primjenjivo na gusto naseljenim područjima.

2.5. Faktor grijanja i hlađenja

Učinkovitost dizalica topline za grijanje prikazuje se preko faktora grijanja i toplinskog množitelja koji se označava oznakom COP (eng. Coefficient of Performance). Taj faktor grijanja je ključni pokazatelj učinkovitosti rada dizalice topline jer predstavlja omjer toplinske energije koju dizalica topline dovede nekom prostoru i upotrijebljene pogonske energije za ostvarenje procesa (mehanička, električna). Odnosno može se reći da je to dobivene toplinske energije i količine energije koju dizalica topline koristi za svoj rad. Što je nazivni koeficijent učinkovitosti veći, dizalica topline je učinkovitija.

Faktor grijanja prikazuje se izrazom (6):

$$COP = \varepsilon_{DT} = \frac{Q_{dov}}{E_{pog}} \quad (6)$$

ε_{DT} - faktor grijanja dizalice topline, >1 (uvijek)

Q_{dov} – toplina koja je dovedena nekom prostoru ili mediju [J]

E_{pog} – pogonska energija za ostvarivanje procesa u dizalici topline [J]

Vrijednosti COP-a većinom se kreću u rasponu od 2,5 do 5 što znači da ako se dizalici topline dovede električna energija od 1 kW, učinak te dizalice topline može biti u tom istom rasponu (od 2,5 do 5) odnosno može biti i od 2,5 kW do 5 kW veći.

Ali kako faktor grijanja ne uzima u obzir sve elemente sustava grijanja kao što su pumpe, grijači, kompresori, cirkulacijske pumpe mora se posegnuti i za korištenjem sezonskog faktora grijanja.

Pokazatelj učinkovitosti rada dizalice topline tijekom duljeg razdoblja korištenja, odnosno tijekom jedne sezone grijanja, označava se oznakom SCOP (eng. Seasonal Coefficient Of Performance) i naziva se sezonski faktor grijanja. On je jednak omjeru ukupnog rada uređaja u sezoni grijanja, odnosno omjeru referentne godišnje potrebne energije za grijanje i godišnje potrošnje električne energije.

Sezonski faktor grijanja prikazuje se izrazom (7):

$$SCOP = \varepsilon_{DT,sez} = \frac{\sum Q_{dov}}{\sum E_{pog}} \quad (7)$$

$\varepsilon_{DT,sez}$ - sezonski faktor grijanja dizalice topline

$\sum Q_{dov}$ – ukupna dovedena toplina nekom prostoru u jednoj sezoni [J]

$\sum E_{pog}$ – ukupna pogonska energija za ostvarivanje procesa u dizalici topline u jednoj sezoni [J]

Kod rada dizalice topline u režimu hlađenja osnovni pokazatelj učinkovitosti njezinog rada je faktor hlađenja. On se označava oznakom EER (eng. Energy Efficiency Ratio). Faktor hlađenja je omjer odvedene toplinske energije iz prostora i utrošene energije za ostvarenje procesa. Odnosno može se reći da je to omjer rashladnog učinka koje se preko isparivača uzima iz prostora i električne snage motora koji pokreće sam kompresor.

Što je faktor hlađenja veći to je sustav učinkovitiji prilikom samog hlađenja. Faktor hlađenja prikazuje se izrazom (8):

$$EER = \varepsilon_{RU} = \frac{Q_{odv}}{E_{pog}} \quad (8)$$

ε_{DT} - faktor hlađenja dizalice topline

Q_{odv} – toplina koja je odvedena od nekog prostora ili medija [J]

E_{pog} – pogonska energija za ostvarivanje procesa u dizalici topline [J]

Pokazatelj učinkovitosti rada dizalice topline tijekom duljeg razdoblja korištenja, odnosno tijekom jedne sezone hlađenja, označava se oznakom SEER (eng. Seasonal Energy Efficiency Ratio) i naziva se sezonski faktor hlađenja. Sezonski faktor hlađenja prikazuje se izrazom (9):

$$SEER = \varepsilon_{RU,sez} = \frac{\sum Q_{odv}}{\sum E_{pog}} \quad (9)$$

$\varepsilon_{DT,sez}$ - sezonski faktor hlađenja dizalice topline

$\sum Q_{odv}$ – ukupna odvedena toplina nekom prostoru u jednoj sezoni [J]

$\sum E_{pog}$ – ukupna pogonska energija za ostvarivanje procesa u dizalici topline u jednoj sezoni [J]

3. Tehnički opis sustava

Za ispravno dimenzioniranje sustava grijanja potrebno je izvršiti proračun toplinskog opterećenja, odnosno izračun toplinskih gubitaka i potrošnje toplinske energije. Proračun toplinskog opterećenja provodi se prema normi HRN 12831, a ulazni podatci koji su potrebni za proračun očitavaju se iz arhitektonski podloga za zgradu i sa popisa slojeva građevnih dijelova zgrade. Proračun se može vršiti ručno ili primjenom odgovarajućih računalnih programa. U ovom diplomskom radu proračun je izvršen primjenom odgovarajućeg programa Integra CAD.

Integra CAD je računalni softverski alat koji je namijenjen projektantima za rješavanje svih problema kod projektiranja cjevovoda grijanja, odabira radijatora i ventilokonvektora, odabira cjevovoda za radijatore i ventilokonvektore itd. U struci se najviše koristi kod proračuna toplinskog opterećenja pojedinih prostorija pri čemu projektant može odabrati odgovarajući izvor energije i odgovarajuće ogrjevno tijelo. Na kraju radu prikazana su rješenja iz programa u prilogu 1, dobivena pomoću programa Integra CAD.

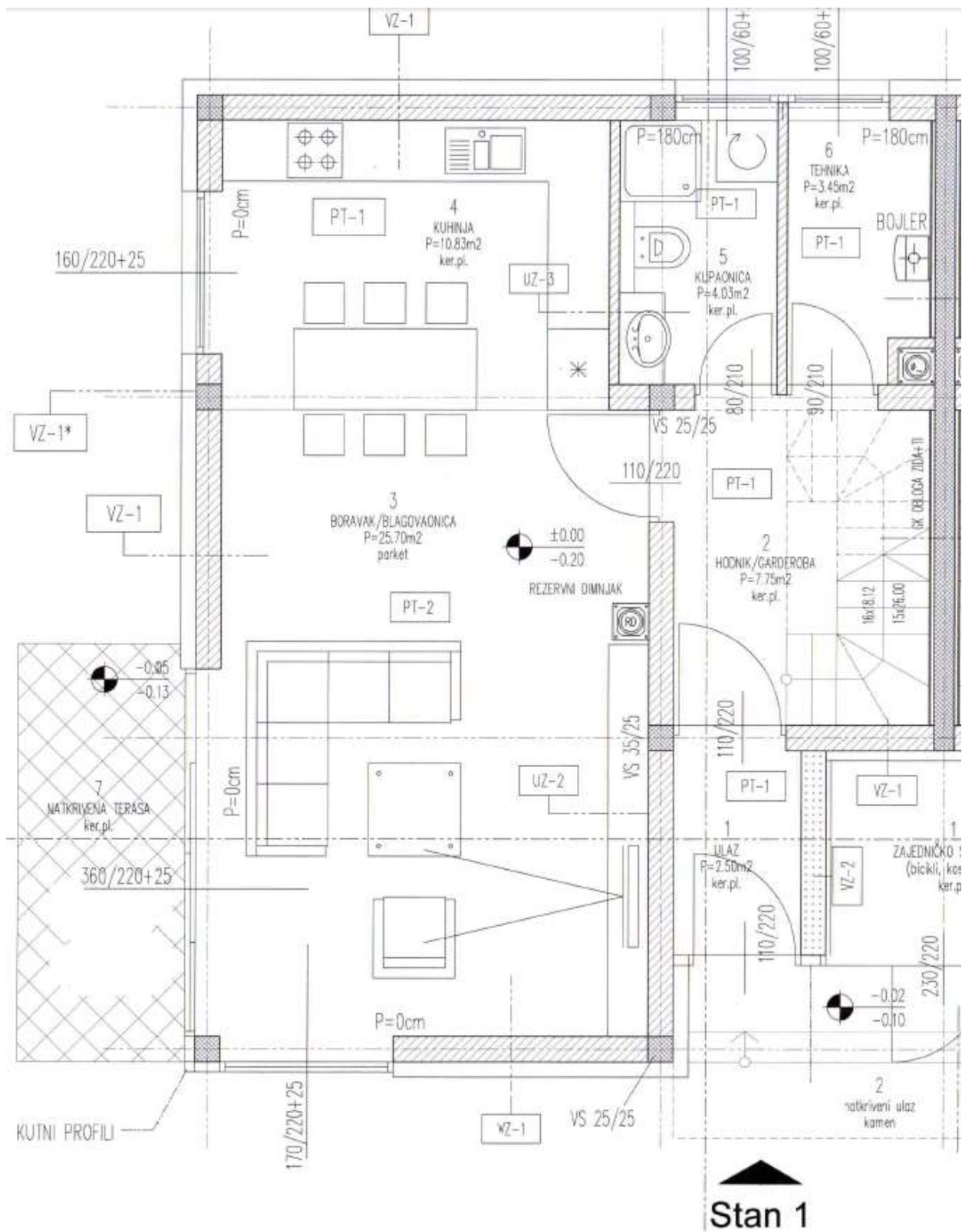
3.1. Opis zgrade

Predmet ovog diplomskog rada je stambena zgrada na području kontinentalne Hrvatske. Stambena zgrada se sastoji od dva skoro jednaka stana koji su podijeljeni na dvije etaže, prizemlje i kat. Stan 1 na prizemlju se sastoji od hodnika, dnevnog boravka s blagovaonicom, kuhinje, kupaonice i tehničke sobe, dok se na katu nalaze tri sobe, garderoba, hodnik i kupaonica. Stan 2 je identičan stanu 1 samo s razlikom u prizemlju gdje je umjesto tehničke sobe veća kupaonica. Ukupna korisna površina stana 1 je cca 110 m² kao i stana 2.

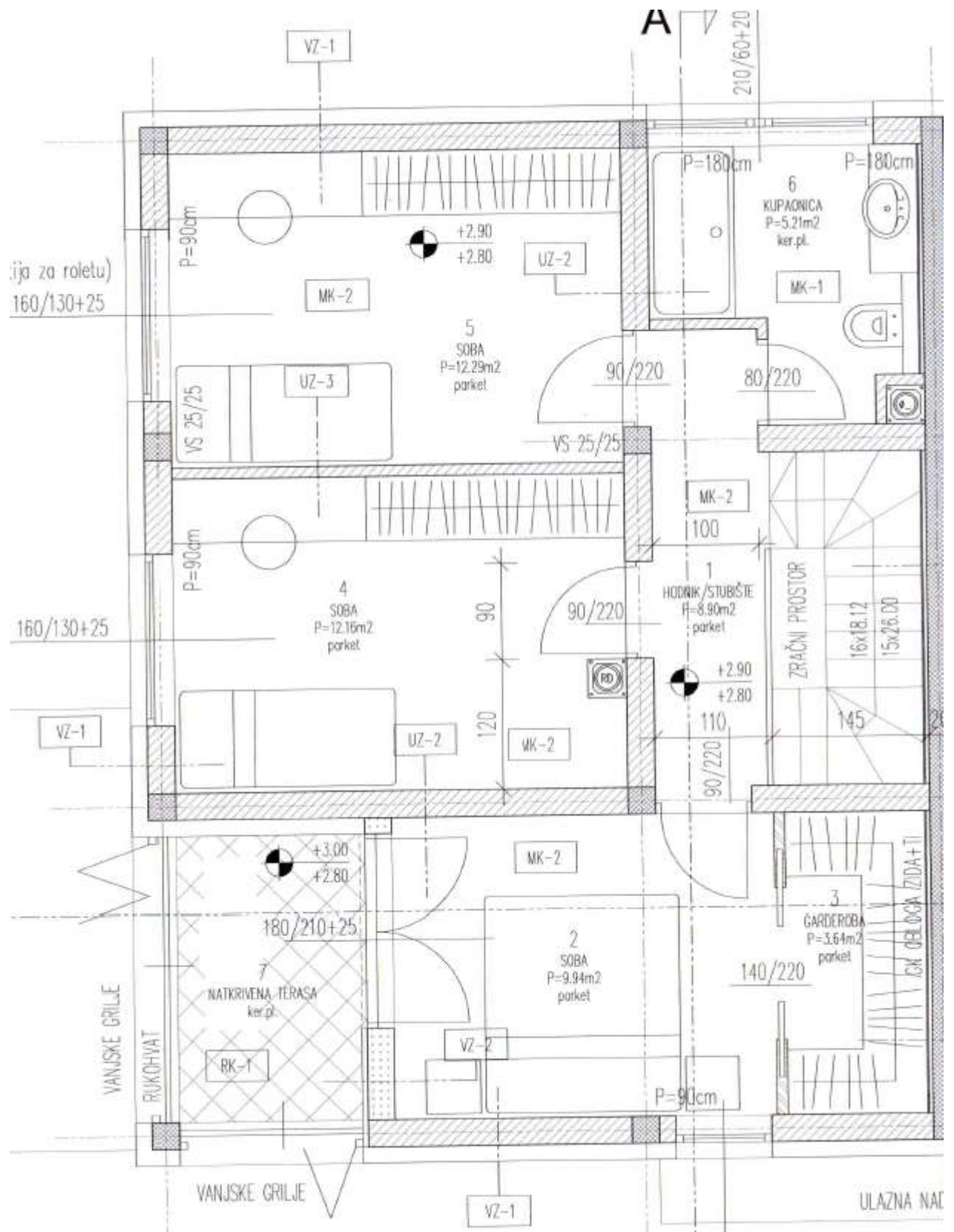
Sustav grijanja i hlađenja za stan 1 treba biti pomoću dizalice topline zrak – voda primjenom temperature tople vode maksimalno 60°C, a hladne vode najniže 7°C. Sustav grijanja za stan 2 treba biti pomoću protočnog cirkulacijskog aparata s pogonom na prirodni plin s temperaturom tople vode maksimalno 75°C, a za hlađenje će se koristiti rashladni uređaji zrak-zrak.

Vanjska projektna temperatura za kontinentalnu Hrvatsku usvaja se prema Tehničko propisu i za navedenu lokaciju zimi iznosi -15°C, a ljeti 35°C.

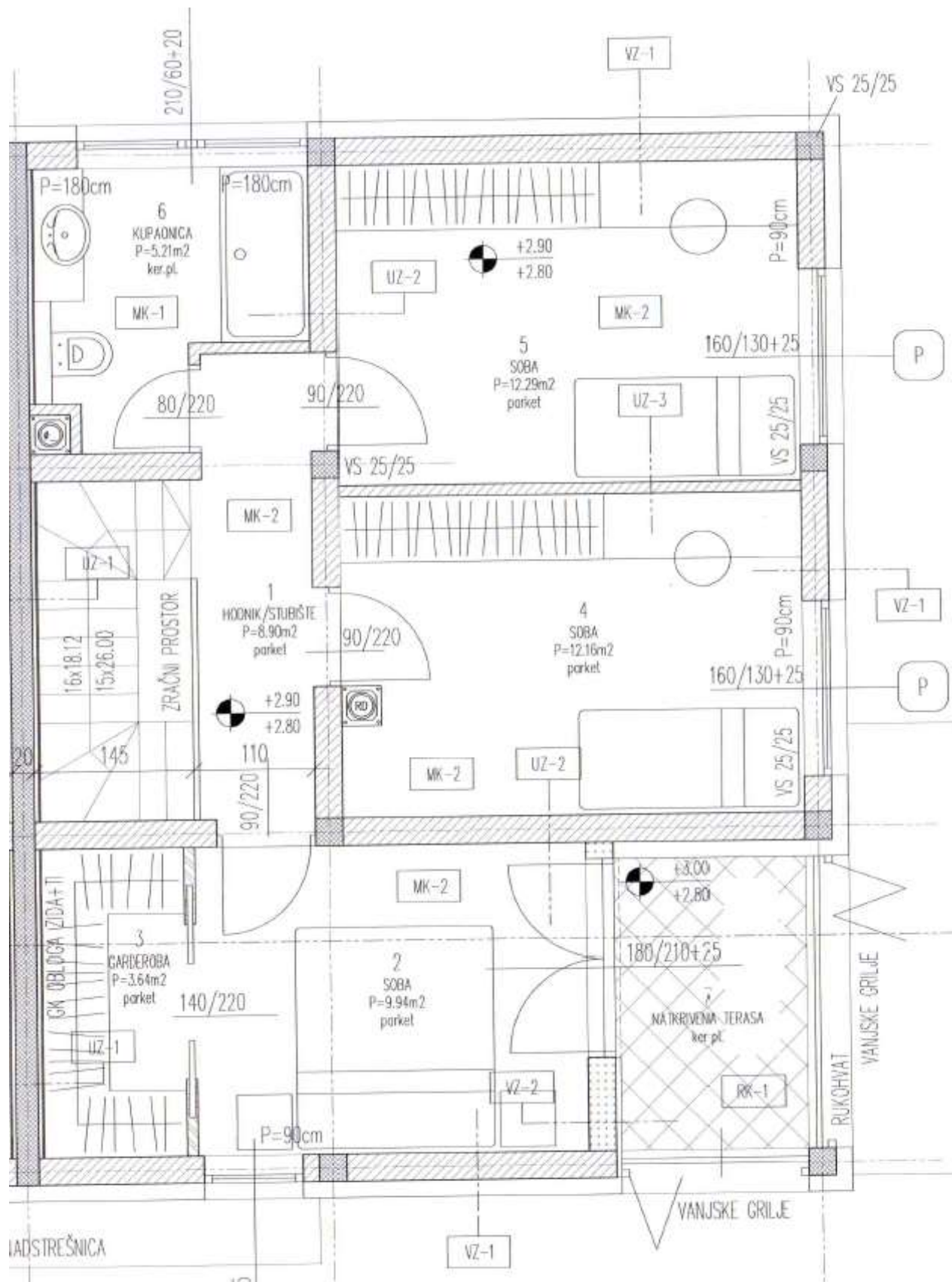
Na slikama 17,18,19,20 su prikazani karakteristični tlocrti prema zadanim arhitektonskim podlogama a na slici 21. su prikazana pročelja zgrade. Dok su na slici 22. prikazani slojevima konstrukcija koji su kasnije korišteni za izračun koeficijenta prelaza topline.



Slika 17. Tlocrt prizemlja – stan 1



Slika 18. Tlocrt kata – stan 1



Slika 20. Tlocrt kata – stan 2



Slika 21. Pročelja zgrade

vanjski zidovi		unutrašnji zidovi	
VZ-1 fasada stan-spremište	<ul style="list-style-type: none"> vapneno-cementna žbuka 2,00 cm BLOK OPEKA 25,00 cm ETICS toplinsko-izolacijski sustav sa EPS pločama $d(cca) = 20,00$ cm * mort za ljepljenje 0,50 * ploče EPS-F ($\lambda_{max} = 0,039$ W/m²K) + meh.pričvr. 18,00 * armaturni sloj (mort+stakl.mrežica+mort) 0,40 * završna dekorativna žbuka (akrilat/silikat./silikon.) 0,30 	UZ-1 između 2 stana	<ul style="list-style-type: none"> gipskartonske ploče 1,25 cm mineralna vuna za pregradne zidove (direktni ovjes + CD profil) 4,00 cm ARMIRANI BETON 20,00 cm (direktni ovjes + CD profil) mineralna vuna za pregradne zidove 4,00 cm gipskartonske ploče 1,25 cm
VZ-2 fasada u lodi stan-spremište	<ul style="list-style-type: none"> glet za porobeton 0,40 cm POROBETONSKI BLOK ($\lambda_{max} = 0,10$ W/m²K) 25,00 cm ETICS toplinsko-izolacijski sustav sa MW pločama $d(cca) = 7,00$ cm * mort za ljepljenje 0,50 * ploče kamene vune ($\lambda_{max} = 0,035$ W/m²K) + meh.pričvr. 5,00 * armaturni sloj (mort+stakl.mrežica+mort) 0,40 * završna dekorativna žbuka (akrilat/silikat./silikon.) 0,30 	UZ-2 unutar stana	<ul style="list-style-type: none"> vapneno-cementna žbuka 2,00 cm BLOK OPEKA 25,00 cm vapneno-cementna žbuka 2,00 cm
VZ-2* fasada ograda lode; atika krova	<ul style="list-style-type: none"> glet za porobeton 0,40 cm POROBETONSKI BLOK ($\lambda_{max} = 0,20$ W/m²K) 20,00 cm ETICS toplinsko-izolacijski sustav sa EPS pločama $d(cca) = 20,00$ cm * mort za ljepljenje 0,50 * ploče EPS-F ($\lambda_{max} = 0,039$ W/m²K) + meh.pričvr. 18,00 * armaturni sloj (mort+stakl.mrežica+mort) 0,40 * završna dekorativna žbuka (akrilat/silikat./silikon.) 0,30 	UZ-3 unutar stana	<ul style="list-style-type: none"> vapneno-cementna žbuka 2,00 cm šuplja opeka 9,00 cm vapneno-cementna žbuka 2,00 cm
VZ-s fasada uvučeni sokli	<ul style="list-style-type: none"> zbijeni drenažni šljunak ARMIRANI BETON 25,00 cm uvučeni toplinsko-izolacijski sokl $d(cca) = 16,00$ cm * varena polim-bitumenska traka na prednamazu 0,50 * XPS-R + meh.pričvr. 14,00 * armaturni sloj (mort+stakl.mrežica+mort) 0,50 * završna dekorativna vodootporna žbuka (akrilat ili mozaik) 0,40 	avni i kosi krovovi	K-1 ravni krovterasa (u lodi)
podovi na tlu	PT-1 stan	<ul style="list-style-type: none"> keramičke pločice u ljeplju 2,50 cm armirani mikrobeton 8,00 cm PE folija d= 0,1 mm - EPS-100 10,00 cm EPS-T 22/20 2,00 cm 1 varena polim-bitumenska traka kat.5 na prednamazu 0,50 cm armirano betonska podloga 10,00 cm zbijeni drenažni šljunak 15,00 cm 	<ul style="list-style-type: none"> keramičke pločice u ljeplju 2,00 cm armirani cementni estrih 6,00 cm PE folija d= 0,1 mm - EPS-T 22/20 2,00 cm ARMIRANO BETONSKA PLOČA 20,00 cm vapneno-cementna žbuka 2,00 cm
PT-2 stan	<ul style="list-style-type: none"> parket u ljeplju 3,00 cm armirani mikrobeton 7,50 cm PE folija d= 0,1 mm - EPS-100 10,00 cm EPS-T 22/20 2,00 cm 1 varena polim-bitumenska traka kat.5 na prednamazu 0,50 cm armirano betonska podloga 10,00 cm zbijeni drenažni šljunak 15,00 cm 	međukatne konstrukcije	MK-1 stan-stan
		MK-1* stan-vanjski prostor	<ul style="list-style-type: none"> keramičke pločice u ljeplju 2,00 cm armirani cementni estrih 6,00 cm PE folija d= 0,1 mm - EPS-T 22/20 2,00 cm ARMIRANO BETONSKA PLOČA 20,00 cm vapneno-cementna žbuka 2,00 cm
		MK-2* stan-vanjski prostor	<ul style="list-style-type: none"> parket u ljeplju 3,00 cm armirani cementni estrih 5,00 cm PE folija d= 0,1 mm - EPS-T 22/20 2,00 cm ARMIRANO BETONSKA PLOČA 20,00 cm ETICS toplinsko-izolacijski sustav sa EPS $d(cca) = 20,00$ cm * mort za ljepljenje 0,50 * ploče EPS-F ($\lambda_{max} = 0,039$ W/m²K) + meh.pričvrsnice 18,00 * armaturni sloj (mort+stakl.mrežica+mort) 0,40 * završna dekorativna žbuka (silikat./silikon.) 0,30
		MK-2** stan-spremište	<ul style="list-style-type: none"> parket u ljeplju 3,00 cm armirani cementni estrih 5,00 cm PE folija d= 0,1 mm - EPS-T 22/20 2,00 cm ARMIRANO BETONSKA PLOČA 20,00 cm ETICS toplinsko-izolacijski sustav sa MW $d(cca) = 14,00$ cm * mort za ljepljenje 0,50 * ploče kamene vune ($\lambda_{max} = 0,035$ W/m²K) + meh.pričvr. 12,00 * armaturni sloj (mort+stakl.mrežica+mort) 0,40 * završna dekorativna žbuka (silikat./silikon.) 0,30
		MK-3 stan-tavan(krovšte)	<ul style="list-style-type: none"> paropropusno-vodonepropusna folija - mineralna vuna (filc) ($\lambda_{max} = 0,035$ W/m²K) 24,00 cm parna brana: PE folija d= 0,2 mm - ARMIRANO BETONSKA PLOČA 20,00 cm vapneno-cementna žbuka 2,00 cm

Slika 22. Slojevi konstrukcija

4. Proračun toplinskog opterećenja zgrade

4.1. Proračun toplinskih gubitaka

Kako bi se ispravno dimenzionirao sustav grijanja prvo je potrebno odrediti toplinsku bilancu zgrade, odnosno projektne toplinske gubitke zgrade. Projektne toplinske gubitke predstavljaju toplinski tok koji se izmjenjuje između prostora više temperature i prostora niže temperature, odnosno može se reći da je to sva toplina koja pobjegne iz grijanog prostora prema vanjskom okolišu kroz strop, zidove, pod, vara i prozore. Projektne toplinske gubitke također predstavljaju količinu topline koja se mora dovesti kako bi se održavala unutarnja projektna temperatura u slučaju najnepovoljnije vanjske projektne temperature.

Proračun toplinskog opterećenja važno je točno proračunati kako bi se mogla točno dimenzionirati ogrjevna tijela i kako bi se time mogla zadovoljiti toplinska ugodnost ljudi unutar prostorija. Prije samog početka proračuna potrebno je odrediti ulazne parametre kao što su vanjska projektna temperatura, koeficijente prolaza topline elemenata građevinskih konstrukcija, broj izmjena zraka, unutarnje projektne temperatura prostorija zgrade itd. Kao što je već rečeno proračun se vrši prema važećoj normi HRN EN 12831 za vanjsku projektnu temperaturu koja se usvaja za kontinentalnu Hrvatsku prema Tehničko propisu te za navedenu lokaciju zimi iznosi 15°C, a ljeti 35°C. Unutarnja projektna temperatura prostorije zgrade određuje se s obzirom na namjenu određene prostorije. U tablici 2 vidljivo je da unutarnja temperatura za sobe, kuhinju, dnevni boravak iznosi 20°C, za tehničku prostoriju 18°C, za ulazni hodnik iznosi 15°C, dok za kupaonice iznosi 24°C.

Tablica 2. Unutarnja projektna temperatura prostorija

Prostorija	Unutarnja projektna temperatura, °C
Spavaća soba	20°C
Dnevni boravak	20°C
Kuhinja	20°C
Blagovaona	20°C
Garderoba	20°C
Tehnika	18°C
Ulazni hodnik	15°C
Kupaona	24°C

Gubici topline najviše ovise o koeficijentu prolaza topline, stoga je njega potrebno precizno i točno izračunati za sve površine prostorija. Koeficijenti prolaza topline elemenata građevinskih konstrukcija također su izračunati u računalnom programu Integra CAD prema zadanim slojevima konstrukcije. Vrijednosti su prikazane u tablicama 3,4 i 5.

Tablica 3. Koeficijenti prolaza topline [17]

Koeficijenti prolaza topline						
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
VZ-01	Vanjski zid	0,04		0,13	0,194	
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)	
Gipsana i vapneno-gipsana Zbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029	
Silikatna šuplja opeka	0,2500	1200,00	300,00	0,560	0,446	
Cementni estrih	0,0050	2200,00	11,00	1,400	0,004	
Polistirenske ploče (u blokovima)	0,1800	20,00	3,60	0,040	4,500	
Cementni estrih	0,0040	2200,00	8,80	1,400	0,003	
Završna dekorativna zbuca	0,0030	1600,00	4,80	0,700	0,004	
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
PT-1	Pod prema tlu	0,04		0,17	0,284	
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)	
Ker, pločice - podne - neglazirane	0,0250	2300,00	57,50	1,280	0,020	
Cementni estrih	0,0800	2200,00	176,00	1,400	0,057	
Polistirenske ploče (u blokovima)	0,1200	20,00	2,40	0,040	3,000	
Betoni od kamenog agregata	0,1000	2500,00	250,00	2,330	0,043	
Šljunak, suhi	0,1500	1700,00	255,00	0,810	0,185	
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
MK-1	Strop	0,13		0,13	1,072	
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)	
Ker, pločice - podne - neglazirane	0,0200	2300,00	46,00	1,280	0,016	
Cementni estrih	0,0600	2200,00	132,00	1,400	0,043	
Polistirenske ploče (u blokovima)	0,0200	20,00	0,40	0,040	0,500	
Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086	
Gipsana i vapneno-gipsana zbuca	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029	
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
VP	Prozor	0,00		0,00	1,800	
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
VV	Vrata	0,00		0,00	2,050	
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
VZ-02	Vanjski zid	0,04		0,13	0,410	
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)	
Glet za porobeton	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029	
Porobetonski blok	0,2500	1200,00	300,00	0,520	0,481	
Cementni estrih	0,0050	2200,00	11,00	1,400	0,004	
Mineralna i staklena vuna	0,0700	115,00	8,05	0,040	1,750	
Cementni estrih	0,0040	2200,00	8,80	1,400	0,003	
Završna dekorativna zbuca	0,0030	1600,00	4,80	0,700	0,004	

Tablica 4. Koeficijenti prolaza topline [17]

Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
UZ-1	Unutamji zid	0,13		0,13	0,406
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
Gipskartonska ploča - do 15 mm (kartonska)	0,0125	900,00	11,25	0,210	0,060
Mineralna i staklena vuna	0,0400	115,00	4,60	0,040	1,000
Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086
Mineralna i staklena vuna	0,0400	115,00	4,60	0,040	1,000
Gipskartonska ploča - do 15 mm (kartonska)	0,0125	900,00	11,25	0,210	0,060
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
UZ-2	Unutamji zid	0,13		0,13	1,484
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
Silikatna šuplja opeka	0,2500	1400,00	350,00	0,700	0,357
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
UZ-3	Unutamji zid	0,13		0,13	2,242
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
Silikatna šuplja opeka	0,0900	1400,00	126,00	0,700	0,129
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
UZ-3	Unutamji zid	0,13		0,13	2,242
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
Silikatna šuplja opeka	0,0900	1400,00	126,00	0,700	0,129
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
PT-2	Pod prema tlu	0,04		0,17	0,275
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
Parquet	0,0300	700,00	21,00	0,210	0,143
Cementni estrih	0,0750	2200,00	165,00	1,400	0,054
Polistirenske ploče (u blokovima)	0,1200	20,00	2,40	0,040	3,000
Betoni od kamenog agregata	0,1000	2500,00	250,00	2,330	0,043
Šljunak, suhi	0,1500	1700,00	255,00	0,810	0,185
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
MK-2	Strop	0,13		0,13	0,987
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
Parquet	0,0200	700,00	14,00	0,210	0,095
Cementni estrih	0,0600	2200,00	132,00	1,400	0,043
Polistirenske ploče (u blokovima)	0,0200	20,00	0,40	0,040	0,500
Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029

Tablica 5. Koeficijenti prolaza topline [17]

Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
MK-2**	Strop	0,13		0,13	0,987
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
Parket	0,0200	700,00	14,00	0,210	0,095
Cementni estrih	0,0600	2200,00	132,00	1,400	0,043
Polistirenske ploče (u blokovima)	0,0200	20,00	0,40	0,040	0,500
Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
MK-3	Strop	0,13		0,13	0,157
Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
Mineralna i staklena vuna	0,2400	115,00	27,60	0,040	6,000
Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029

Kako je i u prijašnjem poglavlju objašnjeno, sam proračun toplinskog opterećenja radi se prema normi HRN EN 12831, a toplinski gubici se dijele na:

- Transmisijski toplinski gubici
- Ventilacijski toplinski gubici

Toplinski gubici zgrade izračunavaju se za svaku prostoriju, te kada se izračunaju oni se zbrajaju čime se dobivaju ukupni toplinski gubici prema kojima se može odabrati potreban izvor energije. Ukupni toplinski gubici izračunavaju se izrazom (10):

$$\Phi_{GR,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad (10)$$

Gdje su:

$\Phi_{GR,i}$ – ukupni toplinski gubici [W]

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

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

$\Phi_{RH,i}$ – toplinski učin potreban za ponovno zagrijavanje prostorije zbog prekida grijanja [W]

4.1.1. Transmisijski toplinski gubici

Transmisijski toplinski gubici su oni gubici predstavljaju svu toplinu koja izmjenjuje transmisijom između nekog prostora i vanjskog okoliša. Oni su jednaki zbroju svih toplinskih gubitaka prema vanjskom okolišu, između negrijanog i grijanog prostora, kao i između grijanog prostora i tla te topline izmijenjene između okoline i negrijanog prostora. Standardni transmisijski gubici izračunavaju se prema slijedećem izrazu prikazanom u nastavku (11) :

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ieu} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) , [W] \quad (11)$$

Gdje su:

$H_{T,ie}$ – koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijanog prostora prema vanjskom okolišu kroz ovojnicu zgrade [W/K]

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

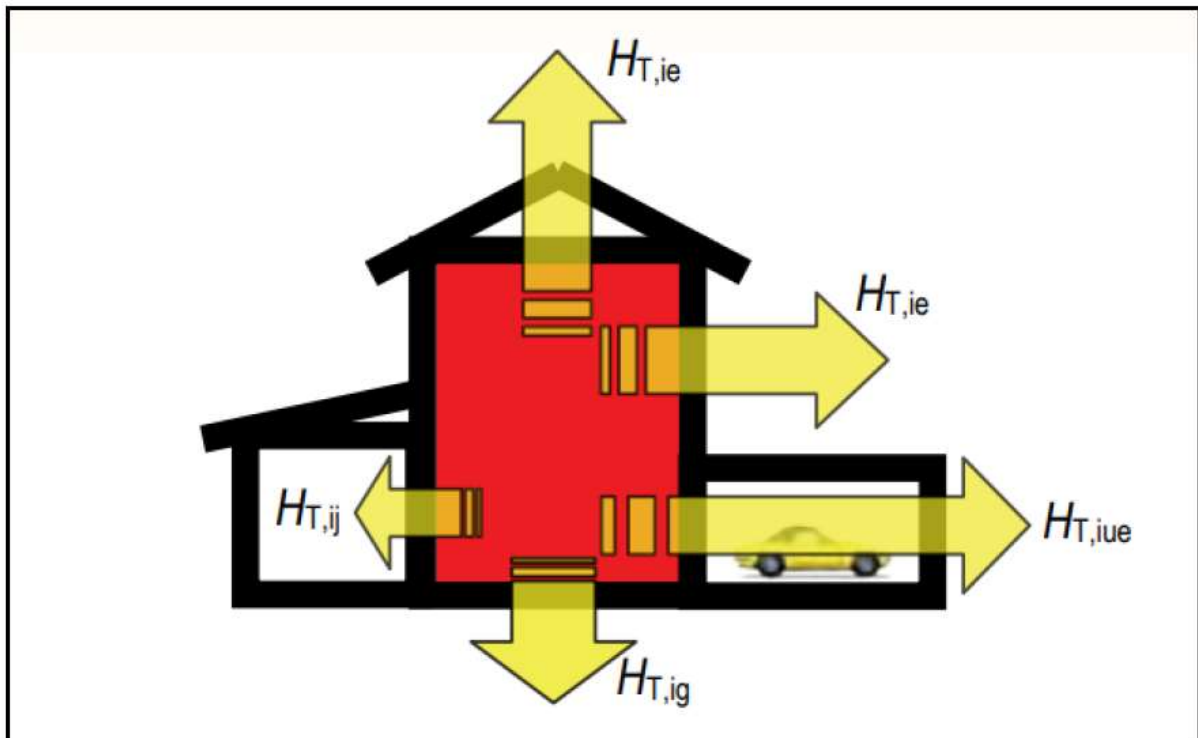
$H_{T,ig}$ – stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka topline koji dolazi od grijanog prostora i prema tlu [W/K]

$H_{T,ij}$ – koeficijent transmisijskog gubitka topline koji dolazi od grijanog prostora i ide prema susjednom prostoru različite temperature [W/K]

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

$\vartheta_{int,i}$ – projektna temperatura vanjskog okoliša [°C]

Na slici 23. slikovito su prikazani transmisijski toplinski gubici koji se najčešće pojavljuju.



Slika 23. Transmisijski toplinski gubici [1]

4.1.2. Ventilacijski toplinski gubici

Ventilacijski toplinski gubici predstavljaju svu toplinu koja izmjenjuje putem ventilacije između prostora i okoliša. Razlikuju se dva slučaja: kod prostora bez ventilacijskog sustava i kod prostora s ventilacijskim sustavom. Kod slučaja prostora bez ventilacijskog sustava računaju se gubici topline uslijed infiltracije kroz zatore i gubici koji nastaju kod minimalnih potrebnih higijenskih protoka zraka. Kod slučaja s prostorima s ventilacijskim sustavima te gubitke predstavljaju gubici topline uslijed infiltracije kroz zatore, zbog mehaničkog djelovanja sustava ventilacije i zbog viška odvedenog zraka iz prostorije. Ventilacijski toplinski gubici izračunavaju se prema izrazu (12):

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e), [W] \quad (12)$$

Gdje su:

$H_{V,i}$ – koeficijent ventilacijskih gubitka topline [W/K]

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

$\vartheta_{ext,i}$ – projektna temperatura vanjskog okoliša, [°C]

4.1.3. Toplinski učin potreban za zagrijavanje zbog prekida grijanja

Tijekom prekida grijanja dolazi do sniženja temperature prostora pa je potrebna dodatna toplina za zagrijavanje koja se postiže dodatnim dogrijavanjem na unutarnju projektnu temperaturu. Ta potrebna temperatura za zagrijavanje će ovisiti o nekoliko parametara. Ti parametri su toplinski kapacitet građevnih elemenata, temperaturni pad tijekom prekida grijanja, vrijeme zagrijavanja i svojstva regulacije. Isto tako ta potrebna toplina za zagrijavanje prostora može se izračunati preko izraza (13):

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}, [W] \quad (13)$$

Gdje su:

A_i – površina poda grijanog prostora sa polovicom debljine zida [m²]

f_{RH} – korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida grijanja [W/m²]

4.1.4. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka

Konačan proračun toplinskih gubitaka proveden je u programu Integra Cad u skladu s normom HRN EN 12831 te su u tablici 6 prikazani dobiveni rezultati svih transmisivskih i ventilacijskih gubitaka za stan 1 i stan 2.

Tablica 6. Toplinska bilanca stana 1 (prizemlje i kat) [17]

E1 Prizemlje						
S1 Stan						
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)
P1	Ulaz	2	15	331	298	33
P2	Hodnik/Garderoba	7	20	343	223	120
P3	Boravak/Blagovaona	25	20	1408	1010	398
P4	Kuhinja	10	20	870	367	503
P5	Kupaona	4	24	478	270	208
P6	Tehnika	3	18	119	69	50
Ukupno: Stan				3549	2237	1312

E2 Kat						
S1 Stan						
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)
P1	Hodnik/Stubište	8	20	186	48	138
P2	Soba	9	20	803	649	154
P3	Garderoba	3	20	177	121	56
P4	Soba	12	20	482	294	188
P5	Soba	12	20	522	332	190
P6	Kupaona	5	24	522	252	270
Ukupno: Stan				2692	1696	996

Iz tablice 7 je vidljivo da za stan 1 toplinski gubici prizemlja iznose 3 549 W, a za kat 2 692 W čime se može očitati da ukupni toplinski gubici iznose 6 241 W. Isto tako dobiva se za stan 2 ukupan toplinski gubitak od 6 285 W.

Tablica 7. Toplinska bilanca stana 2 (prizemlje i kat) [17]

S2 Stan						
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)
P1	Ulaz	2	15	331	298	33
P2	Hodnik/Garderoba	7	20	343	223	120
P3	Boravak/Blagovaona	25	20	1408	1010	398
P4	Kuhinja	10	20	789	286	503
P5	Kupaona	7	24	722	312	410
Ukupno: Stan				3593	2129	1464

S2 Stan						
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)
P1	Hodnik/Stubište	8	20	186	48	138
P2	Soba	9	20	803	649	154
P3	Garderoba	3	20	177	121	56
P4	Soba	12	20	482	294	188
P5	Soba	12	20	522	332	190
P6	Kupaona	5	24	522	252	270
Ukupno: Stan				2692	1696	996

4.2. Proračun toplinskih dobitaka

Proračun toplinskih dobitaka razlikuje se od proračuna toplinskih gubitaka te se oni izračunavaju za ljetno razdoblje prema VDI 2078 normi, a na temelju izračuna dimenzioniraju se rashladni uređaji. Proračun toplinskih dobitaka dijeli se na unutarnje i vanjske dobitke topline. Unutarnji dobici topline vezani su uz izvore topline koji se nalaze unutar prostorija kao što su ljudi, rasvjeta i uređaji, a vanjski dobici su vezani uz filtraciju zraka kroz zidove, infiltraciju toplog zraka koji dolazi izvana te prodore sunčevih zraka kroz prozore i ostakljene površine. Naime najveći toplinski dobici se i dobivaju kroz zračenjem kroz staklene površine pa je izvor vanjske stolarije i kvalitetnih prozora vrlo bitan faktor kod ostvarivanja što manjih toplinskih dobitaka. Ukupni toplinski dobici dobivaju se formulom prikazanom izrazom (14):

$$\Phi_{uk} = \Phi_{un} + \Phi_{van}, [W] \quad (14)$$

Gdje su:

Φ_{un} – unutarnje toplinsko opterećenje uslijed unutarnjih izvora topline u prostoriji [W]

Φ_{van} – vanjsko toplinsko opterećenje uslijed vanjskih izvora topline [W]

4.2.1. Toplinsko opterećenje uslijed unutrašnjih izvora topline

Toplinsko opterećenje koje čine unutrašnji izvori topline odaju osjetnu i latentnu toplinu. Ti izvori nastaju od rasvjete, uređaja, osoba i ostale opreme koja se nalazi u prostoriji. Unutrašnje toplinsko opterećenje u prostoriji određuje se izrazom (15):

$$\Phi_{UN} = \Phi_{OS} + \Phi_{RAS} + \Phi_{SUO} + \Phi_{prol} + \Phi_{OST}, [W] \quad (15)$$

Gdje su:

Φ_{OS} – toplina koju odaju osobe [W]

Φ_{RAS} – toplina odana od rasvjetnih tijela [W]

Φ_{SUO} – toplina odana od strojeva, uređaja i opreme [W]

Φ_{prol} – toplina koju odaju predmeti pri njihovom prenošenju kroz prostoriju [W]

Φ_{OST} – toplina koju odaju ostali izvori (biljke, životinje i sl.) [W]

Iznosi toplina koju odaju uređaji i ljudi propisani su normom VDI 2078 te se vrijednosti mogu pronaći u njihovim tablicama. Također te vrijednosti se automatski računaju pomoću programa Integra CAD gdje su softverski definirana.

4.2.2. Toplinsko opterećenje uslijed vanjskih izvora topline

Toplinsko opterećenje uslijed vanjskih izvora topline nastaje uslijed prolaska topline s područja više temperature odnosno vanjskog okoliša na područje niže temperature, odnosno na unutrašnje prostorije i to prolaskom kroz vanjske i unutrašnje pregradne zidove. Toplinsko opterećenje uslijed vanjskih izvora topline određuje se pomoću izraza (16):

$$\Phi_{VAN} = \Phi_{V,zid} + \Phi_{proz,konv} + \Phi_{proz,zr} + \Phi_{vent} + \Phi_{U,zid} \quad , [W] \quad (16)$$

Gdje su:

$\Phi_{V,zid}$ – toplina dovedena provođenjem i konvekcijom kroz vanjski ovojnicu zgrade ili krov [W]

$\Phi_{proz,konv}$ – toplina dovedena provođenjem i konvekcijom izvana kroz prozore [W]

$\Phi_{proz,zr}$ – toplina dovedena izvana uslijed zračenja kroz ostakljene površine i plohe [W]

Φ_{vent} – toplina dovedena izvana uslijed prirodne ventilacije (npr. kroz zazore) [W]

$\Phi_{U,zid}$ – toplina koja se dovodi iz susjednih prostorija kroz unutarnje zidove, strop i pod [W]

Toplina dovedena kroz vanjski ovojnicu zgrade ili krov određuje se izrazom (17):

$$\Phi_{V,zid} = U_{V,zid} \cdot A_{A,zid} + \Delta\vartheta_{ekv} \quad , [W] \quad (17)$$

Gdje su:

$U_{V,zid}$ – koeficijent prolaska topline za vanjski zid ili krov [W/m²K]

$A_{V,zid}$ – površina vanjskog zida ili krova [m²]

$\Delta\vartheta_{ekv}$ – ekvivalentna razlika temperature [°C]

Toplina dovedena provođenjem i konvekcijom izvana kroz prozore određuje se izrazom (18):

$$\Phi_{proz,konv} = U_{proz} \cdot A_{proz} \cdot (\vartheta_V - \vartheta_P) \quad , [W] \quad (18)$$

Gdje su:

U_{proz} – koeficijent prolaska topline za prozor [W/m²K]

A_{proz} – površina prozora [m²]

ϑ_V – temperatura vanjskog zraka [°C]

ϑ_P – temperatura zraka u nekom prostoru [°C]

Toplina dovedena izvana zračenjem kroz ostakljene plohe određuje se izrazom (19):

$$\Phi_{proz,zr} = [A_{staklo,os} \cdot (A_{staklo,uk} - A_{staklo,os}) \cdot G_{rasp,max}] \cdot b_{pr} \cdot s_V \quad , [W] \quad (19)$$

Gdje su:

$A_{staklo,os}$ – površina osunčanog ostakljenog dijela površine [m²]

$A_{staklo,uk}$ – ukupna površina ostakljenog dijela površine (osunčanog i neosunčanog) [m²]

$G_{rasp,max}$ – maksimalno difuzno sunčevo zračenje [W/m²]

b_{pr} – stupanj propusnosti prozora i naprave za zaštitu od zračenja sunca

s_V – faktor toplinskog zračenja za vanjske izvore topline

Toplina dovedena izvana zračenjem kroz ostakljene plohe se zanemaruje, a toplina koja se dovodi iz susjednih prostorija kroz unutarnje zidove, stropove i podove izračunava se po izrazu (20):

$$\phi_{U,zid} = U_{U,zid} \cdot A_{U,zid} \cdot (\vartheta_{sus} - \vartheta_p) \quad , [W] \quad (20)$$

Gdje su:

$U_{U,zid}$ – koeficijent prolaska topline unutarnjeg zida, poda ili stropa [W/m^2K]

$A_{U,zid}$ – površina određenog unutrašnjeg zida [m^2]

ϑ_{sus} – temperatura susjedne prostorije [$^{\circ}C$]

ϑ_p – temperatura zraka u prostoru [$^{\circ}C$]

4.2.3. Rezultati proračuna toplinskih dobitaka

Proračun toplinskih dobitaka napravljen je računalnom programu Integra CAD kao i u slučaju proračuna toplinskih gubitaka, a rezultati su vidljivi u tablicama u nastavku. Integra CAD izvodi proračun prema normi VDI 2078 gdje je definirano da se proračun radi u vremenskom razmaku toplinskog opterećenja radi za 24 sata i za to karakteristične dane i za odabrano vrijeme. To je zbog toga što se za svaki sat dobiva različito toplinsko opterećenje jer ovisi o mnogo različitih faktora kao što je orijentacija zgrade i slično. Ti karakteristični dani koji se uzimaju u obzir su 21. lipanj, 23. srpanj, 24. kolovoz i 21. rujanj. U tablici 8 prikazana je rekapitulacija toplinskih dobitaka za te karakteristične dane za oba dva stana.

Tablica 8. Rekapitulacija toplinskih dobitaka [17]

E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P1 Ulaz	87	109	355	799
E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P2 Hodnik/Garderoba	77	99	347	793
E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P3 Boravak/Blagovaona	4784	4822	4559	3822
E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P4 Kuhinja	2678	2682	2388	1752
E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P5 Kupaona	34	36	35	29
E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P6 Tehnika	34	36	36	30
E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P1 Ulaz	76	98	345	791
E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P2 Hodnik/Garderoba	77	99	347	793
E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P3 Boravak/Blagovaona	1384	1448	1822	2443
E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P4 Kuhinja	1082	1091	1080	1060
E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P5 Kupaona	68	72	69	58
E2 Kat \ S1 Stan \ P1 Hodnik/Stubište	14	14	12	10
E2 Kat \ S1 Stan \ P2 Soba	2346	2360	2166	1699
E2 Kat \ S1 Stan \ P3 Garderoba	6	6	5	4
E2 Kat \ S1 Stan \ P4 Soba	1435	1437	1263	885
E2 Kat \ S1 Stan \ P5 Soba	1427	1429	1255	877
E2 Kat \ S1 Stan \ P6 Kupaona	423	396	489	497
E2 Kat \ S2 Stan \ P1 Hodnik/Stubište	14	14	12	10
E2 Kat \ S2 Stan \ P2 Soba	659	686	796	978
E2 Kat \ S2 Stan \ P3 Garderoba	275	275	271	270
E2 Kat \ S2 Stan \ P4 Soba	507	516	508	487
E2 Kat \ S2 Stan \ P5 Soba	499	508	500	479
E2 Kat \ S2 Stan \ P6 Kupaona	423	396	489	497
Sat	16	16	15	14
Ukupno (W)	18409	18629	19149	19063

U tablici 9 prikazana je bilanca hlađenja stana 1, a u tablici 10. bilanca hlađenja stana 2 dobivena proračunom računalnim programom Integra CAD.

Tablica 9. Bilanca hlađenja stana 1 [17]

E1 Prizemlje					
S1 Stan					
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)
P1	Ulaz	744		0	744
P2	Hodnik/Garderoba	741		0	741
P3	Boravak/Blagovaona	4822		0	4822
P4	Kuhinja	2682		0	2682
P5	Kupaona	50		0	50
P6	Tehnika	51		0	51
Ukupno: Stan		9090		0	9090
E2 Kat					
S1 Stan					
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)
P1	Hodnik/Stubište	9		0	9
P2	Soba	2360		0	2360
P3	Garderoba	4		0	4
P4	Soba	1437		0	1437
P5	Soba	1429		0	1429
P6	Kupaona	1043		0	1043
Ukupno: Stan		6282		0	6282

Tablica 10. Bilanca hlađenja stana 2 [17]

S2 Stan					
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)
P1	Ulaz	740		0	740
P2	Hodnik/Garderoba	741		0	741
P3	Boravak/Blagovaona	4336		0	4336
P4	Kuhinja	1758		0	1758
P5	Kupaona	100		0	100
Ukupno: Stan		7675		0	7675
S2 Stan					
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)
P1	Hodnik/Stubište	9		0	9
P2	Soba	2028		0	2028
P3	Garderoba	267		0	267
P4	Soba	1216		0	1216
P5	Soba	1209		0	1209
P6	Kupaona	1043		0	1043
Ukupno: Stan		5772		0	5772

5. Odabir opreme sustava – stan 1

5.1. Odabir dizalice topline

Na temelju prethodno izračunatih toplinskih gubitaka potrebno je odabrati odgovarajuću dizalicu topline koja može pokriti te toplinske gubitke. Kod odabira dizalice topline treba voditi računa o projektnoj vanjskoj temperaturi koja u ovom slučaju iznosi -15°C . Ali kako su troškovi investicije i ugrađivanja sustava grijanja s dizalicom topline poprilično veliki a potreba za radom pri temperaturi od -15°C je vrlo rijetka nije uvijek potrebno predimenzionirati dizalicu topline te treba razmatrati slučaj sa mogućnošću ugradnje električnog grijača koji će osigurati zadovoljavanje toplinskih gubitaka u slučaju tih niskih temperatura ukoliko dođe do njih.

Za stan 1 odabrana se kompaktna dizalica topline VIESSMANN Vitocal 111-S koja je prikladna za grijanje i hlađenje prostora te za zagrijavanje i pripremu potrošne tople vode. Toplinski učin grijanja te dizalice topline iznosi 7,4 kW, a rashladni učin kod hlađenja iznosi 7,9 kW. Ta dizalica topline je u split izvedbi, sastoji se od unutarnje i vanjske jedinice.

Vanjska jedinica je s DC-inverter tehnologijom za kontinuiranu regulaciju učina u svrhu optimalnog pogona u svim pogonskim uvjetima, te zahvaljujući inverterskom kompresoru postiže maksimalnu temperaturu polaza od 55°C pri temperaturi od -10°C . U slučaju nižih temperatura uključivat će se električni grijač koji će dodatno pridonijeti potrebama za toplinskom energijom ukoliko bude potrebe. Vanjska jedinica sadrži i vodonepropusni isparivač koji je otporan na koroziju s prevlakom i grijanjem posude kondenzata .

Unutarnja jedinica dolazi s integriranim spremnikom PTV volumena 210 litara s magnezijском zaštitnom anodom je dodatno toplinski izoliran tvrdom PUR pjenom sa svih strana čime se osigurava što manji gubitak spremnika. U sklopu unutarnje jedinice nalazi se pločasti izmjenjivač topline za predaju topline sustavu grijanja, visokoučinkovita cirkulacijska crpka za krug grijanja s 3-putnim ventilom, membranska ekspanzijska posuda volumena 10 litara te sigurnosna grupa.

Spoj između vanjske i unutarnje jedinice izveden je pomoću posebnih bakrenih cijevi s izolacijom koje su namijenjene za rashladnu tehnologiju. Bakrene cijevi su promjera $5/8''$ i $7/8''$ i kroz njih struji radna tvar odnosno medij za prijenos topline. Radna tvar je predodređena proizvođačem i za ovu dizalicu topline je to rashladno sredstvo R410A. Dizalica topline Vitocal 111-S tvornički dolazi s napunjenim sistemom s rashladnim sredstvom R410A koje je dovoljno za duljinu voda do 10 m, a za svaku dalju duljinu instalacije potrebno je nadopuniti sredstvo. Kako su za stan 1 vanjska dizalica i unutarnja povezane na vrlo kratkoj udaljenosti (preko zida) nije potrebno nadopunjavati sistem u ovom slučaju.

Na slici 24. prikazan je izgled unutarnje i vanjske dizalice topline VIESMMAN Vitocal 111-S, a na slici 25. je vidljiv detaljan prikaz unutarnje jedinice s integriranim sastavnim dijelovima.



Slika 24. Izgled dizalice topline VIESMMAN Vitocal 111-S [9]



VITOCAL 111-S

Unutarnja jedinica

- 1 Kondenzator
- 2 Protočni elektro-grijač (opcija)
- 3 Kontrolnik protoka
- 4 3-putni preklopni ventil „grijanje/topla voda“
- 5 Ekspanzijska posuda, volumena 10 litara
- 6 Sekundarna crpka (visokoučinkovita crpka)
- 7 Regulacija Vitotronic 200
- 8 Emajlirani spremnik tople vode, volumena 220 litara

Slika 25. Prikaz unutarnje jedinice VIESMMAN Vitocal 111-S [9]

Tehničke karakteristike dizalice topline nalaze se u tehničkom katalogu, a na neki osnovi tehnički podaci prikazani su na slici 26.

Tehnički podaci o učinku grijanja		Dimenzije vanjske jedinice	
Podaci o učinku grijanja prema EN 14511 pri A2/W35		Duljina	412 mm
Nazivni toplinski učin	7,4 kW	Širina	900 mm
Primljena elektr. snaga	2,24 kW	Visina	1.345 mm
Učinski koeficijent (COP)	3,3	Težina	114 kg
Podaci o učinku grijanja prema EN 14511 pri A7/W35		Dimenzije unutarnje jedinice	
Nazivni toplinski učin	11,5 kW	Duljina	681 mm
Primljena elektr. snaga	2,58 kW	Širina	600 mm
Učinski koeficijent (COP)	3,3	Visina	1.874 mm
Podaci o učinku grijanja prema EN 14511 pri A -7/W35		Težina	171 kg
Nazivni toplinski učin	7,4 kW	Integrirani spremnik tople vode	
Primljena elektr. snaga	2,71 kW	Volumen spremnika	220 l
Učinski koeficijent (COP)	2,7	Maks. izlazna količina vode pri temperaturi od 40 °C	290 l
Tehnički podaci o učinku hlađenja		Vrijednost učina NL po DIN 4708	1,6
Podaci o učinku hlađenja prema EN 14511 pri A35/W18		Izlazna količina vode	17,3 l/mir
Rashladni učin	7,9 kW	Maks. dopuštena temperatura pitke vode	70 °C
Primljena elektr. snaga	2,71 kW	Energetski razred grijanja prostora uvjetovan godišnjim dobima	A+
Učinski koeficijent (EER)	3,8	Tehnički podaci za određivanje razreda energetske učinkovitosti (ErP-oznaka)	
Ulazna temperatura zraka, pogon grijanja		Kombinirani uređaj za grijanje - dizalica topline	
Min.	- 22 °C	Primjena za niske temperature pri prosječnim klimatskim uvjetima	
Maks.	35 °C	Energetski razred grijanja prostora uvjetovan godišnjim dobima	
Ulazna temperatura zraka, pogon hlađenja		Energetski razred grijanja prostora uvjetovan godišnjim dobima	
Min.	10 °C	Energetski razred grijanja prostora uvjetovan godišnjim dobima	
Maks.	48 °C	Energetski razred grijanja prostora uvjetovan godišnjim dobima	
Temperatura polaza	55 °C	Nazivni toplinski učin	
Dozvoljeni pogonski tlak	3 bar	Godišnja potrošnja energije	
Dozvoljeni pogonski tlak	0,3 MPa	Primjena za srednje temperature pri prosječnim klimatskim uvjetima	
Električni podaci vanjske jedinice		Energetski razred grijanja prostora uvjetovan godišnjim dobima	
Nazivni napon kompresora	1/N/PE 400 V/50 Hz	Energetski razred grijanja prostora uvjetovan godišnjim dobima	
Pobudna struja kompresora	5 A	Energetski razred grijanja prostora uvjetovan godišnjim dobima	
Električni podaci unutarnje jedinice		Nazivni toplinski učin	
Nazivni napon regulacije	1/N/PE 230 V/50 Hz	Godišnja potrošnja energije	
Zaštita osiguračima, interna	T 6,3 A	Primjena za srednje temperature pri prosječnim klimatskim uvjetima	

Slika 26. VIESMANN Vitocall 111-S [9]

Vanjsku jedinicu dizalice topline potrebno je ugraditi na betonsko postolje koje će se nalaziti pokraj objekta, u tehničku prostoriju će se ugraditi unutarnja jedinica. Spoj i razvod između vanjske i unutarnje jedinice izvest će se pomoću predizoliranih bakrenih cijevi predviđenih za tu instalaciju, dimenzija prema uputama proizvođača.

U sklopu unutarnje jedinice uključene su sve hidrauličke komponente kao što su visoko učinkovite pumpe grijanja za cirkulaciju tople vode, manometri, sigurnosni ventil, ekspanzijska posuda, odzračnici i slično, te nema potrebe za komponentama treće strane.

Električnoj ploči i hidrauličkim komponentama može se pristupiti s prednje strane što osigurava jednostavno servisiranje i održavanje.

5.2. Odabir ogrjevnih i rashladnih tijela

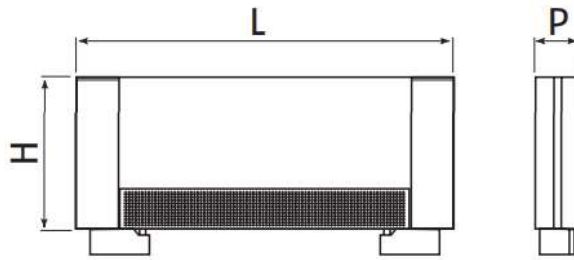
Nakon odabira odgovarajuće dizalice topline neophodno je i odrediti ogrjevna tijela pomoću kojih će ona prenositi toplinu. Ogrjevna tijela određuju se kao dijelovi sustava grijanja koji prenose toplinu nekog ogrjevnog medija u prostoriju. Takav prijenos topline može biti konvekcijom i zračenjem čiji udio ovisi o vrsti i o izvedbi ogrjevnog tijela. Najčešće izvedbe ogrjevnih tijela za prijenos konvekcijom su radijatori koji mogu biti cijevni, člankasti i pločasti, te prijenos topline konvektorima čija je najčešća izvedba uglavnom preko ventilokonvektora. Izvedba ogrjevnih tijela može biti velikim dijelom zračenjem topline koje se sve češće upotrebljava primjenom podnog grijanja, odnosno odvija se prijenosom topline preko obuhvatnih ploha prostorije koje mogu biti pod, strop i zid.

Za potrebe grijanja i hlađenja stana 1 izabran je sustav korištenjem podnih ventilokonvektora kao ogrjevna tijela. Ventilokonvektori su uređaji koji se većinom ugrađuju u razini poda, ali mogu biti izvedeni i kao zidni i podstropni. U kućištu ventilokonvektora nalazi se izmjenjivač topline sa ventilatorom i filterima. Ventilator ostvaruje prisilno strujanje zraka u prostoriji, ovisno o tome struji li kroz izmjenjivač topla ili hladna voda kao prijenosnik energije.

Za grijanje i hlađenje stana 1 izabrani su podni ventilokonvektori tvrtke RIELLO oznake DESIGN S inverter čiji je izgled prikazan na slici 27., a osnovne dimenzije vide se na slici 28. Ventilokonvektori RIELLO DESIGN S Inverter imaju dosta nižu visinu od tradicionalnih ventilokonvektora, svega 379 mm čime im ta značajka omogućava ugradnju u manjim i skučenim prostorima. Konstrukcija je izrađena od pocinčanog lima s prednjom rešetkom od aluminija i odlikuje ih izuzetno ravan dizajn zahvaljujući dubini od samo 130 mm. Čitav asortiman opremljen je istosmjernim motorima bez četkica koji omogućavaju kontinuiranu modulaciju od 0 do 100% protoka zraka, a time vrlo brzo zagrijavanje i hlađenje bilo koje prostrije. Također ti motori omogućuju uštedu električne energije do 50% u odnosu na tradicionalne izvedbe.



Slika 27. Izgled podnog ventilokonvektora DESIGN S Inverter [7]



Opis	H mm	L mm	P mm
DESIGN INVERTER 6BS	379	760	130
DESIGN INVERTER 11BS	379	960	130
DESIGN INVERTER 17BS	379	1160	130
DESIGN INVERTER 23BS	379	1360	130
DESIGN INVERTER 32BS	379	1560	130

Slika 28. Dimenzije podnog ventilokonvektora DESIGN S Inverter [7]

Podni ventilokonvektori DESIGN INVERTER S dolaze u 5 modela s kapacitetom hlađenja od 560 W do 3140 W i kapacitetom grijanja od 780 W do 3910 W, a tehnički podatci o tim modelima prikazani su u tablici 11. preuzete iz kataloga proizvođača ventilokonvektora RIELLO.

Tablica 11. Tehnički podatci ventilokonvektora DESIGN INVERTER S [7]

TEHNIČKI PODATCI

Opis	Snažno hlađenje 7 °C-12 °C (1) Watt	Snažno grijanje 50 °C (2) Watt	Snažno grijanje 70 °C-60 °C (3) Watt	Maksimalna brzina protoka zraka (4)m ³ /h	Zvučni tlak iradijacija max-min (5) dB(A)
BIJELI VENTILOKONVEKTORI					
DESIGN INVERTER 6BS	560	780	1390	140	38,8-23,8
DESIGN INVERTER 11BS	1040	1570	2730	250	39,5-24,9
DESIGN INVERTER 17BS	1640	2380	4140	390	41,4-25,1
DESIGN INVERTER 23BS	2310	3250	5650	540	41,6-25,7
DESIGN INVERTER 32BS	3140	3910	6620	600	42,6-26,8

Iz tablice je vidljivo da ventilokonvektor DESIGN INVERTER 6BS zadovoljavaju potrebe za grijanje i hlađenja svih prostorije osim dnevnog boravka, pa se on odabire kao ogrjevno tijelo za hodnik i kuhinju u prizemlju, te sve sobe i hodnik na katu. Za potrebe dnevnog boravka odabire se DESIGN INVERTER 11BS. Preporuka je da se ogrjevna tijela postavljaju gdje je najveća temperaturna razlika, a to su ulazi u objekte, ispod prozora, uz staklene stijene i slično stoga će se podni ventilokonvektori postaviti ispod prozora. Ventilokonvektori će raditi u dvocijevnom sustavu grijanja i hlađenja s režimom grijanja 60/50°C i režimom hlađenja 7/12°C. Kako se radi o dvocijevnom sustavu, ventilokonvektori će moći raditi samo u sezonskom radu, odnosno morat će se prebacivati s ljetnog na zimski režim pomoću prekretnih ventila. Kod prebacivanja s ljetnog na zimski režim u dizalica topline kondenzator ljeti postaje isparivač, a isparivač kondenzator.

Regulacija ventilokonvektora se obavlja pomoću dodirnog displeja koji se nalazi na ventilokonvektoru što omogućava širok raspon primjene. Moguće je regulirati brzinu strujanja zraka, podešavati temperaturu i slično. Izgled dodirnog displeja vidljiv je na slici 29.



Slika 29. Izgled regulacije ventilokonvektora DESIGN S Inverter [11]

Odabrani ventilokonvektori nisu prikladni za kupaonice pa je potrebno odabrati drugo odgovarajuće tijelo. Najprihvatljivija ogrjevna tijela u kupaonicama su cijevni kupaonski radijator stoga se oni odabiru za zagrijavanje kupaonice u prizemlju i na katu. Cijevni razvod za kupaonski radijator će biti spojen na isti razvod kao i ventilokonvektori te će isto raditi na režimu grijanja od 60/50 °C. Kako se u kupaonicama zahtijeva veća temperatura prostorije u odnosu na ostale prostorije primjenom samo kupaonskog radijatora u niskotemperaturnom režimu neće se moći postići tražena temperatura. Zbog toga se odabire još dodatno električni grijač za kupaonski radijator koji će pripomoći kod zagrijavanja kupaonice na traženu temperaturu. Kod odabira grijača treba pripaziti da snaga grijača bude 30 posto manja od snage radijatora. Regulacija kupaonica će se vršiti termostatskim ventilom koji se ugrađuje na kupaonski radijator. Termostatskim ventilom se postiže decentralizirana regulacija koja omogućava regulaciju temperature zraka u svakoj prostoriji zasebno, bez obzira na promjenu uvjeta zbog npr. utjecaja sunčevog zračenja, odavanja topline rasvjetnih tijela, osoba i slično. Nakon završetka sezone grijanja termostatski ventil će se zatvoriti i raditi će samo ventilokonvektori u režimu hlađenja. Odabran je kupaonski radijator oznake Termabad 1200/450 snage 572 W. Prikaz tog radijatora vidljiv je na slici 30.



Slika 30. Kupaonski radijator Termabad 1200/450 [12]

5.3. Regulacija sustava

Za regulaciju dizalice topline odabire se digitalna regulacija Vitotronic 200 koja je vođena vremenskim prilikama. Vitotronic 200 sadrži pogonsku sklopku, prikaz pogona i prikaz smetnji. Rukovanje je vrlo jednostavno preko grafičkog zaslona s tekstualnim prikazom. Prikaz je crno bijeli s jakim kontrastom, sa velikim slovima te kontekstualnom pomoći što olakšava rukovanje. Regulacija ima razne mogućnosti podešavanja vrsta programa, uključuje party program i program štednog pogona, program godišnjeg odmora. Ima mogućnost prikaza i podešavanja temperature prostora i temperature pitke vode. Također pomoću nje je moguće automatsko podešavanje ljetnog i zimskog vremena. Regulacija Vitotronic 200 još može se nadograditi dodatnim opcionalnim internetskim sučeljem Vitoconnect kojim se može upravljati preko interneta ili preko pametnog telefona. Prikaz regulacije Vitotronic 200 vidljiv je na slici 31.



Slika 31. Regulacija dizalice topline Vitotronic 200 [9]

Regulacija ventilokonvektora se obavlja pomoću digitalnog displeja koji se nalazi na ventilokonvektoru kao što je opisano ranije, a upravljanje temperaturom radijatora u kupaonici vrši se pomoću termostatskog ventila.

6. Odabir opreme sustava – stan 2

6.1. Odabir kondenzacijskog uređaja

Za grijanje stana 2 potrebno je primijeniti odgovarajući protočni cirkulacijski aparat s pogonom na prirodni plin. Prema prethodnom proračunu toplinskih gubitaka tijekom sezone grijanja dobiva se podatak o potrebnoj snazi uređaja koji će pokriti potrebne gubitke stana 2. Odabire se kondenzacijski bojler tvrtke Vaillant naziva ecoTEC plus INT I 116/5-5 učinka na grijanju pri 80/60°C od 11 kW što zadovoljava potrebne gubitke. Plinski kondenzacijski bojler iskorištava visoku temperaturu dimnih plinova povlačeći je kroz dva izmjenjivača s ogrjevnom vodom pri čemu nastaje kondenzirana vodena para koja se dodatno iskorištava u dimovodnom sustavu čime se postiže visoka učinkovitost cjelokupnog procesa a time i uređaja. Izgled toga uređaja prikazan je na slici 32. a osnovne specifikacije i informacije prikazane su u tablicama 12 i 13.



Slika 32. Kondenzacijski bojler ecoTEC plus INT I 116/5-5 [10]

Tablica 12. Tehnički podaci kondenzacijskog bojlera ecoTEC plus INT I 116/5-5 [10]

(a) Ime dobavljača ili zaštitni znak	Vaillant				
(b) Oznaka modela dobavljača	VU 116/5-5 (H-INT I)				
(c) Razred energetske učinkovitosti sustava grijanja	A				
(d) Deklarirana snaga grijanja, uključivo deklarirana snaga bilo kojeg dodatnog grijača	11	kW			
(e) Energetska učinkovitost sustava grijanja	92	%			
(f) Godišnja potrošnja energije	7026	kWh	i/iii	25	GJ
(g) Snaga zvuka, unutar objekta	43	dB(A)			

Tablica 13. Specifikacije kondenzacijskog bojlera ecoTEC plus INT I 116/5-5 [10]

Specifikacije	
	VU 116/5-5
Općenito	
Razred energetske učinkovitosti na grijanju (A+++ do D)	A
Učinak na grijanju pri 80/60°C	11 kW
Najveći toplinski učinak prilikom pripreme PTV	16 kW
Normni stupanj iskorištenja	98 % (Hs) / 109 % (Hi)
Visina	720 mm
Širina	440 mm
Dubina	338 mm
Težina	33 kg
Vrsta plina	Zemni plin, ukapljeni plin

Plinski kondenzacijski bojler ecoTEC plus INT I 116/5-5 je pogodan za sve vrste grijanja te ima mogućnost kombinacije s indirektno grijanim spremnikom za pripremu tople vode, ali kako u ovom slučaju to nije projektni zadatak rad se fokusira samo na primjeni cirkulacijskog uređaja za grijanje. Uređaj karakterizira normirani stupanj iskoristivosti od 98% i modulirajuća regulirana snaga od 20 do 100%. U sklopu uređaja nalaze se pripadajući ekspanzijsko – sigurnosni sustav te nisu potrebna dodatna proračunavanja i dimenzioniranja. U uređaju su visokoučinkovita crpka, ekspanzijska posuda od 10 litara, osjetnik tlaka vode i volumne brzine protoka, sigurnosni ventil, integrirani kondenzacijski izmjenjivač topline od nehrđajućeg čelika te integrirana regulacija spremnika s preklopnim ventilom. Bojler je prikladan za novogradnje i za ugrađivanje u manje prostore pa će se ugraditi u kupaonicu stana 2 iznad perilice rublja. Odvod dimnih plinova iz plinskog uređaja izvest će se pomoću tipske dimnjače: zrako dimovoda dimenzija Ø100/Ø60 mm. Dimovod će biti pušten vertikalno kroz kat u protupožarnoj oblozi od knaufa i završit će sa završnim elementom iznad krova i sa prikladnim opšavom.

6.2. Odabir ogrjevnih i rashladnih tijela

Izbor ogrjevnih tijela odabire se prema proračunu toplinskih gubitaka. Za stan 2 odabran je dvocijevni sustav grijanja pomoću pločastih radijatora Vaillant u ventilskoj izvedbi. Prikaz pločastog ventilskog radijatora vidljiv je na 33.



Slika 33. Izgled ventilskog pločastog radijatora [10]

Radijatori su odabrani prema tehničkom katalogu Vaillant tako da pokrivaju potrebne toplinske gubitke svake prostorije s obzirom na projektnu temperaturu te prostorije i prema temperaturnom režimu 75/65 °C. U tablici 14. prikazani su toplinski učinci izabranih radijatora.

Tablica 14. Toplinski učin radijatora [10]

Toplinski učin (W)

Tip	Temp.	Visina	Jedinica	Dužina mm										
				400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	90/70/20	500	mm	424	531	637	743	849	955	1,061	1,167	1,273	1,379	1,485
	75/65/20	500	mm	332	415	497	580	663	746	829	912	995	1,078	1,161
	90/70/20	600	mm	487	609	731	853	974	1,096	1,218	1,340	1,462	1,583	1,705
11	75/65/20	600	mm	381	476	571	666	762	857	952	1,047	1,142	1,238	1,333
	90/70/20	900	mm	658	823	987	1,152	1,316	1,481	1,645	1,810	1,974		
	75/65/20	900	mm	515	644	772	901	1,030	1,158	1,287	1,416	1,544		
	90/70/20	500	mm	606	758	910	1,061	1,213	1,364	1,516	1,668	1,819	1,971	2,122
	75/65/20	500	mm	474	593	711	830	948	1,067	1,185	1,304	1,422	1,541	1,659
	90/70/20	600	mm	696	870	1,044	1,218	1,392	1,566	1,740	1,914	2,088	2,262	2,436
21	75/65/20	600	mm	544	681	817	953	1,089	1,225	1,361	1,497	1,633	1,769	1,905

Najpovoljnija pozicija za smještaj radijatora je položaj gdje se javlja najveća temperaturna razlika, a to je većinom kod vanjskih zidova, u blizini vrata ili najčešće ispod prozora stoga su se i prema tome pozicionirali radijatori. U tablici 15. navedeni su odabrani Vaillant pločasti ventilski radijatori za svaku prostoriju sa potrebnim i dobivenim toplinskim učinkom radijatora.

Tablica 15. Odabir odgovarajućeg radijatora

Oznaka prostorije	Naziv prostorije	Temperatura prostorije, [°C]	Q_n prostorije [W]	Odabrani radijator	Q_i radijatora [W]
0 - 01	Ulaz	15 °C	331 W	21/600/600	711 W
0 - 02	Hodnik/garderoba	20 °C	343 W		
0 - 03	Boravak/blagavaon.	20 °C	1408 W	21/600/1100	1497 W
0 - 04	Kuhinja	20 °C	789 W	21/600/600	817 W
0 - 05	Kupaonica	20 °C	722 W	11/600/400	381 W
1 - 01	Hodnik/stubište	20 °C	186 W	11/600/400	381 W
1 - 02	Soba	20 °C	803 W	21/600/800	1089 W
1 - 03	Garderoba	20 °C	177 W		
1 - 04	Soba	20 °C	482 W	21/600/400	544 W
1 - 05	Soba	20 °C	522 W	21/600/400	544 W
1 - 06	Kupaonica	20 °C	522 W	21/600/600	817 W

Za ispravno funkcioniranje radijatorskog sustava važno je i izabrati razdjelnik topline kojem je osnovni zadatak raspodijeliti protok vode prema svakom radijatoru. Razdjelnici topline se odabiru prema broju ogrjevnih tijela odnosno po broju potrebnih krugova. Za stan 2 potrebno je odabrati dva razdjelnika proizvođača TTO Thermotecnics: za prizemlje se odabire razdjelnik topline od 4 kruga, a za kat razdjelnik od 5 kruga. Razdjelnik topline se smješta u ugradbeni razdjelni ormarić kao što je vidljivo na slici 34. Na slici 35. je prikazan primjer izgleda TTO razdjelnika. Radijatori se spajaju na toplovodni razvod svaki pojedinačno, s polaznom i povratnom cijevi do ormarića s razdjelnicima. Ormarić je opremljen polaznim i povratnim razdjelnikom s odgovarajućim brojem priključaka za radijatore, te spojnim elementima, odzračnim ventilima i kuglastim slavinama, Cijevni razvod od ormarića do radijatora izvodi se pomoću HT višeslojne PE-RT cijevi i podu.

Regulacija temperature po prostorijama će se obavljati pomoću ugrađenih termostatskih ventila sa termostatskom glavom na svakom radijatoru. Radijatori su još opremljeni i slavinom za punjenje sistema i pražnjenje te odzračnim pipcem pomoću kojeg je omogućeno odzračivanje instalacije. Punjenje instalacije grijanja vrši se preko uređaja za punjenje ugrađenog u plinskom uređaju.



Slika 34. Razdjelni ormarić [13]



Slika 35. TTD razdjelnik [13]

Za potrebe hlađenja prostora ugraditi će se multi split sustav. Multi split sustavi se sastoje od jedne vanjske jedinice i više unutarnjih jedinica, te su namijenjeni za klimatizaciju stambenih prostora koji imaju više prostorija. Multi split uređaji automatski raspoređuju snagu vanjske jedinice prema potrebi, odnosno prema zadanoj temperaturi na svakoj unutarnjoj jedinici čime postižu i održavaju traženu temperaturu u pojedinačnoj prostoriji. Za potrebe hlađenja stana 2 izabran je multi sustav pod nazivom QUADRAL koji se sastoji od jedne vanjske jedinice i 4 unutarnje jedinice koje će biti raspoređene u prostorijama u kojima je potrebno hlađenje. Potrebna snaga unutarnjih klima jedinica odabire se na temelji površine prostorija koje je potrebno hladiti. Prema tome odabrani su klima uređaji tvrtke Samsung. Iz projekta je vidljivo da je najveća površinu za hlađenje u dnevnom boravku i tamo treba izabrati najjaču klimu, dok ostale prostorije (sobe na katu) imaju manju kvadraturu cca 12 m². Na temelju toga za hlađenje dnevnog boravka odabrana je unutarnja jedinica oznake Samsung AR12TXFCAWKNEU snage hlađenja i grijanja 3,5 kW što zadovoljava potrebe prostorije. Za hlađenje spavaćih soba na katu odabrane su 3 jednake unutarnje jedinice oznake Samsung AR07TXFCAWKNEU snage hlađenja 2 kW što je dovoljno za pokrivanje mikroklimatskih uvjeta tih prostorija. Na temelju izabranih unutarnjih jedinica odabire se potrebna vanjska jedinica prema katalogu proizvođača, te je za taj slučaj potrebna vanjska jedinica oznake Samsung AJ080TXJ4KG/EU učina hlađenja 8 kW, a grijanja 9,3 kW. Vanjska jedinica multi split sustava kao što i već ime govori, namijenjena je za vanjsku montažu s time da je i dodatno zaštićena od vanjskih utjecaja. Opremljena je kompresorom, zrakom hlađenim kondenzatorom i isparivačem koji predaje toplinu te svim potrebnim elementima za zaštitu, kontrolu i regulaciju uređaja. Vanjska jedinica će se ugraditi na betonsko postolje kako je prikazano grafičkim dijelom projekta. Izgled vanjske jedinice oznake Samsung AJ080TXJ4KG/EU prikazan je na slici 36. a neke osnovne specifikacije vidljive su na slici 37.



Slika 36. Samsung AJ080TXJ4KG/EU [14]

SAMSUNG KLIMA UREĐAJ AJ080TXJ4KG/EU

Kapacitet (hlađenje, kW) 8,0 kW

Kapacitet (grijanje, kW) 9,0 kW

Klasa energetske učinkovitosti za hlađenje (ocjena) A ++

SEER (W / W, Energetska oznaka) 6,74

Pdesign hlađenje 7,3 kw

Klasa energetske učinkovitosti za grijanje (ocjena) A +

Pdesign grijanje 5,9 kw

SCOP 4,1 kw

Instalacijski limiti

Duljina cijevi (ukupna/OI-IU max) 70/25 m

Visinska razlika (ukupna/OU-IU max) 15/7,5 m

Dimenzije (V x Š x D) 798 x 880 x 310

Razmak između nosača 661 mm

Težina 58 kg

Razina zvučne tlaka (hlađenje) 48 dBA

Razina zvučne tlaka (grijanje) 50 dBA

Radno područje (hlađenje, °C) -10 ~ 46 °C

Radno područje (grijanje, °C) -15 ~ 24 °C

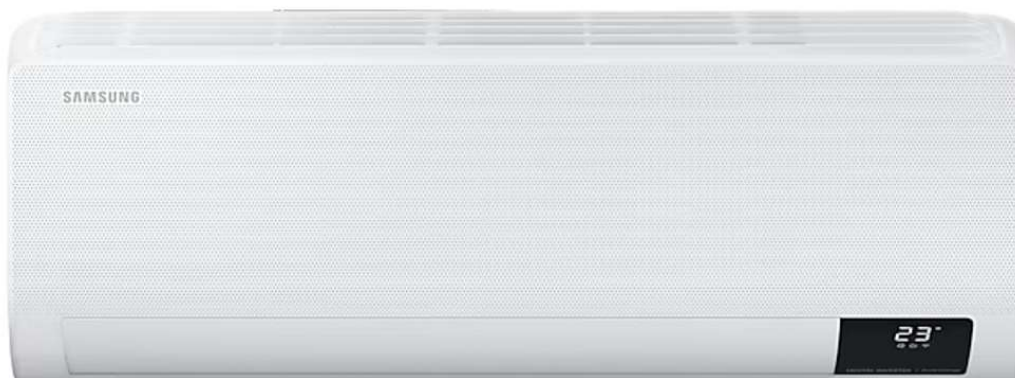
Broj spojivih jedinica 4

Ukupna dužina cjevovoda 70 m

Radna tvar (tip/punjenje/GWP) R32/2/1,35

Slika 37. Specifikacije klima uređaja Samsung AJ080TXJ4KG/EU [14]

Unutarnja jedinica je zidne izvedbe sa maskom koja je opremljena ventilatorom, trobrzinskim elektromotorom, izmjenjivačem topline s direktnom ekspanzijom freona te sa svim potrebnim elementima za zaštitu, kontrolu i regulaciju uređaja i temperature. Taj tip uređaja je u tako zvanoj „Wind-Free Cooling“ izvedbi što znači da ugodno održava prostoriju hladnom. Opcija Wind-Free neutralizira izravni propuh raspršujući zrak pomoću 23000 mikro rupica koje se nalaze na uređaju čime se ljudi nikad ne moraju nositi s neugodnim osjećajem hladnog propuha na njihovoj koži. To rezultira s „mirnim zrakom“ u okruženju s vrlo niskom brzinom zraka i ograničenom bukom. Također primjenom takvih uređaja troši se 77% manje energije tako da se ljudi mogu hladiti uz smanjenje troškova za energiju. U uređaju se nalazi i integrirani Wi-Fi koji omogućava upravljanje temperaturom i u bilo koje vrijeme i s bilo koje udaljene lokacije. Dodatna prednost tih uređaja je i njegov senzor pokreta koji očitava kretanje ljudi te tako izbjegava direktno puhanje zraka prema njima, te filter zraka pod nazivom Easy Filter Plus. Taj filter se nalazi na vrhu jedinice čime je osigurano lakše uklanjanje i čišćenje, bez potrebe otvaranjem poklopca što je slučaj kod ostalih uređaja. Filter je premazan posebnim premazom i ima gustu mrežicu što je jako djelotvorno za hvatanje prašine i zaštitu od onečišćenja zraka. Prikaz unutarnje jedinice oznake Samsung AR07TXFCAWKNEU prikazan je na slici



Slika 38. Unutarnja klima jedinica Samsung AR07TXFCAWKNEU [14]

U tablici 16. prikazane se osnovne specifikacije unutarnjih klima jedinica iz kataloga proizvođača.

Tablica 16. Specifikacija unutarnjih klima jedinica [14]

Energetska učinkovitost		Set		AR09TXFCAWKNEU AR09TXFCAWKXEU	AR12TXFCAWKNEU AR12TXFCAWKXEU
Rashladni učin	Min/Max		kw	0,9 / 3,35	0,9 / 4,0
Učin grijanja	Min/Max		kw	0,9 / 4,5	0,9 / 5,0
Prikjučna snaga	Hlađenje	Nom	kw	0,7	1,22
	Grijanje	Nom	kw	0,84	0,94
Sezonska učinkovitost u skladu sa EN14825	Hlađenje	Oznaka ener. učinkovitosti	kw	2,5	3,5
		Pdesign _c		6,7	6,5
		SEER		131	188
	Grijanje	God. potrošnja energije	kWh		
		Oznaka ener. učinkovitosti			A+
		Pdesign _h	kw	2,1	2,2
SCOP		3,81	3,72		
Godišnja potrošnja energije	kWh	735	770		
Tehnički podaci		Unutrašnja jedinica		AR09TXFCAWKNEU	AR12TXFCAWKNEU
EAN/UPC				8806090220623	8806090197611
Dimenzije		visina*širina*dubina	mm	820 x 299 x 215	
Filter zraka	Vrsta	Easy filter +		Promj	
Razina zvučnog tlaka	Hlađenje	Visoki/Tihi način rada	dBA	37 / 19	38 / 19
	Grijanje	Visoki/Tihi način rada	dBA	37 / 19	38 / 19
Tehnički podaci		Vanjska jedinica		AR09TXFCAWKXEU	AR12TXFCAWKXEU
EAN/UPC				8806090220630	8806090197628
Dimenzije		visina*širina*dubina	mm	660 x 475 x 242	
Razina zvučnog tlaka	Hlađenje		dBA	46	47
	Grijanje		dBA	46	47
Radno područje	Hlađenje		°CDB		
	Grijanje		°CWB		
Radna tvar	Tip/Punjenje/GWP	Punjenje:	kg/TCO _{eq}	R32 / 0,70 / 0,74	
Instalacijski limiti	Duljina cijevi	OU-IU Max / bez dopune	m	15/5	
	Visinska razlika	IU-OU Max	m	8	
*Za duljine cijevi veće od 5 metara, obvezno dodati 15g plina po metru dužine cijevi, nakon vakumiranja					
Dimenzije cijevi	Plinska faza		mm (in)	6,35 (1/4)	
	Kapljevita faza		mm (in)	9,52 (3/8)	

Cijevni razvod instalacije hlađenja od vanjske jedinice do unutarnjih jedinica vršit će se tvornički predizoliranim bakrenim cijevima u kolutu koje su i predviđene za takvu vrstu instalacije. One moraju biti s unutrašnje strane odmašćene, a prije ugradnje propuhane. Cijevi se spajaju tvrdim lemljenjem u zaštitnoj atmosferi inertnog plina, a kao dodatni materijal koristi se srebro. Dimenzije razvoda instalacije određuje proizvođač klima uređaja, a za ovaj tim uređaja potrebna je dimenzija cijevi od 1/4“ za plinsku fazu i 3/8“ za kapljevitu fazu. Cijevni razvod hlađenja vodit će se po podu prostorije, u zidu i po fasadi objekta, gdje će se paralelno sa cijevima voditi kabel za međuvezu. Odvod kondenzata sa unutarnjih jedinica izvest će se iz plastičnih PP cijevi koje će se voditi po podu prostorije i ispustiti u bliži odvod ili po fasadi u upojni bunar pokraj objekta. U grafičkom dijelu projekta nalazi se prikaz vanjske i unutarnjih split jedinica te njihov razvod.

Za radnu tvar se koristi nova radna tvar R32 koja ima znatno manji učinak na globalne klimatske promjene u odnosu na fluoriniranim plinovima (kao npr. R410A). Radna tvar R32 pred značajnog manjeg potencijala globalnog zagrijavanja također ima bolji prijenos toplinskih opterećenja što znači da ima 60% veći učin naspram uređaja koji koriste R410 kao radnu tvar. R32 je jedno komponentna radna tvar pa se punjenje i dopunjavanje može izvoditi i u plinovitom i tekućem stanju, te se može rekuperirati, reciklirati i ponovno koristiti. Također R32 ima bolju sposobnost izmjene topline te je u klima uređaju potrebna manja količina radne tvari za ostvarivanje istog kapaciteta hlađenja ili grijanja.

Regulacija temperature prostorija vrši se pomoću daljinskih upravljača koji dolazi sa klima uređajem. Izgled daljinskog upravljača je prikazan na slici 39.



Slika 39. Daljinski upravljač unutarnjih klima jedinica Samsung AR07TXFCawkneu [14]

6.3. Odabir regulacije

Za regulaciju stana 2 odabran je sobni termostat calorMatic 370 koji će se montirati u prostoriju dnevnog boravka te će upravljati plinskim uređajem, dok će se regulacija sobne temperature vršiti pomoću termostatskih glava. Osnovna karakteristika tog termostata je da se koristi za regulaciju sustava grijanja u ovisnosti o sobnoj temperaturi, te se sastoji od LC displeja čiji prikaz je s plavim pozadinskim osvjetljenjem za programiranje, prikazom temperatura i ostalih funkcija. Prednost toga termostata je mogućnost programiranja i definiranja do 3 vremenska programa grijanja prostora po danu, i to za svaki dan u tjednu, što omogućava bezbrižno automatsko upravljanje željenom temperaturom. Na slici je prikazan izgled termostata calorMatic 370.



Slika 40. Sobni termostat calorMatic 370 (VRT 370) [10]

7. Analiza troškova grijanja i hlađenja

Na kraju rada provedena je analiza godišnjih troškova energije između oba stana, odnosno dva različita sustava. Prvi sustav kao izvor za grijanje i hlađenje koristi dizalicu topline zrak voda, a drugi sustav kao izvor za grijanja grijanje koristi kondenzacijski bojler s pogonom na prirodni plin, a hlađenje se vrši preko rashladnih jedinica. U analizi će se samo bazirati u smislu ekonomske usporedbe za pogonske godišnje troškove između ta dva sustava. Kako bi se mogli analizirati godišnji troškovi prvo je potrebno odrediti potrebnu toplinsku energiju za grijanje i za hlađenje.

7.1. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za stan 1 i stan 2

Proračun potrebne godišnje toplinske energije za grijanje i hlađenje za cijelu godinu određuje se prema normi HRN EN ISO 13790. Postoji godišnja, mjesečna i satna metoda proračuna za potrebnu toplinsku energiju, a u radu je proračun izvršen primjenom mjesečne metode. Proračun za ovaj rad napravljen je u računalnom programu „KI Expert Plus“ koji prati Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora prema navedenoj normi uvažavajući sve potrebne meteorološke podatke za lokaciju objekta, sastav zidova te unutarnje projektne temperature. Norma se temelji na principu zbrajanja ukupnih toplinskih gubitaka i dobitaka toplinske energije tijekom cijele godine za potrebe grijanja (zimi) i za period kad je potrebno hlađenje (ljeti).

Energija potrebna za grijanje tijekom jedne godine primjenom mjesečne metode dobiva se pomoću slijedećeg izraza (21):

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad , [\text{kWh}] \quad (21)$$

Gdje su:

$Q_{H,nd}$ – energija za grijanje tijekom cijele godine [kWh]

$Q_{H,ht}$ – gubici topline tijekom cijele godine [kWh]

$\eta_{H,gn}$ – stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka kod grijanja [-]

$Q_{H,gn}$ – dobitci topline tijekom cijele godine [kWh]

Energija potrebna za hlađenje tijekom jedne godine dobiva se pomoću slijedećeg izraza (22):

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht} \quad , [\text{kWh}] \quad (22)$$

Gdje su:

$Q_{C,nd}$ – energija za hlađenje tijekom cijele godine [kWh]

$Q_{C,gn}$ – sveukupni toplinski dobitci objekta u periodu hlađenja kroz godinu [kWh]

$\eta_{C,ls}$ – stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka kod hlađenja [-]

$Q_{C,ht}$ – ukupna izmijenjena toplinska energija u periodu hlađenja [kWh]

Pomoću računalnog programa „KI ekspert Plus“ proračunata je potrebna godišnja energija za grijanje i hlađenje stambene zgrade na području Varaždina. Stambena zgrada računata je kao jedna zona samo za stan 1. a osnovni podaci o stambenoj zgradi (stan 1) vidljivi su u tablici. 17.

Tablica 17. Osnovni podaci o zgradi – Stan 1

Oplošje grijanog dijela zgrade, A [m ²]	175,76 m ²
Obujam grijanog dijela zgrade V _e [m ³]	276,64 m ³
Obujam grijanog zraka, V [m ³]	276,64 m ³
Faktor oblika zgrade, f ₀ [m ⁻¹]	0,92 m ⁻¹
Ploština korisne površine, A _K [m ²]	106,4 m ²
Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računate s vanjskim dimenzijama, A _f [m ²]	143,9 m ²
Ukupna ploština pročelja, A _{uk} [m ²]	181,48 m ²
Ukupna ploština prozora, A _{wuk} [m ²]	27,77 m ²

Nakon definiranja osnovnih podataka o stambenoj zgradi potrebno je odrediti koeficijente prolaza topline i površine različitih tipova zidova, stropa i poda. Nakon toga potrebno je razdvojiti sve vrste otvora s površinama i razvrstati ih prema orijentaciji. U tablici 18 prikazane su sve potrebne površine s koeficijentima prolaza topline, a u tablici 19. prikazani su tipovi i površine otvora s odogovarajućom orijentacijom i brojem otvora za stan 1. Površine građevnih elemenata i otvora su jednake za stan 2 jedino je orijentacija otvora drugačija što je vidljivo u tablici 20.

Tablica 18. Podaci o građevnim elementima

Naziv građevnog dijela	Površina, A [m ²]	Koeficijent prolaza topline, U [W/m ² K]
Vanjski zid VZ1	67,56	0,19
Pod prema tlu PT2	54,30	0,28
Međukatna konstrukcija MK3	52,14	0,16
Unutarnji zid UZ1	50,96	0,41

Tablica 19. Podaci o otvorima za zgradu – stan 1

Tip otvora	Koefi. Toplinske provodljivosti otvora, U _w [W/m ² K]	Površina otvora A _w , [m ²]	Orijentacija	Broj otvora, n
Prozor 100/220	1,80	2,2	Sjever	2
Prozor 160/220	1,80	3,52	Zapad	1
Prozor 170/220	1,80	3,74	Jug	1
Staklena stijena 360/220	1,80	7,92	Zapad	1
Vanjska vrata 110/220	2,05	2,42	Jug	1
Prozor 210/160	1,80	3,36	Sjever	1
Prozor 160/130	1,80	2,08	Zapad	2
Balkonska vrata 180/210	1,80	3,78	Zapad	1
Prozor 90/130	1,80	1,17	Jug	1

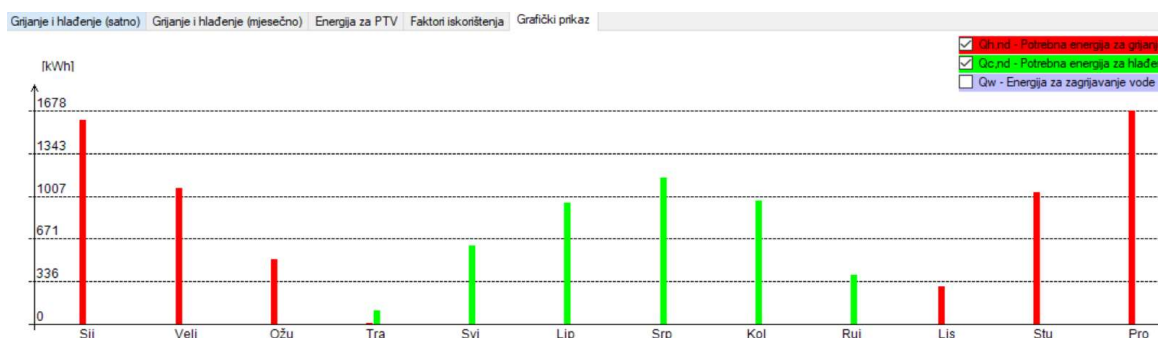
Tablica 20. Podaci o otvorima za zgradu – stan 2

Tip otvora	Koefi. Toplinske provodljivosti otvora, U_w [W/m ² K]	Površina otvora A_w , [m ²]	Orijentacija	Broj otvora, n
Prozor 100/220	1,80	2,2	Sjever	2
Prozor 160/220	1,80	3,52	Istok	1
Prozor 170/220	1,80	3,74	Jug	1
Staklena stijena 360/220	1,80	7,92	Istok	1
Vanjska vrata 110/220	2,05	2,42	Jug	1
Prozor 210/160	1,80	3,36	Sjever	1
Prozor 160/130	1,80	2,08	Istok	2
Balkonska vrata 180/210	1,80	3,78	Istok	1
Prozor 90/130	1,80	1,17	Jug	1

Na temelju tih svih definiranih građevnih elemenata, karakteristike objekata i otvora s pripadajućom orijentacijom pomoću računalnog programa KI Ekspert Plus dobiveni su rezultati potrebne energije za grijanje i hlađenje objekta. U tablici 21. prikazani su rezultati za potrebnu energiju grijanja i hlađenja za stan 1, a na slici 41. je dijagramski prikazana potrebna energija za grijanje i hlađenje stana 1.

Tablica 21. Potrebna energija za grijanje i hlađenje stana 1 [18]

Mjesec	Q H.nd,m [kWh]	Q C.nd,m [kWh]	d use,tj [dan]	d [dan]	Q H.nd,day [kWh]	Q Tr,H [kWh]	Q Ve,H [kWh]	Q int [kWh]	Q sol [kWh]
Siječanj	1606,47	0,00	7	31,00	51,82	1961,47	565,34	395,81	485,06
Prosinac	1678,46	0,00	7	31,00	54,14	1937,70	553,81	395,81	373,24
Studen	1039,33	0,00	7	30,00	34,64	1574,30	390,43	383,04	518,45
Listopad	297,45	0,00	7	31,00	9,60	1347,82	268,08	395,81	959,73
Ožujak	516,40	0,00	7	31,00	16,66	1602,50	391,79	395,81	1108,33
Veljača	1070,06	0,00	7	28,00	38,22	1673,46	463,33	357,50	690,66
Travanj	13,25	110,03	7	30,00	0,63	1273,76	245,13	383,04	1345,12
Rujan	0,00	391,84	7	30,00	0,00	1028,15	125,53	383,04	1328,98
Lipanj	0,00	961,67	7	30,00	0,00	817,00	11,51	383,04	1598,82
Svibanj	0,00	620,34	7	31,00	0,00	1021,93	109,66	395,81	1551,57
Kolovoz	0,00	972,80	7	31,00	0,00	771,52	-14,53	395,81	1547,40
Srpanj	0,00	1159,46	7	31,00	0,00	728,55	-34,83	395,81	1682,50
UKUPNO =	6221,43	4216,14					3124,62		

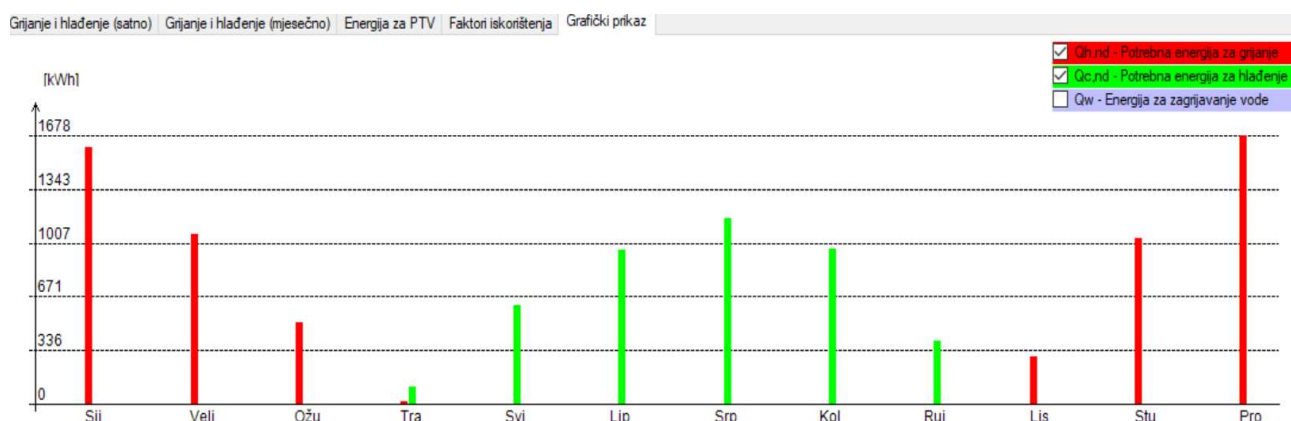


Slika 41. Prikaz potrebne energije za grijanje i hlađenje stana 2 [18]

Isto tako unosom istih definiranih građevnih elemenata i otvora s drugačijom orijentacijom dobiveni su rezultati potrebne godišnje energije za grijanje i hlađenje stana 2 koji su vidljivi u tablici 22., dok je na slici 42. dijagramski prikazana potrebna energija za grijanje i hlađenje stana 2.

Tablica 22. Potrebna energija za grijanje i hlađenje stana 2 [18]

Mjesec	Q _{H,nd,m} [kWh]	Q _{C,nd,m} [kWh]	d use,tj [dan]	d [dan]	Q _{H,nd,day} [kWh]	Q _{Tr,H} [kWh]	Q _{Ve,H} [kWh]	Q _{int} [kWh]	Q _{sol} [kWh]
Siječanj	1606,43	0,00	7	31,00	51,82	1961,47	565,34	395,81	485,10
Veljača	1067,94	0,00	7	28,00	38,14	1673,46	463,33	357,50	690,60
Ožujak	516,03	0,00	7	31,00	16,65	1602,50	391,79	395,81	1108,29
Travanj	19,04	113,59	7	30,00	0,91	1273,76	245,13	383,04	1345,08
Svibanj	0,00	623,94	7	31,00	0,00	1021,93	109,66	395,81	1551,64
Lipanj	0,00	964,25	7	30,00	0,00	817,00	11,51	383,04	1598,82
Srpanj	0,00	1161,07	7	31,00	0,00	728,55	-34,83	395,81	1682,46
Kolovoz	0,00	975,38	7	31,00	0,00	771,52	-14,53	395,81	1547,37
Rujan	0,00	395,18	7	30,00	0,00	1028,15	125,53	383,04	1329,05
Listopad	298,69	0,00	7	31,00	9,64	1347,82	268,08	395,81	959,62
Studeni	1039,35	0,00	7	30,00	34,65	1574,30	390,43	383,04	518,42
Prosinac	1678,39	0,00	7	31,00	54,14	1937,70	553,81	395,81	373,31
UKUPNO =	6225,88	4233,40					3124,62		



Slika 42. Prikaz potrebne energije za grijanje i hlađenje stana 2 [18]

Radi lakšeg snalaženja i kasnijeg izračuna, u tablici 23. prikazana je sveukupna godišnja potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje sa svaki stan, te dodatno prikazana potrebna energija po m² korisne površine objekta koja iznosi 106,4 m².

Tablica 23. Potrebna energija za grijanje i hlađenje po m² površine

	STAN 1	STAN 2
Q _{H,nd} [kWh/a]	6221,43	6225,88
Q'' _{H,nd} [kWh/m ² a]	58,47	58,51
Q _{C,nd} [kWh/a]	4216,14	4233,40
Q'' _{C,nd} [kWh/m ² a]	39,63	39,79

7.2. Proračun godišnjih pogonskih troškova dizalice topline za stan 1

Kod dizalice topline isplativost se nalazi u njezinom COP koeficijentu. COP označava omjer pretvorbe električne energije u toplinsku energiju pa tako odabrana dizalica Viessmann Vitocall 111-S ima faktor grijanja COP 3,3. To znači da dizalica topline pretvara 1 kWh električne energije u 3,3 kWh toplinske energije.

Cijene električne energije uzeta je za plavu tarifu koja je vidljiva u tablici 24. preuzete sa službenih stranica HEP operatera distribucijskog sustava. Cijena električne energije iznosi 0,59 kn/kWh.

Tablica 24. Tarifne stavke za opskrbu kupaca kategorije kućanstvo u sustavu javne usluge [15]

Kategorija		Tarifni model	Tarifni element							
			Radna energija [kWh]						Naknada za opskrbu [Mjesec]	
			JT		VT		NT			
			Tarifne stavke							
		EUR	HRK	EUR	HRK	EUR	HRK	EUR	HRK	
Kućanstvo	Niski napon	Plavi	0,070276 (0,079412)	0,529495 (0,598329)	-	-	-	-	0,982 (1,110)	7,399 (8,361)
		Bijeli	-	-	0,074789 (0,084512)	0,563498 (0,636753)	0,036697 (0,041468)	0,276494 (0,312438)	0,982 (1,110)	7,399 (8,361)
		Crveni	-	-	0,074789 (0,084512)	0,563498 (0,636753)	0,036697 (0,041468)	0,276494 (0,312438)	0,982 (1,110)	7,399 (8,361)
		Crni	0,029000 (0,032770)	0,218501 (0,246906)	-	-	-	-	0,053 (0,060)	0,399 (0,451)

* Iznosi u zgradama prikazuju jedinične cijene uvećane za PDV (stopa 13%, u primjeni od 1. 1. 2017.)

Uzimajući u obzir prosječnu cijenu električne energije koja iznosi 0,59 kn/kWh za kućanstvo dolazi se do podatka za ukupne godišnje pogonske troškove dizalice topline za stan 1 koji su prikazani u tablici 25.

Tablica 25. Godišnji pogonski troškovi dizalice topline za stan 1

Dizalica topline zrak- voda	Grijanje	Hlađenje	Ukupno
Godišnja potrebna energija [kWh]	6221,43 kWh	4216,14 kWh	
Stupanj djelovanja	3,3	3,8	
Utrošak energenta [kWh]	1885,28 kWh	1109,51 kWh	
Cijena energenta [kn/jed]	0,59 kn/kWh	0,59 kn/kWh	
Godišnji pogonski troškovi [kn/god]	3195,39 kn/god	654,61 kn/god	3850,00 kn/god
Godišnji pogonski troškovi [eur/god]	424,10 eur/god	86,88 eur/god	510,98 eur/god

Iz tablice 25. vidljivo je da će ukupni godišnji pogonski troškovi za grijanje i hlađenje stana 1 pomoću dizalice topline zrak-voda iznositi 3850 kn .

7.3. Proračun godišnjih pogonskih troškova stana 2

Za grijanje stana 2 izabran je plinski kondenzacijski uređaj ecoTEC plus INT I 116/5-5 učinka na grijanju pri 80/60°C od 11 kW sa stupnjem učinkovitosti sustava grijanja od 96 %.

Godišnja potrošnja zemnog plina za grijanje objekta izračunava se pomoću izraza (23) :

$$B_{PP,GRIJ} = \frac{Q_{H,nd}}{H_d \cdot \eta_K \cdot \eta_{gub.}} \quad , \text{ [m}^3/\text{god]} \quad (23)$$

$Q_{H,nd}$ – ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje građevine [kWh]

H_d – donja ogrjevna vrijednost zemnog plina [kWh/m³] = 9,26 kWh/m³

η_K – stupanj iskorištenja plinskog uređaja kod grijanja = 0,98

η_K – stupanj djelovanja instalacije, gubici pri prijenosu topline = 0,96

Uvrštavanjem potrebne godišnje energije za grijanje stana 2 od 6225,88 kWh dobiva se ukupna godišnja potrošnja zemnog plina koja iznosi 714,648 m³/god.

$$B_{PP,GRIJ} = \frac{6225,88}{9,26 \cdot 0,98 \cdot 0,96} = 714,648 \text{ m}^3/\text{god}$$

Sukladno Zakonu iz 2012. godine propisano je Općim uvjetima za opskrbu prirodnim plinom i Pravilnikom o organizaciji tržišta prirodnim plinom da se obračun isporučene količine plina izražava u kunama po kWh, umjesto dotadašnjeg obračuna u kunama po m³. Prema tome potrebno je preračunati ukupnu godišnju potrošnju zemnog plina u kWh. Kako je **1 m³ ≈ 10,55 kWh** iz toga slijedi da je ukupna godišnja potrošnja zemnog plina jednaka **7539,54 kWh/god**

Cijena plina definirana je distributerom opskrbe plina Termoplin d.o.o. preuzeto s službenih internetskih stranica. Odabran je tarifni model TM2 prikazan na slici s krajnjom cijenom od 0,4509 HRK/kWh kao što je vidljivo na slici 43.

Vrsta tarifne stavke	Oznaka tarifne stavke	Tarifni model	TROŠAK NABAVE PLINA	TROŠAK DISTRIBUCIJE PLINA	TROŠAK OPSKRBE PLINOM	KRAJNJA CIJENA OPSKRBE PLINOM – bez PDV-a	Mjerna jedinica
Tarifna stavka za isporučenu količinu plina – za razdoblje od 1. lipnja do 31. prosinca 2023.	Ts1	TM1	0,0476 (0,3586)	0,0047 (0,0355)	0,0075 (0,0568)	0,0598 (0,4509)	EUR/kWh (HRK/kWh)
		TM2		0,0047 (0,0355)		0,0598 (0,4509)	EUR/kWh (HRK/kWh)
		TM3		0,0038 (0,0284)		0,0589 (0,4438)	EUR/kWh (HRK/kWh)
		TM4		0,0035 (0,0267)		0,0586 (0,4421)	EUR/kWh (HRK/kWh)
		TM5		0,0033 (0,0249)		0,0584 (0,4403)	EUR/kWh (HRK/kWh)
		TM6		0,0031 (0,0231)		0,0582 (0,4385)	EUR/kWh (HRK/kWh)
		TM7		0,0028 (0,0213)		0,0579 (0,4367)	HRK/kWh (EUR/kWh)
		TM8		0,0026 (0,0196)		0,0577 (0,4350)	EUR/kWh (HRK/kWh)
		TM9		0,0019 (0,0142)		0,0570 (0,4296)	HRK/kWh (EUR/kWh)
		TM10		0,0014 (0,0106)		0,0565 (0,4260)	EUR/kWh (HRK/kWh)
		TM11		0,0009 (0,0071)		0,0560 (0,4225)	EUR/kWh (HRK/kWh)
		TM12		0,0005 (0,0035)		0,0556 (0,4189)	EUR/kWh (HRK/kWh)

Slika 43. Tarifne stavke za cijenu plina [16]

Za hlađenje stana 2 odabran je multi split sustav oznake Samsung AR12TXFCAWKNEU čiji se pogonski troškovi računaju na isti način kao i prethodna dizalica topline za stan 1 s razlikom što je kod klima uređaja definiran sezonski stupanj djelovanja SEER od 6,7. Kako bi se izračunali godišnji pogonski troškovi potrebno je dobiti nazivni faktor hlađenja EER koji se dobiva pomoću izraza (24):

$$EER_{rated} = \frac{P_{dc}}{P_{EER}} \quad (24)$$

P_{dc} – prijavljeni kapacitet hlađenja [kW] = 8 kW

P_{EER} – ulazna snaga za hlađenje [kW] = 2,5 kW

Uvrštavanjem vrijednosti za odabrani multi split sustav dobiva se stupanj djelovanja EER od 3,2.

U tablici 26. prikazani su ukupni godišnji troškovi za grijanje stana 2 pomoću plinskog uređaja i hlađenje pomoću klima uređaja.

Tablica 26. Godišnji pogonski troškovi za stan 2

Stan 2	Grijanje – plinski uređaj	Hlađenje – klima uređaj	Ukupno
Godišnja potrebna energija [kWh]	6225,88 kWh	4233,40 kWh	
Stupanj djelovanja	0,98	3,3	
Donja ogrjeva vrijednost goriva kWh po mj.jed.	9,26 kWh/m ³		
Utrošak energenta	7539,54 kWh	1282,85 kWh	
Cijena energenta [kn/jed]	0,45 kn/kWh	0,59 kn/kWh	
Godišnji pogonski troškovi [kn/god]	3392,79 kn/god	756,88 kn/god	4149,67 kn/god
Godišnji pogonski troškovi [eur/god]	450,30 eur/god	100,46 eur/god	550,76 eur/god

Iz tablice 26. vidljivo je da će ukupni godišnji pogonski troškovi za grijanje i hlađenje stana 2 iznositi 4149,67 kn .

7.4. Usporedba sustava grijanja i hlađenja

U tablici 27. prikazana je usporedba oba dva sustava grijanja gdje je vidljivo da je sustav s dizalicom topline zrak voda jeftiniji za 300 kn/godišnje u odnosu na klasični sustav s prirodnim plinom i multi split sistemom. Pri analizi nije uzeta u obzir potrošnja vode.

Tablica 27. Usporedba oba sustava grijanja i hlađenja za stan 1 i stan 2

	Godišnji pogonski troškovi [kn/god]	Godišnji pogonski troškovi [eur/god]
Stan 1 – dizalica topline zrak-voda	3850,00 kn/ god	510,98 eur/god
Stan 2 – plinski uređaj i klima uređaj	4149,67 kn/god	550,76 eur/god
Razlika	299.67 kn/god	39,78 eur/god

8. Zaključak

Zadatak ovog diplomskog rada je bio projektirati grijanje i hlađenje stambenog objekta – dva stana, primjenom različitih izvora energije. Za optimalno dimenzioniranje navedenih sustava prvo su provedeni svi potrebni proračuni u skladu sa svim važećim normama i pravilnicima te u skladu s pravilima struke. Pomoću računalnog programa „Integra Cad“ proveden je proračun toplinskih opterećenja objekta prema vanjskoj projektnoj temperaturi te je prema tome izabran sustav, dimenzionirana su ogrjevna tijela, razvod i pripadna oprema za svaki stan pojedinačno. Sukladno tome izrađene su funkcionalne sheme i grafički prikazi. Kod odabira komponenata posebna pozornost se obraćala kako korištena oprema ne bi bila poddimenzionirana ili predimenzionirana te kako bi se omogućio pravilan rad sa što manjim pogonskim troškovima. Na kraju je pomoću računalnog programa „KI Expert Plus“ dobivena potrebna godišnja potrošnja energije za oba dva stana kako bi se moglo analizirati oba dva sustava.

Dobivenom analizom utvrđeno je da su godišnji pogonski troškovi dizalicom topline manji u odnosu na klasični sustav s pogonom na prirodni plin čime se može zaključiti da primjena sustava s dizalicom topline pruža visoku razinu toplinske ugodnosti i samim time uštedu energije i veću energetska efikasnost cjelokupnog sustava.

U Varaždinu, 23.06.2023.

Igor Pintarić

Literatura

- [1] Skupina autora: Priručnik za energetska certificiranje zgrada, Zagreb, 2010
- [2] B. Labudović, Osnove primjene dizalica topline, Zagreb: Energetika marketing, 2009
- [3] B. Labudović, Obnovljivi izvori energije, Zagreb: Energetika marketing, 2002
- [4] B. Pavković, Radni procesi i toplinski izvori za dizalice topline, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2006.
- [5] Sustavi grijanja u zgradarstvu: Metode proračuna toplinskog opterećenja prema HRN EN 12831, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2006.
- [6] A. Galović, Termodinamika II, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2003.
- [7] RIELLO, Tehničko prodajni katalog, 2021
- [8] MC Solar – web aplikacija, s interneta, <https://mcsolar.hr/toplinske-pumpe/>
- [9] Viessmann – web aplikacija, s interneta, <https://viessmann.hr/>
- [10] Vaillant – web aplikacija, s interneta, <https://vaillant.hr/>
- [11] Petrokov– web aplikacija, s interneta, <https://petrokov.hr/>
- [12] Fero-Term – web aplikacija, s interneta, <https://fero-term.hr/>
- [13] Thermotechnik – web aplikacija, s interneta, <https://thermotechnik.hr/>
- [14] Klimakoncept – web aplikacija, s interneta, <https://klimakoncept.hr/>
- [15] HEP– web aplikacija, s interneta <https://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/>
- [16] Termoplin– web aplikacija, s interneta – <https://www.termoplin.com/>
- [17] Programski paket za proračun – Integra Cad
- [18] Programski paket za proračun – KI Expert Plus

Popis slika

Slika 1. Međusobna zavisnost PMV i PPD indeksa [1]	2
Slika 2. Lijevoekretni kružni proces [2]	4
Slika 3. Lijevoekretni kružni proces u T,S dijagramu [2]	5
Slika 4. Usporedba procesa dizalice topline i rashladnog uređaja [2]	5
Slika 5. Pojednostavljeni izgled dizalice topline [2]	7
Slika 6. Prikaz krivulja isparivača i kompresora te radne točke Q-θ dijagramom [2].....	8
Slika 7. Monovalentni način rada dizalice topline [1]	12
Slika 8. Bivalentno paralelni način rada dizalice topline [1].....	13
Slika 9. Bivalentno alternativni način rada dizalice topline [1].....	14
Slika 10. Kvalitativan prikaz djelotvornosti i raspoloživosti izvora topline [1].....	15
Slika 11. Dizalica topline zrak-voda [1]	16
Slika 12. Komponente dizalice topline u ciklusu grijanja [8]	16
Slika 13. Komponente dizalice topline u ciklusu hlađenja [8]	17
Slika 14. Dizalica topline voda-voda s podzemnim vodama kao izvor topline [1].....	18
Slika 15. Dizalica topline tlo-voda s toplinskim kolektorom [1]	19
Slika 16. Dizalica topline tlo-voda s toplinskom sondom [1]	19
Slika 17. Tlocrt prizemlja – stan 1	23
Slika 18. Tlocrt kata – stan 1	24
Slika 19. Tlocrt prizemlja – stan 2.....	25
Slika 20. Tlocrt kata – stan 2	26
Slika 21. Pročelja zgrade	27
Slika 22. Slojevi konstrukcija	27
Slika 23. Transmisijski toplinski gubici [1].....	32
Slika 24. Izgled dizalice topline VIESMMAN Vitocal 111-S [9].....	40
Slika 25. Prikaz unutarnje jedinice VIESMMAN Vitocal 111-S [9]	40
Slika 26. VIESMMAN Vitocal 111-S [9]	41
Slika 27. Izgled podnog ventilokonvektora DESIGN S Inverter [7].....	42
Slika 28. Dimenzije podnog ventilokonvektora DESIGN S Inverter [7]	43
Slika 29. Izgled regulacije ventilokonvektora DESIGN S Inverter [11].....	44
Slika 30. Kupaonski radijator Termabad 1200/450 [12]	44
Slika 31. Regulacija dizalice topline Vitotronic 200 [9]	45
Slika 32. Kondenzacijski bojler ecoTEC plus INT I 116/5-5 [10].....	46
Slika 33. Izgled ventilskog pločastog radijatora [10]	48
Slika 34. Razdjelni ormarić [13].....	50

Slika 35. TTO razdjelnik [13].....	50
Slika 36. Samsung AJ080TXJ4KG/EU [14]	51
Slika 37. Specifikacije klima uređaja Samsung AJ080TXJ4KG/EU [14]	52
Slika 38. Unutarnja klima jedinica Samsung AR07TXFCAWKNEU [14]	52
Slika 39. Daljinski upravljač unutarnjih klima jedinica Samsung AR07TXFCAWKNEU [14] ..	54
Slika 40. Sobni termostat calorMatic 370 (VRT 370) [10]	54
Slika 41. Prikaz potrebne energije za grijanje i hlađenje stana 2 [18].....	57
Slika 42. Prikaz potrebne energije za grijanje i hlađenje stana 2 [18].....	58
Slika 43. Tarifne stavke za cijenu plina [16]	60

Popis tablica

Tablica 1. Radne tvari [4]	11
<i>Tablica 2. Unutarnja projektna temperatura prostorija</i>	<i>28</i>
Tablica 3. Koeficijenti prolaza topline [17].....	29
Tablica 4. Koeficijenti prolaza topline [17].....	30
Tablica 5. Koeficijenti prolaza topline [17].....	31
<i>Tablica 6. Toplinska bilanca stana 1 (prizemlje i kat) [17]</i>	<i>34</i>
Tablica 7. Toplinska bilanca stana 2 (prizemlje i kat) [17]	34
Tablica 8. Rekapitulacija toplinskih dobitaka [17].....	37
Tablica 9. Bilanca hlađenja stana 1 [17].....	38
Tablica 10. Bilanca hlađenja stana 2 [17].....	38
Tablica 11. Tehnički podatci ventilokonvektora DESIGN INVERTER S [7].....	43
Tablica 12. Tehnički podaci kondenzacijskog bojlera ecoTEC plus INT I 116/5-5 [10].....	46
Tablica 13. Specifikacije kondenzacijskog bojlera ecoTEC plus INT I 116/5-5 [10]	47
Tablica 14. Toplinski učin radijatora [10]	48
Tablica 15. Odabir odgovarajućeg radijatora	49
Tablica 16. Specifikacija unutarnjih klima jedinica [14]	53
Tablica 17. Osnovni podaci o zgradi – Stan 1	56
Tablica 18. Podaci o građevnim elementima.....	56
Tablica 19. Podaci o otvorima za zgradu – stan 1	56
Tablica 20. Podaci o otvorima za zgradu – stan 2	57
Tablica 21. Potrebna energija za grijanje i hlađenje stana 1 [18].....	57
Tablica 22. Potrebna energija za grijanje i hlađenje stana 2 [18].....	58
Tablica 23. Potrebna energija za grijanje i hlađenje po m ² površine.....	58
Tablica 24. Tarifne stavke za opskrbu kupaca kategorije kućanstvo u sustavu javne usluge [15].....	59
Tablica 25. Godišnji pogonski troškovi dizalice topline za stan 1	59
Tablica 26. Godišnji pogonski troškovi za stan 2.....	61
Tablica 27. Usporedba oba sustava grijanja i hlađenja za stan 1 i stan 2	61

Prilozi

Prilog 1 – Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831

Prilog 2 – Tehnički crteži, sheme

Prilog 1. Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Projekt:									
2	Bilanca hlađenja									
3										
4										
5										
6	S1	Stan								
7	P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
8	P1	Ulaz	744		0	744	0	0	0	0
9	P2	Hodnik/Garderoba	741		0	741	0	0	0	0
10	P3	Boravak/Blagovaona	4822		0	4822	0	0	0	0
11	P4	Kuhinja	2682		0	2682	0	0	0	0
12	P5	Kupaona	50		0	50	0	0	0	0
13	P6	Tehnika	51		0	51	0	0	0	0
14		Ukupno: Stan	9090		0	9090	0	0	0	
15	S2	Stan								
16	P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
17	P1	Ulaz	740		0	740	0	0	0	0
18	P2	Hodnik/Garderoba	741		0	741	0	0	0	0
19	P3	Boravak/Blagovaona	4336		0	4336	0	0	0	0
20	P4	Kuhinja	1758		0	1758	0	0	0	0
21	P5	Kupaona	100		0	100	0	0	0	0
22		Ukupno: Stan	7675		0	7675	0	0	0	
23		Ukupno: Prizemlje	16765		0	16765	0	0	0	
24										
25	E2	Kat								
26	S1	Stan								
27	P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
28	P1	Hodnik/Stubište	9		0	9	0	0	0	0
29	P2	Soba	2360		0	2360	0	0	0	0
30	P3	Garderoba	4		0	4	0	0	0	0
31	P4	Soba	1437		0	1437	0	0	0	0
32	P5	Soba	1429		0	1429	0	0	0	0
33	P6	Kupaona	1043		0	1043	0	0	0	0
34		Ukupno: Stan	6282		0	6282	0	0	0	
35	S2	Stan								
36	P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
37	P1	Hodnik/Stubište	9		0	9	0	0	0	0
38	P2	Soba	2028		0	2028	0	0	0	0
39	P3	Garderoba	267		0	267	0	0	0	0
40	P4	Soba	1216		0	1216	0	0	0	0
41	P5	Soba	1209		0	1209	0	0	0	0
42	P6	Kupaona	1043		0	1043	0	0	0	0
43		Ukupno: Stan	5772		0	5772	0	0	0	
44		Ukupno: Kat	12054		0	12054	0	0	0	
45										
46		Ukupno:	28819		0	28819	0	0	0	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Projekt:														
2															
3	Toplinska bilanca														
4															
5	E1 Prizemlje														
6	S1 Stan														
7	P	Prostorija	A	tu	Qn	PhiT	PhiV		Qinst	Qost	Qinst/				
			(m²)	(°C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	m²				
8	P1	Ulaz	2	15	331	298	33	0	0	- 331	0				
9	P2	Hodnik/Garderoba	7	20	343	223	120	0	0	- 343	0				
10	P3	Boravak/Blagovaona	25	20	1408	1010	398	0	0	- 1408	0				
11	P4	Kuhinja	10	20	870	367	503	0	0	- 870	0				
12	P5	Kupaona	4	24	478	270	208	0	0	- 478	0				
13	P6	Tehnika	3	18	119	69	50	0	0	- 119	0				
14		Ukupno: Stan			3549	2237	1312	0	0	- 3549					
15	S2 Stan														
16	P	Prostorija	A	tu	Qn	PhiT	PhiV		Qinst	Qost	Qinst/				
			(m²)	(°C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	m²				
17	P1	Ulaz	2	15	331	298	33	0	0	- 331	0				
18	P2	Hodnik/Garderoba	7	20	343	223	120	0	0	- 343	0				
19	P3	Boravak/Blagovaona	25	20	1408	1010	398	0	0	- 1408	0				
20	P4	Kuhinja	10	20	789	286	503	0	0	- 789	0				
21	P5	Kupaona	7	24	722	312	410	0	0	- 722	0				
22		Ukupno: Stan			3593	2129	1464	0	0	- 3593					
23		Ukupno:			7142	4366	2776	0	0	- 7142					
24															
25	E2 Kat														
26	S1 Stan														
27	P	Prostorija	A	tu	Qn	PhiT	PhiV		Qinst	Qost	Qinst/				
			(m²)	(°C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	m²				
28	P1	Hodnik/Stubište	8	20	186	48	138	0	0	- 186	0				
29	P2	Soba	9	20	803	649	154	0	0	- 803	0				
30	P3	Garderoba	3	20	177	121	56	0	0	- 177	0				
31	P4	Soba	12	20	482	294	188	0	0	- 482	0				
32	P5	Soba	12	20	522	332	190	0	0	- 522	0				
33	P6	Kupaona	5	24	522	252	270	0	0	- 522	0				
34		Ukupno: Stan			2692	1696	996	0	0	- 2692					
35	S2 Stan														
36	P	Prostorija	A	tu	Qn	PhiT	PhiV		Qinst	Qost	Qinst/				
			(m²)	(°C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	m²				
37	P1	Hodnik/Stubište	8	20	186	48	138	0	0	- 186	0				
38	P2	Soba	9	20	803	649	154	0	0	- 803	0				
39	P3	Garderoba	3	20	177	121	56	0	0	- 177	0				
40	P4	Soba	12	20	482	294	188	0	0	- 482	0				
41	P5	Soba	12	20	522	332	190	0	0	- 522	0				
42	P6	Kupaona	5	24	522	252	270	0	0	- 522	0				
43		Ukupno: Stan			2692	1696	996	0	0	- 2692					
44		Ukupno: Kat			5384	3392	1992	0	0	- 5384					
45															
46		Ukupno:			12526	7758	4768	0	0	- 12526					

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V				
1	Projekt:																									
2																										
3	Toplinski gubici																									
4																										
5																										
6	Prizemlje \ Stan				Prostorija:				P1 Ulaz																	
7	Duljina (m)				2,50				T (m)														5,00			
8	Širina (m)				1,00				Gw														1,00			
9	Površina (m²)				2,50				f g1														1,45			
10	Visina (m)				2,60				Broj otvora														0			
11	Volumen (m³)				6,50				e i														0,00			
12	Oplošje (m²)				23,20				f vi														1,00			
13	Visina iznad tla (m)				0,45				V ex (m³/h)														0,00			
14	Theta int, i (°C)				15				V su (m³/h)														0,00			
15	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m³/h)														0,00			
16	f RH				0,00				n min (1/h)														0,50			
17	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																					
18	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)					
19	VV	okolici	J	1	1,10	2,20	2,42	-	2,42	0,00	0,00	0,00	2,050	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,961	148				
20	VZ-02	okolici	J	1	1,50	2,90	4,35	+	1,93	0,00	0,00	0,00	0,410	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,791	23				
21	VZ-02	okolici	I	1	3,50	2,90	10,15		10,15	0,00	0,00	0,00	0,410	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,160	124				
22	PT-1	zemlji (pod)	hor.	1	2,50	1,00	2,50		2,50	5,00	1,00	0,00	0,280	0,09	- 15	1,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,043	1				
23																										
24	Rezultati proračuna																									
25	Phi V,inf (W)				0				Phi T,i (W)														298			
26	Phi V,min (W)				3				Phi V,i (W)														33			
27	Phi V,mech,inf				0				Phi V,mech (W)														0			
28	Phi V,su (W)				0				Phi (W)														331			
29	Phi RH (W)				0				Phi/A (W/m²)														132			
30	Phi/V (W/m³)				50																					
31																										
32																										
33	Prizemlje \ Stan				Prostorija:				P2 Hodnik/Garderoba																	
34	Duljina (m)				7,75				T (m)														5,00			
35	Širina (m)				1,00				Gw														1,00			
36	Površina (m²)				7,75				f g1														1,45			
37	Visina (m)				2,60				Broj otvora														0			
38	Volumen (m³)				20,15				e i														0,00			
39	Oplošje (m²)				61,00				f vi														1,00			
40	Visina iznad tla (m)				0,45				V ex (m³/h)														0,00			
41	Theta int, i (°C)				20				V su (m³/h)														0,00			
42	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m³/h)														0,00			
43	f RH				0,00				n min (1/h)														0,50			
44	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																					
45	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)					
46	VV	okolici	J	1	1,10	2,20	2,42	-	2,42	0,00	0,00	0,00	2,050	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,961	173				
47	VZ-01	okolici	J	1	2,50	2,90	7,25	+	4,83	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,937	32				
48	PT-1	zemlji (pod)	hor.	1	7,75	1,00	7,75		7,75	2,50	6,20	0,00	0,280	0,17	- 15	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,491	17				
49																										
50	Rezultati proračuna																									
51	Phi V,inf (W)				0				Phi T,i (W)														223			
52	Phi V,min (W)				10				Phi V,i (W)														120			
53	Phi V,mech,inf				0				Phi V,mech (W)														0			
54	Phi V,su (W)				0				Phi (W)														343			
55	Phi RH (W)				0				Phi/A (W/m²)														44			
56	Phi/V (W/m³)				17																					
57																										
58																										
59	Prizemlje \ Stan				Prostorija:				P3 Boravak/Blagovaona																	
60	Duljina (m)				25,70				T (m)														5,00			
61	Širina (m)				1,00				Gw														1,00			
62	Površina (m²)				25,70				f g1														1,45			
63	Visina (m)				2,60				Broj otvora														0			
64	Volumen (m³)				66,82				e i														0,00			
65	Oplošje (m²)				190,24				f vi														1,00			
66	Visina iznad tla (m)				0,45				V ex (m³/h)														0,00			
67	Theta int, i (°C)				20				V su (m³/h)														0,00			
68	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m³/h)														0,00			
69	f RH				0,00				n min (1/h)														0,50			
70	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																					

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V					
	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)						
71																											
72	VP	okolici	Z	1	3,60	2,20	7,92	-	7,92	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,256	499					
73	VZ-01	okolici	Z	1	6,65	2,90	19,28	+	11,36	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,204	77					
74	VP	okolici	J	1	1,70	2,20	3,74	-	3,74	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,732	235					
75	VZ-01	okolici	J	1	5,00	2,90	14,50	+	10,76	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,087	73					
76	VZ-01	okolici	I	1	1,30	2,90	3,77		3,77	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,731	25					
77	UZ-2	negrijanoj prostoriji	I	1	2,00	2,90	5,80		5,80	0,00	0,00	0,00	1,480	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	1,229	43					
78	PT-2	zemlji (pod)	hor.	1	25,70	1,00	25,70		25,70	12,95	3,97	0,00	0,280	0,17	- 15	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	1,629	57					
79																											
80	Rezultati proračuna																										
81	Phi V,inf (W)					0			Phi T,i (W)					1010													
82	Phi V,min (W)					33			Phi V,i (W)					398													
83	Phi V,mech,inf					0			Phi V,mech (W)					0													
84	Phi V,su (W)					0			Phi (W)					1408													
85	Phi RH (W)					0			Phi/A (W/m²)					54													
86	Phi/V (W/m³)					21																					
87																											
88																											
89	Prizemlje \ Stan				Prostorija:				P4 Kuhinja																		
90	Duljina (m)				10,83				T (m)														5,00				
91	Širina (m)				1,00				Gw														1,00				
92	Površina (m²)				10,83				f g1														1,45				
93	Visina (m)				2,60				Broj otvora														0				
94	Volumen (m³)				28,16				e i														0,00				
95	Oplošje (m²)				83,18				f vi														1,00				
96	Visina iznad tla (m)				0,45				V ex (m³/h)														0,00				
97	Theta int, i (°C)				20				V su (m³/h)														0,00				
98	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m³/h)														0,00				
99	f RH				0,00				n min (1/h)														1,50				
100	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																						
101																											
102	VP	okolici	Z	1	1,60	2,20	3,52	-	3,52	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,336	221					
103	VZ-01	okolici	Z	1	3,10	2,90	8,99	+	5,47	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,061	37					
104	VZ-01	okolici	S	1	4,30	2,90	12,47		12,47	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,419	84					
105	PT-1	zemlji (pod)	hor.	1	10,83	1,00	10,83		10,83	7,40	2,93	0,00	0,280	0,17	- 15	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,686	24					
106																											
107	Rezultati proračuna																										
108	Phi V,inf (W)					0			Phi T,i (W)					367													
109	Phi V,min (W)					42			Phi V,i (W)					503													
110	Phi V,mech,inf					0			Phi V,mech (W)					0													
111	Phi V,su (W)					0			Phi (W)					870													
112	Phi RH (W)					0			Phi/A (W/m²)					80													
113	Phi/V (W/m³)					30																					
114																											
115																											
116	Prizemlje \ Stan				Prostorija:				P5 Kupaona																		
117	Duljina (m)				4,03				T (m)														5,00				
118	Širina (m)				1,00				Gw														1,00				
119	Površina (m²)				4,03				f g1														1,45				
120	Visina (m)				2,60				Broj otvora														0				
121	Volumen (m³)				10,48				e i														0,00				
122	Oplošje (m²)				34,22				f vi														1,00				
123	Visina iznad tla (m)				0,45				V ex (m³/h)														0,00				
124	Theta int, i (°C)				24				V su (m³/h)														0,00				
125	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m³/h)														0,00				
126	f RH				0,00				n min (1/h)														1,50				
127	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																						
128																											
129	VP	okolici	S	1	1,00	0,60	0,60	-	0,60	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,080	42					
130	VZ-01	okolici	S	1	1,75	2,90	5,07	+	4,47	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,868	33					
131	UZ-2	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,75	2,90	5,07		5,07	0,00	0,00	0,00	1,480	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,772	30					
132	UZ-3	grijanoj prostoriji	hor.	1	2,60	2,60	6,76		6,76	0,00	0,00	0,00	2,240	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,555	60					
133	PT-1	zemlji (pod)	hor.	1	4,03	1,00	4,03		4,03	1,75	4,61	0,00	0,280	0,17	- 15	1,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,331	12					
134	UZ-3	negrijanoj prostoriji	hor.	1	2,60	2,60	6,76		6,76	0,00	0,00	0,00	2,240	0,00	18	1,00	0,15	0,00	0,00	0,00	2,332	90					
135																											
136	Rezultati proračuna																										
137	Phi V,inf (W)					0			Phi T,i (W)					270													
138	Phi V,min (W)					16			Phi V,i (W)					208													
139	Phi V,mech,inf					0			Phi V,mech (W)					0													

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
279																							
280																							
281	Prizemlje \ Stan			Prostorija:				P5 Kupaona															
282	Duljina (m)					7,93							T (m)									5,00	
283	Širina (m)					1,00							Gw									1,00	
284	Površina (m²)					7,93							f g1									1,45	
285	Visina (m)					2,60							Broj otvora									0	
286	Volumen (m³)					20,62							e i									0,00	
287	Oplošje (m²)					62,30							f vi									1,00	
288	Visina iznad tla (m)					0,45							V ex (m³/h)									0,00	
289	Theta int, i (°C)					24							V su (m³/h)									0,00	
290	Theta e (°C)					- 15							V su,i (m³/h)									0,00	
291	f RH					0,00							n min (1/h)									1,50	
292	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																	
293	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
294	VP	okolici	S	2	1,00	0,60	0,60	-	1,20	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,160	84	
295	VZ-01	okolici	S	1	3,45	2,90	10,01	+	8,81	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,708	66	
296	UZ-2	grijanoj prostoriji	hor.	1	3,45	2,90	10,01		10,01	0,00	0,00	0,00	1,480	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,522	59	
297	UZ-3	grijanoj prostoriji	hor.	1	2,60	2,60	6,76		6,76	0,00	0,00	0,00	2,240	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,555	60	
298	PT-1	zemlji (pod)	hor.	1	7,93	1,00	7,93		7,93	3,45	4,60	0,00	0,280	0,17	- 15	1,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,652	25	
299	UZ-1	negrijanoj prostoriji	hor.	1	2,60	2,60	6,76		6,76	0,00	0,00	0,00	0,410	0,00	18	1,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,422	16	
300																							
301	Rezultati proračuna																						
302	Phi V,inf (W)					0																Phi T,i (W)	312
303	Phi V,min (W)					31																Phi V,i (W)	410
304	Phi V,mech,inf					0																Phi V,mech (W)	0
305	Phi V,su (W)					0																Phi (W)	722
306	Phi RH (W)					0																Phi/A (W/m²)	91
307	Phi/V (W/m³)					35																	
308																							
309																							
310	Kat \ Stan			Prostorija:				P1 Hodnik/Stubište															
311	Duljina (m)					8,90							T (m)									5,00	
312	Širina (m)					1,00							Gw									1,00	
313	Površina (m²)					8,90							f g1									1,45	
314	Visina (m)					2,60							Broj otvora									0	
315	Volumen (m³)					23,14							e i									0,00	
316	Oplošje (m²)					69,28							f vi									1,00	
317	Visina iznad tla (m)					3,35							V ex (m³/h)									0,00	
318	Theta int, i (°C)					20							V su (m³/h)									0,00	
319	Theta e (°C)					- 15							V su,i (m³/h)									0,00	
320	f RH					0,00							n min (1/h)									0,50	
321	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																	
322	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
323	MK-3	okolici	hor.	1	8,90	1,00	8,90		8,90	0,00	0,00	0,00	0,160	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,396	48	
324																							
325	Rezultati proračuna																						
326	Phi V,inf (W)					0																Phi T,i (W)	48
327	Phi V,min (W)					12																Phi V,i (W)	138
328	Phi V,mech,inf					0																Phi V,mech (W)	0
329	Phi V,su (W)					0																Phi (W)	186
330	Phi RH (W)					0																Phi/A (W/m²)	20
331	Phi/V (W/m³)					8																	
332																							
333																							
334	Kat \ Stan			Prostorija:				P2 Soba															
335	Duljina (m)					9,94							T (m)									5,00	
336	Širina (m)					1,00							Gw									1,00	
337	Površina (m²)					9,94							f g1									1,45	
338	Visina (m)					2,60							Broj otvora									0	
339	Volumen (m³)					25,84							e i									0,00	
340	Oplošje (m²)					76,77							f vi									1,00	
341	Visina iznad tla (m)					3,35							V ex (m³/h)									0,00	
342	Theta int, i (°C)					20							V su (m³/h)									0,00	
343	Theta e (°C)					- 15							V su,i (m³/h)									0,00	
344	f RH					0,00							n min (1/h)									0,50	
345	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																	
346	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
347	VP	okolici	Z	1	1,80	2,10	3,78	-	3,78	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,804	238	
348	VZ-02	okolici	Z	1	3,30	2,80	9,24	+	5,46	0,00	0,00	0,00	0,410	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,238	78	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
349	VP	okolici	J	1	0,90	1,30	1,17	-	1,17	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,106	73
350	VZ-01	okolici	J	1	3,90	2,80	10,92	+	9,75	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,891	66
351	MK-3	okolici	hor.	1	9,94	1,00	9,94		9,94	0,00	0,00	0,00	0,160	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,559	54
352	MK-2**	okolici	hor.	1	4,00	1,00	4,00		4,00	0,00	0,00	0,00	0,990	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,949	138
353																						
354	Rezultati proračuna																					
355	Phi V,inf (W)				0				Phi T,i (W)				649									
356	Phi V,min (W)				13				Phi V,i (W)				154									
357	Phi V,mech,inf				0				Phi V,mech (W)				0									
358	Phi V,su (W)				0				Phi (W)				803									
359	Phi RH (W)				0				Phi/A (W/m²)				80									
360	Phi/V (W/m²)				31																	
361																						
362																						
363	Kat \ Stan				Prostorija:				P3 Garderoba													
364	Duljina (m)				3,64				T (m)				5,00									
365	Širina (m)				1,00				Gw				1,00									
366	Površina (m²)				3,64				f g1				1,45									
367	Visina (m)				2,60				Broj otvora				0									
368	Volumen (m³)				9,46				e i				0,00									
369	Oplošje (m²)				31,41				f vi				1,00									
370	Visina iznad tla (m)				3,35				V ex (m³/h)				0,00									
371	Theta int, i (°C)				20				V su (m³/h)				0,00									
372	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m³/h)				0,00									
373	f RH				0,00				n min (1/h)				0,50									
374	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																	
375	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
376	VZ-01	okolici	J	1	1,70	2,80	4,76	4,76	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,923	32	
377	MK-3	okolici	hor.	1	3,64	1,00	3,64	3,64	0,00	0,00	0,00	0,160	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,571	20	
378	MK-2**	okolici	hor.	1	2,00	1,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,990	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,974	69	
379																						
380	Rezultati proračuna																					
381	Phi V,inf (W)				0				Phi T,i (W)				121									
382	Phi V,min (W)				5				Phi V,i (W)				56									
383	Phi V,mech,inf				0				Phi V,mech (W)				0									
384	Phi V,su (W)				0				Phi (W)				177									
385	Phi RH (W)				0				Phi/A (W/m²)				48									
386	Phi/V (W/m²)				18																	
387																						
388																						
389	Kat \ Stan				Prostorija:				P4 Soba													
390	Duljina (m)				12,16				T (m)				5,00									
391	Širina (m)				1,00				Gw				1,00									
392	Površina (m²)				12,16				f g1				1,45									
393	Visina (m)				2,60				Broj otvora				0									
394	Volumen (m³)				31,62				e i				0,00									
395	Oplošje (m²)				92,75				f vi				1,00									
396	Visina iznad tla (m)				3,35				V ex (m³/h)				0,00									
397	Theta int, i (°C)				20				V su (m³/h)				0,00									
398	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m³/h)				0,00									
399	f RH				0,00				n min (1/h)				0,50									
400	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																	
401	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
402	VZ-01	okolici	J	1	2,25	2,80	6,30	6,30	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,222	42	
403	VP	okolici	Z	1	1,60	1,30	2,08	-	2,08	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,744	131
404	VZ-01	okolici	Z	1	3,60	2,80	10,08	+	8,00	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,552	54
405	MK-3	okolici	hor.	1	12,16	1,00	12,16	12,16	0,00	0,00	0,00	0,160	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,908	66
406																						
407	Rezultati proračuna																					
408	Phi V,inf (W)				0				Phi T,i (W)				294									
409	Phi V,min (W)				16				Phi V,i (W)				188									
410	Phi V,mech,inf				0				Phi V,mech (W)				0									
411	Phi V,su (W)				0				Phi (W)				482									
412	Phi RH (W)				0				Phi/A (W/m²)				39									
413	Phi/V (W/m²)				15																	
414																						
415																						
416	Kat \ Stan				Prostorija:				P5 Soba													
417	Duljina (m)				12,29				T (m)				5,00									
418	Širina (m)				1,00				Gw				1,00									
419	Površina (m²)				12,29				f g1				1,45									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
420	Visina (m)					2,60	Broj otvora					0										
421	Volumen (m³)					31,95	e i					0,00										
422	Oplošje (m²)					93,69	f vi					1,00										
423	Visina iznad tla (m)					3,35	V ex (m³/h)					0,00										
424	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00										
425	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00										
426	f RH					0,00	n min (1/h)					0,50										
427	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																
428	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
429	VP	okolici	Z	1	1,60	1,30	2,08	-	2,08	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,744	131
430	VZ-01	okolici	Z	1	3,10	2,80	8,68	+	6,60	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,280	44
431	VZ-01	okolici	S	1	4,70	2,80	13,16		13,16	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,552	89
432	MK-3	okolici	hor.	1	12,29	1,00	12,29		12,29	0,00	0,00	0,00	0,160	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,928	67
433																						
434	Rezultati proračuna																					
435	Phi V,inf (W)					0	Phi T,i (W)					332										
436	Phi V,min (W)					16	Phi V,i (W)					190										
437	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					0										
438	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					522										
439	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					42										
440	Phi/V (W/m³)					16																
441																						
442																						
443	Kat \ Stan					Prostorija:					P6 Kupaona											
444	Duljina (m)					5,21	T (m)					5,00										
445	Širina (m)					1,00	Gw					1,00										
446	Površina (m²)					5,21	f g1					1,45										
447	Visina (m)					2,60	Broj otvora					0										
448	Volumen (m³)					13,55	e i					0,00										
449	Oplošje (m²)					42,71	f vi					1,00										
450	Visina iznad tla (m)					3,35	V ex (m³/h)					0,00										
451	Theta int, i (°C)					24	V su (m³/h)					0,00										
452	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00										
453	f RH					0,00	n min (1/h)					1,50										
454	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																
455	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
456	VP	okolici	S	1	2,10	0,60	1,26	-	1,26	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,268	88
457	VZ-01	okolici	S	1	3,00	2,80	8,40	+	7,14	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,385	54
458	UZ-2	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,50	2,80	4,20		4,20	0,00	0,00	0,00	1,480	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,639	24
459	UZ-3	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,10	2,80	3,08		3,08	0,00	0,00	0,00	2,240	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,708	27
460	VV	grijanoj prostoriji	hor.	1	0,80	2,20	1,76	-	1,76	0,00	0,00	0,00	2,050	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,370	14
461	UZ-3	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,10	2,80	3,08	+	1,32	0,00	0,00	0,00	2,240	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,304	11
462	UZ-2	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,90	2,80	5,32		5,32	0,00	0,00	0,00	1,480	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,810	31
463																						
464	Rezultati proračuna																					
465	Phi V,inf (W)					0	Phi T,i (W)					252										
466	Phi V,min (W)					20	Phi V,i (W)					270										
467	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					0										
468	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					522										
469	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					100										
470	Phi/V (W/m³)					38																
471																						
472																						
473	Kat \ Stan					Prostorija:					P1 Hodnik/Stubište											
474	Duljina (m)					8,90	T (m)					5,00										
475	Širina (m)					1,00	Gw					1,00										
476	Površina (m²)					8,90	f g1					1,45										
477	Visina (m)					2,60	Broj otvora					0										
478	Volumen (m³)					23,14	e i					0,00										
479	Oplošje (m²)					69,28	f vi					1,00										
480	Visina iznad tla (m)					3,35	V ex (m³/h)					0,00										
481	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00										
482	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00										
483	f RH					0,00	n min (1/h)					0,50										
484	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																
485	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
486	MK-3	okolici	hor.	1	8,90	1,00	8,90		8,90	0,00	0,00	0,00	0,160	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,396	48
487																						
488	Rezultati proračuna																					

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
560	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00											
561	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00											
562	f RH					0,00	n min (1/h)					0,50											
563	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																	
564	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
565	VZ-01	okolici	J	1	2,25	2,80	6,30	6,30	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,222	42		
566	VP	okolici	I	1	1,60	1,30	2,08	-	2,08	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,744	131	
567	VZ-01	okolici	I	1	3,60	2,80	10,08	+	8,00	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,552	54	
568	MK-3	okolici	hor.	1	12,16	1,00	12,16		12,16	0,00	0,00	0,00	0,160	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,908	66	
569																							
570	Rezultati proračuna																						
571	Phi V,inf (W)					0	Phi T,i (W)					294											
572	Phi V,min (W)					16	Phi V,i (W)					188											
573	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					0											
574	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					482											
575	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					39											
576	Phi/V (W/m³)					15																	
577																							
578																							
579	Kat \ Stan				Prostorija:				P5 Soba														
580	Duljina (m)					12,29	T (m)					5,00											
581	Širina (m)					1,00	Gw					1,00											
582	Površina (m²)					12,29	f g1					1,45											
583	Visina (m)					2,60	Broj otvora					0											
584	Volumen (m³)					31,95	e i					0,00											
585	Oplošje (m²)					93,69	f vi					1,00											
586	Visina iznad tla (m)					3,35	V ex (m³/h)					0,00											
587	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00											
588	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00											
589	f RH					0,00	n min (1/h)					0,50											
590	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																	
591	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
592	VP	okolici	I	1	1,60	1,30	2,08	-	2,08	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,744	131	
593	VZ-01	okolici	I	1	3,10	2,80	8,68	+	6,60	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,280	44	
594	VZ-01	okolici	S	1	4,70	2,80	13,16		13,16	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,552	89	
595	MK-3	okolici	hor.	1	12,29	1,00	12,29		12,29	0,00	0,00	0,00	0,160	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,928	67	
596																							
597	Rezultati proračuna																						
598	Phi V,inf (W)					0	Phi T,i (W)					332											
599	Phi V,min (W)					16	Phi V,i (W)					190											
600	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					0											
601	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					522											
602	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					42											
603	Phi/V (W/m³)					16																	
604																							
605																							
606	Kat \ Stan				Prostorija:				P6 Kupaona														
607	Duljina (m)					5,21	T (m)					5,00											
608	Širina (m)					1,00	Gw					1,00											
609	Površina (m²)					5,21	f g1					1,45											
610	Visina (m)					2,60	Broj otvora					0											
611	Volumen (m³)					13,55	e i					0,00											
612	Oplošje (m²)					42,71	f vi					1,00											
613	Visina iznad tla (m)					3,35	V ex (m³/h)					0,00											
614	Theta int, i (°C)					24	V su (m³/h)					0,00											
615	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00											
616	f RH					0,00	n min (1/h)					1,50											
617	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																	
618	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
619	VP	okolici	S	1	2,10	0,60	1,26	-	1,26	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,268	88	
620	VZ-01	okolici	S	1	3,00	2,80	8,40	+	7,14	0,00	0,00	0,00	0,190	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,385	54	
621	UZ-2	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,50	2,80	4,20		4,20	0,00	0,00	0,00	1,480	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,639	24	
622	UZ-3	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,10	2,80	3,08		3,08	0,00	0,00	0,00	2,240	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,708	27	
623	VV	grijanoj prostoriji	hor.	1	0,80	2,20	1,76	-	1,76	0,00	0,00	0,00	2,050	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,370	14	
624	UZ-3	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,10	2,80	3,08	+	1,32	0,00	0,00	0,00	2,240	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,304	11	
625	UZ-2	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,90	2,80	5,32		5,32	0,00	0,00	0,00	1,480	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,810	31	
626																							
627	Rezultati proračuna																						
628	Phi V,inf (W)					0	Phi T,i (W)					252											

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
629	Phi V,min (W)					20		Phi V,i (W)					270										
630	Phi V,mech,inf					0		Phi V,mech (W)					0										
631	Phi V,su (W)					0		Phi (W)					522										
632	Phi RH (W)					0		Phi/A (W/m ²)					100										
633	Phi/V (W/m ³)					38																	
634																							

	A	B	C	D	E	F
1	Projekt:					
2	Rekapitulacija objekta					
3						
4						
5						
6						
7	Tip zgrade	Obiteljska				
8	Konstrukcija	Laka				
9	Klasa zaštićenosti	Nezaštićen tip				
10	Stupanj zabrtvljenosti	Visok				
11	Broj izmjena zraka pri 50 (Pa):	0,0 (1/h)				
12						
13	Temperature					
14						
15	Vanjska projektna temperatura	- 15 (°C)				
16	Srednja godišnja temperatura	11 (°C)				
17						
18	Geometrija					
19						
20	Volumen:	0,00 (m ³)				
21	Dubina podzemnih voda:	5,00 (m)				

	A	B	C	D	E	F
1	Projekt:					
2						
3	Koeficijenti prolaza topline					
4						
5	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
6	VZ-01	Vanjski zid	0,04	0,13	0,194	
7	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
8	Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
9	Silikatna šuplja opeka	0,2500	1200,00	300,00	0,560	0,446
10	Cementni estrih	0,0050	2200,00	11,00	1,400	0,004
11	Polistirenske ploče (u blokovima)	0,1800	20,00	3,60	0,040	4,500
12	Cementni estrih	0,0040	2200,00	8,80	1,400	0,003
13	Završna dekorativna zbuka	0,0030	1600,00	4,80	0,700	0,004
14						
15						
16	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
17	PT-1	Pod prema tlu	0,04	0,17	0,284	
18	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
19	Ker, pločice - podne - neglazirane	0,0250	2300,00	57,50	1,280	0,020
20	Cementni estrih	0,0800	2200,00	176,00	1,400	0,057
21	Polistirenske ploče (u blokovima)	0,1200	20,00	2,40	0,040	3,000
22	Betoni od kamenog agregata	0,1000	2500,00	250,00	2,330	0,043
23	Šljunak, suhi	0,1500	1700,00	255,00	0,810	0,185
24						
25						
26	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
27	MK-1	Strop	0,13	0,13	1,072	
28	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
29	Ker, pločice - podne - neglazirane	0,0200	2300,00	46,00	1,280	0,016
30	Cementni estrih	0,0600	2200,00	132,00	1,400	0,043
31	Polistirenske ploče (u blokovima)	0,0200	20,00	0,40	0,040	0,500
32	Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086
33	Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
34						
35						
36	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
37	VP	Prozor	0,00	0,00	1,800	
38						
39						
40	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
41	VV	Vrata	0,00	0,00	2,050	
42						
43						
44	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
45	VZ-02	Vanjski zid	0,04	0,13	0,410	
46	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
47	Glet za porobeton	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
48	Porobetonski blok	0,2500	1200,00	300,00	0,520	0,481
49	Cementni estrih	0,0050	2200,00	11,00	1,400	0,004
50	Mineralna i staklena vuna	0,0700	115,00	8,05	0,040	1,750

	A	B	C	D	E	F
51	Cementni estrih	0,0040	2200,00	8,80	1,400	0,003
52	Završna dekorativna zbuca	0,0030	1600,00	4,80	0,700	0,004
53						
54						
55	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
56	UZ-1	Unutarnji zid	0,13	0,13	0,406	
57	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
58	Gipskartonska ploča - do 15 mm (kartonska)	0,0125	900,00	11,25	0,210	0,060
59	Mineralna i staklena vuna	0,0400	115,00	4,60	0,040	1,000
60	Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086
61	Mineralna i staklena vuna	0,0400	115,00	4,60	0,040	1,000
62	Gipskartonska ploča - do 15 mm (kartonska)	0,0125	900,00	11,25	0,210	0,060
63						
64						
65	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
66	UZ-2	Unutarnji zid	0,13	0,13	1,484	
67	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
68	Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
69	Silikatna šuplja opeka	0,2500	1400,00	350,00	0,700	0,357
70	Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
71						
72						
73	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
74	UZ-3	Unutarnji zid	0,13	0,13	2,242	
75	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
76	Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
77	Silikatna šuplja opeka	0,0900	1400,00	126,00	0,700	0,129
78	Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
79						
80						
81	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
82	PT-2	Pod prema tlu	0,04	0,17	0,275	
83	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
84	Parket	0,0300	700,00	21,00	0,210	0,143
85	Cementni estrih	0,0750	2200,00	165,00	1,400	0,054
86	Polistirenske ploče (u blokovima)	0,1200	20,00	2,40	0,040	3,000
87	Betoni od kamenog agregata	0,1000	2500,00	250,00	2,330	0,043
88	Šljunak, suhi	0,1500	1700,00	255,00	0,810	0,185
89						
90						
91	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)	Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)	
92	MK-2	Strop	0,13	0,13	0,987	
93	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
94	Parket	0,0200	700,00	14,00	0,210	0,095
95	Cementni estrih	0,0600	2200,00	132,00	1,400	0,043
96	Polistirenske ploče (u blokovima)	0,0200	20,00	0,40	0,040	0,500
97	Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086
98	Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
99						
100						

	A	B	C	D	E	F
101	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
102	MK-2**	Strop	0,13		0,13	0,987
103	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
104	Parket	0,0200	700,00	14,00	0,210	0,095
105	Cementni estrih	0,0600	2200,00	132,00	1,400	0,043
106	Polistirenske ploče (u blokovima)	0,0200	20,00	0,40	0,040	0,500
107	Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086
108	Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
109						
110						
111	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
112	MK-3	Strop	0,13		0,13	0,157
113	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
114	Mineralna i staklena vuna	0,2400	115,00	27,60	0,040	6,000
115	Betoni od kamenog agregata	0,2000	2500,00	500,00	2,330	0,086
116	Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	0,0200	1500,00	30,00	0,700	0,029
117						
118						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
51	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	Transmisija (W)	- 33	- 39	- 43	- 45	- 48	- 41	- 28	- 18	- 8	0	7	14
57	Zračenje (W)	0	0	0	0	3	10	23	57	189	438	695	811
58	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	Ukupno (W)	- 33	- 39	- 43	- 45	- 45	- 31	- 5	39	181	438	702	825
60		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
61	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
62	Vanj. temp. (°C)	30,00	30,90	31,60	32,00	31,70	31,10	29,80	27,90	25,90	24,70	23,10	21,90
63	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	Transmisija (W)	20	24	28	30	28	26	21	11	3	- 3	- 10	- 16
70	Zračenje (W)	721	479	216	69	29	14	4	0	0	0	0	0
71	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	Ukupno (W)	741	503	244	99	57	40	25	11	3	- 3	- 10	- 16
73	Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 825 (W) u 12 sati.												
74													
75	E1 Prizemlje \ S1 Stan	P3 Boravak/Blagovaona											
76	Tip prostora	XL - veoma lagano					a (m)			25,70			
77	Orijentacija	nor. - normalno					b (m)			1,00			
78	Tip zračenja	ukupno					c (m)			2,60			
79	Datum	23. Srpanj					V (m³)			66,82			
80	T						4,30 O (m²)			190,24			
81							Ap (m)			25,70			
82		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
83	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
84	Vanj. temp. (°C)	18,50	17,50	16,60	16,20	15,90	17,30	20,10	22,00	24,00	25,90	27,40	28,80
85	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	10	522	534	534	539
86	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	19	414	430	435	435
88	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	Transmisija (W)	- 136	- 158	- 178	- 187	- 196	- 170	- 113	- 75	- 36	2	31	58
92	Zračenje (W)	0	0	0	0	12	42	79	154	380	782	1198	1403
93	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	Ukupno (W)	- 136	- 158	- 178	- 187	- 184	- 128	- 34	108	1280	1748	2198	2435
95		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
96	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
97	Vanj. temp. (°C)	30,00	30,90	31,60	32,00	31,70	31,10	29,80	27,90	25,90	24,70	23,10	21,90
98	Osobe (W)	539	539	545	545	0	0	0	0	0	0	0	0
99	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	Strojevi i uređaji (W)	439	444	444	449	0	0	0	0	0	0	0	0
101	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	Transmisija (W)	83	103	117	126	122	111	87	49	13	- 9	- 41	- 65
105	Zračenje (W)	1542	2239	3193	3702	3239	1841	379	0	0	0	0	0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
156	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
157	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
159	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
161	Transmisija (W)	- 8	- 9	- 10	- 11	- 11	- 10	- 7	- 6	- 4	- 2	0	1
162	Zračenje (W)	0	0	0	0	22	36	25	30	37	44	48	50
163	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
164	Ukupno (W)	- 8	- 9	- 10	- 11	11	26	18	24	33	42	48	51
165		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
166	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
167	Vanj. temp. (°C)	30,00	30,90	31,60	32,00	31,70	31,10	29,80	27,90	25,90	24,70	23,10	21,90
168	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
169	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
171	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
174	Transmisija (W)	1	2	3	4	4	4	2	1	- 1	- 2	- 4	- 5
175	Zračenje (W)	49	45	39	32	25	37	26	0	0	0	0	0
176	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
177	Ukupno (W)	50	47	42	36	29	41	28	1	- 1	- 2	- 4	- 5
178	Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 51 (W) u 12 sati.												
179													
180	E1 Prizemlje \ S1 Stan	P6 Tehnika											
181	Tip prostora	XL - veoma lagano				a (m)			3,45				
182	Orijentacija	nor. - normalno				b (m)			1,00				
183	Tip zračenja	ukupno				c (m)			2,60				
184	Datum	23. Srpanj				V (m³)			8,97				
185	T					4,30 O (m²)			30,04				
186						Ap (m)			3,45				
187		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
188	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
189	Vanj. temp. (°C)	18,50	17,50	16,60	16,20	15,90	17,30	20,10	22,00	24,00	25,90	27,40	28,80
190	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
191	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
192	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
193	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
194	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
195	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
196	Transmisija (W)	- 8	- 9	- 10	- 10	- 11	- 10	- 7	- 5	- 4	- 2	0	1
197	Zračenje (W)	0	0	0	0	22	36	25	30	37	44	48	50
198	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
199	Ukupno (W)	- 8	- 9	- 10	- 10	11	26	18	25	33	42	48	51
200		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
201	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
202	Vanj. temp. (°C)	30,00	30,90	31,60	32,00	31,70	31,10	29,80	27,90	25,90	24,70	23,10	21,90
203	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
204	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
205	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
206	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
207	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
208	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	Transmisija (W)	2	3	4	4	4	4	2	1	- 1	- 2	- 4	- 4
210	Zračenje (W)	49	45	39	32	25	37	26	0	0	0	0	0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
261	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
262	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
263	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
264	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
265	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
266	Transmisija (W)	- 33	- 39	- 43	- 45	- 48	- 41	- 28	- 18	- 8	0	7	14	
267	Zračenje (W)	0	0	0	0	3	10	23	57	189	438	695	811	
268	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
269	Ukupno (W)	- 33	- 39	- 43	- 45	- 45	- 31	- 5	39	181	438	702	825	
270		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
271	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
272	Vanj. temp. (°C)	30,00	30,90	31,60	32,00	31,70	31,10	29,80	27,90	25,90	24,70	23,10	21,90	
273	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
274	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
275	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
276	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
277	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
278	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
279	Transmisija (W)	20	24	28	30	28	26	21	11	3	- 3	- 10	- 16	
280	Zračenje (W)	721	479	216	69	29	14	4	0	0	0	0	0	
281	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
282	Ukupno (W)	741	503	244	99	57	40	25	11	3	- 3	- 10	- 16	
283	Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 825 (W) u 12 sati.													
284														
285	E1 Prizemlje \ S2 Stan P3 Boravak/Blagovaona													
286	Tip prostora	XL - veoma lagano					a (m)		25,70					
287	Orijentacija	nor. - normalno					b (m)		1,00					
288	Tip zračenja	ukupno					c (m)		2,60					
289	Datum	23. Srpanj					V (m³)		66,82					
290	T						4,30 O (m²)		190,24					
291							Ap (m)		25,70					
292		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
293	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
294	Vanj. temp. (°C)	18,50	17,50	16,60	16,20	15,90	17,30	20,10	22,00	24,00	25,90	27,40	28,80	
295	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	10	522	534	534	539	
296	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	2	136	139	139	140	
297	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	19	414	430	435	435	
298	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
299	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
300	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
301	Transmisija (W)	- 138	- 160	- 181	- 190	- 198	- 173	- 115	- 77	- 38	0	30	58	
302	Zračenje (W)	0	0	0	0	283	1608	3074	3684	3302	2338	1587	1427	
303	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
304	Ukupno (W)	- 138	- 160	- 181	- 190	85	1435	2959	3638	4336	3441	2725	2599	
305		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
306	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
307	Vanj. temp. (°C)	30,00	30,90	31,60	32,00	31,70	31,10	29,80	27,90	25,90	24,70	23,10	21,90	
308	Osobe (W)	539	539	545	545	0	0	0	0	0	0	0	0	
309	Rasvjeta (W)	140	140	142	142	0	0	0	0	0	0	0	0	
310	Strojevi i uređaji (W)	439	444	444	449	0	0	0	0	0	0	0	0	
311	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
312	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
313	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
314	Transmisija (W)	83	104	120	130	125	115	91	53	15	- 8	- 41	- 66	
315	Zračenje (W)	1260	867	434	182	97	52	15	0	0	0	0	0	

	A	B	C	D	E
1	Projekt:				
2	Rekapitulacija za objekt				
3					
4					
5		21. Lipanj	23. Srpanj	24. Kolovoz	22. Rujan
6	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P1 Ulaz	87	109	355	799
7	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P2 Hodnik/Garderoba	77	99	347	793
8	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P3 Boravak/Blagovaona	4784	4822	4559	3822
9	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P4 Kuhinja	2678	2682	2388	1752
10	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P5 Kupaona	34	36	35	29
11	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P6 Tehnika	34	36	36	30
12	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P1 Ulaz	76	98	345	791
13	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P2 Hodnik/Garderoba	77	99	347	793
14	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P3 Boravak/Blagovaona	1384	1448	1822	2443
15	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P4 Kuhinja	1082	1091	1080	1060
16	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P5 Kupaona	68	72	69	58
17	E2 Kat \ S1 Stan \ P1 Hodnik/Stubište	14	14	12	10
18	E2 Kat \ S1 Stan \ P2 Soba	2346	2360	2166	1699
19	E2 Kat \ S1 Stan \ P3 Garderoba	6	6	5	4
20	E2 Kat \ S1 Stan \ P4 Soba	1435	1437	1263	885
21	E2 Kat \ S1 Stan \ P5 Soba	1427	1429	1255	877
22	E2 Kat \ S1 Stan \ P6 Kupaona	423	396	489	497
23	E2 Kat \ S2 Stan \ P1 Hodnik/Stubište	14	14	12	10
24	E2 Kat \ S2 Stan \ P2 Soba	659	686	796	978
25	E2 Kat \ S2 Stan \ P3 Garderoba	275	275	271	270
26	E2 Kat \ S2 Stan \ P4 Soba	507	516	508	487
27	E2 Kat \ S2 Stan \ P5 Soba	499	508	500	479
28	E2 Kat \ S2 Stan \ P6 Kupaona	423	396	489	497
29	Sat	16	16	15	14
30	Ukupno (W)	18409	18629	19149	19063

	A	B	C	D	E
1	Projekt:				
2	Rekapitulacija za objekt				
3					
4					
5	Zona 1				
6		21. Lipanj	23. Srpanj	24. Kolovoz	22. Rujan
7	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P1 Ulaz	87	109	355	799
8	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P2 Hodnik/Garderoba	77	99	347	793
9	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P3 Boravak/Blagovaona	4784	4822	4559	3822
10	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P4 Kuhinja	2678	2682	2388	1752
11	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P5 Kupaona	34	36	35	29
12	E1 Prizemlje \ S1 Stan \ P6 Tehnika	34	36	36	30
13	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P1 Ulaz	76	98	345	791
14	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P2 Hodnik/Garderoba	77	99	347	793
15	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P3 Boravak/Blagovaona	1384	1448	1822	2443
16	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P4 Kuhinja	1082	1091	1080	1060
17	E1 Prizemlje \ S2 Stan \ P5 Kupaona	68	72	69	58
18	E2 Kat \ S1 Stan \ P1 Hodnik/Stubište	14	14	12	10
19	E2 Kat \ S1 Stan \ P2 Soba	2346	2360	2166	1699
20	E2 Kat \ S1 Stan \ P3 Garderoba	6	6	5	4
21	E2 Kat \ S1 Stan \ P4 Soba	1435	1437	1263	885
22	E2 Kat \ S1 Stan \ P5 Soba	1427	1429	1255	877
23	E2 Kat \ S1 Stan \ P6 Kupaona	423	396	489	497
24	E2 Kat \ S2 Stan \ P1 Hodnik/Stubište	14	14	12	10
25	E2 Kat \ S2 Stan \ P2 Soba	659	686	796	978
26	E2 Kat \ S2 Stan \ P3 Garderoba	275	275	271	270
27	E2 Kat \ S2 Stan \ P4 Soba	507	516	508	487
28	E2 Kat \ S2 Stan \ P5 Soba	499	508	500	479
29	E2 Kat \ S2 Stan \ P6 Kupaona	423	396	489	497
30	Sat	16	16	15	14
31	Ukupno (W)	18409	18629	19149	19063
32					

	A	B	C	D	E
1	Projekt:				
2	Rekapitulacija po prostorijama				
3					
4					
5	Prizemlje				
6		Qsuho (W)	Qvlažno (W)	Qukupno (W)	Datum i vrijeme
7	S1 Stan \ P1 Ulaz	1179	0	1179	22. Rujan 12h
8	S1 Stan \ P2 Hodnik/Garderoba	1178	0	1178	22. Rujan 12h
9	S1 Stan \ P3 Boravak/Blagovaona	4736	213	4949	21. Svibanj 16h
10	S1 Stan \ P4 Kuhinja	2657	99	2756	21. Svibanj 16h
11	S1 Stan \ P5 Kupaona	53	0	53	21. Lipanj 18h
12	S1 Stan \ P6 Tehnika	53	0	53	21. Lipanj 18h
13	S2 Stan \ P1 Ulaz	1178	0	1178	22. Rujan 12h
14	S2 Stan \ P2 Hodnik/Garderoba	1178	0	1178	22. Rujan 12h
15	S2 Stan \ P3 Boravak/Blagovaona	4314	204	4518	24. Kolovoz 9h
16	S2 Stan \ P4 Kuhinja	1678	95	1773	21. Svibanj 9h
17	S2 Stan \ P5 Kupaona	106	0	106	21. Lipanj 18h
18					
19					
20	Kat				
21		Qsuho (W)	Qvlažno (W)	Qukupno (W)	Datum i vrijeme
22	S1 Stan \ P1 Hodnik/Stubište	18	0	18	23. Srpanj 19h
23	S1 Stan \ P2 Soba	2341	85	2426	21. Svibanj 16h
24	S1 Stan \ P3 Garderoba	11	0	11	23. Srpanj 23h
25	S1 Stan \ P4 Soba	1439	42	1481	21. Svibanj 16h
26	S1 Stan \ P5 Soba	1431	42	1473	21. Svibanj 16h
27	S1 Stan \ P6 Kupaona	1130	0	1130	21. Lipanj 12h
28	S2 Stan \ P1 Hodnik/Stubište	18	0	18	23. Srpanj 19h
29	S2 Stan \ P2 Soba	2013	81	2094	24. Kolovoz 9h
30	S2 Stan \ P3 Garderoba	275	0	275	23. Srpanj 16h
31	S2 Stan \ P4 Soba	1191	40	1231	21. Svibanj 9h
32	S2 Stan \ P5 Soba	1184	40	1224	21. Svibanj 9h
33	S2 Stan \ P6 Kupaona	1130	0	1130	21. Lipanj 12h
34					
35					

Prilog 2. Tehnički crteži, sheme

1
"Viessmann" Vitocal 111-S
tip AWBT-E-AC 111.A12; radna tvar: R410A

Dimenzije unutarnje jedinice:
- dužina: 681 mm
- širina: 600 mm
- visina: 1.874 mm
- težina: 169 kg

2
Meduspremnik ogrijevne vode:

- Volumen: 40 l
kao tip Vitocell 100-E, Tip SV/PA "Viessmann"

3

"Viessmann" Vitocal 111-S tip AWBT-E-AC 111.A12;
radna tvar: R410A

vanjska jedinica toplinske pumpe zrak/voda na električni pogon u split izvedbi za grijanje, hlađenje i pripremu PTV

Podaci o učinu grijanja prema EN 14511
nazivni toplinski učin: 7,4 kW; primljena elektr. snaga: 2,24 kW;
učinski koeficijent (COP): 3,31
Podaci o učinu hlađenja prema EN 14511
maksimalni učin hlađenja: 7,9 kW; primljena elektr. snaga: 2,71 kW;
učinski koeficijent (EER): 3,8

Dimenzije vanjske jedinice:
- ukupna dužina 412 mm
- ukupna širina 900 mm
- ukupna visina 13450 mm
- ukupna težina: 114 kg

RIELLO DESIGN INVERTER 6BS

ventilatorski konvektor s maskom, podna ugradnja

- rashladni učin: Q= 560 W (ulaz vode 7°C)
- ogrijevni učin: Q= 780 W (ulaz vode 50°C)

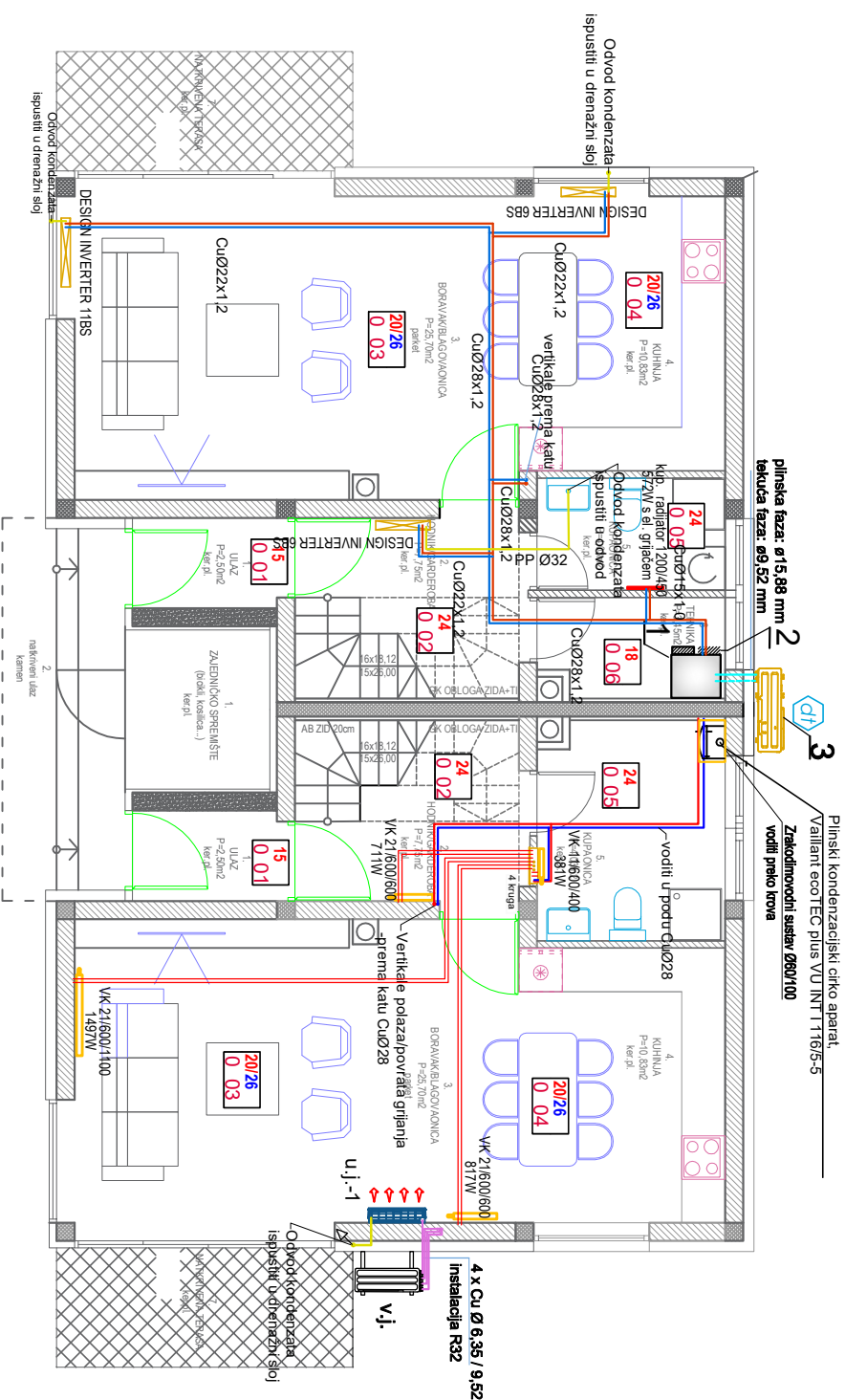
- protok zraka: 140 m³/h
- buka: 38,8-23,8 dB(A)

RIELLO DESIGN INVERTER 11BS

ventilatorski konvektor s maskom, podna ugradnja

- rashladni učin: Q= 1040 W (ulaz vode 7°C)
- ogrijevni učin: Q= 1570 W (ulaz vode 50°C)

- protok zraka: 250 m³/h
- buka: 39,5-24,9 dB(A)



projektna temp.

20/26
1/06

oznaka prostorije

ZS
Zidni sifon kao HL 138

razdjelnik radijatorskog grijanja;
u podzidnom ormariću

Freonska instalacija grijanja (Cu)

-vodi u fasadi u sloju termoizolacije i u podu

Cu Ø9,52 (plinovita faza)

Cu Ø6,35 (tekuća faza)

Glavni razvod grijanja (Cu Ø28)

Termoizolirane spojne cijevi podnog

grijanja (Pe-X Ø16)

Odvod kondenzata PP Ø32

Zidni sifon kao HL 138

razdjelnik radijatorskog grijanja;
u podzidnom ormariću

TLOCRT PRIZEMLJA
1:100



VANJSKA JEDINICA MULTISPLIT SUSTAVA -
Maksimalni broj unutarnjih jedinica je 4.

v.j.
Proizvod kao SAMSUNG Multisplit tip AJ080TXJ4KG/EU

Slijedećih je tehničkih karakteristika:

Učin - hlađenje = 8 kW

EER: 4,06

SEER: 7,75 (A++)

Učin - grijanje = 9,3 kW

COP: 4,37

SCOP: 4,1 (A++)

UNUTARNJE JEDINICE MULTISPLIT SUSTAVA

u.j.-1

Proizvod kao SAMSUNG tip AR12TXFCAMKNEU

Tehničke karakteristike uređaja:

Oh = 3,5 kW

Og = 3,5 kW

Dimenzije: 820 x 215 mm; h = 299 mm

u.j.-2, u.j.-3, u.j.-4

Proizvod kao SAMSUNG tip AR07TXFCAMKNEU

Tehničke karakteristike uređaja:

Oh = 2 kW

Og = 2,2 kW

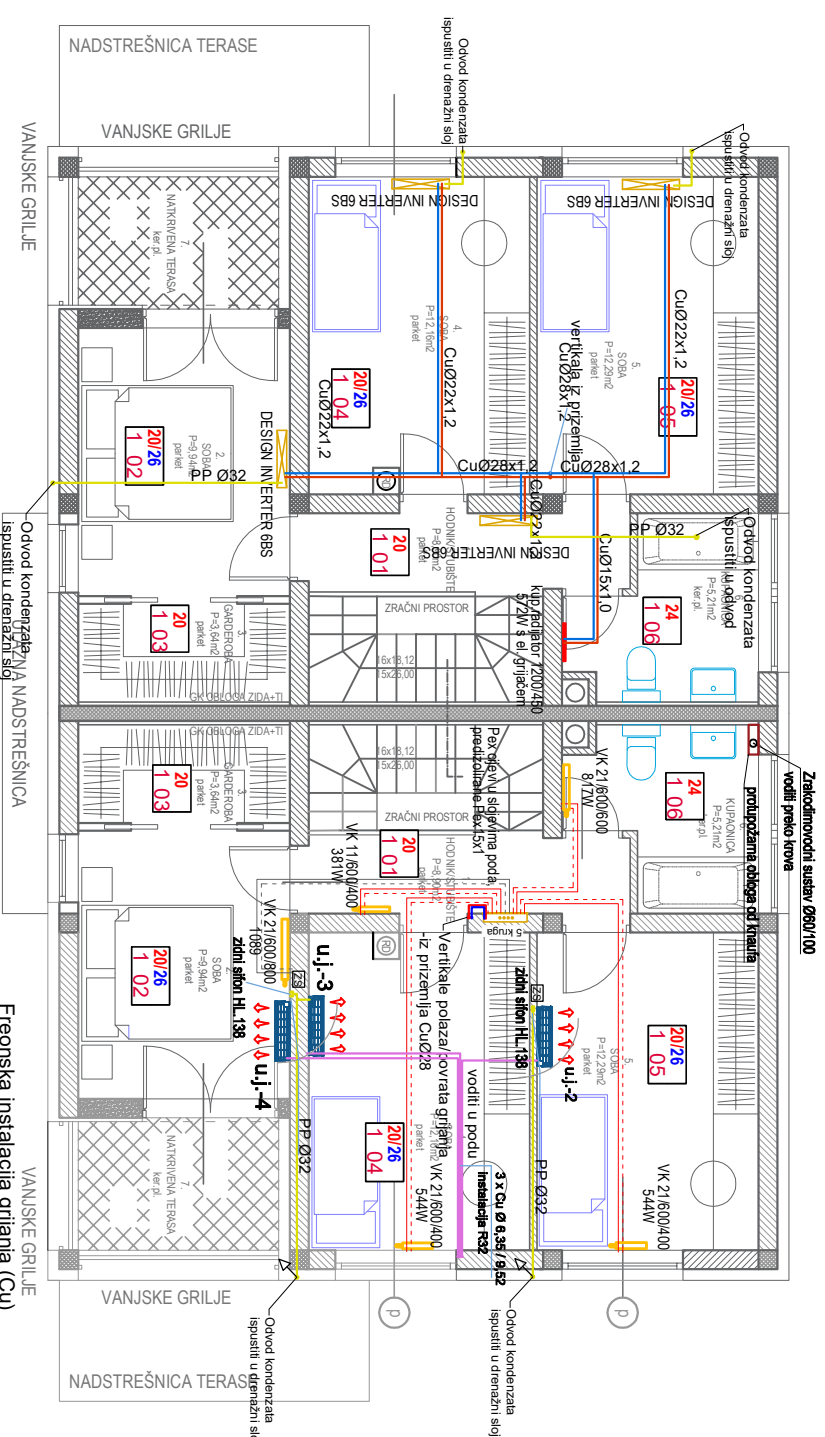
Radna tvar: R32

Priključak R32 / tekuća faza: 6,35 mm

Priključak R32 / plinovita faza: 9,52 mm

Datum	Ime i prezime	Potpis
06/2023	IGOR PINTARIĆ	
Razradio		
Čitao		
Pregledao		
Objekt :	STAMBENA ZGRADA	
1:100	SVEUČILIŠTE SJEVER	
TLOCRT PRIZEMLJA - GRIJANJE I HLAĐENJE		





Freonska instalacija grijanja (Cu)
-vodi u fasadi u sliju termizolacije i u podu

Cu Ø9,52 (plinovita faza)

Cu Ø6,35 (tekuća faza)

Glavni razvod grijanja (Cu Ø28)

Termizolirane spojne cijevi podnog

grijanja (Pe-X Ø16)

Odvod kondenzata PP Ø32

Zidni sifon kao HL 138

razdjelnik radijatorskog grijanja
u podžbuknom omaraču

RIELLO DESIGN INVERTER 11BS
ventilatorski konvektor s maskom, podna ugradnja
-rashladni učin: Q= 1040 W (ulaz vode 7°C)
-ogrijevni učin: Q= 1570 W (ulaz vode 50°C)
-protok zraka: 250 m³/h
-buka: 39,5-24,9 dB(A)

oznaka prostorije

projektna temp.

20/26
1.06

VANJSKA JEDINICA MULTISPLIT SUSTAVA -
Maksimalni broj unutarnjih jedinica je 4.

V.j.
Proizvod kao SAMSUNG Multisplit tip AJ090TXJ4KGEU

Slijedećih je tehničkih karakteristika:

Učin - hlađenje = 8 kW

EER: 4,06

SEER: 7,75 (A++)

Učin - grijanje = 9,3 kW

COP: 4,37

SCOP: 4,1 (A+)

UNUTARNJE JEDINICE MULTISPLIT SUSTAVA

u.j.-1

Proizvod kao SAMSUNG tip AR12TXFCAMKNEU

Tehničke karakteristike uređaja:

Qh = 3,5 kW

Qg = 3,5 kW

Dimenzije: 820 x 215 mm; h = 299 mm

u.j.-2, u.j.-3, u.j.-4

Proizvod kao SAMSUNG tip AR07TXFCAMKNEU

Tehničke karakteristike uređaja:

Qh = 2 kW

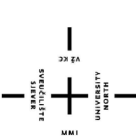
Qg = 2,2 kW

Radna tvar: R32

Priključak R32 / tekuća faza: 6,35 mm

Priključak R32 / plinovita faza: 9,52 mm

Datum	Ime i prezime	Potpis
06/2023	IGOR PINTARIĆ	
Razradio		
Čitao		
Pregledao		
Objekt :	STAMBENA ZGRADA	1:100
	TLOCRT KATA - GRIJANJE I HLAĐENJE	SVEUČILIŠTE SJEVER



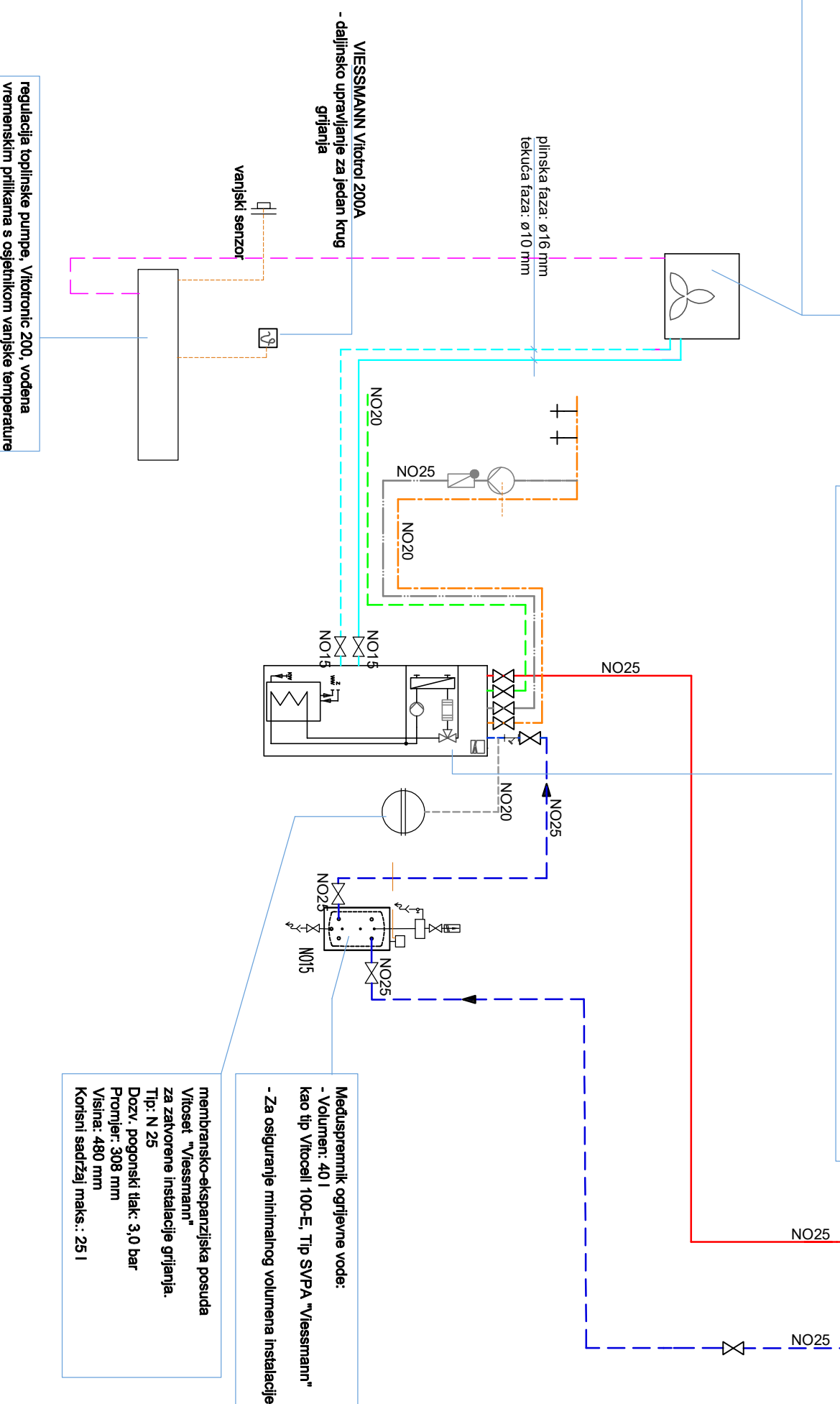
"Viessmann" Vitocal 111-S tip AWBT-E-AC 111.A12; radna tvar: R32
 vanjska jedinica toplinske pumpe zrak/voda na električni pogon u split izvedbi za grijanje, hlađenje i pripremu PTV
 Podaci o učinu grijanja prema EN 14511
 - U radnoj točki A2/W35: nazivni toplinski učin: 7,4 kW; primljena elektr. snaga: 2,24 kW; učinski koeficijent (COP): 3,31
 - U radnoj točki A7/W35: nazivni toplinski učin: 11,5 kW; primljena elektr. snaga: 2,58 kW; učinski koeficijent (COP): 4,45
 Podaci o učinu hlađenja prema EN 14511
 - U radnoj točki A35/W7: maksimalni učin hlađenja: 10,3 kW; primljena elektr. snaga: 2,44 kW; učinski koeficijent (EER): 4,21

Dimenzije vanjske jedinice:
 - ukupna dužina 412 mm
 - ukupna širina 900 mm
 - ukupna visina 13450 mm
 - ukupna težina: 90 kg

"Viessmann" Vitocal 111-S tip AWBT-E-AC 111.A12; radna tvar: R410A
 - Kompaktna toplinska pumpa za grijanje i hlađenje prostora i zagrijavanje pitke vode.
 - S ugrađenom visokoučinkovitom cirkulacijskom crpkom za krug grijanja, 3-stupanjskim protoknim elektro-grijačem 9 kW, 3-putnim preklopnim ventilom, membranskom ekspanzijskom posudom (10 l), kontrolnikom protoka, grijanjem posude za prihvati kondenzata i sigurnosnom grupom.
 - S integriranim spremnikom volumena 220 litara.

Dimenzije unutarnje jedinice:
 - dužina: 681 mm
 - širina: 600 mm
 - visina: 1.874 mm
 - težina: 168 kg

Cu Ø28 x 1,2
 QH= 7800 W
 ventilkonvektori
 grijanje/ hlađenje



Meduspremnik ogrijevne vode:
 - Volumen: 40 l
 kao tip Vitocell 100-E, Tip SVPA "Viessmann"
 - Za osiguranje minimalnog volumena instalacije.

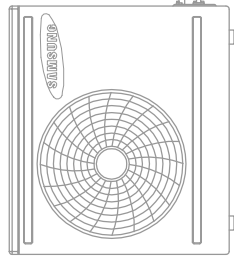
membransko-ekspanzijska posuda Vitoset "Viessmann" za zatvorene instalacije grijanja.
 Tip: N 25
 Dozv. pognoski tlak: 3,0 bar
 Promjer: 308 mm
 Visina: 480 mm
 Korisni sadržaj maks.: 25 l

Projektirao	06/2023	Ime i prezime	IGOR PINTARIĆ	Popis	
Razradio					
Crtao					
Pregledao					
Objekt :					
STAMBENA ZGRADA - STAN 1				1:100	SHEMA INSTALACIJE DIZALICE TOPLINE

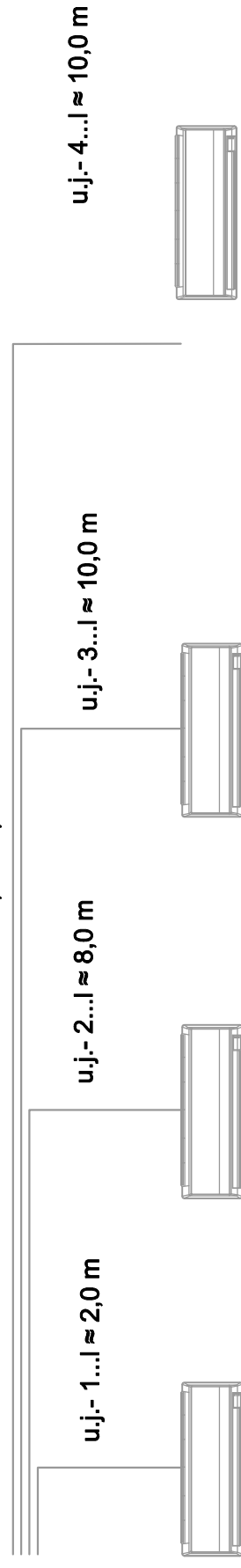
MULTISPLIT SUSTAV - SCHEMA SPAJANJA

VANJSKA JEDINICA AJ080TXJ4KG/EU - V.J.

Qh/Qgr = 8,0 kW / 9,3 kW



Cu CIJEVI: Ø 6,35 / 9,52



VANJSKA JEDINICA MULTISPLIT SUSTAVA -
Maksimalni broj unutarnjih jedinica je 4.

v.j.

Proizvod kao

SAMSUNG Multisplit tip AJ080TXJ4KG/EU

Sljedećih je tehničkih karakteristika:

Učin - hlađenje = 8 kW

EER: 4,06

SEER: 7,75 (A++)

Učin - grijanje = 9,3 kW

COP: 4,37

SCOP: 4,1 (A+)

Dimenzije ukupno:

- duljina x širina = 880 x 310 mm ; visina = 798 mm

Ukupna masa: 57,5 kg

UNUTARNJE JEDINICE MULTISPLIT SUSTAVA

u.j.- 1

Proizvod kao SAMSUNG tip AR12TXFCAWKNEU

Tehničke karakteristike uređaja:

Qh = 3,5 kW

Qg = 3,5 kW

Dimenzije: 820 x 215 mm; h = 299 mm

Ukupna masa: 9,0 kg

Radna tvar: R32

Priključak R32 / tekuća faza: 6,35 mm

Priključak R32 / plinovita faza: 9,52 mm

UNUTARNJA JEDINICA

U.J.-1- AR12TXFCAWKNEU

Qh/Qgr = 3,5 kW / 3,5 kW

UNUTARNJA JEDINICA

U.J.-2- AR07TXFCAWKNEU

Qh/Qgr = 2,0 kW / 2,2 kW

UNUTARNJA JEDINICA

U.J.-3- AR07TXFCAWKNEU

Qh/Qgr = 2,0 kW / 2,2 kW

UNUTARNJA JEDINICA

U.J.-4- AR07TXFCAWKNEU

Qh/Qgr = 2,0 kW / 2,2 kW

Dimenzije ukupno:

- duljina x širina = 880 x 310 mm ; visina = 798 mm

Ukupna masa: 57,5 kg

UNUTARNJE JEDINICE MULTISPLIT SUSTAVA

u.j.- 1

Proizvod kao SAMSUNG tip AR12TXFCAWKNEU

Tehničke karakteristike uređaja:

Qh = 3,5 kW

Qg = 3,5 kW

Dimenzije: 820 x 215 mm; h = 299 mm

Ukupna masa: 9,0 kg

Radna tvar: R32

Priključak R32 / tekuća faza: 6,35 mm

Priključak R32 / plinovita faza: 9,52 mm

u.j.- 2, u.j.- 3, u.j.- 4

Proizvod kao SAMSUNG tip AR07TXFCAWKNEU

Tehničke karakteristike uređaja:

Qh = 2 kW

Qg = 2,2 kW

Dimenzije: 820 x 215 mm; h = 299 mm

Ukupna masa: 9,0 kg

Radna tvar: R32

Priključak R32 / tekuća faza: 6,35 mm

Priključak R32 / plinovita faza: 9,52 mm

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis
Razradio	06/2023	IGOR PINTARIĆ	
Crtao			
Pregledao			
Objekt:		1:100	
STAMBENA ZGRADA		SVEUČILIŠTE SJEVER	
		SCHEMA SPAJANJA MULTI SPLIT SISTEMA	



Sveučilište
SjeverSVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Igor Pintarić (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/~~ica~~ završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Grijanje i hlađenje stambenog objekta korištenjem različitih izvora energije te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/~~ica~~:

Igor Pintarić

(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.