

Projekt sustava klimatizacije trgovine

Vrdoljak-Colo, Roko

Master's thesis / Diplomski rad

2017

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje***

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:191944>

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

*Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-13***

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Roko Vrdoljak-Colo

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

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

Student:

Roko Vrdoljak-Colo

Zagreb, 2017.

IZJAVA

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

Roko Vrdoljak-Colo

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru, prof. dr. sc. Igoru Balenu, na stručnim savjetima i pruženoj pomoći.

Posebne zahvale zaposlenicima tvrtke Damax projekt, čiji su savjeti doprinijeli izradi ovog diplomskog rada.

Na posljetku, neizmjerno se zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je pružila moralnu i financijsku potporu i time olakšala proces studiranja.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:

procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Roko Vrdoljak Colo** Mat. br.: 0035191535

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava klimatizacije trgovine**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of air-conditioning system for department store**

Opis zadatka:

U ovom radu, potrebno je izraditi projekt sustava klimatizacije u zračno-vodenoj izvedbi za potrebe trgovine kozmetičkim proizvodima s pratećim prostorima, korisne površine 1900 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi.

Trgovina se nalazi u sklopu trgovačkog centra te za nju treba predvidjeti vlastitu toplinsku/rashladnu stanicu i strojarnicu klimatizacije, smještene na ravnom krovu. Kao izvor topline, predvidjeti dizalicu topline zrak-voda.

Trgovina se nalazi na području grada Rijeke.

Na raspolaganju su energetski izvori:

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

Rad treba sadržavati:

- analizu sustava klimatizacije prodajnih prostora s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko i ljetno razdoblje,
- tehničko rješenje toplinske i rashladne stanice te klima strojarnice,
- toplinsku i količinsku bilancu razvoda vode sustava klimatizacije,
- toplinsku i količinsku bilancu razvoda zraka sustava klimatizacije,
- hidraulički proračun cijevne mreže ogrjevnog i rashladnog medija te kanalnog razvoda zraka,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- . tehnički opis sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu automatske regulacije,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

28. rujna 2017.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Datum predaje rada:

30. studenog 2017.

Predviđeni datum obrane:

6., 7. i 8. prosinca 2017.

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

| | |
|------------------------------------|-----|
| POPIS SLIKA | III |
| POPIS TABLICA..... | IV |
| POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE | V |
| POPIS OZNAKA | VI |
| SAŽETAK..... | IX |
| SUMMARY | X |

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. ANALIZA SUSTAVA KLIMATIZACIJE PRODAJNIH PROSTORA S OSNOVNIM SHEMAMA..... | 2 |
| 3. OPIS ZGRADE | 5 |
| 4. TOPLINSKA BILANCA TRGOVINE ZA ZIMSKO I LJETNO RAZDOBLJE | 6 |
| 4.1 PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA PREMA HRN EN 12831 | 7 |
| 4.2 PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA PREMA VDI 2078 | 11 |
| 5. DIMENZIONIRANJE ZRAČNOG SUSTAVA | 15 |
| 5.1 VENTILACIJSKI ZAHTJEVI | 16 |
| 5.2 DIMENZIONIRANJE KANALSKOG RAZVODA..... | 20 |
| 5.2.1 Dobavni i odsisni otvori..... | 20 |
| 5.2.2 Regulatori protoka | 25 |
| 5.2.3 Padovi tlaka kritičnih dionica kanalskog razvoda | 27 |
| 5.2.4 Odsisni kanalski ventilator..... | 30 |
| 5.3 DIMENZIONIRANJE I ODABIR KLIMATIZACIJSKIH JEDINICA | 31 |
| 5.3.1 Priprema zraka za prodajni prostor | 33 |
| 5.3.2 Priprema zraka za pomoćne prostorije..... | 35 |
| 5.3.3 Odabir klimatizacijske jedinice za prodajni prostor | 39 |
| 5.3.4 Odabir rekuperatorske jedinice za pomoćne prostorije..... | 44 |
| 6. DIMENZIONIRANJE VODENOG SUSTAVA..... | 46 |
| 6.1 DIMENZIONIRANJE OGRJEVNIH/RASHLADNIH TIJELA | 46 |
| 6.2 ODABIR IZVORA OGRJEVNOG I RASHLADNOG UČINA..... | 49 |
| 6.2.1 Prodajni prostor..... | 50 |
| 6.2.2 Pomoćne prostorije | 54 |
| 6.3 HIDRAULIČKI PRORAČUN CIJEVNE MREŽE I ODABIR PUMPI..... | 55 |
| 6.3.1 Prodajni prostor..... | 55 |
| 6.3.2 Pomoćne prostorije | 62 |
| 6.4 DIMENZIONIRANJE I ODABIR EKSPANZIJSKE POSUDE | 66 |
| 7. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA | 69 |
| 7.1 GRIJANJE/HLAĐENJE..... | 69 |
| 7.1.1 Prodajni prostor..... | 69 |
| 7.1.2 Pomoćne prostorije | 70 |
| 7.2 VENTILACIJA..... | 71 |
| 7.2.1 Prodajni prostor..... | 71 |

| | | |
|-------|--------------------------|----|
| 7.2.2 | Pomoćne prostorije | 72 |
| 8. | ZAKLJUČAK..... | 74 |
| | LITERATURA..... | 75 |
| | PRILOZI..... | 76 |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 2.1 – Centralna priprema zraka s odvojenim ventilokonvektorima [2] | 2 |
| Slika 3.1 – Tlocrt trgovine..... | 5 |
| Slika 4.1 – Postupak proračuna toplinskog opterećenja grijane prostorije [5]..... | 7 |
| Slika 5.1 – Prikaz ulaznih parametara prilikom dimenzioniranja dobavnih otvora | 21 |
| Slika 5.2 – Dobavni i odsisni otvor za prostor prodaje FD-Q..... | 23 |
| Slika 5.3 – Dobavni otvor za prostor skladišta RA-0-ZR/250 | 23 |
| Slika 5.4 – Odsisna rešetka za prostor skladišta TRS-R/325x75 | 23 |
| Slika 5.5 – Dobavni i odsisni otvor za pomoćne prostorije DQJA | 24 |
| Slika 5.6 – Odsisni otvor za sanitарне prostorije ZOV | 24 |
| Slika 5.7 – Odabrani varijabilni regulator protoka RVP-C..... | 25 |
| Slika 5.8 – Regulator konstantnog protoka RKP-C | 26 |
| Slika 5.9 – Regulator konstantnog protoka KVR-R..... | 26 |
| Slika 5.10 – Odsisni kanalski ventilator KVO 160 s prikazom radne točke | 30 |
| Slika 5.11 – Osnovne komponente klimatizacijske jedinice prodajnog prostora | 31 |
| Slika 5.12 – Osnovne komponente rekuperatorske jedinice pomoćnih prostorija..... | 31 |
| Slika 5.13 – Proces pripreme zraka prodajnog prostora za ljetni i zimski režim rada | 34 |
| Slika 5.14 – Proces pripreme zraka pomoćnih prostorija za ljetni i zimski režim rada | 38 |
| Slika 5.15 – Klimatizacijska jedinica za pripremu zraka prodajnog prostora..... | 39 |
| Slika 5.16 – Protukišna rešetka klima jedinice Geniox Comfort 20DR..... | 40 |
| Slika 5.17 – Regulacijska žaluzina klima jedinice Geniox Comfort 20DR | 40 |
| Slika 5.18 – Vrećasti filter klima jedinice Geniox Comfort 20DR | 40 |
| Slika 5.19 – Prigušivač zvuka klima jedinice Geniox Comfort 20DR..... | 41 |
| Slika 5.20 – Prazna sekcija klima jedinice Geniox Comfort 20DR | 41 |
| Slika 5.21 – Inspekcijska sekcija klima jedinice Geniox Comfort 20DR..... | 41 |
| Slika 5.22 – Sorpcijski rotirajući regenerator klima jedinice Geniox Comfort 20DR | 42 |
| Slika 5.23 – Grijач/Hladnjak klima jedinice Geniox Comfort 20DR | 42 |
| Slika 5.24 – Dobavni/odsisni ventilator klima jedinice Geniox Comfort 20DR | 43 |
| Slika 5.25 – Odabrana podstropna rekuperatorska jedinica za pomoćne prostorije | 44 |
| Slika 6.1 – Kazetni ventilokonvektori FCLI [9] | 46 |
| Slika 6.2 – Parapetni ventilokonvektori FCX [9]..... | 46 |
| Slika 6.3 – Dizalica topline NRL0650 zrak-voda za prostor prodaje [9]..... | 50 |
| Slika 6.4 – Linija ledišta otopine etilen-glikola u vodi [10]..... | 51 |
| Slika 6.5 – Radno područje dizalice topline prodajnog prostora za period grijanja | 52 |
| Slika 6.6 – Radno područje dizalice topline prodajnog prostora za period hlađenja | 53 |
| Slika 6.7 – Dizalica topline zrak-voda za pomoćne prostorije [11] | 54 |
| Slika 6.8 – Dodatni hidroblok za dizalicu topline zrak-voda pomoćnih prostorija [11] | 54 |
| Slika 6.9 – Radne karakteristike pumpe koja dolazi u sklopu hidrobloka dizalice topline prodajnog prostora (linija 650HE) [9] | 56 |
| Slika 6.10 – Pumpa sekundarnog kruga razdjelnik-ventilokonvektori-sabirnik | 58 |
| Slika 6.11 – Radna točka pumpe sekundarnog kruga razdjelnik-ventilokonvektori-sabirnik | 59 |
| Slika 6.12 – Pumpa sekundarnog kruga razdjelnik-klima jedinica-sabirnik | 60 |
| Slika 6.13 – Radna točka pumpe sekundarnog kruga razdjelnik-klima jedinica-sabirnik | 61 |
| Slika 6.14 – Pumpa kruga hidroblok dizalice topline-spremnik | 62 |
| Slika 6.15 – Radna točka pumpe kruga hidroblok dizalice topline-spremnik | 63 |
| Slika 6.16 – Radna točka pumpe kruga potrošača | 65 |
| Slika 6.17 – Membranska ekspanzijska posuda za voden sustav pomoćnih prostorija | 68 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 4.1 – Koeficijenti prolaza topline | 6 |
| Tablica 4.2 – Rezultati proračuna toplinskih gubitaka prostorija | 10 |
| Tablica 4.3 – Vršno toplinsko opterećenje pojedinih prostorija u različitim vremenskim trenucima | 13 |
| Tablica 4.4 – Ukupno projektno toplinsko opterećenje za četiri projektna dana - zona 1 | 14 |
| Tablica 4.5 – Ukupno projektno toplinsko opterećenje za četiri projektna dana - zona 2 | 14 |
| Tablica 5.1 – Minimalni ventilacijski zahtjevi prema broju osoba [7] | 16 |
| Tablica 5.2 – Proračun volumnog protoka vanjskog zraka za potrebe ventilacije..... | 18 |
| Tablica 5.3 – Odabrani volumni protoci vanjskog zraka za potrebe ventilacije | 19 |
| Tablica 5.4 – Popis odabranih dobavnih otvora s pripadajućim padom tlaka..... | 22 |
| Tablica 5.5 – Popis odabranih odsisnih otvora s pripadajućim padom tlaka | 22 |
| Tablica 5.6 – Kataloške vrijednosti regulatora varijabilnog protoka RVP-C | 25 |
| Tablica 5.7 – Kritična dionica dobavnog i odsisnog kanalskog razvoda prodaje | 27 |
| Tablica 5.8 – Kritična dionica dobavnog i odsisnog kanalskog razvoda pomoćnih prostorija | 28 |
| Tablica 5.9 – Kritična dionica odsisnog kanalskog razvoda sanitarnih prostorija..... | 29 |
| Tablica 5.10 – Korigirana potreba za hlađenjem prostorija (vršna opterećenja) | 36 |
| Tablica 5.11 – Korigirana potreba za ukupnim hlađenjem pomoćnih prostorija (ukupno toplinsko opterećenje) | 37 |
| Tablica 6.1 – Potreban i instalirani toplinski učin ventilokonvektora..... | 47 |
| Tablica 6.2 – Dimenzioniranje ventilokonvektora | 48 |
| Tablica 6.3 – Pad tlaka kruga dizalica topline-razdjelnik/sabirnik (prodajni prostor)..... | 56 |
| Tablica 6.4 – Pad tlaka kruga razdjelnik-ventilokonvektori-sabirnik (prodajni prostor)..... | 57 |
| Tablica 6.5 – Pad tlaka sekundarnog kruga razdjelnik-klima jedinica-sabirnik | 60 |
| Tablica 6.6 – Pad tlaka kruga hidroblok dizalice topline-spremnik..... | 62 |
| Tablica 6.7 – Pad tlaka kruga potrošača | 64 |
| Tablica 6.8 – Ukupni volumen vode u komponentama vodenog sustava prodajnog prostora. | 67 |
| Tablica 6.9 – Ukupni volumen vode u komponentama vodenog sustava pomoćnih prostorija | 68 |

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

- | | |
|----------|---|
| CRTEŽ 1 | Dispozicija opreme – tlocrt trgovine |
| CRTEŽ 2 | Dispozicija opreme – tlocrt ravnog krova |
| CRTEŽ 3 | Funkcionalna shema spajanja i shema automatske regulacije vodenog sustava prodajnog prostora |
| CRTEŽ 4 | Funkcionalna shema spajanja i shema automatske regulacije vodenog sustava pomoćnih prostorija |
| CRTEŽ 5 | Funkcionalna shema ventilacije prodajnog prostora |
| CRTEŽ 6 | Funkcionalna shema ventilacije pomoćnih prostorija |
| CRTEŽ 7 | Izometrijski prikaz vodenog sustava prodajnog prostora |
| CRTEŽ 8 | Izometrijski prikaz vodenog sustava pomoćnih prostorija |
| CRTEŽ 9 | Izometrijski prikaz zračnog sustava prodajnog prostora |
| CRTEŽ 10 | Izometrijski prikaz zračnog sustava pomoćnih prostorija |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|---------------------|-----------------------------------|---|
| Φ_i | W | Projektni toplinski gubici prostorije |
| $\Phi_{T,i}$ | W | Projektni transmisijski gubici topline prostorije |
| $\Phi_{V,i}$ | W | Projektni ventilacijski gubici topline prostorije |
| $H_{T,ie}$ | W/K | Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu |
| $H_{T,iue}$ | W/K | Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu |
| $H_{T,ig}$ | W/K | Stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu |
| $H_{T,ij}$ | W/K | Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature |
| $H_{V,i}$ | W/K | Koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka |
| $\vartheta_{int,i}$ | °C | Unutarnja projektna temperatura grijanog prostora |
| ϑ_e | °C | Vanjska projektna temperatura |
| $\Phi_{RH,i}$ | W | Toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja |
| A_i | m ² | Površina poda grijanog prostora sa ½ debljine zidova |
| f_{RH} | W/m ² | Korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida rada |
| $\Phi_{HL,i}$ | W | Toplinsko opterećenje grijane prostorije |
| \dot{V}_o | m ³ /h | Volumni protok vanjskog zraka |
| N | - | Broj osoba |
| $\dot{V}_{o,p}$ | m ³ /h | Volumni protok vanjskog zraka po osobi |
| ACH | h ⁻¹ | Broj izmjena zraka po satu |
| V | m ³ | Volumen prostorije |
| Φ_2 | - | Stupanj povrata osjetne topline |
| t_{22} | °C | Temperatura vanjskog zraka na izlazu iz regeneratora |
| t_{21} | °C | Temperatura vanjskog zraka na ulasku u regenerator |
| t_{11} | °C | Temperatura unutarnjeg zraka na ulasku u regenerator |
| Ψ_2 | - | Stupanj povrata vlage |
| x_{22} | kg _w /kg _{sz} | Sadržaj vlage vanjskog zraka na izlazu iz regeneratora |
| x_{21} | kg _w /kg _{sz} | Sadržaj vlage vanjskog zraka na ulasku u regenerator |
| x_{11} | kg _w /kg _{sz} | Sadržaj vlage unutarnjeg zraka na ulasku u regenerator |
| Φ_{gr} | W | Potreban ogrjevni učin grijaća |
| Φ_{hl} | W | Potreban rashladni učin hladnjaka |
| \dot{V}_{VZ} | m ³ /s | Volumni protok vanjskog zraka |
| ρ_z | kg/m ³ | Gustoća zraka |
| c_p | J/kgK | Specifični toplinski kapacitet |
| $\Delta\vartheta_z$ | °C | Temperaturna razlika zraka prije i poslije grijaća |

| | | |
|----------------------|-------|--|
| Δh_z | J/kg | Razlika specifičnih entalpija zraka |
| W1 | - | Projektno vanjsko stanje zraka za zimsko razdoblje |
| W2 | - | Stanje zraka po izlasku iz regeneratora, zima |
| W3 | - | Stanje zraka po izlasku iz grijачa, zima |
| W4 | - | Projektno unutarnje stanje zraka za zimsko razdoblje |
| S1 | - | Projektno vanjsko stanje zraka za ljetno razdoblje |
| S2 | - | Stanje zraka po izlasku iz regeneratora, ljeto |
| S3 | - | Stanje zraka po izlasku iz hladnjaka, ljeto |
| S4 | - | Stanje zraka iza ventilatora, ljeto |
| S5 | - | Projektno unutarnje stanje zraka za ljetno razdoblje |
| $\Phi_{ventilacija}$ | W | Pokriveno ili uneseno toplinsko opterećenje ventilacijom |
| $\Phi_{CL,i}$ | W | Toplinsko opterećenje hlađene prostorije |
| $\Phi_{g,uk}$ | W | Ukupno instalirani toplinski učin grijanja |
| $\Phi_{h,uk}$ | W | Ukupno instalirani toplinski učin hlađenja |
| Φ_g | W | Toplinski učin grijanja ventilokonvektora |
| Φ_h | W | Toplinski učin hlađenja ventilokonvektora |
| $\vartheta_{z,g}$ | °C | Temperatura zraka po izlasku iz ventilokonvektora, grijanje |
| $\vartheta_{z,h}$ | °C | Temperatura zraka po izlasku iz ventilokonvektora, hlađenje |
| $\dot{V}_{w,g}$ | l/s | Volumni protok vode kroz ventilokonvektor, grijanje |
| $\dot{V}_{w,h}$ | l/s | Volumni protok vode kroz ventilokonvektor, hlađenje |
| $\Delta p_{w,g}$ | kPa | Pad tlaka na strani vode ventilokonvektora, grijanje |
| $\Delta p_{w,h}$ | kPa | Pad tlaka na strani vode ventilokonvektora, hlađenje |
| Br. | - | Broj dionice |
| L | m | Dužina dionice |
| Φ_{inst} | W | Ukupno instalirani kapacitet |
| \dot{m} | kg/s | Maseni protok |
| c_p | J/kgK | Specifični toplinski kapacitet |
| ϕD_{xs} | mm | Vanjski promjer cijevi x debljina stijenke cijevi |
| $\Sigma \zeta$ | - | Zbroj lokalnih koeficijenata pada tlaka |
| Z | Pa | Lokalni pad tlaka |
| R | Pa/m | Linijski pad tlaka iskazan po jednom metru cijevi (jedinični pad tlaka). |
| $V_{n,min}$ | l | Minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude |
| V_e | l | Volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda od 35°C |
| V_v | l | Dodatni volumen, uzima se oko 0,5% volumena vode u instalaciji, minimalno 3 litre |
| p_e | bar | Projektni krajnji tlak, povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila (kod sustava koji rade pri tlakovima |

| | | |
|-------|-----|--|
| | | manjim od 5 bara procjenjuje se na 0,5 bara ispod tlaka sigurnosnog ventila) |
| p_o | bar | Primarni tlak ekspanzijске posude (tlak plina prilikom isporuke) |
| n | % | Postotak širenja (dobije se linearnom interpolacijom između tabličnih vrijednosti za najvišu temperaturu polaza koja iznosi 35°C) |
| V_A | l | Ukupni volumen vode u sustavu |

SAŽETAK

Glavna tema ovog diplomskog rada je projektiranje klimatizacijskog sustava za prostor trgovine ukupne korisne površine 1900 m^2 . Trgovina se nalazi u sklopu trgovačkog centra na području grada Rijeke. Prostor trgovine dijeli se na dvije zone, prostor prodaje i pomoćne prostorije. Za svaku od navedenih zona uvodi se zaseban klimatizacijski sustav izведен u zračno-vodenoj izvedbi, međusobno neovisan.

Ukupni toplinski gubici i toplinska opterećenja trgovine u potpunosti se pokrivaju vodenim sustavom. Unutar vodenog sustava prodajnog prostora cirkulira otopina etilen-glikola s masenim udjelom od 25%. Kao ogrjevna/rashladna tijela predviđeni su ventilokonvektori u parapetnoj i stropnoj izvedbi. Temperaturni režim vode za grijanje iznosi $35/30^\circ\text{C}$. Za potrebe hlađenja cirkulira voda režima $7/12^\circ\text{C}$. Kao izvor topline koriste se dvije dizalice topline zrak-voda smještene na ravnom krovu trgovačkog centra.

Zračni sustavi trgovine koriste se za potrebe ventilacije i održavanja kvalitete zraka. Za zonu prodajnog prostora predviđena je vanjska klimatizacijska jedinica smještena na ravnom krovu. Klimatizacijska jedinica radi s promjenjivim protokom zraka. Projektni dobavni protok zraka iznosi $9600\text{ m}^3/\text{h}$, a odsisni protok $8600\text{ m}^3/\text{h}$. Za potrebe ventilacije pomoćnih prostorija ugrađuje se rekuperatorska jedinica podstropno u hodnik. Dobavni i odsisni protoci su konstantni i jednaki te iznose $950\text{ m}^3/\text{h}$. Sanitarne prostorije imaju zasebnu odsisnu ventilaciju s konstantnim protokom iznosa $250\text{ m}^3/\text{h}$. Odsisni ventilator uključuje se u rad s dobivenim signalom od senzora prisutnosti.

Uz tehničke proračune, koji definiraju izbor opreme, prilaže se funkcionalna shema spajanja sustava i shema automatske regulacije te crteži kojima se definira raspored i montaža opreme.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, ventilacija, klimatizacija, trgovina, trgovački centar, dizalica topline, ventilokonvektori

SUMMARY

The main topic of this master's thesis is the design of an air conditioning system, which is to be used in a department store with a total usable floor area of 1900 m². The department store is located within a shopping mall in the city of Rijeka. The interior of the store is divided into two zones, a sales zone and an auxiliary rooms zone. Each of these two zones has its own separate air-water air conditioning system.

Both the total heat losses and heat loads of the department store are fully covered by the water system. Within the sales zone water distribution system, a solution of ethylene glycol is circulated with a by weight percentage of 25%. Cassette and floor fan coils are used as inside heating and cooling units. The temperature regime of water in heating mode is 35/30°C. For cooling purposes, water circulates at a temperature regime of 7/12°C. Two air to water heat pumps, located on the flat roof, are used for heating or cooling water.

Air systems of the department store are used for ventilation purposes and maintenance of interior air quality. Fresh air is delivered to the sales area by a central air handling unit, which is located on the flat roof. The supply air volume flow rate is 9600 m³/h, while the return volume flow rate is 8600 m³/h. For the auxiliary rooms ventilation purposes, a heat recovery unit is installed inside the corridors suspended ceiling. Both the supply and return air volume flow rates are constant and equal to 950 m³/h. The sanitary rooms have a separate exhaust ventilation with a constant volume flow rate of 250 m³/h. The duct fan is switched on by a signal from the presence sensor.

Alongside the technical calculations, which define the equipment choice, functional and control system schemes are attached, as well as drawings that define the arrangement and installation of the equipment.

Key words: heating, cooling, ventilation, air conditioning, department store, shopping mall, heat pump, fan coils

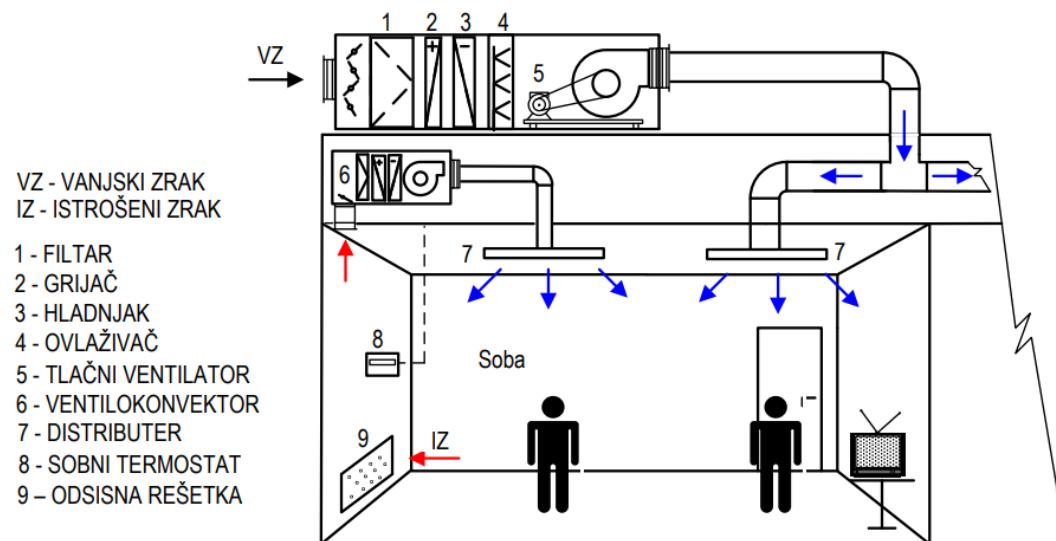
1. UVOD

U okviru trgovačkog centra, planira se uređenje jednog od postojećih lokala za potrebe zakupca. Potrebno je dati tehničko rješenje sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije. Prikazanim radom nastoji se odabratи energetski učinkovito i funkcionalno rješenje. Osim teme energetske efikasnosti sustava, velika pažnja se pridodaje temi toplinske ugodnosti. Toplinska ugodnost se definira kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša [1]. Na toplinsku ugodnost utječe temperatura zraka u prostoriji, temperature ploha prostorije, vlažnost zraka, strujanje zraka, razina odjevenosti, razina fizičke aktivnosti i ostali faktori kao što su npr. buka i kvaliteta zraka. Unutrašnji prostor trgovine dijeli se na prodajni prostor i pomoćne prostorije u kojima se mogu javiti različite potrebe za grijanjem ili hlađenjem. Razina fizičke aktivnosti se u navedenim prostorijama razlikuje. Može se pretpostaviti da ljudi u prodajnom prostoru imaju nešto veću razinu fizičke aktivnosti (hodanje) u odnosu na ljudi koji borave u pomoćnim prostorijama, gdje prevladava sjedenje na radnom mjestu. Ispunjene mogućih različitih zahtjeva na toplinsku ugodnost boravka u prostorima ostvaruje se razdvajanjem sustava trgovine na dvije zone.

Sustavom grijanja, ventilacije i klimatizacije nastoji se zadovoljiti toplinska ugodnost što većeg broja ljudi. Osjećaj toplinske ugodnosti je individualan i uvjetovan toplinskom ravnotežom tijela u odnosu na okoliš. Zadovoljiti zahtjeve svake osobe je teško, ali se postotak nezadovoljnih osoba treba držati ispod 10% (PPD indeks, eng. *Predicted Percentage of Dissatisfied*).

2. ANALIZA SUSTAVA KLIMATIZACIJE PRODAJNIH PROSTORA S OSNOVNIM SHEMAMA

Kako bi se primijenio odgovarajući sustav klimatizacije prodajnih prostora i kako bi se odabrala odgovarajuća oprema, potrebno je poznavati dostupne energetske izvore za sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije (GViK) i prostorna ograničenja (mogućnosti ugradnje opreme). Trgovine s raznovrsnim artiklima variraju po veličini i lokaciji, stoga se sustavi odabiru u ovisnosti o specifičnoj situaciji. Podjela klimatizacijskih sustava trgovine je na zračne i zračno-vodene sustave. Kod zračnih sustava cijelokupno toplinsko opterećenje se pokriva zrakom. U slučaju zračno-vodene izvedbe, pokrivanje toplinskih gubitaka i toplinskih opterećenja vrši se korištenjem vode kao ogrjevnog/rashladnog medija preko vodenog sustava koji ima kompaktnije dimenzije od zračnog. Najčešće korišteni krajnji elementi su ventilokonvektori (niskotlačni razvod) i induksijski uređaji (visokotlačni razvod) [2]. Vanjski zrak se priprema u centralnoj klimatizacijskoj jedinici uglavnom za pokrivanje ventilacijskih zahtjeva, ali može sudjelovati i u pokrivanju određenog iznosa toplinskog opterećenja. Na Sliku 2.1 prikazana je pojednostavljena shema zračno-vodenog sustava s centralnom pripremom zraka i odvojenim ventilokonvektorima.



Slika 2.1 – Centralna priprema zraka s odvojenim ventilokonvektorima [2]

Zračni sustav prodajnih prostora rješava se odabirom paketnih krovnih jedinica ili korištenjem centralnog sustava. Centralni sustavi se često koriste kod većih prodajnih prostora. Glavne razlike u konstrukciji i radnim karakteristikama između navedenih sustava su sljedeće [3]:

- Paketni sustavi uglavnom koriste izmjenjivač s direktnom ekspanzijom za kondicioniranje dobavnog zraka, dok centralni sustavi koriste vodene izmjenjivače u kojima cirkulira ogrjevna/rashladna voda.
- Izvor ogrjevnog/rashladnog učina nalazi se u sklopu paketne jedinice te je rad reguliran izlaznom temperaturom dobavnog zraka. Kod centralnih sustava, izvori ogrjevnog i rashladnog učina su obično zasebni sustavi sa zasebnom regulacijom, smješteni odvojeno od centralne zračne jedinice.
- Općenito, unutar paketnih jedinica koriste se nisko, srednje i visokoučinski filteri zraka, dok se u centralnim zračnim jedinicama koriste srednje i visokoučinski filteri.
- Paketne jedinice su već tvornički napravljene i složene, dok se kod centralnih jedinica klimatizacijska oprema projektira i proizvodi po narudžbi, prilagođena za smještaj i primjenu na konkretnoj građevini.
- Prednosti paketnih sustava, u odnosu na centralne sustave, obično su niži investicijski troškovi, manje zahtijevanog prostora za smještaj opreme, brža i jednostavnija ugradnja.

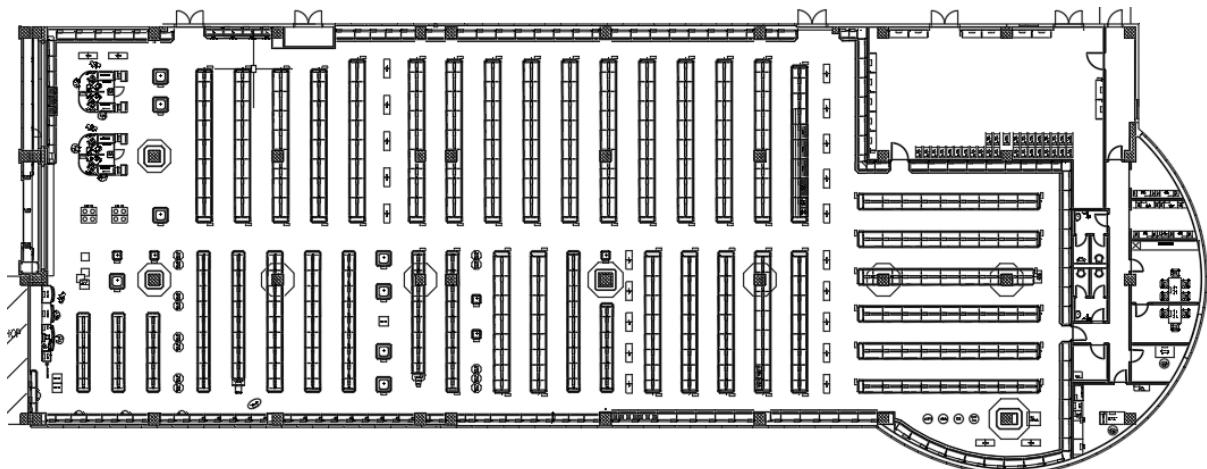
Za manje prodajne prostore, uglavnom se odabiru zračni sustavi s konstantnim protokom. U slučaju većih prodajnih prostora, gdje su i zahtijevani protoci veći, koriste se klimatizacijske jedinice s varijabilnim protokom zraka (*eng. VAV, Variable Air Volume*). Velika varijabilnost ljudi u prostoru prodaje tijekom radnog vremena opravdava korištenje VAV sustava. Značajne uštедe u pogonskim troškovima mogu se ostvariti promjenom brzine vrtnje ventilatora, odnosno varijabilnom regulacijom protoka vanjskog zraka u ovisnosti o unutarnjoj kvaliteti zraka. Osim uštede na pogonu ventilatora, ostvaruju se uštede i na toplinskoj energiji potrebnoj za dovodenje vanjskog zraka na željeno stanje ubacivanja, budući da su protoci manji [3]. U mnogim okolnostima, dobar indikator unutarnje kvalitete zraka je koncentracija CO₂. Osjetnik se može postaviti unutar prostorije na reprezentativnom mjestu ili unutar odsisnog kanala. Ukoliko se zrak dovodi u više odvojenih prostorija,

preporučuje se postavljanje osjetnika CO₂ zasebno za svaku prostoriju. Svaki od osjetnika upravlja regulatorom varijabilnog protoka koji se postavlja u dobavni kanal. Unutar prostora prodaje ne postoji striktan zahtjev za održavanjem točno određene vrijednosti relativne vlažnosti, ali bi ispravno projektiran i izведен sustav trebao održavati vlažnost oko $\varphi=50\%$ u ljetnom režimu rada. Sustavi ovlaživanja zraka unutar klimatizacijskih jedinica se rijetko koriste.

Odabir sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije je za prodajne prostore najviše uvjetovan ekonomskom računicom. Za male prodajne prostore, investicijski trošak je obično odlučujući faktor. Za veće prodajne prostore, u obzir se osim investicijskih troškova uzimaju i pogonski troškovi te troškovi održavanja [4].

3. OPIS ZGRADE

Trgovački centar nalazi se na području grada Rijeke i sastoji se od više poslovnih prostora. Poslovni prostor, koji je predmet ovog rada (Slika 3.1), nalazi se na etaži +5. Ukupna korisna površina trgovine iznosi 1900 m^2 . Osnovna djelatnost je trgovina kozmetičkim proizvodima i kućnim potrepštinama. Lokal je orijentiran prema centralnom prostoru trgovačkog centra s kojim je povezan staklenom stijenom, izlogom i rolo vratima. Tijekom radnog vremena, prostor prodaje je otvoren prema centralnom prostoru, a izvan radnog vremena se zatvara prozračnom podiznom rešetkom. Predmetni lokal svojom sjeverozapadnom stranom, koju čine ulazni portal lokala te izlog, graniči sa zajedničkim hodnikom trgovačkog centra. Sjeveroistočna, jugoistočna i jugozapadna strana dio su vanjske fasade trgovačkog centra. Granica prema susjednim prostorima definirana je vertikalnim gips-kartonskim zidovima debljine 20 cm, visine do nosive konstrukcije stropa. Što se tiče prostorne organizacije, najveći dio trgovine čini prostor prodaje koji se nalazi u središnjem dijelu cjelokupnog prostora lokala, koncipiran kao otvoreni prostor s regalima, izložbenim/prodajnim vitrinama i policama. U jugoistočnom dijelu trgovine, uz fasadu prodajnog centra, nalaze se prostori osoblja (garderobe, sanitarije, čajna kuhinja, uredi i spremište za čistačice), dok se u sjeveroistočnom dijelu poslovnog prostora nalazi skladište i tehnička prostorija.



Slika 3.1 – Tlocrt trgovine

4. TOPLINSKA BILANCA TRGOVINE ZA ZIMSKO I LJETNO RAZDOBLJE

Toplinska bilanca trgovine za zimsko i ljetno razdoblje bitna je s aspekta odabira ogrjevnih i rashladnih uređaja odgovarajućih kapaciteta. Proračun toplinskih gubitaka vrši se prema HRN EN 12831. U proračunu se uzimaju u obzir transmisijski i ventilacijski toplinski gubici kao i dodatni potrebnii kapacitet uslijed intermitentnog načina rada (rad s prekidima grijanja). Proračun toplinskih opterećenja računa se prema VDI 2078. U proračunu se uzimaju u obzir toplinski dobici transmisijom, infiltracijom te solarni i unutarnji dobici.

Za potrebe proračuna toplinskih bilanci, nužno je definirati fiziku zgrade, odnosno sastav poda, stropa, vanjskih i unutrašnjih zidova. Također, kao ulazni podatak bitna su svojstva prozora i vrata. U Tablica 4.1 prikazane su vrijednosti koeficijenta prolaza topline U ($W/(m^2 \cdot K)$) korištene u proračunu. Utjecaj toplinskih mostova uzima se u obzir povećanjem koeficijenta prolaza topline za svaki građevni dio oplošja zgrade za $\Delta U_{TM} = 0,05 W/(m^2 \cdot K)$.

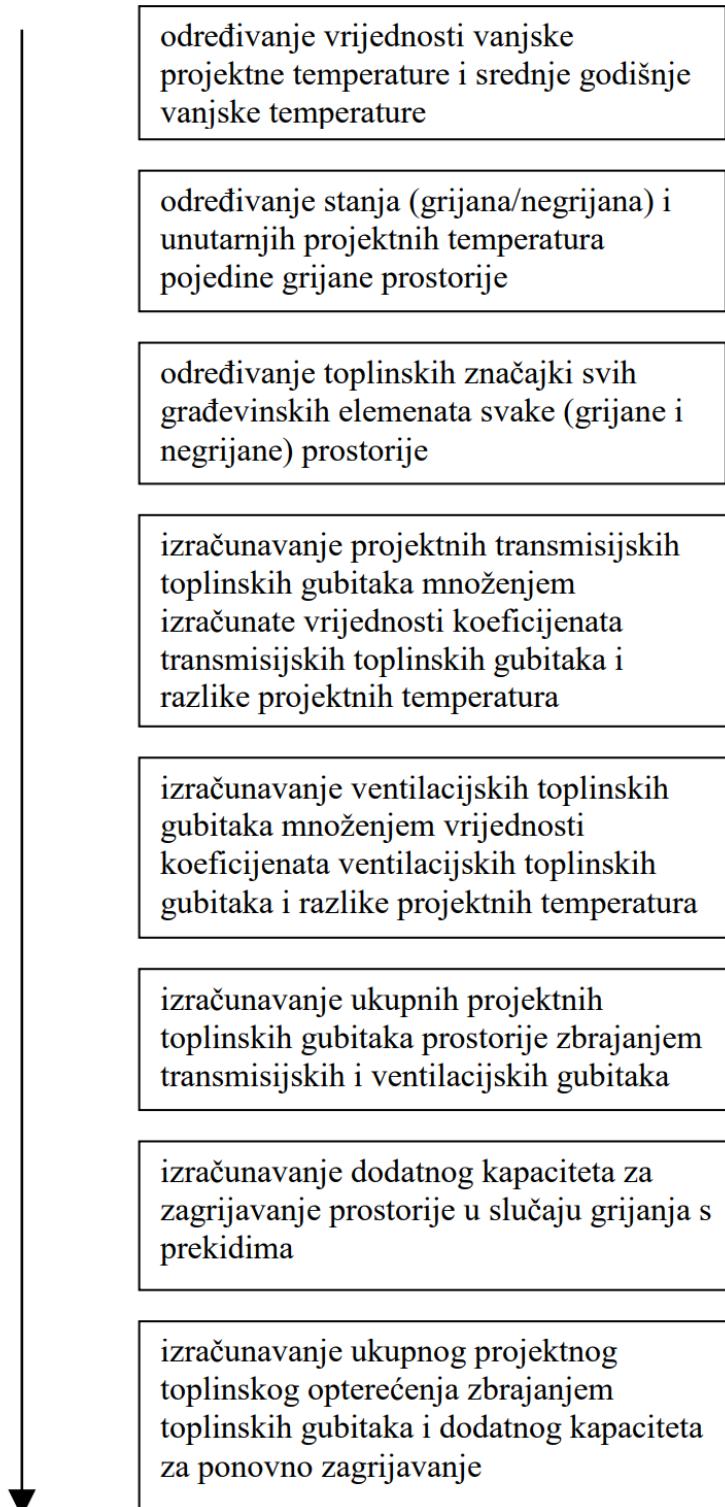
Tablica 4.1 – Koeficijenti prolaza topline

| Oznaka | Građevni element | U $W/(m^2 \cdot K)$ |
|--------|------------------|--------------------------|
| VZ | Vanjski zid | 0,3 |
| VP | Prozor | 1,6 |
| K | Ravni krov | 0,25 |
| VRV | Vrata vanjska | 2 |
| VRU | Vrata unutarnja | 2,2 |
| UZ | Unutarnji zid | 0,6 |

Korištene su vanjske projektne temperature za grad Rijeka (zima $-7,7^\circ C$, ljeto $+31,8^\circ C$). Unutarnje projektne temperature mogu se pronaći u tablicama proračuna toplinskih gubitaka i toplinskog opterećenja.

4.1 PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA PREMA HRN EN 12831

Redoslijed proračuna prema normi HRN EN 12831 opisuje Slika 4.1.



Slika 4.1 – Postupak proračuna toplinskog opterećenja grijane prostorije [5]

Projektni toplinski gubici prostorije računaju se kao zbroj projektnih transmisijskih gubitaka i projektnih ventilacijskih gubitaka topline prostorije:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (4.1)$$

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad (4.2)$$

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad (4.3)$$

| | | |
|---------------------|-----|---|
| Φ_i | W | Projektni toplinski gubici prostorije |
| $\Phi_{T,i}$ | W | Projektni transmisijski gubici topline prostorije |
| $\Phi_{V,i}$ | W | Projektni ventilacijski gubici topline prostorije |
| $H_{T,ie}$ | W/K | Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu |
| $H_{T,iue}$ | W/K | Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu |
| $H_{T,ig}$ | W/K | Stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu |
| $H_{T,ij}$ | W/K | Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature |
| $H_{V,i}$ | W/K | Koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka |
| $\vartheta_{int,i}$ | °C | Unutarnja projektna temperatura grijanog prostora |
| ϑ_e | °C | Vanjska projektna temperatura |

Proračunski izrazi za koeficijente transmisijskih i ventilacijskih gubitaka mogu se pronaći u normi [5].

Prostori s prekidima grijanja zahtijevaju dodatnu toplinu za zagrijavanje do projektne temperature prostorije nakon što se ona u periodu prekida grijanja snizi [5].

Toplina za zagrijavanje ovisi o:

- toplinskom kapacitetu elemenata građevine;
- vremenu zagrijavanja;
- temperaturnom padu tijekom prekida grijanja;
- svojstvima sustava regulacije.

Toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja računa se prema jednadžbi:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad (4.4)$$

| | | |
|---------------|---------|---|
| $\Phi_{RH,i}$ | W | Toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja |
| A_i | m^2 | Površina poda grijanog prostora sa $\frac{1}{2}$ debljine zidova |
| f_{RH} | W/m^2 | Korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i prepostavljenom padu temperature za vrijeme prekida rada |

Toplinsko opterećenje grijane prostorije računa se kao zbroj projektnih toplinskih gubitaka i dodatnog toplinskog toka potrebnog za zagrijavanje uslijed prekida grijanja:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} \quad (4.5)$$

| | | |
|---------------|---|--|
| $\Phi_{HL,i}$ | W | Toplinsko opterećenje grijane prostorije |
|---------------|---|--|

Kod proračuna toplinskih gubitaka, prostor spuštenog stropa je promatran kao negrijano područje. Temperatura zraka unutar spuštenog stropa izračunata je pojednostavljenom metodom. Pretpostavljeno je stacionarno stanje u kojem je suma toplinskih tokova kroz zidove jednaka nuli. Izračunata temperatura u prostoru spuštenog stropa iznosi $18,8^\circ\text{C}$. Izraz za izračun temperature je sljedeći:

$$\vartheta_{spušteni\ strop} = \frac{\sum_i (UA)_{int,i} \cdot \vartheta_{int,i} + \sum_j (UA)_{ue,j} \cdot \vartheta_e}{\sum_i (UA)_{int,i} + \sum_j (UA)_{ue,j}} \quad (4.6)$$

Za usporedbu je dodatno napravljen proračun toplinskih gubitaka, gdje se spušteni strop ne promatra kao zaseban (negrijan) prostor. Dobiveni iznos ukupnog toplinskog opterećenja je za 1,68% veći od iznosa dobivenog u proračunu gdje se spušteni strop promatra kao negrijani prostor. Na temelju dobivenog rezultata, može se zaključiti da u slučaju uvođenja pretpostavke zanemarivanja spuštenog stropa kao zasebnog prostora ne dolazi do velike pogreške. Računanje toplinskih gubitaka bez promatrana spuštenog stropa kao negrijanog prostora je jednostavniji proces, zahtjeva manje utrošenog vremena, dobiveno odstupanje smatra se zanemarivim te je stoga opravdan postupak za korištenje.

Rezultati proračuna toplinskih gubitaka prostorija prikazani su u Tablica 4.2.

Tablica 4.2 – Rezultati proračuna toplinskih gubitaka prostorija

| Oznaka | Prostorija | A _i | θ _{int,i,g} | Φ _{T,i} | Φ _{V,i} | Φ _{RH,i} | Φ _{HL,i} | q _{HL,i} |
|--------|----------------|----------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | m ² | °C | W | W | W | W | W/m ² |
| 1 | Prodaja | 1673,54 | 21 | 24403 | 29698 | 18409 | 72510 | 43 |
| 2 | Skladište | 142,34 | 15 | 1772 | 1545 | 1566 | 4883 | 34 |
| 3 | Hodnik 1 | 18,74 | 21 | 592 | 206 | 206 | 1004 | 54 |
| 4 | Garderoba M. | 10,98 | 24 | 795 | 308 | 121 | 1224 | 112 |
| 5 | Garderoba Ž. | 11,46 | 24 | 564 | 332 | 126 | 1022 | 89 |
| 6 | Čajna kuhinja | 20,32 | 21 | 567 | 213 | 224 | 1003 | 49 |
| 7 | Soba za odmor | 12,09 | 21 | 313 | 204 | 133 | 650 | 54 |
| 8 | Detektiv | 9,27 | 21 | 373 | 118 | 102 | 593 | 64 |
| 9 | Trezor | 22,26 | 21 | 1085 | 253 | 245 | 1583 | 71 |
| 10 | Soba/čistačice | 5,95 | 21 | 45 | 0 | 65 | 110 | 19 |
| 11 | WC ženski | 8,58 | 21 | 65 | 0 | 94 | 159 | 19 |
| 12 | WC muški | 8,58 | 21 | 84 | 0 | 94 | 178 | 21 |
| 13 | Hodnik 2 | 24,62 | 21 | 218 | 40 | 271 | 529 | 21 |
| Ukupno | | | | 30876 | 32918 | 21656 | 85449 | 43 |

Prostor prodaje i pomoćnih prostorija odjeljuje se na dva zasebna izvora topline. Za prostor prodaje potreban je ogrjevni učin od 72,51 kW, dok pomoćne prostorije zahtijevaju 12,94 kW.

4.2 PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA PREMA VDI 2078

Kako bi se mogli odabrati ventilokonvektori i dizalica topline zrak-voda odgovarajućeg rashladnog kapaciteta, potrebno je izvršiti proračun toplinskog opterećenja za vrijeme toplijih mjeseci kada se prostorije hlađe. Proračun toplinskog opterećenja u ljetnim mjesecima vrši se prema smjernici VDI 2078. Uzrok toplinskog opterećenja su vanjski i unutarnji dobitci. Pod vanjske dobitke ulaze toplinski dobitci kroz vanjske zidove, krov i prozore, solarni toplinski dobitci kroz ostakljenja zgrade, toplinski dobitci kroz pregradne zidove i unutarnja vrata te infiltracija vanjskog zraka u hlađeni prostor. Unutarnji dobitci mogu biti od osoba koje borave u prostoru, rasvjete, različite opreme i uređaja koje se nalaze unutar prostora [6].

Rezultati toplinskih opterećenja dobiveni su uz pomoć računalnog programa IntegraCAD u kojem se proračun vrši za nekoliko sati u projektnom danu u pojedinom mjesecu kako bi se pronašao dan i sat u kojem je zbroj komponenata toplinskih opterećenja najveći. Maksimalni zbroj komponenata toplinskog opterećenja u istom vremenskom trenutku čini projektno toplinsko opterećenje zone. Budući da se prodajni prostor i pomoćne prostorije odjeljuju na dva različita izvora rashladnog učina, toplinska opterećenja dviju zona računaju se zasebno.

Unutarnja projektna temperatura za sve prostorije za vrijeme hlađenja iznosi 24°C. Iznimka su prostorije WC-a koje se ne hlađe i nisu obuhvaćene ovim proračunom. Zrak se prisilnom ventilacijom ubacuje s temperaturom nižom od unutarnje projektne temperature, stoga nema osjetnih dobitaka uzrokovanih mehaničkom ventilacijom.

Ostali ulazni podaci:

- Vrijeme rada: 08:00 – 20:00 h
- Broj osoba (lagani rad):
 - Prodaja: 240
 - Garderoba M.: 3
 - Garderoba Ž.: 3
 - Čajna kuhinja: 5
 - Soba za odmor: 3
 - Detektiv: 1

- Trezor: 1
- Rasvjeta: 10 W/m^2
- Strojevi i oprema:
 - Prodaja: 2000W
 - Skladište: 1600W
 - Detektiv: 200W
 - Trezor: 200W

U Tablica 4.3 prikazani su rezultati vršnog toplinskog opterećenja pojedinih prostorija u različitim vremenskim trenucima. Navedeni rezultati omogućuju odabir rashladnih tijela odgovarajućih kapaciteta.

U Tablica 4.4 i Tablica 4.5 uneseni su rezultati ukupnog projektnog toplinskog opterećenja za četiri kritična dana za prostor prodaje i pomoćne prostorije (zona 1 i zona 2). Na temelju dobivenih rezultata toplinskog opterećenja (maksimalan zbroj komponenata toplinskog opterećenja u istom vremenskom trenutku) poznat je zahtijevani rashladni kapacitet rashladnika vode. Projektno toplinsko opterećenje za prodajni prostor iznosi 103,34 kW, dok za pomoćne prostorije iznosi 14,69 kW.

Tablica 4.3 – Vršno toplinsko opterećenje pojedinih prostorija u različitim vremenskim trenucima

| Oz. | Prostorija | A _i | ϑ _{int,i,h} | Φ _{suho} | Φ _{vlažno} | Φ _{ukupno} | q _{ukupno} | Datum i vrijeme |
|-----|----------------|----------------|----------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| | | m ² | °C | W | W | W | W/m ² | |
| 1 | Prodaja | 1673,54 | 24 | 94992 | 8352 | 103344 | 62 | 24. Kolovoz 15h |
| 2 | Skladište | 142,34 | 24 | 4339 | 0 | 4339 | 30 | 23. Srpanj 16h |
| 3 | Hodnik 1 | 18,74 | 24 | 781 | 0 | 781 | 42 | 22. Rujan 11h |
| 4 | Garderoba M. | 10,98 | 24 | 3640 | 96 | 3736 | 340 | 22. Rujan 10h |
| 5 | Garderoba Ž. | 11,46 | 24 | 2295 | 96 | 2391 | 209 | 22. Rujan 10h |
| 6 | Čajna kuhinja | 20,32 | 24 | 3168 | 160 | 3328 | 164 | 22. Rujan 10h |
| 7 | Soba za odmor | 12,09 | 24 | 1631 | 96 | 1727 | 143 | 22. Rujan 10h |
| 8 | Detektiv | 9,27 | 24 | 2337 | 32 | 2369 | 256 | 22. Rujan 10h |
| 9 | Trezor | 22,26 | 24 | 6883 | 33 | 6916 | 311 | 22. Rujan 12h |
| 10 | Soba/čistačice | 5,95 | 24 | 91 | 0 | 91 | 15 | 23. Srpanj 16h |
| 11 | WC ženski | 8,58 | - | - | - | - | - | - |
| 12 | WC muški | 8,58 | - | - | - | - | - | - |
| 13 | Hodnik 2 | 24,62 | 24 | 385 | 0 | 385 | 16 | 23. Srpanj 16h |

Tablica 4.4 – Ukupno projektno toplinsko opterećenje za četiri projektna dana - zona 1

| Oz. | Prostorija | A _i | Φ _{ukupno} | | | |
|-----|------------|----------------|---------------------|------------|---------------|-----------|
| | | m ² | 21. Lipanj | 23. Srpanj | 24. Kolovoz | 22. Rujan |
| 1 | Prodaja | 1673,54 | 96114 | 99026 | 103344 | 99923 |
| | Sat | h | 15 | 15 | 15 | 14 |
| | Ukupno | W | 96114 | 99026 | 103344 | 99923 |

Tablica 4.5 – Ukupno projektno toplinsko opterećenje za četiri projektna dana - zona 2

| Oz. | Prostorija | A _i | Φ _{ukupno} | | | |
|-----|----------------|----------------|---------------------|------------|-------------|--------------|
| | | m ² | 21. Lipanj | 23. Srpanj | 24. Kolovoz | 22. Rujan |
| 2 | Skladište | 142,34 | 4253 | 4260 | 4255 | 4119 |
| 3 | Hodnik 1 | 18,74 | 519 | 525 | 520 | 517 |
| 4 | Garderoba M. | 10,98 | 869 | 901 | 866 | 859 |
| 5 | Garderoba Ž. | 11,46 | 708 | 727 | 706 | 696 |
| 6 | Čajna kuhinja | 20,32 | 1134 | 1161 | 1132 | 1114 |
| 7 | Soba za odmor | 12,09 | 653 | 666 | 652 | 644 |
| 8 | Detektiv | 9,27 | 674 | 693 | 672 | 664 |
| 9 | Trezor | 22,26 | 2279 | 2602 | 3291 | 5636 |
| 10 | Soba/čistačice | 5,95 | 89 | 89 | 89 | 85 |
| 11 | WC ženski | 8,58 | - | - | - | - |
| 12 | WC muški | 8,58 | - | - | - | - |
| 13 | Hodnik 2 | 24,62 | 376 | 376 | 376 | 359 |
| | Sat | h | 15 | 15 | 15 | 14 |
| | Ukupno | W | 11554 | 12000 | 12559 | 14693 |

5. DIMENZIONIRANJE ZRAČNOG SUSTAVA

Zračni sustav se dimenzionira za potrebe dobave dovoljne količine svježeg vanjskog zraka za ljudе koji borave u prodajnom prostoru i pomoćnim prostorijama. Osiguravanje kvalitete zraka ventilacijom, neizostavan je faktor koji utječe na ugodnost boravka u zatvorenom prostoru. Minimalni protok dobavnog vanjskog zraka određuje se prema ventilacijskim zahtjevima (podnaslov 5.1).

Zračni sustav pomoćnih prostorija odjeljuje se od zračnog sustava prodajnog prostora. Ventilacija prodajnog prostora vrši se centralnom klimatizacijskom jedinicom smještenom na ravnom krovу, dok će se pomoćni prostori ventilirati podstropnom rekuperatorskom jedinicom smještenom u spuštenom stropu hodnika. Za sanitarnе prostorije predviđa se zasebna odsisna ventilacija s ugrađenim kanalskim ventilatorom.

Prije dobave zraka u prostorije, vanjski zrak se obrađuje po potrebi u klimatizacijskim jedinicama. U zimi, odnosno za vrijeme grijanja, zračni sustav se ne koristi u svrhu pokrivanja toplinskih gubitaka. Temperatura suhog termometra ubacivanog zraka je niža od unutarnje projektne temperature što uzrokuje ventilacijske gubitke. U periodu hlađenja, zbog procesa pripreme i odvlaživanja vanjskog zraka, konačna temperatura suhog termometra ubacivanog zraka će biti nešto niža od unutarnje projektne temperature te će se određeni dio osjetnog toplinskog opterećenja prostorije pokriti zrakom. Zrak se ubacuje s većim sadržajem vlage (u odnosu na unutarnje projektno stanje prostorija) što uzrokuje dodatna latentna opterećenja.

Za transport zraka se koriste zračni kanali u pravokutnoj, okrugloj i fleksibilnoj izvedbi. Kanali se dimenzioniraju prema projektnom protoku za postizanje odgovarajućih brzina strujanja i padova tlaka. Dobavni kanali se spajaju na istrujne otvore (stropne difuzore), dok se odsisni kanali spajaju na odsisne otvore. Za ostvarivanje prisilne ventilacije potrebno je dimenzionirati i odabrati odgovarajući ventilator koji pomaže pri svladavanju linijskih i lokalnih otpora strujanja zraka. Većim dobavnim protocima, u odnosu na odsisne, nastoji se održati pretlak u cijeloj trgovini.

5.1 VENTILACIJSKI ZAHTJEVI

Potrebna količina dobavnog ventilacijskog zraka može se odrediti prema broju osoba koje borave u prostoriji, prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača u zraku, prema broju izmjena zraka, prema izračunatim toplinskim opterećenjima za grijanje/hlađenje i prema zahtjevu za odvlaživanjem [6].

U ovom radu, minimalni ventilacijski zahtjevi se za prostorije u kojima borave ljudi računaju prema broju osoba koje borave u prostorijama, dok se u prostorijama u kojima ne borave ljudi proračun vrši prema preporučenom broju izmjena zraka po satu.

Proračun ventilacijskih zahtjeva prema broju osoba vrši se korištenjem jednadžbe:

$$\dot{V}_o = N \cdot \dot{V}_{o,p} \quad (5.1)$$

| | | |
|-----------------|-----------------------|--|
| \dot{V}_o | m^3/h | Volumni protok vanjskog zraka |
| N | - | Broj osoba |
| $\dot{V}_{o,p}$ | m^3/h | Volumni protok vanjskog zraka po osobi |

Pretpostavljeni broj osoba po kvadratnom metru i minimalni volumni protok vanjskog zraka po osobi prikazan je u Tablica 5.1. U proračun se ulazi s većim vrijednostima od minimalno zadanih. Ulazna vrijednost volumnog protoka vanjskog zraka po osobi iznosi $40 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tablica 5.1 – Minimalni ventilacijski zahtjevi prema broju osoba [7]

| Vrsta prostora | Okupiranost prostora | Min. volumni protok vanjskog zraka |
|------------------|---------------------------|--|
| | osoba/m^2 | $\text{L}/(\text{s} \cdot \text{osoba})$ |
| Prodajni prostor | 0,15 | 7,8 |
| Ured | 0,05 | 8,5 |
| Soba za odmor | 0,25 | 3,5 |
| Čajna kuhinja | 0,20 | 7,0 |

Proračun ventilacijskih zahtjeva prema broju izmjena zraka po satu vrši se korištenjem jednadžbe:

$$\dot{V}_o = ACH \cdot V \quad (5.2)$$

| | | |
|-------|-----------------|----------------------------|
| ACH | h^{-1} | Broj izmjena zraka po satu |
| V | m^3 | Volumen prostorije |

U Tablica 5.2 prikazane su dobivene vrijednosti proračuna volumnog protoka vanjskog zraka za potrebe ventilacije. Usvojene vrijednosti dobave i odsisa za pojedine prostorije prikazane su Tablica 5.3.

Tablica 5.2 – Proračun volumnog protoka vanjskog zraka za potrebe ventilacije

| Oznaka | Prostorija | Neto Površina | Volumen | Prema broju osoba | | | | Prema ACH | |
|--------|----------------|------------------|---------|-------------------|-----------------|-------------|----------|-----------|-------------|
| | | | | N | $\dot{V}_{o,p}$ | \dot{V}_o | *ACH | ACH | \dot{V}_o |
| | | m^2 | m^3 | m^3/h | m^3/h | h^{-1} | h^{-1} | | m^3/h |
| 1 | Prodaja | 1603,55 | 5371,9 | 240 | 40 | 9600 | 1,8 | - | - |
| 2 | Skladište | 135,07 | 607,8 | - | - | - | - | 0,7 | 425,5 |
| 3 | Hodnik 1 | 15,04 | 41,4 | - | - | - | - | 1 | 41,4 |
| 4 | Garderoba M. | 8,15 | 22,4 | 3 | 40 | 120 | 5,4 | - | - |
| 5 | Garderoba Ž. | 9,95 | 27,4 | 3 | 40 | 120 | 4,4 | - | - |
| 6 | Čajna kuhinja | 17,85 | 49,1 | 5 | 40 | 200 | 4,1 | - | - |
| 7 | Soba za odmor | 10,38 | 28,5 | 3 | 40 | 120 | 4,2 | - | - |
| 8 | Detektiv | 7,64 | 21,0 | 1 | 40 | 40 | 1,9 | - | - |
| 9 | Trezor | 18,44 | 50,7 | 1 | 40 | 40 | 0,8 | - | - |
| 10 | Soba/čistačice | 5,06 | 13,9 | - | - | - | - | 3 | 41,7 |
| 11 | WC ženski | 7,1 | 17,8 | - | - | - | - | 7 | 124,3 |
| 12 | WC muški | 7,1 | 17,8 | - | - | - | - | 7 | 124,3 |
| 13 | Hodnik 2 | 22,65 | 62,3 | - | - | - | - | 1 | 62,3 |

Tablica 5.3 – Odabrani volumni protoci vanjskog zraka za potrebe ventilacije

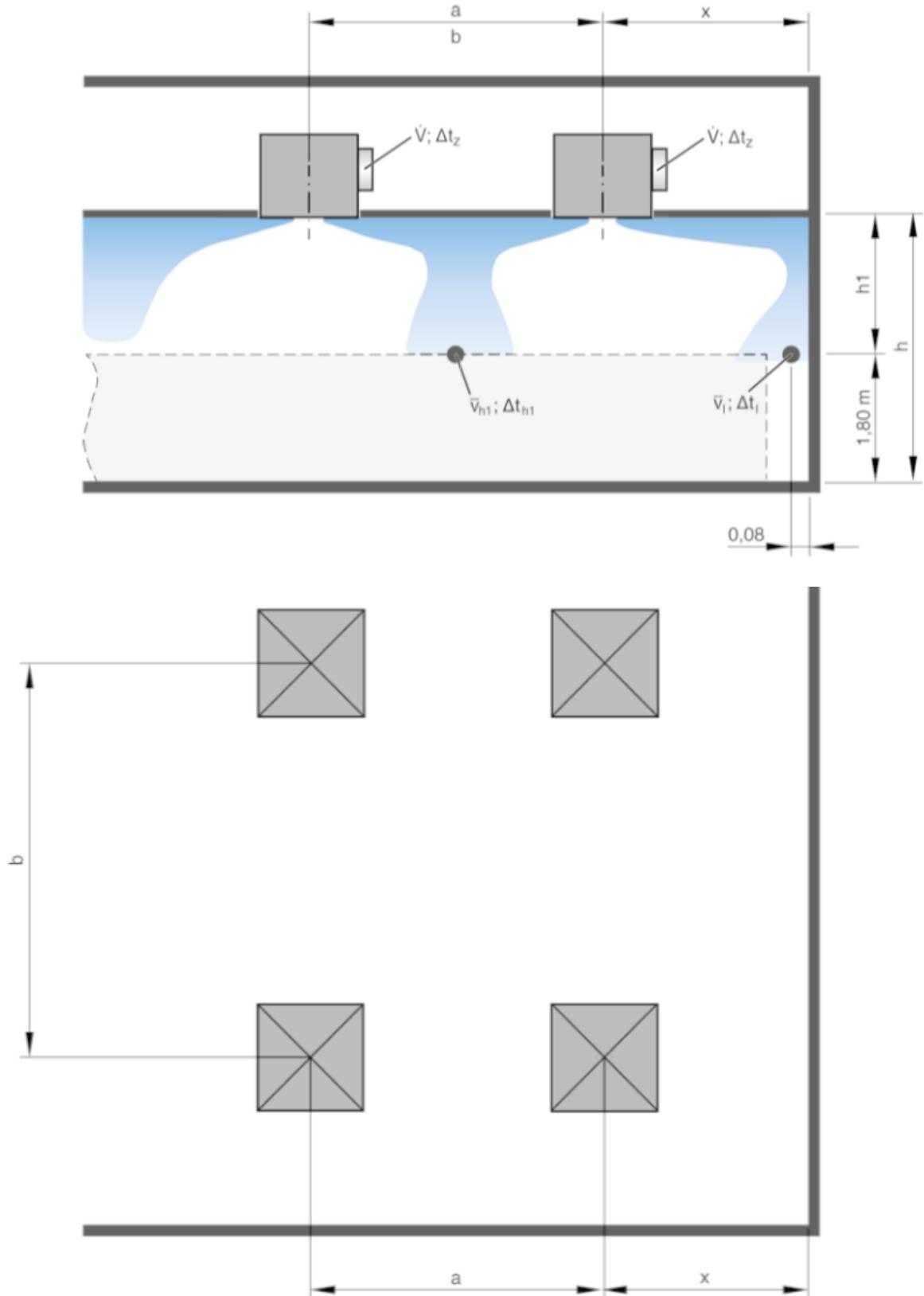
| Oznaka | Prostorija | Dobava | Odsis | Otpadni zrak | ACH |
|--------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | | m ³ /h | m ³ /h | m ³ /h | h ⁻¹ |
| 1 | Prodaja | 9600 | 8600 | - | 1,8 |
| | Ukupno | 9600 | 8600 | - | - |
| 2 | Skladište | 400 | 400 | - | 0,7 |
| 3 | Hodnik 1 | 40 | - | - | 1,0 |
| 4 | Garderoba M. | 120 | 120 | - | 5,4 |
| 5 | Garderoba Ž. | 120 | 120 | - | 4,4 |
| 6 | Čajna kuhinja | - | 200 | - | 4,1 |
| 7 | Soba za odmor | 120 | - | - | 4,2 |
| 8 | Detektiv | 40 | 30 | - | 1,9 |
| 9 | Trezor | 50 | 40 | - | 1,0 |
| 10 | Soba/čistačice | - | 40 | - | 2,9 |
| 13 | Hodnik 2 | 60 | - | - | 1,0 |
| | Ukupno | 950 | 950 | - | - |
| 11 | WC ženski | - | - | 125 | 7,0 |
| 12 | WC muški | - | - | 125 | 7,0 |
| | Ukupno | - | - | 250 | - |

5.2 DIMENZIONIRANJE KANALSKOG RAZVODA

Za distribuciju zraka od klimatizacijske jedinice prema unutrašnjim prostorijama (i obratno) koriste se kanalski razvodi. Sustav razvoda je niskobrzinski što podrazumijeva brzine strujanja manje od 10 m/s. Korišteni oblici kanala su pravokutni, okrugli i fleksibilni. Pravokutni se koriste zbog ograničenosti prostora za smještaj okruglih kanala. Kanali kružnog poprečnog presjeka koriste se na mjestima gdje ne postoje prostorna ograničenja. Fleksibilni kanali povezuju ogranke s priključnim kutijama difuzora. Zbog velikih gubitaka trenja, fleksibilni kanali trebaju biti što kraći. Broj koljena se svodi na minimum te se koriste odgovarajući prijelazni komadi kod grananja kanala. Kanali klimatizacijske jedinice prodajnog prostora ulaze s ravnog krova kroz strop, prema podstropnom dijelu prodajnog prostora. Svi zračni kanali vode se u prostoru iznad spuštenog stropa. Tlačni kanali vođeni iznad spuštenog stropa izoliraju se mineralnom vunom s aluminijskom folijom koja služi kao parna brana. Prilikom izolacije naročitu pažnju treba posvetiti dobrom brtvljenju i lijepljenju spojeva. Svi ventilacijski kanali u vanjskom prostoru oblažu se izolacijom Armaflex i zaštićuju se oblogom od aluminijskog lima odgovarajuće debljine i čvrstoće.

5.2.1 Dobavni i odsisni otvor

Pregledom tlocrta zgrade trgovine, raspoređeni su dobavni i odsisni otvor i tako da se osigura odgovarajuća distribucija zraka unutar prostorija. Odabir dimenzija dobavnih i odsisnih otvora izvršen je prema podacima proizvođača. Kod odabira potrebno je specificirati volumni protok, visinu prostora, udaljenost od zidova i susjednih istrujnih otvora (Slika 5.1). Na temelju navedenih podataka dolazi se do vrijednosti pada tlaka kao i vrijednosti brzine strujanja zraka na ulasku u zonu boravka (1,80 m iznad poda, Slika 5.1). Slika 5.2 do Slika 5.6 prikazuju odabrane dobavne/odsisne otvore. Tablica 5.4 i Tablica 5.5 daju prikaz padova tlaka u ovisnosti o tipu i volumnom protoku dobavnog/odsisnog otvora.



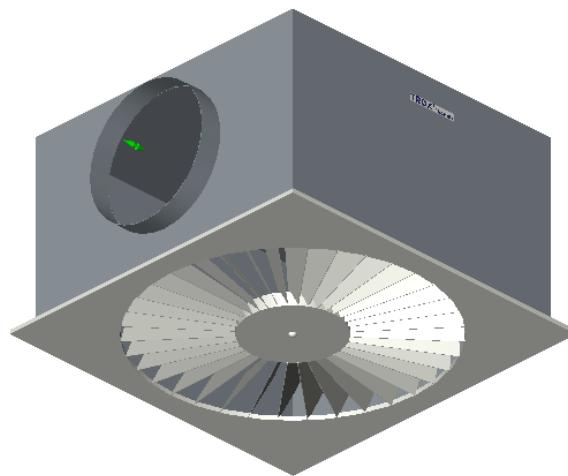
Slika 5.1 – Prikaz ulaznih parametara prilikom dimenzioniranja dobavnih otvora

Tablica 5.4 – Popis odabralih dobavnih otvora s pripadajućim padom tlaka

| Oznaka | Prostorija | Tip | Broj komada | Protok | Pad tlaka |
|--------|---------------|----------------------------|-------------|-----------------------|-----------|
| | | | | m^3/h | Pa |
| 1 | Prodaja | FD-Q-Z-H/625/0/0/0/RAL9010 | 16 | 600 | 30 |
| 2 | Skladište | RA-0-ZR/250/0/6/0/RAL9010 | 2 | 200 | 15 |
| 3 | Hodnik 1 | DQJA-Z-155-SB-9010 | 1 | 40 | 18 |
| 4 | Garderoba M. | DQJA-Z-300-SB-9010 | 1 | 120 | 20 |
| 5 | Garderoba Ž. | DQJA-Z-300-SB-9010 | 1 | 120 | 20 |
| 7 | Soba za odmor | DQJA-Z-300-SB-9010 | 1 | 120 | 17 |
| 8 | Detektiv | DQJA-Z-155-SB-9010 | 1 | 40 | 18 |
| 9 | Trezor | DQJA-Z-155-SB-9010 | 1 | 50 | 28 |
| 13 | Hodnik 2 | DQJA-Z-155-SB-9010 | 2 | 30 | 10 |

Tablica 5.5 – Popis odabralih odsisnih otvora s pripadajućim padom tlaka

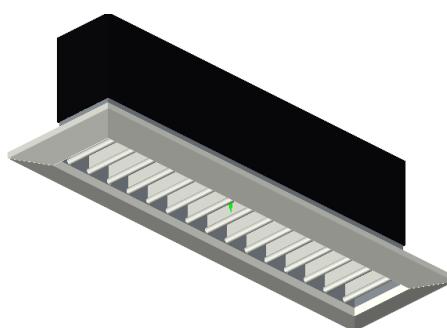
| Oznaka | Prostorija | Tip | Broj komada | Protok | Pad tlaka |
|--------|----------------|------------------------------|-------------|-----------------------|-----------|
| | | | | m^3/h | Pa |
| 1 | Prodaja | FD-Q-A-H-M/625/0/0/0/RAL9010 | 10 | 860 | 42 |
| 2 | Skladište | TRS-R/325x75/0/0/0/RAL9010 | 2 | 200 | 14 |
| 4 | Garderoba M. | DQJA-A-300-SB-9010 | 1 | 120 | 20 |
| 5 | Garderoba Ž. | DQJA-A-300-SB-9010 | 1 | 120 | 20 |
| 6 | Čajna kuhinja | DQJA-A-240-SB-9010 | 2 | 100 | 26 |
| 8 | Detektiv | DQJA-A-155-SB-9010 | 1 | 30 | 10 |
| 9 | Trezor | DQJA-A-155-SB-9010 | 1 | 40 | 18 |
| 10 | Soba/čistačice | DQJA-A-155-SB-9010 | 1 | 40 | 18 |
| 11 | WC ženski | ZOV 100 | 3 | 42 | 15 |
| 12 | WC muški | ZOV 100 | 3 | 42 | 15 |



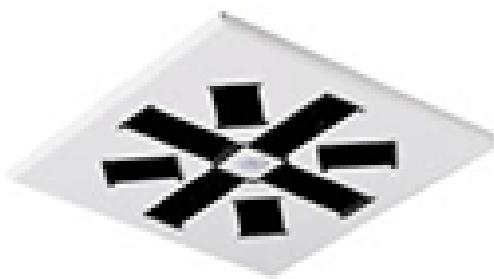
Slika 5.2 – Dobavni i odsisni otvor za prostor prodaje FD-Q



Slika 5.3 – Dobavni otvor za prostor skladišta RA-0-ZR/250



Slika 5.4 – Odsisna rešetka za prostor skladišta TRS-R/325x75



Slika 5.5 – Dobavni i odsisni otvor za pomoćne prostorije DQJA



Slika 5.6 – Odsisni otvor za sanitарне просторије ZOV

5.2.2 Regulatori protoka

Regulacija protoka u ograncima dobavnih kanala prostora prodaje vrši se uz pomoć regulatora varijabilnog protoka. Na svaki ogrank, prije priključne kutije difuzora, postavlja se po jedan regulator koji u ovisnosti o izmjerenoj vrijednosti CO₂ u prostoru regulira otvorenost zaklopke pomoću elektromotornog pogona. U prodajnom prostoru postavljaju se četiri osjetnika CO₂ na različitim mjestima. Ukupno se ugrađuje 16 regulatora varijabilnog protoka za okrugle kanale dimenzije φ250mm (Tablica 5.6). Prilikom ugradnje u kanal, potrebno se pridržavati minimalne udaljenosti ugradnje od prijelaznih elemenata. Odabrani regulator varijabilnog protoka prikazan je na Slika 5.7. Balans odsisnih grana trgovine vrši se uz pomoć ručnih zaklopki koje dolaze u sklopu priključne kutije odsisnog otvora. Odsisni ventilator prati rad dobavnog ventilatora te se pri smanjenju protoka dobavnog zraka smanjuje i odsisni.

Tablica 5.6 – Kataloške vrijednosti regulatora varijabilnog protoka RVP-C

| Tip | Broj komada | V _{min} m ³ /h | V _{max} m ³ /h |
|-----------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| RVP-C-250 | 16 | 217 | 2215 |



Slika 5.7 – Odabrani varijabilni regulator protoka RVP-C

U dobavne i odsisne kanale pomoćnih prostorija i odsisne kanale sanitarija, ugrađuju se regulatori konstantnog protoka zraka. Regulator RKP-C od proizvođača Klimaoprema ugrađuje se u kanale sanitarija i skladišta, dok se za ostale prostorije ugrađuje regulator konstantnog protoka KVR-R koji omogućuje regulaciju malih protoka. Ukupno se ugrađuje 18 regulatora za okrugle kanale dimenzije $\phi 200$, $\phi 125$ i $\phi 100$ mm. Slika 5.8 i Slika 5.9 prikazuju odabранe regulatore konstantnog protoka u izvedbi za kanale kružnog poprečnog presjeka.



**Slika 5.8 – Regulator konstantnog protoka
RKP-C**



**Slika 5.9 – Regulator konstantnog protoka
KVR-R**

Na usisu vanjskog zraka i ispuhu zraka iz pomoćnih prostorija, postavljena je protukišna rešetka koja se spaja na cijev $\phi 250$ mm. Odabran je model IGC-250 proizvođača Systemair. Iza protukišnih rešetki, postavlja se po jedna zaklopka ZTZ-C-250 proizvođača Klimaoprema. Na ispuhu zraka iz sanitarija ugrađuje se nepovratna zaklopka ZPC-160 i deflektor kapa.

5.2.3 Padovi tlaka kritičnih dionica kanalskog razvoda

Tablica 5.7 – Kritična dionica dobavnog i odsisnog kanalskog razvoda prodaje

| Dionica | 1 | V_h | V_s | D | a | b | d_{ekv} | A' | v' | R | RL | $\Sigma \zeta$ | p_{din} | Z | RL+Z | Ukupno |
|---------------|------|---------|---------|-----|------|-----|-----------|--------|------|------|------|----------------|-----------|------|------|--------------|
| | m | m^3/h | m^3/s | mm | mm | mm | mm | m^2 | mm | Pa/m | Pa | - | Pa | Pa | Pa | Pa |
| 1 | 10,1 | 9600 | 2,6667 | - | 1100 | 400 | 703 | 0,4400 | 6,1 | 0,65 | 6,6 | 1,0 | 22,2 | 21,8 | 28 | 28 |
| 2 | 14,6 | 4200 | 1,1667 | - | 700 | 300 | 490 | 0,2100 | 5,6 | 0,80 | 11,7 | 0,1 | 18,7 | 1,9 | 14 | 14 |
| 3 | 8,75 | 2400 | 0,6667 | - | 400 | 300 | 378 | 0,1200 | 5,6 | 1,00 | 8,8 | 0,3 | 18,7 | 5,6 | 14 | 14 |
| 4 | 9,4 | 1800 | 0,5000 | 350 | - | - | - | 0,0962 | 5,2 | 0,90 | 8,5 | 0,1 | 16,3 | 1,6 | 10 | 10 |
| 5 | 9,4 | 1200 | 0,3333 | 300 | - | - | - | 0,0707 | 4,7 | 0,90 | 8,5 | 0,1 | 13,5 | 1,3 | 10 | 10 |
| 6 | 2,5 | 600 | 0,1667 | 250 | - | - | - | 0,0491 | 3,4 | 0,60 | 1,5 | 0,6 | 7,0 | 4,2 | 6 | 37 |
| Dobava | | | | | | | | | | | | | | | | Σ 113 |
| Odsis | | | | | | | | | | | | | | | | Σ 124 |
| 1 | 17,9 | 8600 | 2,3889 | - | 1100 | 350 | 652 | 0,3850 | 6,2 | 0,80 | 14,3 | 1,0 | 23,3 | 22,8 | 37 | 37 |
| 2 | 5,5 | 5160 | 1,4333 | - | 700 | 350 | 533 | 0,2450 | 5,9 | 0,80 | 4,4 | 0,4 | 20,7 | 8,3 | 13 | 13 |
| 3 | 7,5 | 3440 | 0,9556 | - | 500 | 350 | 455 | 0,1750 | 5,5 | 0,85 | 6,4 | 0,1 | 18,0 | 1,8 | 8 | 8 |
| 4 | 7,5 | 1720 | 0,4778 | 315 | - | - | - | 0,0779 | 6,1 | 1,30 | 9,8 | 0,1 | 22,7 | 2,3 | 12 | 12 |
| 5 | 1,6 | 860 | 0,2389 | 250 | - | - | - | 0,0491 | 4,9 | 1,20 | 1,9 | 0,6 | 14,3 | 8,6 | 10 | 54 |

Tablica 5.8 – Kritična dionica dobavnog i odsisnog kanalskog razvoda pomoćnih prostorija

| Dionica | 1 | V_h | V_s | D | A' | v' | R | RL | $\Sigma \zeta$ | p_{din} | Z | RL+Z | Ukupno |
|---------|-----|---------|---------|-----|--------|------|------|------|----------------|-----------|----------|-----------|--------|
| | m | m^3/h | m^3/s | mm | m^2 | m/s | Pa/m | Pa | - | Pa | Pa | Pa | Pa |
| 1 | 2,7 | 950 | 0,2639 | 250 | 0,0491 | 5,4 | 1,80 | 4,9 | 0,4 | 17,5 | 6,3 | 11 | 41 |
| 2 | 1,8 | 550 | 0,1528 | 200 | 0,0314 | 4,9 | 1,50 | 2,7 | 0,1 | 14,3 | 1,4 | 4 | 4 |
| 3 | 4,9 | 510 | 0,1417 | 200 | 0,0314 | 4,5 | 1,40 | 6,9 | 0,3 | 12,3 | 3,7 | 11 | 11 |
| 4 | 2,5 | 390 | 0,1083 | 200 | 0,0314 | 3,4 | 0,80 | 2,0 | 0,1 | 7,2 | 0,7 | 3 | 3 |
| 5 | 1,5 | 270 | 0,0750 | 160 | 0,0201 | 3,7 | 1,30 | 2,0 | 0,1 | 8,4 | 0,8 | 3 | 3 |
| 6 | 5 | 240 | 0,0667 | 160 | 0,0201 | 3,3 | 1,00 | 5,0 | 0,1 | 6,7 | 0,7 | 6 | 6 |
| 7 | 0,6 | 120 | 0,0333 | 125 | 0,0123 | 2,7 | 1,00 | 0,6 | 0,1 | 4,5 | 0,4 | 1 | 1 |
| 8 | 2 | 90 | 0,0250 | 100 | 0,0079 | 3,2 | 1,80 | 3,6 | 0,1 | 6,1 | 0,6 | 4 | 4 |
| 9 | 4,2 | 50 | 0,0139 | 100 | 0,0079 | 1,8 | 0,70 | 2,9 | 0,2 | 1,9 | 0,4 | 3 | 23 |
| Dobava | | | | | | | | | | | Σ | 95 | |
| 1 | 6,4 | 950 | 0,2639 | 250 | 0,0491 | 5,4 | 1,80 | 11,5 | 0,2 | 17,5 | 3,5 | 15 | 45 |
| 2 | 2,1 | 550 | 0,1528 | 200 | 0,0314 | 4,9 | 1,50 | 3,2 | 0,3 | 14,3 | 4,3 | 7 | 7 |
| 3 | 2,6 | 430 | 0,1194 | 200 | 0,0314 | 3,8 | 0,90 | 2,3 | 0,1 | 8,7 | 0,9 | 3 | 3 |
| 4 | 3,4 | 310 | 0,0861 | 160 | 0,0201 | 4,3 | 1,60 | 5,4 | 0,1 | 11,1 | 1,1 | 7 | 7 |
| 5 | 5,4 | 110 | 0,0306 | 125 | 0,0123 | 2,5 | 0,80 | 4,3 | 0,1 | 3,8 | 0,4 | 5 | 5 |
| 6 | 0,5 | 80 | 0,0222 | 100 | 0,0079 | 2,8 | 1,20 | 0,6 | 0,1 | 4,8 | 0,5 | 1 | 1 |
| 7 | 2,1 | 40 | 0,0111 | 100 | 0,0079 | 1,4 | 0,40 | 0,8 | 0,1 | 1,2 | 0,1 | 1 | 20 |
| Odsis | | | | | | | | | | | Σ | 88 | |

Tablica 5.9 – Kritična dionica odsisnog kanalskog razvoda sanitarnih prostorija

| Dionica | 1 | V_h | V_s | D | A' | v' | R | RL | $\Sigma\zeta$ | p_{din} | Z | RL+Z | Ukupno |
|---------|--------|---------|---------|-----|--------|------|------|-----|---------------|-----------|-----------|------|--------|
| | m | m^3/h | m^3/s | mm | m^2 | m/s | Pa/m | Pa | - | Pa | Pa | Pa | Pa |
| 1 | 4,9072 | 250 | 0,0694 | 160 | 0,0201 | 3,5 | 1,00 | 4,9 | 0,25 | 7,2 | 1,8 | 7 | 24 |
| 2 | 4,1407 | 125 | 0,0347 | 125 | 0,0123 | 2,8 | 1,00 | 4,1 | 0,2 | 4,8 | 1,0 | 5 | 5 |
| 3 | 0,5892 | 83 | 0,0231 | 125 | 0,0123 | 1,9 | 0,45 | 0,3 | 0,1 | 2,2 | 0,2 | 0 | 0 |
| 4 | 1,4825 | 42 | 0,0116 | 100 | 0,0079 | 1,5 | 0,60 | 0,9 | 0,3 | 1,3 | 0,4 | 1 | 17 |
| | | | | | | | | | | Σ | 46 | | |

5.2.4 Odsisni kanalski ventilator

U Tablica 5.9 izračunat je ukupan pad tlaka u kritičnoj dionici odsisa sanitarija. Prema navedenim vrijednostima, vrši se dimenzioniranje i odabir kanalskog ventilatora. Odabran je ventilator KVO 160 proizvođača Systemair. Na Slika 5.10 prikazana je radna točka ventilatora. Postavna brzina okretaja ventilatora se namješta promjenom napona. Ventilator se na kanale spaja fleksibilnim spojem kako bi se smanjilo prenošenje vibracija i buke. Uključuje se u rad sa signalom senzora prisutnosti te se isključuje iz rada nakon 5 minuta po izlasku osobe iz prostora sanitarija.



$$V = 250 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p = 46 \text{ Pa}$$

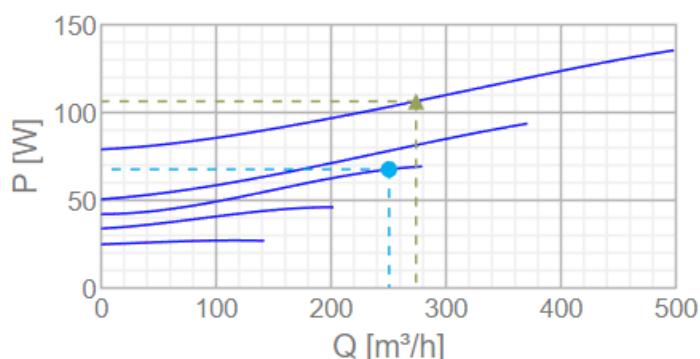
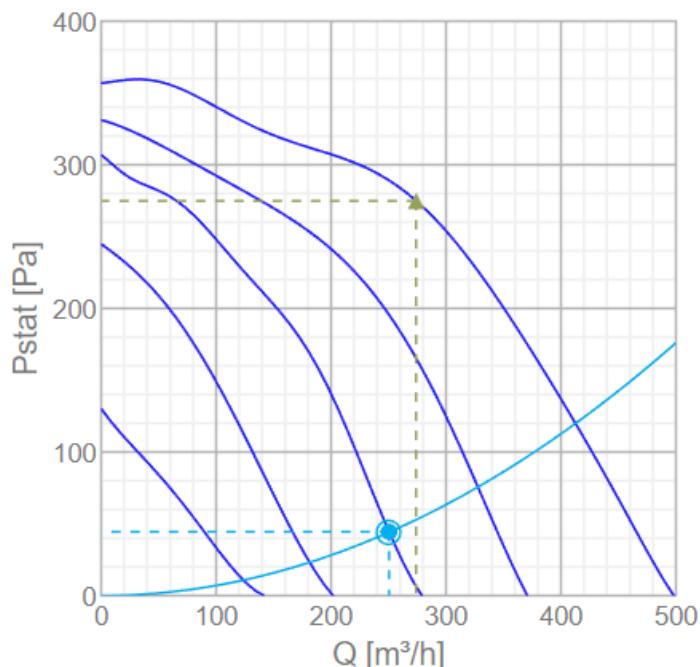
$$P = 67,6 \text{ W}$$

$$n = 1633 \text{ o/min}$$

$$I = 0,524 \text{ A}$$

$$U = 130 \text{ V}$$

$$SFP = 0,972 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$$

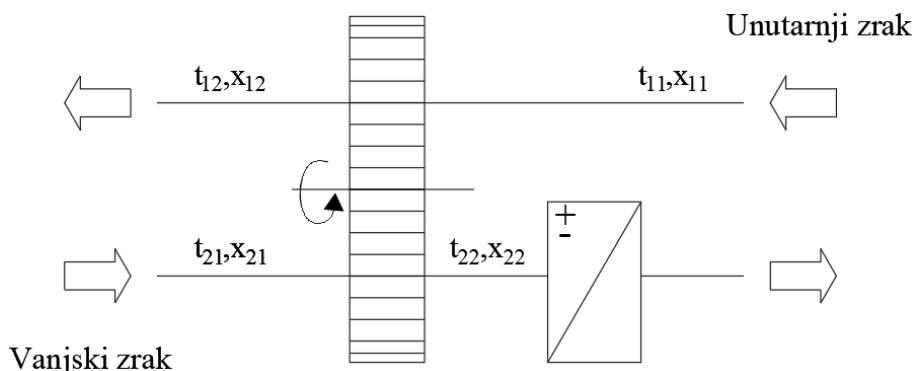


Slika 5.10 – Odsisni kanalski ventilator KVO 160 s prikazom radne točke

5.3 DIMENZIONIRANJE I ODABIR KLIMATIZACIJSKIH JEDINICA

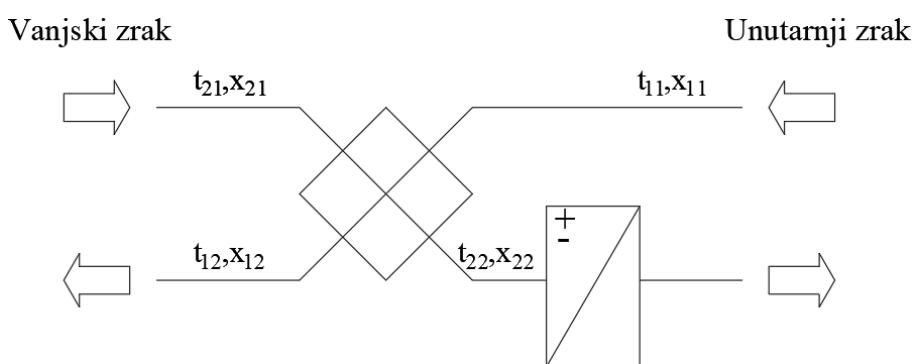
Ventilacijske zahtjeve trgovine pokrivaju dvije klimatizacijske jedinice koje rade sa 100% vanjskim zrakom. Razdoblja kada se vanjski zrak može direktno ubacivati u prostoriju bez prethodne obrade su rijetka. Zbog toga, potrebno je provesti proračun pripreme vanjskog zraka za zimsko i ljetno razdoblje. Proračun se vrši zasebno za prodajni prostor i pomoćne prostorije.

Klimatizacijska jedinica prodajnog prostora od komponenti koje sudjeluju u pripremi zraka sadrži sorpcijski rotacijski regenerator i jedan izmjenjivač topline koji djeluje kao grijач po zimi ili kao hladnjak po ljeti (Slika 5.11). Nije moguće istovremeno hladiti i grijati zrak, zrak se ili grije ili hlađi, ovisno o trenutačnom režimu rada sustava i potrebama prodajnog prostora.



Slika 5.11 – Osnovne komponente klimatizacijske jedinice prodajnog prostora

Za pomoćne prostorije odabrana je podstropna rekuperatorska jedinica koja se sastoji od pločastog rekuperatora topline i jednog izmjenjivača topline koji djeluje kao grijач ili hladnjak ovisno o režimu rada (Slika 5.12).



Slika 5.12 – Osnovne komponente rekuperatorske jedinice pomoćnih prostorija

Za izračun stanja zraka na izlazu iz regeneratora/rekuperatora, koriste se sljedeće dvije jednadžbe:

Stupanj povrata osjetne topline (5.3):

$$\Phi_2 = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}$$

Stupanj povrata vlage (5.4):

$$\Psi_2 = \frac{x_{22} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}}$$

| | | |
|----------|-----------------------------------|--|
| Φ_2 | - | Stupanj povrata osjetne topline |
| t_{22} | °C | Temperatura vanjskog zraka na izlazu iz regeneratora |
| t_{21} | °C | Temperatura vanjskog zraka na ulasku u regenerator |
| t_{11} | °C | Temperatura unutarnjeg zraka na ulasku u regenerator |
| Ψ_2 | - | Stupanj povrata vlage |
| x_{22} | kg _w /kg _{sz} | Sadržaj vlage vanjskog zraka na izlazu iz regeneratora |
| x_{21} | kg _w /kg _{sz} | Sadržaj vlage vanjskog zraka na ulasku u regenerator |
| x_{11} | kg _w /kg _{sz} | Sadržaj vlage unutarnjeg zraka na ulasku u regenerator |

Kako bi se vanjski zrak kondicionirao i doveo do željenog stanja ubacivanja, potrebno je odrediti zahtijevane toplinske/rashladne učine grijajuća/hladnjaka. Proračun kapaciteta grijajuća vrši se prema jednadžbi:

$$\Phi_{gr} = \dot{V}_{VZ} \cdot \rho_z \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta_z \quad (5.5)$$

Proračun potrebnog rashladnog učina za kondicioniranje zraka računa se prema jednadžbi:

$$\Phi_{hl} = \dot{V}_{VZ} \cdot \rho_z \cdot \Delta h_z \quad (5.6)$$

| | | |
|---------------------|-------------------|--|
| Φ_{gr} | W | Potreban ogrjevni učin grijajuća |
| Φ_{hl} | W | Potreban rashladni učin hladnjaka |
| \dot{V}_{VZ} | m ³ /s | Volumni protok vanjskog zraka |
| ρ_z | kg/m ³ | Gustoća zraka |
| c_p | J/kgK | Specifični toplinski kapacitet |
| $\Delta\vartheta_z$ | °C | Temperaturna razlika zraka prije i poslije grijajuća |
| Δh_z | J/kg | Razlika specifičnih entalpija zraka |

5.3.1 Priprema zraka za prodajni prostor

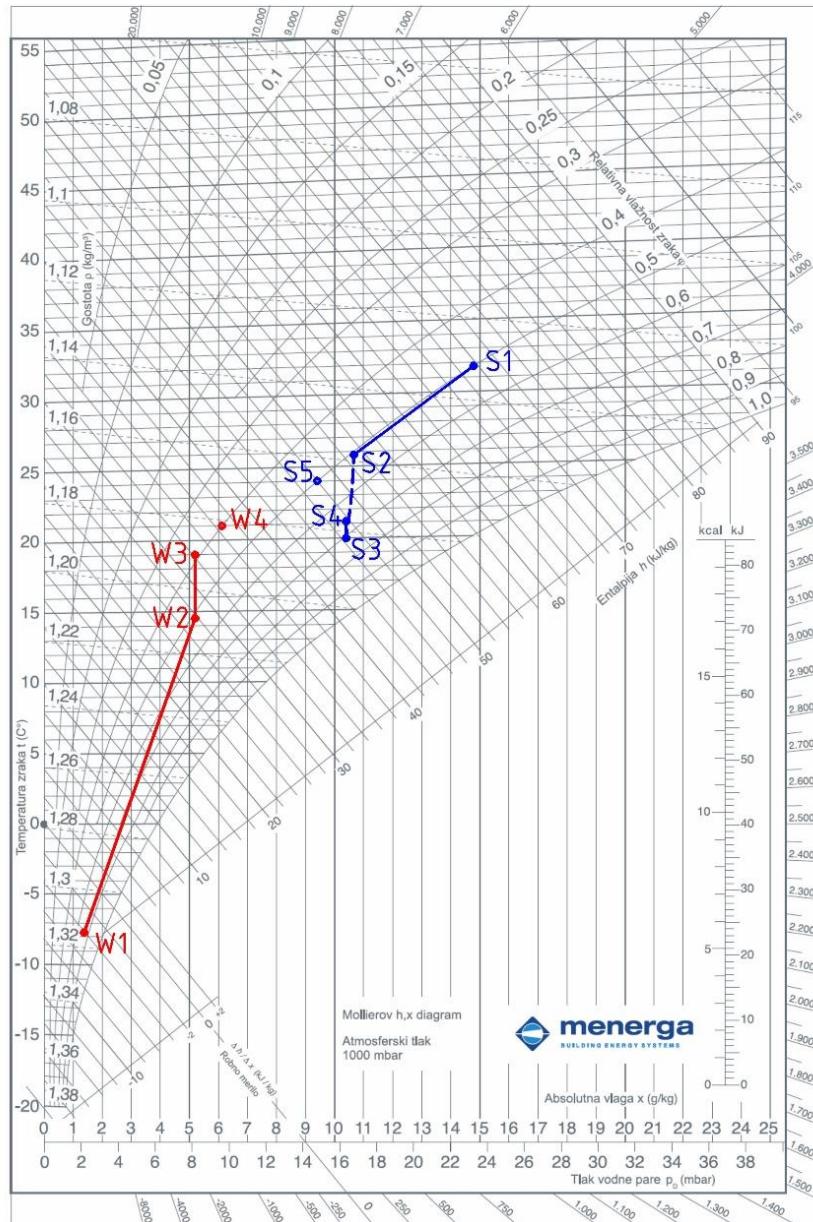
Zimski režim rada

Svježi vanjski zrak volumnog protoka $9600 \text{ m}^3/\text{h}$ i temperature $-7,7^\circ\text{C}$ ulazi u sorpcijski rotacijski regenerator. U regeneratoru dolazi do izmjene osjetne i latentne topline s povratnom strujom zraka stanja 21°C i $\varphi=40\%$. Budući da se radi o niskim temperaturama, opasnost od smrzavanja postoji, ali je ona smanjena načinom prijenosa vlage u sorpcijskom materijalu silika-gel [8]. Učin regeneratora regulira se promjenom brzine vrtanje. Stupanj povrata osjetne topline iznosi 77,2%, dok stupanj povrata vlage (latentne topline) iznosi 80,4%. Zrak iz regeneratora izlazi s temperaturom suhog termometra $14,5^\circ\text{C}$ i $\varphi=51\%$. Ukupni ogrjevni učin rotacijskog regeneratora je 104 kW. Po izlasku iz regeneratora, zrak se dodatno dogrijava grijачem na 19°C , za što je potreban ogrjevni učin od 14,5 kW. Stanje ubacivanog zraka iznosi 19°C i $\varphi=38,4\%$.

Ljetni režim rada

Unutarnje projektno stanje zraka je za ljetni režim rada 24°C i $\varphi=50\%$, a vanjsko projektno stanje zraka $31,8^\circ\text{C}$ i $\varphi=50\%$. Proces pripreme zraka je sličan kao u zimskom režimu samo s toplinskim tokovima suprotnog smjera. Vanjski zrak prolazi kroz rotacijski regenerator gdje predaje svoju osjetnu i latentnu toplinu povratnoj struji iz unutarnjeg prostora. Dobavni zrak se hlađi i odvlažuje do stanja $25,8^\circ\text{C}$ i $\varphi=51\%$. Kako bi se dodatno odvlažio i kako bi se smanjilo toplinsko opterećenje na vodenim sustavima, zrak se hlađi i odvlažuje na hladnjaku. Po izlasku iz hladnjaka, stanje zraka iznosi 20°C i $\varphi=71\%$ za što je potreban rashladni učin od 20,7 kW. Prije izlaska iz klima jedinice, zrak se zagrijava prolaskom preko ventilatora ($P=3,5 \text{ kW}$) pri čemu mu temperatura raste za 1°C . Stanje ubacivanog zraka iznosi 21°C i $\varphi=66\%$. Ubacivani zrak unosi latentno opterećenje na vodenim sustavima, no snižava mu osjetno toplinsko opterećenje. Specifična entalpija ubacivanog zraka je nešto niže vrijednosti od stanja unutarnjeg zraka, stoga se ukupno toplinsko opterećenje prostorije neće povećati. Hlađenje zraka na unutarnju projektnu vrijednost vrši se ventilokonvektorima.

Proces pripreme dobavnog zraka za zimski i ljetni režim rada prodajnog prostora prikazan je u h,x -dijagramu na Slika 5.13.



Slika 5.13 – Proces pripreme zraka prodajnog prostora za ljetni i zimski režim rada

- | | |
|----|--|
| W1 | Projektno vanjsko stanje zraka za zimsko razdoblje |
| W2 | Stanje zraka po izlasku iz regeneratora, zima |
| W3 | Stanje zraka po izlasku iz grijачa, zima |
| W4 | Projektno unutarnje stanje zraka za zimsko razdoblje |
| S1 | Projektno vanjsko stanje zraka za ljetno razdoblje |
| S2 | Stanje zraka po izlasku iz regeneratora, ljeto |
| S3 | Stanje zraka po izlasku iz hladnjaka, ljeto |
| S4 | Stanje zraka iza ventilatora, ljeto |
| S5 | Projektno unutarnje stanje zraka za ljetno razdoblje |

5.3.2 Priprema zraka za pomoćne prostorije

Zimski režim rada

Kod podstropne rekuperatorske jedinice, usisavanje vanjskog zraka projektne temperature $-7,7^{\circ}\text{C}$ i dovođenje iste u rekuperator kao posljedicu ima kondenzaciju vlage iz povratne struje zraka i u konačnici stvaranje leda. Kako bi se izbjeglo zaleđivanje pločastog rekuperatora, koristi se *bypass*. Uloga *bypassa* je smanjiti protok hladne vanjske struje zraka kroz rekuperator, čime se smanjuje stupanj povrata topline rekuperatora ($\Phi_2=60,23\%$), a temperatura ohlađenog unutarnjeg zraka iza rekuperatora ne pada ispod 3°C (Ulazna temperatura unutarnjeg zraka $19,2^{\circ}\text{C}$, dobivena miješanjem zraka različitih unutarnjih temperatura i različitih protoka). Navedenim postupkom povećava se potrebni ogrjevni učin grijajuća, budući da na njega dolazi zrak niže temperature.

Drugi mogući postupak rješavanja problema zaleđivanja pločastog rekuperatora je da se struja ulaznog vanjskog zraka predgrije te da se cijeli protok provede kroz pločasti rekuperator. Nedostatak ovog načina je potreba za dodatnim predgrijivačem, dodatni padovi tlaka te u konačnici veći potrebni ogrjevni učin nego prethodno navedeno rješenje. Ukoliko se struja vanjskog zraka prije ulaska u rekuperator predgrijava na 0°C , prolazi kroz rekuperator s maksimalnim protokom i na kraju dogrijava do temperature od 19°C , ukupni potrebni ogrjevni učin dvaju grijajućih elementa iznosi 3889 W. Rješenje s *bypassom* traži ogrjevni učin grijajuća iznosa 3342 W. Razlika potrebnih ogrjevnih učina iznosi 547 W što u konačnici znači da je iznos korištenjem *bypassa* smanjen za $\approx 14\%$.

Ljetni režim rada

U ljetnom režimu rada vanjski zrak stanja $31,8^{\circ}\text{C}$ i $\varphi=50\%$ ulazi u rekuperator i predaje svoju osjetnu toplinu struji zraka unutarnjeg prostora stanja 24°C i $\varphi=50\%$. Izlazna struja vanjskog zraka stanja $25,9^{\circ}\text{C}$ i $\varphi=70,5\%$ dodatno se odvlažuje i hlađi prolaskom kroz hladnjak na temperaturu suhog termometra 20°C i $\varphi=93\%$. Konačno stanje ubacivanog zraka, nakon što se zagrije na ventilatoru, iznosi $21,3^{\circ}\text{C}$ i $\varphi=86,9\%$.

Stanje ubacivanog zraka ima nižu temperaturu suhog termometra od unutrašnjih prostorija, stoga se ventilacijskim sustavom pokriva dio osjetnog opterećenja. Međutim, razlika sadržaja vlage ubacivanog i unutarnjeg zraka je značajna te se ventilacijskim sustavom unosi dodatno latentno opterećenje na vodenim sustavima. Zbog veće specifične entalpije ubacivanog zraka, ukupno toplinsko opterećenje prostorija raste (Tablica 5.10).

Tablica 5.10 – Korigirana potreba za hlađenjem prostorija (vršna opterećenja)

| Oz. | Prostorija | $\Phi_{\text{ventilacija}}$ | | Konačni zahtjev na vodenom sustavu | | |
|-----|----------------|--|-------|---|------|------|
| | | $\Phi_{\text{suh}} \Phi_{\text{vlaž}}$ | | $\Phi_{\text{suh}} \Phi_{\text{vlaž}} \Phi_{\text{ukupno}}$ | | |
| | | W | W | W | W | W |
| 2 | Skladište | -459 | +1825 | 3880 | 1825 | 5705 |
| 3 | Hodnik 1 | -37 | +146 | 744 | 146 | 890 |
| 4 | Garderoba M. | -110 | +438 | 3530 | 534 | 4064 |
| 5 | Garderoba Ž. | -110 | +438 | 2185 | 534 | 2719 |
| 6 | Čajna kuhinja | 0 | 0 | 3168 | 160 | 3328 |
| 7 | Soba za odmor | -110 | +438 | 1521 | 534 | 2055 |
| 8 | Detektiv | -37 | +146 | 2300 | 178 | 2478 |
| 9 | Trezor | -46 | +183 | 6837 | 216 | 7053 |
| 10 | Soba/čistačice | 0 | 0 | 91 | 0 | 91 |
| 11 | WC ženski | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | WC muški | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | Hodnik 2 | -55 | +219 | 330 | 219 | 549 |

$\Phi_{\text{ventilacija}}$ W Pokriveno ili uneseno toplinsko opterećenje ventilacijom

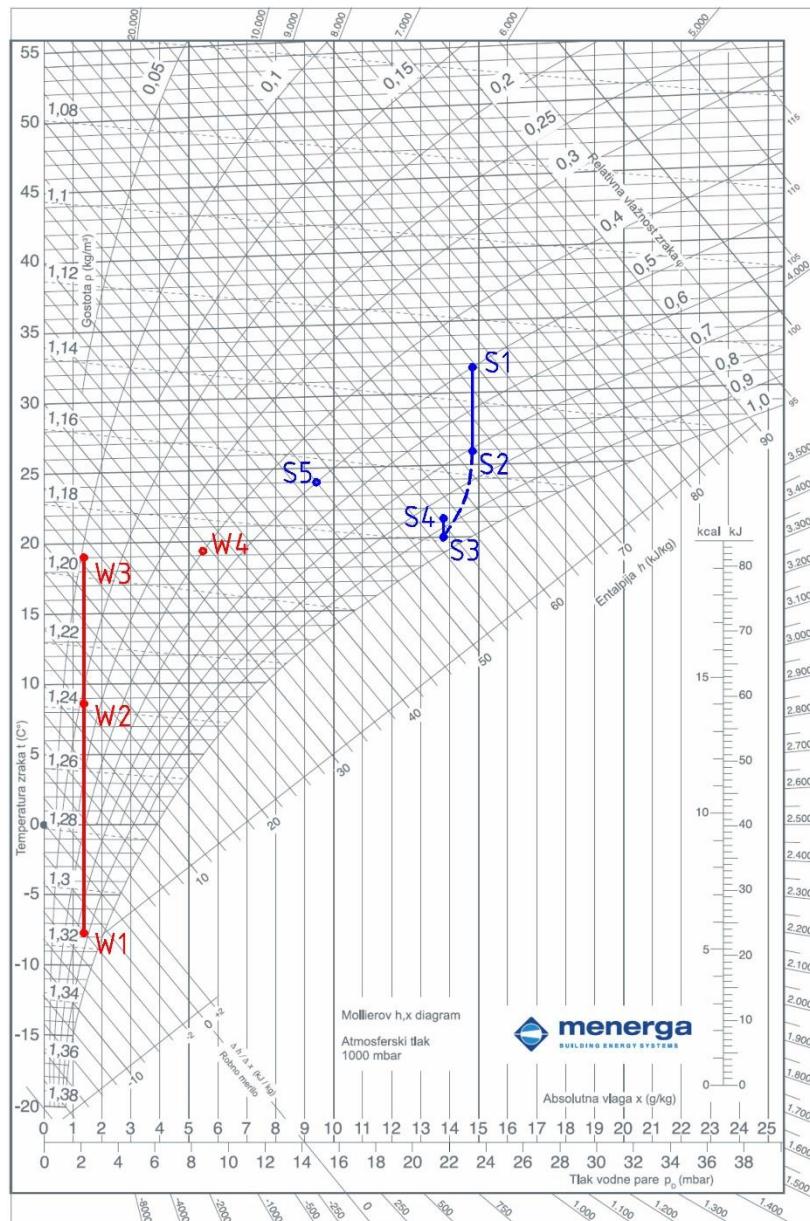
Toplinska opterećenja prostorija prema Tablica 5.10 relevantna su za odabir ventilotokonvektora.

Tablica 5.11 – Korigirana potreba za ukupnim hlađenjem pomoćnih prostorija (ukupno toplinsko opterećenje)

| Oz. | Prostorija | $\Phi_{\text{ventilacija}}$ | | Konačni zahtjev na vodenom sustavu | | |
|-----|----------------|--|-------|---|------|------|
| | | $\Phi_{\text{suh}} \Phi_{\text{vlaž}}$ | | $\Phi_{\text{suh}} \Phi_{\text{vlaž}} \Phi_{\text{ukupno}}$ | | |
| | | W W | | W W W | | |
| 2 | Skladište | -459 | +1825 | 3660 | 1825 | 5485 |
| 3 | Hodnik 1 | -37 | +146 | 480 | 146 | 626 |
| 4 | Garderoba M. | -110 | +438 | 653 | 534 | 1187 |
| 5 | Garderoba Ž. | -110 | +438 | 490 | 534 | 1024 |
| 6 | Čajna kuhinja | 0 | 0 | 954 | 160 | 1114 |
| 7 | Soba za odmor | -110 | +438 | 438 | 534 | 972 |
| 8 | Detektiv | -37 | +146 | 595 | 178 | 773 |
| 9 | Trezor | -46 | +183 | 5557 | 216 | 5773 |
| 10 | Soba/čistačice | 0 | 0 | 85 | 0 | 85 |
| 11 | WC ženski | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | WC muški | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | Hodnik 2 | -55 | +219 | 304 | 219 | 523 |

Korigirano ukupno toplinsko opterećenje pomoćnih prostorija prema Tablica 5.11 iznosi 17,56 kW te je relevantno u procesu odabira izvora rashladnog učina.

Proces pripreme zraka za ljetni i zimski režim rada pomoćnih prostorija prikazan je u h,x-dijagramu na Slika 5.14.

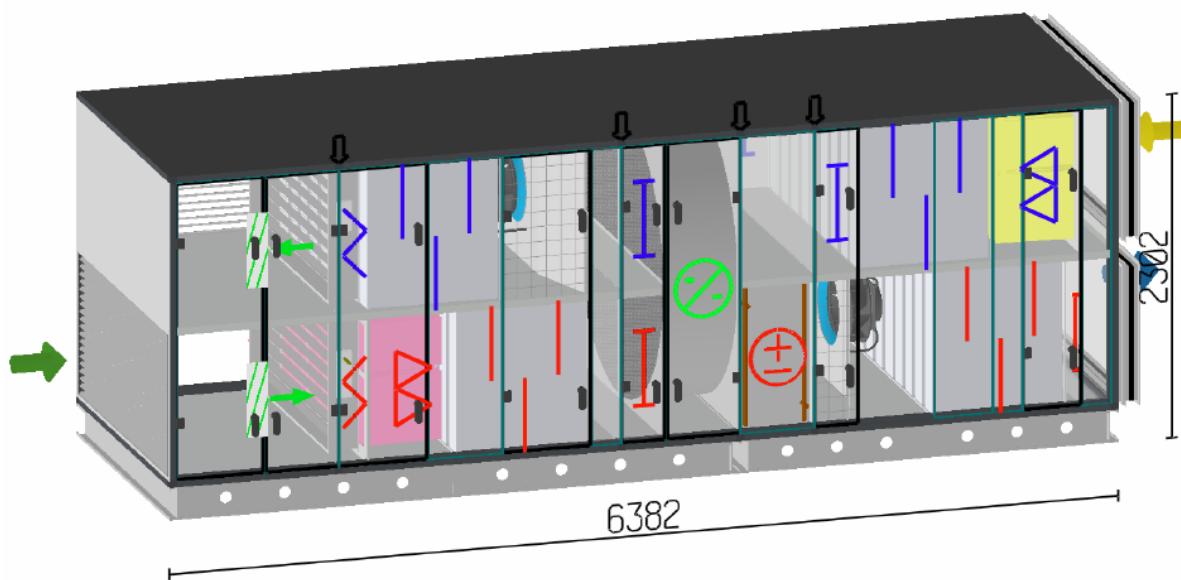


Slika 5.14 – Proces pripreme zraka pomoćnih prostorija za ljetni i zimski režim rada

- | | |
|-----------|--|
| W1 | Projektno vanjsko stanje zraka za zimsko razdoblje |
| W2 | Stanje zraka po izlasku iz rekuperatora, zima |
| W3 | Stanje zraka po izlasku iz grijaca, zima |
| W4 | Projektno unutarnje stanje zraka za zimsko razdoblje |
| S1 | Projektno vanjsko stanje zraka za ljetno razdoblje |
| S2 | Stanje zraka po izlasku iz rekuperatora, ljeto |
| S3 | Stanje zraka po izlasku iz hladnjaka, ljeto |
| S4 | Stanje zraka iza ventilatora, ljeto |
| S5 | Projektno unutarnje stanje zraka za ljetno razdoblje |

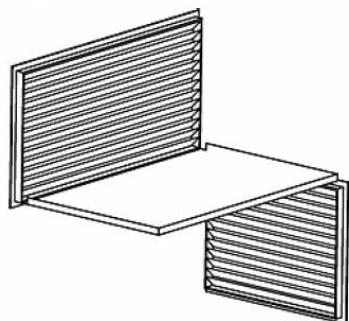
5.3.3 Odabir klimatizacijske jedinice za prodajni prostor

Odabir klimatizacijske jedinice za pripremu vanjskog zraka prodajnog prostora, proveden je korištenjem računalnog programa SystemAirCAD od proizvođača Systemair. Za prodajni prostor predviđena je klimatizacijska jedinica proizvođača Systemair tip Geniox Comfort 20DR u vanjskoj izvedbi (Slika 5.15). Ukupna masa jedinice iznosi 2961 kg, a gabaritne dimenzije 6382x2082x2302 mm.



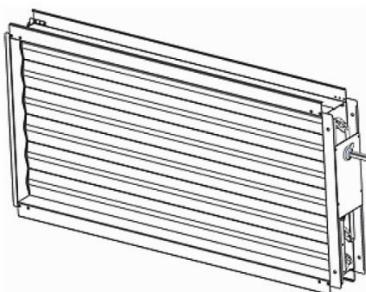
Slika 5.15 – Klimatizacijska jedinica za pripremu zraka prodajnog prostora

Klimatizacijska jedinica se sastoji od sljedećih komponenti:



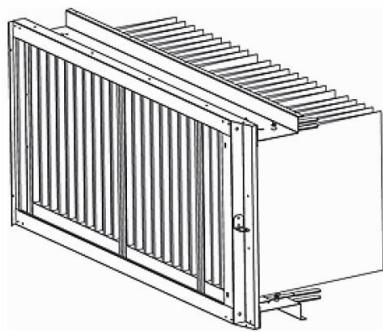
- Pad tlaka dobava/odsis: 20/60 Pa

Slika 5.16 – Protukišna rešetka klima jedinice Geniox Comfort 20DR



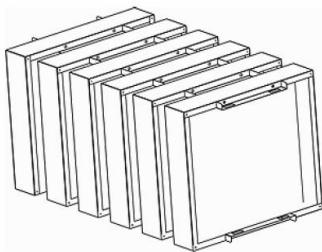
- Pad tlaka: 1Pa

Slika 5.17 – Regulacijska žaluzina klima jedinice Geniox Comfort 20DR



- Projektni pad tlaka dobava/odsis: 101/69 Pa
- Početni-konačni pad tlaka dobava/odsis: 42-160/23-115 Pa
- Nastrujna brzina dobava/odsis: 1,71/1,53 m/s
- Klasa filtera dobava/odsis: F7/M5
- Dužina filtera: 520 mm
- Proizvođač i tip: Camfil Hi-Flo II XLT

Slika 5.18 – Vrećasti filter klima jedinice Geniox Comfort 20DR

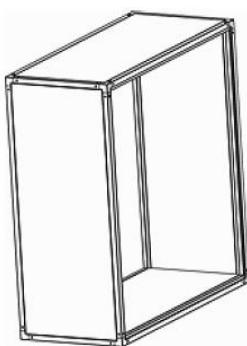


Slika 5.19 – Prigušivač zvuka klima jedinice Geniox Comfort 20DR

- Pad tlaka dobava/odsis: 20/9 Pa

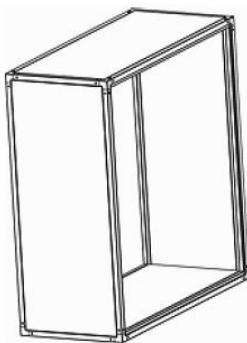
- Ovisnost prigušenja o frekvenciji:

| f[Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1K | 2K | 4K | 8K |
|--------|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| De[dB] | 5 | 11 | 17 | 25 | 36 | 39 | 36 | 28 |



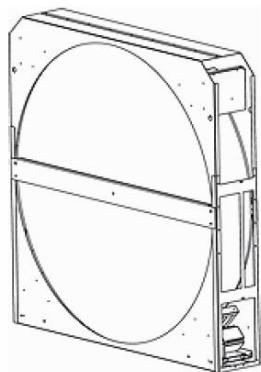
Slika 5.20 – Prazna sekcija klima jedinice Geniox Comfort 20DR

- Pad tlaka: 1Pa



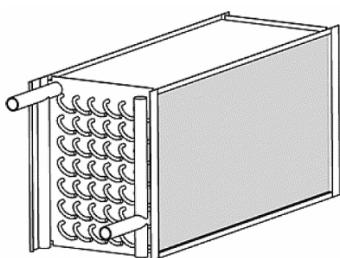
- Pad tlaka: 1Pa

Slika 5.21 – Inspeksijska sekcija klima jedinice Geniox Comfort 20DR



Slika 5.22 – Sorpcijski rotirajući regenerator klima jedinice Geniox Comfort 20DR

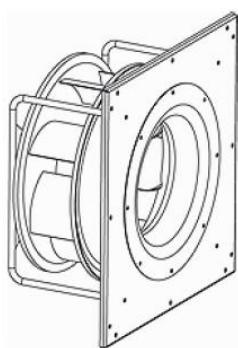
- Tip: Sorpcijski
- Promjer rotora: 1840mm
- Pogon rotora: promjenjiva brzina vrtnje
- 1x230V, 40W, 0,7A
- Ugradnja brtvenice i ustave: Da
- Pad tlaka dobava/odsis: 145/130 Pa
- Stupanj povrata osjetne topline: 77,2%
- Stupanj povrata vlage: 80,4%
- ZIMSKI REŽIM RADA
 - Temperatura prije i nakon: -7,7/14,5°C
 - Relativna vlažnost prije i nakon: 66/51%
 - Ogrjevni učin: 104kW
- LJETNI REŽIM RADA
 - Temperatura prije i nakon: 31,8/25,8°C
 - Relativna vlažnost prije i nakon: 50/51%
 - Rashladni učin: 55kW



Slika 5.23 – Grijac/Hladnjak klima jedinice Geniox Comfort 20DR

- Priključak ulaz/izlaz: 1 ¼“ / 1 ¼“
- Materijal cijevi: Bakar
- Materijal orebrenja: Aluminij
- Razmak orebrenja: 2,5mm
- Broj redova: 4
- Vrsta kapljevine: Etilen-glikol (25%)
- Zapremina: 21,7 l
- GRIJANJE
 - Pad tlaka: 39 Pa

- Temperatura prije i nakon: 14,5/19°C
- Relativna vlažnost prije i nakon: 51/38%
- Ukupni ogrjevni učin: 14,53kW
- Temperatura ulaza/izlaza vode: 35/30°C
- Volumni protok vode: 0,73 l/s
- Pad tlaka na strani vode: 15,7 kPa
- Brzina strujanja vode: 0,63 m/s
- HLAĐENJE
 - Pad tlaka: 33 Pa
 - Temperatura prije i nakon: 25,8/20°C
 - Relativna vlažnost prije i nakon: 51/71%
 - Ukupni rashladni učin: 20,66kW
 - Udio osjetnog u ukupnom učinu: 90%
 - Temperatura ulaza/izlaza vode: 7/12°C
 - Volumni protok vode: 1,07 l/s
 - Pad tlaka na strani vode: 24,8 kPa
 - Brzina strujanja vode: 0,92 m/s



- Tip elektromotora: EC motor
- Snaga: 3,50 kW
- Nazivni broj okretaja: 1860 o/min

**Slika 5.24 – Dobavni/odsisni ventilator
klima jedinice Geniox Comfort 20DR**

5.3.4 Odabir rekuperatorske jedinice za pomoćne prostorije

Za pomoćne prostorije je odabrana podstropna rekuperatorska jedinica RPL100W, proizvođača Aermec (Slika 5.25).



Slika 5.25 – Odabrana podstropna rekuperatorska jedinica za pomoćne prostorije

Uređaj se sastoji od dva ventilatora (dobavni i odsisni), dva filtera zraka (F7 u struji dobavnog zraka, M5 u struji odsisnog zraka), vodenog izmjenjivača topline s kadicom za skupljanje kondenzata, pločastog rekuperatora topline i *bypassa* sa servo pogonom.

Karakteristike rekuperatorske jedinice:

- Stupanj povrata topline pločastog rekuperatora: 75,3 %
- Nazivni protok zraka (dobava i odsis): 950 m³/h
- Minimalni protok zraka (dobava i odsis): 550 m³/h
- Nazivni vanjski pad tlaka: 125 Pa
- Nastrujna brzina na površinu filtera: 1,4 m/s
- Izmjenjivač topline - Hlađenje (kataloške vrijednosti)
 - Ukupni rashladni učin: 6,3 kW
 - Osjetni rashladni učin: 3,3 kW
 - Temperatura zraka: 18,1 °C

- Vlažnost zraka: 81 %
- Pad tlaka na strani zraka: 38 Pa
- Ulagana temperatura vode: 7 °C
- Izlagana temperatura vode: 12 °C
- Protok vode: 1079 l/h
- Pad tlaka na strani vode: 25 kPa
- KORIGIRANE VRIJEDNOSTI
 - Ukupni rashladni učin: 4,83 kW
 - Temperatura zraka ulaz/izlaz: 25,9/20 °C
 - Ulagana/izlagana temp. vode: 7/12 °C
 - Protok vode: 829,74 l/h
 - Pad tlaka na strani vode: 15 kPa
- Izmjenjivač topline - Grijanje (kataloške vrijednosti)
 - Ukupni ogrjevni učin: 10,1 kW
 - Temperatura zraka: 46,9 °C
 - Pad tlaka na strani zraka: 26,7 Pa
 - Ulagana temperatura vode: 70 °C
 - Izlagana temperatura vode: 60 °C
 - Protok vode: 885,1 l/h
 - Pad tlaka na strani vode: 13 kPa
 - KORIGIRANE VRIJEDNOSTI
 - Ukupni ogrjevni učin: 5,4 kW
 - Temperatura zraka ulaz/izlaz: 8,53/19 °C
 - Ulagana/izlagana temp. vode: 35/30 °C
 - Protok vode: 929,09 l/h
 - Pad tlaka na strani vode: 15 kPa
- Priključak vode (ulaz/izlaz): ½“ / ½“

6. DIMENZIONIRANJE VODENOOG SUSTAVA

6.1 DIMENZIONIRANJE OGRJEVNIH/RASHLADNIH TIJELA

Za pokrivanje toplinskih gubitaka i toplinskog opterećenja prostorije potrebno je dimenzionirati i odabrati ogrjevna/rashladna tijela. U prostorijama trgovine koriste se ventilokonvektori kao ogrjevna/rashladna tijela. Za prostor prodaje i skladišta, predviđene su stropne kazetne jedinice. Jedinice se smještaju u konstrukciju spuštenog stropa. U ostale pomoćne prostorije postavljaju se parapetni ventilokonvektori. Kataloške vrijednosti rada ventilokonvektora se preračunavaju za sljedeće projektne uvjete:

Grijanje

- Temperaturni režim vode: 35/30°C
- Unutarnja projektna temperatura: 24°C u prostorijama garderobe
15°C u prostoru skladišta
21°C ostale prostorije

Hlađenje

- Temperaturni režim vode: 7/12°C
- Unutarnja projektna temperatura: 24°C

Preračunavanje se vršilo uz pomoć računalnog programa Magellano, proizvođača Aermec. Odabrani tipovi ventilokonvektora za dvocijevni sustav nalaze se na Slika 6.1 i Slika 6.2. Kazetni ventilokonvektori umjesto vode koriste otopinu etilen-glikola u vodi (25%).



Slika 6.1 – Kazetni ventilokonvektori FCLI
[9]



Slika 6.2 – Parapetni ventilokonvektori FCX
[9]

Ventilokonvektori su odabrani na način da se zadovolje sve potrebe po pitanju toplinskih gubitaka te ukupnog i osjetnog toplinskog opterećenja (Tablica 6.1). U Tablica 6.2 prikazani su odabrani tipovi ventilokonvektora, njihov broj u pojedinoj prostoriji, volumni protok zraka, instalirani učini, izlazna temperatura zraka, volumni protok vode i pad tlaka na strani vode.

Tablica 6.1 – Potreban i instalirani toplinski učin ventilokonvektora

| Oznaka | Prostorija | Potrebno | | Instalirano | |
|--------|---------------|---------------|---------------|-------------|----------|
| | | $\Phi_{HL,i}$ | $\Phi_{CL,i}$ | Φ_g | Φ_h |
| | | W | W | W | W |
| 1 | Prodaja | 72510 | 103344 | 73260 | 104214 |
| 2 | Skladište | 4883 | 5705 | 4948 | 5730 |
| 3 | Hodnik 1 | 1004 | 890 | 1021 | 1341 |
| 4 | Garderoba M. | 1224 | 4064 | 1650 | 4038 |
| 5 | Garderoba Ž. | 1022 | 2719 | 1010 | 2783 |
| 6 | Čajna kuhinja | 1003 | 3328 | 1001 | 3405 |
| 7 | Soba za odmor | 650 | 2055 | 1060 | 2170 |
| 8 | Detektiv | 593 | 2478 | 678 | 2542 |
| 9 | Trezor | 1583 | 7053 | 1754 | 7130 |
| 13 | Hodnik 2 | 529 | 549 | 531 | 651 |

| | | |
|-------------------|-----|---|
| $\Phi_{HL,i}$ | W | Toplinski gubici grijane prostorije |
| $\Phi_{CL,i}$ | W | Toplinsko opterećenje hlađene prostorije |
| $\Phi_{g,uk}$ | W | Ukupno instalirani toplinski učin grijanja |
| $\Phi_{h,uk}$ | W | Ukupno instalirani toplinski učin hlađenja |
| Φ_g | W | Toplinski učin grijanja ventilokonvektora |
| Φ_h | W | Toplinski učin hlađenja ventilokonvektora |
| $\vartheta_{z,g}$ | °C | Temperatura zraka po izlasku iz ventilokonvektora, grijanje |
| $\vartheta_{z,h}$ | °C | Temperatura zraka po izlasku iz ventilokonvektora, hlađenje |
| $\dot{V}_{w,g}$ | l/s | Volumni protok vode kroz ventilokonvektor, grijanje |
| $\dot{V}_{w,h}$ | l/s | Volumni protok vode kroz ventilokonvektor, hlađenje |
| $\Delta p_{w,g}$ | kPa | Pad tlaka na strani vode ventilokonvektora, grijanje |
| $\Delta p_{w,h}$ | kPa | Pad tlaka na strani vode ventilokonvektora, hlađenje |

Tablica 6.2 – Dimenzioniranje ventilokonvektora

| Oz. | Prostorija | Tip | Broj komada | Grijanje | | | | Hlađenje | | | | | |
|-----|---------------|--------|-------------|--------------------------------------|---------------|---|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------|---|------------------------|-------------------------|
| | | | | \dot{V}_z m^3/h | Φ_g W | $\vartheta_{z,g}$ $^{\circ}\text{C}$ | $\dot{V}_{w,g}$ l/s | $\Delta p_{w,g}$ kPa | \dot{V}_z m^3/h | Φ_h W | $\vartheta_{z,h}$ $^{\circ}\text{C}$ | $\dot{V}_{w,h}$ l/s | $\Delta p_{w,h}$ kPa |
| 1 | Prodaja | FCLI82 | 33 | 952 | 2220 | 28 | 0,0906 | 3 | 856 | 3158 | 15,6 | 0,1342 | 9 |
| 2 | Skladište | FCLI62 | 2 | 439 | 2474 | 14,7 | 0,1188 | 11 | 607 | 2865 | 12,9 | 0,1369 | 18 |
| 3 | Hodnik 1 | FCX24 | 1 | 290 | 1021 | 31,6 | 0,049 | 1 | 290 | 1341 | 11,8 | 0,0641 | 2 |
| 4 | Garderoba M. | FCX64 | 1 | 520 | 1650 | 33,7 | 0,0792 | 2 | 720 | 4038 | 11,3 | 0,193 | 6 |
| 5 | Garderoba Ž. | FCX44 | 1 | 330 | 1010 | 33,3 | 0,0485 | 2 | 460 | 2783 | 10,4 | 0,133 | 17 |
| 6 | Čajna kuhinja | FCXI56 | 1 | 240 | 1001 | 33,6 | 0,0481 | 2 | 688 | 3405 | 11,4 | 0,1627 | 22 |
| 7 | Soba za odmor | FCX42 | 1 | 330 | 1060 | 30,7 | 0,0509 | 2 | 460 | 2170 | 12,2 | 0,1037 | 6 |
| 8 | Detektiv | FCXI40 | 1 | 227 | 678 | 30 | 0,0326 | 1 | 573 | 2542 | 12,1 | 0,1215 | 10 |
| 9 | Trezor | FCXI56 | 2 | 208 | 877 | 33,7 | 0,0421 | 2 | 720 | 3565 | 11,5 | 0,1704 | 24 |
| 13 | Hodnik 2 | FCX17 | 1 | 160 | 531 | 31 | 0,0255 | 1 | 160 | 651 | 12,9 | 0,0311 | 1 |

6.2 ODABIR IZVORA OGRJEVNOG I RASHLADNOG UČINA

Kao izvor ogrjevnog i rashladnog učina predviđene su dvije dizalice topline zrak-voda. Glavna ideja je postići neovisne sustave izvora topline prostora prodaje i pomoćnih prostorija. Razlog tome su mogući različiti zahtjevi na režim grijanja i hlađenja, što je posebno izraženo u prijelaznim razdobljima. Prodajni prostor ima značajne unutarnje dobitke od rasvjete, ljudi i opreme te ga je često nužno hladiti u trenutku kada zaposlenicima u pomoćnim prostorijama odgovara režim grijanja.

Potreban ogrjevni kapacitet dizalice topline zrak-voda računa se kao zbroj instalirane snage ventilokonvektorskih uređaja i grijaća za obradu zraka u zračnim jedinicama:

$$\Phi_{d.t,grijanje} = \Phi_{g.uk} + \Phi_{grijaca} \quad (6.1)$$

Prostor prodaje:

$$\Phi_{d.t,grijanje} = 73,26 + 14,53 = 87,8 \text{ kW}$$

Pomoćne prostorije:

$$\Phi_{d.t,grijanje} = 13,65 + 3,34 = 17 \text{ kW}$$

Potreban rashladni kapacitet računa se kao zbroj ukupnog toplinskog opterećenja prostorija i potrebnog učina hladnjaka za obradu zraka u zračnim jedinicama:

$$\Phi_{d.t,hlađenje} = \Phi_{h.uk} + \Phi_{hlađnjaka} \quad (6.2)$$

Prostor prodaje:

$$\Phi_{d.t,hlađenje} = 103,34 + 20,66 = 124 \text{ kW}$$

Pomoćne prostorije:

$$\Phi_{d.t,hlađenje} = 17,56 + 2,69 = 20,3 \text{ kW}$$

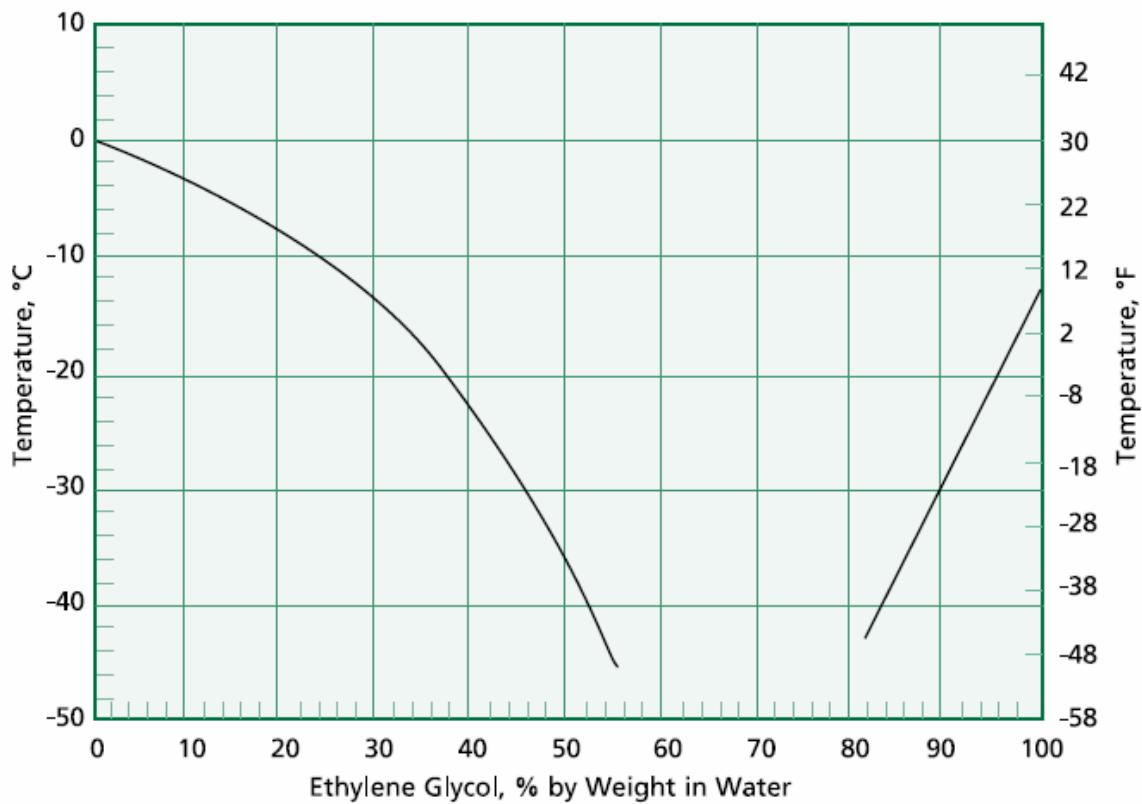
6.2.1 Prodajni prostor

Za prostor prodaje, odabrana je dizalica topline zrak-voda od proizvođača Aermec, tip NRL0650 (Slika 6.3).



Slika 6.3 – Dizalica topline NRL0650 zrak-voda za prostor prodaje [9]

Ukupni ogrjevni kapacitet prema katalogu iznosi 152,79 kW (režim vode 45/40°C, vanjska temperatura 7°C), a rashladni kapacitet 127,44 kW (režim vode 7/12°C, vanjska temperatura 35°C). Dolazi s ugrađenim hidroblokom koji u sebi sadrži spremnik od 500 l, dvije cirkulacijske pumpe paralelno spojene od kojih je samo jedna radna (druga u rezervi), filter kapljevine, odzračni ventil, ventil za automatsko punjenje, ekspanzijsku posudu 25 l i sigurnosni ventil. Uređaj je predviđen za smještaj na ravnom krovu. Budući da je vanjska projektna temperatura zraka -7,7°C, moguće je zaledjivanje vode unutar cijevi i opreme za vrijeme dužih prekida rada. Zbog navedenog razloga koristiti se otopina etilen-glikola i vode masenog udjela 25% (Slika 6.4) [10].

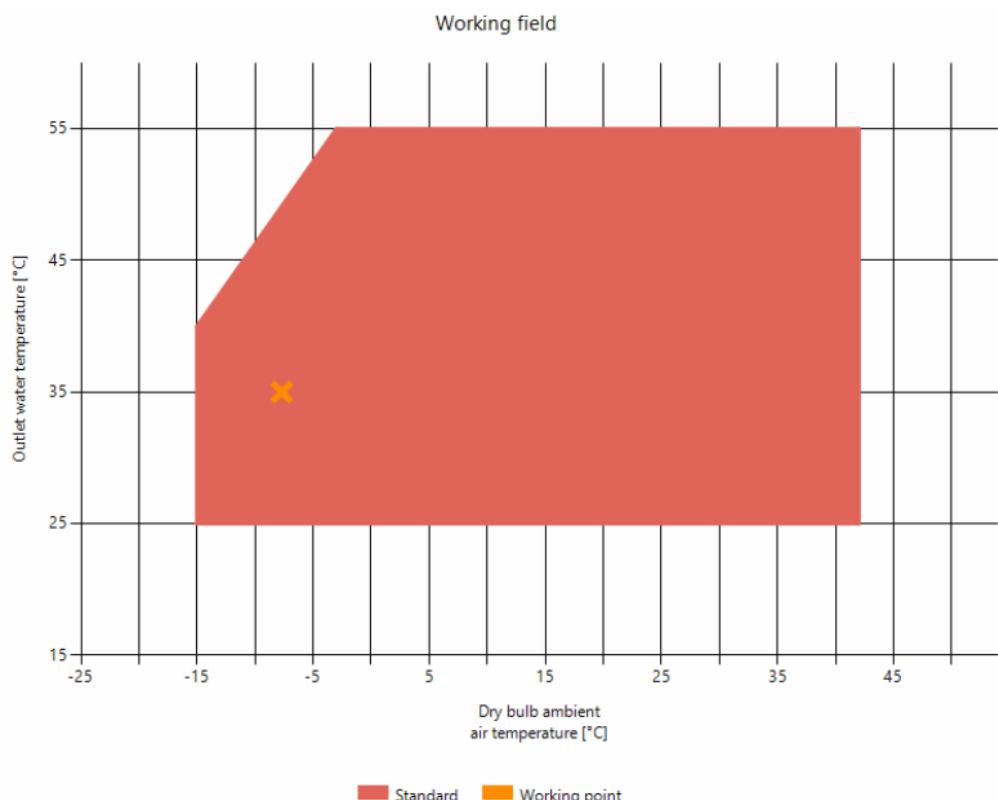


Slika 6.4 – Linija ledišta otopine etilen-glikola u vodi [10]

Proces odabira dizalice topline napravljen je korištenjem računalnog programa Magellano, proizvođača Aermec. Ulazni podaci su vanjske projektne temperature (zima/ljeto), temperature ulaza i izlaza kondicionirane vode i vrsta korištene kapljivine.

Radne karakteristike za režim rada u grijanju:

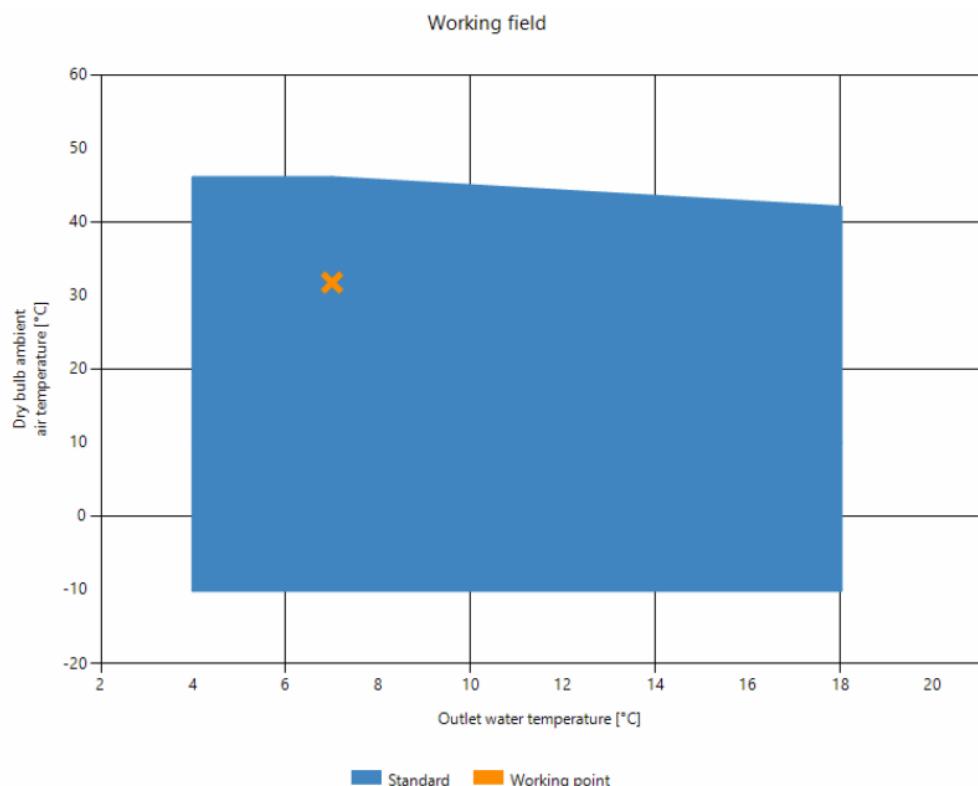
- Ogrjevni kapacitet: 91,9 kW
- Ulagana snaga kompresora: 35,7 kW
- Jakost struje: 74 A
- COP: 2,57
- Temp. ulaza/izlaza vode: 30/35 °C
- Temperatura suhog termometra: -7,7 °C
- Maseni udio etilen-glikola: 25%
- Volumni protok vode: 4,7911 l/s
- Pad tlaka kroz izmjenjivač: 20 kPa



Slika 6.5 – Radno područje dizalice topline prodajnog prostora za period grijanja

Radne karakteristike za režim rada u hlađenju:

- Rashladni kapacitet: 128,9 kW
- Ulagana snaga kompresora: 51,7 kW
- Jakost struje: 89 A
- EER: 2,49
- Temp. ulaza/izlaza vode: 12/7 °C
- Temperatura suhog termometra: 31,8 °C
- Maseni udio etilen-glikola: 25%
- Volumni protok vode: 6,8064 l/s
- Pad tlaka kroz izmjenjivač: 20 kPa



Slika 6.6 – Radno područje dizalice topline prodajnog prostora za period hlađenja

6.2.2 Pomoćne prostorije

Za pomoćne prostorije odabrana je dizalica topline zrak-voda proizvođača LG, tip ARUM100LTE5 (Slika 6.7). Uz dizalicu topline, koristi se dodatni hidroblok ARNH10GK2A2 (Slika 6.8).



Slika 6.7 – Dizalica topline zrak-voda za pomoćne prostorije [11]



Slika 6.8 – Dodatni hidroblok za dizalicu topline zrak-voda pomoćnih prostorija [11]

Dizalica topline je smještena na ravnom krovu, a hidroblok se nalazi unutar prostora predviđenog za smještaj opreme. Radna tvar R410A cirkulira od dizalice topline prema hidrobloku u kojemu se nalazi izmjenjivač topline.

Korekcijski proračun kapaciteta vršio se korištenjem računalnog programa LG LATS-HVAC. Kao ulazne vrijednosti postavljene su vanjske projektne temperature i radni režimi vode. Konačan kapacitet dizalice topline za grijanje iznosi 27,1 kW (za zimski projektni režim rada), a za hlađenje 28 kW (za ljetni projektni režim rada). Korigirani učin unutarnje jedinice (hidroblok) iznosi 27,1 kW za grijanje (priprema ogrjevne vode 35/30°C) i 21,7 kW za hlađenje (priprema rashladne vode 7/12°C). Kako bi se smanjila učestalost pokretanja kompresora dizalice topline, odabran je spremnik od 300 l.

6.3 HIDRAULIČKI PRORAČUN CIJEVNE MREŽE I ODABIR PUMPI

Kako bi se ostvarila cirkulacija unutar vodenog sustava, nužno je pravilno dimenzionirati i odabrati pumpe. Osnovne ulazne vrijednosti za odabir pumpe su protok i pad tlaka. Pad tlaka se dobiva proračunom cijevne mreže po dionicama. Proračun kritičnih dionica vrši se za grijanje i hlađenje te se uzima režim rada koji daje veće padove tlaka kroz isti cjevovod.

U prostoru trgovine nalaze se dvije zasebne cijevne mreže. Jedna obuhvaća sustav prodajnog prostora, dok pomoćne prostorije obuhvaća druga cijevna mreža.

6.3.1 Prodajni prostor

Unutar cjevovoda prodajnog prostora cirkulira otopina etilen-glikola u vodi (25%). Svojstva za režim grijanja (za srednju temperaturu 32,5°C):

- Gustoća: 1022,35 kg/m³
- Specifični toplinski kapacitet: 3922,08 J/kgK

Svojstva za režim hlađenja (za srednju temperaturu 9,5°C):

- Gustoća: 1036,31 kg/m³
- Specifični toplinski kapacitet: 3858,86 J/kgK

Cijevna mreža prodajnog prostora povezuje dizalicu topline, razdjelnik/sabirnik, ventilokonvektore i grijач/hladnjak klimatizacijske jedinice. Ukupno se u sustavu nalazi tri kruga, nazvana prema komponentama koje povezuju:

- krug dizalica topline-razdjelnik/sabirnik (primarni krug)
- krug razdjelnik-ventilokonvektori-sabirnik (sekundarni krug)
- krug razdjelnik-klima jedinica-sabirnik (sekundarni krug)

Unutar cijelog prodajnog prostora, korištene su bakrene cijevi. Prema normi EN 1507, standardne dimenzije bakrenih cijevi mogu biti od 6 do 267 mm vanjskog promjera.

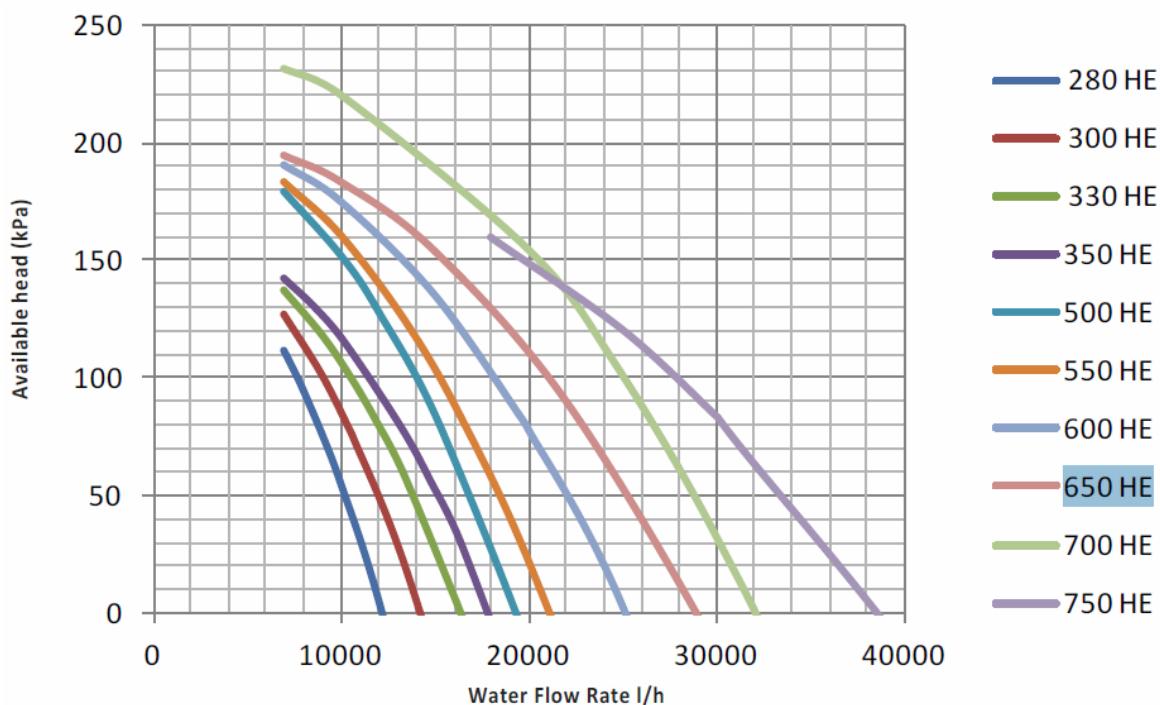
Krug dizalica topline-razdjelnik/sabirnik (primarni krug)

Za primarni krug provjerava se zadovoljavaju li pumpe (koje dolaze u sklopu hidrobloka dizalice topline) nametnutu visinu dobave. U Tablica 6.3 nalazi se proračun dionice za najkritičniji, ljetni režim rada.

Tablica 6.3 – Pad tlaka kruga dizalica topline-razdjelnik/sabirnik (prodajni prostor)

| Br. | L | Φ_{inst} | $m \cdot c_p$ | \dot{m} | ϕD_{xs} | v | R | $R \cdot L$ | $\Sigma \zeta$ | Z | $RL + Z$ | Ukupno |
|-----|----|---------------|-----------------------|-----------|---------------|------|------|-------------|----------------|------|----------|-------------|
| | m | W | W/ $^{\circ}\text{C}$ | kg/s | mm | m/s | Pa/m | Pa | - | Pa | Pa | Pa |
| 1 | 14 | 128900 | 25780 | 6,6807 | 88,9x2 | 1,14 | 150 | 2100 | 5 | 3360 | 5460 | 5460 |
| | | | | | | | | | Σ | | | 5460 |

Zahtijevana visina dobave iznosi 0,54 m što pojedinačna ugrađena pumpa s konstantnim protokom može savladati (Slika 6.9).



Slika 6.9 – Radne karakteristike pumpe koja dolazi u sklopu hidrobloka dizalice topline prodajnog prostora (linija 650HE) [9]

Krug razdjelnik-ventilokonvektori-sabirnik (sekundarni krug)

Tablica 6.4 prikazuje pad tlaka za kritičnu dionicu sekundarnog kruga koja povezuje sabirnik/razdjelnik s kazetnim ventilokonvektorima prodajnog prostora za režim hlađenja. U konačnom zbroju pada tlaka uzeti su u obzir padovi tlaka kroz ventilokonvektor, sabirnik/razdjelnik te popratnu armaturu.

Tablica 6.4 – Pad tlaka kruga razdjelnik-ventilokonvektori-sabirnik (prodajni prostor)

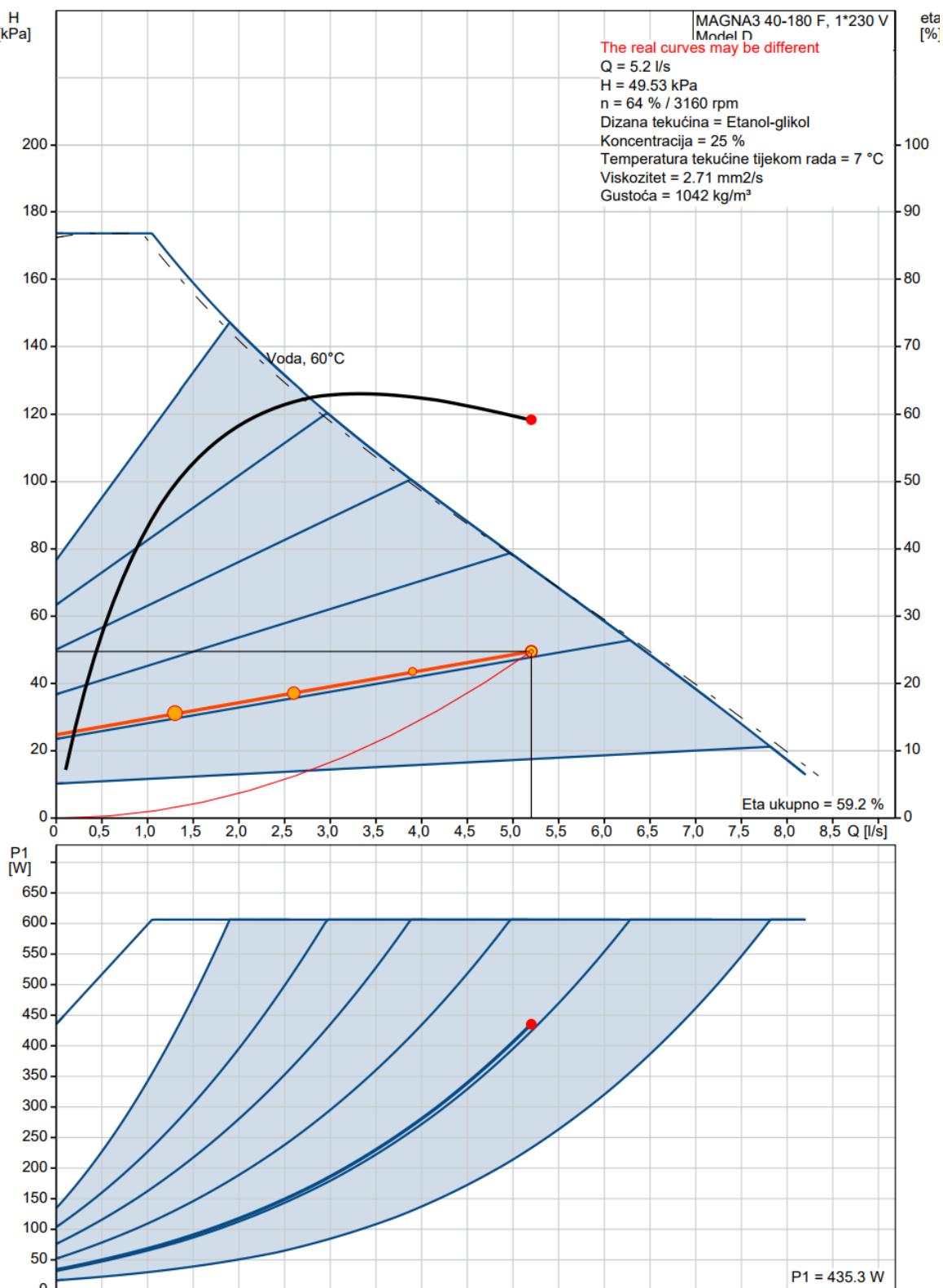
| Br. | L m | Φ_{inst} W | $\dot{m} \cdot c_p$ W/°C | \dot{m} kg/s | ϕD_{xs} mm | v m/s | R Pa/m | R·L Pa | $\Sigma \zeta$ - | Z Pa | RL+Z Pa | Ukupno Pa |
|----------|--------|--------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|----------|-----------|-----------|---------------------|---------|------------|--------------|
| 1 | 12,6 | 104214 | 20843 | 5,4013 | 76x2 | 1,3 | 200 | 2520 | 5 | 4246 | 6766 | 6766 |
| 2 | 4,4 | 72634 | 14527 | 3,7645 | 76x2 | 0,9 | 110 | 484 | 2 | 825 | 1309 | 1309 |
| 3 | 25,6 | 47370 | 9474 | 2,4551 | 54x1,5 | 1,2 | 290 | 7412 | 1,5 | 1045 | 8458 | 8458 |
| 4 | 7,5 | 44212 | 8842 | 2,2915 | 54x1,5 | 1,1 | 250 | 1875 | 0,5 | 304 | 2179 | 2179 |
| 5 | 7,5 | 41054 | 8211 | 2,1278 | 54x1,5 | 1,0 | 230 | 1725 | 0,5 | 262 | 1987 | 1987 |
| 6 | 7,5 | 37896 | 7579 | 1,9641 | 54x1,5 | 0,9 | 190 | 1425 | 0,5 | 223 | 1648 | 1648 |
| 7 | 7,5 | 34738 | 6948 | 1,8004 | 54x1,5 | 0,9 | 165 | 1238 | 0,5 | 187 | 1425 | 1425 |
| 8 | 7,5 | 31580 | 6316 | 1,6368 | 54x1,5 | 0,8 | 140 | 1050 | 0,5 | 155 | 1205 | 1205 |
| 9 | 7,5 | 28422 | 5684 | 1,4731 | 54x1,5 | 0,7 | 120 | 900 | 0,5 | 125 | 1025 | 1025 |
| 10 | 7,5 | 25264 | 5053 | 1,3094 | 54x1,5 | 0,6 | 90 | 675 | 0,5 | 99 | 774 | 774 |
| 11 | 15,0 | 22106 | 4421 | 1,1457 | 42x1,5 | 0,9 | 260 | 3900 | 0,5 | 222 | 4122 | 4122 |
| 12 | 7,5 | 18948 | 3790 | 0,9821 | 42x1,5 | 0,8 | 220 | 1650 | 0,5 | 163 | 1813 | 1813 |
| 13 | 7,5 | 15790 | 3158 | 0,8184 | 42x1,5 | 0,7 | 150 | 1125 | 0,5 | 113 | 1238 | 1238 |
| 14 | 7,5 | 12632 | 2526 | 0,6547 | 42x1,5 | 0,5 | 110 | 825 | 0,5 | 72 | 897 | 897 |
| 15 | 7,5 | 9474 | 1895 | 0,4910 | 35x1,5 | 0,6 | 170 | 1275 | 0,5 | 90 | 1365 | 1365 |
| 16 | 7,5 | 6316 | 1263 | 0,3274 | 28x1 | 0,6 | 210 | 1575 | 0,5 | 92 | 1667 | 1667 |
| 17 | 11,0 | 3158 | 632 | 0,1637 | 22x1 | 0,5 | 190 | 2098 | 4 | 524 | 2621 | 11621 |
| Σ | | | | | | | | | | | | 49499 |

| | | |
|----------------|-------|--|
| Br. | - | Broj dionice |
| L | m | Dužina dionice |
| Φ_{inst} | W | Ukupno instalirani kapacitet |
| \dot{m} | kg/s | Maseni protok |
| c_p | J/kgK | Specifični toplinski kapacitet |
| ϕD_{xs} | mm | Vanjski promjer cijevi x debljina stijenke cijevi |
| $\Sigma \zeta$ | - | Zbroj lokalnih koeficijenata pada tlaka |
| Z | Pa | Lokalni pad tlaka |
| R | Pa/m | Linijski pad tlaka iskazan po jednom metru cijevi (jedinični pad tlaka). |

Za sekundarni krug prodajnog prostora (prema ventilokonvektorima), predviđena je frekventno regulirana pumpa. Prema rezultatima iz Tablica 6.4, potrebna je pumpa s visinom dobave od 4,87 m i protokom 5,2 l/s (18,72 m³/h). Pumpa se odabire uz pomoć web aplikacije proizvođača Grundfos. Odabrana je pumpa MAGNA3 40-180 F (Slika 6.10). Slika 6.11 prikazuje radnu točku pumpe.



Slika 6.10 – Pumpa sekundarnog kruga razdjelnik-ventilokonvektori-sabirnik



Slika 6.11 – Radna točka pumpe sekundarnog kruga razdjelnik-ventilokonvektori-sabirnik

Krug razdjelnik-klima jedinica-sabirnik (sekundarni krug)

U drugom, sekundarnom krugu prostora prodaje, dimenzionira se pumpa za dobavu kapljevine kroz izmjenjivač topline unutar klima jedinice. Pad tlaka od razdjelnika do klima jedinice i natrag prema sabirniku prikazan je Tablica 6.5.

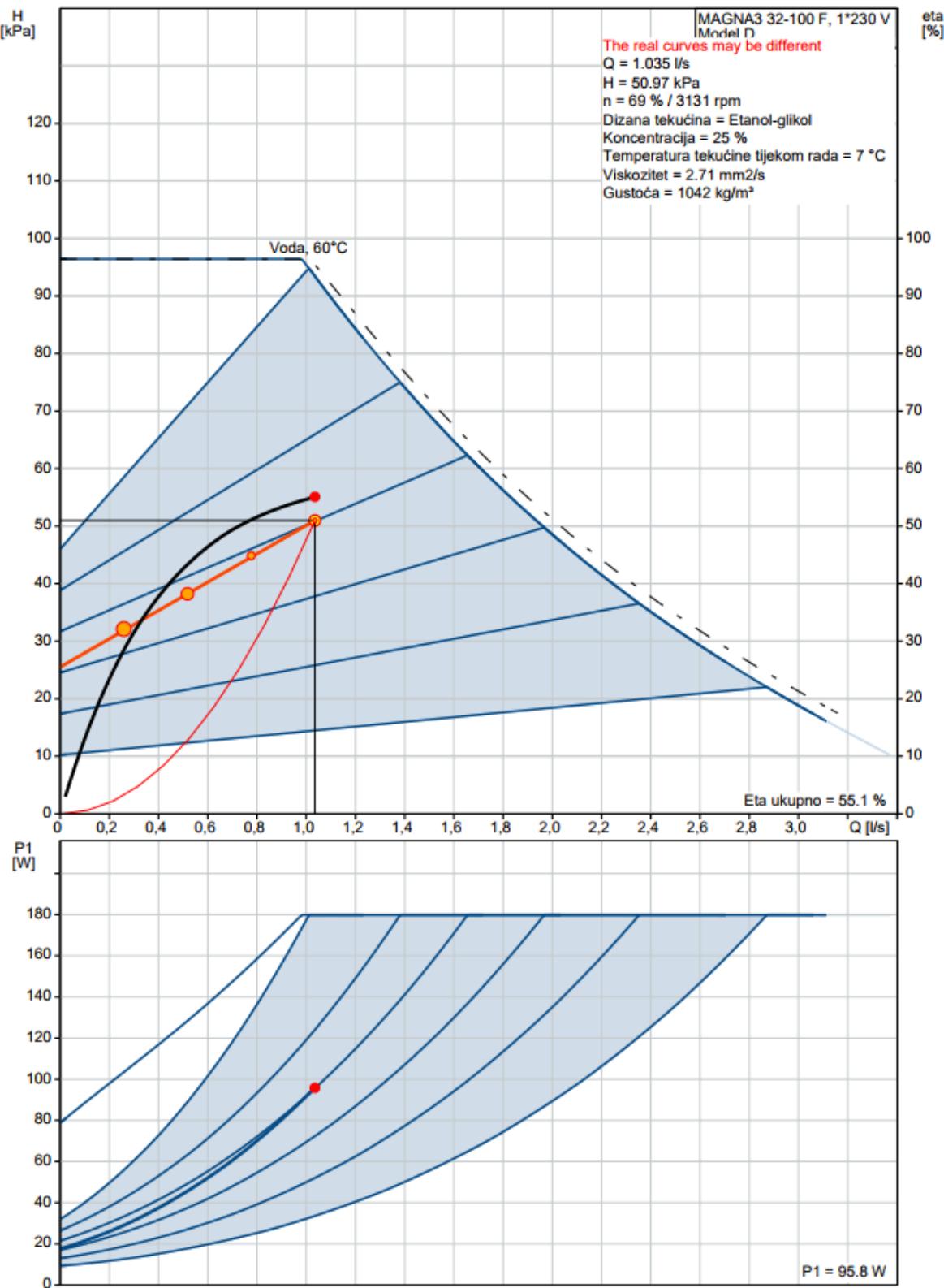
Tablica 6.5 – Pad tlaka sekundarnog kruga razdjelnik-klima jedinica-sabirnik

| Br. | L | Φ_{inst} | $m \cdot c_p$ | \dot{m} | ϕD_{xs} | v | R | R·L | $\Sigma \zeta$ | Z | RL+Z | Ukupno |
|-----|-------|---------------|---------------|-----------|---------------|-----|------|-------|----------------|------|-------|--------------|
| | m | W | W/°C | kg/s | mm | m/s | Pa/m | Pa | - | Pa | Pa | Pa |
| 1 | 101,2 | 20700 | 4140 | 1,0729 | 42x1,5 | 0,9 | 220 | 22264 | 10 | 3892 | 26156 | 50956 |
| | | | | | | | | | Σ | | | 50956 |

Prikazani pad tlaka je za režim hlađenja. Prema rezultatima, potrebna je pumpa s visinom dobave od 5,01m i protokom 1,04 l/s (3,74 m³/h). Odabrana je frekventno regulirana pumpa MAGNA3 32-100 F (Slika 6.12) koja se spaja pomoću prirubnice DN 32. Slika 6.13 prikazuje radnu točku pumpe.



Slika 6.12 – Pumpa sekundarnog kruga razdjelnik-klima jedinica-sabirnik



Slika 6.13 – Radna točka pumpe sekundarnog kruga razdjelnik-klima jedinica-sabirnik

6.3.2 Pomoćne prostorije

U cjevovodima pomoćnih prostorija cirkulira prethodno obrađena voda od strane trgovackog centra. Cjevovod se dijeli u dva kruga:

- Krug hidroblok dizalice topline-spremnik
- Krug potrošača

Glavne dionice cjevovoda izvedene su s bakrenim cijevima, dok se parapetni ventilokonvektori povezuju s PEX-Al-PEX cijevima. Razlog korištenja višeslojnih cijevi je radi lakše ugradnje u zakrivljene plohe zidova.

Krug hidroblok dizalice topline-spremnik

Izmjenjivač topline unutar hidrobloka dizalice topline, zahtjeva konstantan protok, stoga će se odabrati pumpa konstantnog protoka prema izračunatim padovima tlaka (Tablica 6.6).

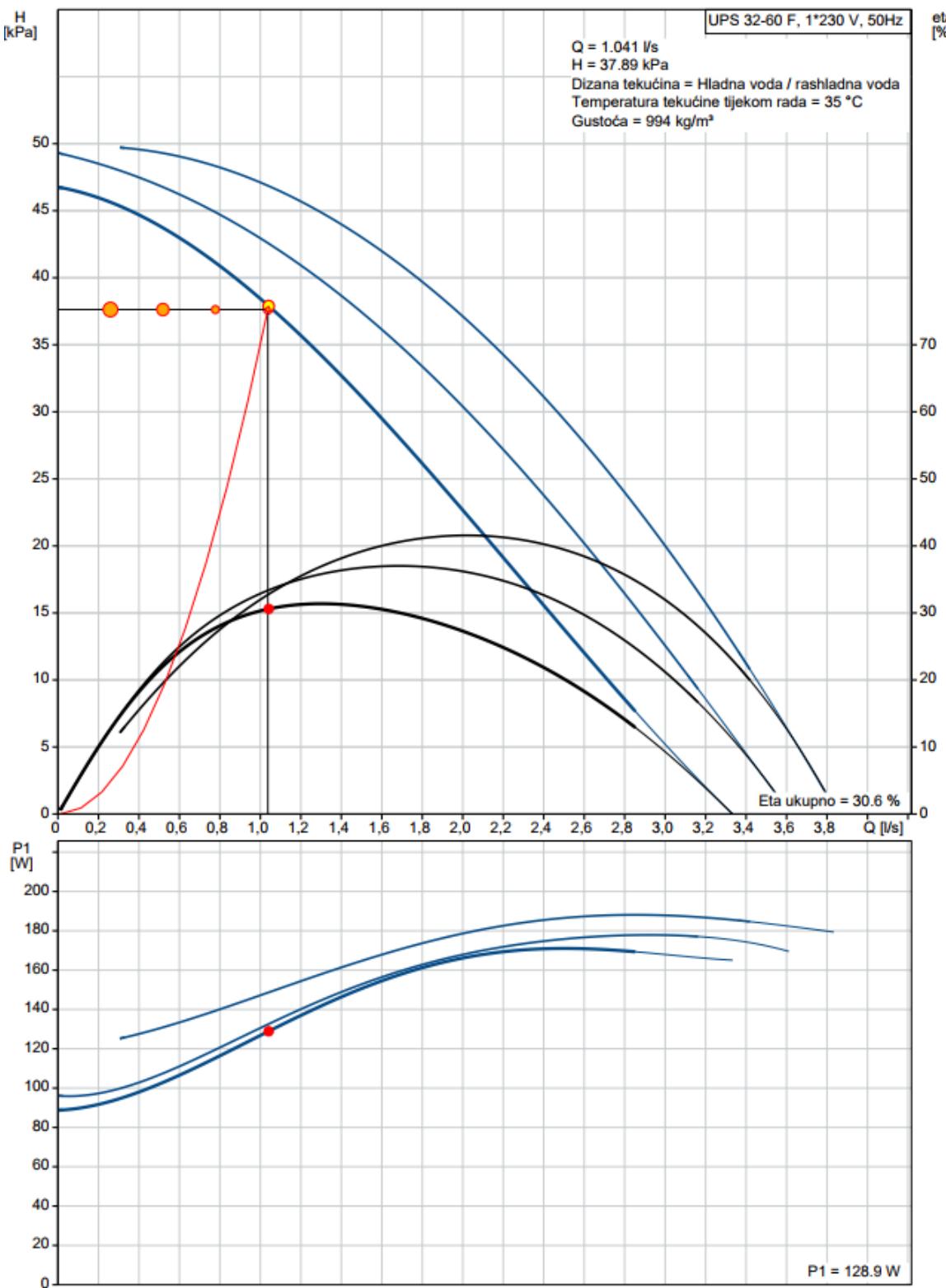
Tablica 6.6 – Pad tlaka kruga hidroblok dizalice topline-spremnik

| Br. | L | Φ_{inst} | $\dot{m} \cdot c_p$ | \dot{m} | ϕD_{xs} | v | R | $R \cdot L$ | $\Sigma \zeta$ | Z | $RL+Z$ | Ukupno |
|-----|---|---------------|---------------------|-----------|---------------|-----|------|-------------|----------------|-----|--------|--------------|
| | m | W | W/ $^{\circ}$ C | kg/s | mm | m/s | Pa/m | Pa | - | Pa | Pa | Pa |
| 1 | 2 | 21700 | 4340 | 1,0365 | 54x1,5 | 0,5 | 55 | 110 | 4 | 515 | 625 | 37625 |
| | | | | | | | | | Σ | | | 37625 |

U stupcu „Ukupno“ uzeti su u obzir padovi tlaka na izmjenjivaču topline, spremniku i armaturi. Potrebna je pumpa s visinom dobave od 3,84m i protokom 1,04 l/s. Odabrana je pumpa UPS 32-60 F s tri brzine (Slika 6.14). Slika 6.15 prikazuje radnu točku pumpe.



Slika 6.14 – Pumpa kruga hidroblok dizalice topline-spremnik



Slika 6.15 – Radna točka pumpe kruga hidroblok dizalice topline-spremnik

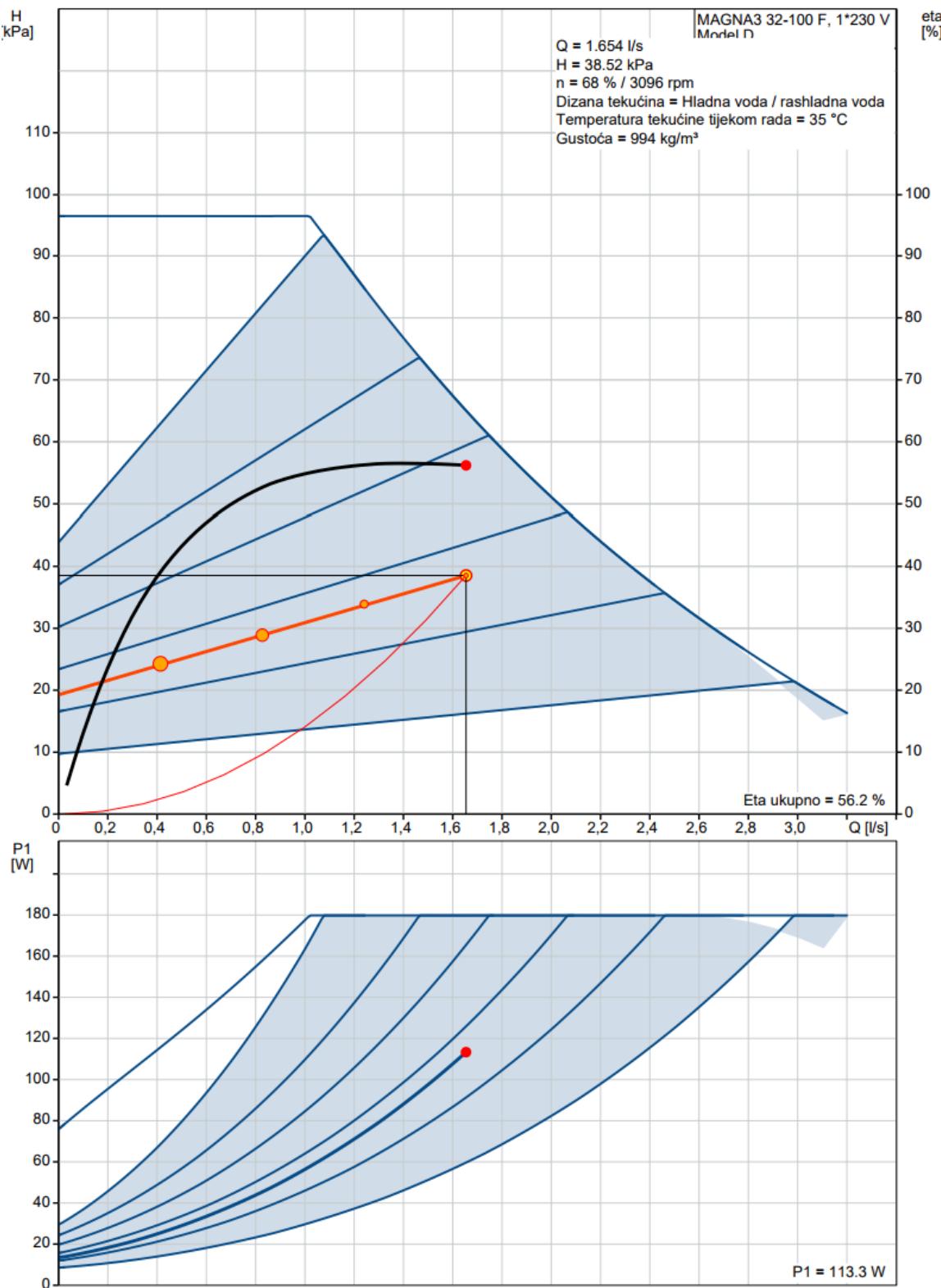
Krug potrošača

Krug potrošača obuhvaća kazetne ventilokonvektore u prostoru skladišta, izmjenjivač topline unutar rekuperatorske jedinice i parapetne ventilokonvektore unutar pomoćnih prostorija. Kritična dionica je prema ventilokonvektoru u prostoriji trezora. Proračun pada tlaka prikazan je Tablica 6.7 za režim hlađenja.

Tablica 6.7 – Pad tlaka kruga potrošača

| Br. | L | Φ_{inst} | $m \cdot c_p$ | m | ϕD_{xs} | v | R | $R \cdot L$ | $\Sigma \zeta$ | Z | $RL+Z$ | Ukupno |
|----------|------|---------------|---------------|--------|---------------|-----|------|-------------|----------------|------|--------------|--------|
| | m | W | W/°C | kg/s | mm | m/s | Pa/m | Pa | - | Pa | Pa | Pa |
| 1 | 8,2 | 34620 | 6924 | 1,6537 | 54x1,5 | 0,8 | 150 | 1230 | 4 | 1311 | 2541 | 2541 |
| 2 | 14,9 | 22719 | 4544 | 1,0852 | 50x4 | 0,8 | 145 | 2163 | 4 | 1227 | 3391 | 3391 |
| 3 | 8 | 18681 | 3736 | 0,8923 | 50x4 | 0,6 | 100 | 800 | 0,5 | 104 | 904 | 904 |
| 4 | 7,5 | 15898 | 3180 | 0,7594 | 40x3,5 | 0,9 | 230 | 1725 | 0,5 | 197 | 1922 | 1922 |
| 5 | 4,6 | 12493 | 2499 | 0,5968 | 40x3,5 | 0,7 | 160 | 738 | 0,5 | 122 | 859 | 859 |
| 6 | 3,1 | 11842 | 2368 | 0,5657 | 40x3,5 | 0,7 | 140 | 437 | 0,5 | 109 | 546 | 546 |
| 7 | 6,3 | 9672 | 1934 | 0,4620 | 40x3,5 | 0,5 | 100 | 627 | 0,5 | 73 | 700 | 700 |
| 8 | 5,3 | 7130 | 1426 | 0,3406 | 32x3 | 0,6 | 180 | 950 | 2 | 412 | 1362 | 1362 |
| 9 | 8,9 | 3565 | 713 | 0,1703 | 26x3 | 0,5 | 194 | 1723 | 4 | 588 | 2310 | 26310 |
| Σ | | | | | | | | | | | 38535 | |

Potrebna je pumpa s visinom dobave od 3,93m i protokom 1,65 l/s (5,94 m³/h). Odabrana je frekventno regulirana pumpa MAGNA3 32-100 F koja se spaja pomoću prirubnice DN 32. Slika 6.16 prikazuje radnu točku pumpe.



Slika 6.16 – Radna točka pumpe kruga potrošača

6.4 DIMENZIONIRANJE I ODABIR EKSPANZIJSKE POSUDE

Za voden sustav trgovine, potrebno je dimenzionirati i odabrat ekspanzijske posude. Ekspanzijska posuda se koristi radi održavanja tlaka u sustavu unutar zadanih granica, što uključuje podešavanje minimalnog tlaka i sprječavanje prekoračenja najvećeg dozvoljenog radnog pretlaka. Također, sudjeluje u kompenzaciji promjene volumena ogrjevnog medija kao posljedica promjene temperature. Omogućuje pokrivanje manjka ogrjevnog/rashladnog medija tijekom pogona sustava preko dodatne zalihe vode [1].

U vodenom krugu prodajnog prostora, membranska ekspanzijska posuda od 25 l i sigurnosni ventil od 6 bara dolaze u sklopu hidrobloka dizalice topline. Potrebno je provjeriti zadovoljava li ugrađena posuda zahtjev za minimalnim volumenom ekspanzijske posude.

Minimalni volumen membranske ekspanzijske posude računa se prema sljedećem izrazu:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} \quad (6.3)$$

| | | |
|-------------|-----|--|
| $V_{n,min}$ | 1 | Minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude |
| V_e | 1 | Volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda od 35°C |
| V_V | 1 | Dodatni volumen, uzima se oko 0,5% volumena vode u instalaciji, minimalno 3 litre |
| p_e | bar | Projektni krajnji tlak, povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila (kod sustava koji rade pri tlakovima manjim od 5 bara procjenjuje se na 0,5 bara ispod tlaka sigurnosnog ventila) |
| p_o | bar | Primarni tlak ekspanzijske posude (tlak plina prilikom isporuke) |

Volumen širenja vode uslijed povišenja temperature vode računa se prema jednadžbi:

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} \quad (6.4)$$

| | | |
|-------|---|---|
| n | % | Postotak širenja (dobije se linearnom interpolacijom između tabličnih vrijednosti za najvišu temperaturu polaza koja iznosi 35°C) |
| V_A | 1 | Ukupni volumen vode u sustavu |

U Tablica 6.8 prikazana je zapremina komponenti vodenog sustava prodajnog prostora.

Tablica 6.8 – Ukupni volumen vode u komponentama vodenog sustava prodajnog prostora

| Naziv komponente | Volumen |
|--------------------------------|---------|
| | 1 |
| Dizalica topline | 10,8 |
| Spremnik vode | 500 |
| Razdjelnik/sabirnik | 13,3 |
| Ventilokonvektori | 66 |
| Grijač/hladnjak klima jedinice | 21,7 |
| Cjevovod | 815,3 |
| Σ | 1427 |

Za prostor prodaje minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude iznosi:

$$V_{n,min} = (7,78 + 7,14) \cdot \frac{5,5 + 1}{5,5 - 1} = 21,5 \text{ l}$$

Ugrađena ekspanzijska posuda od 25 l zadovoljava minimalni volumen.

Prije proračuna minimalnog potrebnog volumena ekspanzijske posude za vodenim sustav pomoćnih prostorija, odabire se odgovarajući sigurnosni ventil. Nazivni tlak otvaranja sigurnosnog ventila se odabire kao 10% iznad najvećeg radnog tlaka u sustavu. Odabran je sigurnosni ventil od 3 bara. Tablica 6.9 prikazuje zbroj volumena vode unutar komponenti vodenog sustava pomoćnih prostorija.

Tablica 6.9 – Ukupni volumen vode u komponentama vodenog sustava pomoćnih prostorija

| Naziv komponente | Volumen |
|---|---------|
| | 1 |
| Hidroblock | 1,5 |
| Spremnik vode | 300 |
| Ventilokonvektori | 22 |
| Grijač/hladnjak rekuperatorske jedinice | 4 |
| Cjevovod | 150 |
| Σ | 478 |

Za pomoćne prostorije minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude iznosi:

$$V_{n,min} = (2,597 + 3) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1} = 13,1 l$$

Odabire se membranska ekspanzijska posuda od 18 litara, proizvođača REFLEX (Slika 6.17).

**Slika 6.17 – Membranska ekspanzijska posuda za vodiči sustav pomoćnih prostorija**

7. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Trgovina ukupne korisne površine 1900 m^2 nalazi se u sklopu trgovačkog centra na etaži +5. Trgovački centar smješten je na području grada Rijeke. Prostor trgovine dijeli se na dvije zone, prodajni prostor i pomoćne prostorije. Proračun toplinskih gubitaka vršio se prema normi HRN EN 12831. Ukupni toplinski gubici prodajnog prostora iznose $72,51\text{ kW}$, a toplinski gubici pomoćnih prostorija $12,94\text{ kW}$. Proračun projektnog toplinskog opterećenja napravljen je korištenjem smjernice VDI 2078. Ukupno projektno toplinsko opterećenje za prodajni prostor iznosi $103,34\text{ kW}$, dok za pomoćne prostorije iznosi $14,69\text{ kW}$. Za kondicioniranje zraka i ostvarivanje toplinske ugodnosti u unutrašnjosti prostora, koristi se zračno-vodeni sustav. Zračni sustav se koristi za potrebe ventilacije i održavanja kvalitete zraka, dok se s vodenim sustavom pokrivaju ukupni toplinski gubici i toplinska opterećenja prostorija. Unutar trgovine nalaze se dva zračno-vodena sustava. Jedan je namijenjen kondicioniranju zraka u prodajnom prostoru, dok drugi obuhvaća pomoćne prostorije.

7.1 GRIJANJE/HLAĐENJE

7.1.1 Prodajni prostor

Za potrebe kondicioniranja zraka prodajnog prostora ugrađuju se stropni kazetni ventilokonvektori. Ukupno su predviđene 33 unutarnje jedinice, svaka kapaciteta $2,2\text{ kW}$ za grijanje i $3,2\text{ kW}$ za potrebe hlađenja. Unutarnja projektna temperatura prostora iznosi 21°C za grijanje i 24°C za hlađenje. U periodu grijanja ventilikonvektori rade s temperaturnim režimom $35/30^\circ\text{C}$, a u periodu hlađenja s temperaturnim režimom $7/12^\circ\text{C}$. Kao ogrjevni/rashladni medij koristi se otopina etilen-glikola u vodi (25%). Vodeni sustav u potpunosti pokriva sve toplinske gubitke i sva toplinska opterećenja. Cijevni razvod za grijanje/hlađenje i odvod kondenzata se ugrađuje podstropno i biva skriven u spuštenom stropu. Svi cjevovodi se toplinski izoliraju. Odvod kondenzata izvodi se s određenim stupnjem pada cijevi kako bi se kondenzat nesmetano gravitacijski odvodio. Cijevi od kondenzata spajaju se na obližnje vertikale za oborinsku odvodnju. Unutar prostora prodaje nalaze se četiri sobna regulatora koja u ovisnosti o unutrašnjoj temperaturi reguliraju učin ventilokonvektora promjenom protoka vode na regulacijskom ventilu i promjenom protoka zraka regulacijom rada ventilatora. Ventilokonvektori su zonski raspodijeljeni na četiri sobna regulatora koja se nalaze na stupovima prodajnog prostora. Cirkulaciju kapljevine u sustavu

osigurava frekventno regulirana pumpa MAGNA3 40-180 F. Krug ventilokonvektora čini sekundarni krug koji se spaja na primarni preko razdjelnika i sabirnika. Kao glavni izvor ogrjevnog i rashladnog učina koristi se dizalica topline zrak-voda koja za projektni režim u grijanju radi s kapacitetom od 91,9 kW, a za projektne uvjete u hlađenju omogućuje 128,9 kW. U sklopu dizalice topline nalazi se hidroblok koji uključuje spremnik od 500 l, dvije cirkulacijske pumpe paralelno spojene od kojih je samo jedna radna (druga u rezervi), filter kapljevine, odzračni ventil, ventil za automatsko punjenje, ekspanzijsku posudu od 25 l i sigurnosni ventil (6 bara). Dizalica topline je smještena na ravnom krovu na način da je dužina dionice cjevovoda koja prolazi kroz vanjski okoliš minimalna. Svi vanjski cjevovodi obavezno se izoliraju. Dizalica topline spaja se na glavni električni ormar trgovine te se režim rada prebacuje u ovisnosti o potrebama.

7.1.2 Pomoćne prostorije

U pomoćne prostorije ugrađuju se parapetni ventilokonvektori kao ogrjevna/rashladna tijela. Iznimku čini prostor skladišta gdje se postavljaju dva kazetna (stropna) ventilokonvektora. Kroz ventilokonvektore prolazi voda režima 35/30 °C za period grijanja i 7/12 °C za period hlađenja. Učinom ventilokonvektora upravlja se u ovisnosti o postavljenoj i očitanoj unutarnjoj temperaturi na sobnom termostatu. Regulacija se postiže promjenom protoka vode uz pomoć regulacijskog ventila i promjenom brzine okretaja elektromotora ventilatora. Na kraju ogranka, postavlja se prestrujni ventil, kako u slučaju zatvaranja svih ventilokonvektora ne bi došlo do hidrauličkog udara. Cirkulaciju vode u sustavu omogućuje frekventno regulirana pumpa MAGNA3 32-100 F. Kao izvor topline u sustavu pomoćnih prostorija koristi se dizalica topline zrak-voda koja za projektni režim u grijanju radi s kapacitetom od 27,1 kW, a za projektne uvjete u hlađenju omogućuje 28 kW. Dizalica topline je smještena na ravnom krovu. Cijevi s radnom tvari R410A prolaze kroz ploču ravnog krova i ulaze u područje prostorije namijenjene za smještaj opreme. Cijevi se unutar zatvorenog prostora spajaju na hidroblok ARNH10GK2A2 u kojem dolazi do izmjene toplinskog toka između ogrjevne/rashladne vode i radne tvari. Učin hidrobloka iznosi 27,1 kW za grijanje (priprema ogrjevne vode 35/30°C) i 21,7 kW za hlađenje (priprema rashladne vode 7/12°C). Hidroblok se potom povezuje sa spremnikom volumena 300 l pri čemu čini zatvoreni krug, nazvan krug hidroblok dizalice topline-spremnik. Unutar navedenog kruga, cirkulaciju omogućuje pumpa konstantnog protoka s tri brzine UPS 32-60 F. Uključivanje/isključivanje

pumpe je regulirano od strane automatike hidrobloka na temelju ulaznih vrijednosti temperaturnih osjetnika koji se postavljaju na polazni i povratni vod izmjenjivača topline i unutar spremnika.

7.2 VENTILACIJA

7.2.1 Prodajni prostor

U prodajni prostor ugrađuju se dobavni i odsisni elementi za potrebe dobave svježeg vanjskog zraka i odsisa istrošenog zraka iz prostorije. Projektni protok dobavnog zraka iznosi $9600 \text{ m}^3/\text{h}$, dok odsisni protok iznosi $8600 \text{ m}^3/\text{h}$. Većim dobavnim protocima u odnosu na odsisne, nastoji se postići pretlak unutar prostorije. Dobavni difuzori smješteni su iznad radnih mesta osoblja (iznad blagajni) te uz vanjske zidove. Odsis zraka vrši se kroz središnji dio prodajnog prostora. Prije priključne kutije dobavnih difuzora postavljaju se regulatori varijabilnog protoka. Regulatorima varijabilnog protoka upravlja se prema izmjerenim vrijednostima CO_2 unutrašnjeg zraka. Raspodjela protoka na odsisnim otvorima vrši se ručno pomoću zaklopki koje se nalaze u sklopu priključne kutije. Dobavni i odsisni kanali se smještaju u područje spuštenog stropa. Spoj krutih kanala i priključne kutije difuzora ostvaruje se preko fleksibilnog kanala čija duljina mora biti minimalna radi značajnog pada tlaka. Korišteni oblici kanala su pravokutni, okrugli i fleksibilni. Pravokutni se koriste na mjestima gdje postoji prostorna ograničenost. Prijelaz na okrugle vrši se gdje god je to prostorno moguće. Dobavni kanali se izoliraju u potpunosti, dok se odsisni kanal izolira samo u vanjskom prostoru. Zračni kanali prodiru kroz ploču ravnog krova i spajaju se na klimatizacijsku jedinicu prostora prodaje. Klimatizacijska jedinica sastoji se od dobavnog i odsisnog ventilatora, filtera F7 u dobavi te M5 u odsisu, prigušnih kutija, sorpcijskog rotacijskog regeneratora, izmjenjivača topline, regulacijskih žaluzina i protukišne rešetke. Za period grijanja, vanjski zrak temperature $-7,7^\circ\text{C}$ ulazi unutar klimatizacijske jedinice, preuzima osjetnu i latentnu toplinu od strane istrošenog zraka u rotacijskom regeneratoru te se dogrijava na stanje ubacivanja od 19°C , za što mu je potreban kapacitet grijачa od $14,5 \text{ kW}$. Za period hlađenja, zrak vanjske projektne temperature $31,8^\circ\text{C}$ predaje latentnu i osjetnu toplinu istrošenom zraku unutar sorpcijskog rotacijskog regeneratora te se odvlažuje i hlađi na hladnjaku do temperature od 20°C , za što mu je potreban rashladni kapacitet hladnjaka od $20,7 \text{ kW}$. Budući da je unutar klimatizacijske jedinice samo jedan izmjenjivač, hlađenje i grijanje nije moguće ostvariti istovremeno. Režim rada ovisi o trenutačnom režimu rada

dizalice topline. Izmjenjivač topline klimatizacijske jedinice čini drugi sekundarni vodeni krug prostora prodaje. Od razdjelnika, frekventno regulirana pumpa MAGNA3 32-100 F dobavlja otopinu etilen-glikola (25%) do klimatizacijske jedinice. Regulacija učina izmjenjivača topline vrši se promjenom protoka regulacijskim ventilom na temelju očitane vrijednosti osjetnika temperature. Osjetnik temperature postavljen je iza izmjenjivača topline, u dobavnom zraku. Rad klimatizacijske jedinice regulira se od strane automatike klimatizacijske jedinice.

7.2.2 Pomoćne prostorije

Za potrebe ventiliranja pomoćnih prostorija, ugrađuje se podstropno u hodnik rekuperatorska jedinica. Uredaj se sastoji od dva ventilatora (dobavni i odsisni), dva filtera zraka (F7 u struji dobavnog zraka, M5 u struji odsisnog zraka), vodenog izmjenjivača topline s kadicom za skupljanje kondenzata, pločastog rekuperatora topline i *bypassa* sa servo pogonom. Dobavni i odsisni protoci zraka su jednaki i iznose $950 \text{ m}^3/\text{h}$. Zrak se do i od prostorija dovodi/odvodi putem kanala kružnog poprečnog presjeka. Ventilacijski kanali su izolirani toplinskom izolacijom te su ovješeni na montažne konzole podstropno. Na usisu vanjskog zraka i ispuhu istrošenog zraka, postavlja se protukišna rešetka. Iza protukišne rešetke dolazi zaklopka koja se nalazi ili u potpuno otvorenom ili u potpuno zatvorenom položaju. Kada se zračni sustav uključi, zaklopka se automatski otvara pomoću elektromehaničkog pogona. Obrnut je slučaj pri isključivanju jedinice kada se zaklopka u potpunosti zatvara prema vanjskom okolišu. Na ogranke dobavnih i odsisnih kanala prostorija postavljaju se regulatori konstantnog protoka zraka. Zračni kanali spajaju se preko fleksibilnih kanala na priključne kutije istrujnih/odsisnih otvora. Kondicioniranje zraka vrši se pomoću pločastog rekuperatora topline i vodenog izmjenjivača topline unutar rekuperatorske jedinice. Osjetnik temperature postavlja se iza izmjenjivača, u struji dobavnog zraka. U ovisnosti o očitanoj i postavljenoj vrijednosti, automatika rekuperatorske jedinice upravlja s regulacijskim ventilom, mijenjajući protok vode kroz izmjenjivač topline. Za režim grijanja, hladni vanjski zrak temperature $-7,7^\circ\text{C}$ prolazi djelomično (jedan dio protoka se odvoji kroz *bypass*) kroz pločasti rekuperator gdje prima toplinu od strane toplijeg zraka iz pomoćnih prostorija. Zagrijani vanjski zrak se dodatno dogrijava na izmjenjivaču topline (režim vode $35/30^\circ\text{C}$) na temperaturu od 19°C , za što je potreban kapacitet od $3,34 \text{ kW}$. U periodu hlađenja, zrak projektne temperature $31,8^\circ\text{C}$ predaje osjetnu toplinu struji istrošenog zraka te

se dodatno hlađi na izmjenjivaču topline (režim vode 7/12 °C) na temperaturu od 20 °C, za što je potreban rashladni kapacitet hladnjaka od 2,69 kW.

Zasebni sustav odsisne ventilacije predviđen je za sanitарне prostorije. Na kanal kružnog poprečnog presjeka spaja se prigušivač zvuka PZM-160-500, odsisni kanalski ventilator KVO160, nepovratna zaklopka i ventilacijska deflektor kapa. Ukupni odsisni protok za prostorije sanitarija iznosi 250 m³/h. Vrata sanitarija se podrezuju kako bi se omogućilo prestrujavanje zraka. Na ogranke muškog i ženskog WC-a postavljaju se regulatori konstantnog protoka zraka RKP-C-125. Odsisni ventilator se spaja fleksibilnim spojem na kanale, kako bi se spriječilo prenošenje vibracija i buke. Uključuje se u rad sa signalom senzora prisutnosti te se isključuje iz rada nakon 5 minuta po izlasku osobe iz prostora sanitarija.

8. ZAKLJUČAK

Ovim diplomskim radom predstavljeno je rješenje sustava klimatizacije trgovine koja se nalazi u sklopu trgovačkog centra. Trgovački centar je smješten na području grada Rijeke. Proračun toplinskih gubitaka napravljen je prema normi HRN EN 12831. Toplinska opterećenja izračunata su prema smjernici VDI 2078. Trgovina se dijeli na dvije zone, prostor prodaje i pomoćne prostorije. Svaka od navedenih zona ima zaseban zračno-vodeni sustav.

Za prostor prodaje projektiran je sustav s kazetnim ventilo konvektorima kao ogrjevnim/rashladnim tijelima i centralnom klimatizacijskom jedinicom za pripremu ventilacijskog zraka. Klimatizacijska jedinica radi s promjenjivim protokom zraka. U dobavne kanale ugrađuju se regulatori varijabilnog protoka. Protok se regulira u ovisnosti o izmjerenim vrijednostima CO₂ unutar prostorije. Projektni dobavni protok iznosi 9600 m³/h, a odsisni 8600 m³/h. Sorpcijski rotacijski regenerator omogućuje povrat topline iz struje istrošenog zraka. Unutar dvocijevnog vodenog sustava cirkulira otopina etilen-glikola s masenim udjelom od 25%. Temperaturni režim vode za grijanje iznosi 35/30°C, dok za hlađenje iznosi 7/12°C. Kao izvor ogrjevnog i rashladnog učina koristi se dizalica topline zrak-voda kapaciteta 91,9 kW za grijanje i 128,9 kW za hlađenje.

Druga izvedba zračno-vodenog sustava namijenjena je pomoćnim prostorijama. U sklopu pomoćnih prostorija također su predviđeni ventilo konvektori, pretežno u parapetnoj izvedbi. Kroz ventilo konvektore struji voda režima 35/30°C za period grijanja i 7/12°C za period hlađenja. Kao izvor topline koristi se dizalica topline zrak-voda kapaciteta 27,1 kW za grijanje i 28 kW za hlađenje. Priprema vanjskog zraka za potrebe ventilacije vrši se u podstropno ugrađenoj rekuperatorskoj jedinici. Povrat topline omogućen je preko pločastog rekuperatora. Dobavni i odsisni protoci su konstantni i jednaki te iznose 950 m³/h.

Za prostorije sanitarija predviđen je zasebni odsisni ventilacijski sustav. Ukupni odsisni protok iznosi 250 m³/h.

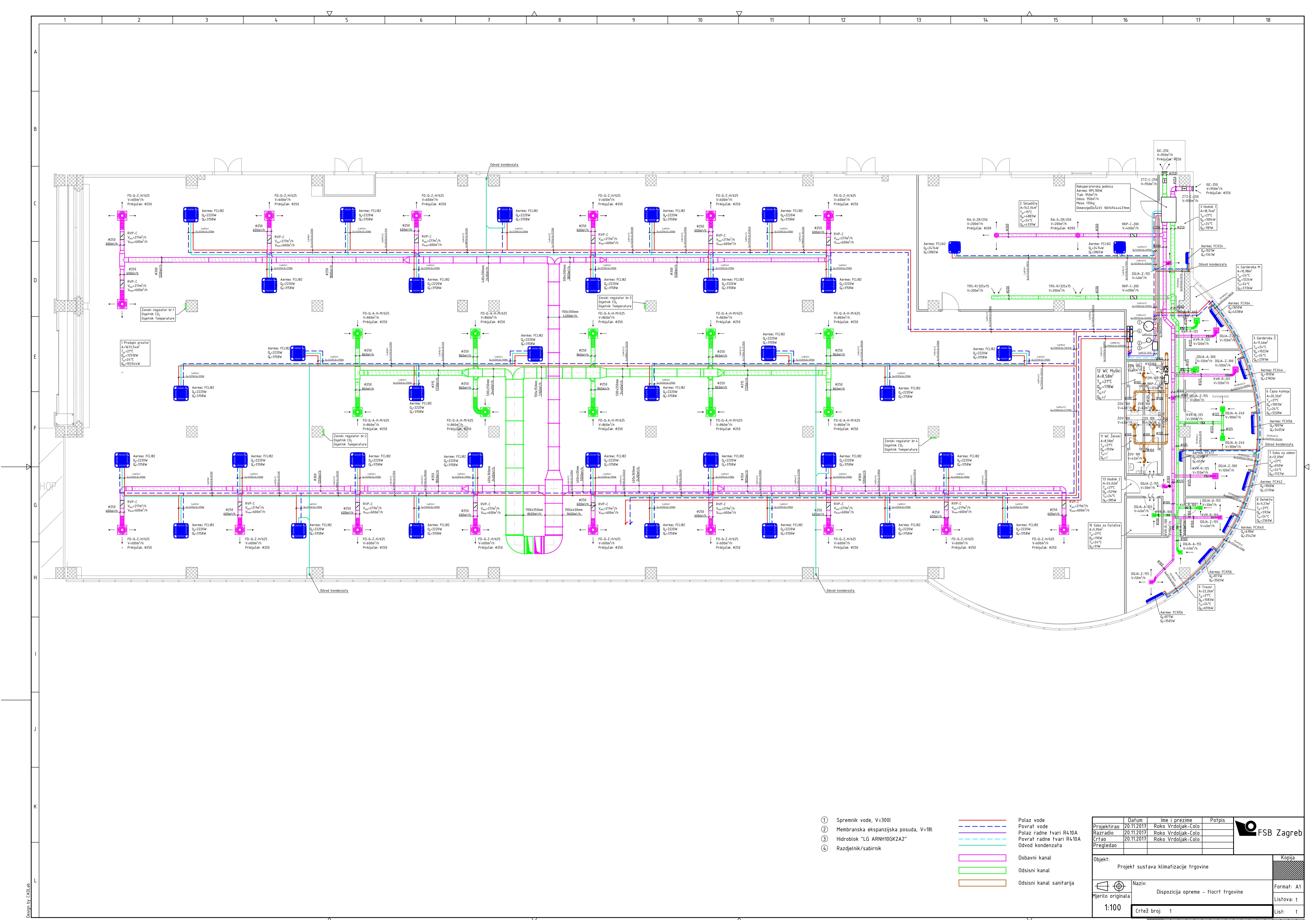
Izvedeno rješenje s dva odvojena zračno-vodena sustava omogućuje fleksibilnost u radu i bolju prilagodbu prema prostorijama različite namjene.

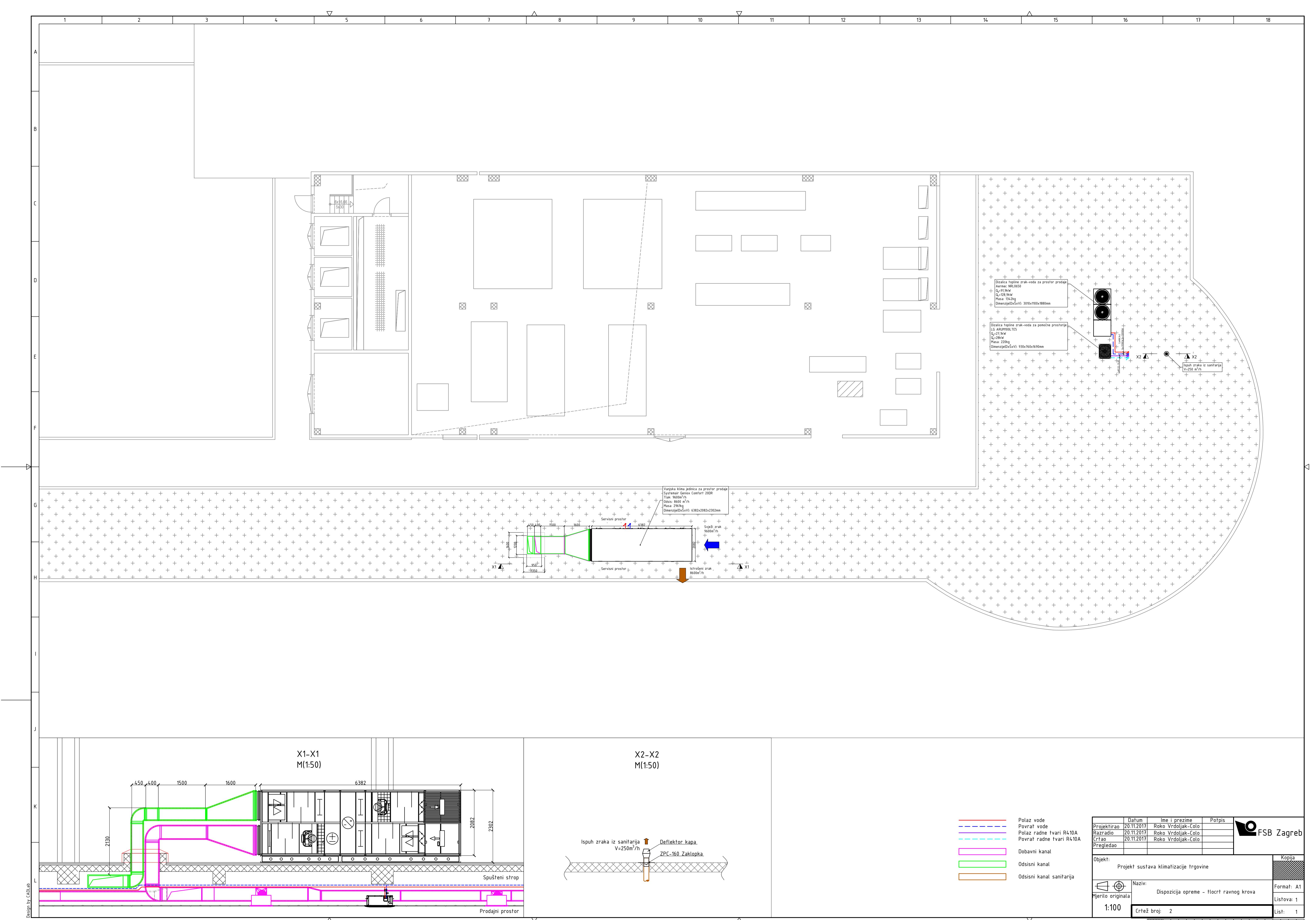
LITERATURA

- [1] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Grijanje“, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
- [2] I. Balen: Priručnik za energetsko certificiranje zgrada, poglavlje 8, Program Ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP, 2010.
- [3] Shan K. Wang: Handbook of Air Conditioning and refrigeration, Second Edition, McGraw-Hill, 2000.
- [4] ASHRAE Handbook HVAC Applications, 2007.
- [5] Podloge za vježbe iz kolegija „Grijanje“: Metoda proračuna toplinskog opterećenja prema HRN EN 12831.
- [6] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Klimatizacija“, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
- [7] ASHRAE Standard 62.1-2013: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 2013.
- [8] Katalog tvrtke Hoval: Rotary heat exchangers for Heat Recovery in Ventilation Systems; Handbook for Design, Installation and Operation, 2015.
- [9] Katalog tvrtke „AERMEC“
- [10] ME Global: Ethylene Glycol Product Guide, 2008.
- [11] Katalog tvrtke „LG“

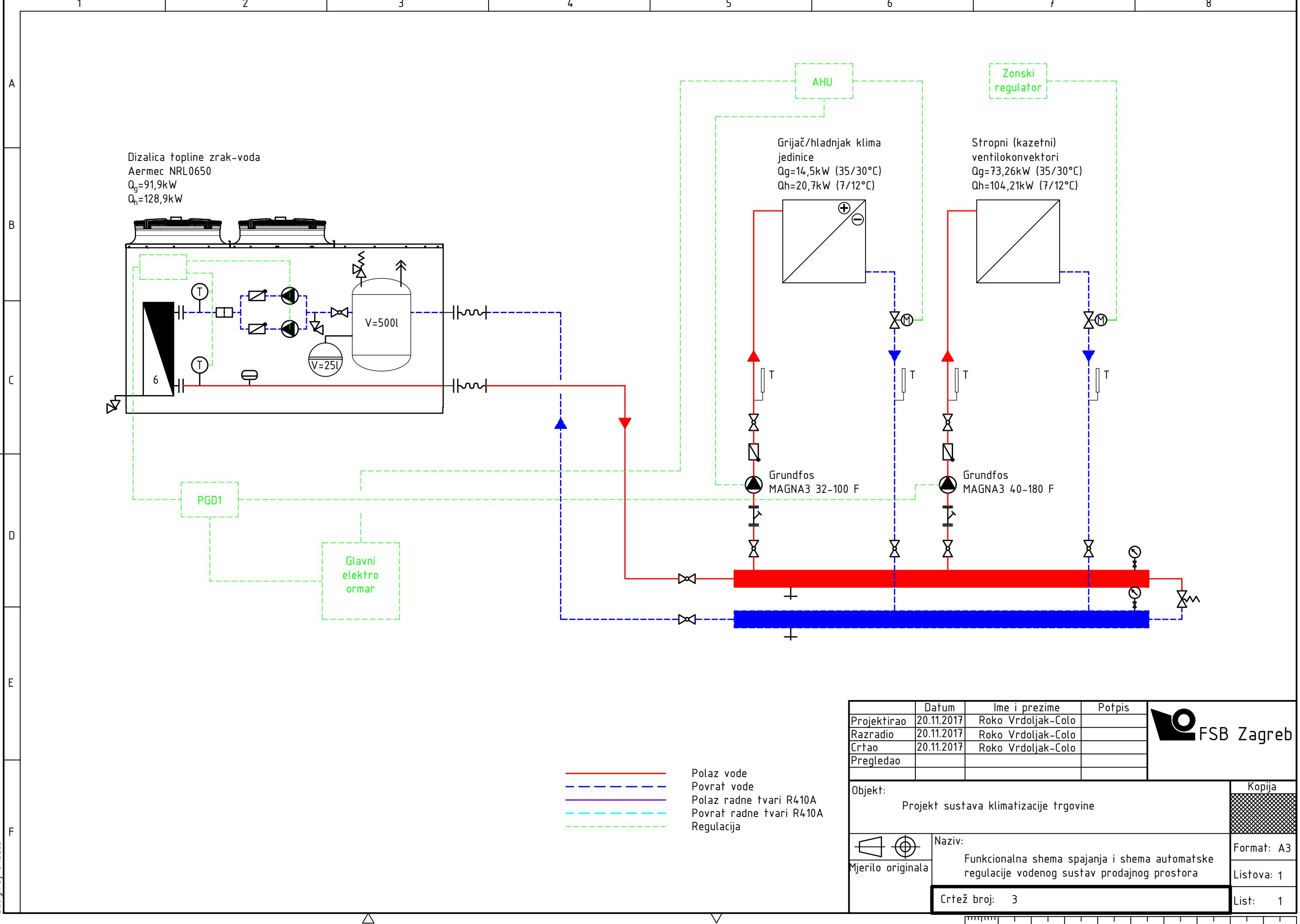
PRILOZI

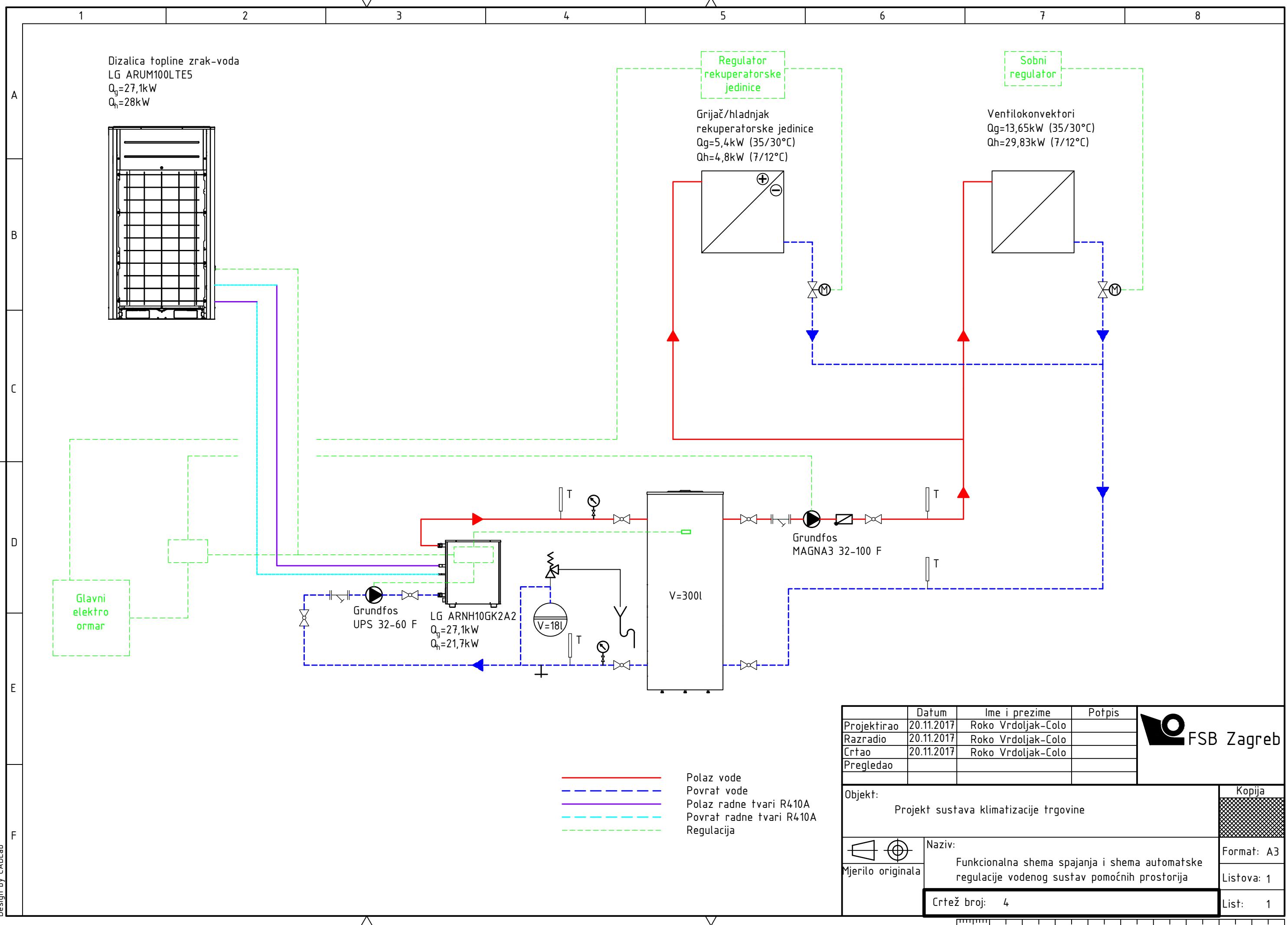
- I. Tehnička dokumentacija
- II. CD-R





1 2 3 4 5 6 7 8



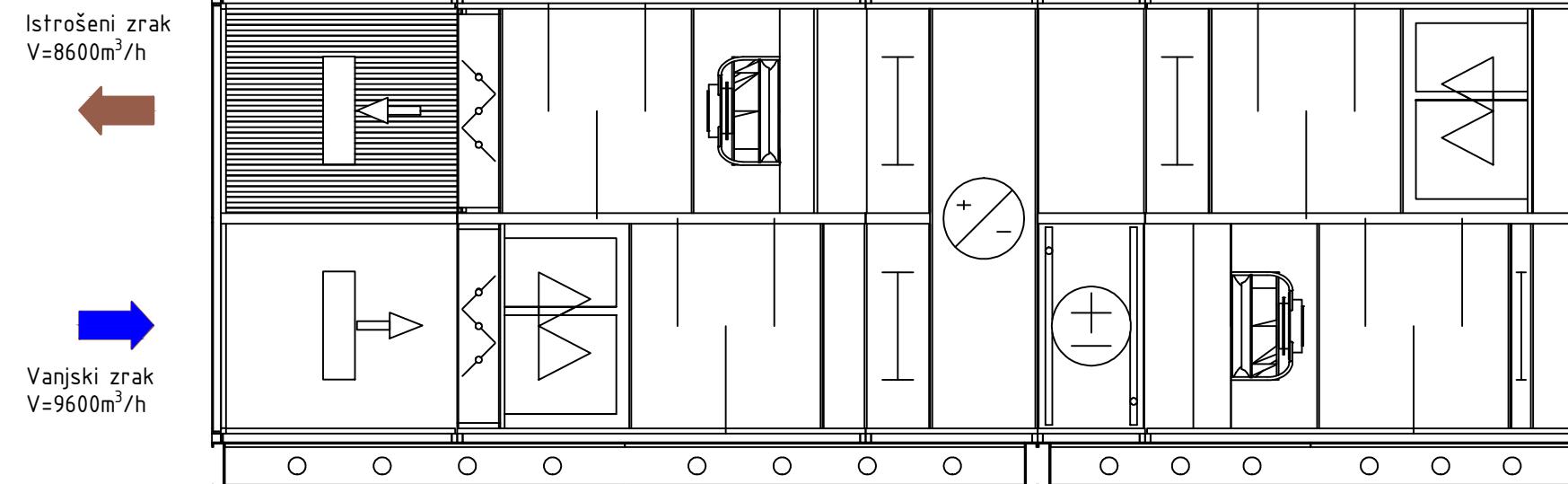


1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

Odsisni Sorpcijski rotacijski regenerator
ventilator Učin (zima):104kW
 $\Delta p=493\text{Pa}$ SPT:77,2%, SPV:80,4%
Protukišna Regulacijska Prigušivač V=8600m³/h
rešetka žaluzina zvuka P=3,5kW
SPT:77,2%, SPV:78,1%



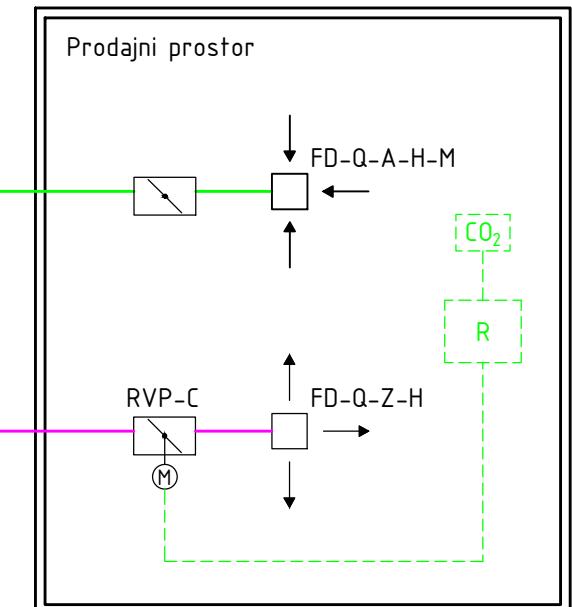
Protukišna Regulacijska Vrećasti filter Prigušivač
rešetka žaluzina klasa F7 zvuka

Grijač/hladnjak
 $Q_g=14,5\text{kW}$ (35/30°C)
 $Q_h=20,7\text{kW}$ (7/12°C)

Dobavni ventilator
 $\Delta p=563\text{Pa}$
V=9600m³/h
P=3,5kW

Odsisni zrak
V=8600m³/h

Dobavni zrak
V=9600m³/h



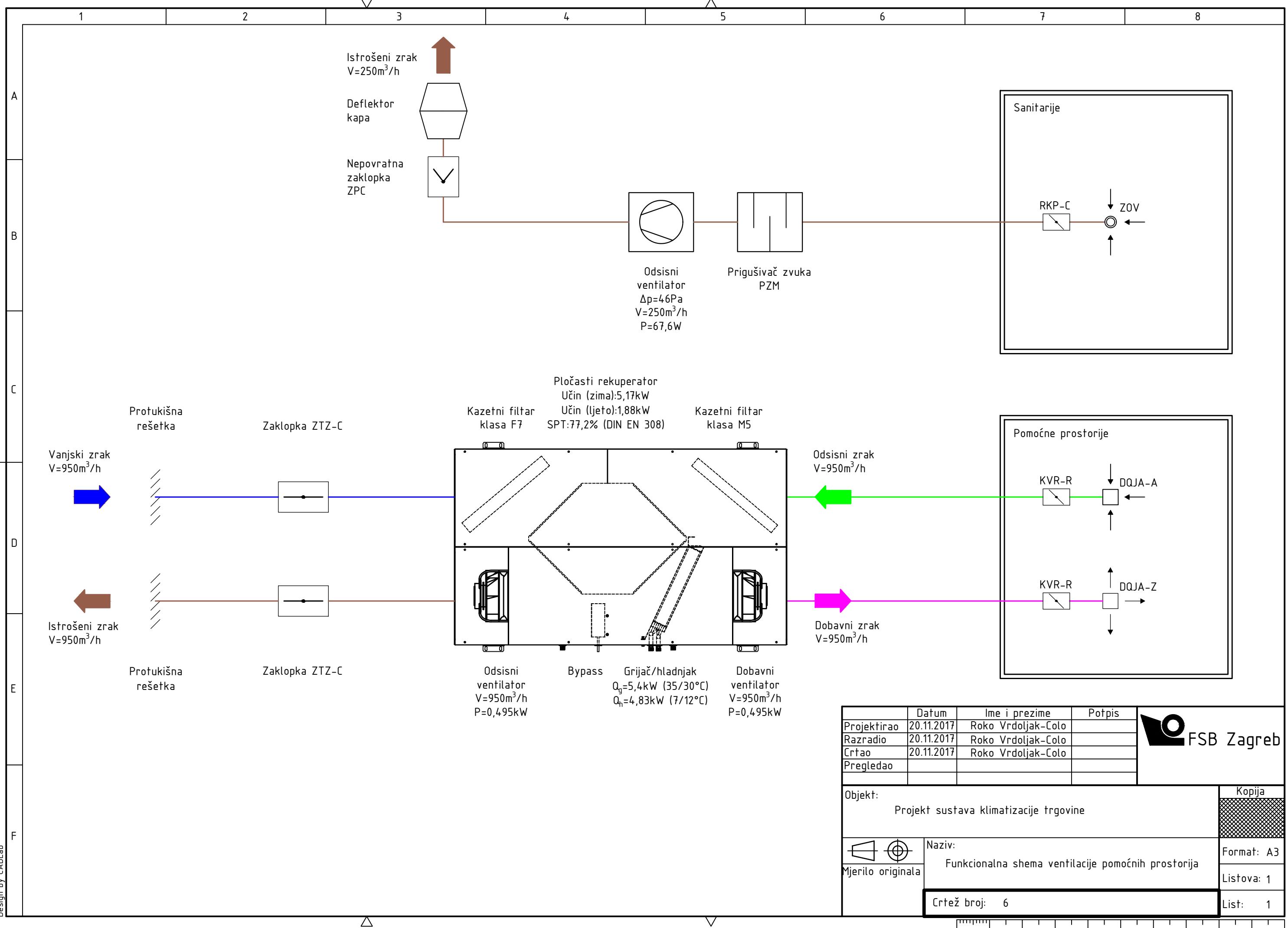
Protukišna Regulacijska Vrećasti filter Prigušivač
rešetka žaluzina klasa F7 zvuka

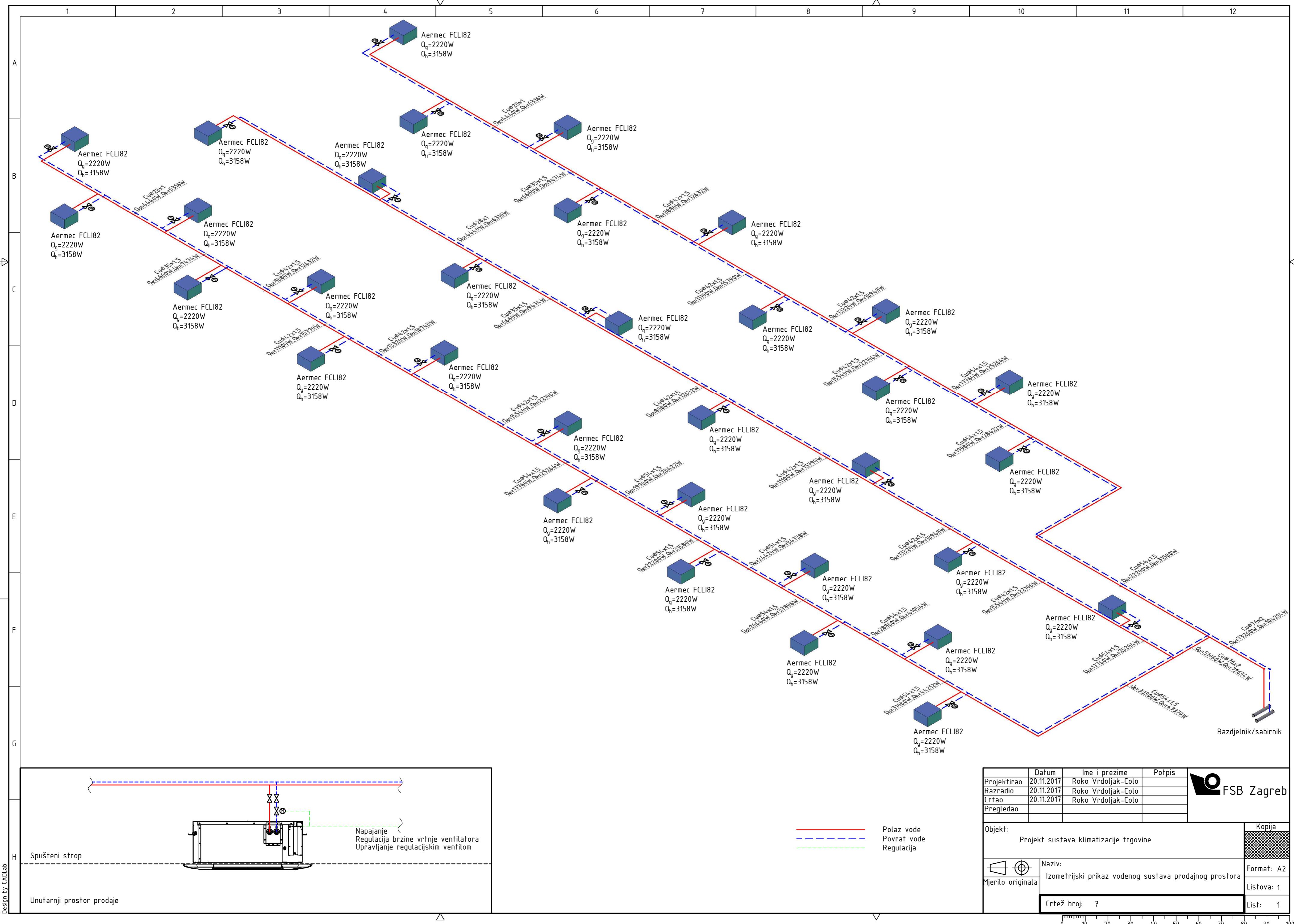
Grijač/hladnjak
 $Q_g=14,5\text{kW}$ (35/30°C)
 $Q_h=20,7\text{kW}$ (7/12°C)

Dobavni ventilator
 $\Delta p=563\text{Pa}$
V=9600m³/h
P=3,5kW

| | Datum | Ime i prezime | Potpis | FSB Zagreb |
|-------------|------------|--------------------|--------|------------|
| Projektirao | 20.11.2017 | Roko Vrdoljak-Colo | | |
| Razradio | 20.11.2017 | Roko Vrdoljak-Colo | | |
| Crtao | 20.11.2017 | Roko Vrdoljak-Colo | | |
| Pregledao | | | | |
| | | | | |

| Objekt: | | Kopija |
|--|---|------------|
| Projekt sustava klimatizacije trgovine | | |
| Mjerilo originala | Naziv: | Format: A3 |
| | Funkcionalna shema ventilacije prodajnog prostora | Listova: 1 |
| | Crtež broj: 5 | List: 1 |





1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

