

# PROJEKT SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA I KLIMATIZACIJE PROIZVODNO POSLOVNE ZGRADE U GOSPODARSKOJ ZONI VARAŽDIN

---

Gavranić, Draženko

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:792747>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-04**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

# PROJEKT SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA I KLIMATIZACIJE PROIZVODNO POSLOVNE ZGRADE U GOSPODARSKOJ ZONI VARAŽDIN

---

Gavranić, Draženko

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:792747>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2023-02-15**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

DRAŽENKO GAVRANIĆ

**PROJEKT SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA  
I KLIMATIZACIJE PROIZVODNO POSLOVNE  
ZGRADE U GOSPODARSKOJ ZONI  
VARAŽDIN**

DIPLOMSKI RAD

KARLOVAC, 2020

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

DRAŽENKO GAVRANIĆ

**PROJEKT SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA  
I KLIMATIZACIJE PROIZVODNO POSLOVNE  
ZGRADE U GOSPODARSKOJ ZONI  
VARAŽDIN**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

doc. dr. sc. Tihomir Mihalić, dipl. ing.

KARLOVAC, 2020

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj Diplomski rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Tihomir Mihalić, dipl. ing. na strpljenju i stručnoj pomoći pri izradi rada.

Karlovac, 26. 10. 2020.

Draženko Gavranić

# SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA .....	VII
POPIS SKRAČENICA .....	X
SAŽETAK .....	XI
SUMMARY .....	XII
1. UVOD .....	1
2. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA DIZALICE TOPLINE .....	2
2.1. Kompresijski sustav.....	4
2.2. Opis kompresijskog rashladnog sustava .....	5
2.3. Poželjna svojstva radnih tvari.....	6
2.4. Označavanje radnih tvari.....	7
2.5. Odabir radne tvari.....	7
2.6. Dizalica topline voda - voda .....	8
3. BUNARI .....	9
4. OPIS ZGRADE .....	10
5. PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA .....	13
5.1. Toplinsko opterećenje zimi .....	14
5.2. Ulazni podaci proračuna:.....	16
5.3. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka .....	16
5.4. Toplinsko opterećenje ljeti .....	19
5.5. Rezultati proračuna toplinskih dobitaka .....	23
5.6. Sustav ventilokonvektorskog grijanja i hlađenja .....	26
5.6.1 Rezultati proračuna cijevne mreže grijanja ventilokonvektora.....	30
5.6.2 Rezultati proračuna cijevne mreže hlađenja ventilokonvektora.....	34
5.7. Podno grijanje .....	38
5.7.1 Rezultati proračuna podnog grijanja.....	40
5.8. Podno hlađenje .....	42
5.8.1 Rezultati podnog hlađenja.....	43
6. ODABIR OPREME U STROJARNICI .....	45
6.1. Odabir međuzmjenjivača .....	45

6.2. Odabir ekspanzijske posude .....	55
6.3. Odabir međuspremnik .....	57
6.4. Odabir pumpi.....	58
6.4.1 Odabir pumpi u sustavu grijanja.....	58
6.4.2 Odabir pumpi u sustavu hlađenja.....	63
6.4.3 Odabir pumpe bunarske vode.....	68
6.5. Odabir dizalice topline .....	69
7. VENTILACIJA.....	70
7.1. Ventilacija proizvodne hale (dilatacija A) .....	70
7.1.1 Odabir klima komore - KK1 dilatacija B.....	73
7.2. Ventilacija skladišta (dilatacija C) .....	76
7.2.1 Odabir klima komore - KK2 dilatacija C.....	77
7.3. Odabir rekuperatora zraka .....	80
7.4. Zračna zavjesa - skladište.....	93
7.5. Ventilacija sanitarija.....	94
7.6. Ventilacija čajnih kuhinja .....	94
7.7. Ventilacija tehničkih soba .....	95
8. SUSTAV HLAĐENJE TEHNIČKIH SOBA .....	96
8.1. Klimatizacija GRO sobe .....	96
8.2. Klimatizacija server sobe.....	97
9. ZAKLJUČAK.....	100
LITERATURA .....	102
PRILOZI.....	103

## POPIS SLIKA

- Slika 2.1. Faktor grijanja dizalice topline [1]
- Slika 2.2. Shema rada dizalice topline [1]
- Slika 2.3. T-s dijagram rashladnog kružnog procesa [2]
- Slika 2.4. Pakiranje radne tvari R410A
- Slika 2.5. Dizalica topline voda – voda [4]
- Slika 4.1. Tlocrt prizemlje
- Slika 4.2. Tlocrt kata
- Slika 5.1. Dijagram ugone prema Leusdenu i Freymarku [5]
- Slika 5.2. Razdioba temperature po visini za idealno i podno grijanje [10]
- Slika 5.3. Osnovni način postavljanja cijevi [10]
- Slika 5.4. Pojednostavljena shema podnog grijanja [9]
- Slika 5.5. Elementi sustava podnog hlađenja [14]
- Slika 6.1. Sklopni izgled pločastog izmjenjivača [13]
- Slika 6.2. T – A dijagram međuizmjenjivača
- Slika 6.3. Dimenzije međuizmjenjivača [9]
- Slika 6.4. Ekspanzijska posuda proizvođača Elbi [11]
- Slika 6.5. Međuspremnik proizvođača Elbi [11]
- Slika 6.6. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 65-150 F [12]
- Slika 6.7. Dijagram radne točke pumpe Grundfos ALPHA1 L 25-40 180 [12]
- Slika 6.8. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 40-40 F [12]
- Slika 6.9. Dijagram radne točke pumpe Grundfos ALPHA1 L 25-40 180 [12]
- Slika 6.10. Dijagram radne točke pumpe Grundfos ALPHA1 L 25-40 130 [12]
- Slika 6.11. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 40-60 F [12]
- Slika 6.12. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-60 [12]
- Slika 6.13. Dijagram radne točke pumpe Grundfos ALPHA2 25-80 130 [12]

Slika 6.14. Dijagram radne točke pumpe Grundfos TP 50-180/2 A-F-A-BQBE [12]

Slika 6.15. Dijagram radne točke pumpe Grundfos TP 80-90/4 A-F-A-BAQE [12]

Slika 6.16. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-40 [12]

Slika 6.17. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 60-150 F [12]

Slika 6.18. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-40 [12]

Slika 6.19. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 40-60 F [55] [12]

Slika 6.20. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-60 [12]

Slika 6.21. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-80 [12]

Slika 6.22. Dijagram radne točke pumpe Grundfos NB 65-125/125 A-F2-A-E-BQQE [12]

Slika 6.23. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 40–100 F [12]

Slika 6.24. Dijagram radne točke WILO TWI 6.30-02-CI [13]

Slika 7.1. Stropni distributer Klimaoprema DVV-500 [16]

Slika 7.2. Stropni distributer Klimaoprema DVV-315 [16]

## POPIS TABLICA

Tablica 5.1.	Ukupni toplinski gubici Dilatacija A
Tablica 5.2.	Ukupni toplinski gubici Dilatacija B - prizemlje
Tablica 5.3.	Ukupni toplinski gubici Dilatacija B - kat
Tablica 5.4.	Ukupni toplinski gubici Dilatacija C
Tablica 5.5.	Toplina koju odaju ljudi (VDI 2078)
Tablica 5.6.	Toplina koju odaju različiti električni uređaji
Tablica 5.7.	Ukupni toplinski dobitci Dilatacija A
Tablica 5.8.	Ukupni toplinski dobitci Dilatacija B - prizemlje
Tablica 5.9.	Ukupni toplinski dobitci Dilatacija B - kat
Tablica 5.10.	Ukupni toplinski dobitci Dilatacija C
Tablica 5.11.	Tablica tehničkih karakteristika ventilokonvektora [6]
Tablica 5.12.	Odabir ventilokonvektora Dilatacija A
Tablica 5.13.	Odabir ventilokonvektora Dilatacija B - prizemlje
Tablica 5.14.	Odabir ventilokonvektora Dilatacija B - kat
Tablica 5.15.	Odabir ventilokonvektora Dilatacija C
Tablica 5.16.	Glavni razvod grijanja, režim 55/45 °C
Tablica 5.17.	Cijevna mreža ventilokonvektora grijanja krug G1, režim 55/45 °C
Tablica 5.18.	Cijevna mreža ventilokonvektora grijanja krug G1, režim 55/45 °C
Tablica 5.19.	Cijevna mreža ventilokonvektora grijanja krug G3, režim 55/45 °C
Tablica 5.20.	Cijevna mreža toplinska podstanica 2, krug G3, režim 55/45 °C
Tablica 5.21.	Cijevna mreža ventilokonvektora grijanja krug G4, režim 55/45 °C
Tablica 6.22.	Glavni razvod hlađenja, režim 7/12 °C
Tablica 5.23.	Cijevna mreža hlađenja podstanica 1 krug H1, režim 7/12 °C
Tablica 5.24.	Cijevna mreža hlađenja podstanica 2 krug H1, režim 7/12 °C
Tablica 5.25.	Cijevna mreža hlađenja podstanica 2 krug H2, režim 7/12 °C

Tablica 5.26.	Cijevna mreža hlađenja podstanica 2 krug H3, režim 7/12 °C
Tablica 5.27.	Cijevna mreža podnog grijanja
Tablica 5.28.	Cijevna petlja podnog grijanja - prizemlje
Tablica 5.29.	Cijevna petlja podnog grijanja - kat
Tablica 5.30.	Razdjelnici podnog grijanja
Tablica 5.31.	Razdjelnici podnog hlađenja
Tablica 5.32.	Cijevna mreža podnog hlađenja, režim 16/19 °C
Tablica 6.1.	Tehničke karakteristike ekspanzijska posude Elbi [11]
Tablica 6.2.	Tehničke karakteristike međuspremnik Elbi [11]
Tablica 7.1.	Proračun kanala za odsis zraka proizvodne hale
Tablica 7.2.	Proračun kanala za dobavu zraka proizvodne hale
Tablica 7.3.	Tehnički opis klima komore KK1 [18]
Tablica 7.4.	Proračun kanala za odsis zraka skladišta
Tablica 7.5.	Proračun kanala za dobavu zraka skladišta
Tablica 7.6.	Tehnički opis klima komore KK2 [18]
Tablica 7.7.	Iskustveni broj izmjena zraka po satu za različite prostore [17]
Tablica 7.8.	Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka – prizemlje dilatacija A i C
Tablica 7.9.	Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka – prizemlje dilatacija A
Tablica 7.10.	Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka – kat dilatacija A
Tablica 7.11.	Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka –prizemlje dilatacija B
Tablica 7.12.	Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka – kat dilatacija B
Tablica 7.13.	Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka – dvorana za sastanke

## POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Jedinica	Opis
$T$	$^{\circ}\text{C}$	relativna temperatura
$m$	$\text{kg}$	masa
$Q_{fs}$	$\text{l/s}$	kapacitet filtarske sekcije
$\Phi_i$	$\text{kW}$	toplinski tok na isparivaču
$\vartheta_{\cdot}$	$^{\circ}\text{C}$	temperatura etilen-glikola na međuisparivaču
$\vartheta_{\cdot}$	$^{\circ}\text{C}$	temperatura bunarske vode na međuisparivaču
$\rho_{bv}$	$\text{kg/m}^3$	gustoća tekućine
$\lambda_{\cdot}$	$\text{W/mK}$	koeficijent toplinske vodljivosti
$\mu_{\cdot}$	$\text{Pa s}$	dinamička viskoznost
$c_{\cdot}$	$\text{kJ/kg}$	specifični toplinski kapacitet
$\rho_i$	$\text{bar}$	tlak isparavanja
$T_i$	$^{\circ}\text{C}$	temperatura isparavanja
$\rho_k$	$\text{bar}$	tlak kondenzacije
$T_k$	$^{\circ}\text{C}$	temperatura kondenzacije
$q_{mbv}$	$\text{kg/s}$	maseni protok bunarske vode
$q_{meg}$	$\text{kg/s}$	maseni protok etilen-glikola
$d_{emi}$	$\text{m}$	ekvivalentni promjer kanala
$L_{Pmi}$	$\text{m}$	visina izmjenjivačke površine
$L_{Wmi}$	$\text{m}$	širina izmjenjivačke površine
$A_{Kmi}$	$\text{m}^2$	površina kanala
$A_{Pmi}$	$\text{m}^2$	projicirana površina
$A_{ukmi}$	$\text{m}^2$	ukupna površina izmjene topline
$v_{bvmi}$	$\text{m/s}$	brzina strujanja bunarske vode primarnog kruga
$\rho_{\cdot}$	$\text{kg/m}^3$	gustoća fluida

$v_{eg}$	m/s	brzina strujanja etilen-glikola
$L_{ci}$	m	dužina cijevi
$k$	W/m <sup>2</sup> K	koeficijent prijelaza topline
$H_{mi}$	mm	visina modula međuzmjenjivača
$B_{mi}$	mm	širina modula međuzmjenjivača
$L_{v_{mi}}$	mm	visina između ulaza – izlaza međuzmjenjivača
$L_{h_{mi}}$	mm	širina između ulaza – izlaza međuzmjenjivača
$d_{u_{mi}}$	mm	unutarnji promjer međuzmjenjivača
$\lambda_{\xi}$	W/mK	toplinska provodljivost ploče
$b_{mi}$	m	širina kanala
$\delta_{mi}$	m	debljina ploče
$n_{mi}$	kom	broj ploča
$Re_{.}$	–	Reynoldsov bezdimenzijski broj
$Nu_{.}$	–	Nusseltov bezdimenzijski broj
$\Delta\vartheta_{mi}$	°C	srednja logaritamska razlika temperatura
$\alpha_{.}$	W/m <sup>2</sup> K	koeficijent prijelaza topline međuzmjenjivača
$q_{A_{mi}}$	W/m <sup>2</sup>	specifični toplinski tok
$V_{n_{min}}$	L	minimalni volumen ekspanzijske posude
$V_A$	L	volumen vode u instalaciji
$p_e$	bar	projektni krajnji tlak
$A_{mi_{potr}}$	m <sup>2</sup>	potrebna površina za izmjenu topline
$\Phi_{uk}$	W	ukupni toplinski gubici
$\Phi_{T_i}$	W	projektirani transmisijski gubici topline prostorije
$\Phi_{V_i}$	W	projektirani ventilacijski gubici topline prostorije
$H_T$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka
$\theta_{int}$	°C	unutarnja projektirana temperatura

$\rho_z$	kg/m <sup>3</sup>	gustoća zraka
$V_z$	m <sup>3</sup> /h	potreban volumen protoka zraka
$c_{pz}$	J/kgK	specifičan toplinski kapacitet zraka
$c_z$	W/kgK	toplinski kapacitet zraka
$I_z$	h <sup>-1</sup>	broj izmjena zraka
$V_{nmin}$	L	minimalni potrebni volumen posude
$V_e$	L	volumen širenja izazvan povišenjem temperature
$V_A$	L	volumen vode u instalaciji
$p_e$	bar	projektni krajnji tlak
$p_0$	bar	primarni tlak ekspanzijske posude
$Q_I$	W	unutarnji izvori topline
$Q_A$	W	vanjski izvori topline
$\dot{V}_0$	m <sup>3</sup> /h	volumni protok vanjskog zraka
$\dot{V}_{ON}$	m <sup>3</sup> /h	volumni protok zraka po osobi
$N$	–	broj osoba
$L_{SV}$	m <sup>3</sup> /h	protok zraka sanitarnih ventilatora
$I$	A	jakost električne struje
$L_W$	dB	nivo zvučne snage prema okolišu
$V_{sobe}$	m <sup>3</sup>	volumen server sobe
$P_{uk}$	kW	ukupna instalirana energija opreme u server sobi
$P_{uk}$	kW	ukupna instalirana energija opreme u server sobi
$q_{ups}$	–	topline od neprekidnog napajanja
$q_{rezerva}$	–	rezervni kapacitet klima uređaja
$q_{dogradnja}$	–	nadogradnja uređaja u server sobi

## POPIS SKRAČENICA

Oznaka	Opis
GViK	grijanje, ventilacija i klimatizacija
VDI 2078	norma rashladnog opterećenja
GRO	glavni razvodi ormar
TEV	termoekspanzijski ventil
VPMT	ventil s plovkom na niskotlačnoj strani
PSE	ekspandirani polistiren
PEHD	polietilen visoke gustoće
EC motor	motor sa permanentnim magnetima na rotoru
PVC	polivinil klorid

## SAŽETAK

Geotermalna dizalica topline voda - voda koristi se kao uređaj koji koristi akumuliranu toplinu podzemne vode i uz pomoć električne energije pretvara toplinsku energiju ovisno o potrebi projektiranog arhitektonskog objekta u energiju potrebnu za sustav grijanja ili hlađenja. Za potrebe zahvaćanja podzemne vode koristi se sustav bunarske vode koji se sastoji od dva crpna bunara koji međusobno trebaju biti razmaknuti najmanje deset metara i jednog ponornog bunara. U ovom radu napravljeni su proračuni i toplinska bilanca za dizalicu topline voda – voda za proizvodno poslovnu zgradu. Proizvodno poslovna zgrada korisne površine 3029 m<sup>2</sup> za koju je potrebno projektirati sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije (GVik) nalazi se u gospodarskoj zoni grada Varaždina. Prema normi HRN EN 12831 proračunati su toplinski gubici koji iznose 197,4 kW u temperaturnom režimu grijanja 55/45 °C, a prema normi VDI 2078 proračunati su toplinski dobitci koji iznose 291,2 kW u temperaturnom režimu 7/12 °C.

Pasivno hlađenje projektirano je za potrebe proizvodne hale u iznosu toplinskih dobitaka 58,5 kW i prolaskom hladne vode u režimu 16/19 °C.

Za ventilaciju proizvodnog pogona i skladišta projektirane su klima komore kapaciteta 20000 m<sup>3</sup>/h za proizvodni pogon odnosno 6000 m<sup>3</sup>/h za skladište s pripadajućim kanalima za odvod i dobavu zraka.

Za zasebne cjeline uredskog dijela zgrade proračunati su i projektirani ventilacijski uređaji s rekuperatorom zraka i kanalnim sustavom. Ventilacija sanitarnih čvorova izvedena je malim tihim ventilatorima s odgodom početka rada.

Za cjelogodišnje hlađenje tehničkih soba, projektom je predviđeno hlađenje mono split klima uređajima kapacitete 3,6 kW za GRO sobu i 5 kW za server sobu.

Temeljni zadatak i cilj svakog sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije je osiguravanje toplinskih uvjeta (toplinske ugodnosti) kod kojih se korisnici prostora osjećaju ugodno. Za postizanje navedenog zadatka temeljem idejnog rješenja sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije prema zadanom prostoru potrebno je napraviti kvalitetnu građevinsku izvedbu prostor s naglaskom na izolaciji prostora, precizne proračune toplinske bilance i temeljem proračuna napraviti pravilan odabir opreme.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, ventilacija, dizalica topline

## SUMMARY

Geothermal water-to-water heat pump is used as a device that uses the accumulated heat of groundwater and with the help of electricity converts thermal energy depending on the needs of the designed architectural object into energy needed for the heating or cooling system. For the purpose of groundwater abstraction, a well water system is used, which consists of two pumping wells that should be at least ten meters apart and one abyssal well. In this paper, calculations and heat balance for water - water heat pump for production and business building are made. The production and business building with a usable area of 3029 m<sup>2</sup> for which it is necessary to design the GViK system is located in the economic zone of the city of Varaždin. According to the standard HRN EN 12831, heat losses amounting to 197.4 kW in the heating temperature regime of 55/45 °C were calculated, and according to the VDI 2078 standard, heat gains amounting to 291.2 kW in the temperature regime 7/12 °C were calculated.

Passive cooling is designed for the needs of the production hall in the amount of heat gains of 58.5 kW and the passage of cold water in the mode of 16/19 °C.

For ventilation of the production plant and storage, air-conditioning chambers with a capacity of 20000 m<sup>3</sup>/h for the production plant and 6000 m<sup>3</sup>/h for the storage with associated ducts for air outlet and supply have been designed.

For separate units of the office part of the building, designed ventilation devices with an air recuperator and a duct system were calculated. Ventilation of sanitary facilities is performed by small silent fans with a delay in the start of work.

For year-round cooling of technical rooms, the project envisages cooling with mono-split air conditioners with a capacity of 3.6 kW for the GRO room and 5 kW for the server room. The basic task and goal of any heating, ventilation and air conditioning system is to provide thermal conditions (thermal comfort) in which the users of the space feel comfortable. In order to achieve this task, based on the conceptual design of the heating, ventilation and air conditioning system according to the given space, it is necessary to make a quality construction with emphasis on space insulation, precise heat balance calculations and make the right choice of equipment.

Keywords: heating, cooling, ventilation, heat pump

## 1. UVOD

Podzemni resursi podzemnih voda uvijek su koristili ljudima jer osiguravaju opskrbu pitkom vodom, a uz to podzemna voda može učiniti i puno više ako se koristi i za zagrijavanje, a ne se samo za piće, tuširanje i zalijevanje vrta. Toplinska energija koja je akumulirana u podzemnim vodama može se koristiti tijekom cijele godine, bez obzira na godišnju dob, jer je temperatura podzemnih voda konstantna tijekom cijele godine.

Geotermalna dizalica topline voda - voda koristi se kao uređaj koji koristi akumuliranu toplinu podzemne vode i uz pomoć električne energije pretvara toplinsku energiju ovisno o potrebi projektiranog arhitektonskog objekta u energiju potrebnu za sustav grijanja ili hlađenja. Temperatura zraka i sunčevo zračenje utječu na podzemne vode za samo jedan stupanj Celzijusa, a ovisno o dubini bunara, pumpana podzemna voda ima stalnu temperaturu (+7 °C do +14 °C) te time predstavlja stabilan izvor energije i idealno skladište topline. Bez obzira na trenutnu vanjsku temperaturu za 1 kWh korištene električne energije na izlazu dobivamo ukupnu toplinsku energiju od 4 do 5 kWh što predstavlja najučinkovitiji uređaj za proizvodnju stabilnog izvora topline. Uvjeti za instalaciju podzemne pumpe za crpljenje vode su: dovoljan protok vode (l/h), voda odgovarajuće kvalitete, minimalni razmak između bunara od 10 m do 15 m.

Za izračun učinkovitosti geotermalne dizalice topline voda – voda koristi se toplinska (energetska) bilanca zadanog prostora za koji će se koristiti dizalica topline. Pri izradi projekta može se dogoditi da je izračunana i predložena toplinska bilanca za zadani prostor manja od stvarno potrebne tražene energije i tada će projektirani sustav GViK raditi konstantno i možda neće postići potrebni temperaturni režim. Suprotno tome, ako je izračunana i predložena toplinska bilanca većeg kapaciteta od stvarno potrebnog kapaciteta, oprema sustava GViK će biti veća i nepotrebno skuplja, sustav će istovremeno raditi s mnogo prekida jer će veoma brzo postizati temperaturni režim, a tako i energetska efikasnost sustava biti manja.

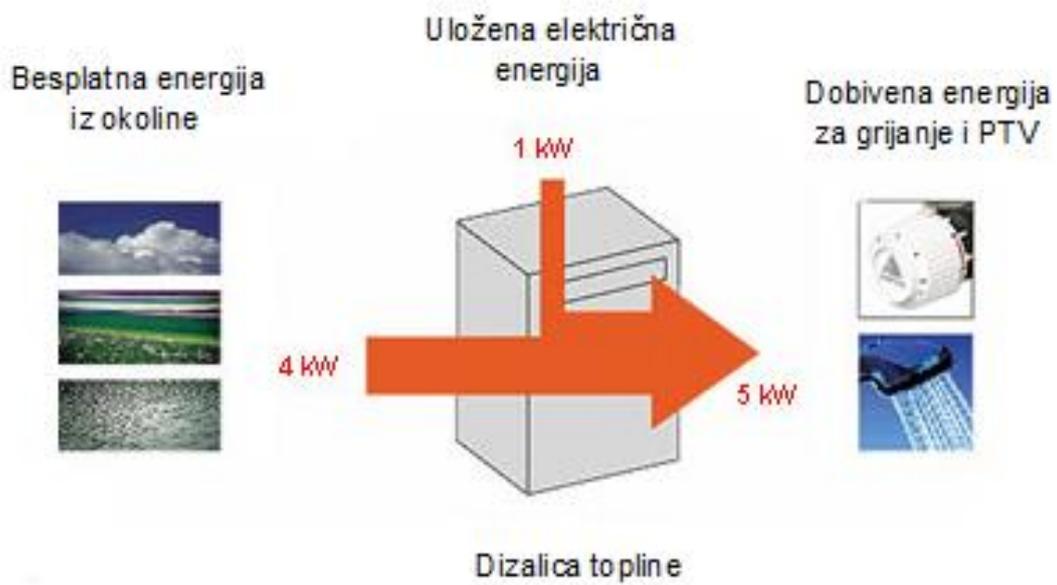
Za optimalni rad sustava potrebno je što preciznije odrediti toplinsku bilancu.

## 2. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA DIZALICE TOPLINE

Dizalica topline je pouzdani energetska sustav koji pretvara neiskorištenu akumuliranu energiju okoline u upotrebljivu toplinsku energiju podižući je na viši temperaturni nivo pogodan za korištenje u sustavima grijanja i hlađenja prostora te potrošene tople vode. Pri tome dizalica topline ulaže rad dobiven utroškom nekog od oblika energije, najčešće električne. Kao nisko temperaturni toplinski izvori topline koriste se voda (riječna, jezerska, morska i podzemna), zrak i tlo. Proizvedena toplina može, ovisno o vrsti sustava, biti predana zraku ili vodi. Za što veću efikasnost dizalica topline na izvore topline postavljeni su različiti zahtjevi kao što su:

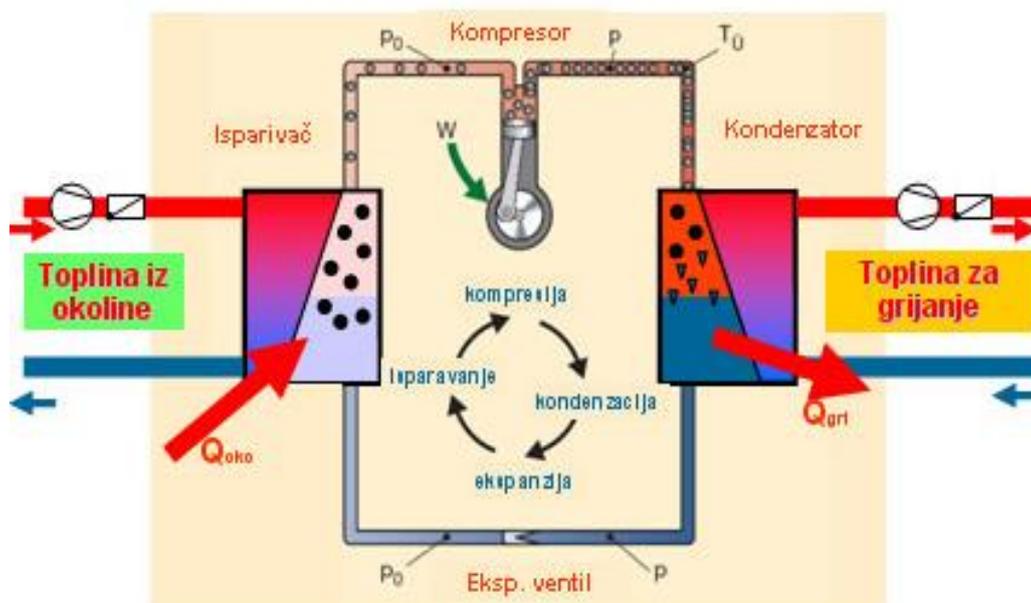
- toplinski izvor treba osigurati potrebnu količinu topline u svako doba i na što višoj temperaturi,
- energija za transport topline od izvora do isparivača dizalica topline treba biti što manja,
- troškovi za priključenje toplinskog izvora na dizalicu topline trebaju biti što manji.

Kako bi dizalica topline mogla funkcionirati potrebna su dva odvojena i međusobno izolirana spremnika topline. Prvi spremnik topline je izvor iz kojeg se toplina crpi (atmosfera, voda, tlo) dok drugi spremnik prima proizvedenu toplinu iz izvora (prostorija koju se zagrijava, spremnik tople vode). Prednost primjene dizalica topline u odnosu na klasična rješenja sustava grijanja je proizvodnja 3 do 5 puta više besplatne toplinske energije dizalicom topline na svaki utrošeni kilovat električne energije.



Slika 2.1. Faktor grijanja dizalice topline [1]

Dizalicu topline kao jedinstveni uređaj čine dijelovi koji se nalaze u zajedničkom kućištu.



Slika 2.2. Shema rada dizalice topline [1]

## **2.1. Kompresijski sustav**

Svaki kompresijski sustav sadrži četiri osnovna elementa: kompresor, kondenzator, prigušni ventil i isparivač [2].

### **Kompresor**

Komprimira radnu tvar od tlaka isparavanja do tlaka kondenzacije s ciljem povećavanja temperature radne tvari iznad temperature okoline. Komprimiranjem se povećava temperatura i tlak radne tvari. Porastom temperature na potreban iznos omogućuje se izmjena topline s okolinom. Kompresori se dijele na hermetičke, poluhermetičke i otvorene.

### **Kondenzator**

Vruće pare radne tvari iz kompresora se prvo hlade, kondenziraju, te pothlađuju prije napuštanja kondenzatora. Prema načinu hlađenja kondenzatori se dijele na vodom hlađene, zrakom hlađene te vodom i zrakom (kombinirano) hlađene kondenzatore.

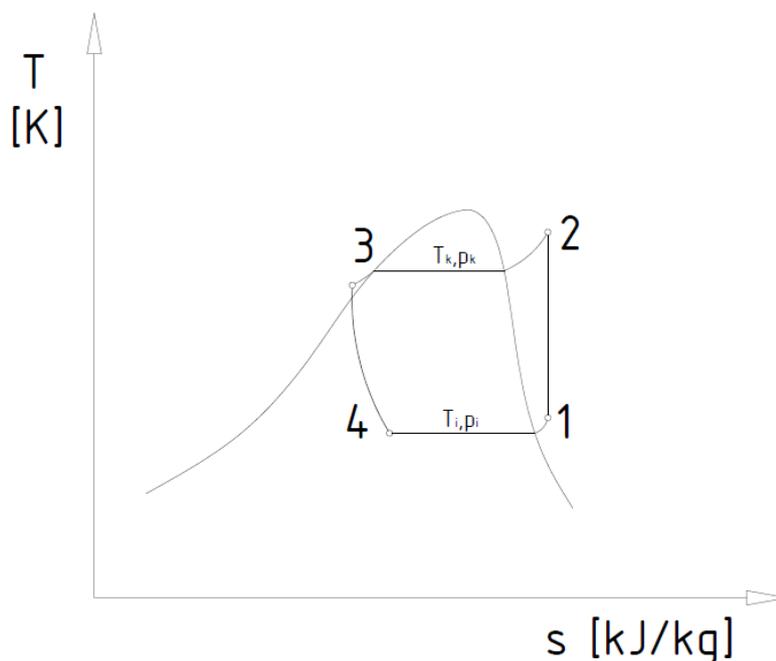
### **Prigušni ventil**

Dozira i prigušuje radnu tvar s tlaka kondenzacije na tlak isparavanja. Kapljevita radna tvar prolazi kroz prigušni ventil iz područja visokog tlaka u područje nižeg tlaka. Zbog toga radna tvar ekspandira i istodobno isparava. Najčešće je to termoekspanzijski ventil (TEV) ili ventil s plovkom na niskotlačnoj strani (VPNT).

### **Isparivač**

Dok radna tvar isparava, ona apsorbira toplinu i hladi tvari i/ili prostor kojeg želimo rashladiti. U isparivaču se radna tvar nalazi u međusobno gusto postavljenim cjevčicama, kako bi se dobila što veća površina za izmjenu topline. Prema načinu rada isparivači se dijele na potopljene isparivače i suhe isparivače.

## 2.2. Opis kompresijskog rashladnog sustava



Slika 2.3. T-s dijagram rashladnog kružnog procesa [2]

Rashladni proces ispitnog sustava je klasični lijevokružni parni proces koji se prikazuje T-s dijagramom rashladnog kružnog procesa. Kompresor usisava pregrijane pare radne tvari pri tlaku isparavanja (točka 1) te ih komprimira na tlak kondenzacije (točka 2). U kondenzatoru se radna tvar, koja je uslijed kompresije još više pregrijana, prvo hladi na temperaturu kondenzacije zatim potpuno kondenzira i još se pothladi za par stupnjeva Celzijusa (točka 3). Time kondenzator predaje toplinu okolini. Zatim se pothlađeni kondenzat prigušuje prigušnim ventilom na tlak isparavanja (točka 4) te u isparivaču potpuno isparava i pregrije se za par stupnjeva Celzijusa čime se osigurava suhi usis na kompresoru. Potpunim isparavanjem kondenzata u isparivaču se ostvaruje rashladni učinak. Kompresor ponovno usisava pregrijane pare radne tvari i ciklus se ponavlja.

Parni rashladni uređaji rade s radnom tvari kod koje proces pada u zasićeno područje te se toplina dovodi kod tlaka  $p_i$  i konstantne temperature  $T_i$ , a odvodi se kod konstantne tlaka  $p_k$  i temperature  $T_k$ . Opisani proces je moguć jer u zasićenom području izoterme su ujedno i izobare. Unutar zasićenog područja može se i praktički provesti Carnotov proces kao najbolji proces između temperatura  $T_k$  i  $T_i$ .

### 2.3. Poželjna svojstva radnih tvari

Na radnu tvar postavlja se niz zahtjeva. To su zahtjevi vezani na očuvanje okoliša te zahtjevi vezani za određena termodinamička, fizikalna i kemijska svojstva radne tvari.

Također je važan utjecaj radne tvari na čovjeka i na okoliš.

Idealna radna tvar trebala bi imati različita svojstva kako bi udovoljila svim navedenim zahtjevima.

Svojstva radne tvari vezana na zaštitu okoliša su [3]:

- ne smije utjecati na razgradnju ozonskog sloja (prisutnost klora nije prihvatljiva),
- utjecaj na efekt staklenika mora biti čim manji,
- produkti razgradnje radne tvari ne smiju ugroziti okoliš.

Termodinamička svojstva radne tvari su:

- povoljan faktor hlađenja,
- velika toplina isparivanja,
- mali specifični volumen kod uobičajenih temperatura isparivanja.

Fizikalna svojstva radne tvari su:

- kritična točka mora ležati iznad uobičajene temperature rashladne vode,
- točka smrzavanja mora ležati niže od temperature isparavanja,
- mora biti lakši ili teži od ulja tako da se ulje u odjeljivaču može izdvojiti,
- mora imati nisku dinamičku viskoznost,
- mora imati visoku toplinsku vodljivost.

Kemijska i sigurnosna svojstva radne tvari su:

- ne smije biti zapaljiv,
- ne smije biti eksplozivan,
- ne smije kemijski reagirati s uljem za podmazivanje, naročito u prisustvu vlage,
- ne smije u radnim uvjetima reagirati s metalima u rashladnom uređaju,
- po mogućnosti treba biti niske otrovnosti,
- po mogućnosti treba biti bez mirisa,
- poželjno je lagano otkrivanje prisutnosti u zraku.

## 2.4. Označavanje radnih tvari

Neka se radna tvar može opisati svojom kemijskom formulom ili nazvati stručnim odnosno komercijalnim nazivom. Međunarodno je prihvaćen jedinstveni način označavanja radnih tvari s ciljem da se označavanje radnih tvari u rashladnoj tehnici svede na kratke i jasne oznake. Za svaku radnu tvar u rashladnim uređajima oznaka započinje velikim slovom R i iza njega slijede dvije ili tri brojčane oznake.

## 2.5. Odabir radne tvari

U dizalici topline voda – voda koja je predviđena idejnim projektom temeljem kojeg je pisan ovaj rad zadana je radna tvar R410A koja je namijenjena za komercijalno hlađenje a ujedno je ekološki i ekonomski prihvatljiva.

Radna tvar R410A je mješavina dva plina iz hidrofluorkarbonata (HFC) skupine, to su:

R32 ( $\text{CH}_2\text{F}_2$ )	masenog udjela 50 %
R125 ( $\text{CF}_3\text{CHF}_2$ )	masenog udjela 50 %

Radna tvar R410A je plin bez boje i mirisa, nije zapaljiv, niti toksičan (postoji mogućnost stvaranja toksičnih plinova u kontaktu s vatrom) i spada u zeotropne smjese.



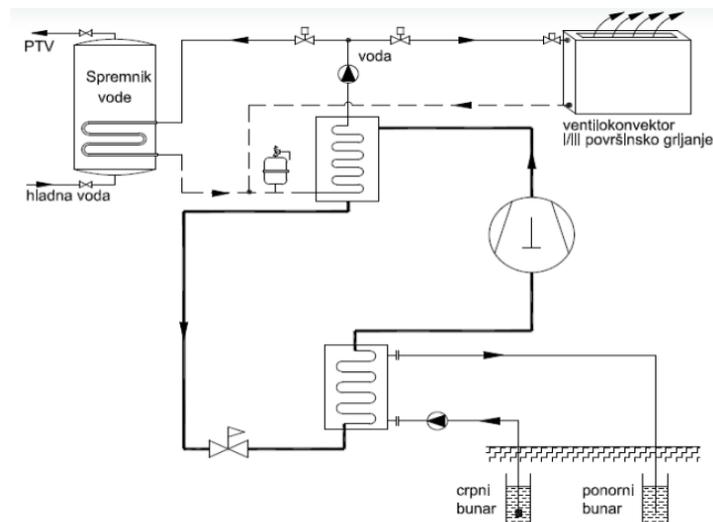
Slika 2.4. Pakiranje radne tvari R410A

## 2.6. Dizalica topline voda - voda

Dizalica topline voda - voda koristi toplinu podzemne vode kako bi je pretvorila u jeftinu i ekološki prihvatljivu energiju grijanja ili hlađenja. Razlog njezine visoke učinkovitosti leži u korištenju podzemne vode kao resursa koji za razliku od zraka ili tla uvijek ima stalnu temperaturu od deset do dvanaest Celzijevih stupnjeva.

Funkcioniranje dizalice topline voda - voda ne razlikuje se od rada ostalih dizalica topline, no razlika je u izvoru medija jer dizalica topline voda - voda ne koristi vanjski zrak ili tlo kao izvor topline, već podzemnu vodu. Kako bi se u svrhu grijanja mogla koristiti toplina podzemne vode potreban je bunar u kojem se nalazi podzemna voda. Preciznije, potrebne su dvije bušotine za dizalicu topline voda - voda: usisni bunar i ponorni bunar. Usisni bunari moraju biti tako projektirani da konstantni protok vode može uvijek usisati vodu i osigurati dovoljno visok pritisak vode.

Podzemna voda se iz usisnog bunara, najčešće s dubine do 20 metara, pumpa u dizalicu topline. Toplina iz podzemne vode prenosi se rashladnim sredstvom cijevima unutar dizalice topline pomoću izmjenjivača topline. Ohlađena podzemna voda vraća se cjevovodom u podzemlje kroz ponorni bunar, a rashladno sredstvo se prenosi u kompresor. Tekuće rashladno sredstvo, takozvana radna tvar, mijenja fizičko stanje i pretvara se u plin koji se zatim komprimira u kompresoru pomoću električne energije. Temperatura plina u kompresoru naglo raste zbog kompresije. U sljedećem koraku rashladni plin širi se do kondenzatora gdje predaje svu svoju toplinu krugu. Prenesena toplina koristi se za grijanje objekta. Tlak se u dizalici topline oslobađa pomoću ekspanzijskog ventila, rashladno sredstvo se vraća u prvobitno stanje i ciklus može ponovo započeti novom usisanom podzemnom vodom.



Slika 2.5. Dizalica topline voda – voda [4]

### 3. BUNARI

Podzemna voda je najpovoljniji izvor topline za dizalicu topline jer je njezina temperatura tijekom cijele godine približno konstantna te iznosi od 8 °C do 13 °C što ovisi o dubini crpljenja. Za dizalice topline koje za svoj rad koriste bunarsku vodu potrebno je izraditi hidrogeološki elaborat za izvođenje vodo zaštitnih radova i ishoditi suglasnost Hrvatskih voda za vodopravne uvjete. Izradu elaborata izvođenja vodo zaštitnih radova treba obaviti osoba kojoj je nadležno Ministarstvo izdalo rješenje o ispunjenju posebnih uvjeta za obavljanje tih poslova sukladno Zakonu o vodama. Prema Hidrogeološkom elaboratu na lokaciji objekta bušenje bunara izvodi se rotacijskom metodom promjera bušenja  $\varnothing$  267 mm. Za potrebe zahvaćanja podzemne vode sustav bunarske vode sastoji se od dva crpna bunara koji međusobno trebaju biti razmaknuti što je moguće više, s napomenom da najmanje smiju biti razmaknuti deset metara.

U navedenom primjeru bunari su "CrB-1" i "CrB-2" dubine dvanaest metara, a ponorni bunar "UpB-1" je dubine šesnaest metara. Ponorni bunar postavlja se nizvodno od crpnog bunara. Uloga crpnog bunara je da se iz njega pomoću pumpe izvlači voda koja se koristi kao toplinski medij u isparivaču za isparavanje radne tvari. U isparivaču radna tvar prima toplinu od vode i zatim se tako ohlađena voda preko ponornog bunara vraća u podzemni vodotok.

Tehničku konstrukciju bunara čine PVC bunarske cijevi promjera  $\varnothing$  225/207,8 mm ispitnog tlaka PN12.5, atestirane na 9 bara. Ugrađene cijevi sastoje se od pune cijevi, filtarskog dijela i taložnika.

Prema Hidrogeološkom elaboratu maksimalna izdašnost izvedenih radova na istražno-crpnom bunaru "CrB-1" i "CrB-2" odgovara izračunatom ulaznom kapacitetu ugrađene filtarske sekcije i usvaja se  $Q_{fs} = 17,0 \text{ l/s}$  za svaki bunar posebno. Sniženje razine vode u bunaru "CrB-2" za utvrđenu izdašnost iznosi  $s = 0,19 \text{ m}$ . Na bunaru "CrB-1" može se očekivati malo veće sniženje.

Maksimalna mogućnost upijanja vode izvedenog ponornog bunara "UpB-1" u radnim uvjetima odgovara ulaznom kapacitetu ugrađene filtarske sekcije i time se postiže protok  $Q_{fs} = 25,2 \text{ l/s}$ . Nadvišenje razine vode u zdencu za utvrđenu izdašnost iznosi maksimalno do  $s = 1,0 \text{ m}$ . Prije ugradnje pumpi u zdence potrebno je izvesti čišćenje zdenaca crpljenjem centrifugalnom pumpom u trajanju od dva sata na svakom eksploatacijskom zdencu.

## 4. OPIS ZGRADE

Proizvodno poslovna zgrada za koju je projektiran prema zadanoj arhitektonskoj podlozi sustav GViK nalazi se u poslovnoj zoni grada Varaždina. Prema idejnom projektu predviđen je objekt od armirano betonske konstrukcije s armiranobetonskim vertikalnim nosivim stupovima i zidovima. U idejnom projektu predviđena je horizontalna nosiva konstrukcija od armiranobetonskih ploča, djelomično prohodan ravan krov sa završnim slojem toplinske i hidro izolacije, fasada od termo izolirajućih panela te vanjska stolarija od aluminijski plastificiranih profila zastakljena s dvoslojnim staklom.

Objekt je podijeljen u tri dilatacije (proizvodnog, poslovnog i skladišnog dijela), a sastoji od dvije etaže, prizemlja (proizvodno skladišnog dijela) i prvog kata (poslovno - uredske prostorije) korisne površine 3029 m<sup>2</sup>. Prizemlje i kat povezani su predprostorom u kojem se nalazi stubište. U prizemlju i na katu poslovnog dijela predviđene su skupne prostorije: čajna kuhinja, sanitarije, garderobe, hodnici i uredi osoblja.

Prema idejnom projektu, strojarske instalacije, cijevi, ventilacijski kanali kao i kanali električnih kablova u poslovno - uredskom dijelu (dilatacija A) bit će smještene u međuprostoru spuštenog stropa. Strop će biti izoliran i izveden od gips kartonskih ploča.

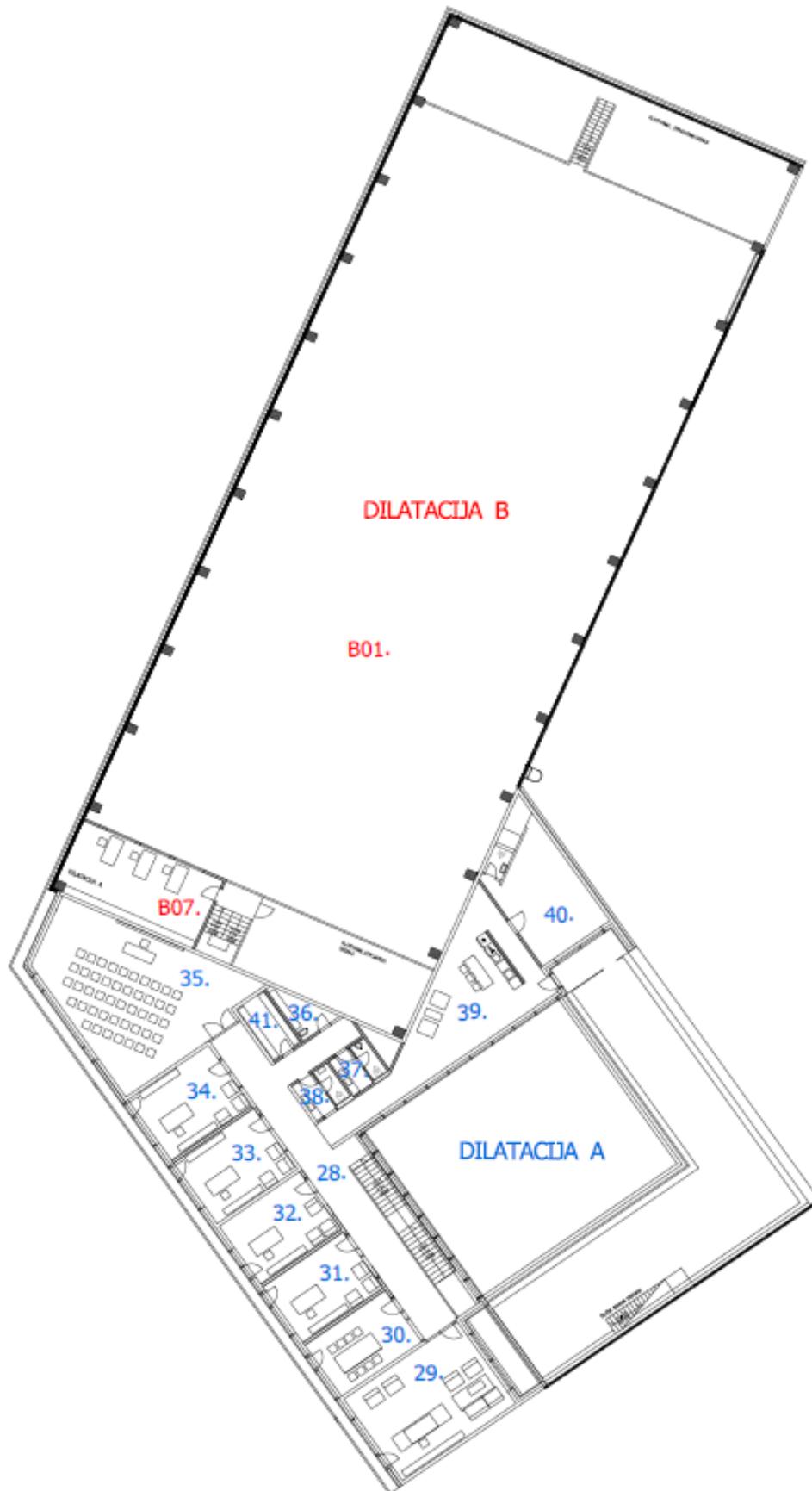
U proizvodnom dijelu objekta (dilatacija B) u idejnom projektu predviđene su uz proizvodnu halu i uredske prostorije. Na katu se nalazi prostor strojarnice u kojoj je predviđen smještaj potrebne strojarske opreme za grijanje i hlađenje: dizalica topline, međuzmjenjivač, akumulacijski spremnik, ekspanzijska posuda, pumpe, pripadajuća armatura, rekuperator zraka i velika klima komora.

U skladištu gotovih proizvoda (dilatacija C) projektiran je prostor na katu strojarske platforme za smještaj rekuperatora zraka i male klima komore.

Tlocrti prizemlja i kata prikazani su na slikama 4.1. i 4.2.



Slika 4.1. Tlocrt prizemlja



Slika 4.2. Tlocrt kata

## 5. PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA

Osiguravanje toplinskih uvjeta (toplinske ugodnosti) kod kojih se korisnici prostora osjećaju ugodno temeljni je zadatak svakog sustava grijanja, ventilacije i hlađenja. Toplinska ugodnost je stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo s toplinskim stanjem okoliša. Budući da je osjećaj ugodnosti individualan, pretpostavlja se da je okoliš ugodan ako je njime zadovoljan najveći mogući broj osoba. Osnovni faktori koji utječu na toplinsku ugodnost su: vlažnost zraka, temperatura zraka u prostoriji, temperatura ploha u prostoriji, brzina strujanja zraka, kvaliteta zraka, buka, namjena prostora, razina fizičke aktivnosti, osobna odjevenost, itd. Toplinska ugodnost je rezultat zajedničkog djelovanja navedenih faktora. Takozvani dijagram udobnosti (prema Leusdenu i Freymarku) najbolje odgovara na pitanje koje vrijednosti temperature i vlage čovjek doživljava kao ugodne. Tablica pregledno i jasno pokazuje da se najudobnije osjećamo u klimatskom koridoru dvadeset do dvadeset dva stupnja Celzija pri relativnoj vlažnosti zraka od četrdeset do šezdeset posto. Suprotno tome klimatske uvjete izvan ovih vrijednosti većina ljudi doživljava kao neugodne.



Slika 5.1. Dijagram ugone prema Leusdenu i Freymarku [5]

## 5.1. Toplinsko opterećenje zimi

Projektiranje i dimenzioniranje dizalice topline prema zadanoj arhitektonskoj podlozi osnovni je preduvjet za provođenje proračuna toplinskog opterećenja objekta. Norma HRN EN 12831 definira proračun potrebnog toplinskog učinka za održavanje unutarnje projektne temperature prostorije pri vanjskim uvjetima. Prema normi proračun projektiranih toplinskih gubitaka prostorije jednaki su sumi projektnih transmisivskih gubitaka i projektnih ventilacijskih gubitaka za svaku prostoriju.

Ukupni toplinski gubici promatrane građevine definirani su izrazom [6]:

$$\Phi_{uk} = \Phi_{T_i} + \Phi_{V_i}$$

gdje su:

$\Phi_{T_i}$  - projektirani transmisivski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{V_i}$  - projektirani ventilacijski gubici topline prostorije [W]

Projektirani transmisivski toplinski gubici prostorije jednaki su zbroju gubitaka koje obuhvaćaju gubici prema vanjskom okolišu, gubici prema vanjskom okolišu kroz negrijani prostor, gubici prema tlu i gubici prema susjednom prostoru grijanom na drugačiju temperaturu definirani su izrazom:

$$\Phi_{T_i} = (H_{T_{ie}} + H_{T_{ieu}} + H_{T_{ig}} + H_{T_{ij}})(\theta_{int} - \theta_e) \text{ [W]}$$

gdje su:

$H_{T_{ie}}$  - koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T_{ieu}}$  - koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T_{ig}}$  - stacionarni koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema tlu [W/K]

$H_{T_{ij}}$  - koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature [W/K]

$\theta_{int}$  - unutarnja projektirana temperatura grijanog prostora [°C]

$\theta_e$  - vanjska projektirana temperatura [°C]

Projektni ventilacijski toplinski gubici prostorije računaju prema izrazu:

$$\Phi_{V_i} = (V_z \cdot c_z \cdot \rho_z)(\theta_{int-ulaz} - \theta_e) \text{ [W]}$$

$$V_z = V_p \cdot I_z \text{ [m}^3\text{/h]}$$

gdje su:

$\Phi_{V_i}$	- ventilacijski toplinski gubici
$V_z$	- potreban volumen protoka zraka [m <sup>3</sup> /h]
$c_z$	- specifičan toplinski kapacitet zraka [W/kgK]
$\rho_z$	- gustoća zraka [kg/m <sup>3</sup> ]
$\theta_{int-ulaz}$	- temperatura ubačenog zraka u prostoriju [°C]
$\theta_e$	- vanjska projektna (okolna) temperatura [°C]
$V_p$	- volumen prostora [m <sup>3</sup> ]
$I_z$	- potrebni broj izmjena zraka [h <sup>-1</sup> ]

Iz toplinskih tablica očitavaju se vrijednosti  $\rho_z$  i  $c_{pz}$  za zrak:

$$\rho_z \quad - \text{gustoća zraka} \approx 1,2 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$c_{pz} \quad - \text{specifičan toplinski kapacitet zraka} \approx 1010 \text{ [J/kgK]}$$

$$c_z = \frac{c_{pz}}{1\text{h}} = \frac{1010 \text{ [J/kgK]}}{3600 \text{ [s]}} = 0,2805 \text{ [W/kgK]}$$

## 5.2. Ulazni podaci proračuna:

Kao osnova za projektiranje odnosno usvajanje projektnih parametara (temperatura, relativna vlaga, brzina vjetra itd.) korišteni su sljedeći podaci:

### a) zimski projektni parametri

- vanjska temperatura: -15 °C
- relativna vlaga: 90 %
- unutarnja temperatura: 20 – 24 °C

### b) ljetni projektni parametri

- vanjska temperatura: 32 - 35 °C
- relativna vlaga: 60 %
- unutarnja temperatura: 24 – 26 °C

## 5.3. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka

Tablica 5.1. Ukupni toplinski gubici Dilatacija B

Dilatacija B						
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	Unut. temp. [°C]	$\Phi_{Ti}$ [W]	$\Phi_{Vi}$ [W]	$\Phi_{uk}$ [W]
B01	Proizvodna hala	1223	20	13932	0	13932
B02	Voditelj proizvod.	17	20	110	354	464
B03	Laboratorij	17	20	106	339	445
B04	Alatnica	19	20	228	391	619
B05	Logistika	18	20	0	329	329
B06	Skladištar	21	20	0	329	329
B07	Kancelarija (kat)	40	20	369	904	1273
<b>Ukupni toplinski gubici [W]</b>						<b>17391</b>

Tablica 5.2. Ukupni toplinski gubici Dilatacija A - prizemlje

Dilatacija A - prizemlje						
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	Unut. temp. [°C]	$\Phi_{T_i}$ [W]	$\Phi_{V_i}$ [W]	$\Phi_{uk}$ [W]
02	Ulazno predvorje	122	20	3289	2618	5907
03	Hodnik	29	20	0	636	636
04	Kancelarija	30	20	518	647	1165
05	Kancelarija	27	20	494	578	1072
06	Kancelarija	57	20	1125	1232	2357
07	Ženski WC	4	20	0	99	99
08	Muški WC	12	20	0	261	261
11	Hodnik	40	20	1861	868	2729
12	Ženski WC	10	20	0	214	214
13	Ženska garderoba	8	20	0	186	186
14	Čistač	5	20	0	120	120
15	Muški WC	15	20	0	328	328
16	Muška garderoba	24	20	118	516	634
17	Kompres. stanica	20	15	368	384	752
18	Blagovaonica	61	20	2725	1315	4040
19	Sastanci	15	20	462	331	794
20	Čajna kuhinja	19	20	401	407	808
21	Kancelarija	20	20	598	429	1027
22	Kancelarija	14	20	502	308	610
23	Čistačica	6	20	102	139	241
24	Ženski WC	6	20	276	148	424
25	Muški WC	7	20	52	161	213
26	Hodnik	46	20	568	985	1553
27	Kancelarija	35	20	600	752	1352
<b>Ukupni toplinski gubici [W]</b>						<b>27722</b>

Tablica 5.3. Ukupni toplinski gubici Dilatacija A - kat

Dilatacija A - kat						
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	Unut. temp. [°C]	$\Phi_{T_i}$ [W]	$\Phi_{V_i}$ [W]	$\Phi_{uk}$ [W]
28	Hodnik	78	20	1990	1684	3674
29	Kancelarija	49	20	1302	1058	2360
30	Sastanci	22	20	534	478	1012
31	Kancelarija	24	20	558	521	1079
32	Kancelarija	25	20	483	536	1019
33	Kancelarija	26	20	582	563	1145
34	Kancelarija	26	20	581	561	1142
35	Dvorana	84	20	1272	1812	3084
36	Čistač	6	20	47	145	192
37	Muški WC	6	20	46	144	190
38	Ženski WC	6	20	46	144	190
39	Čajna kuhinja	62	20	1949	1339	3288
40	Fitnes	39	20	933	838	1771
<b>Ukupni toplinski gubici [W]</b>						<b>47868</b>

Tablica 5.4. Ukupni toplinski gubici Dilatacija C

Dilatacija C						
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	Unut. temp. [°C]	$\Phi_{T_i}$ [W]	$\Phi_{V_i}$ [W]	$\Phi_{uk}$ [W]
C01	Skladište	610	20	10076	0	10076
C02	Kancelarija	19	20	0	303	303
<b>Ukupni toplinski gubici [W]</b>						<b>10379</b>

## 5.4. Toplinsko opterećenje ljeti

Izvori topline u ljetnom razdoblju su [7]:

- unutarnji izvori topline  $Q_I$  (dobici topline od ljudi, rasvjete, strojeva, susjednih prostorija...),
- vanjski izvor topline  $Q_A$  (dobici topline kroz zidove i staklene plohe transmisijom i zračenjem).

Unutarnji izvori topline  $Q_I$

$$Q_I = (Q_P + Q_M + Q_E + Q_R) \text{ [W]}$$

gdje su:

$Q_P$  - toplina koju odaju ljudi [W]

$Q_M$  - toplina koju odaju električni uređaji [W]

$Q_E$  - dobici topline od rasvjete [W]

$Q_R$  - dobici topline od susjednih prostorija [W]

Toplina koju odaju ljudi  $Q_P$

$$Q_P = (N \cdot Q_{ukupno}) \text{ [W]}$$

gdje su:

$N$  – broj osoba

$Q_{uk}$  – ukupna toplina koju odaje jedna osoba [W]

Tablica 5.5. Toplina koju odaju ljudi [7]

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

\* odavanje vodene pare, [g/h]

Tablica 5.6. Toplina koju odaju različiti električni uređaji [7]

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

Vanjski izvori topline  $Q_A$

$$Q_A = (Q_{Wa} + Q_F) = Q_{Wa} + (Q_T + Q_S) \text{ [W]}$$

gdje su:

$Q_{Wa}$  - dobici topline transmisijom kroz zidove [W]

$Q_F$  - dobici toplina kroz staklene površine – prozore [W]

$Q_T$  - dobici topline kroz staklene površine - prozore transmisijom [W]

$Q_S$  - dobici topline kroz staklene površine - prozore zračenjem [W]

Transmisija topline kroz zidove i prozore je toplina koja prodire izvan objekta kroz zidove i krov prema unutra. Prolaz topline prikazan je formulom:

$$Q_W = A \cdot U \cdot (\theta_e - \theta_{int}) \text{ [W]}$$

gdje su:

$Q_W$  - transmisija topline kroz zidove i krov [W]

$A$  - površina plohe [m<sup>2</sup>]

$U$  - koeficijent prolaza topline [W/m<sup>2</sup>K]

$\theta_e$  - vanjska ljetna projektna temperatura [°C]

$\theta_{int}$  - unutarnja ljetna projektna temperatura [°C]

Dobici topline kroz prozore  $Q_F$  transmisijom  $Q_T$  i zračenjem  $Q_S$

$$Q_F = Q_T + Q_S \text{ [W]}$$

gdje su:

$Q_F$  - dobici toplina kroz staklene površine - prozore [W]

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

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

Transmisija kroz staklene površine – prozore  $Q_T$

$$Q_T = A \cdot U \cdot (\theta_e - \theta_{int}) \text{ [W]}$$

gdje su:

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

$A$  - površina plohe [m<sup>2</sup>]

$U$  - koeficijent prolaza topline [W/m<sup>2</sup>K]

$\theta_e$  - vanjska ljetna projektana temperatura [°C]

$\theta_{int}$  - unutarnja ljetna projektana temperatura [°C]

Zračenje kroz staklene površine  $Q_S$

$$Q_S = (I_{max} \cdot A_S \cdot b) + (I_{dif\ max} \cdot A_{sjena} \cdot b) \text{ [W]}$$

gdje su:

$Q_S$  - dobici topline kroz staklene površine - prozore zračenjem [W]

$I_{max}$  - maksimalna vrijednost ukupnog sunčevog zračenja [W/m<sup>2</sup>]

$I_{dif\ max}$  - maksimalna vrijednost difuznog sunčevog zračenja [W/m<sup>2</sup>K]

$A_S$  - osunčana površina stakla [m<sup>2</sup>]

$A_{sjena}$  - zasjenjena površina stakla [m<sup>2</sup>]

$b$  - koeficijent propusnosti sunčevog zračenja

Zasjenjeni dio prozora prima samo difuzno sunčevo zračenje, a sunčani dio prozora prima izravnu i difuznu sunčevu svjetlost.

## 5.5. Rezultati proračuna toplinskih dobitaka

Tablica 5.7. Ukupni toplinski dobitci Dilatacija A – prizemlje

Dilatacija A - prizemlje					
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	$Q_I$ [W]	$Q_A$ [W]	$Q_{UK}$ [W]
02	Ulazno predvorje	122	6540	0	6540
04	Kancelarija	30	3072	169	3241
05	Kancelarija	27	2592	84	2676
06	Kancelarija	57	5908	263	6171
11	Hodnik	40	7241	0	7241
18	Blagovaonica	61	9026	507	9533
19	Sastanci	15	944	253	1197
20	Čajna kuhinja	19	2447	256	2703
21	Kancelarija	20	2149	42	2191
22	Kancelarija	14	2334	85	2419
26	Hodnik	46	139	0	139
27	Kancelarija	35	3414	169	3583
<b>Ukupni toplinski dobitci [W]</b>					<b>47634</b>

Tablica 5.8. Ukupni toplinski dobitci Dilatacija A – kat

Dilatacija A - prizemlje					
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	$Q_I$ [W]	$Q_A$ [W]	$Q_{UK}$ [W]
28	Hodnik	78	1573	0	1573
29	Kancelarija	49	3245	211	3241
30	Sastanci	22	2572	338	2910
31	Kancelarija	24	2245	126	2371
32	Kancelarija	25	1670	126	1796
33	Kancelarija	26	2247	126	2373
34	Kancelarija	26	2247	126	2373
35	Dvorana	84	5658	2114	7772
39	Čajna kuhinja	62	6504	0	6504
40	Fitness	39	2522	637	3159
<b>Ukupni toplinski dobitci [W]</b>					<b>34072</b>

Tablica 5.9. Ukupni toplinski dobitci Dilatacija B

Dilatacija B - prizemlje					
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	$Q_I$ [W]	$Q_A$ [W]	$Q_{UK}$ [W]
B01	Proizvodna hala	1223	167809	569	168378
B02	Voditelj proizvodnje	17	339	37	376
B03	Laboratorij	17	609	37	646
B04	Alatnica	19	499	75	574
B05	Logistika	18	499	75	574
B06	Skladištar	21	500	75	575
B07	Kancelarija (kat)	40	1183	113	1296
<b>Ukupni toplinski dobitci [W]</b>					<b>172419</b>

Tablica 5.10. Ukupni toplinski dobitci Dilatacija C

Dilatacija C					
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	$Q_I$ [W]	$Q_A$ [W]	$Q_{UK}$ [W]
C01	Skladište	610	9624	394	10018
C02	Kancelarija	19	155	42	197
<b>Ukupni toplinski dobitci [W]</b>					<b>10215</b>

## 5.6. Sustav ventilokonvektorskog grijanja i hlađenja

Ventilokonvektori su dio sustava klimatizacije koji osigurava grijanje, hlađenje i filtraciju prostora. Svaki ventilokonvektor se sastoji od izmjenjivača topline, radijalnog trobrzinskog ventilatora, filtera zraka, regulatora brzine okretaja, pumpice za kondenzat i maske. Izmjenjivač je izveden s bakrenim cijevima i aluminijskim lamelama i unutar njega struji voda te se preko ventilatora ostvaruje prisilno strujanje zraka iz prostorije preko izmjenjivačkih ploha. Ovisno o tome struji li kroz izmjenjivač hladna ili topla voda okolni zrak se hladi ili grije. Glavna prednost ventilokonvektora je mogućnost korištenja u sustavu hlađenja i grijanja čime se postiže ušteda pri montaži sustava ta njegovom daljnjem održavanju, a time i potpunoj prilagodbi prostoru, uvjetima rada i toplinskoj ugodnosti korisnika. U svim prostorijama poslovne zgrade, osim sanitarija i spremišta, za održavanje temperature  $20 \pm 2$  °C zimi i  $26 \pm 2$  °C ljeti, projektirani su kazetni ventilokonvektori s rešetkom za ugradnju ispod stropa.

Odabrani ventilokonvektori su veličine koja odgovara izračunu potrebnih dobitaka topline i gubitaka topline. Istrajni otvori s difuzijskim klapnama pokrivaju prostor oko kazete sa sve četiri strane iskorištavajući efekt laganog strujanja zraka kroz prostor. Filter zraka je klase efikasnosti G3. Glavna okapnica kondenzata je od PSE materijala, zabrtvljena i visoke gustoće, a koristi se za upotrebu u svim klimatskim uvjetima. Okapnica je instalirana s nagibom kako bi se spriječilo zadržavanje vode te se može ukloniti bez potrebe za otvaranjem podstropnih ploča. Pumpica kondenzata podržava visinu kondenzata do 250 mm. Upravljanje ventilima vrši termostat na kojem se podešava tražena temperatura.

Ventilokonvektorima se pokrivaju transmisijski gubici zimi i dobici topline ljeti, a spojeni su četverocijevnim sustavom. Takvim sustavom, po želji, moguće je hlađenje ili grijanje jer postoje dva izmjenjivača topline, jedan za hladnu a drugi za toplu vodu.

Za grijanje se koristi topla voda  $55 / 45$  °C iz dizalice topline, dok se za hlađenje koristi hladna voda  $7 / 12$  °C koja se dobiva iz dizalice topline i modula za aktivno hlađenje.

Regulacija temperature prostora je na vodenoj strani, preko termostata i troputnog elektromotornog ventila. Termostati (regulatori) su ugrađeni na zidu, u svakom prostoru. Za razvod tople i hladne vode koriste se bakrene cijevi standardne debljine stijenke.

Kompletan cijevni razvod grijanja treba se izolirati s izolacijom za grijanje debljine 13 mm dok se cjevovod hlađenja treba izolirati izolacijom debljine 19 mm otpornom na difuziju vodene pare. Cijevi se trebaju voditi u spušenom stropu. Odvod kondenzata je također toplinski izoliran i treba se voditi u krovnu vertikalnu, ili u odvod, preko sifona.

Tablica 5.11. Tablica tehničkih karakteristika ventilokonvektora [8]

Kazetni ventilokonvektor četverocijevne izvedbe za grijanje i hlađenje kao proizvod "DAIKIN"			
Oznaka:	VK-1	VK-2	VK-3
Tip:	FWF02BF	FWF03BF	FWF04BF
Kapacitet grijanje (kW)	2,4 / 2,9 / 3,3	2,6 / 3,1 / 3,6	2,6 / 3,7 / 4,7
Kapacitet hlađenje (kW)	1,3 / 1,5 / 1,8	1,6 / 2,4 / 2,9	1,6 / 3,1 / 3,8
Napon / snaga	230 V / 74 W	230 V / 74 W	230 V / 94 W
Dimenzije d x š x v (mm)	600 x 600 x 285	600 x 600 x 285	600 x 600 x 285
Težina (kg)	19	20	21
Buka (dB)	27 / 29 / 33	27 / 29 / 33	27 / 29 / 33
Priključak	3/4 "	3/4 "	3/4 "
Pumpica kondenzata	Da	Da	Da

Pri odabiru ventilokonvektora treba usporediti projektno opterećenje prostorije i projektne toplinske gubitke prostorije i na temelju potrebnog rashladnog, odnosno toplinskog učinka, odabrati ventilokonvektor. Potrebne količine pojedinog tipa ventilokonvektora ugrađene u zgradu prikazani su u tablicama 5.12., 5.13., 5.14. i 5.15.

Tablica 5.12. Odabir ventilokonvektora Dilatacija B

Dilatacija B							
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	Unut. temp. [°C]	$\Phi_{UK}$ [W]	$Q_{UK}$ [W]	Oznaka	Kom.
B02	Voditelj proizvod.	17	20	329	376	VK-1	1
B03	Laboratorij	17	20	329	646	VK-1	1
B04	Alatnica	19	20	464	574	VK-1	1
B05	Logistika	18	20	445	574	VK-1	1
B06	Skladištar	21	20	619	575	VK-1	1
B07	Kancelarija (kat)	40	20	1273	1296	VK-1	2

Tablica 5.13. Odabir ventilokonvektora Dilatacija A - prizemlje

Dilatacija A - prizemlje							
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	Unut. temp. [°C]	$\Phi_{UK}$ [W]	$Q_{UK}$ [W]	Oznaka	Kom.
02	Ulazno predvorje	122	20	5907	6540	VK-3	2
03	Hodnik	29	20	636	0	VK-1	1
04	Kancelarija	30	20	1165	3241	VK-3	1
05	Kancelarija	27	20	1072	2676	VK-2	1
06	Kancelarija	57	20	2357	6171	VK-2	2
11	Hodnik	40	20	2729	7241	VK-3	2
13	Ženska garderoba	8	20	186	0	VK-1	1
16	Muška garderoba	24	20	634	0	VK-1	1
18	Blagovaonica	61	20	4040	9533	VK-3	3
19	Sastanci	15	20	794	1197	VK-1	1
20	Čajna kuhinja	19	20	808	2703	VK-2	1
21	Kancelarija	20	20	1027	2191	VK-1	1
22	Kancelarija	14	20	810	2419	VK-1	1
26	Hodnik	46	20	1553	139	VK-1	1
27	Kancelarija	35	20	1352	3583	VK-3	1

Tablica 5.14. Odabir ventilokonvektora Dilatacija A - kat

Dilatacija A - kat							
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	Unut. temp. [°C]	$\Phi_{UK}$ [W]	$Q_{UK}$ [W]	Oznaka	Kom.
28	Hodnik	78	20	3674	1573	VK-2	1
29	Kancelarija	49	20	2360	03456	VK-1	2
30	Sastanci	22	20	1012	2910	VK-2	1
31	Kancelarija	24	20	1079	2371	VK-2	1
32	Kancelarija	25	20	1019	1796	VK-1	1
33	Kancelarija	26	20	1145	2373	VK-2	1
34	Kancelarija	26	20	1142	2373	VK-2	1
35	Dvorana	84	20	3084	7772	VK-2	3
39	Čajna kuhinja	62	20	3288	6504	VK-2	2
40	Fitnes	39	20	1771	3159	VK-1	2

Tablica 5.15. Odabir ventilokonvektora Dilatacija C

Dilatacija C							
Oznaka prostora	Naziv prostora	Površina [m <sup>2</sup> ]	Unut. temp. [°C]	$\Phi_{UK}$ [W]	$Q_{UK}$ [W]	Oznaka	Kom.
C01	Skladište	610	20	10076	10018	-	-
C02	Kancelarija	19	20	303	197	VK-1	1

### 5.6.1 Rezultati proračuna cijevne mreže grijanja ventilokonvektora

Cjevovod se razvodi preko tri toplinske podstanice smještene u upravnom (dilatacija A), proizvodnom (dilatacija B) i skladišnom (dilatacija C) dijelu građevine. Za svaki krug grijanja proračunava se pad tlaka kritične dionice prema kojem se odabiru cirkulacijske pumpe. Pad tlaka dionice jednak je zbroju pada tlaka uslijed trenja i lokalnom padu tlaka.

Tablica 5.16. Glavni razvod grijanja, režim 55/45 °C

TPS-P – toplinska podstanica 1 TPS-U – toplinska podstanica 2 TPS-S – toplinska podstanica 3										
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	potrebni protok	tip cijevi	ØD	Ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW	m <sup>3</sup> /h		mm	mm	m/s	kPa	L
KK2	TPS-S	20	12,69	1,11	Cu	28	25,6	0,60	3,49	10,3
TPS-S	a1	146	12,69	1,11	čelik	42,4	37,2	0,28	4,29	158,6
TPS-U	a1	68	107,71	9,39	čelik	76,1	70,3	0,67	4,25	263,8
a1	a2	124	120,40	10,50	čelik	76,1	70,3	0,75	9,45	481,1
KK1	TPS-P	45	69,82	6,09	čelik	60,3	54,5	0,72	4,38	104,9
TPS-P	a2	6	77,02	6,72	čelik	60,3	54,5	0,80	0,70	14,0
a2	AS	22	197,42	17,22	čelik	88,9	82,5	0,89	1,89	117,5

Tablica 5.17. Cijevna mreža ventilokonvektora grijanja krug G1, režim 55/45 °C

Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 1, krug G1 (alatnica, logistika, skladište)										
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	ØD	Ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice	
		m	kW		mm	mm	m/s	kPa	L	
004	p4	10	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,88	2,0	
003	p4	2	2,40	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4	
p4	p5	8	4,80	Cu	22	20,0	0,37	0,82	2,5	
002	p5	2	2,40	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4	
p5	TPS-P	48	7,20	Cu	28	25,6	0,33	3,02	24,7	

Tablica 5.18. Cijevna mreža ventilokonvektora grijanja krug G1, režim 55/45 °C

Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 2, krug G1 (proizvodnja)									
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	ØD	Ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW		mm	mm			
005	p1	10	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,88	2,0
006	p1	2	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,18	0,4
p1	p3	18	4,80	Cu	22	20,0	0,37	1,84	5,7
101	p2	11	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,97	2,2
101	p2	4	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,35	0,8
p2	p3	26	4,80	Cu	22	20,0	0,37	2,66	8,2
p3	p3	10	9,60	Cu	28	25,6	0,45	1,07	5,1

Tablica 5.19. Cijevna mreža ventilokonvektora grijanja krug G3, režim 55/45 °C

Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 2, krug G3									
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	ØD	Ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW		mm	mm			
024	h1	9	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,80	1,8
023	h1	2	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,18	0,4
h1	h2	10	4,80	Cu	22	20,0	0,37	1,02	3,1
031	h2a	11	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,97	2,2
022	h2a	2	2,60	Cu	18	16,0	0,31	0,20	0,4
h2a	h2	2	5,00	Cu	22	20,0	0,39	0,22	0,6
h2	h3	6	9,80	Cu	28	25,6	0,46	0,66	3,1
021	h3	3	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,27	0,6
h3	h4	9	12,20	Cu	28	25,6	0,57	1,46	4,6
020	h4	1	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,10	0,2
h4	h5	8	14,80	Cu	35	32,6	0,43	0,58	6,7
020	h5	1	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,10	0,2
h5	h6	9	17,40	Cu	35	32,6	0,51	0,88	7,5
020	h6	1	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,10	0,2

Tablica 5.20. Cijevna mreža toplinska podstanica 2, krug G3, režim 55/45 °C

Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 2, krug G3									
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	ØD	Ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW		mm	mm			
h6	h7	6	20,00	Cu	35	32,6	0,58	0,74	5,0
019	h7	8	2,40	Cu	18	16,0	0,30	0,76	1,6
h7	h19	16	22,40	Cu	35	32,6	0,65	2,44	13,3
028	h9	6	2,40	Cu	18	16,0	0,30	0,57	1,2
029	h9	9	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,86	1,8
h9	h10	11	5,00	Cu	22	20,0	0,39	1,22	3,5
009	h10	1	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,10	0,2
h10	h11	14	7,60	Cu	28	25,6	0,35	0,97	7,2
009	h11	6	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,57	1,2
h11	h12	9	10,20	Cu	28	25,6	0,47	1,04	4,6
006	h13	11	2,60	Cu	18	16,0	0,30	1,05	2,2
006	h13	2	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
h13	h14	10	5,20	Cu	22	20,0	0,39	1,11	3,1
007	h14	2	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
h14	h15	11	7,80	Cu	28	25,6	0,37	0,84	5,7
008	h15	2	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
h15	h12	10	10,40	Cu	28	25,6	0,49	1,24	5,1
011	h16	8	2,40	Cu	18	16,0	0,30	0,76	1,6
010	h16	2	2,40	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
h16	h12	15	4,80	Cu	22	20,0	0,35	1,42	4,7
h12	h17	4	25,40	Cu	35	32,6	0,74	0,76	3,3
016	h17	2	2,40	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
h17	h18	7	27,80	Cu	42	39,0	0,57	0,66	8,4
014	h18	2	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
h18	h20	10	30,40	Cu	42	39,0	0,62	1,10	11,9
014	h19	2	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
h19	h20	2	25,00	Cu	42	39,0	0,51	0,16	2,4
h20	TPS-U	10	55,40	Cu	54	50,0	0,69	0,98	19,6

Tablica 5.21. Cijevna mreža ventilokonvektora grijanja krug G4, režim 55/45 °C

Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 2, krug G4									
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	ØD	Ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW		mm	mm			
108	g1	10	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,88	2,0
108	g1	4	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,35	0,8
g1	g2	6	4,80	Cu	22	20,0	0,37	0,61	1,9
107	g2	2	2,60	Cu	18	16,0	0,31	0,20	0,4
g2	g3	9	7,40	Cu	28	25,6	0,35	0,61	4,6
106	g3	2	2,60	Cu	18	16,0	0,31	0,20	0,4
g3	g4	8	10,00	Cu	28	25,6	0,47	0,92	4,1
105	g4	2	2,40	Cu	18	16,0	0,29	0,18	0,4
g4	g5	4	12,40	Cu	28	25,6	0,58	0,67	2,1
102	g6	9	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,86	1,8
102	g6	6	2,60	Cu	18	16,0	0,31	0,61	1,2
g6	g7	1	5,20	Cu	22	20,0	0,39	0,11	0,3
102	g7	3	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,29	0,6
g7	g8	12	7,80	Cu	28	25,6	0,37	0,92	6,2
103	g8	2	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
g8	g9	10	10,40	Cu	28	25,6	0,49	1,24	5,1
104	g9	2	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
g9	g5	2	13,00	Cu	35	32,6	0,38	0,11	1,7
g5	g10	4	25,40	Cu	35	32,6	0,74	0,76	3,3
109	g10	2	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
g10	g11	20	28,00	Cu	42	39,0	0,57	1,90	23,9
113	g11	2	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,19	0,4
g11	g12	2	30,60	Cu	42	39,0	0,62	0,22	2,4
114	g14	12	2,40	Cu	18	16,0	0,30	1,14	2,4
114	g14	5	2,40	Cu	18	16,0	0,30	0,48	1,0
g14	g15	9	4,80	Cu	22	20,0	0,35	0,85	2,8
113	g15	7	2,60	Cu	18	16,0	0,30	0,67	1,4
g15	g12	8	7,40	Cu	28	25,6	0,35	0,56	4,1
g12	TPS-U	12	38,00	Cu	42	39,0	0,77	1,96	14,3

## 5.6.2 Rezultati proračuna cijevne mreže hlađenja ventilokonvektora

Tablica 5.22. Glavni razvod hlađenja, režim 7/12 °C

TPS-P – toplinska podsanica 1 TPS-U – toplinska podsanica 2 TPS-S – toplinska podsanica 3										
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	potrebni protok	tip cijevi	ØD	Ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zapre. dionice
		m	kW	m <sup>3</sup> /h		mm	mm	m/s	kPa	L
KK2	TPS-S	20	33,91	5,80	Cu	54	50,0	0,82	3,42	2,8
TPS-S	a1	144	33,91	5,80	čelik	60,3	54,5	0,69	16,34	0,6
TPS-U	a1	72	84,90	14,53	čelik	88,9	82,5	0,76	5,73	3,1
a1	a2	126	118,81	20,33	čelik	108	100,8	0,71	6,99	3,5
KK1	TPS-P	45	168,45	28,83	čelik	108	100,8	1,00	4,65	0,6
TPS-P	a2	6	172,35	29,49	čelik	108	100,8	1,03	0,65	0,6
a2	Izmjeni	12	291,16	49,83	čelik	133	125,0	1,13	1,18	3,1

Tablica 5.23. Cijevna mreža hlađenja toplinska podstanica 1 krug H1, režim 7/12 °C

Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 1, krug H1 (alatnica, logistika, skladište)										
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	ØD	Ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice	
		m	kW		mm	mm	m/s	kPa	L	
004	p4	10	1,30	Cu	22	20,0	0,20	0,47	3,1	
003	p4	2	1,30	Cu	22	20,0	0,19	0,09	0,6	
p4	p5	8	2,60	Cu	22	20,0	0,38	1,15	2,5	
002	p5	2	1,30	Cu	22	20,0	0,19	0,09	0,6	
p5	TPS-P	46	3,90	Cu	28	25,6	0,37	4,54	23,7	

Tablica 5.24. Cijevna mreža hlađenja toplinska podstanica 2 krug H1, režim 7/12 °C

Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 2, krug H1 (proizvodnja)									
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	øD	ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW		mm	mm			
005	p1	10	1,30	Cu	22	20,0	0,20	0,47	3,1
006	p1	2	1,30	Cu	22	20,0	0,20	0,09	0,6
p1	p3	18	2,60	Cu	22	20,0	0,39	2,73	5,7
101	p2	11	1,30	Cu	22	20,0	0,20	0,51	3,5
101	p2	4	1,30	Cu	22	20,0	0,20	0,19	1,3
p2	p3	26	2,60	Cu	22	20,0	0,39	3,95	8,2
p3	p3	10	5,20	Cu	22	20,0	0,79	4,99	3,1

Tablica 5.25. Cijevna mreža hlađenja toplinska podstanica 2 krug H2, režim 7/12 °C

Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 2, krug H2									
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	øD	ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW		mm	mm			
024	h1	9	1,30	Cu	22	20,0	0,20	0,42	2,8
023	h1	2	1,30	Cu	22	20,0	0,20	0,09	0,6
h1	h2	10	2,60	Cu	22	20,0	0,39	1,52	3,1
031	h2a	11	1,30	Cu	22	20,0	0,20	0,51	3,5
022	h2a	2	1,60	Cu	22	20,0	0,24	0,13	0,6
h2a	h2	2	2,90	Cu	22	20,0	0,44	0,37	0,6
h2	h3	6	5,50	Cu	28	25,6	0,51	1,02	3,1
021	h3	3	1,30	Cu	22	20,0	0,20	0,14	0,9
h3	h4	9	6,80	Cu	28	25,6	0,62	2,19	4,6
020	h4	1	3,10	Cu	22	20,0	0,48	0,21	0,3
h4	h5	8	9,90	Cu	35	32,6	0,56	1,21	6,7
020	h5	1	3,10	Cu	22	20,0	0,48	0,21	0,3
h5	h6	9	13,00	Cu	35	32,6	0,74	2,20	7,5
020	h6	1	3,10	Cu	22	20,0	0,48	0,21	0,3

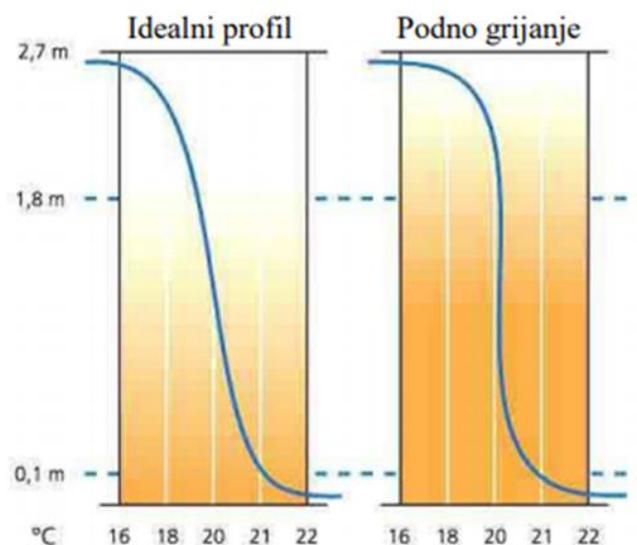
Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 2, krug H2									
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	øD	ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW		mm	mm	m/s	kPa	L
h6	h7	6	16,10	Cu	42	39,0	0,64	0,91	7,2
019	h7	8	1,30	Cu	22	20,0	0,19	0,35	2,5
h7	h8	14	17,40	Cu	42	39,0	0,69	2,43	16,7
028	h9	6	1,30	Cu	22	20,0	0,19	0,27	1,9
029	h9	9	3,10	Cu	22	20,0	0,48	1,90	2,8
h9	h10	11	4,40	Cu	22	20,0	0,67	4,14	3,5
009	h10	1	3,10	Cu	22	20,0	0,48	0,21	0,3
h10	h11	14	7,50	Cu	28	25,6	0,70	4,17	7,2
009	h11	6	3,10	Cu	22	20,0	0,48	1,26	1,9
h11	h12	9	10,60	Cu	35	32,6	0,60	1,51	7,5
006	h13	11	2,40	Cu	22	20,0	0,35	1,36	3,5
006	h13	2	2,40	Cu	22	20,0	0,35	0,25	0,6
h13	h14	10	4,80	Cu	22	20,0	0,73	4,41	3,1
007	h14	2	2,40	Cu	22	20,0	0,35	0,25	0,6
h14	h15	11	7,20	Cu	28	25,6	0,66	2,97	5,7
008	h15	2	3,10	Cu	22	20,0	0,48	0,42	0,6
h15	h12	10	10,30	Cu	35	32,6	0,59	1,62	8,3
011	h16	8	1,30	Cu	22	20,0	0,19	0,35	2,5
010	h16	2	1,30	Cu	22	20,0	0,19	0,09	0,6
h16	h12	15	2,60	Cu	22	20,0	0,38	2,15	4,7
h12	h17	4	23,50	Cu	42	39,0	0,94	1,18	4,8
016	h17	2	1,30	Cu	22	20,0	0,19	0,09	0,6
h17	h18	7	24,80	Cu	42	39,0	0,99	2,26	8,4
014	h18	2	3,10	Cu	22	20,0	0,48	0,42	0,6
h18	h19	10	27,90	Cu	54	50,0	0,68	1,22	19,6
014	h19	2	3,10	Cu	22	20,0	0,48	0,42	0,6
h19	h8	2	31,00	Cu	54	50,0	0,75	0,29	3,9
h8	TPS-U	10	48,40	Cu	54	50,0	1,17	3,21	19,6

Tablica 5.26. Cijevna mreža hlađenja toplinska podstanica 2 krug H3, režim 7/12 °C

Prizemlje – spoj na toplinsku podstanicu 2, krug H3									
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	øD	ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW		mm	mm	m/s	kPa	L
108	g1	10	1,50	Cu	22	20,0	0,23	0,59	3,1
108	g1	4	1,50	Cu	22	20,0	0,23	0,23	1,3
g1	g2	6	3,00	Cu	22	20,0	0,46	1,16	1,9
107	g2	2	2,40	Cu	22	20,0	0,36	0,26	0,6
g2	g3	9	5,40	Cu	28	25,6	0,50	1,49	4,6
106	g3	2	2,40	Cu	22	20,0	0,36	0,26	0,6
g3	g4	8	7,80	Cu	28	25,6	0,72	2,51	4,1
105	g4	2	1,50	Cu	22	20,0	0,23	0,12	0,6
g4	g5	4	9,30	Cu	35	32,6	0,53	0,54	3,3
102	g6	9	2,40	Cu	22	20,0	0,35	1,11	2,8
102	g6	6	2,40	Cu	22	20,0	0,35	0,74	1,9
g6	g7	1	4,80	Cu	22	20,0	0,73	0,44	0,3
102	g7	3	2,40	Cu	22	20,0	0,35	0,37	0,9
g7	g8	12	7,20	Cu	28	25,6	0,66	3,24	6,2
103	g8	2	2,40	Cu	22	20,0	0,35	0,25	0,6
g8	g9	10	9,60	Cu	35	32,6	0,55	1,45	8,3
104	g9	2	2,40	Cu	22	20,0	0,35	0,25	0,6
g9	g5	2	12,00	Cu	35	32,6	0,68	0,42	1,7
g5	g10	4	21,30	Cu	42	39,0	0,85	0,98	4,8
109	g10	2	2,60	Cu	22	20,0	0,38	0,29	0,6
g10	g11	20	23,90	Cu	42	39,0	0,95	6,07	23,9
113	g11	2	2,40	Cu	22	20,0	0,35	0,25	0,6
g11	g13	4	26,30	Cu	54	50,0	0,64	0,44	7,9
114	g14	12	1,30	Cu	22	20,0	0,19	0,53	3,8
114	g14	5	1,30	Cu	22	20,0	0,19	0,22	1,6
g14	g15	9	2,60	Cu	22	20,0	0,38	1,29	2,8
113	g15	7	2,40	Cu	22	20,0	0,35	0,87	2,2
g15	g13	8	5,00	Cu	22	20,0	0,76	3,80	2,5
g13	TPS-U	12	31,30	Cu	54	50,0	0,76	1,79	23,6

## 5.7. Podno grijanje

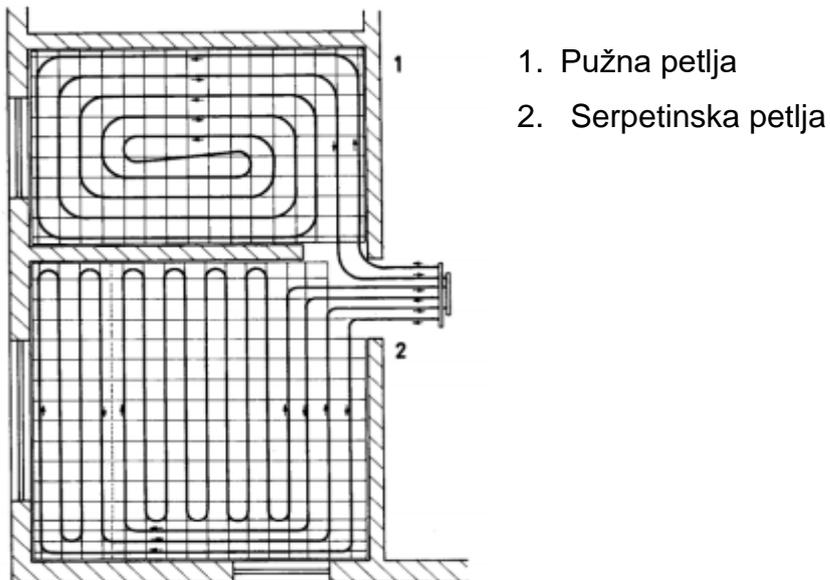
Stara mudrost nam ukazuje da treba imati tople noge i hladnu glavu. Glavna prednost sustava podnog grijanja je izrazito povoljan temperaturni profil koji se približava najbliže idealnom profilu. Razdioba temperatura između područja stopala i glave kreće se okvirno oko dva stupnja, pa je zbog toga tijelo u homogenom temperaturnom polju. Zbog manjeg intenziteta kruženja zraka imamo i manje kruženje prašine što pogoduje osobama osjetljive nosne sluznice, alergičarima na prašinu i astmatičarima.



Slika 5.2. Razdioba temperature po visini za idealno i podno grijanje [10]

Podno grijanje pripada takozvanom plošnom grijanju, nema vidljivih ogrjevnih tijela, cijevi su položene unutar poda konstrukcije iznad toplinske i zvučne izolacije pužnom ili serpentinskom petljom. Položene cijevi podnog grijanja kod mokre ugradnje zalijevaju se slojem cementnog estriha kao podlogu za polaganje podnih obloga i osiguranje prohodnosti poda. Završni dekorativni pokrov dolazi u obliku keramičkih pločica, laminata, drvenog parketa, obloga umjetnih smola, prirodnog kamena. Toplina zagrijane vode prenosi se od cijevi na podnu konstrukciju, te dalje isijavanjem na zrak u grijanom prostoru.

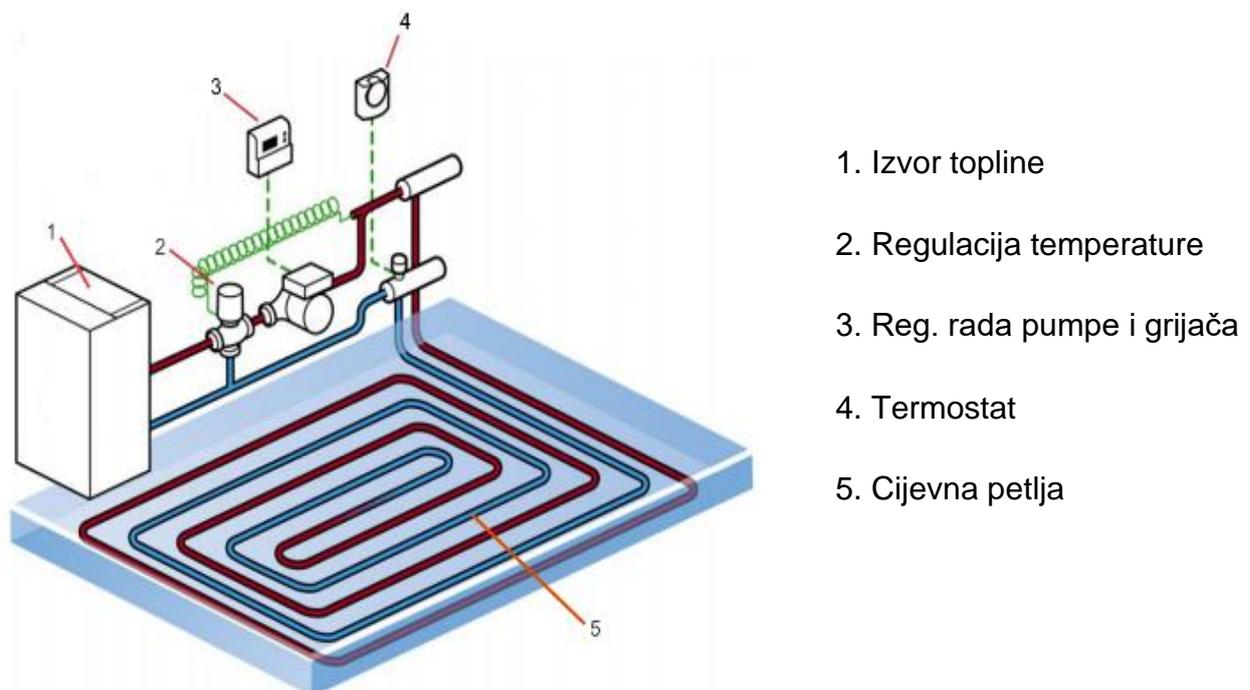
Kao materijal plastične cijevi za podno grijanje preuzimaju primat ispred čeličnih i bakrenih cijevi zbog svojih osobina a to su mogućnost različitih iskrivljenja, rastezanja te zbog samog načina polaganja po zadanoj podlozi.



Slika 5.3. Osnovni način postavljanja cijevi [10]

Podno grijanje radi na nižim temperaturama i time se postiže veća energetska učinkovitost i manja potrošnja energije. Temperatura zraka u prostoru može biti niža za jedan do dva stupnja Celzijusa što znači šest do dvanaest posto uštede energije.

Sustavi podnog grijanja prikazani su na slici 6.4.



Slika 5.4. Pojednostavljena shema podnog grijanja [9]

Kod podnog grijanja postoji mogućnost da svaka prostorija ima svoj termostat, a može se i pojedini cirkulacijski krug zatvoriti zatvaranjem ventila u razvodnoj kutiji. Podno grijanje pruža mogućnost proširenja na zidove i stropove čime se postiže još veća uravnoteženost željene temperature prostora.

Sve cijevi podnog grijanja, modularne letvice kao i podnu izolaciju s rubnim trakama potrebno je obavezno ugrađivati prema uputama proizvođača sustava podnog grijanja. U ovom radu projektiran je sustav koji se koristi principom polaganja cijevi u obliku meandra, odnosno zmijoliki način polaganja. Kod ovog principa se u uskom rubnom području uz vanjski zid postavljaju cijevi s višom ulaznom temperaturom vode uz istovremeni manji razmak cijevi, dok se preostali dio prostorije opskrbljuje s već smanjenom temperaturom vode uz veće razmake cijevi. Na opisani način toplina se većim dijelom dovodi tamo gdje je najpotrebnija, u područje uz vanjski zid, a potrebne temperature poda su u području stalnog boravka ugodno niske.

### 5.7.1 Rezultati proračuna podnog grijanja

Tablica 5.27. Cijevna mreža podnog grijanja

Oznaka dionice	dužina dionice	snaga	tip cijevi	$\varnothing D$	$\varnothing d$	Stvarna brzina	Pad tlaka u dionici
	m	kW		mm	mm		
VT08	12	2,132	Cu	22	20,0	0,33	1,09
VT09	60	1,331	Cu	18	16,0	0,32	6,94
VT07	10	0,619	Cu	18	16,0	0,15	0,31
VT07+VT09	16	1,950	Cu	22	20,0	0,30	1,25
VT07+VT08+VT09	10	4,082	Cu	22	20,0	0,62	2,82
VT24	7	0,630	Cu	18	16,0	0,15	0,23
VT07+VT08+VT09+VT24	15	4,712	Cu	28	25,6	0,44	1,68

Tablica 5.28. Cijevna petlja podnog grijanja - prizemlje

Prizemlje										
Oznaka	Naziv prostorije	površna	tem.	Q <sub>pror</sub>	Q <sub>grija</sub>	Q <sub>ostva</sub>	ØD	Ød	cijevna petlja	zaprem. petlja
		m <sup>2</sup>	°C	W	W	W	mm	mm	m	L
07	Ženski WC	3,70	20	99	286	+187	24	17	28,8	6,53
08	Muški WC	4,30	20	261	333	+72	24	17	26,8	6,08
12	Ženki WC	8,60	20	214	666	+452	24	17	54,2	12,30
14	Čistač	5,00	20	120	396	+276	24	17	29,5	6,69
15	Muški WC	13,80	20	328	1070	+742	24	17	151,2	34,30
23	Čistačica	5,50	20	241	432	+191	24	17	34,2	7,76
24	Ženski WC	5,50	20	276	426	+150	24	17	43,9	9,96
25	Muški WC	6,10	20	52	473	+421	24	17	54,9	12,45

Tablica 5.29. Cijevna petlja podnog grijanja - kat

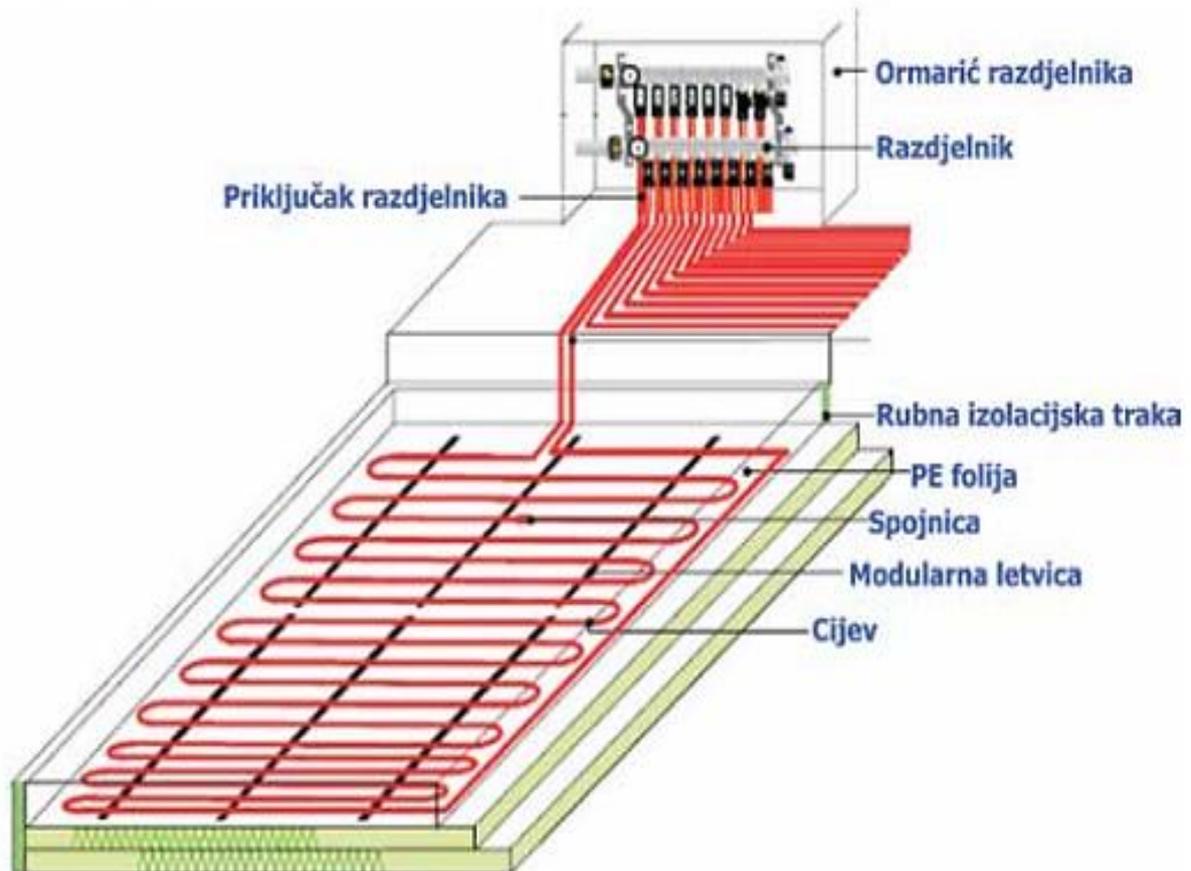
Kat										
Oznaka	Naziv prostorije	površna	tem.	Q <sub>pror</sub>	Q <sub>grija</sub>	Q <sub>ostva</sub>	ØD	Ød	cijevna petlja	zaprem. petlja
		m <sup>2</sup>	°C	W	W	W	mm	mm	m	L
36	Čistačica	4,90	20	192	379	+187	24	17	38,8	8,80
37	Muški WC	5,90	20	190	457	+267	24	17	43,5	9,87
38	Ženki WC	5,90	20	190	457	+267	24	17	47,5	10,78

Tablica 5.30. Razdjelnici podnog grijanja

Oznaka	Naziv prostorije	Regula. krug	grupe	tv	tr	mh	dP,max	Dimen. priključka	zaprem.
				°C	°C	l/h	mbar	Harreither	L
08	Muški WC	VT07	2	35	30	138	46	HISAN®Φ32	10
14	Čistač	VT08	4	35	30	474	136	HISAN®Φ32	39
23	Čistačica	VT09	3	35	30	296	86	HISAN®Φ32	24
37	Muški WC	VT24	3	35	30	288	78	HISAN®Φ32	24

## 5.8. Podno hlađenje

Prolaskom hladne vode u režimu 16/19 °C kroz cijevi podnog hlađenja postiže se cjelogodišnje hlađenje. Takvo hlađenje je puno zdravije od klasičnog klima uređaja jer ne hladi zrak već pod i zidove na ugodnih dvadeset stupnjeva, čime se izbjegavaju prehlade i hunjavice karakteristične za klasične rashlade uređaje.



Slika 5.5. Elementi sustava podnog hlađenja [14]

Prema idejnom projektu predviđeno je da se podno hlađenje ugradi u prostoru proizvodnje, iz razdjelnika krugova podnog hlađenja, koji će biti opremljeni termostatskim ulošcima na polazu i integriranim regulatorima - "topmetrima" na povratnoj strani. Na termostatske uloške ugrađuju se termoelektrični pogoni koji se spajaju na regulacijsku ploču za upravljanje podnog hlađenja. Predviđena je ugradnja termostata za podno hlađenje za upravljanje krugovima hlađenja uparenih sa termoelektričnim pogonima. Prema idejnom projektu predviđena je ugradnja osamnaest razdjelnika podnog hlađenja te pet termostata.

## 5.8.1 Rezultati podnog hlađenja

Tablica 5.31. Razdjelnici podnog hlađenja

oznaka	naziv prostorije	regula. krug	grupe	t <sub>u</sub>	t <sub>i</sub>	mh	dP,max	zaprem.
				°C	°C	l/h	mbar	L
01	Proiz. hala	VH01	3	16	19	939	268	105
02	Proiz. hala	VH02	3	16	19	939	268	105
03	Proiz. hala	VH03	3	16	19	939	268	105
04	Proiz. hala	VH04	3	16	19	939	268	105
05	Proiz. hala	VH05	3	16	19	939	268	105
06	Proiz. hala	VH06	3	16	19	939	268	105
07	Proiz. hala	VH07	3	16	19	939	268	105
08	Proiz. hala	VH08	3	16	19	939	268	105
09	Proiz. hala	VH09	3	16	19	939	268	105
10	Proiz. hala	VH10	3	16	19	939	268	105
11	Proiz. hala	VH11	3	16	19	939	268	105
12	Proiz. hala	VH12	3	16	19	939	268	105
13	Proiz. hala	VH13	3	16	19	939	268	105
14	Proiz. hala	VH14	3	16	19	939	268	105
15	Proiz. hala	VH15	3	16	19	939	268	105
16	Proiz. hala	VH16	3	16	19	939	268	105
17	Proiz. hala	VH17	3	16	19	939	268	105
18	Proiz. hala	VH18	3	16	19	805	220	90

Tablica 5.32. Cijevna mreža podnog hlađenja, režim 16/19 °C

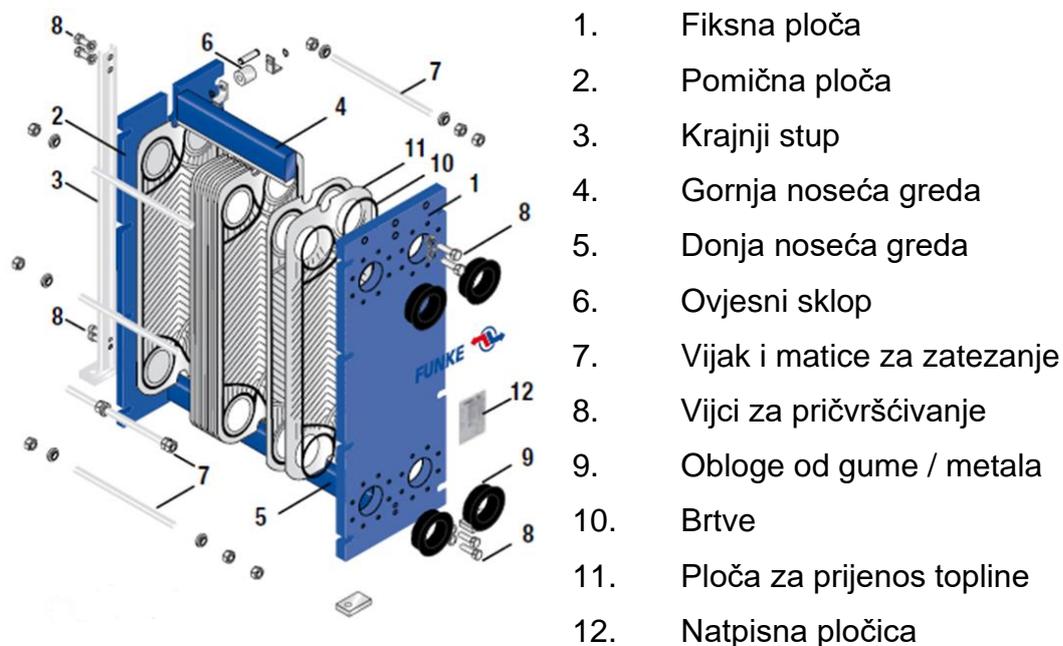
Prizemlje – spoj na pasivno hlađenje									
Oznaka dionice		dužina dionice	snaga	tip cijevi	øD	ød	stvarna brzina	pad tlaka u dionici	zaprem. dionice
		m	kW		mm	mm			
ph1	ph2	15	3,276	čelik	26,9	22,3	0,67	5,05	5,9
ph2	ph3	12	6,552	čelik	33,7	28,5	0,82	4,28	7,7
ph3	ph4	12	9,828	čelik	42,4	37,2	0,72	2,42	13,0
ph4	ph5	12	13,104	čelik	48,3	43,1	0,72	1,98	17,5
ph5	ph6	12	16,380	čelik	48,3	43,1	0,89	2,99	17,5
ph6	ph7	12	19,656	čelik	60,3	54,5	0,67	1,31	28,0
ph7	ph8	12	22,932	čelik	60,3	54,5	0,78	1,74	28,0
ph8	ph18	18	26,208	čelik	60,3	54,5	0,90	3,34	42,0
ph9	ph10	15	2,809	čelik	26,9	22,3	0,57	3,83	5,9
ph10	ph11	12	6,085	čelik	33,7	28,5	0,76	3,73	7,7
ph11	ph12	12	9,361	čelik	42,4	37,2	0,69	2,21	13,0
ph12	ph13	12	12,637	čelik	48,3	43,1	0,69	1,86	17,5
ph13	ph14	12	15,913	čelik	48,3	43,1	0,87	2,83	17,5
ph14	ph15	12	19,189	čelik	60,3	54,5	0,66	1,26	28,0
ph15	ph16	12	22,465	čelik	60,3	54,5	0,77	1,68	28,0
ph16	ph17	12	25,741	čelik	60,3	54,5	0,88	2,16	28,0
ph17	ph19	6	29,017	čelik	60,3	54,5	0,99	1,34	14,0
ph18	ph19	40	32,293	čelik	76,1	70,3	0,66	3,12	155,2
ph19	ph19	20	58,501	čelik	88,9	82,5	0,87	2,11	106,9

## 6. ODABIR OPREME U STROJARNICI

Strojarnica je prostor smješten na platformi proizvodnog djela dilatacije B u kojem se nalaze uređaji za grijanje i hlađenje. U strojarnici su ugrađene dizalice topline, ekspanzijska posuda uz svaku dizalicu topline, cirkulacijske crpke grijanja i klimatizacije, akumulacijski spremnici, pločasti rastavljivi izmjenjivač topline za podzemne vode te ostala sigurnosna i regulacijska oprema.

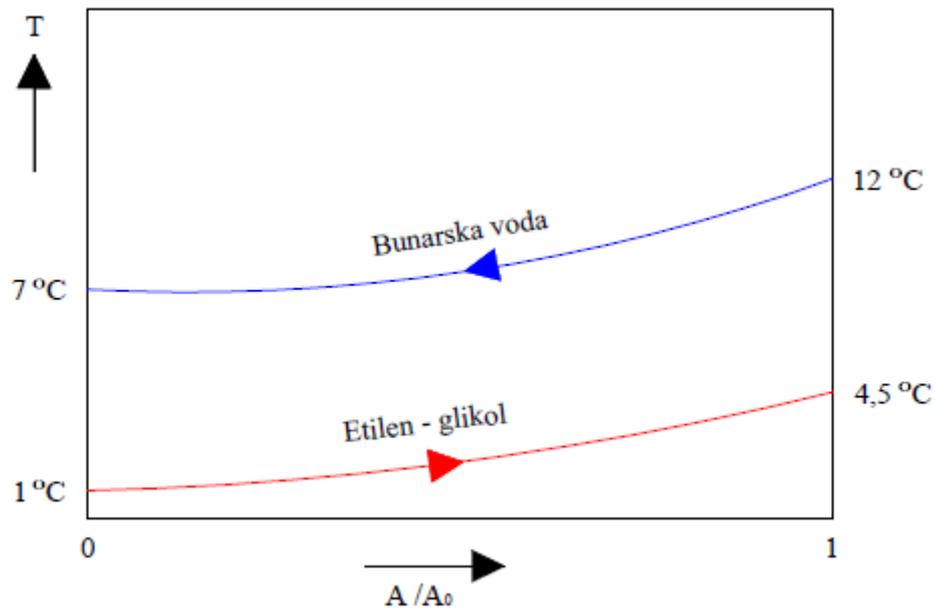
### 6.1. Odabir međuizmjenjivača

U sustav dizalice topline ugrađuje se međuizmjenjivač topline zbog izbjegavanja dovođenja vode iz primarnog kruga podzemne vode u sam isparivač. Razlog ugrađivanja međuizmjenjivača topline je nekontrolirani sastav vode u primarnom krugu koji često uz mehaničke nečistoće može sadržavati i povećane koncentracije otopljenih anorganskih spojeva ili metala. Uz međuizmjenjivač se dodaje još jedan zatvoreni krug vode koji cirkulira između isparivača radne tvari i međuizmjenjivača topline. Međuizmjenjivač topline obavlja izmjenu topline u režimu hlađenja i grijanja. U režimu grijanja međuizmjenjivač topline preuzima toplinu iz podzemne vode, smanjuje joj pritom temperaturu s 12 °C na 7 °C i predaje toplinu vodi u sekundarnom krugu, koji se pritom grije s 4 °C na 9,5 °C. Bez međuizmjenjivača svaki zastoj prilikom čišćenja ili zamjene isparivača uzrokovao bi uklanjanje radne tvari iz sustava, demontažu ploča za prijenos topline, čišćenje i vraćanje radne tvari u sustav što nije jednostavno ni jeftino.



Slika 6.1. Sklopni izgled pločastog izmjenjivača [13]

## Proračun međuzmjenjivača topline



Slika 6.2. T – A dijagram međuzmjenjivača

Ulazni podaci:

- toplinski tok na isparivaču

$$\Phi_i = 291,2 \text{ [kW]}$$

- temperatura etilen-glikola na ulazu u međuzmjenjivač

$$\vartheta_{eg_{ul}} = 1 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

- temperatura etilen-glikola na izlazu iz međuzmjenjivača

$$\vartheta_{eg_{iz}} = 4,5 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

- temperatura bunarske vode na ulazu u međuzmjenjivač

$$\vartheta_{bv_{ul}} = 12 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

- temperatura bunarske vode na izlazu iz međuzmjenjivača

$$\vartheta_{bv_{iz}} = 7 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

Primarni krug – termodinamička svojstva bunarske vode pri srednjoj temperaturi 9,5 °C:

- gustoća  $\rho_{bv} = 999,7 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- koeficijent toplinske vodljivosti  $\lambda_{bv} = 0,5791 \text{ [W/mK]}$
- dinamička viskoznost  $\mu_{bv} = 0,00133 \text{ [Pa s]}$
- specifični toplinski kapacitet  $c_{bv} = 4,196 \text{ [kJ/kg]}$
- Prandltov bezdimezijski broj  $Pt_{bv} = \frac{\mu_{bv} \cdot c_{bv}}{\lambda_{bv}} = 9,758$

Sekundarni krug – termodinamička svojstva 30 % otopine etilen-glikola pri srednjoj temperaturi 2,75 °C:

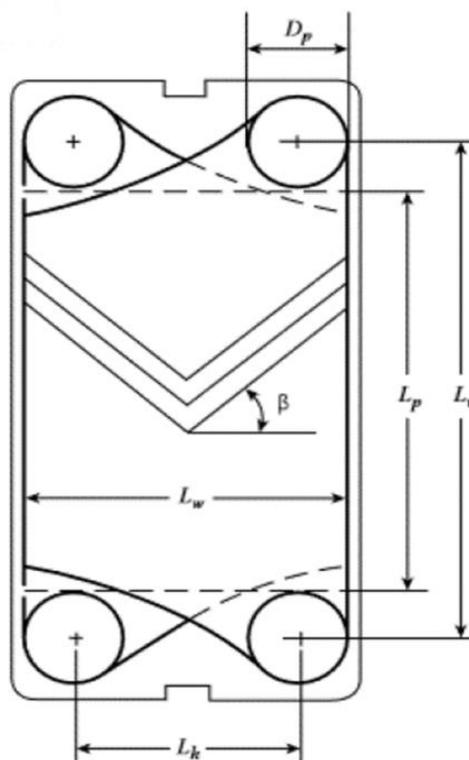
- gustoća  $\rho_{eg} = 1046 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- koeficijent toplinske vodljivosti  $\lambda_{eg} = 0,471 \text{ [W/mK]}$
- dinamička viskoznost  $\mu_{eg} = 0,0039 \text{ [Pa s]}$
- specifični toplinski kapacitet  $c_{eg} = 3,667 \text{ [kJ/kg]}$
- Prandltov bezdimezijski broj  $Pt_{eg} = \frac{\mu_{eg} \cdot c_{eg}}{\lambda_{eg}} = 31,14$

Primarni krug – maseni protok bunarske vode

$$q_{m_{bv}} = \frac{\Phi_i}{c_{bv} \cdot (\vartheta_{bv,ul} - \vartheta_{bv,iz})} = \frac{291,2}{4,196 \cdot (12 - 7)} = 13,8 \text{ [kg/s]}$$

Sekundarni krug – maseni protok etilen-glikola

$$q_{m_{eg}} = \frac{\Phi_i}{c_{eg} \cdot (\vartheta_{gl,ul} - \vartheta_{gk,iz})} = \frac{291,2}{3,667 \cdot (4,5 - 1)} = 22,6 \text{ [kg/s]}$$



Slika 6.3. Dimenzije međuzmjenjivača [9]

Dimenzije odabranog pločastog izmjenjivača:

- visina modula	$H_{mi} = 1069$ [mm]
- širina modula	$B_{mi} = 480$ [mm]
- visina između ulaza - izlaza	$L_{v_{mi}} = 719$ [mm]
- širina između ulaza - izlaza	$L_{h_{mi}} = 225$ [mm]
- unutarnji promjer ulaza – izlaza	$d_{u_{mi}} = 0,097$ [m]
- kut orebrenja	$\beta_{mi} = 60^{\circ}$
- toplinska provodljivost ploče	$\lambda_{\check{c}} = 15$ [W/mK]
- širina kanala	$b_{mi} = 0,002$ [m]
- debljina ploče	$\delta_{mi} = 0,0006$ [m]
- broj ploča	$n_{mi} = 52$ [kom]
- faktor povećanja površine izmjenjivača	$\Phi_{mi} = 1,22$
(22 % povećanje površine tipična vrijednost za tehničke ploče metala) [15]	

## Proračun ploče međuzmjenjivača

Ekvivalentni promjer kanala:

$$d_{e_{mi}} = 2 \cdot \frac{b_{mi}}{\Phi_{mi}} = 2 \cdot \frac{0,002}{1,22} = 0,0033 \text{ [m]}$$

Visina izmjenjivačke površine:

$$L_{P_{mi}} = L_{v_{mi}} - d_{u_{mi}} = 0,719 - 0,097 = 0,622 \text{ [m]}$$

Širina izmjenjivačke površine:

$$L_{W_{mi}} = L_{h_{mi}} + d_{u_{mi}} = 225 + 0,097 = 0,322 \text{ [m]}$$

Mora vrijediti uvjet:

$$L_{P_{mi}} > 1,8 \cdot L_{W_{mi}}$$

$$0,797 > 1,8 \cdot L_{W_{mi}} \quad \underline{\text{Uvjet zadovoljen!}}$$

Površina kanala:

$$A_{K_{mi}} = L_{W_{mi}} \cdot b_{mi} = 0,322 \cdot 0,002 = 0,000644 \text{ [m}^2\text{]}$$

Projicirana površina:

$$A_{P_{mi}} = n_{mi} \cdot L_{P_{mi}} \cdot L_{W_{mi}} = 52 \cdot 0,622 \cdot 0,322 = 10,415 \text{ [m}^2\text{]}$$

Ukupna površina izmjene topline:

$$A_{uk_{mi}} = \Phi_{mi} \cdot A_{P_{mi}} = 1,22 \cdot 10,415 = 12,702 \text{ [m}^2\text{]}$$

## Proračun primarnog kruga

Broj kanala za strujanje bunarske vode:

$$N_{K_{bv}} = \frac{n_{mi}}{2} - 1 = \frac{52}{2} - 1 = 25 \text{ [kom]}$$

Brzina strujanja bunarske vode primarnog kruga kroz međuzmjenjivač:

$$v_{bv_{mi}} = \frac{q_{m_{bv}}}{\rho_{bv} \cdot A_{K_{mi}} \cdot N_{K_{bv}}} = \frac{13,88}{999,7 \cdot 0,000644 \cdot 25} = 0,862 \text{ [m/s]}$$

Reynoldsov bezdimenzijski broj:

$$Re_{bv} = \frac{v_{bu_{mi}} \cdot \rho_{bv} \cdot d_{emi}}{\mu_{bv}} = \frac{0,862 \cdot 999,7 \cdot 0,0032}{0,00133} = 2074,2$$

Nusseltov bezdimenzijski broj računa se prema Wanniarachchi metodi i vrijedi za sljedeće područje veličina:

$$1 < Re < 10^4$$

$$20^0 < \beta < 62^0 \quad \underline{\text{Uvjeti su zadovoljeni!}}$$

Pri čemu je:

$$Nu_l = 3,65 \cdot \beta^{-0,455} \cdot \Phi^{0,661} \cdot Re_{bv}^{0,339}$$

$$Nu_l = 3,65 \cdot 60^{-0,455} \cdot 1,22^{0,661} \cdot 2142,8^{0,339} = 8,6$$

$$m_{mi} = 0,646 + 0,0011 \cdot \beta_{mi} = 0,646 + (0,0011 \cdot 60) = 0,712$$

$$Nu_t = 12,6 \cdot \beta^{-1,142} \cdot \Phi^{1-m_{mi}} \cdot Re_{bv}^{-m_{mi}}$$

$$Nu_t = 12,6 \cdot 60^{-1,142} \cdot 1,22^{(1-0,712)} \cdot 2074,2^{-0,712} = 28,5$$

Iz čega slijedi Nusseltov bezdimenzijski broj:

$$Nu_{bv} = (Nu_l^3 + Nu_t^3)^{1/3} \cdot Pt_{bv}^{1/3} = (8,6^3 + 28,5^3)^{1/3} \cdot 9,8^{1/3} = 61,7$$

Koeficijent prijelaza topline na primarnom krugu:

$$\alpha_{bv} = \frac{Nu_{bv} \cdot \lambda_{bv}}{d_{emi}} = \frac{61,7 \cdot 0,5791}{0,0033} = 11171,2 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

## Proračun sekundarnog kruga

Broj kanala za strujanje vode:

$$N_{K_{eg}} = \frac{n_{mi}}{2} = \frac{52}{2} = 26 \text{ [kom]}$$

Brzina strujanja etilen-glikola sekundarnog kruga kroz međuzmjenjivač:

$$v_{eg_{mi}} = \frac{q_{m_{eg}}}{\rho_{eg} \cdot A_{K_{mi}} \cdot N_{K_{eg}}} = \frac{22,60}{1044 \cdot 0,000644 \cdot 168} = 1,293 \text{ [m/s]}$$

Reynoldsov bezdimenzijski broj:

$$Re_{eg} = \frac{v_{eg_{mi}} \cdot \rho_{bv} \cdot d_{emi}}{\mu_{eg}} = \frac{1,293 \cdot 1046 \cdot 0,0032}{0,0039} = 1110,6$$

Nusseltov bezdimenzijski broj računa se prema Wanniarachchi metodi i vrijedi za sljedeće područje veličina:

$$1 < Re < 10^4$$

$$20^0 < \beta < 62^0 \quad \underline{\text{Uvjeti su zadovoljeni!}}$$

Pri čemu je:

$$Nu_l = 3,65 \cdot \beta^{-0,455} \cdot \Phi^{0,661} \cdot Re_{eg}^{0,339}$$

$$Nu_l = 3,65 \cdot 60^{-0,455} \cdot 1,22^{0,661} \cdot 1110,6^{0,339} = 6,962$$

$$m_{mi} = 0,646 + 0,0011 \cdot \beta_{mi} = 0,646 + (0,0011 \cdot 60) = 0,712$$

$$Nu_t = 12,6 \cdot \beta^{-1,142} \cdot \Phi^{1-m_{mi}} \cdot Re_{eg}^{-m_{mi}}$$

$$Nu_t = 12,6 \cdot 60^{-1,142} \cdot 1,22^{(1-0,712)} \cdot 1110,6^{-0,712} = 18,325$$

Iz čega slijedi Nusseltov bezdimenzijski broj:

$$Nu_{eg} = (Nu_l^3 + Nu_t^3)^{1/3} \cdot Pt_{eg}^{1/3} = (6,96^3 + 18,32^3)^{1/3} \cdot 31,1^{1/3} = 58,59$$

Koeficijent prijelaza topline na primarnom krugu:

$$\alpha_{eg} = \frac{Nu_{eg} \cdot \lambda_{eg}}{d_{emi}} = \frac{58,59 \cdot 0,471}{0,0032} = 8624,9 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

## Proračun potrebne površine za izmjenu topline

Koeficijent prijelaza:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{bv}} + \frac{\delta_{mi}}{\lambda_{\zeta}} + \frac{1}{\alpha_{eg}}} = \frac{1}{\frac{1}{11171,2} + \frac{0,0006}{15} + \frac{1}{8624,9}} = 4074 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Srednja logaritamska razlika temperatura:

$$\Delta\vartheta_{mi} = \frac{(\vartheta_{bv_{ul}} - \vartheta_{ek_{iz}}) - (\vartheta_{bv_{iz}} - \vartheta_{eg_{ul}})}{\ln \frac{(\vartheta_{bv_{ul}} - \vartheta_{ek_{iz}})1}{(\vartheta_{bv_{iz}} - \vartheta_{eg_{ul}})}} = \frac{(12 - 4,5) - (7 - 1)}{\ln \frac{(12 - 4,5)}{(7 - 1)}} = 5,73 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

Specifični toplinski tok:

$$q_{A_{mi}} = k \cdot \Delta\vartheta_{mi} = 4074 \cdot 5,73 = 23372,7 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Potrebna površina za izmjenu topline:

$$A_{mi_{potr}} = \frac{\Phi_i}{q_{A_{mi}}} = \frac{291200}{23372,7} = 12,45 \text{ [m}^2\text{]}$$

Predimenzioniranost odabranog pločastog isparivača u odnosu na teorijski potrebni:

$$A_{mi_{potr}} = \frac{A_{uk_{mi}} - A_{mi_{potr}}}{A_{mi_{potr}}} = \frac{12,7 - 12,45}{12,45} = 0,0198$$

Odabran proizvod kao [9]:

- proizvođač: Danfoss
- tip: S22-IG10-52-TK
- broj ploča: 52 kom
- DN100
- težina: 321,97 kg

Odabran pločasti rastavljivi izmjenjivač topline za podzemne vode predimenzioniran je za 1,98 % u odnosu na teorijski potrebni što zadovoljava sve uvjete u odabranom sustavu dizalice topline.

## Dimenzioniranje cjevovoda primarnog kruga bunarske vode

Ulazni podaci za protok bunarske vode:

- gustoća  $\rho_{bv} = 999,6 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- maseni protok bunarske vode  $q_{mbv} = 13,8 \text{ [kg/s]}$
- odabrana brzina strujanja  $v_{bv} = 1,9 \text{ [m/s]}$

Volumni protok bunarske vode iznosi:

$$q_{Vbv} = \frac{q_{mbv}}{\rho_{bv}} = \frac{13,8}{999,7} = 0,0138 \text{ [m}^3\text{/s]} = 49,68 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Promjer cijevi na međuzmjenjivaču primarnog kruga:

$$d_{ubv} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{Vbv}}{\pi \cdot v_{bv}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0138}{\pi \cdot 1,9}} = 0,096 \text{ [m]} = 96,1 \text{ [mm]}$$

Odabrana je PEHD  $\Phi 110 \times 6,6 \text{ mm}$ , unutarnjeg promjera  $d_{uv} = 96,8 \text{ [mm]}$

Stvarna brzina strujanja bunarske vode iznosi:

$$v_{bv} = \frac{4 \cdot q_{Vbv}}{\pi \cdot d_{ubv}^2} = \frac{4 \cdot 0,0138}{\pi \cdot 96,8^2} = 1,87 \text{ [m/s]}$$

$$v_{bv} \leq 2 \text{ m/s} \quad \text{nema šumova i vibracija}$$

Uvjet brzine strujanja vode u cjevovodu je zadovoljen!

## Dimenzioniranje cjevovoda sekundarnog kruga etilen-glikola

Etilen-glikol je bistra vodeno bijela tekućina blago slatkastog okusa i viskoznosti koja ne hlapi na sobnoj temperaturi. U stopostotnoj koncentraciji ključa na  $198 \text{ }^\circ\text{C}$ , a pomiješan s vodom zamrzava na  $-52 \text{ }^\circ\text{C}$ . Zbog svoje niske viskoznosti etilen-glikol traži manje energije prilikom pumpanja, a time i manju potrošnju električne energije. Jedna od bitnih osobina etilen-glikola je njegova laka dostupnost i biorazgradivost. Etilen-glikol u prisutnosti kisika ima prirodnu sklonost razgradnji. Dodavanjem inhibitora sprečavamo nastajanje korozije i opasnih kiselina (glikolna, mravlja, octena) koje izazivaju brzu koroziju čelika, a time i mogućnost većih havarija na postrojenju.

Ulazni podaci za protok etilen-glikola:

- gustoća  $\rho_{eg} = 1046 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- maseni protok etilen-glikola  $q_{meg} = 14,427 \text{ [kg/s]}$
- odabrana brzina strujanja  $v_{eg} = 1,9 \text{ [m/s]}$

Volumni protok etilen-glikola iznosi:

$$q_{veg} = \frac{q_{meg}}{\rho_{eg}} = \frac{14,427}{1046} = 0,0137 \text{ [m}^3\text{/s]} = 49,6 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Promjer cijevi na međuzmjenjivaču sekundarnog kruga:

$$d_{ueg} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{veg}}{\pi \cdot v_{eg}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0137}{\pi \cdot 1,9}} = 0,0958 \text{ [m]} = 95,8 \text{ [mm]}$$

Odabrana je PEHD  $\Phi 110 \times 6,6 \text{ [mm]}$ , unutarnjeg promjera  $d_{uv} = 96,8 \text{ [mm]}$

Stvarna brzina strujanja vodene otopine etilen-glikola iznosi:

$$v_{eg} = \frac{4 \cdot q_{veg}}{\pi \cdot d_{ueg}^2} = \frac{4 \cdot 0,0137}{\pi \cdot 96,8^2} = 1,86 \text{ [m/s]}$$

$$v_{bv} \leq 2 \text{ m/s} \quad \text{nema šumova i vibracija}$$

Uvjet brzine strujanja etilen-glikola u cjevovodu je zadovoljen!

## 6.2. Odabir ekspanzijske posude

Za normalno funkcioniranje sustava grijanja i stabilnu cirkulaciju radnog medija kroz sve elemente sustava, potreban je stabilan tlak. Osnovna zadaća membranske ekspanzijske posude je zaštita sustava od hidrauličkog udara vode, održavanje radnog tlaka i nadoknada (kompenziranje) promjene u volumenu sustava grijanja ili hlađenja uslijed promjena temperature radnog medija.

Minimalni potrebni volumen posude određuje se prema formuli [10]:

$$V_{nmin} = (V_e + V_v) \left( \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} \right) [L]$$

gdje su:

- $V_e$  - volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10 °C do maksimalne temperature polaznog voda [L]
- $V_A$  - volumen vode u instalaciji [L]
- $V_v$  - volumen zalihe, uzima 0,5 % volumena vode u instalaciji [L]
- $n$  - postotak širenja, ovisno o temperaturi polaza [bar]
- $p_e$  - projektni krajnji tlak, iznosi 0,5 bara ispod tlaka sigurnosnog ventila [bar]
- $p_0$  - primarni tlak ekspanzijske posude [bar]

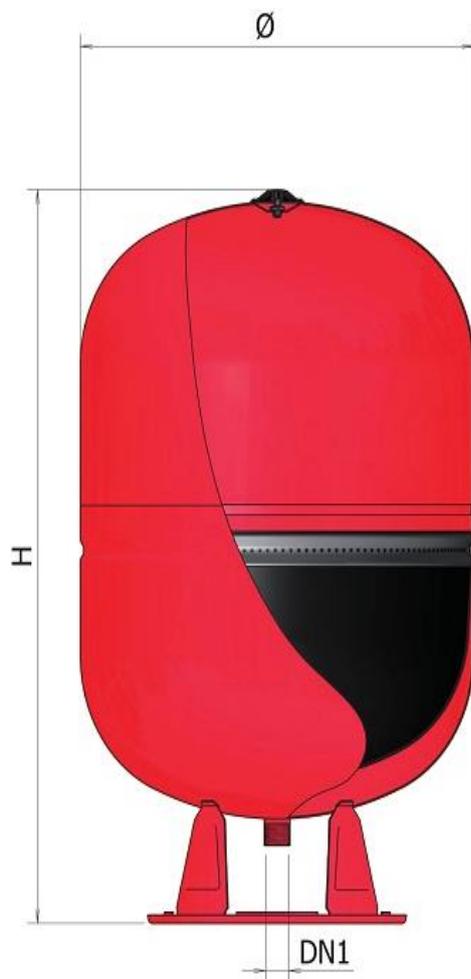
Ulazni podaci za sustav grijanja:

- Volumen vode u instalaciji  $V_A$ : 3045 L
- tlak sigurnosnog ventila: 3 bar

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} = \frac{1,48 \cdot 3045}{\pi \cdot 96,8^2} = 45,07 [L]$$

$$V_v = \max \left( \frac{0,5}{100} \cdot V_A \right) = \frac{0,5}{100} \cdot 3045 = 15,2 [L]$$

$$V_{nmin} = (V_e + V_v) \left( \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} \right) = (45,07 + 15,2) \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1,5} = 211 [L]$$



Odabrana je membranska ekspanzijska posuda u sustavu grijanja proizvod kao:

proizvođač: Elbi  
 tip: ERCE 250  
 zapremina: 250 L

U sekundarni krug etilen-glikola odabrana je membranska ekspanzijska posuda proizvod kao:

proizvođač: Elbi  
 tip: DVCE 50  
 zapremina: 50 L

U krug dizalice topline odabrana je membranska ekspanzijska posuda proizvod kao:

proizvođač: Elbi  
 tip: ERCE 80  
 zapremina: 80 L

Slika 6.4. Ekspanzijska posuda proizvođača Elbi [11]

Tablica 6.1. Tehničke karakteristike ekspanzijska posude Elbi [11]

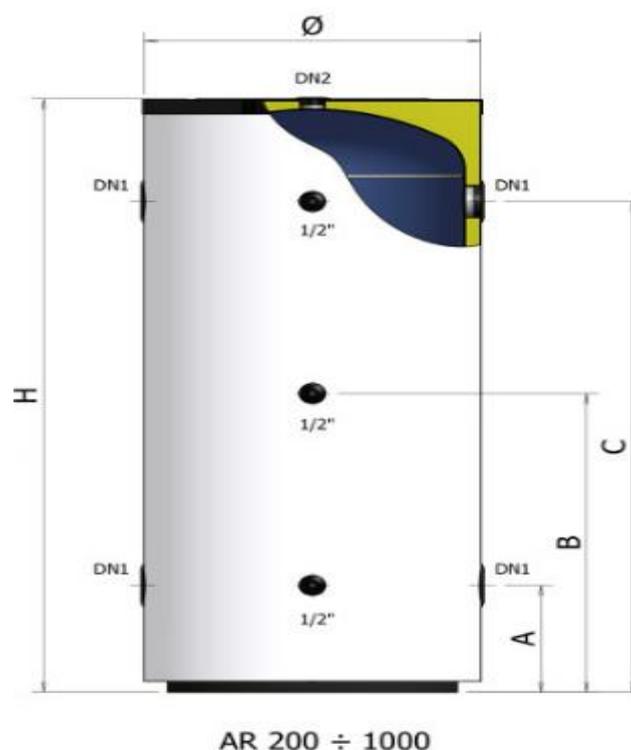
model	zapremina	$P_{\text{prim}}$	$P_{\text{max}}$	$T_{\text{max}}$	$\varnothing$	H	DN1
	L	bar	bar	°C	mm	mm	
DVCE 50	50	3	10	99	400	585	1"
ERCE 80	80	1,5	10	99	400	820	3/4"
ERCE 250	250	1,5	10	99	650	1160	1"

### 6.3. Odabir međuspremnika

Ugradnjom dizalice topline u postojeći sustav grijanja postoji potreba za skladištenjem viška energije koja se proizvodi, a trenutno se ne koristi. Akumulacijski spremnik, ovisno o kapacitetu, akumulira toplinu koja se kasnije može upotrijebiti. Time se osigurava dulje vrijeme između pokretanja i zaustavljanja dizalice topline, povećava se učinkovitost i životni vijek samog uređaja. Kapacitet međuspremnika odabran je prema preporukama proizvođača koji se kreće od 10 litara do 30 litara po kilovatu toplinskog učinka dizalice topline.

Za sustav grijanja odabran je proizvod kao [11]: proizvođač Elbi, tip AR 500.

Za sustav hlađenja odabran je proizvod kao [11]: proizvođač Elbi, tip AR 1000.



Slika 6.5. Međuspremnik proizvođača Elbi [11]

Tablica 6.2. Tehničke karakteristike međuspremnika Elbi [11]

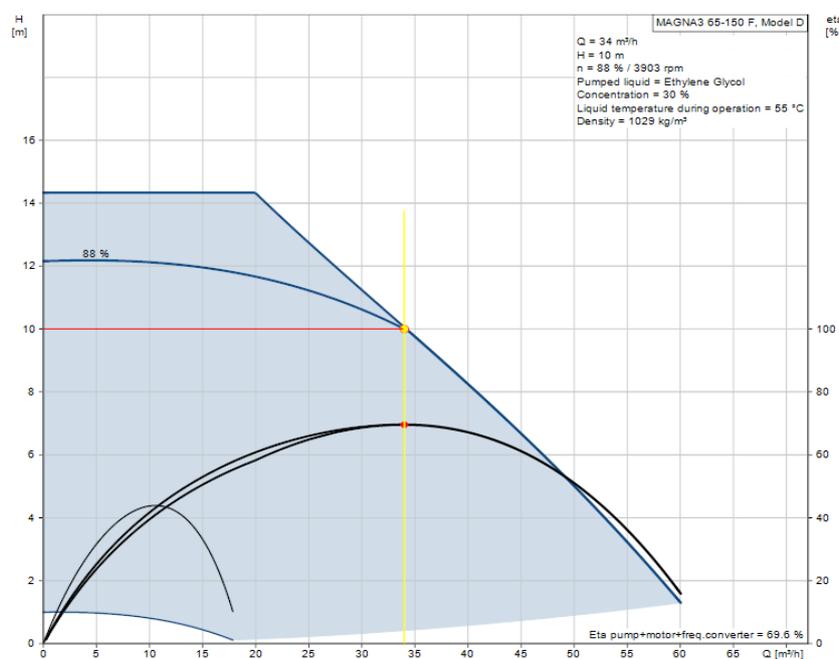
model	zapremina	$P_{max}$	$\varnothing$	H	A	B	C	DN1	DN2
	L								
AR 500	500	10	750	1695	320	855	1390	3"	1"1/4
AR1000	1000	10	900	2035	370	1030	1690	3"	1"1/2

## 6.4. Odabir pumpi

Glavna svrha cirkulacijske pumpe u sustavu grijanja i hlađenja je određenom brzinom osigurati konstantan protok radne tekućine. Pumpa u takvom sustavu mora stvarati stabilan i jednak tlak jer time pridonosi ravnomjernom prijenosu topline u grijanju i hlađenju. Cirkulacijska pumpa proračunava se i odabire prema kapacitetu dobave, visini dobave i padu tlaka kritične dionice svakog kruga grijanja ili hlađenja.

### 6.4.1 Odabir pumpi u sustavu grijanja

Cp_1 primarni krug do toplinskih podstanica							
Ulazni podaci	$Q_{gr}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	Q [m <sup>3</sup> /h]	T [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
	197422	NO80	34	55/45	≈ 300	≈150	65



Odabrano prema proračunu i ulaznim podacima [12]:

Grundfos

MAGNA3 65-150 F,

$Q_{cp} = 34,0 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

DN65,

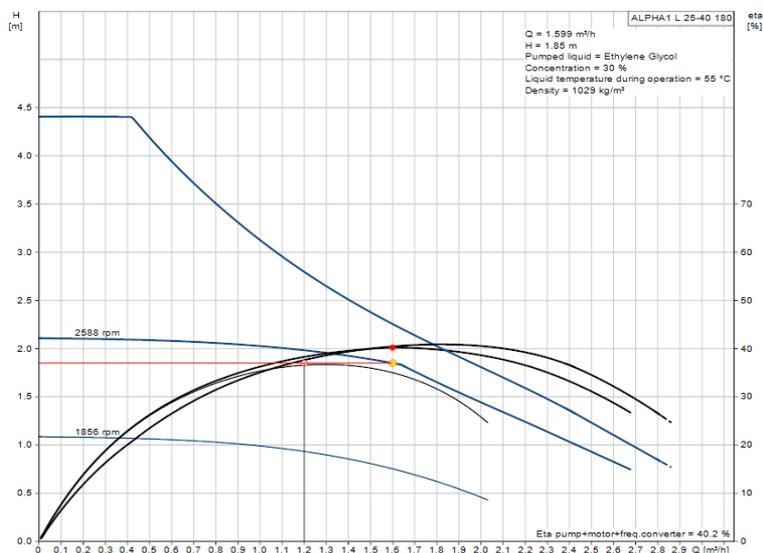
$H = 10 \text{ m}$ ,

$N_{el} = 29 - 1377 \text{ W} / 230 \text{ V}$ .

Slika 6.6. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 65-150 F [12]

Toplinskih podstanica 1

Cp_2 krug G1 alatnica, logistika, skladište (prizemlje)							
Ulazni podaci	$Q_{gr}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		7200	Cu Ø22	1,2	55/45	≈ 60	≈150



Odabrano [12]:

Grundfos ALPHA1 L 25-40 180

$Q_{cp} = 1,59 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

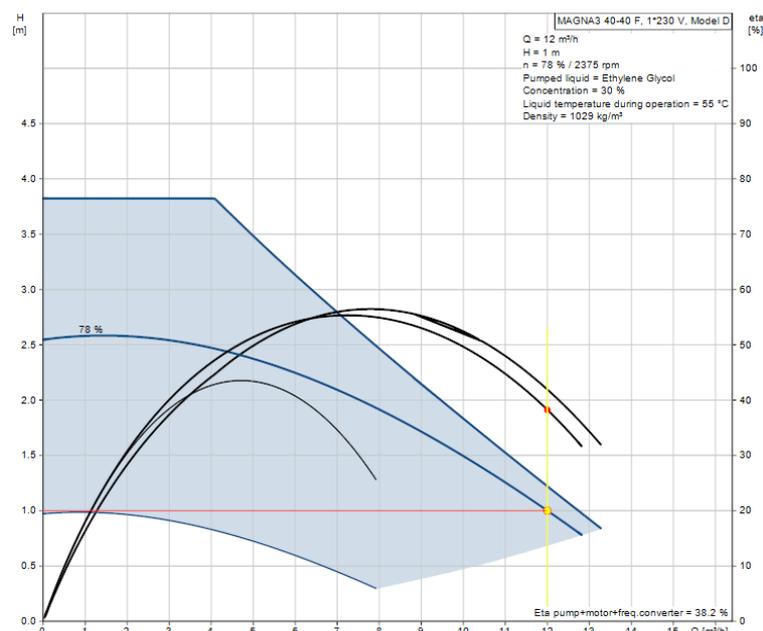
R 1½“,

H = 1,85 m,

$N_{el} = 29 - 1377 \text{ W} / 230 \text{ V}$

Slika 6.7. Dijagram radne točke pumpe Grundfos ALPHA1 L 25-40 180 [12]

Cp_3 krug G2 klima komora grijanje							
Ulazni podaci	$Q_{gr}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		69820	NO40	12	55/45	≈ 40	≈150



Odabrano [12]:

Grundfos MAGNA3 40-40 F

$Q_{cp} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

DN40,

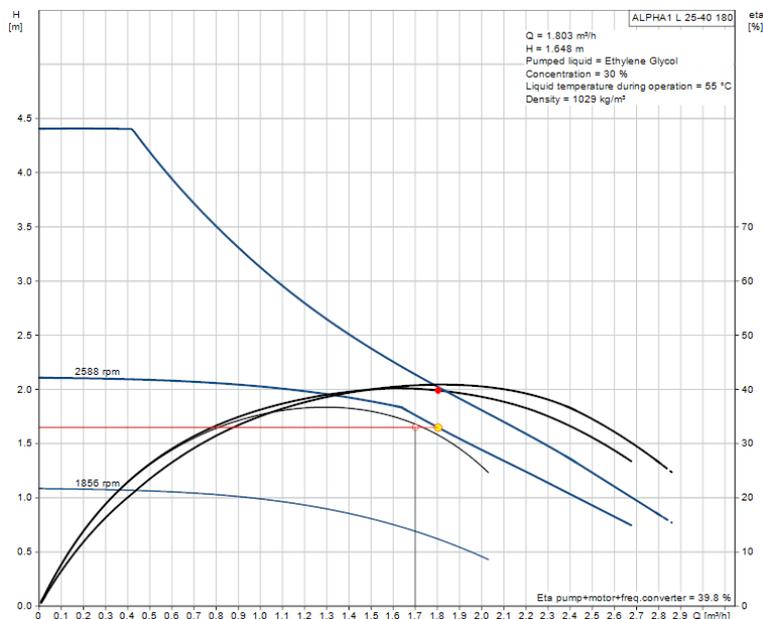
H = 1 m,

$N_{el} = 12 - 98 \text{ W} / 230 \text{ V}$ .

Slika 6.8. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 40-40 F [12]

Toplinskih podstanica 2

Cp_4 krug G1 uredi i laboratorij (prizemlje i kat)							
Ulazni podaci	$Q_{gr}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		9600	Cu Ø22	1,7	55/45	≈ 60	≈150



Odabrano [12]:

Grundfos ALPHA1 L 25-40 180

 $Q_{cp} = 2,08 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

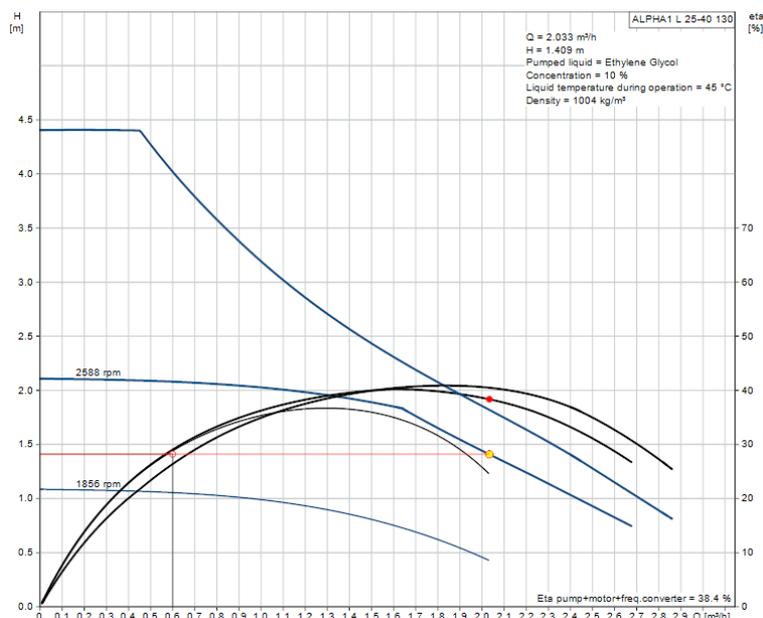
R 1½“,

H = 1,8 m,

 $N_{el} = 4 - 25 \text{ W} / 230 \text{ V}$ 

Slika 6.9. Dijagram radne točke pumpe Grundfos ALPHA1 L 25-40 180 [12]

Cp_5 krug G2 podno grijanje (prizemlje i kat)							
Ulazni podaci	$Q_{gr}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		4712	Cu Ø18	0,5	55/45	≈ 90	≈150



Odabrano [12]:

Grundfos ALPHA1 L 25-40 130

 $Q_{cp} = 0,503 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

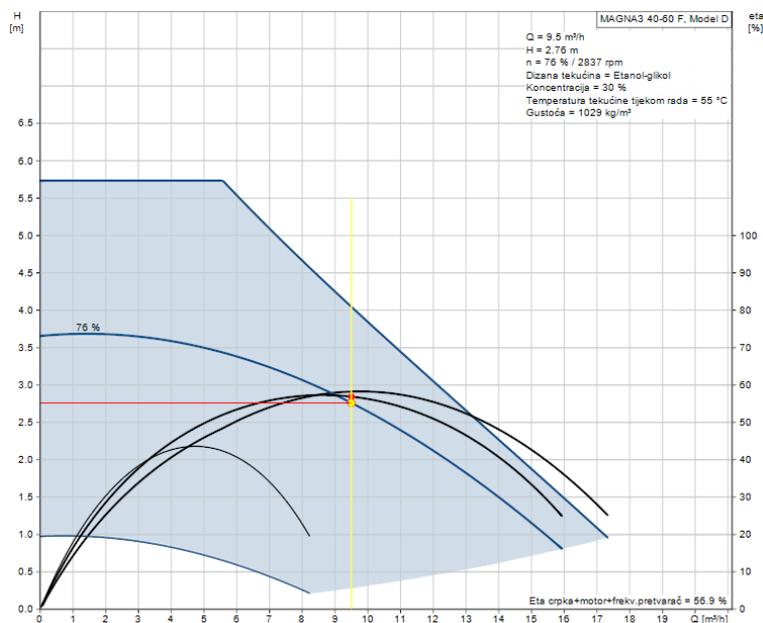
R 1½“,

H = 1,42 m,

 $N_{el} = 4 - 25 \text{ W} / 230 \text{ V}$ 

Slika 6.10. Dijagram radne točke pumpe Grundfos ALPHA1 L 25-40 130 [12]

Cp_6 krug G3 uredi i prateći prostor (prizemlje)							
Ulazni podaci	$Q_{gr}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		55400	Cu Ø54	9,5	55/45	≈ 110	≈150



Odabrano [12]:

Grundfos MAGNA3 40-60 F

$Q_{cp} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

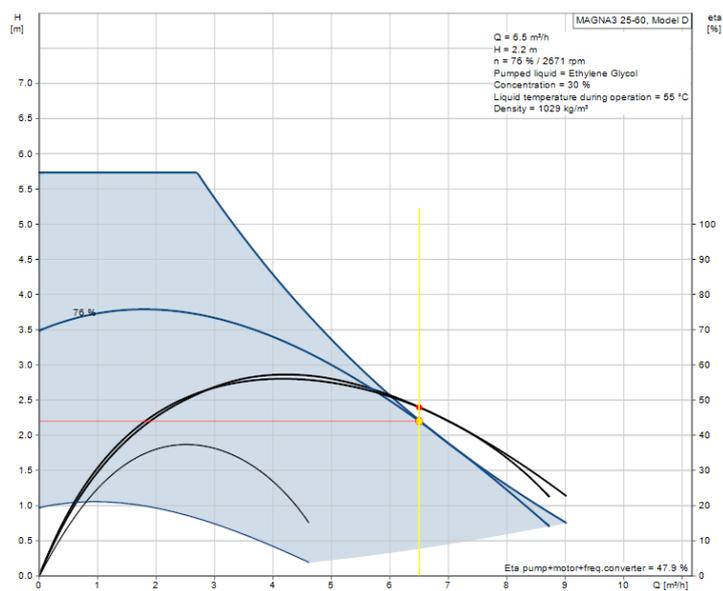
DN40,

$H = 1 \text{ m}$ ,

$N_{el} = 12 - 185 \text{ W} / 230 \text{ V}$

Slika 6.11. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 40-60 F [12]

Cp_7 krug G4 uredi i prateći prostor (kat)							
Ulazni podaci	$Q_{gr}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		38000	Cu Ø42	6,5	55/45	≈ 100	≈150



Odabrano [12]:

Grundfos MAGNA3 25-60

$Q_{cp} = 6,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

R 1½“,

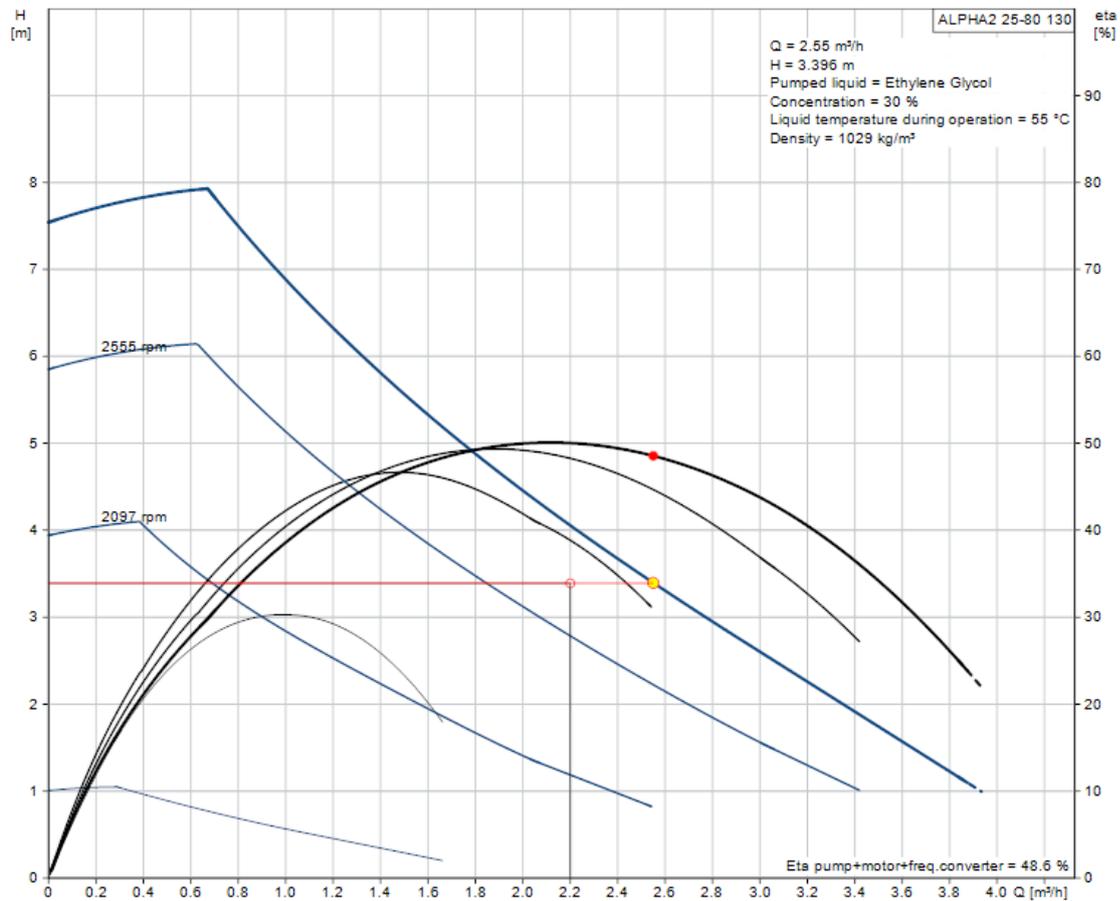
$H = 2,2 \text{ m}$ ,

$N_{el} = 9 - 84 \text{ W} / 230 \text{ V}$

Slika 6.12. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-60 [12]

Toplinskih podstanica 3

Cp_8 krug G1 klima komora grijanje							
Ulazni podaci	$Q_{gr}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
	12690	Cu Ø28	2,2	55/45	≈ 20	≈150	34



Slika 6.13. Dijagram radne točke pumpe Grundfos ALPHA2 25-80 130 [12]

Odabrano prema proračunu i ulaznim podacima [12]:

Grundfos ALPHA2 25-80 130,

$Q_{cp} = 2,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

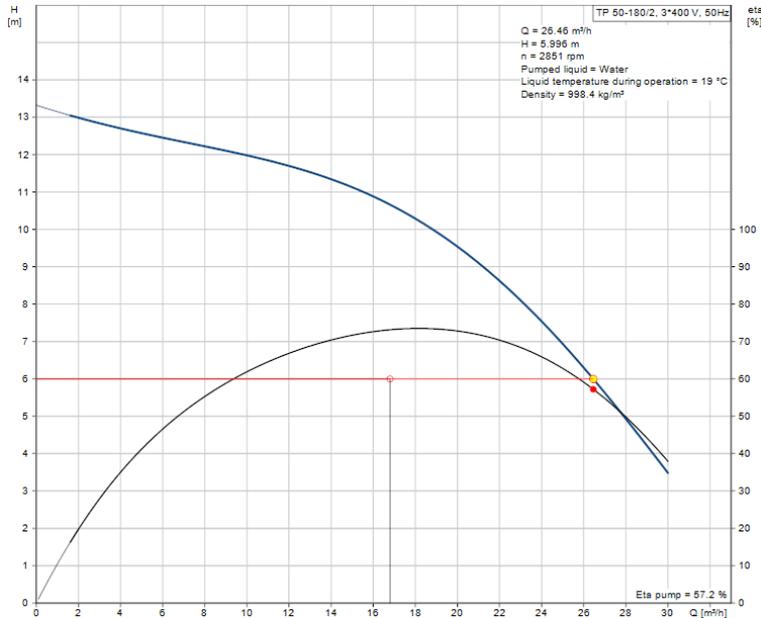
R 1½“,

H = 3,39 m,

$N_{el} = 3 - 50 \text{ W} / 230 \text{ V}$

## 6.4.2 Odabir pumpi u sustavu hlađenja

Cp_9 krug podnog hlađenja							
Ulazni podaci	$Q_{hl}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		98530	NO65	16,8	16/19	≈ 300	≈120



Odabrano [12]:

Grundfos

TP 50-180/2 A-F-A-BQBE

$Q_{cp} = 16,8 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

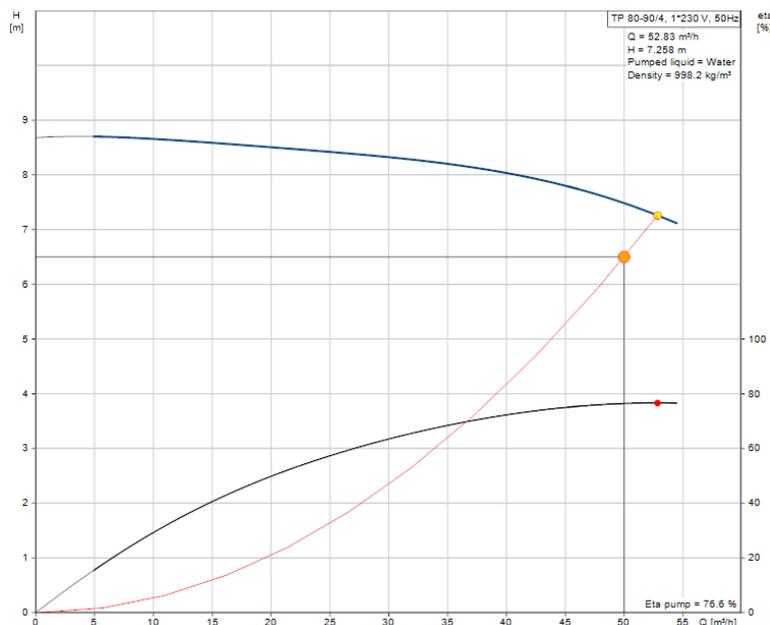
DN50,

$H = 6 \text{ m}$ ,

$N_{el} = 0,75 \text{ W} / 3 \times 400 \text{ V}$

Slika 6.14. Dijagram radne točke pumpe Grundfos TP 50-180/2 A-F-A-BQBE [12]

Cp_10 primarni krug do toplinskih podstanica							
Ulazni podaci	$Q_{hl}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		29160	NO125	50	7/12	≈ 300	≈120



Odabrano [12]:

Grundfos

TP 80-90/4 A-F-A-BAQE

$Q_{cp} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

DN80,

$H = 6,51 \text{ m}$ ,

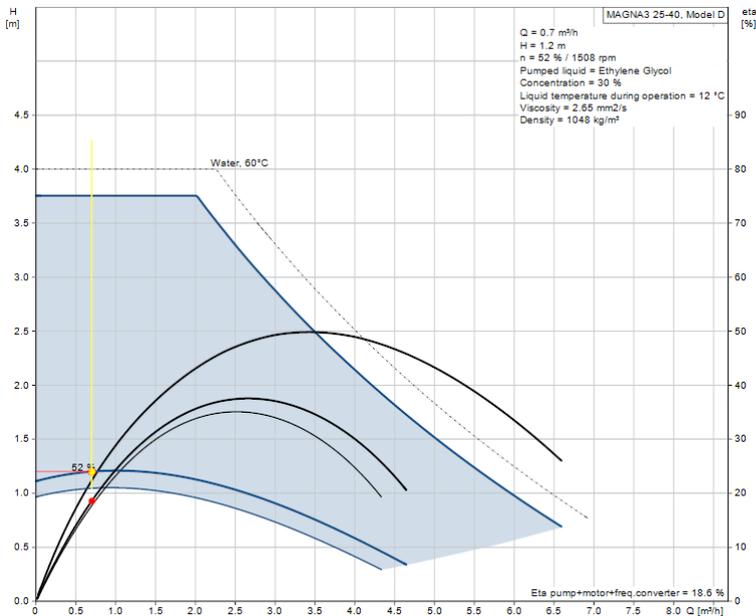
$N_{el} = 1,5 \text{ kW} / 3 \times 400 \text{ V}$

Slika 6.15. Dijagram radne točke pumpe Grundfos TP 80-90/4 A-F-A-BAQE [12]

Toplinskih podstanica 1

## Cp\_11 krug H1 alatnica, logistika, skladištar (prizemlje)

Ulazni podaci	$Q_{hl}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	Q [m <sup>3</sup> /h]	T [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
	3900	Cu Ø28	0,7	7/12	≈ 60	≈150	12



Odabrano [12]:

Grundfos MAGNA3 25-40

 $Q_{cp} = 0,7 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

R 1½“,

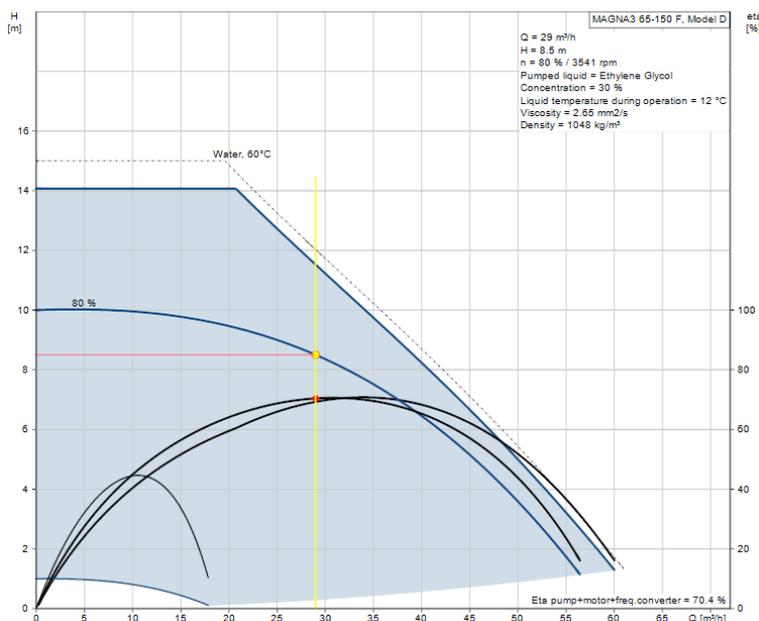
H = 1,2 m,

 $N_{el} = 9 - 50 \text{ W} / 230 \text{ V}$ 

Slika 6.16. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-40 [12]

## Cp\_12 krug H2 klima komora hlađenje

Ulazni podaci	$Q_{hl}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	Q [m <sup>3</sup> /h]	T [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
	168450	NO65	29	7/12	≈ 40	≈150	8,5



Odabrano [12]:

Grundfos MAGNA3 60-150 F

 $Q_{cp} = 29 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

DN65,

H = 8,5 m,

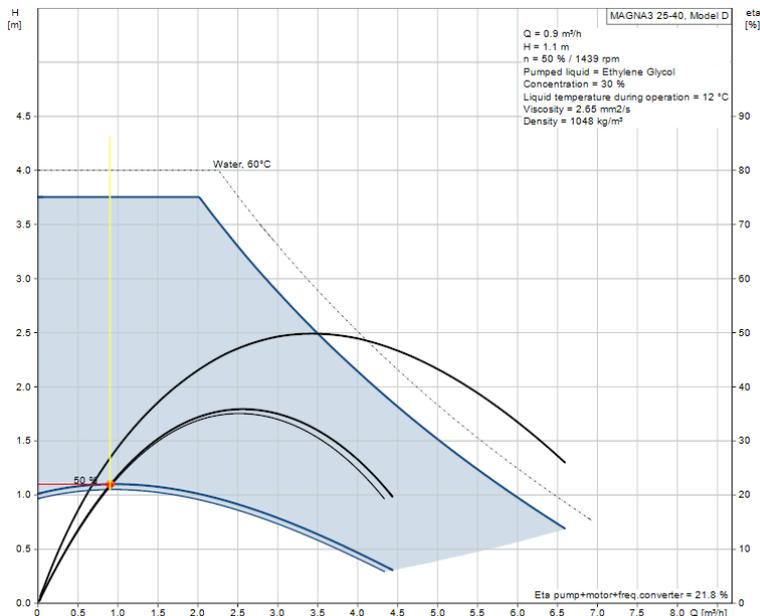
 $N_{el} = 29 - 1377 \text{ W} / 230 \text{ V}$ 

Slika 6.17. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 60-150 F [12]

Toplinskih podstanica 2

## Cp\_13 krug H1 uredi i laboratorij (prizemlje i kat)

Ulazni podaci	$Q_{hl}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	Q [m <sup>3</sup> /h]	T [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
	5200	Cu Ø28	0,9	7/12	≈ 60	≈150	12



Odabrano [12]:

Grundfos MAGNA3 25-40

 $Q_{cp} = 0,9 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

R 1½“,

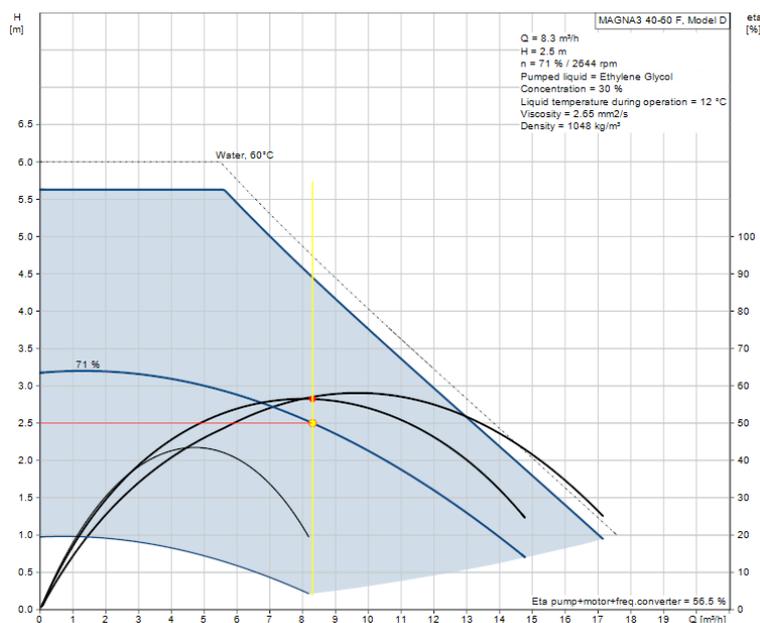
H = 1,1 m,

 $N_{el} = 9 - 50 \text{ W} / 230 \text{ V}$ 

Slika 6.18. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-40 [12]

## Cp\_14 krug H2 uredi i prateći prostor (prizemlje)

Ulazni podaci	$Q_{hl}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	Q [m <sup>3</sup> /h]	T [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
	48400	Cu Ø54	8,3	7/12	≈ 110	≈150	25



Odabrano [12]:

Grundfos MAGNA3 40-60 F

 $Q_{cp} = 8,3 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

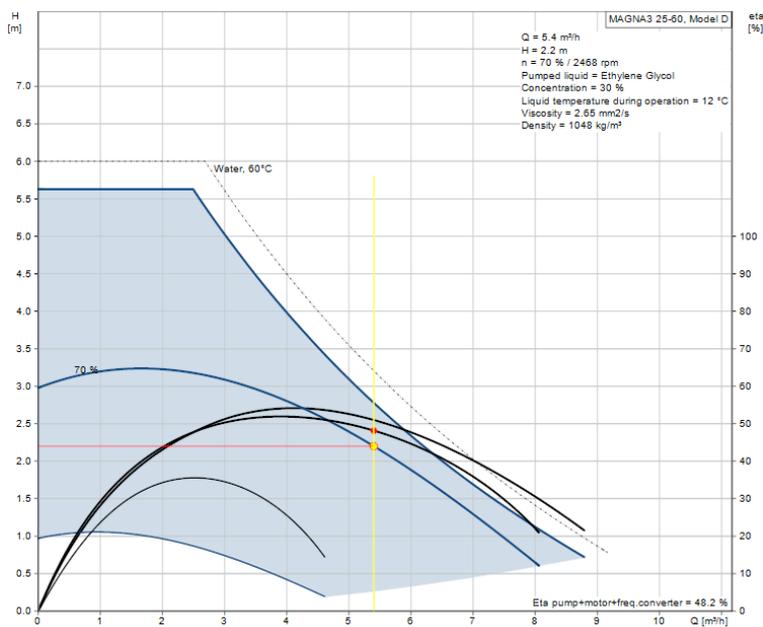
DN40,

H = 2,5 m,

 $N_{el} = 12 - 125 \text{ W} / 230 \text{ V}$ 

Slika 6.19. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 40-60 F [12]

Cp_15 krug H3 uredi i prateći prostor (kat)							
Ulazni podaci	$Q_{hl}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		31300	Cu Ø54	5,4	7/12	≈ 100	≈150



Odabrano [12]:

Grundfos MAGNA3 25-60

$Q_{cp} = 5,4 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

R 1½“,

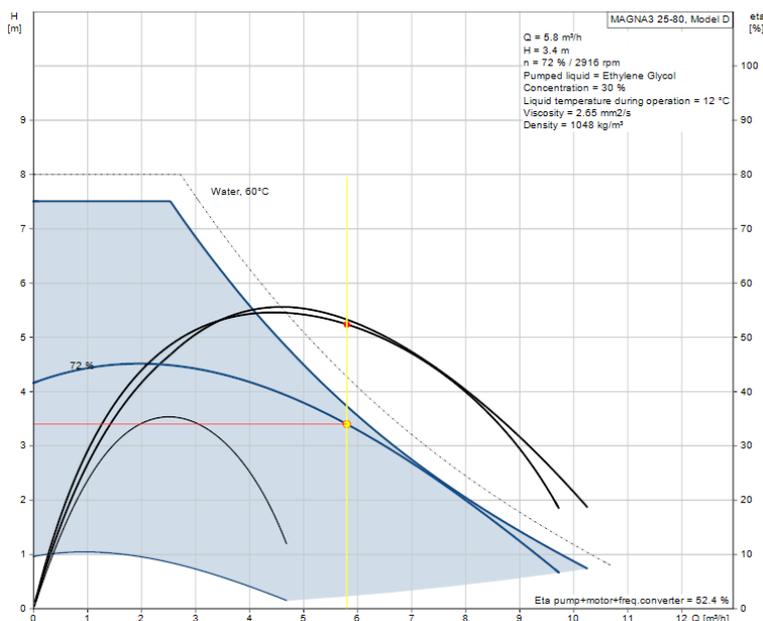
H = 2,2 m,

$N_{el} = 9 - 84 \text{ W} / 230 \text{ V}$

Slika 6.20. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-60 [12]

### Toplinskih podstanica 3

Cp_16 krug H1 klima komora hlađenje							
Ulazni podaci	$Q_{hl}$ [W]	$\varphi$ cijevi [mm]	$Q$ [m <sup>3</sup> /h]	$T$ [°C]	$L_{ci}$ [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		33910	Cu Ø42	5,8	7/12	≈ 20	≈150



Odabrano [12]:

Grundfos MAGNA3 25-80

$Q_{cp} = 5,8 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

R 1½“,

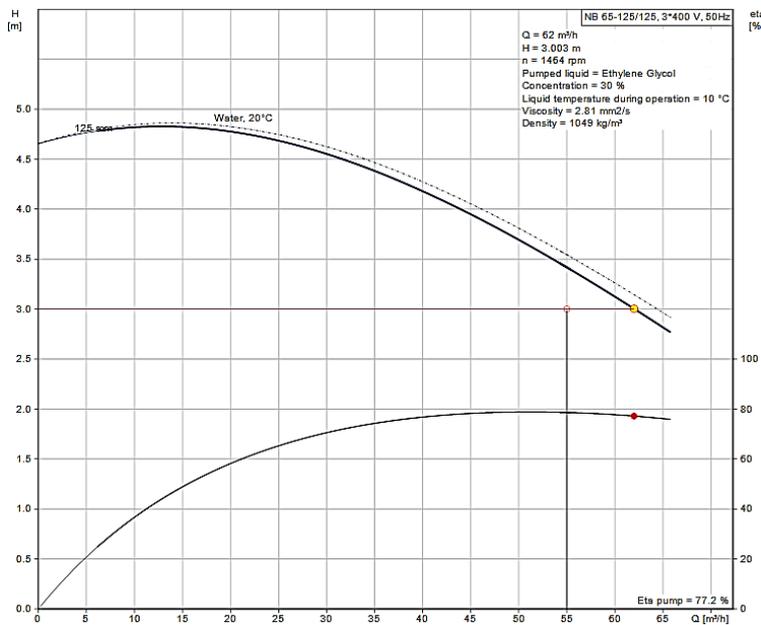
H = 3,4 m,

$N_{el} = 9 - 116 \text{ W} / 230 \text{ V}$

Slika 6.21. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 25-80 [12]

Primarni krug pasivno hlađenje

Cp_17 krug spremnik hladne vode pločasti izmjenjivač						
Ulazni podaci	$\varphi$ cijevi [mm]	Q [m <sup>3</sup> /h]	T [°C]	L <sub>ci</sub> [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		NO80	55	5/10	≈ 10	≈ 150



Odabrano [12]:

Grundfos

NB 65-125/125 A-F2-A-E-BQQE

 $Q_{cp} = 55,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

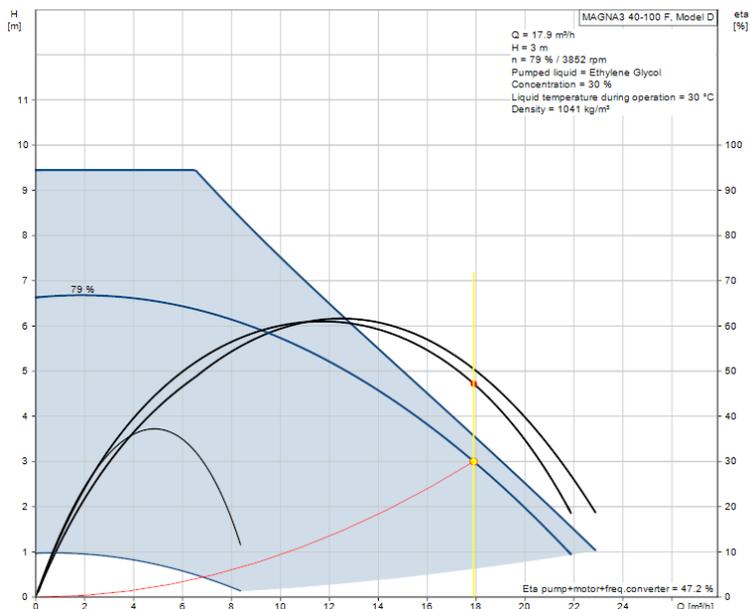
DN80,

H = 3 m,

 $N_{el} = 0,75 \text{ kW} / 3 \times 400 \text{ V}$ 

Slika 6.22. Dijagram radne točke pumpe Grundfos NB 65-125/125 A-F2-A-E-BQQE [12]

Cp_18 krug pločasti izmjenjivač						
Ulazni podaci	$\varphi$ cijevi [mm]	Q [m <sup>3</sup> /h]	T [°C]	L <sub>ci</sub> [m]	[Pa/m]	$\Delta P$ [kPa]
		NO40	17,9	16/19	≈ 10	≈ 150



Odabrano:

Grundfos MAGNA3 40-100 F

 $Q_{cp} = 17,9 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

DN40,

H = 3 m,

 $N_{el} = 18 - 359 \text{ W} / 230 \text{ V}$ 

Slika 6.23. Dijagram radne točke pumpe Grundfos MAGNA3 40-100 F [12]

### 6.4.3 Odabir pumpe bunarske vode

Dizalica topline je dvocijevnim cjevovodom indirektno povezana s uronjenim mehaničkim filterima, bunarskim pumpama i spojnim cjevovodom s potrebnom armaturom do pločastog izmjenjivača topline. Ugradnja pločastog izmjenjivača u krug bunarske vode ima funkciju zaštite sustava dizalice topline od nekontroliranih nečistoća i kemijskog sastava bunarske vode. Potopne pumpe za bunarsku vodu moraju imati u kompletu ugrađeni strujni kabel sa svom potrebnom ovjesnom i armaturnom opremom te zaštitom od rada na suho što uključuje dvije sonde nivoa i relej nivoa proizvod kao [15]:

proizvođač: WILO

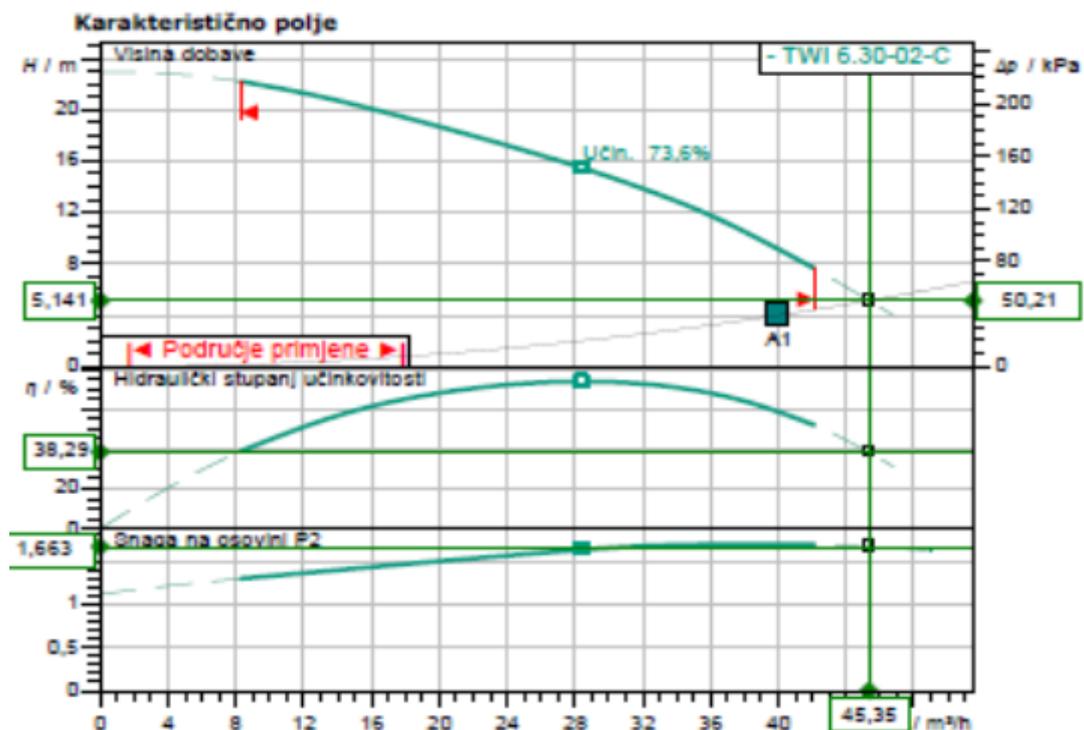
tip: TWI 6.30-02-CI

DN80

količina dobave: 40,0 m<sup>3</sup>/h

visina dobave: 4,5 m

$N_{el} = 2,2 \text{ kW}$ ; 3 x 400 V



Slika 6.24. Dijagram radne točke WILO TWI 6.30-02-CI [15]

## 6.5. Odabir dizalice topline

Kao primaran izvor topline za zadovoljavanje toplinskih / rashladnih potreba građevine odabrane su četiri dizalice topline voda-voda spojene u kaskadni niz. Odabrane dizalice topline su ugrađene u strojarnici i to na platformi za strojarske instalacije koja se nalazi u proizvodnoj hali. U strojarnicu je onemogućen ulaz neovlaštenim osobama i ona je jasno označena upozorenjima. Dizalica topline je opremljena kompresorom, pločastim isparivačem i kondenzatorom, mikroprocesorskim upravljačem za regulaciju grijanja sa mogućnošću klizanja prema vanjskoj temperaturi, osjetnikom okolišne temperature i svom potrebnom radnom i sigurnosnom armaturom. Dizalica topline je opremljena tri stupanjskim elektro grijačem za dogrijavanje u trenucima kada ne može zadovoljiti potrebe grijanja na objektu.

Ulazni podaci:

Proračunski gubici objekta:	197,4 kW
Proračunski dobici objekta	291,2 kW



Odabrana dizalica topline kao [16]:  
Thermia tip MEGA XL - 4kom  
 $Q_{DT} = 21 - 88 \text{ kW}$   
 $N_{el} = 32,5 \text{ kW}/400 \text{ V}$   
radna tvar: R410A,  
količina radne tvari: 8,7 kg  
energetski razred: A+++  
dim: 900x850x1644 mm  
masa: 487 kg

Slika 6.23. Dizalica topline Thermia MEGA XL [16]

## 7. VENTILACIJA

Zrak koji svako od nas udiše uveliko utječe na nas i to osobito pozitivno ako ga doživljavamo kao svjež. Za postizanje osjećaja svježine u zraku potrebno je provesti uklanjanje onečišćenja iz zraka poput loših mirisa i vlage za što se koristi ventilacija. U proizvodnim pogonima kao i u uredskim prostorijama otvaranjem prozora ne rješava se problem uklanjanja onečišćenja u zraku, već se postiže suprotan efekt, jer se događa propuh, u prostor ulazi buka kao i okolno zagađenje ispušnih plinova automobila i dodatna prašina. Ventilacija omogućuje prozračivanje odnosno zamjenu zagađenog unutarnjeg zraka sa svježim vanjskim zrakom. Pod prozračivanjem podrazumijeva se sustav koji omogućuje izmjenu zraka uz kontrolu načina na koji se zrak dovodi u zatvoreni prostor i širi u zatvorenom prostoru. Zagađeni zrak utječe na ljudski respiratorni trakt, oči, kožu i unutarnje organe. Za postizanje dobre opće ventilacije potrebna je određena količina protoka zraka odnosno količina vanjskog zraka koja se dovodi u prostoriju. Važno je i da zrak koji se dovodi u prostorije u kojima borave ljudi bude čist i bez pojave loših i neugodnih mirisa. Visoka temperatura u radnim prostorijama kao i loš zrak utječu nepovoljno na ljude koji obavljaju radne zadatke te ih takva radna okolina umara i usporava u izvršenju radnih zadataka što smanjuje njihovu radnu učinkovitost. Iz navedenih razloga važno je projektirati i prema projektu napraviti dobar sustav ventilacije.

### 7.1. Ventilacija proizvodne hale (dilatacija A)

U idejnom projektu temeljem kojeg je pisan ovaj rad za ventilaciju proizvodne hale predviđen je razvod zračnih kanala pomoću pravokutnih i okruglih "spiro" kanala izvedenih iz čeličnog pocinčanog lima. Kompletan kanalni razvod potrebno je toplinski izolirati slojem toplinske izolacije s parnom branom debljine 13 mm radi smanjenja gubitaka topline i sprječavanja kondenzacije. Dovod svježeg zraka treba se izvesti ugradnjom stropnih distributera za visoke prostore. Na ulaznom i izlaznom dijelu rekuperatorske jedinice predviđena je ugradnja filtera koji na sebi zadržavaju eventualnu nečistoću. Uz rekuperatorske jedinice isporučuje se i upravljački uređaj, komplet sa svim potrebnim osjetnicima te spojnim i montažnim materijalom.

Ventilacija proizvodne hale, površina hale iznosi 980 m<sup>2</sup> a visina 6,7 m.

$$A_{\text{proi.}} = 980 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{proi.}} = 6,69 \text{ m}$$

$$V_{\text{proi.}} = 6556 \text{ m}^3$$

$$q_{\text{proi.}} = 19996,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$I_{\text{proi.}} = 3,05 \text{ I/h}$$

Odbrana je količina dobavnog i odsisnog zraka od 20000 m<sup>3</sup>/h

Tablica 7.1. Proračun kanala za odsis zraka proizvodne hale

protok	tip kanala	dim. A	dim. B	Ø d	površina presjeka	stvarna brzina	pad tlaka
m <sup>3</sup> /h		mm	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa/m
1000	spiro			315	0,078	3,6	0,45
2000	spiro			400	0,126	4,4	0,47
10000	kvadratni	800	800		0,640	4,3	0,20
18000	kvadratni	1200	900		1,080	4,6	0,17
20000	kvadratni	1200	900		1,080	5,1	0,20
20000	kvadratni	1200	1200		1,440	3,9	0,09

Na svaki ogranak odvodnog kanala treba ugraditi regulator protoka u dimenziji kanala.

Za odvod zraka na cjevovodu odabrana je rešetka s priključnom kutijom kao [17]:

- proizvođač KLIMAOPREMA
- tip OAH-1L (4 kom)
- dimenzija 825 x 225 mm
- protok zraka 1000 m<sup>3</sup>/h
- okvir i lamele od eloksiranog aluminija
- jedan red horizontalnih pojedinačnih podesivih lamala

Tablica 7.2. Proračun kanala za dobavu zraka proizvodne hale

protok	tip kanala	dim. A	dim. B	Ø d	površina presjeka	stvarna brzina	pad tlaka
m <sup>3</sup> /h		mm	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa/m
2220	spiro			500	0,196	3,1	0,18
4440	kvadratni	600	600		0,360	3,4	0,17
6660	kvadratni	800	800		0,640	2,9	0,09
8880	kvadratni	800	800		0,640	3,9	0,15
11100	kvadratni	800	800		0,640	4,8	0,23
13320	kvadratni	1000	900		0,900	4,1	0,14
15540	kvadratni	1000	900		0,900	4,8	0,19
17760	kvadratni	1200	900		1,080	4,6	0,15
19980	kvadratni	1200	900		1,080	5,1	0,19
20000	kvadratni	1200	1200		1,440	3,9	0,09

Na svaki ogranak odvodnog kanala treba ugraditi regulator protoka u dimenziji kanala

Za dovod zraka u proizvodnoj hali odabrani su stropni distributeri, proizvod kao [17]:

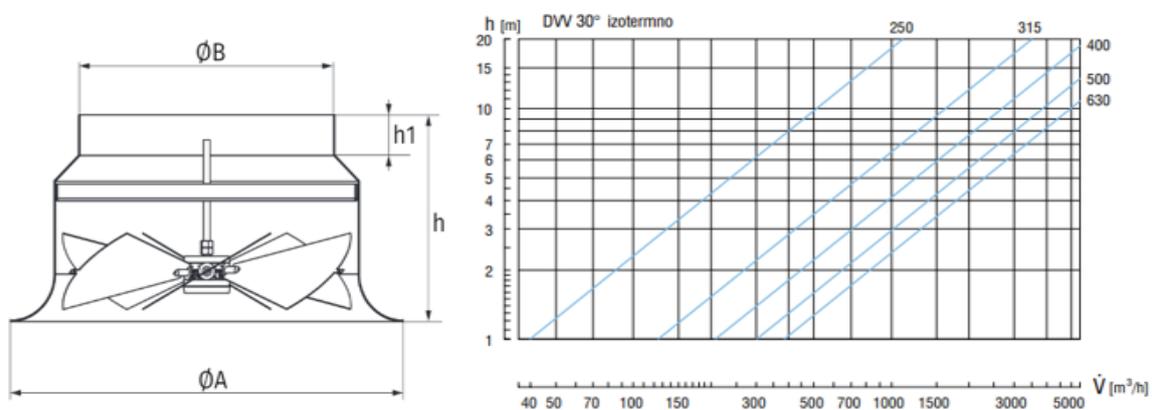
proizvođač: Klimaoprema

tip: DVV-500

protok: 2220 m<sup>3</sup>/h

količina: 9 kom.

500	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	ØB [mm]	ØA [mm]	h [mm]	h1 [mm]	□K [mm]	H [mm]	Ød [mm]
	0,195	498	796	320	50	590	405	313



Slika 7.1. Stropni distributer DVV-500 [17]

### 7.1.1 Odabir klima komore - KK1 dilatacija B

Ventilacija, grijanje i hlađenje proizvodnog dijela objekta projektirani su preko odvojene ventilacijske komore sa ugrađenim rekuperatorom topline te grijačem i hladnjakom za obradu svježeg zraka kapaciteta 20000 m<sup>3</sup>/h smještene na platformi proizvodnog pogona dilatacije B, proizvod kao [19]:

proizvođač: Systemair, tip: KA HSI-8/4-D-R-50

Tablica 7.3. Tehnički opis klima komore KK1 [19]

Tip				Izvedba	Standard
Certificates	ISO 9001 & CE			Izvedba	Unutarnja izvedba
		2016	2018	Energy class	B1
Thermal efficiency	74,00 %	Min	67%	<b>KA HSI-8/4-D-R-50</b>	
SFPint	774	Maks	1.110		
ErP		Da	Da		

DOBAVA					
Veličina uređaja	KA 8/4	Količina	1	Debljina oplata	50,0 mm
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	20.000	Duljina [mm]	6.400,0	Insulation	Mineral wood 100kg/m <sup>3</sup>
Ekst. pad tlak [Pa]	300	Širina [mm]	2.580,0	Oplata iznutra	Pocinčano - 0,80 mm
Totalni pad tlaka [Pa]	834	Visina [mm]	1.360,0	Oplata izvana	Pocinčano - 0,80 mm
Airspeed [m/s]	1,78	Masa [kg]	2.769,00	Oplata dno	Pocinčano - 0,80 mm
				Vodilice	Magnelis
				Profili	Aluminij-TB

Filter	1.220,0 mm	9,62 m <sup>2</sup>	296,00 kg	136 Pa
Tip	KS85-500			
Klasa	F7 - ePM2.5 70%			
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	20			
Čisti dp [Pa]	66			
Zaprjtan filter dp [Pa]	200			
Door with hinge and lever	Dimenzije [mm] 600,0 x 1.260,0			
Regulacijska zaklopka:	Dimenzije [mm] 2.480,0 x 1.210,0 x 125,0			
Vrsta pogona	EM pogonom	Moment [Nm]	10,890	Pad tlaka [Pa]
Br. poluga	1	Brzina zraka [m/s]	1,85	Tip
				Arosio 125
Elastični spoj	FEZ	Temp [°C]	80,00	Dimenzije [mm]
				2.480,00 x 1.210,0 x 150,0
Motorni pogon zaklopke	SM24A-SR	Mod	Podesiv	Napajanje [V]
Količina	1	Moment [Nm]	20,000	Zaštita
				IP54

Plate exchanger - diagonal	2.680,0 mm	9,62 m <sup>2</sup>	296,00 kg	136 Pa
Način grijanja	SV-170/AL/2470/BSK268,G2			Način hlađenja
DOBAVA [m <sup>3</sup> /h]	20.000	Pad tlaka	194	DOBAVA [m <sup>3</sup> /h]
Ulaz [°C]	-13,00	Vlažnost [%]	45,0	Ulaz [°C]
Izlaz [°C]	14,60	Vlažnost [%]	63,1	Izlaz [°C]
Odsis [m <sup>3</sup> /h]	20.000	Pad tlaka	192	Odsis [m <sup>3</sup> /h]
Ulaz [°C]	20,00	Vlažnost [%]	50,0	Ulaz [°C]
Izlaz [°C]	0,70	Vlažnost [%]	35,4	Izlaz [°C]
By-pass	Bypass damper			By-pass
Stupanj učinkovitosti [%]	74,5			Stupanj učinkovitosti [%]
Povrat topline [kW]	41,10			Povrat topline [kW]
Motorni pogon zaklopke	SM24A-SR	Mod	Podesiv	Napajanje [V]
Količina	1	Moment [Nm]	20,000	Zaštita
				IP54

<b>Kada</b>	Kvaliteta <b>V2A</b>		Drain correction <b>1 1/4"</b>	
<b>Regulacijska zaklopka:</b>	Tip	<b>By-pass zaklop</b>	<b>Arosio 125L</b>	
Širina 1 [mm]	2.132,0	Visina [mm]	<b>1.640,0</b>	Vrsta pogona
Širina 2 [mm]	268,0			<b>EM pogonom</b>
				Moment [Nm]
<b>2</b> Kom	<b>Siphon</b>			<b>15,610</b>

<b>Optočni zrak</b>	<b>550,0 mm</b>	<b>3,25 m2</b>	<b>110,00 kg</b>	<b>27 Pa</b>
<b>Mixing point 1</b>	<b>Mixing point 2</b>			
Optočni zrak [m3/h]	Optočni zrak [m3/h]			
Temperatura [°C]	Vlažnost [%]	Temperatura [°C]	Vlažnost [%]	
Svježi zrak [m3/h]		Svježi zrak [m3/h]		
Temperatura [°C]	Vlažnost [%]	Temperatura [°C]	Vlažnost [%]	
Pomiješani zrak [m3/h]	<b>20.000</b>	Pomiješani zrak [m3/h]	<b>20.000</b>	
Temperatura [°C]	Vlažnost [%]	Temperatura [°C]	Vlažnost [%]	
<b>Regulacijska zaklopka:</b>	Dimenzije [mm]	<b>2.406,0 x 410,0 x 125,0</b>		
Vrsta pogona	<b>EM pogonom</b>	Moment [Nm]	<b>3,530</b>	Pad tlaka [Pa]
Br. poluga	<b>1</b>	Brzina zraka [m/s]	<b>5,63</b>	Tip
				<b>Arosio 125</b>
<b>Motorni pogon zaklopke</b>	<b>LM24A-SR</b>	Mod	<b>Podesiv</b>	Napajanje [V]
Količina	<b>1</b>	Moment [Nm]	<b>5,000</b>	Zaštita
				<b>24</b>
				<b>IP54</b>

<b>Ventilator bez spiralnog kućišta</b>	<b>820,0 mm</b>	<b>6,47 m2</b>	<b>402,00 kg</b>	<b>Pa</b>
Ventilator <b>2x K3G560-PB33-01</b>	Motor <b>2xM3G1501F</b>			
Protok zraka [m3/h] <b>20.000</b>	Zaštita <b>IP54</b>			
Eksterni pad tlaka [Pa] <b>300</b>	Klasa izolacije <b>F</b>			
Br. okretaja [1/m] <b>1.860</b>	Snaga [kW] <b>2x5,700</b>			
Sound power [dB] <b>0,0</b>	Speed +/- 2% [1/m] <b>2.250</b>			
Tot. pres. [Pa] <b>834</b>	Jakost struje +/-5% <b>2x9,00</b>			
Engine absorbed power [kW] <b>2x 3,245</b>	Dobava <b>3x400 / 50</b>			
Stupanj učinkovitosti [%] <b>66</b>	Efficiency class <b>IE4/EC</b>			
Fan octave band sound power level Lokt.	Radna točka [Hz]			
Okt. Frq. Hz 63 125 250 500 1.000 2.000 4.000 8.000	Maks. frekv. [Hz]			
Ulaz <b>66,4 75,1 72,9 68,4 71,6 70,2 73,5 64,5</b>	Specific fan power [w/(m3/s)] <b>1.141 SFP3</b>			
Izlaz <b>70,1 78,7 75,2 76,8 76,8 74,5 75,8 68,5</b>	Reserve			
	Temperature increase [°K] <b>1</b>			
Door with hinge and lever - overpressure	Dimenzije [mm] <b>600,0 x 1.260,0</b>			
Otvor <b>L</b>	Dimenzije [mm] <b>525,0 x 525,0</b>			
Otvor <b>L</b>	Dimenzije [mm] <b>525,0 x 525,0</b>			

<b>Grijač</b>	<b>250,0 mm</b>	<b>1,98 m2</b>	<b>137,00 kg</b>	<b>19 Pa</b>
Protok zraka [m3/h] <b>20.000</b>	Medij <b>Voda</b>			
Brzina zraka [m/s] <b>2,13</b>	Protok medija [l/s] <b>16,900</b>			
Zrak ulaz [°C] <b>14,60</b>	Temp. Medija - ulaz [°C] <b>55,00</b>			
Zrak izlaz [°C]	Temp. Medija - izlaz [°C] <b>45,00</b>			
Pad tlaka na strani zraka [Pa]	Pad tlaka medija [kPa] <b>25,33</b>			
Snaga [kW]				
<b>HW 16 6030V3.2 19T2290 2R 7C5X1 CuAl V1 32Fe 4160Fz110</b>	Lamele <b>AL/-</b>			
<b>40.11.12 KGH-00- N - - -</b>	Br. redova <b>CU</b>			
Br. redova <b>2</b>	Sabirnik <b>FEL</b>			
Razmak lamela [mm] <b>3,2</b>	Okvir <b>FEZ</b>			
Ulazni priključak <b>DN 1 1/4</b>	Izlazni priključak <b>DN 1 1/4</b>			
<b>1</b> Postavi <b>Temperature sensor TG-A1/PT1000</b>				
<b>1</b> Postavi <b>Flange with counter-flange</b>				
<b>1</b> Kom <b>3-way water valve GF365-50+RVAN18-24A</b>				
	<b>Pump is not included</b>			
Removable panel for coils	Dimenzije [mm] <b>170,0 x 1.260,0</b>			

<b>Filter</b>	<b>1.220,0 mm</b>	<b>9,62 m2</b>	<b>262,00 kg</b>	<b>133 Pa</b>
Tip <b>KS85-500</b>	Duljina vreće [mm] <b>500,0</b>			
Klasa <b>F7 - ePM2.5 70%</b>	Površina filtra [m2] <b>37,60</b>			
Protok zraka [m3/h] <b>20.000</b>	Ulošci kom. X vel. [mm] <b>8 x 592,0 x 592,0</b>			
Čisti dp [Pa] <b>66</b>				
Zaprljan filter dp [Pa] <b>200</b>				
Door with hinge and lever	Dimenzije [mm] <b>600,0 x 1.260,0</b>			

<b>Prazna jedinica</b>	<b>480,00 mm</b>	<b>3,78 m<sup>2</sup></b>	<b>85,00 kg</b>	<b>Pa</b>
Door with hinge and lever		Dimenzije [mm] <b>400,0 x 1.260,0</b>		

<b>Ventilator bez spiralnog kućišta</b>	<b>800,00 mm</b>	<b>5,29 m<sup>2</sup></b>	<b>347,00 kg</b>	<b>Pa</b>							
Ventilator <b>2x K3G560-PB31-71</b>	Motor <b>2xM3G150IF</b>	Zaštita <b>IP54</b>	Klasa izolacije <b>F</b>	Snaga [kW] <b>2x3,300</b>							
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h] <b>20.000</b>	Eksterni pad tlaka [Pa] <b>300</b>	Br. okretaja [1/m] <b>1.408</b>	Sound power [dB] <b>0,0</b>	Tot. pres. [Pa] <b>687</b>							
Engine absorbed power [kW] <b>2x 2,668</b>	Stupanj učinkovitosti [%] <b>67,26</b>	Jakost struje +5% <b>2x5,10</b>	Dobava <b>3x400 / 50</b>	Efficiency class <b>IE4/EC</b>							
Fan octave band sound power level Lokt.	Okt. Frq. Hz	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	Radna točka [Hz]	
Ulaz	60,3	71,5	70,5	67,3	69,4	68,8	69,5	61,0		Maks. frekv. [Hz]	
Izlaz	62,7	72,8	70,7	73,4	76,4	73,6	73,2	65,7		Specific fan power [w/(m <sup>3</sup> /s)]	<b>942 SFP2</b>
										Reserve	
										Temperature increase [°K]	<b>0,8</b>
Door with hinge and lever - overpressure		Dimenzije [mm] <b>600,0 x 1.260,0</b>									
Otvor <b>D</b>	Dimenzije [mm] <b>2.480,0 x 410,0</b>										
Otvor <b>L</b>	Dimenzije [mm] <b>602,0 x 602,0</b>										
Otvor <b>L</b>	Dimenzije [mm] <b>602,0 x 602,0</b>										

<b>Plate exchanger - diagonal</b>	<b>2.680,00 mm</b>	<b>28,4 m<sup>2</sup></b>	<b>1.391,00 kg</b>	<b>194 Pa</b>
-----------------------------------	--------------------	---------------------------	--------------------	---------------

<b>Usisna / odvodna jedinica</b>	<b>1.220,0 mm</b>	<b>9,62 m<sup>2</sup></b>	<b>299,00 kg</b>	<b>3 Pa</b>
Door with hinge and lever - overpressure		Dimenzije [mm] <b>600,0 x 1.260,0</b>		
Regulacijska zaklopka:	Dimenzije [mm]	<b>2.480,0 x 1.210,0 x 125,0</b>		
Vrsta pogona	<b>EM pogonom</b>	Moment [Nm]	<b>10,890</b>	Pad tlaka [Pa] <b>3</b>
Br. Poluga	<b>1</b>	Brzina zraka [m/s]	<b>1,85</b>	Tip <b>Arosio 125</b>
Elastični spoj	<b>FEZ</b>	Temp [°C]	<b>80,00</b>	Dimenzije [mm] <b>2.480,00 x 1.210,0 x 150,0</b>
Motorni pogon zaklopke	<b>SM24A-SR</b>	Mod	<b>Podesiv</b>	Napajanje [V] <b>24</b>
Količina	<b>1</b>	Moment [Nm]	<b>20,000</b>	Zaštita <b>IP54</b>

<b>Izračun buke</b>										
Zvučna snaga [dB]										
Frekv. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	
Ulaz	69,4	77,1	71,9	65,4	67,6	65,7	68,0	55,0	73,8	
Izlaz	69,1	74,7	62,2	70,8	66,8	60,5	62,8	57,5	72,0	
Kućište	61,1	68,7	65,0	69,0	62,9	47,0	42,6	29,7	68,1	
sound pressure level [dB]										
Frekv. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Measuring point distance 2_m
Ulaz	55,4	63,1	57,9	51,4	53,6	51,7	54,0	41,0	59,8	
Izlaz	55,1	60,7	48,2	56,8	52,8	46,5	48,8	43,5	58,0	
Kućište	39,2	46,8	43,1	47,1	41,0	25,1	20,7	7,8	46,2	

Postolje	<b>S125</b>	Materijal	<b>FEZ</b>	Izolirano	<b>Ne</b>
		Visina [mm]	<b>125,0</b>	Vareno	<b>Ne</b>
1 Postavi	<b>CAV regulation</b>				
1 Postavi	<b>Regulation of return air</b>				
	<b>Thermal break</b>				

## 7.2. Ventilacija skladišta (dilatacija C)

Ventilacija skladišta, površina skladišta iznosi 560 m<sup>2</sup> a visina 6,7 m.

$$A_{sklad.} = 560 \text{ m}^2$$

$$H_{sklad.} = 6,69 \text{ m}$$

$$V_{sklad.} = 3724 \text{ m}^3$$

$$q_{sklad.} = 5994,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$I_{sklad.} = 1,60 \text{ l/h}$$

Odbrana je količina dobavnog i odsisnog zraka od 6000 m<sup>3</sup>/h

Tablica 7.4. Proračun kanala za odsis zraka skladišta

protok	tip kanala	dim. A	dim. B	Ø d	površina presjeka	stvarna brzina	pad tlaka
m <sup>3</sup> /h		mm	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa/m
2220	spiro			355	0,099	4,2	0,47
4440	spiro			550	0,238	3,5	0,20
6000	kvadratni	900	700		0,630	2,6	0,08

Na svaki ogranak odvodnog kanala ugraditi regulator protoka u dimenziji kanala.

Za odvod zraka na cjevovodu odabrana je rešetka s priključnom kutijom kao [17]:

- proizvođač KLIMAOPREMA
- tip OAH-1L (4 kom)
- dimenzija 825 x 225 mm
- protok zraka 1500 m<sup>3</sup>/h
- okvir i lamele od eloksiranog aluminija
- jedan red horizontalnih pojedinačnih podesivih lamala

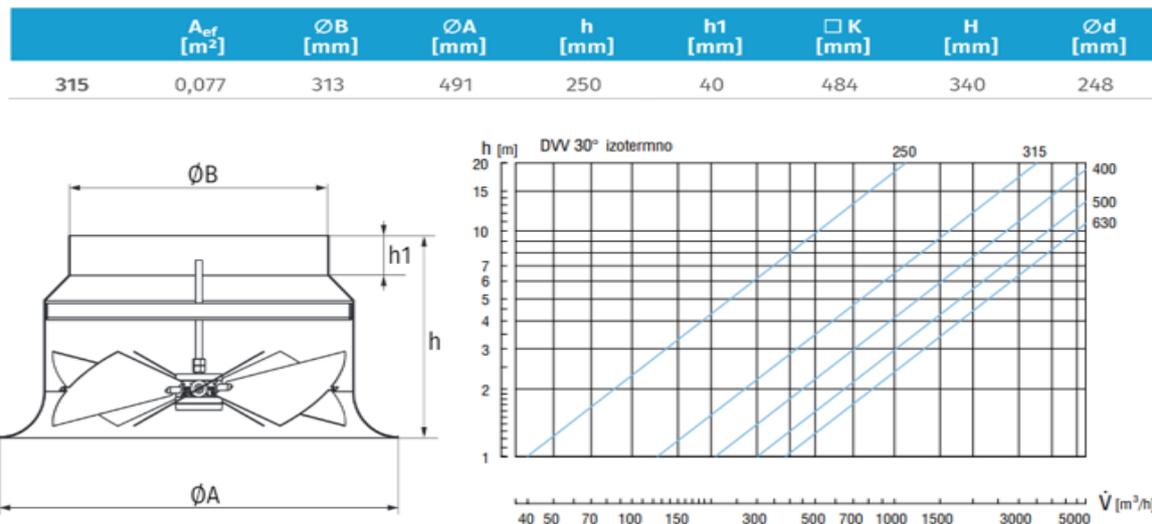
Tablica 7.5. Proračun kanala za dobavu zraka skladišta

protok	tip kanala	dim. A	dim. B	Ø d	površina presjeka	stvarna brzina	pad tlaka
m <sup>3</sup> /h		mm	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa/m
1000	spiro			315	0,078	3,6	0,44
2000	spiro			450	0,159	3,5	0,28
3000	spiro			550	0,238	3,5	0,21
6000	kvadratni	700	700		0,490	3,4	0,15

Na svaki ogranak dovodnog kanala ugraditi regulator protoka u dimenziji kanala.

Za dovod zraka u skladištu (dilatacija C) odabrani su stropni distributeri, proizvod kao [17]:

proizvođač: Klimaoprema  
 tip: DVV-315  
 protok: 1000 m<sup>3</sup>/h  
 količina: 6 kom.



Slika 7.1. Stropni distributer DVV-315 [17]

### 7.2.1 Odabir klima komore - KK2 dilatacija C

Grijanje, hlađenje i ventilacija skladišta gotovih proizvoda predviđeno je u projektu preko ventilacijske komore kapaciteta 6000 m<sup>3</sup>/h smještene na platformi skladišta dilatacije C proizvod kao [19]:

proizvođač: Systemair, tip: KA HSI-4/3-D-R-50

Tablica 7.6. Tehnički opis klima komore KK2 [19]

Tip	Certificates			2016		2018		Izvedba	Standard
	ISO 9001 & CE							Izvedba	Unutarnja izvedba
								Energy class	A+1
Thermal efficiency	84,40 %	Min	67%	73%	<b>KA HSI-4/3-D-R-50</b>				
SFPint	757	Maks	1.472	1.192					
ErP		Da	Da	Da					
<b>DOBAVA</b>									
Veličina uređaja	KA 4/3	Količina	1		Debljina oplata	50,0 mm	Insulation	Mineral wood 100kg/m <sup>3</sup>	
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	6.000	Duljina [mm]	4.130,0		Oplata iznutra	Pocinčano - 0,80 mm			
Ekst. pad tlak [Pa]	200	Širina [mm]	1.360,0		Oplata izvana	Pocinčano - 0,80 mm			
Totalni pad tlaka [Pa]	628	Visina [mm]	1.055,0		Oplata dno	Pocinčano - 0,80 mm			
Airspeed [m/s]	1,39	Masa [kg]	1.107,00		Vodilice	Magnelis			
					Profili	Aluminij-TB			

<b>Filter</b>		<b>720,0 mm</b>	<b>3,48 m<sup>2</sup></b>	<b>123,00 kg</b>	<b>128 Pa</b>
Tip	<b>KS85-500</b>				
Klasa	<b>F7 - ePM2.5 70%</b>		Duljina vreće [mm]	<b>500,0</b>	
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	<b>6.000</b>		Površina filtra [m <sup>2</sup> ]	<b>14,10</b>	
Čisti dp [Pa]	<b>51</b>		Ulošci kom. X vel. [mm]	<b>2 x 592,0 x 592,0</b>	
Zaprljan filter dp [Pa]	<b>200</b>			<b>2 x 592,0 x 287,0</b>	
Door with hinge and lever			Dimenzije [mm] <b>600,0 x 955,0</b>		
Regulacijska zaklopka:		Dimenzije [mm] <b>1.260,0 x 910,0 x 125,0</b>			
Vrsta pogona	<b>EM pogonom</b>	Moment [Nm] <b>4,570</b>	Pad tlaka [Pa]	<b>2</b>	
Br. poluga	<b>1</b>	Brzina zraka [m/s] <b>1,45</b>	Tip	<b>Arosio 125</b>	
Elastični spoj	<b>FEZ</b>	Temp [°C] <b>80,00</b>	Dimenzije [mm]	<b>1.260,00 x 910,0 x 150,0</b>	
Motorni pogon zaklopke		Mod <b>on/off</b>	Napajanje [V]	<b>24</b>	
Količina	<b>1</b>	Moment [Nm] <b>10,000</b>	Zaštita	<b>IP54</b>	

<b>Plate exchanger - diagonal</b>		<b>2.680,0 mm</b>	<b>9,62 m<sup>2</sup></b>	<b>296,00 kg</b>	<b>136 Pa</b>
<b>Način grijanja</b>	<b>GS Kombi 80/1132-BY118</b>		<b>Način hlađenja</b>	<b>SV-170/AL/2470/BSK268,G2</b>	
DOBAVA [m <sup>3</sup> /h]	<b>6.000</b>	Pad tlaka <b>157</b>	DOBAVA [m <sup>3</sup> /h]	<b>20.000</b>	Pad tlaka <b>194</b>
Ulaz [°C]	<b>-13,00</b>	Vlažnost [%] <b>90,0</b>	Ulaz [°C]	<b>34,00</b>	Vlažnost [%] <b>45,0</b>
Izlaz [°C]	<b>17,70</b>	Vlažnost [%] <b>9,0</b>	Izlaz [°C]	<b>28,00</b>	Vlažnost [%] <b>63,1</b>
Odsis [m <sup>3</sup> /h]	<b>20.000</b>	Pad tlaka <b>202</b>	Odsis [m <sup>3</sup> /h]	<b>20.000</b>	Pad tlaka <b>192</b>
Ulaz [°C]	<b>20,00</b>	Vlažnost [%] <b>50,0</b>	Ulaz [°C]	<b>26,00</b>	Vlažnost [%] <b>50,0</b>
Izlaz [°C]	<b>-1,10</b>	Vlažnost [%] <b>99,0</b>	Izlaz [°C]	<b>32,00</b>	Vlažnost [%] <b>35,4</b>
By-pass	<b>Bypass damper</b>		By-pass	<b>Bypass damper</b>	
Stupanj učinkovitosti [%]	<b>93,1</b>		Stupanj učinkovitosti [%]	<b>74,5</b>	
Povrat topline [kW]	<b>61,93</b>		Povrat topline [kW]	<b>41,10</b>	
Motorni pogon zaklopke		Mod <b>LM24A-SR</b>	Mod <b>Podesiv</b>	Napajanje [V]	<b>24</b>
Količina	<b>1</b>	Moment [Nm]	<b>5,000</b>	Zaštita	<b>IP54</b>
<b>Kada</b>	Kvaliteta <b>V2A</b>			Drain correction	<b>1 1/4"</b>
Regulacijska zaklopka:		Tip <b>By-pass zaklop</b>	<b>Arosio 125L</b>	Vrsta pogona	<b>EM pogonom</b>
Širina 1 [mm]	<b>1.062,0</b>	Visina [mm] <b>882,0</b>	Moment [Nm]	<b>4,820</b>	
Širina 2 [mm]	<b>118,0</b>				
<b>2</b> Kom	<b>Siphon</b>				

<b>Ventilator bez spiralnog kućišta</b>		<b>710,0 mm</b>	<b>3,43 m<sup>2</sup></b>	<b>157,00 kg</b>	<b>Pa</b>			
Ventilator	<b>K3G450-PI86-02</b>		Motor	<b>M3G112IA</b>				
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	<b>6.000</b>		Zaštita	<b>IP54</b>				
Eksterni pad tlaka [Pa]	<b>200</b>		Klasa izolacije	<b>F</b>				
Br. okretaja [1/m]	<b>1.699</b>		Snaga [kW]	<b>1,74</b>				
Sound power [dB]	<b>0,0</b>		Speed +/- 2% [1/m]	<b>1.790</b>				
Tot. pres. [Pa]	<b>628</b>		Jakost struje +/-5%	<b>2,70</b>				
Engine absorbed power [kW]	<b>1,528</b>		Dobava	<b>3x400 / 50</b>				
Stupanj učinkovitosti [%]	<b>64,68</b>		Efficiency class	<b>IE4/EC</b>				
Fan octave band sound power level Lokt.			Radna točka [Hz]					
Okt. Frq. Hz	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
Ulaz	<b>60,3</b>	<b>71,5</b>	<b>70,5</b>	<b>67,3</b>	<b>69,4</b>	<b>68,8</b>	<b>69,5</b>	<b>61,0</b>
Izlaz	<b>62,7</b>	<b>72,8</b>	<b>70,7</b>	<b>73,4</b>	<b>76,4</b>	<b>73,6</b>	<b>73,2</b>	<b>65,7</b>
			Maks. frekv. [Hz]					
			Specific fan power [w/(m <sup>3</sup> /s)]	<b>860 SFP2</b>				
			Reserve					
			Temperature increase [°K]	<b>0,8</b>				
Door with hinge and lever - overpressure			Dimenzije [mm] <b>600,0 x 955,0</b>					
Otvor	<b>L</b>		Dimenzije [mm] <b>450,0 x 450,0</b>					

<b>Grijač</b>		<b>250,0 mm</b>	<b>1,98 m<sup>2</sup></b>	<b>137,00 kg</b>	<b>19 Pa</b>
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	<b>6.000</b>		Medij	<b>Voda</b>	
Brzina zraka [m/s]	<b>1,82</b>		Protok medija [l/s]	<b>0,3070</b>	
Zrak ulaz [°C]	<b>17,70</b>		Temp. Medija - ulaz [°C]	<b>55,00</b>	
Zrak izlaz [°C]	<b>24,00</b>		Temp. Medija - izlaz [°C]	<b>45,00</b>	
Pad tlaka na strani zraka [Pa]	<b>10</b>		Pad tlaka medija [kPa]	<b>8,75</b>	
Snaga [kW]	<b>12,69</b>				
<b>HW 16 6030V2.4 14T1090 1R 2C7X1 CuAl V1 20Fe</b>			Lamele	<b>AL/-</b>	
<b>3960Fz90 40.11.12 KGH-00- N - - -</b>			Br. redova	<b>CU</b>	
Br. redova	<b>1</b>		Sabirnik	<b>FEL</b>	
Razmak lamela [mm]	<b>2,4</b>		Okvir	<b>FEZ</b>	
Ulazni priključak	<b>DN 0 3/4</b>	Izlazni priključak	<b>DN 0 3/4</b>		
<b>1</b> Postavi	<b>Temperature sensor TG-A1/PT1000</b>				
<b>1</b> Kom	<b>3-way water valve ZTR20-4,0+RVAZ4-24A</b>				
	<b>Pump is not included</b>				
Removable panel for coils			Dimenzije [mm] <b>130,0 x 955,0</b>		

<b>Hladnjak</b>	<b>560,00 mm</b>	<b>2,7 m<sup>2</sup></b>	<b>170,00 kg</b>	<b>41 Pa</b>
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h] <b>6.000</b> Brzina zraka [m/s] <b>1,76</b> Zrak ulaz [°C] <b>27,30</b> Vlažnost [%] <b>66,0</b> Zrak izlaz [°C] <b>18,00</b> Vlažnost [%] <b>94,0</b> Ukupni učin [kW] <b>33,91</b> Osjetna snaga [kW] <b>19,21</b> Pad tlaka na strani zraka [Pa] <b>36</b>	Medij <b>Voda</b> Protok medija <b>1,6160</b> Temp. Medija - ulaz [°C] <b>7,00</b> Temp. Medija - izlaz [°C] <b>12,00</b> Pad tlaka medija [kPa] <b>22,79</b> SHR <b>0,57</b>			
<b>CW 12 3329S2.5 26T1090 3R 12C6X1 CuAl V1 32Cu 2550Fz150</b> <b>35.11.12 KGH-00- N - - -</b> Br. redova <b>3</b> <b>12</b> Razmak lamela [mm] <b>2,5</b> Ulazni priključak <b>DN 1 1/4</b> Izlazni priključak <b>DN 1 1/4</b>	Lamele <b>AL/-</b> Br. redova <b>CU</b> Sabirnik <b>CU</b> Okviri <b>FEZ</b>			
<b>1</b> Kom <b>3-way water valve ZTRB32-15+RVAZ4-24A</b> <b>Pump is not included</b>				
Removable panel for coils	Dimenzije [mm] <b>470,0 x 955,0</b>			
Elastični spoj <b>FEZ</b> Temp [°C] <b>80,00</b>	Dimenzije [mm] <b>1.260,00 x 910,0 x 150,0</b>			
<b>Kada</b> Kvaliteta <b>V2A</b>	Drain connection <b>1 1/4"</b>			
<b>Eliminator kapljica</b> Model <b>DPS</b>	Okvir <b>ALB</b>	Lamele <b>PPTV</b>	<b>5 Pa</b>	
<b>1</b> Kom <b>Siphon</b>				

Izračun buke										
Zvučna snaga [dB]										
Frekv. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	
Ulaz	56,3	63,5	50,5	52,3	49,4	44,3	45,0	34,5	55,0	
Izlaz	57,7	64,8	54,7	66,4	62,4	55,6	55,2	51,7	66,9	
Kućište	50,7	59,8	57,5	62,6	59,5	43,1	37,0	23,9	62,8	
sound pressure level [dB]										
Frekv. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Measuring point distance 2_m
Ulaz	42,3	49,5	36,5	38,3	35,4	30,3	31,0	20,5	41,0	
Izlaz	43,7	50,8	40,7	52,4	48,4	41,6	41,2	37,7	52,9	
Kućište	30,3	39,4	37,1	42,2	39,1	22,7	16,6	3,5	42,4	

<b>Odsis</b>										
Veličina uređaja <b>KA 4/3</b>	Količina <b>1</b>	Debljina oplata <b>50,0 mm</b> Insulation <b>Mineral wood 100kg/m<sup>3</sup></b>								
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h] <b>6.000</b>	Duljina [mm] <b>3.850,0</b>	Oplata iznutra <b>Pocinčano - 0,80 mm</b>								
Ekst. pad tlak [Pa] <b>200</b>	Širina [mm] <b>1.360,0</b>	Oplata izvana <b>Pocinčano - 0,80 mm</b>								
Totalni pad tlaka [Pa] <b>581</b>	Visina [mm] <b>1.055,0</b>	Oplata dno <b>Pocinčano - 0,80 mm</b>								
Airspeed [m/s] <b>1,39</b>	Masa [kg] <b>334,00</b>	Vodilice <b>Magnelis</b>								
		Profili <b>Aluminij-TB</b>								

<b>Filter</b>	<b>620,0 mm</b>	<b>2,99 m<sup>2</sup></b>	<b>93,00 kg</b>	<b>126 Pa</b>
Tip <b>KS85-500</b> Klasa <b>F7 - ePM2.5 70%</b> Protok zraka [m <sup>3</sup> /h] <b>6.000</b> Čisti dp [Pa] <b>51</b> Zaprljan filter dp [Pa] <b>200</b>	Duljina vreće [mm] <b>500,0</b> Površina filtra [m <sup>2</sup> ] <b>37,60</b> Ulošci kom. X vel. [mm] <b>8 x 592,0 x 592,0</b>			
Door with hinge and lever	Dimenzije [mm] <b>530,0 x 955,0</b>			
Elastični spoj <b>FEZ</b> Temp [°C] <b>80,00</b>	Dimenzije [mm] <b>1.260,00 x 910,0 x 150,0</b>			

<b>Prazna jedinica</b>	<b>580,00 mm</b>	<b>2,8 m<sup>2</sup></b>	<b>62,00 kg</b>	<b>Pa</b>
Door with hinge and lever	Dimenzije [mm] <b>500,0 x 955,0</b>			

<b>Plate exchanger - diagonal</b>	<b>1.930,0 mm</b>	<b>13,39 m<sup>2</sup></b>	<b>596,00 kg</b>	<b>198 Pa</b>
-----------------------------------	-------------------	----------------------------	------------------	---------------

<b>Ventilator bez spiralnog kućišta</b>	<b>720,0 mm</b>	<b>3,48 m<sup>2</sup></b>	<b>179,00 kg</b>	<b>2 Pa</b>
Ventilator <b>2x K3G560-PB31-71</b>	Motor <b>M3G112IA</b>			
Protok zraka [m <sup>3</sup> /h] <b>20.000</b>	Zaštita <b>IP54</b>			
Eksterni pad tlaka [Pa] <b>300</b>	Klasa izolacije <b>F</b>			
Br. okretaja [1/m] <b>1.408</b>	Snaga [kW] <b>1,740</b>			
Sound power [dB] <b>0,0</b>	Speed +/- 2% [1/m] <b>1790.000</b>			
Tot. pres. [Pa] <b>687</b>	Jakost struje +/-5% <b>2,70</b>			
Engine absorbed power [kW] <b>2x 2,668</b>	Dobava <b>3x400 / 50</b>			
Stupanj učinkovitosti [%] <b>67,26</b>	Efficiency class <b>IE4/EC</b>			
Fan octave band sound power level Lokt.	Radna točka [Hz]			
Okt. Frq. Hz 63 125 250 500 1.000 2.000 4.000 8.000	Maks. frekv. [Hz]			
Ulaz <b>59,8 70,7 69,6 66,5 68,6 68,4 69,8 60,4</b>	Specific fan power [w/(m <sup>3</sup> /s)] <b>849 SFP2</b>			
Izlaz <b>62,2 72,1 70,0 72,7 75,3 73,2 73,3 65,0</b>	Reserve			
	Temperature increase [°K] <b>0,7</b>			
Door with hinge and lever - overpressure	Dimenzije [mm] <b>600,0 x 1.260,0</b>			
Regulacijska zaklopka:	Dimenzije [mm] <b>1.260,0 x 910,0 x 125,0</b>			
Vrsta pogona <b>EM pogonom</b>	Moment [Nm] <b>4,570</b>	Pad tlaka [Pa] <b>2</b>		
Br. poluga <b>1</b>	Brzina zraka [m/s] <b>1,45</b>	Tip <b>Arosio 125</b>		
Elastični spoj <b>FEZ</b>	Temp [°C] <b>80,00</b>	Dimenzije [mm] <b>1.260,00 x 910,0 x 150,0</b>		
Motorni pogon zaklopke <b>NF24A</b>	Mod <b>on/off</b>	Napajanje [V] <b>24</b>		
Količina <b>1</b>	Moment [Nm] <b>10,000</b>	Zaštita <b>IP54</b>		
Otvor <b>L</b>	Dimenzije [mm] <b>450,0 x 450,0</b>			

Izračun buke										
Zvučna snaga [dB]										
Frekv. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	
Ulaz	55,8	62,7	49,6	51,5	48,6	43,9	45,3	33,9	54,4	
Izlaz	62,2	72,1	70,0	72,7	75,3	73,2	73,3	65,0	80,1	
Kućište	50,2	59,1	56,8	61,9	58,4	42,7	37,1	23,2	61,9	
sound pressure level [dB]										
Frekv. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Measuring point distance 2_m
Ulaz	41,8	48,7	35,6	37,5	34,6	29,9	31,3	19,9	40,4	
Izlaz	48,2	58,1	56,0	58,7	61,3	59,2	59,3	51,0	66,1	
Kućište	29,9	38,8	36,5	41,6	38,1	22,4	16,8	2,9	41,6	

<b>Postolje</b>	<b>S125</b>	Materijal	<b>FEZ</b>	Izolirano	<b>Ne</b>
		Visina [mm]	<b>125,0</b>	Vareno	<b>Ne</b>
<b>1 Postavi CAV regulation</b>					
<b>1 Postavi Regulation of return air</b>					
<b>Thermal break</b>					

### 7.3. Odabir rekuperatora zraka

Kako bi u uredskim i poslovnim prostorima održali čisti zrak, bez onečišćenja potrebno je osigurati prisilnu ventilaciju. Ventilacijski zahtjevi određuju se prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača u zraku, broju osoba, izmjeni zraka, zahtjevu za odvlaživanjem ili toplinskom opterećenju [18]. Preporučeni ventilacijski minimum po osobi iznosi 30 m<sup>3</sup>/h, a za uobičajene poslovne prostore dobava vanjskog zraka po osobi iznosi od 30 do 60 m<sup>3</sup>/h.

Minimalni ukupni protok vanjskog zraka za  $N$  osoba:

$$\dot{V}_0 = N \cdot \dot{V}_{0N} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

gdje su:

$\dot{V}_0$  - volumni protok vanjskog zraka [m<sup>3</sup>/h]

$N$  - broj osoba

$\dot{V}_{0N}$  - volumni protok zraka po osobi [m<sup>3</sup>/h]

Potrebne količine vanjskog zraka po prostorijama određene su prema minimalnom preporučenom broju izmjena zraka. Taj kriterij za ventilacijske zahtjeve koristi se kada izvori zagađivača nisu određeni. Broj izmjena zraka ovisi o namjeni, obliku, volumenu prostora, aktivnostima u prostoru, a koristi se i kao kontrola proračuna dobavne količine zraka izračunate drugim metodama.

Broj izmjena zraka na sat predstavlja omjer volumena vanjskog zraka koji uđe u prostor u jednom satu prema volumenu unutarnjeg prostora. Broj izmjena zraka na sat ( $I_Z$ ) predstavlja omjer volumena vanjskog zraka ( $\dot{V}_0$ ) koji uđe u prostor u jednom satu prema volumenu korisnog unutarnjeg prostora ( $V_{UP}$ ).

Računa se prema izrazu:

$$\dot{V}_0 = I_Z \cdot V_{UP} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

gdje su:

$\dot{V}_0$  - volumni protok vanjskog zraka [m<sup>3</sup>/h]

$I_Z$  - broj izmjena zraka po satu [h<sup>-1</sup>]

$V_{UP}$  - volumen prostorije [m<sup>3</sup>]

Za uobičajene poslovne prostore, broj izmjena zraka kreće se u rasponu od 4 do 8 izmjena u jednom satu. Za različite tipove i namjene prostora, preporučeni broj izmjena može se pronaći u tablicama danim u literaturi.

Tablica 7.7. Iskustveni broj izmjena zraka po satu za različite prostore [18]

Naziv prostorije	broj izmjena zraka
	$h^{-1}$
Ured	3 - 6
Skladište	4 - 6
Blagovaona	6 - 8
Sanitarije	4 - 8
Konferencijska dvorana	6 - 8
Garderoba	3 - 6
Proizvodni pogon	5 - 10
Laboratorij	8 - 15

Ventilacijski uređaji s rekuperatorom će se ugraditi za pojedine zasebne cjeline i to:

- uredi, hodnik (uprava prizemlje)
- blagovaonica, garderoba i hodnik (prizemlje)
- uredi i prateći prostor, uprava (kat)
- alatnica, logistika i skladištar uz proizvodnju (prizemlje)
- uredi i laboratorij uz proizvodnju (prizemlje i kat)
- dvorana za sastanke (kat)

Tablica 7.8. Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka - prizemlje dilatacija A i C

Dilatacija A i C - prizemlje						
Oznaka	Naziv prostorije	volumen	broj izmjena zraka	potrebna količina zraka	rešetka za dobavu i odsis	količina
		m <sup>3</sup>	I/h	m <sup>3</sup> /h	dim	kom
02	Ulazno predvorje	324,0	1,4	450	325 x 125	3+3
03	Hodnik	70,0	1,7	120	325 x 125	1+1
04	Kancelarija	77,8	2,0	150	325 x 125	1+1
05	Kancelarija	69,0	1,7	120	325 x 125	1+1
06	Kancelarija	152,0	1,6	240	325 x 125	2+2
10	Servis	4,2	2,0	50	225 x 75	1+1
19	Sastanci	41,4	4,8	200	325 x 125	2+2
20	Čajna kuhinja	52,5	3,8	200	325 x 125	2+2
21	Kancelarija	56,1	2,1	120	325 x 125	1+1
22	Kancelarija	40,5	2,5	100	325 x 125	1+1
26	Hodnik	121,4	2,0	240	325 x 125	2+2
27	Kancelarija	99,3	1,5	150	325 x 125	1+1
C02	Kancelarija	49,8	2,4	120	325 x 125	1+1
<b>Ukupno</b>				<b>2260,00</b>		

Za dovod i odvod zraka na cjevovodu pravokutnog presjeka odabrana je rešetka kao [17]:

- proizvođač KLIMAOPREMA
- tip OAH-1L (38 kom)
- dimenzija 325 x 125 mm
- protok zraka 120 m<sup>3</sup>/h
- efektivna brzina istrujavanja 1,85 m/s
- okvir i lamele od eloksiranog aluminija
- jedan red horizontalnih pojedinačnih podesivih lamala

Za količinu zraka 2260 m<sup>3</sup>/h odabran je ventilacijski uređaj s povratom topline s integriranim električnim dogrijačem 9 kW, rotacionim izmjenjivačem topline, temperaturnim senzorima i filterima na tlaku i odsisu klase F5/M7. Debljina izolacije je 50 mm. Uređaj koristi niskošumne i energetske učinkovite EC motore, koji imaju 30 – 50 % manju potrošnju električne energije u odnosu na standardne motore. Stupanj toplinske efikasnosti izmjenjivača topline je do 80 %. Uređaj je namijenjen za unutarnju podnu ugradnju s vertikalnim priključcima.

Proizvod kao Salda, tip RIRS 2500 VE EKO 3.0, sljedećih tehničkih karakteristika [20]:

- protok zraka 2000 m<sup>3</sup>/h
- vanjski statički zrak 300 Pa
- el. snaga ventilatora 0,75 / 0,76 kW, ~1, 230 V
- el. snaga električnog dogrijača 9 kW, ~3, 400 V
- temperaturna efikasnost pri  $T_v = 15\text{ °C} / T_{\text{odsis}} = 20\text{ °C}$ , 77 %
- A energetske razred
- dimenzije 1410 x 1600 x 900 mm
- masa 280 kg

Uz uređaj se isporučuju:

- elastični spojevi Salda LJ/PG 50x25 (4 kom)
- regulator s mogućnošću regulacije i prikaza temperature zraka u prostoru, podešavanja brzine rada ventilatora, prikaza greške, programskog sata
- prigušivač buke Salda SKS 500x250 (2 kom)

Tablica 7.9. Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka - prizemlje dilatacija A

Dilatacija A						
Oznaka	Naziv prostorije	volumen	broj izmjena zraka	potrebna količina zraka	rešetka za dobavu i odsis	količina
		m <sup>3</sup>	l/h	m <sup>3</sup> /h	dim	kom
11	Hodnik	112,5	2,6	300	325 x 125	3+3
13	Ženska garderoba	22,8	4,3	100	325 x 125	1+1
16	Muška garderoba	65,5	4,5	300	325 x 125	2+2
18	Blagovaona	174,0	2,6	450	325 x 125	3+3
<b>Ukupno</b>				<b>1150,00</b>		

Za dovod i odvod zraka na cjevovodu pravokutnog presjeka odabrana je rešetka kao [17]:

- proizvođač KLIMAOPREMA
- tip OAH-1L (9 kom)
- dimenzija 325 x 125 mm
- protok zraka 100 - 150 m<sup>3</sup>/h
- efektivna brzina istrujavanja 1,89 – 1,92 m/s
- okvir i lamele od eloksiranog aluminija
- jedan red horizontalnih pojedinačnih podesivih lamala

Za količinu zraka 1150 m<sup>3</sup>/h odabran je ventilacijski uređaj s povratom topline s integriranim električnim dogrijačem 4 kW, rotacionim izmjenjivačem topline, temperaturnim sensorima i filterima na tlaku i odsisu klase F5/M7. Debljina izolacije je 50 mm. Uređaj koristi niskošumne i energetske učinkovite EC motore, koji imaju 30 – 50 % manju potrošnju el. energije u odnosu na standardne motore. Stupanj toplinske efikasnosti izmjenjivača topline do 77 %. Uređaj je namijenjen za unutarnju podnu ugradnju s vertikalnim priključcima Ø = 315 mm.

Proizvod kao Salda, tip RIRS 700 VE EKO 3.0, sljedećih tehničkih karakteristika [20]:

- protok zraka 1200 m<sup>3</sup>/h
- vanjski statički zrak 200 Pa
- el. snaga ventilatora 0,47 / 0,47 kW, ~1, 230 V
- el. snaga električnog dogrijača 4 kW, ~3, 400 V
- temperaturna efikasnost pri  $T_v = 15\text{ °C}$  /  $T_{\text{odsis}} = 20\text{ °C}$ , 76,21 %
- A energetska razred
- dimenzije 900 x 1350 x 855 mm
- masa 162 kg

Uz uređaj se isporučuju:

- elastični spojevi AP 315 (4 kom)
- regulator s mogućnošću regulacije i prikaza temperature zraka u prostoru, podešavanja brzine rada ventilatora, prikaza greške, programskog sata
- prigušivač buke Salda Mute 315/900 (2 kom)

Tablica 7.10. Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka - kat dilatacija A

Dilatacija A - kat						
Oznaka	Naziv prostorije	volumen	broj izmjena zraka	potrebna količina zraka	rešetka za dobavu i odsis	količina
		m <sup>3</sup>	I/h	m <sup>3</sup> /h	dim	kom
28	Hodnik	158,9	2,2	360	325 x 125	3+3
29	Kancelarija	136,5	2,2	300	325 x 125	2+2
30	Sastanci	60,6	2,5	300	325 x 125	2+2
31	Kancelarija	67,5	2,2	150	325 x 125	1+1
32	Kancelarija	69,4	2,2	150	325 x 125	1+1
33	Kancelarija	73,3	2,1	150	325 x 125	1+1
34	Kancelarija	73,3	2,1	150	325 x 125	1+1
39	Čajna kuhinja	177,3	2,2	400	325 x 125	4+4
40	Fitnes	108,4	2,8	300	325 x 125	2+2
<b>Ukupno</b>				<b>2260,00</b>		

Za dovod i odvod zraka na cjevovodu pravokutnog presjeka odabrana je rešetka kao [20]:

- proizvođač KLIMAOPREMA
- tip OAH-1L (32 kom)
- dimenzija 325 x 125 mm
- protok zraka 100 - 150 m<sup>3</sup>/h
- efektivna brzina istrujavanja 1,89 – 1,92 m/s
- okvir i lamele od eloksiranog aluminija
- jedan red horizontalnih pojedinačnih podesivih lamala

Za količinu zraka 2260 m<sup>3</sup>/h odabran je ventilacijski uređaj s povratom topline s integriranim električnim dogrijačem 9 kW, rotacionim izmjenjivačem topline, temperaturnim senzorima i filterima na tlaku i odsisu klase F5/M7. Debljina izolacije je 50 mm.

Uređaj koristi niskošumne i energetske učinkovite EC motore, koji imaju 30 – 50 % manju potrošnju el. energije u odnosu na standardne motore. Stupanj toplinske efikasnosti izmjenjivača topline do 85 %. Uređaj je namijenjen za unutarnju podnu ugradnju s vertikalnim priključcima.

Proizvod kao Salda, tip RIRS 2500 VE EKO 3.0, sljedećih tehničkih karakteristika [20]:

- protok zraka 2000 m<sup>3</sup>/h
- vanjski statički zrak 300 Pa
- el. snaga ventilatora 0,75 / 0,76 kW, ~1, 230 V
- el. snaga električnog dogrijača 9 kW, ~3, 400 V
- temperaturna efikasnost pri  $T_v = -15\text{ °C}$  /  $T_{\text{odsis}} = 20\text{ °C}$ , 77 %
- A energetski razred
- dimenzije 1410 x 1600 x 900 mm
- masa 280 kg

Uz uređaj se isporučuju:

- elastični spojevi Salda 50x25 (4 kom)
- regulator s mogućnošću regulacije i prikaza temperature zraka u prostoru, podešavanja brzine rada ventilatora, prikaza greške, programskog sata
- prigušivač buke Salda Mute SKS 500x250 (2 kom)

Tablica 7.11. Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka - prizemlje dilatacija B

Dilatacija B - prizemlje						
Oznaka	Naziv prostorije	volumen	broj izmjena zraka	potrebna količina zraka	rešetka za dobavu i odsis	količina
		m <sup>3</sup>	I/h	m <sup>3</sup> /h	dim	kom
B04	Alatnica	54,2	2,2	120	325x125	1 + 1
B05	Logistika	51,9	2,3	120	325x125	1 + 1
B06	Skladištar	58,4	2,1	120	325x125	1 + 1
<b>Ukupno</b>				<b>360,00</b>		

Za dovod i odvod zraka na cjevovodu pravokutnog presjeka odabrana je rešetka kao [17]:

- proizvođač KLIMAOPREMA
- tip OAH-1L (9 kom)
- dimenzija 325 x 125 mm
- protok zraka 120 m<sup>3</sup>/h
- efektivna brzina istrujavanja 1,85 m/s
- okvir i lamele od eloksiranog aluminija
- jedan red horizontalnih pojedinačnih podesivih lamala

Za količinu zraka 360 m<sup>3</sup>/h odabran je ventilacijski uređaj s povratom topline s integriranim električnim dogrijačem 2 kW, rotacionim izmjenjivačem topline, temperaturnim senzorima i filterima na tlaku i odsisu klase F5/M7. Debljina izolacije je 50 mm. Uređaj koristi niskošumne i energetske učinkovite EC motore, koji imaju 30 – 50 % manju potrošnju el. energije u odnosu na standardne motore. Stupanj toplinske efikasnosti izmjenjivača topline do 80 %. Uređaj je namijenjen za unutarnju podnu ugradnju s vertikalnim priključcima  $\varnothing = 250$  mm.

Proizvod kao Salda, tip RIRS 700 VE EKO 3.0, sljedećih tehničkih karakteristika [20]:

- protok zraka 500 m<sup>3</sup>/h
- vanjski statički zrak 250 Pa
- el. snaga ventilatora 0,22 / 0,22 kW, ~1, 230 V
- el. snaga električnog dogrijača 2 kW, ~1, 230 V
- temperaturna efikasnost pri  $T_v = 15$  °C /  $T_{odsis} = 20$  °C, 78 %
- A energetske razred
- nivo zvučne snage prema okolišu  $L_w = 55$  dB
- dimenzije 1100 x 655 x 980 mm
- masa 104 kg

Uz uređaj se isporučuju:

- elastični spojevi AP 250 (4 kom)
- regulator s mogućnošću regulacije i prikaza temperature zraka u prostoru, podešavanja brzine rada ventilatora, prikaza greške, programskog sata
- prigušivač buke Salda AKS 250/900 (2 kom)

Tablica 7.12. Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka – prizemlje i kat dilatacija B

Dilatacija B – prizemlje i kat						
Oznaka	Naziv prostorije	volumen	broj izmjena zraka	potrebna količina zraka	rešetka za dobavu i odsis	količina
		m <sup>3</sup>	l/h	m <sup>3</sup> /h	dim	kom
B02	Voditelj proizvodnje	51,3	2,3	120	325 x 125	1+1
B03	Laboratorij	51,3	2,3	120	325 x 125	1+1
B07	Kancelarija (kat)	114,3	2,2	260	325 x 125	3+2
<b>Ukupno</b>				<b>500,00</b>		

Za dovod i odvod zraka na cjevovodu pravokutnog presjeka odabrana je rešetka kao [17]:

- proizvođač KLIMAOPREMA
- tip OAH-1L (9 kom)
- dimenzija 325 x 125 mm
- protok zraka 120 m<sup>3</sup>/h
- efektivna brzina istrujavanja 1,85 m/s
- okvir i lamele od eloksiranog aluminija
- jedan red horizontalnih pojedinačnih podesivih lamala

Za količinu zraka 500 m<sup>3</sup>/h odabran je ventilacijski uređaj s povratom topline s integriranim električnim dogrijačem 2 kW, rotacionim izmjenjivačem topline, temperaturnim sensorima i filterima na tlaku i odsisu klase F5/M7. Debljina izolacije je 50 mm. Uređaj koristi niskošumne i energetske učinkovite EC motore, koji imaju 30 – 50 % manju potrošnju el. energije u odnosu na standardne motore. Stupanj toplinske efikasnosti izmjenjivača topline do 80 %. Uređaj je namijenjen za unutarnju podnu ugradnju s vertikalnim priključcima Ø = 250 mm.

Proizvod kao Salda, tip RIRS 700 VE EKO 3.0, sljedećih tehničkih karakteristika [20]:

- protok zraka 600 m<sup>3</sup>/h
- vanjski statički zrak 250 Pa
- el. snaga ventilatora 0,22 / 0,22 kW, ~1, 230 V
- el. snaga električnog dogrijača 2 kW, ~1, 230 V
- temperaturna efikasnost pri  $T_v = 15\text{ °C}$  /  $T_{\text{odsis}} = 20\text{ °C}$ , 78 %
- A energetski razred
- nivo zvučne snage prema okolišu  $L_W = 55\text{ dB}$
- dimenzije 1100 x 655 x 980 mm
- masa 104 kg

Uz uređaj se isporučuju:

- elastični spojevi AP 250 (4 kom)
- regulator s mogućnošću regulacije i prikaza temperature zraka u prostoru, podešavanja brzine rada ventilatora, prikaza greške, programskog sata
- prigušivač buke Salda AKS 250/900 (2 kom)

Tablica 7.13. Proračun rešetki za dobavu i odsis zraka – dvorana za sastanke

Dilatacija A – kat							
Oznaka	Naziv prostorije	volumen	količina zraka po osobi	broj osoba	potrebna količina zraka	rešetka za dobavu i odsis	količina
		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h		m <sup>3</sup> /h	dim	kom
35	Dvorana za sastanke	236,8	30	50	1500	825 x 125	5+5
<b>Ukupno</b>					<b>1500,00</b>		

Za dovod i odvod zraka na cjevovodu pravokutnog presjeka odabrana je rešetka kao [17]:

- proizvođač KLIMAOPREMA
- tip OAH-1L (10 kom)
- dimenzija 825 x 125 mm
- protok zraka 300 m<sup>3</sup>/h
- efektivna brzina istrujavanja 1,89 m/s
- okvir i lamele od eloksiranog aluminija
- jedan red horizontalnih pojedinačnih podesivih lamala

Za količinu zraka 1500 m<sup>3</sup>/h odabran je ventilacijski uređaj s povratom topline s integriranim električnim dogrijačem 9 kW, rotacionim izmjenjivačem topline, temperaturnim sensorima i filterima na tlaku i odsisu klase F5/M7. Debljina izolacije je 50 mm. Uređaj koristi niskošumne i energetske učinkovite EC motore, koji imaju 30 – 50 % manju potrošnju el. energije u odnosu na standardne motore. Stupanj toplinske efikasnosti izmjenjivača topline do 73 %. Uređaj je namijenjen za unutarnju podnu ugradnju s vertikalnim priključcima.

Proizvod kao Salda, tip RIRS 1900 VE EKO 3.0, sljedećih tehničkih karakteristika [19]:

- protok zraka 1500 m<sup>3</sup>/h
- vanjski statički zrak 200 Pa
- el. snaga ventilatora 0,47 / 0,47 kW, ~1, 230 V
- el. snaga električnog dogrijača 9 kW, ~3, 400 V
- temperaturna efikasnost pri  $T_v = -15\text{ °C}$  /  $T_{\text{odsis}} = 20\text{ °C}$ , 72,5%
- A energetske razred
- dimenzije 1200 x 1500 x 855 mm
- masa 180 kg

Uz uređaj se isporučuju:

- elastični spojevi Salda Mute315/900 (2 kom)
- regulator s mogućnošću regulacije i prikaza temperature zraka u prostoru, podešavanja brzine rada ventilatora, prikaza greške, programskog sata
- prigušivač buke Salda Mute SKS 500x250 (2 kom)

#### 7.4. Zračna zavjesa - skladište

Zračna zavjesa je uređaj koji pomoću ventilatora stvara nevidljivu zračnu barijeru preko ulaznih vrata čime se postiže učinkovitu uštedu energije, a ujedno održavamo čist i zdrav radni okoliš. Najčešće se montira s unutarnje strane prostorije čime se omogućava rad s otvorenim vratima i nesmetan pristup osoblju ili vozilima bez fizičkog ograničenja, prilikom ulaska ili izlaska iz klimatiziranog prostora.

Zračne zavjese ugradit će se iznad svih ulaznih vanjskih vrata skladišta.

Ugradnja iznad velikih ulaznih vrata dimenzija 400 x 450 mm proizvod kao [17]:

- proizvođač: Klimaoprema
- tip: Grand 4520N
- zavjesa bez grijača
- žičani upravljač, montaža na zid tip: ZZ-M1-N/W
- sklop za vrata ZZ-M9
- protok zraka: 5400/7000/8600 m<sup>3</sup>/h
- struja: 6,6 A, napon: 220 V / 1 / 50 Hz
- buka: 64/72/77 dB
- dimenzija: 2000 x 600 mm
- težina: 82 kg
- količina: 4 kom

Ugradnja iznad malih ulaznih vrata dimenzija 85 x 250 mm proizvod kao [17]:

- proizvođač: Klimaoprema
- tip: Grand 2510N
- zavjesa bez grijača
- žičani upravljač, montaža na zid tip: ZZ-M1-N/W
- sklop za vrata ZZ-M9
- protok zraka: 1300 / 1550 / 1700 m<sup>3</sup>/h
- struja: 1,1 A, napon: 220 V / 1 / 50 Hz
- buka: 43/50/54 dB
- dimenzija: 1005 x 400 mm
- težina: 38 kg
- količina: 1 kom

### 7.5. Ventilacija sanitarija

Ispravno prozračan sanitarni čvor neophodan je za održavanje higijenskog minimuma u poslovnim prostorima. Za uklanjanje mirisa, vlage i mikroba iz zraka preporučeno je broj od 6 do 15 izmjena zraka po satu. Kao dobar vodič okvirne procjene kapaciteta ventilatora izračunava se i koristi broj koji je umnožak veličine prostorije i broja izmjena zraka. Prema idejnom projektu za ventilaciju sanitarija odabrani su tihi kupaonski ventilatori za podžbuknu ugradnju u strop ili zid, komplet s automatikom za uključivanje preko prekidača svjetla, odgođenim početkom rada od 45 s i isključivanje 6, 15 ili 21 minutu (podesivo) nakon isključivanja svjetla. Uz ventilator se isporučuje kućište za podžbuknu ugradnju ELS-GU s nepovratnom zaklopkom za sprečavanje ulaska vanjskog zraka. Ventilator je opremljen permanentnim perivim filterom kojeg je moguće prati u perilici posuđa i indikatorom zaprljanosti filtera. Ventilatori se spajaju na horizontalni kanal koje se preko ventilacijske vertikale izvodi preko krova.

Proizvod kao [20]:

- Helios, ELS-VN 60
- protok zraka  $L_{SV} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$
- $N_{el} = 18 \text{ W}$
- 230V/50 Hz
- dimenzija kućišta 262x262x95 mm
- priključna dimenzija:  $\varnothing 77 \text{ mm}$

### 7.6. Ventilacija čajnih kuhinja

Prema idejnom projektu za ventilaciju čajnih kuhinja u prizemlju i na katu odabrani su odsisni centrifugalni ventilatori za ugradnju iznad štednjaka. Predviđa se šest izmjena zraka u satu, a izbacivanje zraka vrši horizontalnim kanalima koji se preko ventilacijske vertikale izvode preko krova.

Proizvod kao [22]:

- Vortace, VORT KAPPA
- $L_{SV} = 100\text{-}260 \text{ m}^3/\text{h}$
- $N_{el} = 50\text{-}90 \text{ W}$
- $I = 0,29\text{-}0,44 \text{ A}$
- 230V/50 Hz
- regulator C1.5 "VORTICE"

## 7.7. Ventilacija tehničkih soba

Toplinski opterećenje električnih ormara u GRO i server sobi povećavaju se zbog upotrebe novih tehnologija. Mnogi ormari u kojima se te tehnologije primjenjuju nisu izvedeni s dovoljno snažnom raspodjelom zraka. Ispuštanjem toplog zraka iz ormara, klimatiziranom zraku koji ulazi kroz rešetku za usis omogućuje se hlađenje sklopova unutar ormara. Ugrađeni ventilator izvrsna je alternativa za sustav klimatizacije zraka i donosi pouzdano uklanjanje topline s mogućnošću snižavanja temperature u glavnom razvodnom ormaru. Upravljanje termostatom ujedno može poslužiti kao rezervni sustav za uklanjanje topline u slučaju kvara jedinice za klimatizaciju zraka. Isti princip koristi se i u ventilaciji server sobe. Ventilatori se spajaju na horizontalni kanal koje se preko ventilacijske vertikale izvodi preko krova.

Za ventilaciju su odabrani odsisni centrifugalni ventilatori.

Proizvod kao [22]:

- Vortace, Ariett LL
- $L_{SV} = 70 \text{ m}^3/\text{h}$
- $N_{el} = 18 \text{ W}$
- $I = 0,14 \text{ A}$
- 23V/50 Hz
- upravljan termostatom

## 8. SUSTAV HLAĐENJE TEHNIČKIH SOBA

### 8.1. Klimatizacija GRO sobe

Za hlađenje sobe glavnog razvodnog ormara (prostor GRO u prizemlju), projektom je predviđeno hlađenje preko split klima uređaja za cjelogodišnje hlađenje. U prostor sobe ugradit će se mono split klima uređaj sa jednom vanjskom i jednom unutarnjom jedinicom. Vanjske jedinice smještaju se na krov na nosače predviđene za tu namjenu. Cjevovod radne tvari od vanjske jedinice do unutarnjih jedinica planira se izvesti izoliranim bakrenim cijevima u kolutu prema preporuci proizvođača. Odvod kondenzata s unutarnje klima jedinice planira se izvesti iz plastičnih PVC cijevi Ø32 mm.

Odabran je proizvod tehničkih karakteristika kao [24]:

- unutarnja jedinica: TOSHIBA RAV SM407KRTP-E
- učin hlađenja: 3,6 ( 0,9-4,0 ) kW
- učin grijanja: 4,0 ( 0,8-5,0 ) kW
- kol. zraka (max.): 520 m<sup>3</sup>/h, namijenjena za montažu na zid
- dimenzije: vxšxd: 275 / 790 / 217 mm
- težina uređaja: 10 kg
- Infracrveni daljinski upravljač, montaža na zid
- vanjska jedinica: TOSHIBA RAV SM404ATP-E
- učin hlađenja: 3,6 ( 0,9-4,0 ) kW
- učin grijanja: 4,0 ( 0,8-5,0 ) kW
- nivo zvučnog tlaka: 49/50 dB(A)
- napon: 1~ 220 V, 50 Hz
- energetska razred: A+/A++
- težina uređaja: 39 kg
- dimenzije: vxšxd: 550 / 780 / 290 mm
- hlađenje: od -15 °C do +46 °C
- grijanje: od -15 °C do +24 °C
- radna tvar: ekološki plin R410 A
- promjer cjevovoda: tekući Ø 6,4 mm
- promjer cjevovoda: plinski Ø 12,7 mm
- duljina cjevovoda: 20 m (max)
- visinska razlika: 15 m (max)

## 8.2. Klimatizacija server sobe

Veliki broj računala i tehničke opreme koji se nalaze u tipičnoj server sobi iziskuju dobar proračun za sustav hlađenja uz najveću pouzdanost instalirane opreme. Klimatizacija takvog prostora jedan je od najvažnijih dijelova opreme u sklopu server sobe koji ne smijemo zanemariti. Računalna oprema koja se obično koristi u server sobi često radi cijeli dan i svaki dan (24/7 bez obzira na uvjete). Stalni rad instalirane opreme stvara značajnu količinu topline koja se mora hladiti klimatizacijom sobe. Server računala se mogu pokretati puno brže ako se temperatura i vlaga održavaju na optimalnoj razini. Ako je vrućina previše intenzivna u sobi, može se pojaviti nekoliko problema, uključujući kvar računala i poslužitelja, kao i sporiji rad. Sva oprema u sobi također mora imati odgovarajuću vlažnost. .Ako razina vlage poraste iznad 55 %, može doći do oštećenja računala. Vlaga koja se nakuplja u opremi zbog povećane razine vjerojatno će uništiti opremu, što je poprilično skupo. Preporučuje se konstantna temperatura od 22°C do 25 °C, čime se optimizira vijek trajanja ugrađene opreme, smanjuje mogućnost kvarova zbog povećane temperature i smanjenja vijeka trajanja samih ventilatora servera.

Za hlađenje server sobe (soba na katu), projektom je predviđeno hlađenje preko dva mono split klima uređaja s jednom vanjskom i jednom unutarnjom jedinicom za cjelogodišnje hlađenje. Jedan uređaj služi kao rezervni sustav u slučaju kvara aktivne jedinice za klimatizaciju zraka. Vanjske jedinice smještaju se na krov na nosače predviđene za tu namjenu. Cjevovod radne tvari od vanjske jedinice do unutarnjih jedinica planira se izvesti izoliranim bakrenim cijevima u kolutu prema preporuci proizvođača. Odvod kondenzata s unutarnje klima jedinice planira se izvesti iz plastičnih PVC cijevi Ø32 mm. Paralelno s cijevima od unutarnjih jedinica prema vanjskoj jedinici potrebno je voditi kabel za međuvezu prema preporuci proizvođača. Napajanje električnim energijom split sustava planira se izvesti na vanjsku jedinicu.

Pojednostavljen proračun kapaciteta klima uređaja za server sobu, temelji se na sljedećim ulaznim podacima i faktorima korekcije [23]:

$V_{sobe}$	– volumen server sobe [m <sup>3</sup> ]
$P_{uk}$	– ukupna potrošnja energije servera i pomoćne opreme [kW]
$Q_{sobe}$	– gubitak topline prostorije od 0,03 do 0,04 [kW/m <sup>3</sup> ]
$q_{serv}$	– rasipanja topline od opreme od 80 % do 90 % snage koju troši oprema
$q_{ups}$	– topline od neprekidnog napajanja od 20 % do 30 % snage koju troši oprema
$q_{rezerva}$	– rezervni kapacitet klima uređaja zbog nepredviđenih okolnosti i situacija od 10 % do 20 % snage klima uređaja
$q_{dogradnja}$	– rezervni kapacitet klima uređaja zbog moguće nadogradnje sustava od 10 % do 30 % snage klima uređaja

$$\Phi_1 = V_{sobe} \cdot Q_{sobe} = 19,77 \cdot 0,035 = 0,69 \text{ [kW]}$$

$$\Phi_2 = P_{uk} \cdot q_{serv} = 2,4 \cdot 0,85 = 1,79 \text{ [kW]}$$

$$\Phi_3 = P_{uk} \cdot q_{ups} = 2,4 \cdot 0,2 = 0,42 \text{ [kW]}$$

$$\Phi_4 = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) \cdot q_{rezerva} = 2,90 \cdot 0,15 = 0,43 \text{ [kW]}$$

$$\Phi_5 = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) \cdot q_{dogradnja} = 2,90 \cdot 0,2 = 0,58 \text{ [kW]}$$

$$\Phi_{uk} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5$$

$$\Phi_{uk} = 0,69 + 1,79 + 0,42 + 0,43 + 0,58 = 4,34 \text{ [kW]}$$

Odabran je proizvod tehničkih karakteristika rashladnog učina od 5 kW kao [24]:

- unutarnja jedinica: TOSHIBA RAV SM566KRTP-E
- učin hlađenja: 5,0 ( 1,5-5,6 ) kW
- učin grijanja: 5,6 ( 1,5-6,3 ) kW
- kol. zraka (max.): 840 m<sup>3</sup>/h, namijenjena za montažu na zid
- dimenzije: vxšxd: 320 / 1050 / 228 mm
- težina uređaja: 12 kg
- infracrveni daljinski upravljač, montaža na zid
- auto restart funkcija

- vanjska jedinica: TOSHIBA RAV SP564ATP-E
- učin hlađenja: 5,0 ( 1,5-5,6 ) kW
- učin grijanja: 5,6 ( 1,5-6,3 ) kW
- nivo zvučnog tlaka: 46/48 dB(A)
- napon: 1~ 220 V, 50 Hz
- energetska razred: A+/A+
- težina uređaja: 40 kg
- dimenzije: v x š x d: 550 / 780 / 290 mm
- hlađenje: od -15 °C do +46 °C
- grijanje: od -15 °C do +15 °C
- radna tvar: ekološki plin R410 A
- promjer cjevovoda: tekući Ø 6,4 mm
- promjer cjevovoda: plinski Ø 12,7 mm
- duljina cjevovoda: 30 m (max)
- visinska razlika: 20 m (max)

## 9. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je projektno rješenje sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije proizvodno poslovne zgrade korisne površine 3029 m<sup>2</sup>, smještene u poslovnoj zoni grada Varaždina. Podzemne vode najizdašniji su izvor akumulirane geotermalne energije ujedno i jedinstven obnovljivi izvor energije zahvaljujući svojoj konstantnoj temperaturi tijekom cijele godine. Instaliranjem dizalice topline voda – voda postignute su značajne uštede u usporedbi s drugim konvencionalnim sustavima grijanja. Količina energije koju dizalice topline troše znatno je manja od količine proizvedene topline. Kod projektiranja sustava korišteni su meteorološki podaci za grad Varaždin.

Odabrane su četiri dizalica topline voda - voda koje su spojene kaskadno, kapaciteta 28 kW, a koriste se za grijanje pri temperaturnom režimu 45/55 °C i 88 kW u hlađenju u temperaturnom režimu 7/12 °C čime su zadovoljeni postavljeni projektni zahtjevi. Modul za aktivno i pasivno hlađenje omogućuje klimatizaciju objekta. Kada se pokaže potreba za hlađenjem dizalica topline prvo pokušava hladiti objekt na principu pasivnog hlađenja, cirkulacijom vode iz objekta kroz podzemnu vodu. Ako dizalica topline ne može zadovoljiti potrebe za hlađenjem u režimu pasivnog hlađenja, nakon vremena programiranog u regulatoru, pali se rashladni kompresor i dizalica topline hladi u režimu aktivnog hlađenja. Prebacivanje iz režima rada grijanja u hlađenje vrši se prema temperaturi okolišnog zraka. U režimu rada grijanja temperatura polaza ovisi o okolišnoj temperaturi uz korekciju prema sobnoj temperaturi. U režimu hlađenja temperatura polaza je konstantna. Sam sustav podijeljen je u tri toplinske podstanice prema građevinskim dilatacijama. Odabrane su unutarnje kazetne jedinice različitih snaga prema toplinskim zahtjevima pojedinih prostorija kako bi se postigla toplinska ugodnost uz potrebnu funkcionalnost i učinkovitost. Podno grijanje projektirano je u svim sanitarnim prostorijama čime se postiglo gotovo idealna raspodjela temperature prostora. Podno hlađenje u prostoru proizvodnje izvedeno je pasivnim hlađenjem polazne vode 16 °C s plastičnim cijevima, ugrađenih osamnaest razdjelnika i pet termostata za upravljanje sustava hlađenja.

Ventilacija je projektirana i podijeljena prema zahtjevima prostora, odabrane i dimenzionirane rashladne komore i rekuperatorske jedinice sa ugrađenim filtrima na ulaznim i izlaznim dijelovima. Dovođenje i odvođenje zraka odabrani su stropni distributeri prema proračunu i funkcijskim zahtjevima prostorija. Ventilacijski kanali izvedeni su od pocinčanog lima u kvadratnoj ili spiro izvedbi i po potrebi dodatno izolirani slojem toplinska izolacije sa parnom branom.

Za ventilaciju sanitarija odabrani su kupaonski ventilatori za podžbuknu ugradnju u strop ili zid, komplet s automatikom za uključivanje preko prekidača svijetla i odgođenim početkom rada.

Za hlađenje sobe glavnog razvodnog ormara projektom je predviđeno hlađenje preko split klima uređaja za cjelogodišnje hlađenje. Za cjelogodišnje hlađenje prostora server sobe projektom je predviđeno hlađenje s dvije mono split klima uređaja sa jednom vanjskom i jednom unutarnjom jedinicom. Jedan uređaj služi kao rezervni sustav u slučaju kvara aktivne jedinice za klimatizaciju zraka.

Dobrom izolacijom zgrade i odabirom opreme te pravilnim izračunom toplinske bilance postignut je cilj idejnog rješenja sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije za zadani prostor čime je ostvarena toplinska ugodnost.

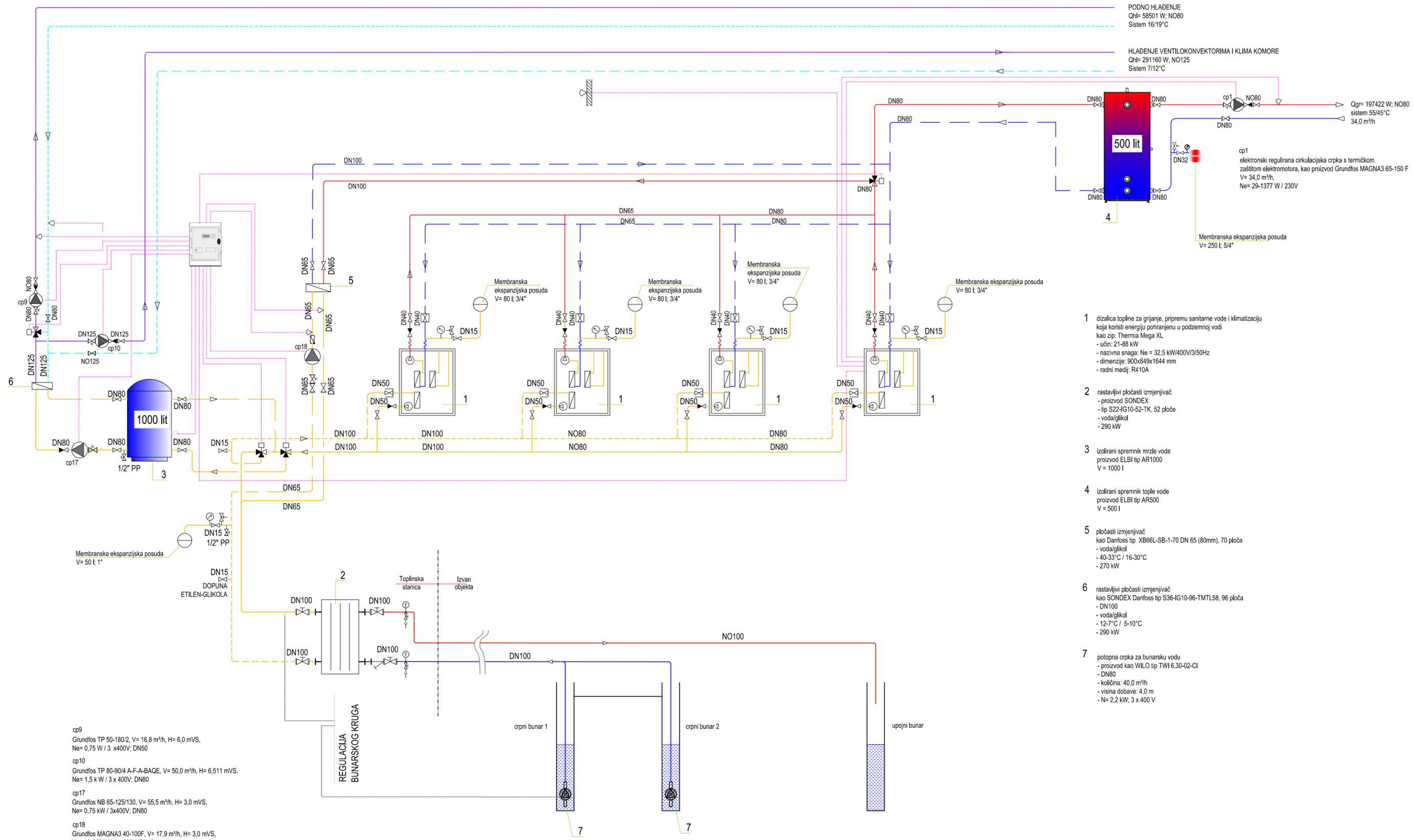
## LITERATURA

- [1] [www.mcsolar.hr/toplinske-pumpe](http://www.mcsolar.hr/toplinske-pumpe); pristupljeno 4. 5. 2020
- [2] T. Ćurko: Osnove tehnike hlađenja, Zagreb 2010
- [3] T. Ćurko, M. Malinovec: Radne tvari u tehnici hlađenja, Zagreb 2000
- [4] [www.enu.hr/](http://www.enu.hr/) Priručnik za energetska certificiranje zgrada; pristupljeno 5. 5. 2020
- [5] <https://hr.trotec.com/>; pristupljeno 8. 5. 2020
- [6] [www.fsb.unizg.hr/termolab/nastava/Proračun gubitaka topline – zima](http://www.fsb.unizg.hr/termolab/nastava/Proračun_gubitaka_topline_-_zima); pris. 9. 5. 2020
- [7] [www.fsb.unizg.hr/termolab/nastava/Proračun dobitaka topline – ljet](http://www.fsb.unizg.hr/termolab/nastava/Proračun_dobitaka_topline_-_ljet); pris. 9. 5. 2020
- [8] [www.daikin.hr](http://www.daikin.hr); pristupljeno 14. 6. 2020
- [9] [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com); pristupljeno 20. 5. 2020
- [10] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Grijanje“, FSB Zagreb
- [11] [www.termoidraulica.elbi.it](http://www.termoidraulica.elbi.it); pristupljeno 20. 6. 2020
- [12] [www.grundfos.com](http://www.grundfos.com); pristupljeno 12. 6. 2020
- [13] [www.funke.de](http://www.funke.de); pristupljeno 20. 5. 2020
- [14] [www.enu.hr-grijanje](http://www.enu.hr-grijanje) ; pristupljeno 10. 6. 2020
- [15] [www.wilo.com](http://www.wilo.com); pristupljeno 10. 6. 2020
- [16] [www.thermia.com](http://www.thermia.com); pristupljeno 10. 5. 2020
- [17] [www.klimaoprema.hr](http://www.klimaoprema.hr); pristupljeno 14. 6. 2020
- [18] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Klimatizacija“, FSB Zagreb
- [19] [www.systemair.com](http://www.systemair.com); pristupljeno 14. 6. 2020
- [20] [www.salda.lt](http://www.salda.lt); pristupljeno 18. 6. 2020
- [21] [www.helios.ch/de](http://www.helios.ch/de); pristupljeno 2. 7. 2020
- [22] [www.vortice.com](http://www.vortice.com); pristupljeno 2. 7. 2020
- [23] <https://hrv.patkardevelopers.com/kondicionery-dlja-servernoj>; pris. 8. 7. 2020
- [24] [www.toshiba-croatia.com](http://www.toshiba-croatia.com); pristupljeno 14. 7. 2020

## PRILOZI

### I. Tehnička dokumentacija

- Shema strojarnice
- Toplinske podstanice - shema grijanja
- Toplinske podstanice - shema hlađenja
- Tlocrt prizemlja - grijanje i hlađenje
- Tlocrt kata - grijanje i hlađenje
- Tlocrt prizemlja – podno hlađenje, odsisna ventilacija i cjelogodišnje hlađenje
- Tlocrt prizemlja – ventilacija i rekuperacija
- Tlocrt kata – ventilacija i rekuperacija
- Tlocrt kata – odsisna ventilacija i cjelogodišnje hlađenje
- Tlocrt krova – ventilacija, rekuperacija i cjelogodišnje hlađenje



PODNO HLADENJE  
Qh= 58501 W; NO80  
Sistem 16/19°C

HLADENJE VENTILOKONVEKTORIMA I KLIMA KOMORE  
Qh= 29160 W; NO125  
Sistem 7/12°C

Qgr= 197422 W; NO80  
sistem 55/45°C  
34,0 m³/h

cp1  
elektronski regulirana cirkulacijska crpka s termičkom  
zaštitom elektromotora, kao proizvod Grundfos MAGNA3 65-150 F  
V= 34,0 m³/h,  
Ne= 29-1377 W / 230V

Membranska ekspanzijska posuda  
V= 250 l; 5/4"

1 dizalica topline za grijanje, pripremu sanitarne vode i klimatizaciju  
koja koristi energiju pohranjenu u podzemnoj vodi  
kao zip: Thermia Mega XL  
- učin: 21-88 kW  
- nazivna snaga: Ne = 32,5 kW/400V/3/50Hz  
- dimenzije: 900x849x1644 mm  
- radni medij: R410A

2 rastavljivi pločasti izmjenjivač  
- proizvod SONDEX  
- tip S22-IG10-52-TK, 52 ploče  
- voda/glikol  
- 290 kW

3 izolirani spremnik mrzle vode  
proizvod ELBI tip AR1000  
V = 1000 l

4 izolirani spremnik tople vode  
proizvod ELBI tip AR500  
V = 500 l

5 pločasti izmjenjivač  
kao Danfoss tip XB66L-SB-1-70 DN 65 (80mm), 70 ploča  
- voda/glikol  
- 40-33°C / 16-30°C  
- 270 kW

6 rastavljivi pločasti izmjenjivač  
kao SONDEX Danfoss tip S36-IG10-96-TMTL58, 96 ploča  
- DN100  
- voda/glikol  
- 12-7°C / 5-10°C  
- 290 kW

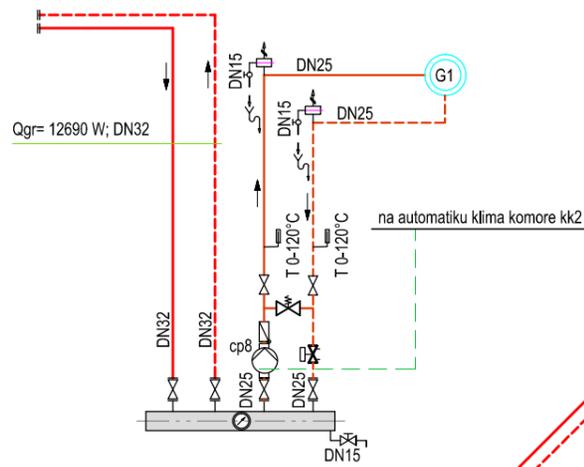
7 potopna crpka za bunarsku vodu  
- proizvod kao WILO tip TWI 6.30-02-CI  
- DN80  
- količina: 40,0 m³/h  
- visina dobave: 4,0 m  
- N= 2,2 kW; 3 x 400 V

cp9  
Grundfos TP 50-180/2, V= 16,8 m³/h, H= 6,0 mVS,  
Ne= 0,75 W / 3 x 400V; DN50  
cp10  
Grundfos TP 80-90/4 A-F-A-BAQE, V= 50,0 m³/h, H= 6,511 mVS,  
Ne= 1,5 k W / 3 x 400V; DN80  
cp17  
Grundfos NB 65-125/130, V= 55,5 m³/h, H= 3,0 mVS,  
Ne= 0,75 kW / 3x400V; DN80  
cp18  
Grundfos MAGNA3 40-100F, V= 17,9 m³/h, H= 3,0 mVS,  
Ne= 18-359 W / 1 x 230V; DN40

Ime i prezime:	Datum:	Potpis:	 <p>Veleučilište u Karlovcu Trg J. J. Strossmayera 9 47000 Karlovac</p>
Projektirao: Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Razradio: Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Crtao: Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Pregledao:			
Napomena:	Sadržaj:		Mjerilo: -
Građevina: PROIZVODNO POSLOVNA ZGRADA Cehovska bb, 42000 Varaždin č.k.br. 10301, ko Varaždin	HEMA STROJARNICA		
			List broj: 1 / 10

### TOPLINSKA PODSTANICA 3

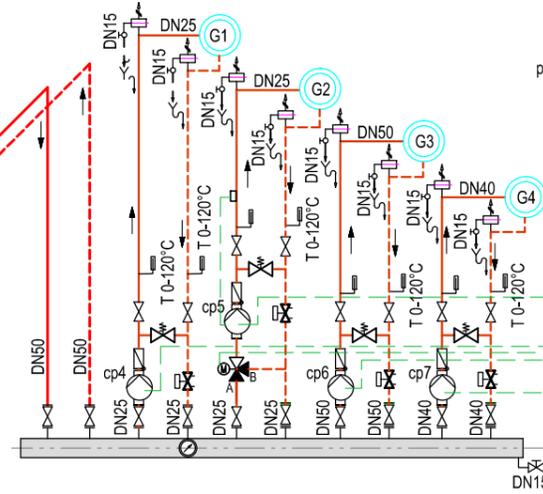
**grijanje:**  
 krug G1: grijač klima komore: Qgr= 12690 W; Cu Ø28,0



cp8  
 Grundfos ALPHA2 25-80 130, V= 2,2 m³/h, H= 3,399 mVS,  
 Ne= 3-50 W / 230V; R1 ½"

### TOPLINSKA PODSTANICA 2

**grijanje:**  
 krug G1: uredi i laboratorij uz proizvodnju ( prizemlje i kat ): Qgr= 9600 W; Cu Ø28  
 krug G2: podno grijanje wc-a ( prizemlje + kat ): Qgr= 4712 W Cu Ø 28  
 krug G3: vk, uredi i prateći prostori u prizemlju: Qgr= 55400 W Cu Ø54  
 krug G4: vk, uredi i prateći prostori na katu: Qgr= 38000 W; Cu Ø42



cp4  
 Grundfos ALPHA1 L 25-40 180, V= 12,08 m³/h, H= 1,8 mVS,  
 Ne= 4-25 W / 230V; R 1 ½"

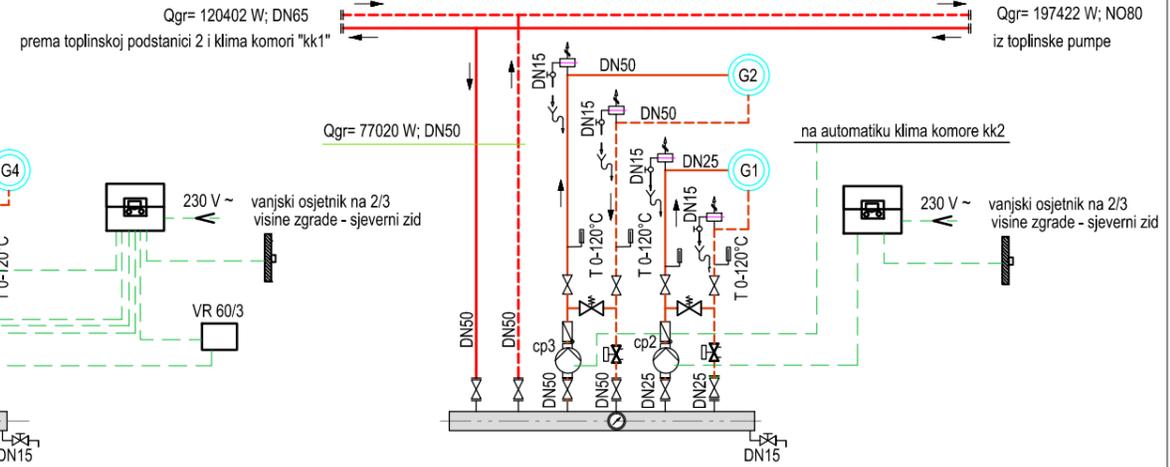
cp5  
 Grundfos ALPHA1 L 25-40 130, V= 0,503 m³/h, H= 1,416 mVS,  
 Ne= 4-25 W / 230V; R 1 ½"

cp6  
 Grundfos MAGNA1 40-60 F, V= 9,99 m³/h, H= 2,756 mVS,  
 Ne= 12-194 W / 230V; NO40

cp7  
 Grundfos MAGNA3 25-60, V= 6,5 m³/h, H= 2,2 mVS,  
 Ne= 9-84 W / 230V; R1 ½"

### TOPLINSKA PODSTANICA 1

**grijanje:**  
 krug G1: alatnica, logistika i skladištar uz proizvodnju ( prizemlje ): Qgr= 7200 W; Cu Ø28  
 krug G2: grijač klima komore: Qgr= 69820 W; NO50



cp2  
 Grundfos ALPHA1 L 25-40 180, V= 1,59 m³/h, H= 2,12 mVS,  
 Ne= 4-25 W / 230V; R 1 ½"

cp3  
 Grundfos MAGNA3 40-40F, V= 12 m³/h, H= 1,0 mVS,  
 Ne= 12-98 W / 230V; NO40

Qgr= 120402 W; DN65  
 prema toplinskoj podstanci 2  
 i klima komori "kk2"

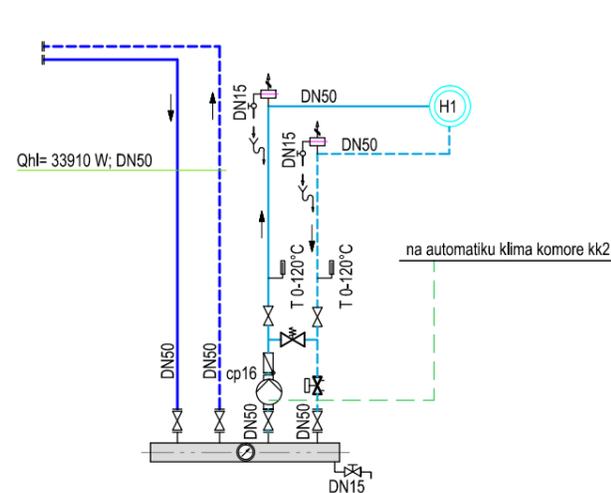
Qgr= 12690 W; DN32  
 prema klima komori "kk2"

atmosferski regulator u ovisnosti o vanjskoj temperaturi za više krugova grijanja, kao calorMATIC 630/3 "VALLANT", za regulaciju u ovisnosti o vanjskoj temperaturi

Ime i prezime:	Datum:	Potpis:	<p>Veleučilište u Karlovcu                  Trg J. J. Strossmayera 9                  47000 Karlovac</p>
Projektirao: Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Razradio: Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Crtao: Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Pregledao:			
Napomena:	Sadržaj:		Mjerilo: -
Građevina: PROIZVODNO POSLOVNA ZGRADA Cehovska bb, 42000 Varaždin čk.br. 10301, ko Varaždin	TOPLINSKE PODSTANICE - SHEMA GRIJANJE		List broj.: 2 / 10

### TOPLINSKA PODSTANICA 3

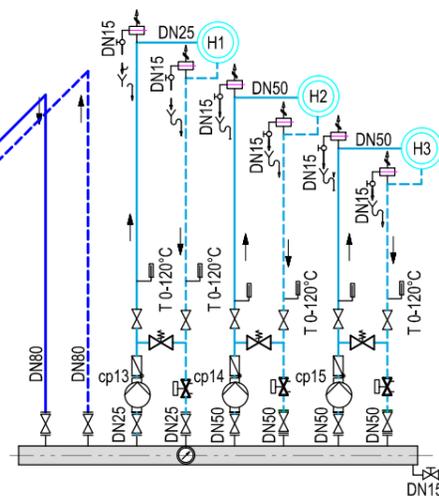
hlađenje:  
krug H1: hladnjak klima komore: Qh= 33910 W; Cu Ø42,0



cp16  
Grundfos MAGNA3 25-80, V= 5,8 m³/h, H= 3,4 mVS,  
Ne= 9-116 W / 230V; R1 ½"

### TOPLINSKA PODSTANICA 2

hlađenje:  
krug H1: vk, uredi i laboratorij uz proizvodnju ( prizemlje i kat ): Qh= 5200 W; Cu Ø28  
krug H2: vk, uredi i prateći prostori u prizemlju: Qh= 48400 W; Cu Ø54  
krug H3: vk, uredi i prateći prostori na katu: Qh= 31300 W; Cu Ø54



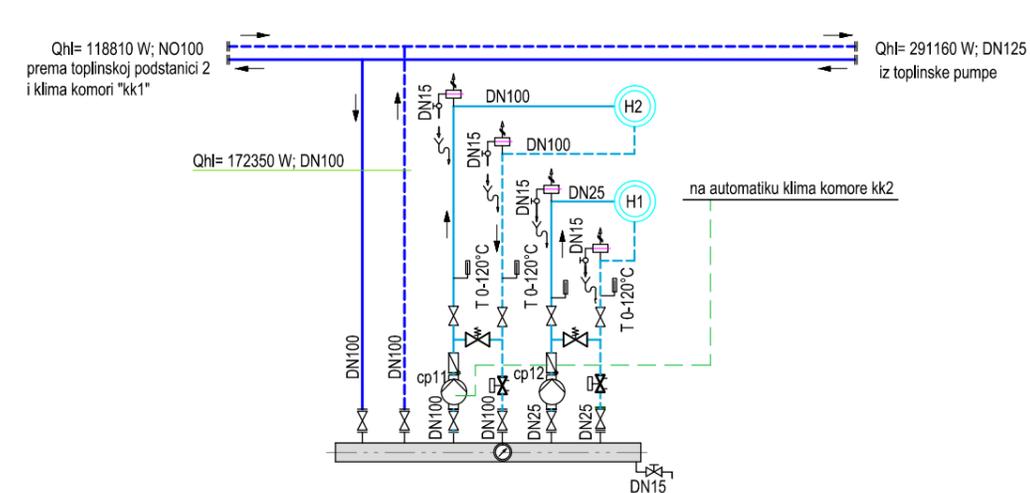
cp13  
Grundfos MAGNA3 25-40, V= 0,9 m³/h, H= 1,1 mVS,  
Ne= 29-1377 W / 230V; R 1 ½"

cp14  
Grundfos MAGNA3 40-60 F, V= 8,3 m³/h, H= 2,5 mVS,  
Ne= 12-185 W / 230V; NO40

cp15  
Grundfos MAGNA3 25-60, V= ,4 m³/h, H= 2,2 mVS,  
Ne= 9-84 W / 230V; R1 ½"

### TOPLINSKA PODSTANICA 1

hlađenje:  
krug H1: vk, alatnica, logistika i skladištar uz proizvodnju ( prizemlje ) : Qh= 3900 W; Cu Ø28,0  
krug H2: hladnjak klima komore: Qh= 168450 W; NO100



cp11  
Grundfos MAGNA3 25-40, V= 0,7 m³/h, H= 1,2 mVS,  
Ne= 9-50 W / 230V; R 1 ½"

cp12  
Grundfos MAGNA3 65-150F, V= 29 m³/h, H= 8,5 mVS,  
Ne= 29-1377 W / 230V; DN65

Qh= 118810 W; DN100  
prema toplinskoj podstanci 2  
i klima komori "kk2"

Qh= 33910 W; DN50  
prema klima komori "kk2"

Qh= 84900 W; DN80

Ime i prezime:		Datum:	Potpis:	 <p>Veleučilište u Karlovcu Trg J. J. Strossmayera 9 47000 Karlovac</p>
Projektirao:	Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Razradio:	Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Crtao:	Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Pregledao:				
Napomena:			Sadržaj:	Mjerilo: -
Građevina:	PROIZVODNO POSLOVNA ZGRADA Cehovska bb, 42000 Varaždin čk.br. 10301, ko Varaždin		TOPLINSKE PODSTANICE - SHEMA HLAĐENJE	List broj.: 3 / 10

# TLOCRT PRIZEMLJA



Čveni za podno hladenje su vrste podgriplanske PP-R Euroval čveni, stabilne na visoke temperature, otporne na koroziju, vertikalne, nepropadne za vodu, ekstrudirane bez razreznih materijala. Čveni su predviđeni za grupno i toplu vodu, predviđeni za grupno i toplu vodu, bez dodatnih napajanja (prema normi EN12878 B5154). Proizvođač: HANDBESTER, Austrija. Tip: ANSOVAL Ø20x2 mm.

Čveni za podno grijanje su vrste podgriplanske PP-R Euroval čveni za podno grijanje, stabilne na visoke temperature, otporne na koroziju, horizontalne, nepropadne za vodu, ekstrudirane bez razreznih materijala, stabilne. Čveni predviđeni za grupno i toplu vodu, predviđeni za grupno i toplu vodu, bez dodatnih napajanja. Proizvođač: HANDBESTER, Austrija. Tip: EUROVAL Ø20x17 mm.

- VK1 Kazeni ventilator Osmoconline izvedba za grijanje i hladenje proizvod kas.
- VK2 Kazeni ventilator Osmoconline izvedba za grijanje i hladenje proizvod kas.
- VK3 Kazeni ventilator Osmoconline izvedba za grijanje i hladenje proizvod kas.

NAPOBENAR: ODVOJAK KONDENZATA IZ SVIH VENTILACIONIH JEDINICA CE SE PLOŠEŠTI PROJEKTOM HIDROINSTALACIJA

— podno grijanje, naziv u podu  
 — ventilaciono-kazeni grijanje, naziv u spošćenom stropu  
 — ventilaciono-kazeni hladenje, naziv u spošćenom stropu

Ime i prezime:	Datum:	Potpis:	Veleučilište u Karlovcu Trg J. J. Strossmayera 9 47000 Karlovac
Projektklas:	20. 7. 2020		
Razradio:	20. 7. 2020		
Crtao:	20. 7. 2020		
Pregledao:			Mjerto: 1 : 125 List broj: 4 / 10
Napomena: PROJEKTO POŠLOVA IZJAVA Gradovinska: Cetinska bb. 42000 Vrsaljci b.kr. 10301, lo Vrsaljci			

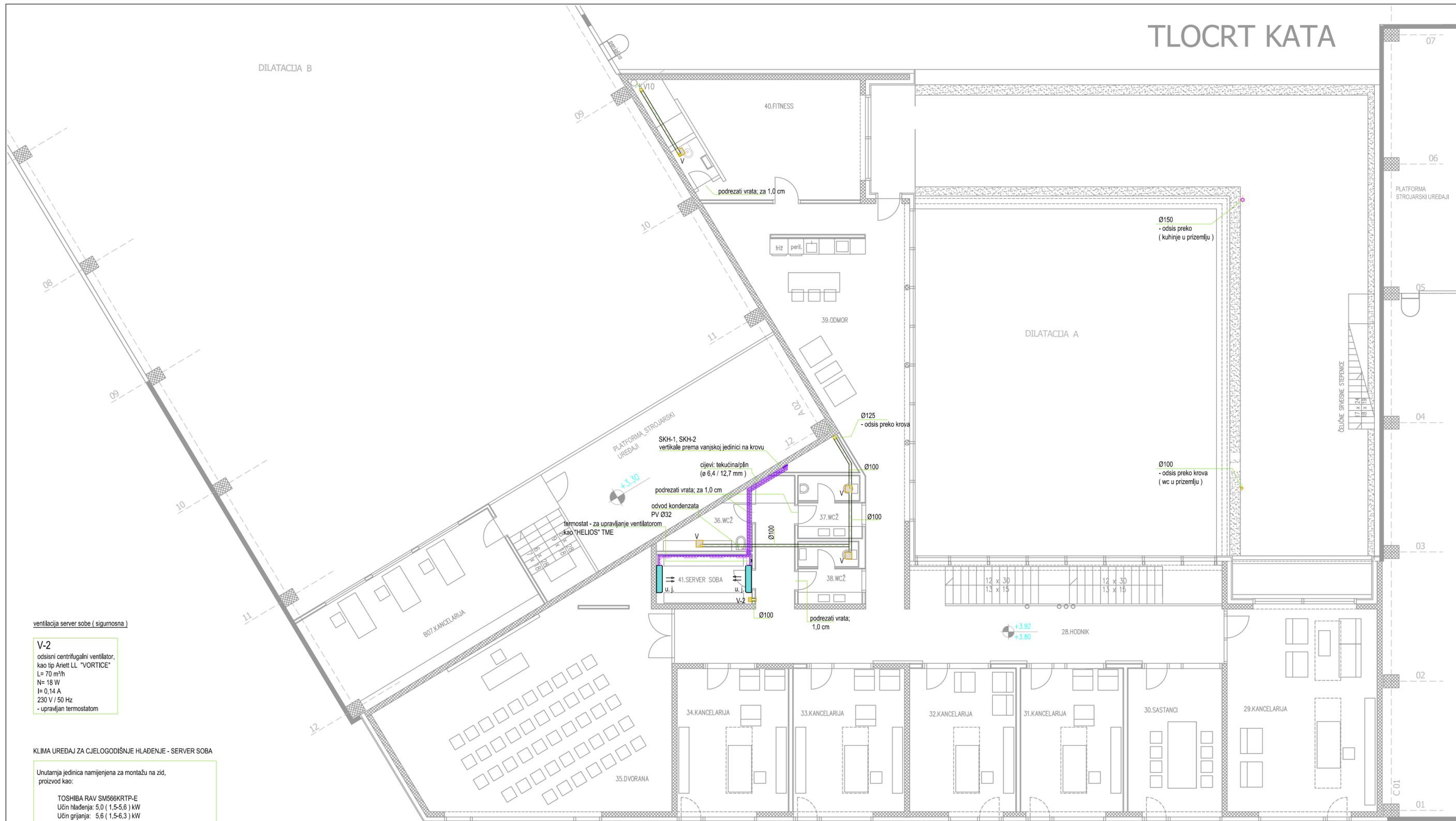








# TLOCRT KATA



## ventilacija server soobe (sigurnosna)

**V-2**  
odsisni centrifugalni ventilator,  
kao tip Ariett LL "VORTICE"  
L= 70 m<sup>3</sup>/h  
N= 18 W  
I= 0,14 A  
230 V / 50 Hz  
- upravljani termostatom

## KLIMA UREDAJ ZA CJelogodišnje Hlađenje - SERVER SOBA

Unutarnja jedinica namijenjena za montažu na zid,  
proizvod kao:

TOSHIBA RAV SM566KRTP-E  
Učin hlađenja: 5.0 ( 1,5-5,6 ) kW  
Učin grijanja: 5,6 ( 1,5-6,3 ) kW  
Kol. zraka (max.): 840 m<sup>3</sup>/h  
Dimenzije: VxŠxD: 320 / 1050 / 228 mm  
Težina uređaja: 12 kg  
Infracrveni daljinski upravljač

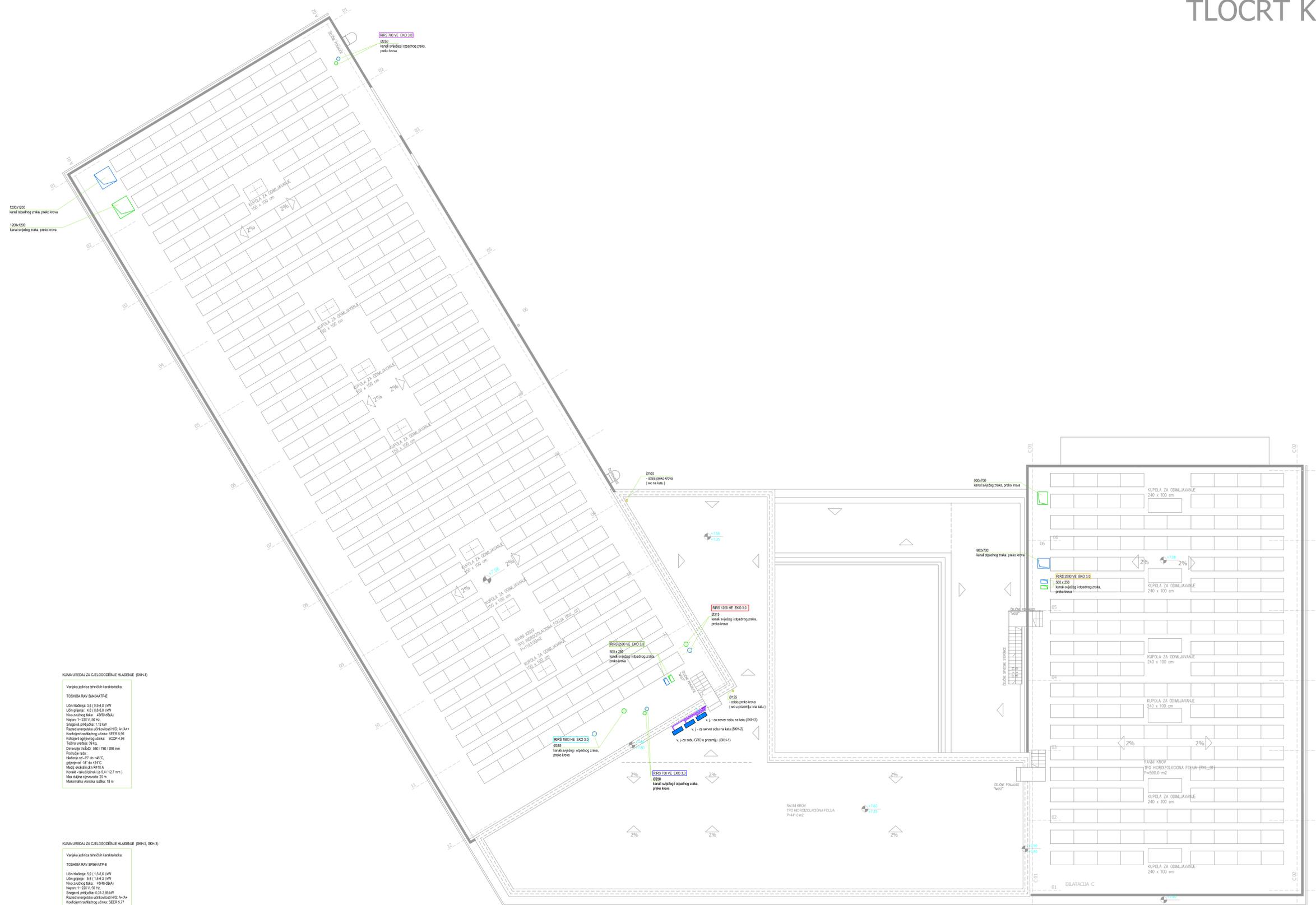
## ventilacija sanitarna

### V

tih kupaoški ventilator za podzbučnu ugradnju u strop ili zid, komplet s automatikom za uključivanje preko prekidača svjetla, odgođenim početkom rada od 45s i isključivanje 6, 15 ili 21 minutu (podesivo) nakon isključivanja svjetla.  
Uz ventilator se isporučuje kućište za podzbučnu ugradnju ELS-GU s nepovratnom zaklopom za sprečavanje ulaska vanjskog zraka.  
Ventilator je opremljen permanentnim perivim filterom kojeg je moguće prati u perlici posuda i indikatorom zaprjivosti filtera.  
- proizvod kao Helios, tip ELS-VN 60  
- protok zraka, V=60 m<sup>3</sup>/h  
- raspoloživi statički tlak, H=240 Pa  
- Nel=18 W, 230V/50Hz  
- nivo zvučnog tlaka kod 10m2 ekvivalentne apsorbirajuće površine, Lpa=35 dB  
- dimenzija kućišta 262x262x95 mm  
- priključna dimenzija: Ø77 mm

Ime i prezime:	Datum:	Potpis:	 <p>Veleučilište u Karlovcu Trg J. J. Strossmayera 9 47000 Karlovac</p>
Projektirao: Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Razradio: Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Crtao: Draženko Gavrančić	20. 7. 2020		
Pregledao:			
Napomena:	Sadržaj:		
Građevina: PROIZVODNO POSLOVNA ZGRADA Cehovska bb, 42000 Varaždin č.k.br. 10301/6, ko Varaždin	TLOCRT KATA – ODSISNA VENTILACIJA I CJelogodišnje Hlađenje		Mjerilo: 1 : 125 List broj: 9 / 10

# TLOCRT KROVNIH PLOHA



**KUMA UREĐAJ ZA CIELOODNOŠENJE HLADNENE (BPH-1)**

Varijanta jedinica navedenih karakteristika:

**TOŠNIBA RAVI SPISALATPE**

Učin hladnja: 0.6 (0.6-0.1) kW  
 Učin grijanja: 0.2 (0.8-0.1) kW  
 Nivo zvučnog tlaka: 40 (40-45) dB(A)  
 Napon: 1-220 V, 50 Hz  
 Snaga el. potrošnja: 1.12 kW  
 Razred energetske učinkovitosti: HGS, A++  
 Koeficijent neravnotežnog učinka: SEER 5.06  
 Koeficijent oporavka učinka: SCOP 4.06  
 Težina uređaja: 39 kg  
 Dimenzije (Š x D x V): 180 / 180 / 200 mm  
 Područje rada:  
 Hladnja od: -15 do +40°C  
 grijanje od: -15 do +10°C  
 Medij: R410A  
 Konektori: vakuumski (p 6.4 i 12.7 mm)  
 Max. duljina cijevnosti: 30 m  
 Maksimalna visinska razlika: 15 m

**KUMA UREĐAJ ZA CIELOODNOŠENJE HLADNENE (BPH-2, BPH-3)**

Varijanta jedinica navedenih karakteristika:

**TOŠNIBA RAVI SPISALATPE**

Učin hladnja: 0.5 (1.5-0.1) kW  
 Učin grijanja: 0.8 (1.5-0.1) kW  
 Nivo zvučnog tlaka: 40 (40-45) dB(A)  
 Napon: 1-220 V, 50 Hz  
 Snaga el. potrošnja: 0.12 (0.12) kW  
 Razred energetske učinkovitosti: HGS, A++  
 Koeficijent neravnotežnog učinka: SEER 5.17  
 Koeficijent oporavka učinka: SCOP 4.10  
 Težina uređaja: 40 kg  
 Dimenzije (Š x D x V): 180 / 180 / 200 mm  
 Područje rada:  
 Hladnja od: -15 do +40°C  
 grijanje od: -15 do +10°C  
 Medij: R410A  
 Konektori: vakuumski (p 6.4 i 12.7 mm)  
 Max. duljina cijevnosti: 30 m  
 Maksimalna visinska razlika: 20 m

Ime i prezime:	Datum:	Potpis:	 Veleučilište u Karlovcu Trg J. J. Strossmayera 9 47000 Karlovac
Projektirao:	20. 7. 2020		
Razradio:	20. 7. 2020		
Crtao:	20. 7. 2020		
Pregledao:			
Napomena: Gradjevina: PRIZEMNO POSLOVNA ZGRADA Cesta/bilažnica: 42000 Varoš Okr.: 10301, ko Varoš		Sačinjavaj: TLOCRT KROVA - VENTILACIJA, REKUPERACIJA I CIELOODNOŠENJE HLADNENE	Mjerilo: 1:125 List broj: 10 / 10