

Projekt sustava grijanja, hlađenja i ventilacije zgrade centra za ovisnike

Pokupić, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:235:688706>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-16**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Matea Pokupić

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**PROJEKT SUSTAVA GRIJANJA,
HLAĐENJA I VENTILACIJE
ZGRADE CENTRA ZA OVISNIKE**

Mentor:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan, dipl. ing.

Studentica:

Matea Pokupić

Zagreb, 2021.

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

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Darku Smoljanu na njegovom stručnom vodstvu i pruženoj pomoći prilikom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem ovlaštenom inženjeru strojarstva Tomislavu Puškariću i ostalim inženjerima tvrtke I.B.R. Inženjering Cirković na pruženim računalnim alatima i smjernicama oko projektiranja. Najveće zahvale upućujem svojim roditeljima koji su mi omogućili bezbrižno studiranje i pružili neizmjernu podršku. Zahvaljujem se i svojim prijateljima i kolegama koji su me pratili kroz studiranje.

Matea Pokupić



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, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur. broj: 15 - 1703 - 20 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Matea Pokupić** Mat. br.: 0035200778

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava grijanja, hlađenja i ventilacije zgrade centra za ovisnike**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating, cooling and ventilation system for a building of the Center for prevention and treatment of addiction**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati instalaciju sustava mehaničke ventilacije te sustava grijanja i hlađenja, za zgradu Centra za prevenciju i liječenje ovisnosti, ukupne korisne površine 713 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Sustav mehaničke ventilacije predvidjeti kao sustav promjenjivog volumenskog protoka zraka (VAV) gdje se protok regulira preko koncentracije CO₂. Za potrebe grijanja i hlađenja vodom predvidjeti ventilokonvektorski sustav te dizalicu topline zrak/voda. Zgrada se nalazi na području grada Osijeka.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- niskotlačni plinski priključak,
- elektro-priključak 220/380V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:

- toplinsku bilancu zgrade za zimsko i ljetno razdoblje,
- toplinsku i količinsku bilancu zračnog sustava,
- hidraulički proračun zračnih kanala i cijevnog razvoda ogrjevnog i rashladnog medija,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije termotehničkog postrojenja,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu regulacije,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

12. studenoga 2020.

Datum predaje rada:

14. siječnja 2021.

Predviđeni datum obrane:

18. – 22. siječnja 2021.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	II
POPIS DIJAGRAMA	III
POPIS SKRAĆENICA	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	III
POPIS OZNAKA	IV
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY	VII
1. VENTILACIJA NA ZAHTJEV	1
1.1. Procjena potencijalne uštede	2
1.2. Osjetnici ugljikovog dioksida	3
2. TOPLINSKO OPTEREĆENJE ZGRADE.....	4
2.1. Opis zgrade	4
2.2. Proračun toplinskog opterećenja zimi.....	7
2.3. Proračun toplinskog opterećenja ljeti.....	12
3. GRIJANJE I HLAĐENJE	15
3.1. Ventilokonvektori	15
3.2. Radijatori.....	18
3.3. Dizalica topline	21
3.4. Cirkulacijske pumpe	22
3.5. Ekspanzijska posuda	26
3.6. Hidraulička skretnica	28
3.7. Razdjelnik i sabirnik	29
4. VENTILACIJA.....	30
4.1. Proračun ventilacijskih zahtjeva	30
4.2. Distributeri zraka.....	32
4.3. Ventilacijski kanali	35
4.4. Regulator varijabilnog protoka	39
4.5. Prigušivač zvuka	40
4.6. Rešetka s mrežicom za vanjski kanal.....	41
4.7. Jedinica za pripremu zraka.....	41
5. TEHNIČKI OPIS.....	46
5.1. Grijanje.....	46
5.2. Hlađenje	47
5.3. Ventilacija	48
6. ZAKLJUČAK.....	50
7. LITERATURA	51
PRILOZI.....	52

POPIS SLIKA

Slika 1:	Situacija na geodetskoj podlozi	4
Slika 2:	Istočno pročelje zgrade	5
Slika 3:	Sjeverozapadno i jugoistočno pročelje zgrade	6
Slika 4:	Trodimenzionalni model zgrade	9
Slika 5:	Modelirana prostorija i definirani građevni elementi	10
Slika 6:	Unesene postavke i izračun toplinskih gubitaka.....	10
Slika 7:	Unesene postavke i izračun toplinskih dobitaka.....	13
Slika 8:	Parapetni ventilokonvektor ^[2]	15
Slika 9:	Postavljeni ventilokonvektori u prostoriji 1.08 Konferencija.....	16
Slika 10:	Postavljeni ventilokonvektor u prostoriji 3.05 Soba 3.....	16
Slika 11:	Radijator Lipovica Solar 700/80 ^[3] i Alukal Forte XL 2000 ^[4]	18
Slika 12:	Clint dizalica topline ^[6]	21
Slika 13:	Cirkulacijska pumpa Grundfos Magna1 ^[8]	25
Slika 14:	Karakteristika pumpe ventilokonvektorskog kruga ^[8]	25
Slika 15:	Karakteristika pumpe radijatorskog kruga ^[8]	26
Slika 16:	Hidraulička skretnica Viessmann ^[11]	28
Slika 17:	Shema spajanja hidrauličke skretnice ^[11]	28
Slika 18:	Razdjelnik	29
Slika 19:	Distributeri zraka DEV-K i OAH-1 ^[14]	33
Slika 20:	Sustav ventilacije u prostoriji 0.01 Radionica	34
Slika 21:	Sustav ventilacije u prostoriji 0.06 Predavaonica	34
Slika 22:	Sustav ventilacije u prostoriji 1.08 Konferencija	35
Slika 23:	Shema kritične grane ventilacijskog sustava	37
Slika 24:	Regulatori varijabilnog protoka RVP-C i RVP-P ^[14]	39
Slika 25:	Shema spajanja sobnog regulatora ^[15]	40
Slika 26:	Prigušivač zvuka ^[14]	40
Slika 27:	Protukišna rešetka sa zaštitnom mrežicom ^[14]	41
Slika 28:	Jedinica za pripremu zraka ^[17]	42
Slika 29:	Shema spajanja jedinice za pripremu zraka i dizalice topline ^[17]	43

POPIS TABLICA

Tablica 1:	Površine etaža i prostorija.....	5
Tablica 2:	Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata	6
Tablica 3:	Toplinsko opterećenje prostorija zimi	11
Tablica 4:	Toplinsko opterećenje prostorija ljeti	14
Tablica 5:	Popis odabranih ventilokonvektora po prostorijama	17
Tablica 6:	Tehničke karakteristike ventilokonvektora Bini Clima FM	18
Tablica 7:	Tehničke karakteristike radijatora	19
Tablica 8:	Proračun toplinskog učinka članka radijatora.....	20
Tablica 9:	Popis odabranih radijatora po prostorijama	20
Tablica 10:	Tehničke karakteristike dizalice topline	22
Tablica 11:	Proračun pada tlaka u kritičnoj grani ventilokonvektora.....	23
Tablica 12:	Proračun pada tlaka u kritičnoj grani radijatora.....	24
Tablica 13:	Proračun volumena ekspanzijske posude	27
Tablica 14:	Ventilacijski zahtjevi po prostorijama prema broju izmjena zraka	30
Tablica 15:	Ventilacijski zahtjev prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača	31
Tablica 16:	Ventilacijski zahtjevi po prostorijama prema broju osoba	31
Tablica 17:	Ventilacijski zahtjevi po prostorijama prema normi EN 15251	32

Tablica 18:	Ventilacijski zahtjevi prostorija i zgrade	32
Tablica 19:	Tehničke karakteristike odabranih distributera zraka	33
Tablica 20:	Dionice sustava tlačno odsisne ventilacije	37
Tablica 21:	Proračun pada tlaka u kritičnoj dionici dobave	38
Tablica 22:	Proračun pada tlaka u kritičnoj dionici odsisa	38
Tablica 23:	Tehničke karakteristike regulatora	39
Tablica 24:	Osnovni parametri jedinice za pripremu zraka	42
Tablica 25:	Specifikacije vanjske jedinice dizalice topline	43
Tablica 26:	Karakteristike regeneratora	44
Tablica 27:	Karakteristike izmjenjivača topline	44
Tablica 28:	Karakteristike ventilatora	44

POPIS DIJAGRAMA

Dijagram 1:	Usporedba CAV i DCV sustava ventilacije ^[1]	1
Dijagram 2:	Sustav ventilacije s protokom zraka na zahtjev ^[1]	2
Dijagram 3:	Sustav ventilacije s konstantnim protokom zraka ^[1]	2
Dijagram 4:	Toplinsko opterećenje prema izvorima	13
Dijagram 5:	Mollierov h,x dijagram za regenerator	45

POPIS SKRAĆENICA

CAV	Constant Air Volume flow
COP	Coefficient of Performance
DCV	Demand Controlled Ventilation
DX	Direct Expansion
EER	Energy Efficiency Ratio
GViK	Grijanje ventilacija i klimatizacija
VAV	Variable Air Volume

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

- Crtež broj 1: Tlocrt prizemlja – Grijanje i hlađenje
- Crtež broj 2: Tlocrt I. kata – Grijanje i hlađenje
- Crtež broj 3: Tlocrt II. kata – Grijanje i hlađenje
- Crtež broj 4: Tlocrt III. kata – Grijanje i hlađenje
- Crtež broj 5: Tlocrt prizemlja – Ventilacija
- Crtež broj 6: Tlocrt I. kata – Ventilacija
- Crtež broj 7: Tlocrt krova – Grijanje/hlađenje i ventilacija
- Crtež broj 8: Tlocrt III. kata – Priprema ogrjevnog/rashladnog medija
- Crtež broj 9: Shema spajanja i regulacije sustava grijanja/hlađenja
- Crtež broj 10: Shema spajanja i regulacije sustava ventilacije
- Crtež broj 11: Shema ventilokonvektora
- Crtež broj 12: Shema ventilacije

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
U	W/m^2K	koeficijent prolaza topline
ϕ_{HL}	W	projektno toplinsko opterećenje zimi
ϕ_T	W	projektni transmisijski gubici topline
ϕ_V	W	projektni ventilacijski gubici topline
ϕ_{RH}	W	toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja
$HT_{,ie}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$HT_{,iue}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu
$HT_{,ig}$	W/K	stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu
$HT_{,ij}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature
θ_{int}	$^{\circ}C$	unutarnja projektna temperatura grijanog prostora
θ_e	$^{\circ}C$	vanjska projektna temperatura
H_v	W/K	koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka
A_i	m^2	površina plohe
f_{RH}	W/m^2	korekcijski faktor
ϕ_{CL}	W	potreban rashladni učin
ϕ_A	W	vanjsko toplinsko opterećenje
ϕ_I	W	unutarnje toplinsko opterećenje
ϕ_W	W	toplinski tok dobiven konvekcijom kroz vanjske zidove
ϕ_T	W	toplinski tok dobiven konvekcijom kroz prozore
ϕ_S	W	toplinski tok dobiven zračenjem preko prozorskih površina
ϕ_{FL}	W	toplinski tok dobiven infiltracijom kroz zazore
ϕ_P	W	toplinski tok dobiven od osoba
ϕ_B	W	toplinski tok dobiven od rasvjete
ϕ_M	W	toplinski tok dobiven od strojeva i uređaja
ϕ_G	W	toplinski tok dobiven prolazom materijala kroz prostor
ϕ_R	W	toplinski tok dobiven preko unutarnjih površina od susjednih prostorija
ϕ_H	W	učinak članka za zadani temperaturni režim i temperaturu zraka
$\Delta\vartheta_m$	$^{\circ}C$	srednja temperaturna razlika između ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji u zadanim uvjetima
n	-	eksponent toplinskog učinka
Δp	Pa	pad tlaka
λ	-	koeficijent trenja
ζ	-	koeficijent lokalnog otpora strujanja
R	Pa/m	jedinični pad tlaka

Z	Pa	pad tlaka uslijed lokalnih otpora strujanja
k	mm	apsolutna hrapavost cijevi
Q	W	toplinski tok
q_m	kg/s	maseni protok
q_v	m ³ /s	volumni protok
d_u	m	unutarnji promjer cijevi
w	m/s	brzina
$V_{n,min}$	l	minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude
V_e	l	volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature
V_v	l	dodatni volumen (zaliha)
p	bar	tlak
n	%	postotak širenja određen maksimalnom temperaturom vode
V_A	l	ukupni volumen vode u sustavu
h_{sys}	m	statička visina instalacije
h_{dod}	m	dodatna visina
V_{su}	m ³ /h	ventilacijski zahtjev
ACH	h ⁻¹	broj izmjena zraka na sat
V_i	m ³	volumen prostorije
n	-	broj osoba
V_{CO_2}	l/s	dopuštena količina ugljikovog dioksida po osobi
V_{con}	l/h	nastali volumen CO ₂ po osobi
C	ppm	koncentracija CO ₂
V_{op}	m ³ /h	preporučeni ventilacijski minimum
V_{bz}	l/s	ventilacijski zahtjev prema normi EN 15251
R_p	l/s	ventilacijski zahtjev po osobi
P_z	-	broj osoba
R_a	l/s·m ²	ventilacijski zahtjev po kvadratu prostora
A_z	m ²	površina poda prostorije
d_{ekv}	mm	ekvivalentni promjer kanala
v	m/s	brzina

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad prikazuje projektno rješenje sustava sezonskog grijanja i hlađenja te cjelogodišnje ventilacije stambeno-poslovne zgrade smještene u Osijeku. Kao rješenje za grijanje i hlađenje zraka u prostorijama, koristi se dvocijevni vodeni sustav parapetnih ventilokonvektora. Priprema ogrjevnice i rashladne vode vrši se centralno u dizalici topline zraka, odabranoj prema potrebnim kapacitetima za grijanje i hlađenje prostorija. Za proračun toplinskih opterećenja korištene su norme HRN EN 12831 za zimu i VDI 2078 za ljeto. Sustav mehaničke ventilacije izveden je kao sustav promjenjivog volumenskog protoka zraka gdje se protok regulira preko koncentracije ugljikovog dioksida u prostorijama. Priprema kondicioniranog zraka vrši se u centralnoj jedinici za pripremu zraka i kanalima razvodi do isturjnih i usisnih otvora. Za proračun ventilacijskih potreba korišteno je nekoliko metoda te je odabran maksimalni iznos potrebnog protoka zraka. Rad sadrži provedene proračune potrebne za dimenzioniranje opreme sustava i tehničke crteže koji prikazuju raspored komponenata te njihovu regulaciju i spajanje.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, dizalica topline, ventilokonvektor, mehanička ventilacija, VAV, stambeno-poslovna zgrada

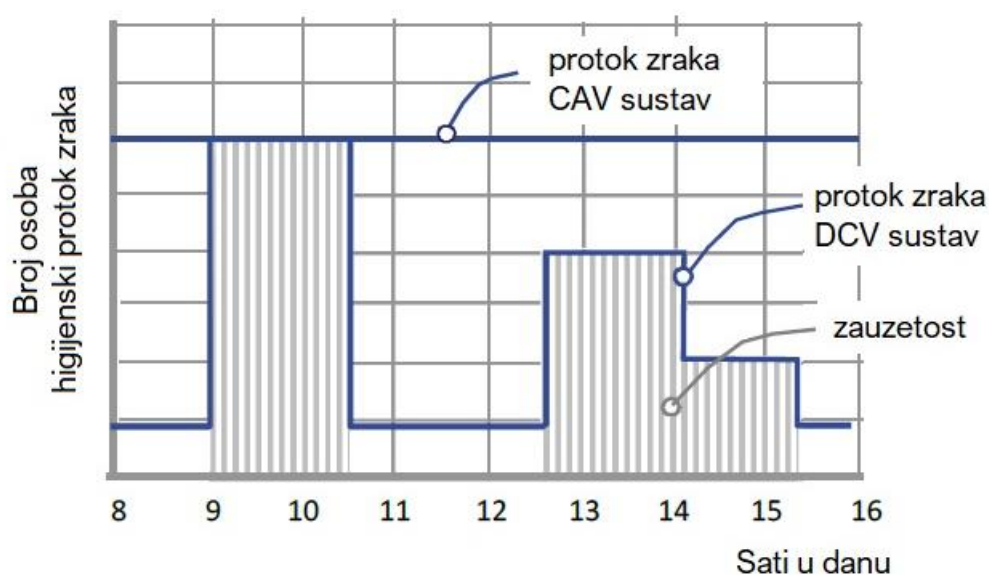
SUMMARY

This master thesis presents the project solution of the seasonal heating and cooling system and the all year round ventilation of residential-business building located in Osijek. As a solution for heating and cooling room air, a two-pipe water system of parapet fan coil units is used. The preparation of heating and cooling water is done centrally in the air to water heat pump, selected according to the required capacities for space heating and cooling. Norms HRN EN 12831 for winter and VDI 2078 for summer are used to calculate heat loads. The mechanical ventilation system is designed as a system of variable volume air flow where the flow is regulated through the concentration of carbon dioxide in the rooms. The preparation of conditioned air is performed in the central air preparation unit and distributed through ducts to the outlet and suction openings. Several methods are used to calculate the ventilation needs and the maximum amount of required air flow is chosen. The paper contains the performed calculations necessary for the sizing of the system equipment and technical drawings showing the arrangement of the components and their control and connection.

Key words: heating, cooling, heat pump, fan coil, mechanical ventilation, VAV, residential-business building

1. VENTILACIJA NA ZAHTJEV

Ventilacija s konstantnim protokom zraka (*eng. Constant Air Volume flow, CAV*) u svakom trenutku dobavlja projektirani protok zraka u prostorije. Ovaj sustav zadovoljava zahtjeve za kvalitetom zraka, ali dobavljeni zrak je i više nego dovoljan pa se nepotrebno troši energija. Sustav promjenjivog protoka zraka (*eng. Variable Air Volume, VAV*) koristi se u svrhu smanjenja potrošnje energije. Protok zraka može varirati prema unaprijed određenim uzorcima ili ručnim namještanjem i prema stvarnoj potražnji. U sustavima ventilacije na zahtjev (*eng. Demand Controlled Ventilation, DCV*), protok zraka se kontinuirano prilagođava stvarnoj potražnji. Zbog smanjene prosječne stope protoka zraka, potrebno je i manje energije za rad ventilatora te grijanje i hlađenje dovedenog zraka. Potražnja je određena nizom vrijednosti koje utječu na toplinsku ugodnost i kvalitetu zraka. Glavni pokazatelj toplinske ugodnosti je sobna temperatura ili kombinacija temperature i vlažnosti. Glavni pokazatelj kvalitete zraka je sastav zraka u smislu plinova, uglavnom ugljikovog dioksida (CO_2) i čestica prašine. Sustav ventilacije na zahtjev, reguliran preko kvalitete zraka, prilagođava protok zraka stvarnoj razini kvalitete zraka, koja je često proporcionalna sa zauzetošću prostora. Sve prostorije u poslovnoj zgradi skoro nikad nisu zauzete u isto vrijeme. Štoviše, ni vršno opterećenje se ne javlja u svim prostorijama istovremeno. Dijagram 1 prikazuje prednost sustava ventilacije na zahtjev naspram sustava s konstantnim protokom. Protok zraka, kod sustava konstantnog protoka, projektiran je za maksimalni broj osoba u prostoriji i drži se konstantnim, dok je pri sustavu ventilacije na zahtjev prilagođen stvarnom zahtjevu.^[1]

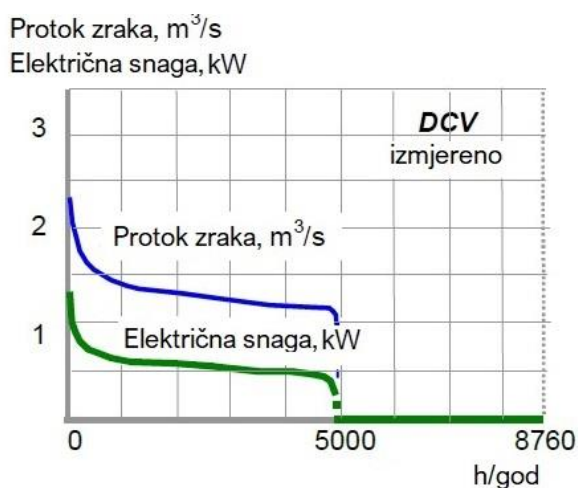


Dijagram 1: Usporedba CAV i DCV sustava ventilacije^[1]

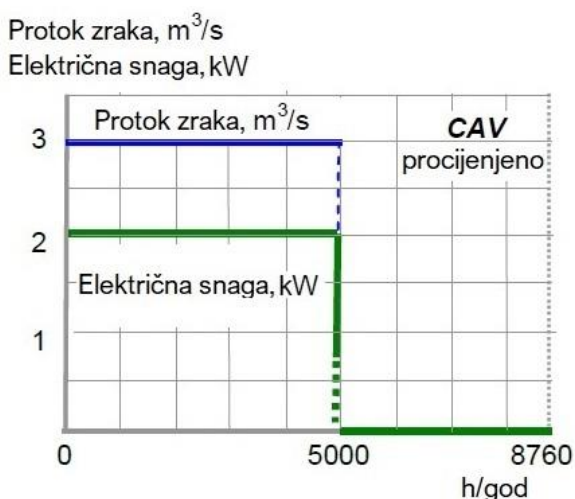
1.1. Procjena potencijalne uštede

Korištenje energije u sustavu ventilacije na zahtjev ovisi o više čimbenika, a time i potencijal uštede. Glavni faktori koji utječu na potencijalnu uštedu su sljedeći: zauzetost prostora, ukupni protok zraka koji varira u sustavu, odabrani pokazatelj za kvalitetu zraka u zatvorenom prostoru, temperatura dobavnog zraka u sustavu s regulacijom temperature, dizajn sustava, odabrana strategija regulacije i dimenzioniranje komponenata. Kao primjer uštede energije u sustavu ventilacije na zahtjev, prikazani su rezultati jedne studije. Sustav ventilacije u zgradi reguliran je osjetnicima temperature i kvalitete zraka prostora. Osjetnici djeluju na difuzore postavljene u prostorijama koji reguliraju protok zraka. Temperatura dobavnog zraka drži se konstantnom. Dijagram 2 prikazuje izmjereni protok zraka dobave i njemu odgovarajuću potrošnju električne energije. Krivulja je dobivena iz podataka izmjerenih po satima u periodu jedne godine. Dijagram 3 prikazuje odgovarajuće procijenjene vrijednosti kada bi zgrada koristila sustav ventilacije s konstantnim protokom zraka. Iz navedenih dijagrama je vidljivo da sustav s ventilacijom na zahtjev, nikad ne dosegne vršni protok zraka od $3 \text{ m}^3/\text{s}$ na kojem radi sustav s konstantnim protokom. Maksimalni izmjereni protok zraka u varijabilnom sustavu iznosi 76% nominalnog protoka, odnosno sume maksimalnih potreba prostorija. Sustav radi s manje od 45% projektirane stope protoka zraka 80% vremena. Sustavi ventilacije na zahtjev imaju značajni potencijal za smanjenje potrošnje energije u usporedbi sa sustavima konstantnog protoka zraka, pri čemu se postiže i razina toplinske ugodnosti. Najprikladniji su za prostore s visokom okupiranosti i različitim uvjetima opterećenja. Što više opterećenje varira u vremenu, može se očekivati veća ušteda energije.^[1]

Dijagram 2: Sustav ventilacije s protokom zraka na zahtjev^[1]



Dijagram 3: Sustav ventilacije s konstantnim protokom zraka^[1]



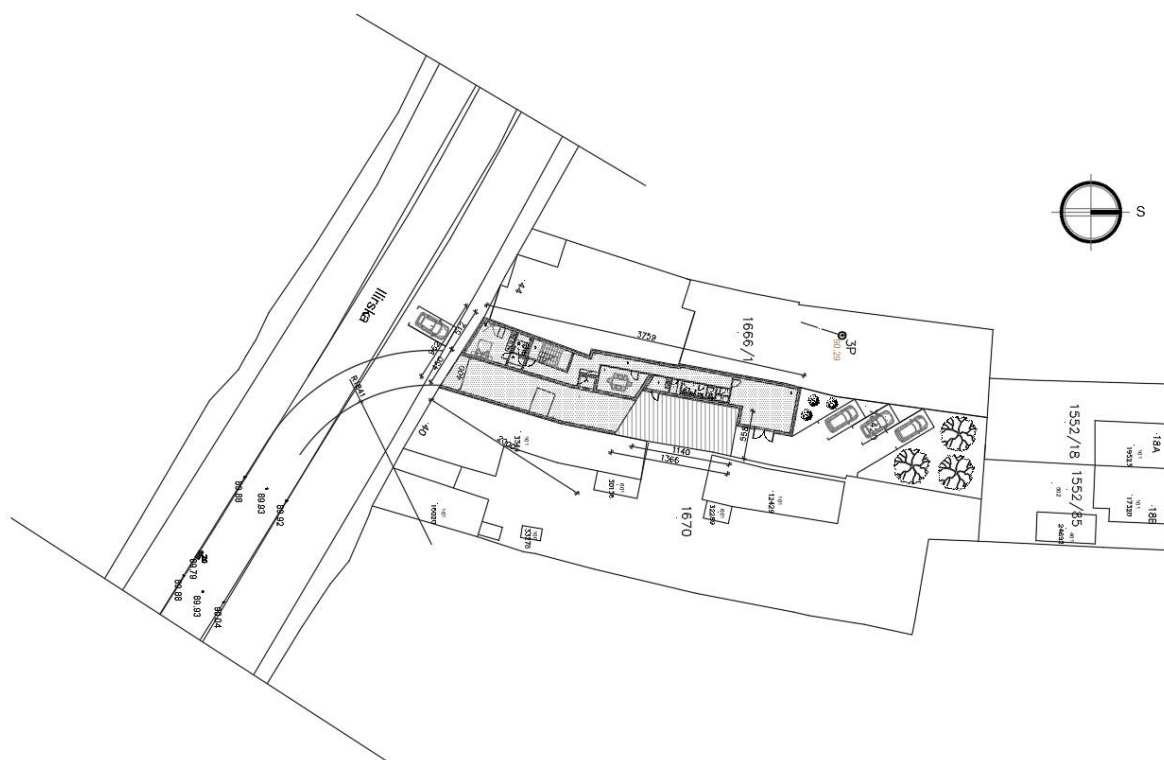
1.2. Osjetnici ugljikovog dioksida

U sustavima ventilacije na zahtjev reguliranim prema kvaliteti zraka, protok zraka se kontinuirano prilagođava stvarnim emisijama zagađivača nastalim aktivnostima i procesima u prostoriji. Za primjenu ove regulacije važno je razmotriti prikladni indikator potreba te položaj i zahtjeve za regulacijske osjetnike. Ne postoje osjetnici koji mjere "kvalitetu" zraka. Umjesto toga, kvantitativni parametri sastava zraka kao što su plinovi i čestice povezuju se s kvalitetom zraka. Obično se ugljikov dioksid (CO_2) koristi kao pokazatelj popunjenosti prostorije gdje su ljudi i njihove aktivnosti glavni izvor onečišćenja. Stopa generiranja ugljikovog dioksida proporcionalna je broju osoba, njihovom tjelesnom veličinom i aktivnosti. Ipak, treba naglasiti da ugljikov dioksid nije zagađivač koji zabrinjava u zgradama, nego indikator kvalitete zraka koji upućuje na zasićenost zraka bioplinovima emitiranim od ljudi. Ventilacijski sustav pokrenut će se kada osoba uđe u prostoriju, pružajući točni protok zraka po osobi koji je potreban za razrjeđivanje onečišćujućih tvari na potrebnu razinu. Osjetnici za regulaciju kvalitete zraka trebaju dati brz, stabilan i pouzdan izlazni signal tijekom svog rada. Netočna mjerenja mogu dovesti do premalog ili prekomjernog protoka zraka što rezultira toplinskom neugodnosti ili prekomjernim trošenjem energije. U principu, osjetnici kvalitete zraka u zatvorenim prostorima trebaju imati sljedeće izvedbene karakteristike: visoku osjetljivost na mjereno svojstvo, a nisku na bilo kakve druge čimbenike, dovoljan opseg rada u svrhu mjerenja i dobru razlučivost u tom opsegu, točnost i ponovljivost, stabilan izlazni signal i dugoročni rad, kratko vrijeme odziva te jednostavnu kalibraciju i održavanje. Postoje različite smjernice za odabir prikladne lokacije regulacijskih osjetnika ovisno o vrsti distribucije zraka, prostorije i cijelog sustava. U pravilu, osjetnik treba biti smješten na mjestu koje najbolje predstavlja situaciju i gdje točno može reagirati na izmjereno. Uz to, pri postavljanju regulacijskih osjetnika treba uzeti u obzir lak pristup za održavanje i kalibraciju. Pri postavljanju osjetnika u prostoriju, njegova lokacija treba biti što bliža okupiranoj zoni. Treba izbjegavati sljedeće položaje: u uglovima prostorija, u blizini vrata i prozora, područja na koja direktno upadaju sunčeve zrake ili su pod utjecajem struja dovodnog zraka, područje na koje izravno utječe zagađivač u zatvorenom prostoru i slično. Ove lokacije osjetnika će osigurati optimalnu kvalitetu zraka i spriječiti strujanje hladnog zraka u zoni boravka.^[1]

2. TOPLINSKO OPTEREĆENJE ZGRADE

2.1. Opis zgrade

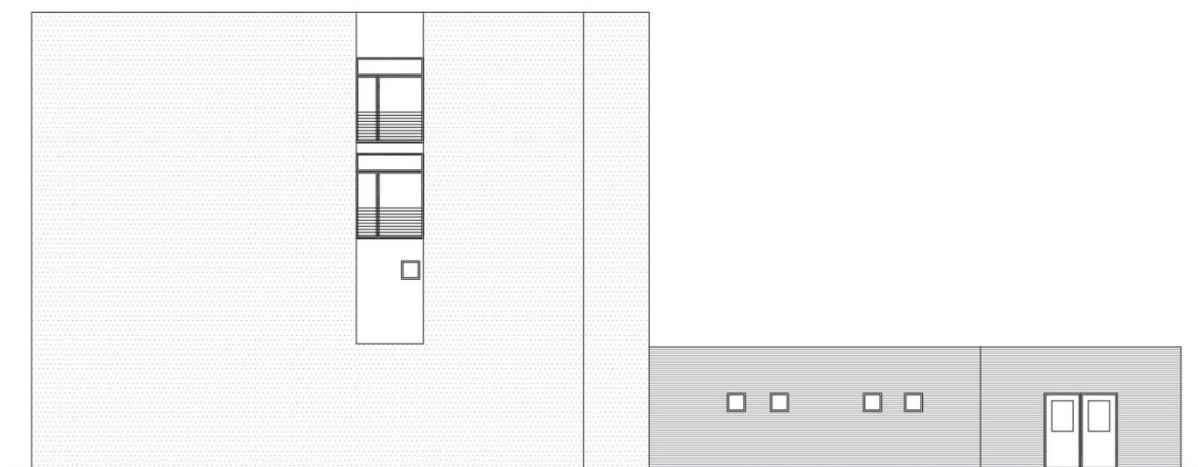
Stambeno-poslovna zgrada, za koju je potrebno projektirati sustav grijanja, hlađenja i ventilacije, nalazi se u Ilirskoj ulici u Osijeku. Situacija zgrade na geodetskoj podlozi s njenom orijentacijom prikazana je na slici 1. Zgrada se sastoji od četiri etaže koje čine prizemlje i tri kata (P+1. K+2. K+3. K). Svaka etaža je visoka 3,15 m, osim južnog djela prizemlja koje ima visinu od 4,15 m. U prizemlju se nalazi ulaz koji je na istočnoj strani zgrade, predavaonica, radionica, apartman, sanitarije te nekoliko manjih prostorija različitih namjena povezani dvama odvojenim hodnicima i stubište koje vodi prema ostalim etažama. Na prvom katu se nalaze uredi, soba za konferenciju, čajna kuhinja, sanitarije i stubište, povezani jednim hodnikom čiji je sastavni dio i čekaonica. Drugi i treći kat imaju isti raspored prostorija. Čine ih četiri sobe s kupaonicama, zajednička čajna kuhinja, prostorija za dnevni boravak s blagovaonicom, sanitarije, hodnik i stubište. Na trećem katu predviđen je prostor za smještaj potrebne strojarске opreme. Zgradu prekriva ravni krov na visini od 13,78 m. Ukupna korisna površina zgrade je 713 m². U tablici 1 je prikazana raspodjela površine po etažama i prostorijama. Fizika zgrade i nacrti dobiveni su iz arhitektonskog ureda. Pročelja zgrade prikazana su slikama 2 i 3.



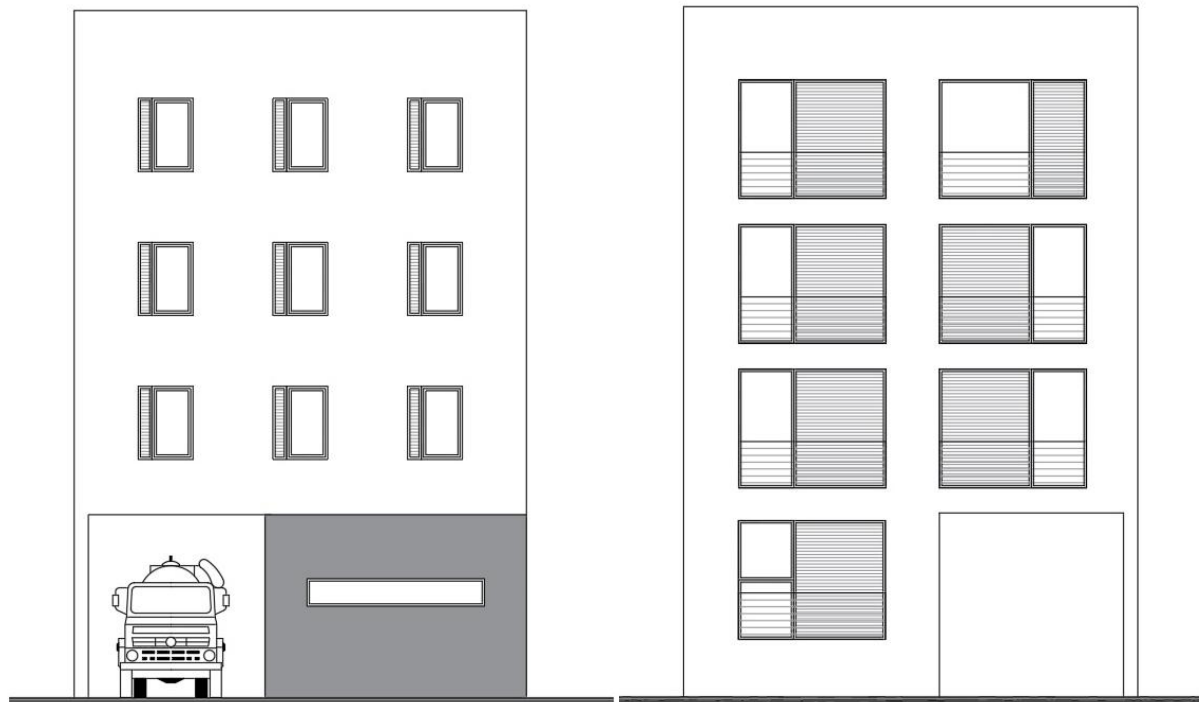
Slika 1: Situacija na geodetskoj podlozi

Tablica 1: Površine etaža i prostorija

PRIZEMLJE			1.KAT		
		P=173,86 m ²			P=181,88 m ²
0.01	Radionica	35,87 m ²	1.01	Ured 1	20,57 m ²
0.02	Praonica rublja	2,54 m ²	1.02	Ured 2	11,90 m ²
0.03	Sanitarije M i Ž	6,47 m ²	1.03	Ured 3	15,71 m ²
0.04	Svlačionica	1,97 m ²	1.04	Čajna kuhinja	4,04 m ²
0.05	Bojler i spremnik	3,75 m ²	1.05	Hodnik i čekaonica	19,60 m ²
0.06	Predavaonica	14,86 m ²	1.06	Stubište	10,66 m ²
0.07	Hodnik 1	23,67 m ²	1.07	Sanitarije M i Ž	11,56 m ²
0.08	Hodnik 2	11,70 m ²	1.08	Konferencija	57,13 m ²
0.09	Stubište	10,66 m ²			
0.10	Kupaonica	3,62 m ²			
0.11	Pretprostor	2,75 m ²			
0.12	Apartman	18,29 m ²			
2.KAT			3.KAT		
		P=178,56 m ²			P=178,56 m ²
2.01	Soba 1	16,43 m ²	3.01	Soba 1	14,72 m ²
2.02	Kupaonica 1	4,40 m ²	3.02	Kupaonica 1	3,79 m ²
2.03	Soba 2	12,41 m ²	3.03	Soba 2	12,41 m ²
2.04	Kupaonica 2	3,83 m ²	3.04	Kupaonica 2	3,83 m ²
2.05	Soba 3	16,71 m ²	3.05	Soba 3	16,71 m ²
2.06	Kupaonica 3	4,22 m ²	3.06	Kupaonica 3	4,13 m ²
2.07	Soba 4	19,91 m ²	3.07	Soba 4	19,91 m ²
2.08	Kupaonica 4	3,70 m ²	3.08	Kupaonica 4	4,20 m ²
2.09	Stubište	10,66 m ²	3.09	Stubište	10,66 m ²
2.10	Hodnik	18,44 m ²	3.10	Hodnik	18,20 m ²
2.11	Sanitarije	5,28 m ²	3.11	Sanitarije	5,29 m ²
2.12	Kuhinja	5,40 m ²	3.12	Kuhinja	5,96 m ²
2.13	Dn. boravak i bl.	30,13 m ²	3.13	Dn. boravak i bl.	27,25 m ²
Ukupno:					P=712,86 m ²



Slika 2: Istočno pročelje zgrade



Slika 3: Sjeverozapadno i jugoistočno pročelje zgrade

Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata, potrebni za proračune toplinskog opterećenja zgrade, ovise o dimenzijama i toplinskim karakteristikama pojedinog sloja materijala u građevnim elementima. Dobiveni su iz arhitektonskog ureda te ih nije potrebno proračunavati. Vanjski zidovi zgrade su toplinski izolirani s 10 cm, a ravni krov s 20 cm debelom ekstrudiranom polistirenskom pjenu. Unutarnji zidovi su pregradni i debljine 10 do 15 cm. Koeficijenti prolaza topline pojedinih građevnih elemenata dani su u tablici 2 i zadovoljavaju tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Tablica 2: Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata

Oznaka	Građevni element	Koeficijent prolaza topline $U [W/m^2K]$
VZ1	Vanjski zid 1	0,30
VZ2	Vanjski zid 2	0,25
UZ	Unutarnji zid	1,85
P	Pod prema tlu	0,30
MK	Međukatna konstrukcija	0,55
S	Strop	0,25
K	Krov	0,20
UV	Vrata unutarnja	2,00
VV	Vrata vanjska	2,40
VP	Prozor	1,40

2.2. Proračun toplinskog opterećenja zimi

Projektno toplinsko opterećenje zimi računa se prema normi HRN EN 12831:2003. Norma definira proračun potrebnog toplinskog učinka za održavanje unutarnje projektne temperature prostorije pri vanjskim projektnim uvjetima. Unutarnja projektna temperatura ovisi o namjeni objekta i njegovih prostorijama te željama i potrebama korisnika. Vanjski projektni uvjeti ovise o lokaciji objekta. Vanjska projektna temperatura predstavlja najnižu vanjsku izmjerenu temperaturu za određeno područje u zadnjih desetak godina. Ukupni toplinski gubici zgrade dobivaju se sumiranjem toplinskih gubitaka svih prostorija u zgradi. Sljedeći zapis norme odnosi se na opterećenja za jednu prostoriju, a čine ga transmisijski i ventilacijski gubici te gubici zagrijavanja zbog prekida grijanja.

$$\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} + \phi_{RH,i} \text{ [W]}$$

$\phi_{T,i}$ – projektni transmisijski gubici topline

$\phi_{V,i}$ – projektni ventilacijski gubici topline

$\phi_{RH,i}$ – toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja

Transmisijske gubitke, prikazane sljedećim izrazom, čini izmjena topline kroz građevne elemente prema susjednom prostoru niže temperature što uključuje izmjenu topline prema vanjskom okolišu, susjednim negrijanim prostorijama i tlu.

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]}$$

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

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

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

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

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

θ_e – vanjska projektna temperatura, [°C]

Ventilacijski gubici prikazani su sljedećim izrazom. Koeficijent ventilacijskih gubitaka u sebi sadrži protok zraka koji se određuje prema tome da li se radi o infiltraciji zraka kroz zazore ili mehaničkoj ventilaciji.

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]}$$

$H_{V,i}$ – koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka, [W/K]

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

θ_e – vanjska projektna temperatura, [°C]

Toplinski tok potreban za ponovo zagrijavanje prostora nakon prekida grijanja računa se prema sljedećem izrazu.

$$\phi_{RH,i} = A_i * f_{RH} \text{ [W]}$$

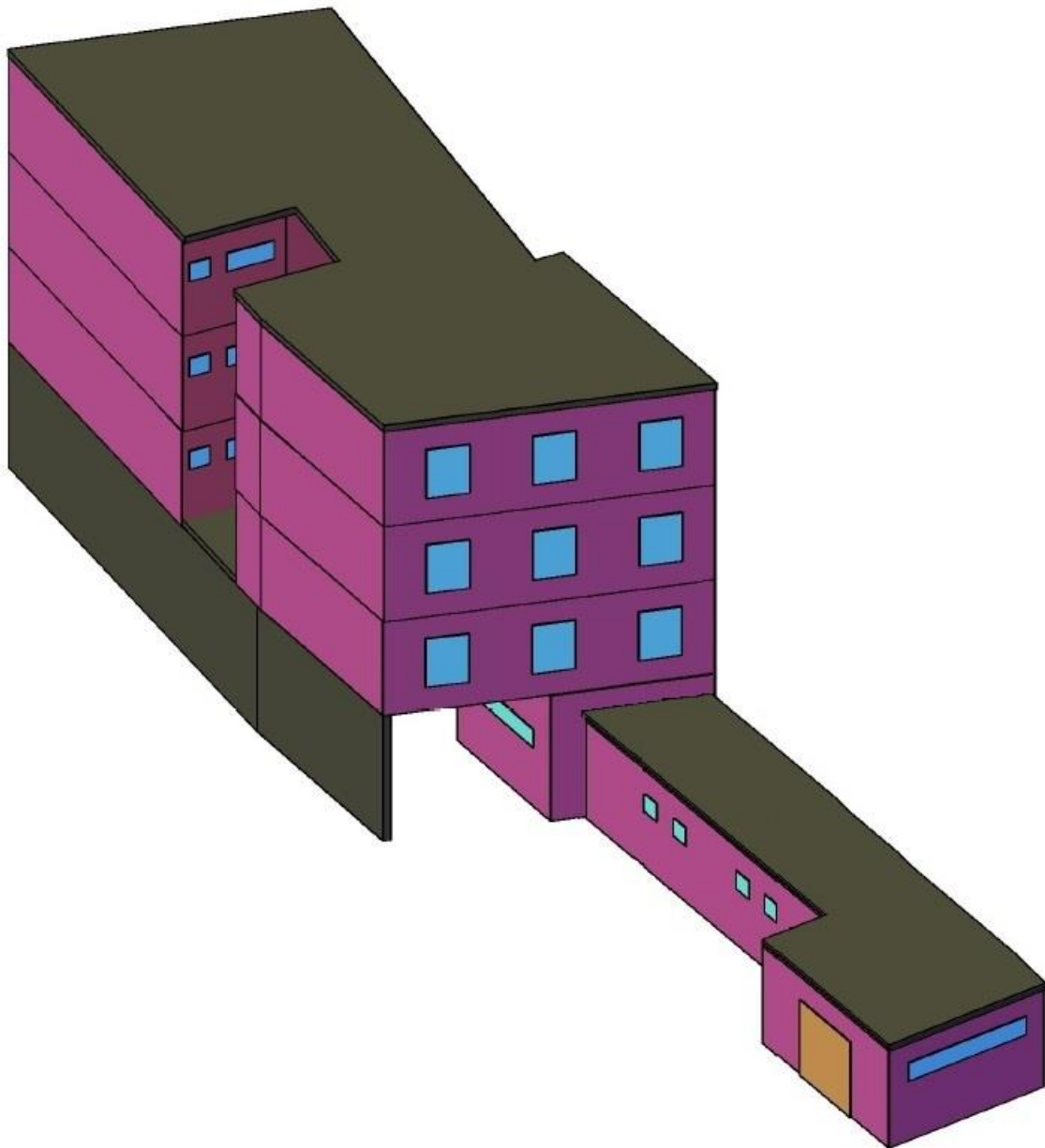
A_i – površina poda s 1/2 debljine zidova, [m²]

f_{RH} – korekcijski faktor, [W/m²]

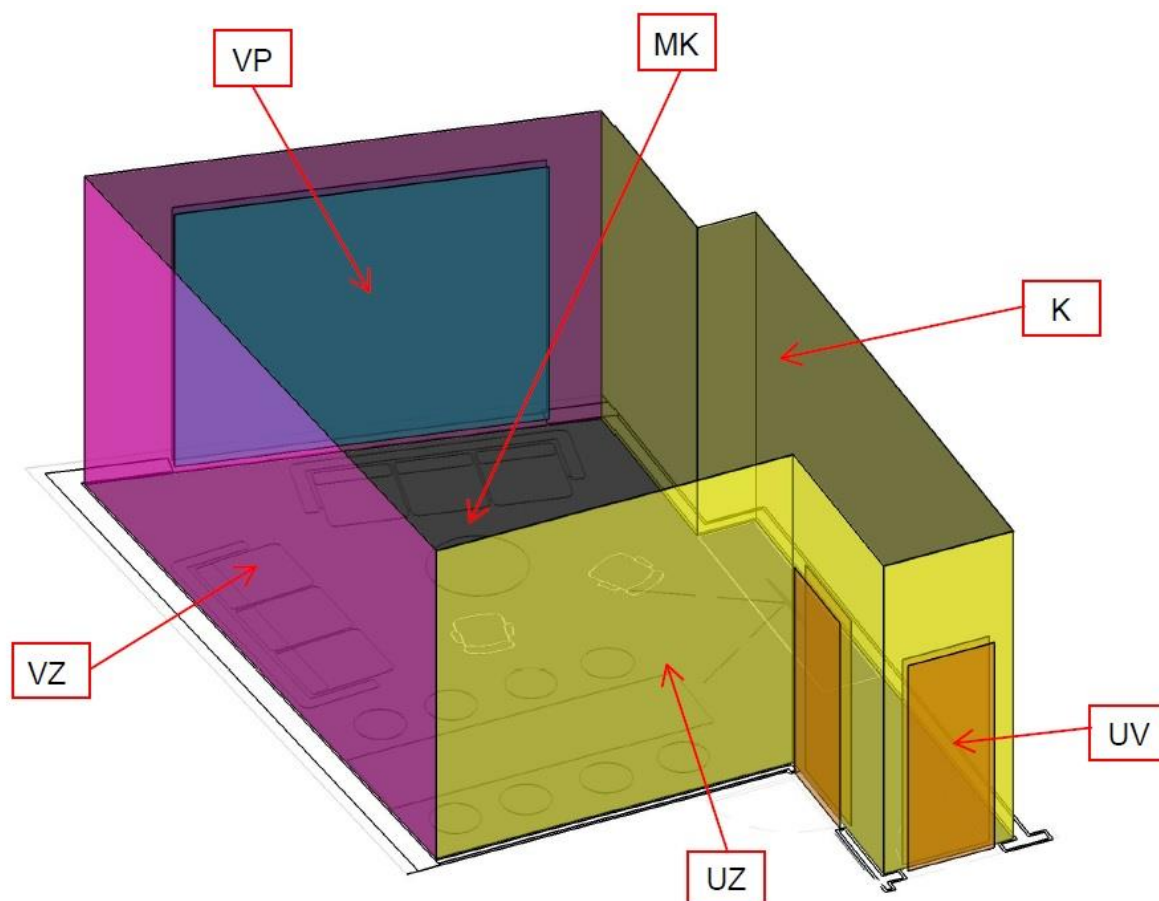
Proračun toplinskog opterećenja zimi za zgradu proveden je prema navedenoj normi, računalnim alatom "BricsCAD AX3000" koji sadrži razne proračune i služi za trodimenzionalno projektiranje sustava. U programu se otvaraju tlocrti zgrade iz kojih se modeliraju prostorije, a time i cijeli objekt u tri dimenzije. Modelirani objekt prikazan je slikom 4. Na modelu je, zatim, potrebno definirati građevne elemente i njihove koeficijente prolaza topline. Definirani građevni elementi prikazani su na primjeru prostorije 3.13 *Dnevni boravak i blagovaonica* na slici 5. Za proračun toplinskih gubitaka, u programu je potrebno postaviti početne vrijednosti parametara kao što su lokacija, orijentacija, namjena i konstrukcija objekta, njegove dimenzije, volumen i slično. Neke od postavljenih vrijednosti su sljedeće.

Temperature prostorija:	20 °C	ured, dnevni boravak, soba, hodnik, sanitarije, čajna kuhinja, konferencija, apartman, predvorje, predavaonica
	24 °C	kupaonica
	15 °C	stubište, radionica
	5 °C	susjedna građevina
Vanjska projektna temperatura:	-18 °C	Osijek

Prema postavljenim početnim podacima i modelima prostorija, automatski se preuzimaju sve potrebne veličine za računalni proračun izmijenjenih toplina. Slika 6 prikazuje preuzete veličine i računalni izračun na primjeru prostorije 3.13 *Dnevni boravak i blagovaonica*. U tablici 3 su prikazani rezultati proračuna toplinskog opterećenja prostorija i cijele zgrade koji se koriste za projektiranje sustava grijanja. Ukupni toplinski gubici zgrade iznose 36,01 kW.



Slika 4: Trodimenzionalni model zgrade



Slika 5: Modelirana prostorija i definirani građevni elementi

	Orient.	Type	Incl.	Components	Factor 12831	Temp.	Width [cm]	Height/L [cm]	Surface [m²]	U W/m²K	D U, WE W/m²K	U, c/U W/m²K	H_T W/K	Phi_T W
	FL	FL	0	MK	0.000	20.0	584.90	465.89	27.2500	0.55	0.00	0.55	0.00	0.00
	CE	CE	0	K	1.000	-18.0	496.40	548.95	27.2500	0.20	0.05	0.25	6.81	259.00
	SSW	EW	90	VZ	1.000	-18.0	442.82	315.00	13.9487	0.30	0.05	0.35	1.99	76.00
	SSW	WE	90	3. VP 320x258	1.000		320.00	258.00	8.26	1.40	0.05	1.45	11.97	455.00
	ESE	EW	90	VZ	1.000	-18.0	616.28	315.00	19.4128	0.30	0.05	0.35	6.79	258.00
	NNE	IW	90	UZ	0.000	20.0	328.58	315.00	10.3502	1.85	0.00	1.85	0.00	0.00
	ESE	IW	90	UZ	0.000	20.0	178.38	315.00	5.6190	1.85	0.00	1.85	0.00	0.00
	ESE	ID	90	UV 90x210	0.000		90.00	210.00	1.89	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00
	NNE	IW	90	UZ	0.000	20.0	119.99	315.00	3.7796	1.85	0.00	1.85	0.00	0.00
	NNE	ID	90	UV 90x210	0.000		90.00	210.00	1.89	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00
	W...	IW	90	UZ	0.000	20.0	508.89	315.00	16.0300	1.85	0.00	1.85	0.00	0.00
	SSW	IW	90	UZ	0.000	20.0	53.75	315.00	1.6931	1.85	0.00	1.85	0.00	0.00
	W...	IW	90	UZ	0.000	20.0	187.52	315.00	5.9070	1.85	0.00	1.85	0.00	0.00
Σ				Windows: 1, Doors: 2									27.56	1048.00

EN 12831-results					
Area:	Volume V:	Temp.:		EN 12831...	Print active room
27.25 m²	75.76 m³	20.0 °C			<<< Minimize
Phi_T:	Phi_V:	Norm-Heat Load:	Net Heat Load:	☐ Print overview only	
1048.00 W	489.00 W	1537.00 W	1537.00 W	56.42 W/m²	20.29 W/m³

Slika 6: Unesene postavke i izračun toplinskih gubitaka

Tablica 3: Toplinsko opterećenje prostorija zimi

Oznaka	Prostorija Opis	Toplinsko opterećenje	
		[W/m ²]	[W]
0.01	Radionica	63	2260
0.02	Praonica rublja	83	212
0.03	Sanitarije M i Ž	98	636
0.04	Svlačionica	101	200
0.05	Bojler i spremnik	62	231
0.06	Predavaonica	60	895
0.07	Hodnik 1	58	1381
0.08	Hodnik 2	116	1355
0.09	Stubište	28	302
0.10	Kupaonica	172	624
0.11	Pretprostor	63	173
0.12	Apartman	79	1439
1.01	Ured 1	69	1423
1.02	Ured 2	74	882
1.03	Ured 3	92	1449
1.04	Čajna kuhinja	76	309
1.05	Hodnik i čekaonica	42	826
1.06	Stubište	20	211
1.07	Sanitarije M i Ž	98	1129
1.08	Konferencija	50	2838
2.01	Soba 1	33	546
2.02	Kupaonica 1	97	429
2.03	Soba 2	34	425
2.04	Kupaonica 2	112	429
2.05	Soba 3	43	725
2.06	Kupaonica 3	138	580
2.07	Soba 4	47	944
2.08	Kupaonica 4	125	464
2.09	Stubište	20	211
2.10	Hodnik	57	1054
2.11	Sanitarije	98	516
2.12	Kuhinja	67	363
2.13	Dnevni boravak i blagovaonica	43	1303
3.01	Soba 1	46	675
3.02	Kupaonica 1	117	444
3.03	Soba 2	44	543
3.04	Kupaonica 2	120	461
3.05	Soba 3	53	884
3.06	Kupaonica 3	142	588
3.07	Soba 4	57	1133
3.08	Kupaonica 4	123	517
3.09	Stubište	28	299
3.10	Hodnik	67	1217
3.11	Sanitarije	107	567
3.12	Kuhinja	77	380
3.13	Dnevni boravak i blagovaonica	56	1537
Ukupno:			36,01 kW

2.3. Proračun toplinskog opterećenja ljeti

Proračun toplinskog opterećenja ljeti ili toplinskih dobitaka provodi se prema normi VDI 2078 i određuje toplinski tok koji se mora odvoditi od zraka u hlađenom prostoru da bi se održala konstantna temperatura. Toplinske dobitke prostorije predstavlja toplinski tok koji ulazi u hlađeni prostor u promatranom vremenskom intervalu iz vanjskih i unutarnjih izvora.

$$\phi_{CL,i} = \phi_{A,i} + \phi_{I,i} \text{ [W]}$$

$\phi_{CL,i}$ – potreban rashladni učin

$\phi_{A,i}$ – vanjsko toplinsko opterećenje

$\phi_{I,i}$ – unutarnje toplinsko opterećenje

Vanjski izvori topline predaju toplinski tok prostoriji konvekcijom kroz vanjske zidove (ϕ_W) i prozore (ϕ_T), infiltracijom kroz zazoru (ϕ_{FL}) i zračenjem preko prozorskih površina (ϕ_S).

$$\phi_{A,i} = \phi_{W,i} + \phi_{T,i} + \phi_{S,i} + \phi_{FL,i} \text{ [W]}$$

Unutarnji izvori topline predaju toplinski tok od osoba (ϕ_P), rasvjete (ϕ_B), strojeva i uređaja (ϕ_M), prolaznog materijala kroz prostor (ϕ_G) te topline iz susjednih prostorija preko unutarnjih površina (ϕ_R).

$$\phi_{I,i} = \phi_{P,i} + \phi_{B,i} + \phi_{M,i} + \phi_{G,i} + \phi_{R,i} \text{ [W]}$$

Izračun se treba provesti za nekoliko kritičnih sati za redom u projektnom danu kako bi se našao maksimalni zbroj svih komponenata toplinskog opterećenja.

Za proračun rashladnog toplinskog opterećenja korišten je prethodno navedeni računalni program "BricsCAD AX3000" koji provodi proračun prema opisanoj normi VDI 2078. Početne postavke potrebne za proračun, kao što su klimatska zona, orijentacije zgrade i slično, definirane su u prethodnom proračunu te ih nije potrebno ponovno unositi. Unesene su sljedeće potrebne postavke koje vrijede za sve prostorije.

Temperatura hlađenih prostorija:	26 °C
Vrijeme korištenja zgrade:	0-24 h
Vanjska projektna temperatura:	32 °C

Za svaku prostoriju posebno se unose parametri unutarnjih izvora koji utječu na rashladno toplinsko opterećenje. Pretpostavljeni broj osoba koje borave u prostorijama određen je prema broju i rasporedu radnih mjesta. Za prostorije su uneseni i podaci o snagama rasvjete i strojeva. Za površine od susjednih negrijanih prostora potrebno je unijeti temperaturu prostorije, a za površine koje graniče s okolišem potrebno je definirati zasjenjenje prozora ako postoji. Na slici 7, prikazani su unosi u računalni program na primjeru prostorije *3.13 Dnevni boravak i blagovaonica*. Iz modela zgrade automatski su preuzete površine koje utječu na toplinsko opterećenje prostorija. Dijagram 4 prikazuje odnose opterećenja dobivenih od različitih izvora.

Persons/Result | **Illumination** | **EDP/Misc** | **Machines** | **Material throughput** | **Adjacent Rooms** | **Project**

Personal Data

No. Persons: 8 Dry Heat Transmission: 70 W

Degree of Activity (Tab A1): Light Work Humid Heat: 45 W

Room data

Air-Conditioned Room temp: 26.0 °C Room Volume: 75.75 m³

Time of: 8 a.m. - 8 p.m. Room Type: M "medium"

Room result

Cooling load max: September 13.00:h

Interior cooling load: 1122.91 W

Exterior cooling load: 1498.86 W Dry Cool. Load: 2.62 kW 96.21 W/m²

Wet cooling load: 360.00 W Entire cooling load: 2.98 kW 34.61 W/m³

Area: 27.25 m² Volume: 75.75 m³

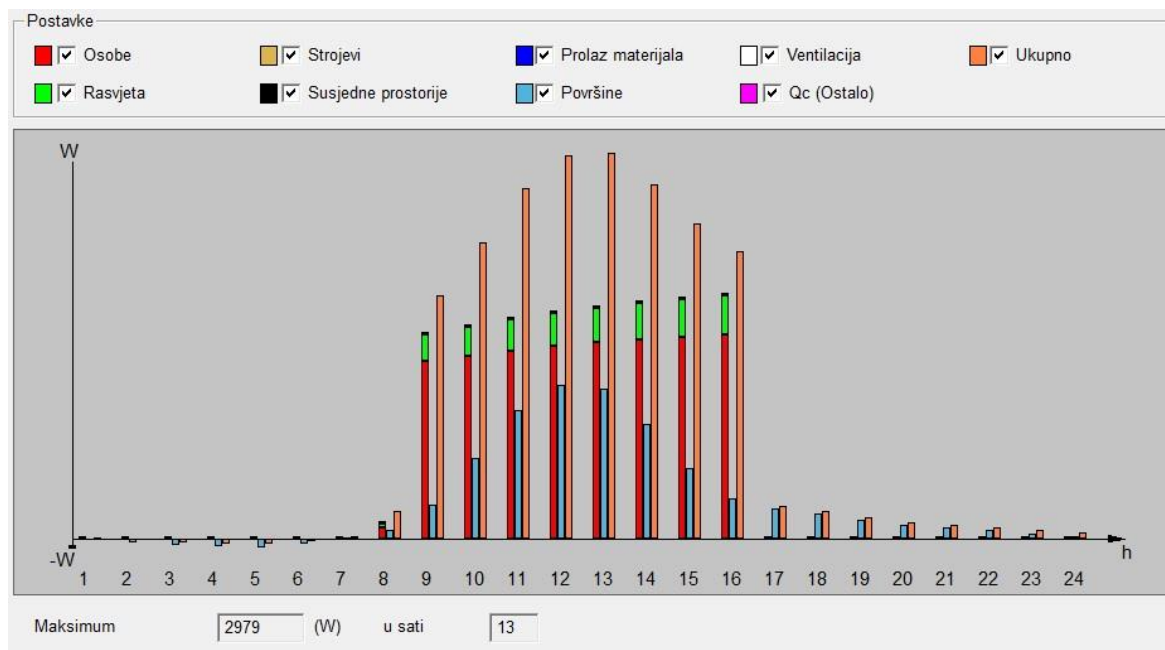
☐ Print overview only

Print... Print active room Calculate cooling load

OK Print... Save Cancel

Slika 7: Unesene postavke i izračun toplinskih dobitaka

Dijagram 4: Toplinsko opterećenje prema izvorima



Tablica 4 prikazuje rezultate proračuna toplinskog opterećenja prostorija i cijele zgrade. Za prostorije su prikazana njihova vršna opterećenja koja se javljaju u navedenom danu i satu, a razlikuju se zbog orijentacije. Ovaj podatak se koristi za odabir rashladne opreme u prostorijama. Toplinsko opterećenje zgrade je maksimalni zbroj opterećenja svih prostorija u istom vremenskom trenutku i koristi se kao potrebni kapacitet hlađenja dizalice topline. Ukupni toplinski dobici zgrade iznose 28,84 kW.

Tablica 4: Toplinsko opterećenje prostorija ljeti

Oznaka	Prostorija Opis	Mjesec i vrijeme	Toplinsko opterećenje	
			[W/m ²]	[W]
0.01	Radionica	Srpanj 15:00	83	2979
0.06	Predavaonica	Srpanj 09:00	108	1603
0.12	Apartman	Rujan 13:00	125	2282
1.01	Ured 1	Srpanj 18:00	58	1185
1.02	Ured 2	Srpanj 18:00	51	603
1.03	Ured 3	Srpanj 15:00	65	1015
1.05	Hodnik	Srpanj 13:00	43	842
1.08	Konferencija	Rujan 13:00	98	5611
2.01	Soba 1	Srpanj 18:00	43	630
2.03	Soba 2	Srpanj 18:00	47	585
2.05	Soba 3	Srpanj 14:00	40	665
2.07	Soba 4	Rujan 13:00	100	1991
2.13	Dnevni boravak i blagovaonica	Rujan 13:00	92	2876
3.01	Soba 1	Srpanj 14:00	46	680
3.03	Soba 2	Srpanj 14:00	50	624
3.05	Soba 3	Srpanj 13:00	44	735
3.07	Soba 4	Rujan 13:00	104	2067
3.13	Dnevni boravak i blagovaonica	Rujan 13:00	96	2982
Ukupno (Rujan 13:00 h):				28,84 kW

3. GRIJANJE I HLAĐENJE

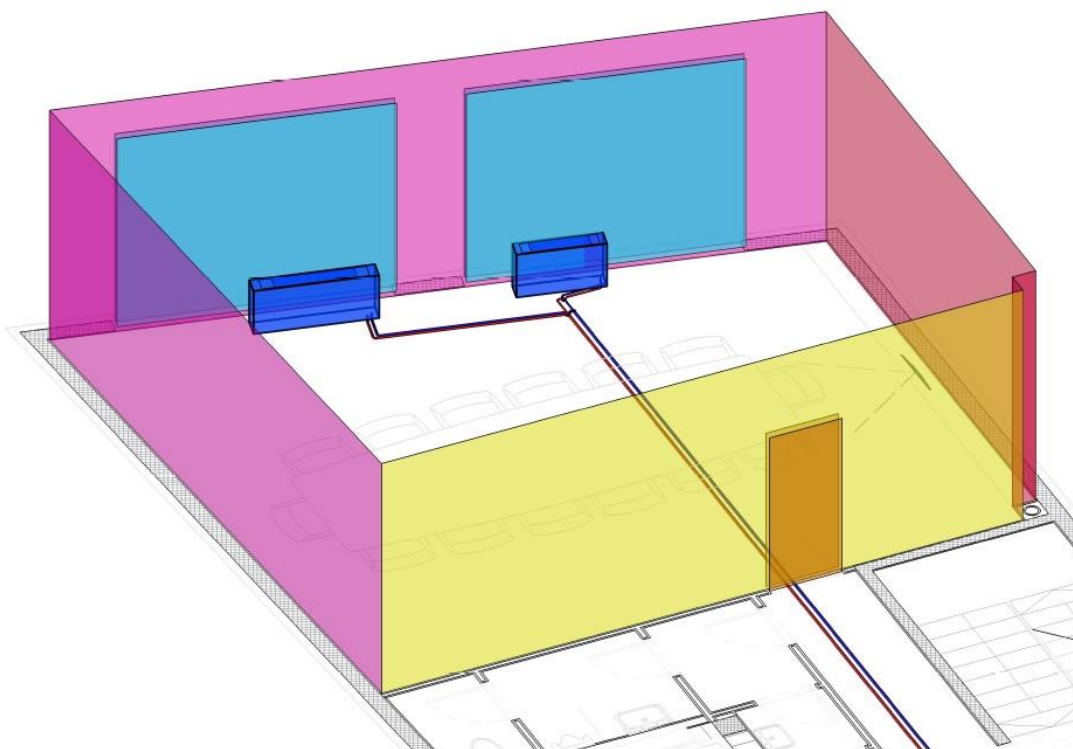
Stambeno-poslovnu zgradu potrebno je grijati zimi i hladiti ljeti. Sustav grijanja i hlađenja izveden je dvocijevno i proveden kroz sve etaže zgrade. Razvod cijevi kreće od dizalice topline koja se nalazi na krovu, preko glavnih vertikalna spušta se prema etažama i po njima razvodi kroz hodnik prema prostorijama u kojima se nalaze ogrjevna tijela. Razvod cijevi je smješten u podu etaža i izveden iz izoliranih barenih cijevi. Ogrjevna tijela prostorija koje zahtijevaju grijanje i hlađenje čine dvocijevni ventilokonvektori. Cijevi se, od izmjenjivača topline, spuštaju kroz desnu nogu uređaja i spajaju na cjevovod u podu. Ogrjevna tijela prostorija koje zahtijevaju samo grijanje, čine niskotemperaturni radijatori koji se spajaju na cijevi dignute u zidu. U prostorije se postavljaju zidni termostati kojima se regulira rad sustava. Ogrjevni ili rashladni medij je voda i priprema se u dizalici topline u kojoj temperatura zagrijane vode ne može postići temperature više od 50 °C te je zimski režim rada 45/40 °C, a ljetni 7/12 °C.

3.1. Ventilokonvektori

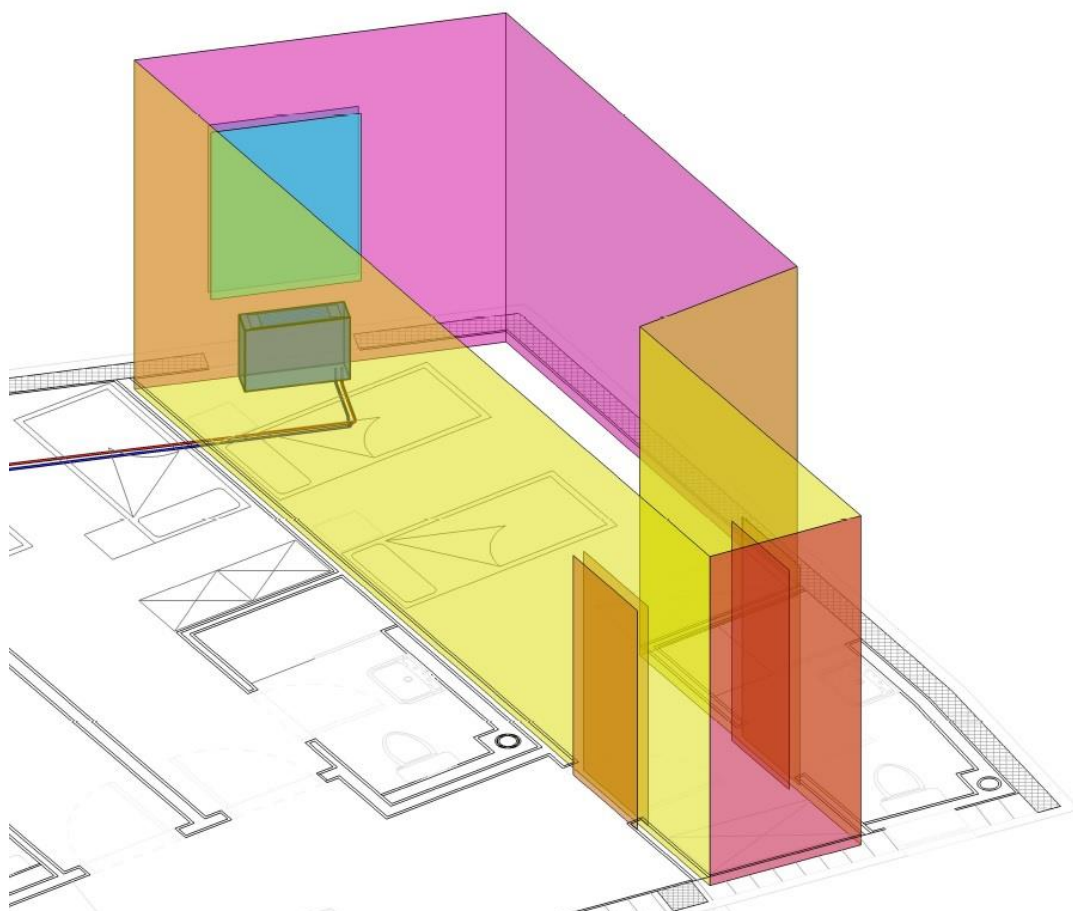
Kao ogrjevna i rashladna tijela, postavljaju se dvocijevni samostojeći parapetni ventilokonvektori proizvođača "Bini Klima" model "FM", prikazani slikom 8. Opremljeni su sa svom armaturom potrebnom za dvocijevan rad. Kondenzat, koji nastaje pri radu uređaja u režimu hlađenja, skuplja se u pladnju na dnu uređaja i cijevima odvodi do ispusta u okoliš ili u kanalizaciju zgrade, što je vidljivo u projektnim crtežima. U prostorije su postavljeni zidni termostati koji, upravljajući radom uređaja, održavaju željenu temperaturu. Regulacija rada uređaja provodi se na strani zraka promjenom brzine vrtnje ventilatora i na strani vode preko troputnih ventila. Na slikama 9 i 10 su prikazani postavljeni ventilokonvektori u prostorijama 1.08 Konferencija i 3.05 Soba 3.



Slika 8: Parapetni ventilokonvektor^[2]



Slika 9: Postavljeni ventilokonvektori u prostoriji 1.08 Konferencija



Slika 10: Postavljeni ventilokonvektor u prostoriji 3.05 Soba 3

S obzirom da radni uvjeti nisu u skladu s kataloškim vrijednostima, za dimenzioniranje ventilokonvektora korišten je računalni alat "BINI Klima". U programu je potrebno postaviti zahtijevani toplinski učin, temperaturne režime, temperaturu prostorija i vlažnost zraka za slučajeve grijanja i hlađenja. Zimski režim rada je 45/40 °C, a ljetni 7/12 °C. Temperatura grijanih prostorija je 20 °C, a hlađenih 26 °C. Ventilokonvektori su odabrani da pokrivaju toplinsko opterećenje prostorija s rezervom od 10% u najmanjoj (3.) brzini pri čemu se proizvodi najmanja buka. U tablici 5 navedeni su dimenzionirani ventilokonvektori prema toplinskim zahtjevima prostorija. Tablica 6 prikazuje tehničke karakteristike ventilokonvektora u zadanim uvjetima rada. Ukupni toplinski učin ventilokonvektora za cijelu zgradu iznosi 22,8 kW u grijanju i 30,3 kW u hlađenju.

Tablica 5: Popis odabranih ventilokonvektora po prostorijama

Prostorija		Potrebni toplinski učin [W]		Ventilokonvektor	Instalirani toplinski učin [W]	
		grijanje	hlađenje		grijanje	hlađenje
0.01	Radionica	2260	2979	4-3R/P21	2486	2979
0.06	Predavaonica	895	1603	2-3R/P21	985	1603
0.12	Apartman	1439	2282	3-3R/P21	1583	2282
Prizemlje ukupno:					5054 W	6864 W
1.01	Ured 1	1423	1113	2-3R/P21	1565	1113
1.02	Ured 2	882	603	2-3R/P21	970	603
1.03	Ured 3	1449	1015	2-3R/P21	1594	1015
1.05	Hodnik i čekaonica	826	842	2-3R/P21	909	842
1.08	Konferencija	2838	5611	4-3R/P21	3122	5611
				2-3R/P21		
1.Kat ukupno:					8160 W	9184 W
2.01	Soba 1	546	630	2-3R/P21	601	630
2.03	Soba 2	425	585	2-3R/P21	468	585
2.05	Soba 3	725	855	2-3R/P21	798	855
2.07	Soba 4	944	1991	3-3R/P21	1038	1991
2.13	Dn. boravak i blagovaonica	1303	2876	4-3R/P21	1433	2876
2.Kat ukupno:					4338 W	6937 W
3.01	Soba 1	675	680	2-3R/P21	743	680
3.03	Soba 2	543	624	2-3R/P21	597	624
3.05	Soba 3	884	925	2-3R/P21	972	925
3.07	Soba 4	1133	2067	3-3R/P21	1246	2067
3.13	Dn. boravak i blagovaonica	1537	2982	4-3R/P21	1691	2982
3.Kat ukupno:					5249 W	7278 W
Ukupno za zgradu:					22,8 kW	30,3 kW

Tablica 6: Tehničke karakteristike ventilokonvektora Bini Clima FM

Parametar	2-3R/P21	3-3R/P21	4-3R/P21
Maks. kapacitet grijanja, kW	2,130	2,490	4,780
Maks. kapacitet hlađenja, kW	1,860	2,390	4,430
Protok zraka, m ³ /h	295	325	655
Pad tlaka za grijanje, kPa	2,7	5,4	8,8
Pad tlaka za hlađenje, kPa	3,1	6,2	10,0
Buka, dB	38,8	37,4	38,3
Dimenzije 585x220xL, mm	840	1040	1240

3.2. Radijatori

U manjim prostorijama i prostorijama koje nije potrebno hladiti, odabiru se radijatori kao ogrjevna tijela. Radijatori se dimenzioniraju prema potrebnom toplinskom učinku s 15% rezerve. U kupaoalice se postavljaju radijatori proizvođača "Aklimat", model "Alukal Forte XL" visine 2000 mm zbog malih širina slobodnog zida, a u ostale prostorije radijatori proizvođača "Lipovica", model "Solar" visine 700 mm. Slika 11 prikazuje izgled navedenih radijatora. Svi radijatori su opremljeni s armaturom potrebnom za rad u dvocijevnom sustavu. Termostatski ventil ugrađuje se na gornjoj strani radijatora gdje se spaja polaz vode, a povratni prigušni ventil s donje strane. Za toplovodno grijanje predviđen je niskotemperaturni režim rada 45/40 °C. Tehničke karakteristike radijatora navedene su u tablici 7.

Slika 11: Radijator Lipovica Solar 700/80^[3] i Alukal Forte XL 2000^[4]

Tablica 7: Tehničke karakteristike radijatora

Parametar	Lipovica Solar 700	Alukal Forte XL
Visina članka, mm	776	2039
Priključna mjera, mm	700	2000
Širina članka, mm	80	80
Ugradbena dubina, mm	80	100
Masa članka, kg	1,75	2,81
Sadržaj vode u članku, l	0,43	0,72
Toplinski učin članka za režim 90/70/20, W	190	416
Eksponent toplinskog učinka, -	1,32	1,33

Iz toplinskog učina članka za temperaturni režim i temperature prostorije dane u katalogu od proizvođača, potrebno je preračunati učin članka radijatora za režim rada i temperature prostorija u zgradi. Učinak članka u promjenjivim uvjetima računa se prema sljedećem izrazu^[5].

$$\phi_H = \phi_{H,N} \cdot \left(\frac{\Delta\vartheta_m}{\Delta\vartheta_{m,N}} \right)^n$$

$\phi_{H,N}$ – učinak članka za zadani temperaturni režim i temperaturu zraka, [W]

$\Delta\vartheta_{m,N}$ – srednja temperaturna razlika između ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji u zadanim uvjetima, [°C]

$\Delta\vartheta_{m,N}$ – srednja temperaturna razlika između ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji u promjenjivim uvjetima, [°C]

n – eksponent toplinskog učinka

Srednja temperaturna razlika računa se prema sljedećem izrazu

$$\Delta\vartheta_m = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{\ln \left(\frac{\vartheta_V - \vartheta_i}{\vartheta_R - \vartheta_i} \right)}$$

pri čemu je ϑ_V – temperatura polaza, ϑ_R – temperatura povrata i ϑ_i – temperatura prostorije.

Proračun toplinskog učina članka odabranih radijatora, za koji se koriste i podaci iz prethodne tablice, prikazan je u tablici 8. Odabir potrebnog broja članaka radijatora proveden je računalnim alatom "IntegraCAD" koji prilagođava toplinski učin prema navedenom proračunu. U tablici 9 su navedeni dimenzionirani radijatori po prostorijama.

Tablica 8: Proračun toplinskog učinka članka radijatora

Režim rada	Zadano	Izračunato	
		Lipovica Solar	Alukal Forte XL
Temperatura polaza, °C	90	45	45
Temperatura povrata, °C	70	40	40
Temperatura prostorije, °C	20	20	24
Srednja temperaturna razlika, °C	59,44	22,41	18,39
Toplinski učin po članku, W/čl		87,37	52,42

Tablica 9: Popis odabranih radijatora po prostorijama

Prostorija		Radijator	Br. Čl	Toplinski učin [W]	
				potrebno	radijator
0.02	Praonica rublja	Lipovica SOLAR 700/80	5	244	300
0.03	Sanitarije M i Ž	Lipovica SOLAR 700/80	7	731	420
		Lipovica SOLAR 700/80	6		360
0.04	Svlačionica	Lipovica SOLAR 700/80	4	230	240
0.05	Bojler i spremnik	Lipovica SOLAR 700/80	5	266	300
0.07	Hodnik 1	Alukal Forte XL 2000	16	1589	1680
0.08	Hodnik 2	Lipovica SOLAR 700/80	26	1559	1560
0.09	Stubište	Lipovica SOLAR 700/80	11	784	858
0.10	Kupaonica	Alukal Forte XL 2000	9	718	720
Prizemlje ukupno:					6438 W
1.04	Čajna kuhinja	Lipovica SOLAR 700/80	6	355	420
1.07	Sanitarije M i Ž	Lipovica SOLAR 700/80	11	1298	660
		Lipovica SOLAR 700/80	11		660
1.Kat ukupno:					1740 W
2.02	Kupaonica 1	Alukal Forte XL 2000	7	493	560
2.04	Kupaonica 2	Alukal Forte XL 2000	7	493	560
2.06	Kupaonica 3	Alukal Forte XL 2000	9	667	720
2.08	Kupaonica 4	Alukal Forte XL 2000	7	534	560
2.10	Hodnik	Alukal Forte XL 2000	12	1212	1260
2.11	Sanitarije	Lipovica SOLAR 700/80	10	593	600
2.12	Kuhinja	Lipovica SOLAR 700/80	7	417	420
2.Kat ukupno:					4680 W
3.02	Kupaonica 1	Alukal Forte XL 2000	7	511	560
3.04	Kupaonica 2	Alukal Forte XL 2000	7	530	560
3.06	Kupaonica 3	Alukal Forte XL 2000	9	696	720
3.08	Kupaonica 4	Alukal Forte XL 2000	8	595	640
3.09	Stubište	Lipovica SOLAR 700/80	6	392	468
3.10	Hodnik	Alukal Forte XL 2000	14	1400	1470
3.11	Sanitarije	Lipovica SOLAR 700/80	11	652	660
3.12	Kuhinja	Lipovica SOLAR 700/80	8	437	480
3.Kat ukupno:					5558 W
Ukupno za zgradu:					18,42 kW

3.3. Dizalica topline

Priprema ogrjevnog/rashladnog medija vrši se u dizalici topline zrak-voda smještenoj na ravnom krovu zgrade. Projektno ogrjevno opterećenje za zgradu iznosi 41,23 kW, a rashladno 30,26 kW. Prema potrebnim kapacitetima za grijanje i hlađenje, odabrana je dizalica topline "CHA/ML/WP/ST 202-P" proizvođača "Clint" prikazana slikom 12. Kako se zgrada nalazi u Osijeku, da bi se pokrio potreban kapacitet za grijanje pri projektnoj temperaturi od -18 °C, dizalica je predimenzionirana u hlađenju. Ogrjevni toplinski učin dizalice topline iznosi 45,2 kW, a rashladni 61,9 kW. Slova u nazivu označavaju da je to reverzibilna dizalica topline s "aqualogik" tehnologijom čija optimizacija omogućava da jedinice mogu raditi s niskom razinom vode u sustavu bez potrebe za dodatnim spremnikom. Pri vanjskoj temperaturi od -20 °C, temperatura zagrijane vode doseže temperaturu do 45 °C. Poželjno je imati što nižu temperaturu kondenzacije i što višu temperaturu isparavanja kako bi dizalica topline imala što bolju učinkovitost. Prema tome, zimski režim rada je 45/40 °C. Ljetni režim rada je 7/12 °C. Dizalica topline sadrži kompresor, kondenzator, aksijalne ventilatore pokretane elektromotorom te električnu ploču s mikroprocesorom koja služi za regulaciju rada uređaja. U vodenom krugu dizalice topline integrirani su isparivač, ručni odzračni ventili, prekidač protoka, radna sonda, sonda protiv smržavanja, cirkulacijska pumpa, ekspanzijska posuda i sigurnosni ventil. Okvir dizalice topline lako se uklanja i omogućuje pristup unutrašnjosti radi održavanja i potrebe servisiranja. Tehničke karakteristike dizalice topline, pri zadanim uvjetima, prikazane su u tablici 10.



Slika 12: Clint dizalica topline^[6]

Tablica 10: Tehničke karakteristike dizalice topline

Parametar	Clint 202-P dizalica topline
Kapacitet grijanja pri -18 °C	45,2 kW
Kapacitet hlađenja pri 32 °C	61,9 kW
Priključna snaga grijanje	17,5 kW
Priključna snaga hlađenje	22,3 kW
COP	2,6
EER	2,8
Radna tvar	R407C
Punjenje radne tvari	20 kg
Pad tlaka u izmjenjivaču	12 kPa
Buka prema ISO 3744	61 dB
Ekspanzijska posuda	12 litara
Napajanje	400 V/3 Ph/50 Hz
Maks. struja starta	155 A
Dimenzije	2350x1100xh=2220 mm
Masa	857 kg

3.4. Cirkulacijske pumpe

Za dimenzioniranje pumpi potrebnih za cirkulaciju ogrjevnog/rashladnog medija, potrebno je poznavati padove tlaka u sustavu. Ukupni pad tlaka je zbroj svih padova tlaka od pumpe do kritičnog grijača i ponovno natrag do pumpe. Pad tlaka u cjevovodu čini pad tlaka uslijed trenja i lokalni pad tlaka. Pad tlaka uslijed trenja javlja se zbog površinske hrapavosti cijevi. Lokalni pad tlaka javlja se u elementima sustava gdje struja fluida mijenja smjer, kao što su ventili, koljena, lukovi, T-spojevi, ogrjevna tijela i slično. Ukupni pad tlaka u cjevovodu računa se prema sljedećem izrazu^[7].

$$\Delta p = \left(\sum \lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = \sum R \cdot L + \sum Z$$

λ – koeficijent trenja, [-]

L – duljina cijevi, [m]

d – unutarnji promjer cijevi, [m]

ζ – koeficijent lokalnog otpora strujanja, [-]

ρ – gustoća medija, [kg/m³]

w – brzina strujanja medija, [m/s]

R – jedinični pad tlaka, [Pa/m]

Z – pad tlaka uslijed lokalnih otpora strujanja, [Pa]

Koeficijent trenja λ ovisi o vrsti strujanja i funkcija je Reynoldsovog broja i hrapavosti unutarnje površine cijevi. Reynoldsov broj računa se prema izrazu

$$Re = \frac{d \cdot w}{\nu}$$

pri čemu je ν kinematička viskoznost [m^2/s]. Ako je $Re < 2320$ strujanje je laminarno, inače je turbulentno. Kod laminarnog strujanja koeficijent trenja se računa prema sljedećem izrazu.

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Kod strujanja, u kojem je $Re > 5000$ za izračun koeficijenta trenja, koristi se približni eksplicitni izraz prema Swanee – Jain

$$\lambda = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k}{3,7d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

pri čemu je k apsolutna hrapavost cijevi, [mm].

Primarni krug sastoji se od cjevovoda koji povezuje dizalicu topline s hidrauličkom skretnicom. Ukupni pad tlaka primarnog kruga je 2,5 kPa te pumpa dizalice topline zadovoljava. Grijanje i hlađenje prostorija zgrade izvedeno je u dva sekundarna kruga, jedan je za ventilokonvektore, a drugi za radijatore. Krugovi su izvedeni iz bakrenih cijevi koje se vode u podu etaža, a dimenzionirane su da pad tlaka ne prelazi 100 Pa/m. Padu tlaka u krugu ventilokonvektora i radijatora, potrebno je dodati pad tlaka na regulacijskom ventilu i u samome uređaju. Najveći pad tlaka javlja se za ventilokonvektor u prostoriji *0.12 Apartman* i radijator u prostoriji *0.10 Kupaonica*. Ukupni pad tlaka u krugu ventilokonvektora iznosi 30,15 kPa, a u krugu radijatora iznosi 14,30 kPa. Provedeni proračun pada tlaka za kritične grane u sekundarnim krugovima, prikazan je u sljedećim tablicama.

Tablica 11: Proračun pada tlaka u kritičnoj grani ventilokonvektora

Dionica Br.	Q [W]	q _m [kg/s]	L [m]	Cu Ø	d _u [m]	w [m/s]	L*R [Pa]	Σζ	Z [Pa]	Δp [kPa]
1-pol	2282	0,109	14,2	22x1,2	0,0196	0,37	1423,01	6,5	7648,64	9,07
1-pov	2282	0,109	14,2	22x1,2	0,0196	0,37	1423,01	5,0	4525,82	5,95
2-pol	6453	0,309	5,0	35x1,5	0,0320	0,39	299,45	0,8	122,91	0,42
2-pov	6864	0,328	5,0	35x1,5	0,0320	0,41	333,71	1,0	204,28	0,54
3-pol	16048	0,768	3,1	54x1,5	0,0510	0,38	100,15	0,3	16,92	0,12

3-pov	16048	0,768	3,1	54x1,5	0,0510	0,38	100,15	0,5	47,01	0,15
4-pol	22985	1,100	3,2	54x1,5	0,0510	0,54	195,36	0,3	24,24	0,22
4-pov	22985	1,100	3,2	54x1,5	0,0510	0,54	195,36	0,5	67,33	0,26
5-pol	30263	1,448	2,6	54x1,5	0,0510	0,72	259,07	1,0	354,59	0,61
5-pov	30263	1,448	2,6	54x1,5	0,0510	0,72	259,07	1,0	354,59	0,61
ventil										6,00
ventilok.										6,20
Ukupno:									30,15 kPa	
Q-toplinski učin, q_m -maseni protok, L-duljina cjevovoda, d_u -unutarnji promjer cjevovoda, w-brzina, L*R-linijski pad tlaka, $\sum \zeta$ -suma koeficijenata lokalnog otpora strujanja, Z-lokalni pad tlaka, Δp -ukupni pad tlaka										

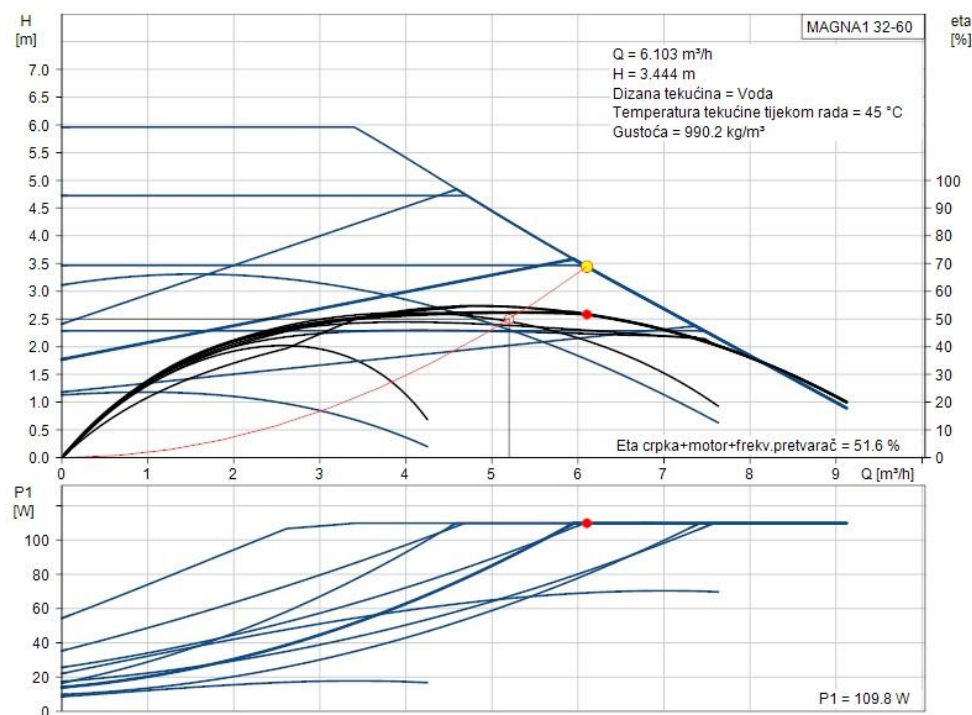
Tablica 12: Proračun pada tlaka u kritičnoj grani radijatora

Dionica Br.	Q [W]	q _m [kg/s]	L [m]	Cu Ø	d _u [m]	w [m/s]	L*R [Pa]	Σζ	Z [Pa]	Δp [kPa]
1-pol	720	0,034	6,2	15x1	0,0130	0,26	594,22	3,3	1413,93	2,01
1-pov	720	0,034	4,7	15x1	0,0130	0,26	450,46	3,0	1168,54	1,62
2-pol	1578	0,076	1,5	22x1,2	0,0196	0,25	79,47	0,3	11,27	0,09
2-pov	1578	0,076	1,5	22x1,2	0,0196	0,25	79,47	1,5	281,66	0,36
3-pol	3153	0,151	6,4	28x1,2	0,0256	0,30	316,98	3,0	1319,59	1,64
3-pov	3153	0,151	6,4	28x1,2	0,0256	0,30	316,98	1,5	329,90	0,65
4-pol	6453	0,309	5,2	35x1,5	0,0320	0,39	311,43	1,8	622,24	0,93
4-pov	6453	0,309	5,2	35x1,5	0,0320	0,39	311,43	2,0	768,20	1,08
5-pol	8193	0,392	3,1	35x1,5	0,0320	0,49	282,44	0,3	21,95	0,30
5-pov	8193	0,392	3,1	35x1,5	0,0320	0,49	282,44	0,5	60,96	0,34
6-pol	12873	0,616	3,2	42x1,5	0,0390	0,52	251,89	0,3	23,21	0,28
6-pov	12873	0,616	3,2	42x1,5	0,0390	0,52	251,89	0,5	64,48	0,32
7-pol	18431	0,882	2,6	54x1,5	0,0510	0,44	107,30	1,0	215,95	0,32
7-pov	18431	0,882	2,6	54x1,5	0,0510	0,44	107,30	1,0	215,95	0,32
ventil										3,50
radijator	720	0,034	-	15x1	0,0160	0,17	-	2,5	535,71	0,54
Ukupno:									14,30 kPa	
Q-toplinski učin, q _m -maseni protok, L-duljina cjevovoda, d _u -unutarnji promjer cjevovoda, w-brzina, L*R-linijski pad tlaka, Σζ-suma koeficijenata lokalnog otpora strujanja, Z-lokalni pad tlaka, Δp-ukupni pad tlaka										

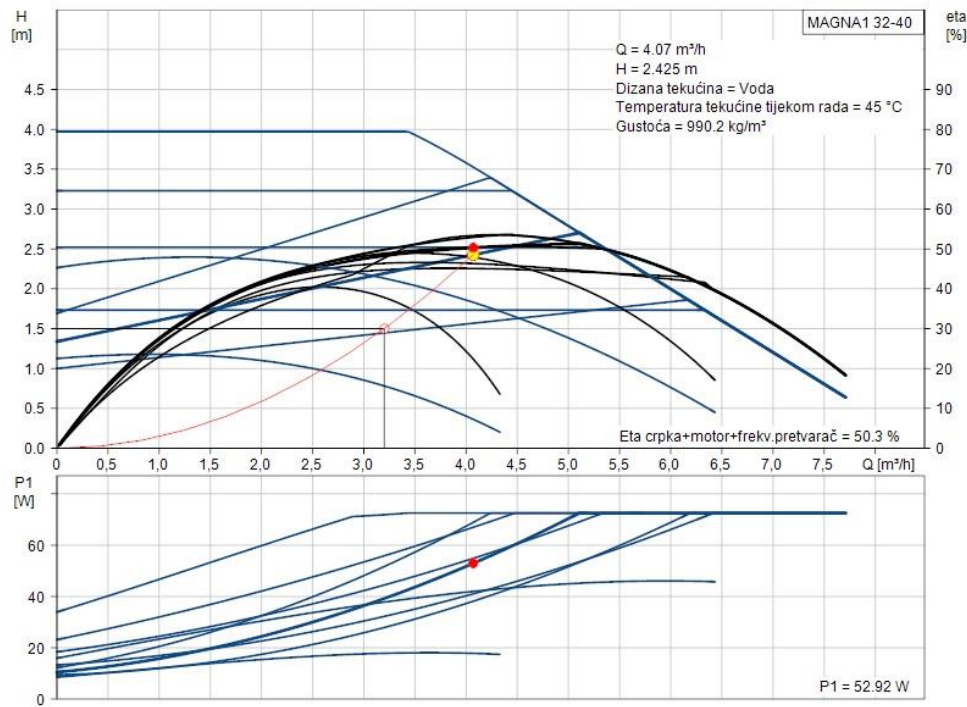
Na temelju proračunatih padova tlaka i protoka ogrjevnog i rashladnog medija odabiru se cirkulacijske pumpe sekundarnih krugova, odnosno kruga ventilokonvektora i kruga radijatora. Dimenzioniranje pumpi provodi se računalnim alatom proizvođača "Grundfos" u kojem je potrebno unijeti podatke o području primjene, protoku ogrjevnog/rashladnog medija i visini dobave pumpe u određenom krugu. Potrebne visine dizanja pumpe proizlaze iz navedenih padova tlaka, a protoci su $5,2 \text{ m}^3/\text{h}$ za krug ventilokonvektora i $3,2 \text{ m}^3/\text{h}$ za krug radijatora. Odabrane su pumpe linije "Magna1" koja je prikazana na slici 13. Karakteristike odabranih pumpi prikazane su slikama 14 i 15.



Slika 13: Cirkulacijska pumpa Grundfos Magna1^[8]



Slika 14: Karakteristika pumpe ventilokonvektorskog kruga^[8]

Slika 15: Karakteristika pumpe radijatorskog kruga^[8]

3.5. Ekspanzijska posuda

Ekspanzijska posuda je posuda pod tlakom u kojoj su stlačeni plin i medij u sustavu odvojeni membranom. Pri promjeni temperature ogrjevnog/rashladnog medija, dolazi i do promjene njegovog volumena. Ekspanzijska posuda se koristi kako bi se ta promjena kompenzirala. Također služi za podešavanje minimalnog tlaka i sprječavanje prekoračenja najvećeg dozvoljenog radnog tlaka. Na ekspanzijsku posudu postavlja se sigurnosni ventil koji služi za zaštitu sustava u slučaju prekoračenja najvećeg dozvoljenog radnog tlaka. Membranska ekspanzijska posuda volumena 12 litara i sigurnosni ventil s nazivnim tlakom otvaranja od 6 bara dolaze u sklopu dizalice topline. Minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude kruga grijanja određuje se prema sljedećem izrazu^[9].

$$V_{n,min} = (V_e + V_v) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0}$$

V_e – volumen širenja vode u litrama izazvan povišenjem temperature vode od 10 °C do maksimalne temperature polaznog voda, [l], računa se prema izrazu

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100}$$

n – postotak širenja određen maksimalnom temperaturom vode, [%]

V_A – ukupni volumen vode u sustavu, [l], okvirno se može izračunati prema izrazima za konvektore: $V_A/Q_H = 12 \text{ lit/kW}$,

za radijatore: $V_A/Q_H = 6 \text{ lit/kW}$ pri čemu je Q_H ogrjevni učinak instalacije u kW

V_v – dodatni volumen (zaliha), iznosi oko 0,5% volumena vode u instalaciji, min. 3 litre

p_e – projektni krajnji tlak, povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila, [bar]

kod sustava koji rade pri tlakovima manjim od 5 bar procjenjuje se na 0,5 bar ispod tlaka sigurnosnog ventila, a kod sustava koji rade pri tlaku iznad 5 bar procjenjuje se na 10% ispod tlaka sigurnosnog ventila

p_0 – primarni tlak (pretlak), [bar], računa se prema sljedećem izrazu

$$p_0 = \frac{h_{sys} + h_{dod}}{10}$$

h_{sys} – statička visina instalacije od sredine ekspanzijske posude do najviše točke sustava, [m]

h_{dod} – dodatnih 0,5 do 3 metra (0,05 do 0,3 bar)

Proveden je proračun prema navedenim izrazima i prikazan u tablici 13. Potreban volumen ekspanzijske posude je 7,71 litara. Prema tome, ekspanzijska posuda dizalice topline volumena 12 litara zadovoljava.

Tablica 13: Proračun volumena ekspanzijske posude

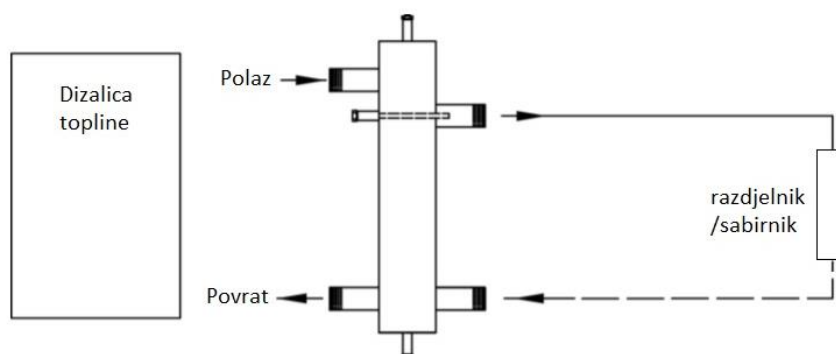
Parametar	Oznaka	Vrijednost
Volumen širenja	V_e	3,35 lit
Postotak širenja	n (45 °C)	0,935 %
Ukupni volumen u sustavu	V_A (rad+konv)	357,8 lit
Dodatni volumen (zaliha)	V_v	3 lit
Projektni krajnji tlak	p_e	5,4 bar
Primarni tlak (pretlak)	p_0	0,13 bar
Statička visina instalacije	h_{sys}	1,0 bar
Dodatna visina	h_{dod}	0,3 bar
Minimalni volumen eksp. posude	$V_{n,min}$	7,71 lit

3.6. Hidraulička skretnica

Hidraulička skretnica omogućava hidrauličko odvajanje primarnog kruga od sekundarnog kruga cirkulacije radnog medija. U projektiranom sustavu, odvaja krug dizalice topline od krugova ventilokonvektora i radijatora, a postavlja se između dizalice topline i razdjelnika. Radi temperaturnog razdvajanja polaza i povrata, neophodno je skretnicu postaviti vertikalno. Isto tako, razmak između polaznog i povratnog voda mora biti minimalno tri do četiri promjera cijevi kako bi se uspostavilo mirno strujanje.^[10] Protok u sustavu grijanja iznosi $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$. Odabrana je hidraulička skretnica proizvođača "Viessmann" tip 120/80 s maksimalnim protokom do $8 \text{ m}^3/\text{h}$, prikazana sljedećom slikom. Shema spajanja hidrauličke skretnice u projektiranom sustavu prikazana je slikom 17.



Slika 16: Hidraulička skretnica Viessmann^[11]



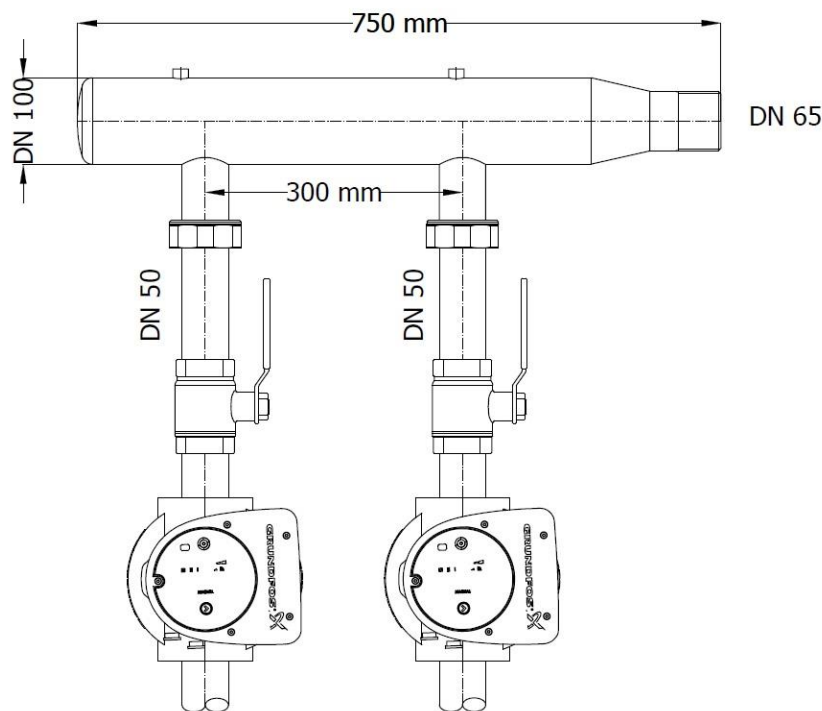
Slika 17: Shema spajanja hidrauličke skretnice^[11]

3.7. Razdjelnik i sabirnik

Razdjelnici i sabirnici koriste se kod centralnih snabdijevanja više potrošača. To mogu biti ogrjevna tijela, krugovi podnog grijanja ili pojedinačni priključci ogrjevnih tijela. Na razdjelnicima su specijalni ventili pomoću kojih se može regulirati protok za svaki krug.^[10] U projektiranom sustavu, na razdjelnik i sabirnik spojena su dva sekundarna kruga, odnosno krug ventilokonvektora i krug radijatora. Dimenzionirani su tako da, pri zadanom protoku, brzina ne prelazi 0,25 m/s zbog stvaranja buke. Ukupni protok kroz sve priključke iznosi 7,2 m³/h. Sljedećim izrazom dimenzioniran je potreban promjer razdjelnika, a time i sabirnika zbog istog protoka.

$$d_u = \sqrt{\frac{4 \cdot q_v}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,2}{0,25 \cdot \pi \cdot 3600}} = 100,9 \text{ mm}$$

Odabrana dimenzija razdjelnika i sabirnika je DN 100, unutarnjeg promjera 100,8 mm. Duljina ovisi o dimenzijama priključnih cijevi i ostale opreme kao što su ventili i pumpe te je potrebna duljina 750mm. Sljedeća slika prikazuje razdjelnik s dimenzijama.



Slika 18: Razdjelnik

4. VENTILACIJA

Stambeno-poslovna zgrada ima prostorije koje nije moguće prozračivati otvaranjem prozora te je potrebna mehanička ventilacija. Ventilacijski zrak se koristi za ostvarivanje prihvatljive kvalitete zraka u ventiliranim prostorijama. Sustav ventilacije izveden je kao sustav s varijabilnim protokom zraka. Kondicionirani zrak se priprema u centralnoj jedinici smještenoj na krovu zgrade. Zrak se razvodi kanalima pravokutnog poprečnog presjeka po krovu te se preko vertikalna spušta do etaža na kojima se nalaze ventilirane prostorije. Ventilirane prostorije su neutralnog stanja tlaka jer je protok dobavnog zraka jednak protoku odsisa zraka. Zrak koji se ubacuje u prostorije je jednake temperature i stanja kao zrak u prostorijama. U dobavnim i odsisnim kanalima, postavljeni su regulatori varijabilnog protoka zraka. Osjetnici CO₂, koji se nalaze u prostorijama, upravljaju pogonom regulatora varijabilnog protoka koji zakreće zaklopku i time propušta veći ili manji protok zraka. Istrujne i usisne otvore u prostorijama čine stropni distributeri zraka i rešetke. Za dimenzioniranje kanala, potrebne opreme i jedinice za pripremu zraka ventilacijskog sustava, potrebno je prvo izračunati ventilacijske zahtjeve prostorija.

4.1. Proračun ventilacijskih zahtjeva

Kako bi se održala kvaliteta zraka u prostorijama gdje borave osobe, potrebno je dovoditi određeni protok zraka sustavom mehaničke ventilacije. Potreban protok zraka u prostorijama može se računati prema broju izmjena zraka, dopuštenoj koncentraciji zagađivača u zraku, broju osoba, normi EN 15251 i sličnim postupcima.^[12]

Ventilacijski zahtjev prema broju izmjena zraka računa se preko izraza.

$$V_{su} = ACH * V_i \text{ [m}^3\text{/h]}$$

ACH – broj izmjena zraka na sat, [h⁻¹]

V_i – volumen prostorije, [m³]

Proračun je prikazan u sljedećoj tablici, pri čemu je broj izmjena zraka uzet iz smjernica priručnika za ventilaciju i klimatizaciju^[13].

Tablica 14: Ventilacijski zahtjevi po prostorijama prema broju izmjena zraka

Prostorija	V _i [m ³]	ACH	V _{su} [m ³ /h]
0.01 Radionica	100,44	5	502
0.06 Predavaonica	41,61	6	250
1.08 Konferencija	158,82	6	953

Ventilacijski zahtjev prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača računa se preko izraza

$$V_{su} = n * V_{CO2} [m^3/h]$$

n - broj osoba koje borave u prostoriji

V_{CO2} - dopuštena količina ugljikovog dioksida po osobi, [l/s] računa se prema izrazu

$$V_{CO2} = \frac{V_{con}}{C_i - C_o}$$

V_{con} – nastali volumen CO₂ po osobi, [l/h]

C_i – koncentracija CO₂ u stacionarnom stanju u unutarnjim prostorima, [ppm]

C_o – uobičajena vanjska koncentracija CO₂, [ppm]

Proizvodnja CO₂ disanjem definirana je s 18 l/h po osobi. Vanjska koncentracija CO₂ iznosi 400 ppm, a koncentracija CO₂ u stacionarnom stanju u unutarnjim prostorima iznosi 750 ppm za unutarnji zrak IDA 3 kategorije, što je uzeto iz norme EN 13779. Prema navedenim podacima, dopuštena količina CO₂ po osobi iznosi 14,29 l/s. Proračun ventilacijskih zahtjeva prostorija prikazan je u sljedećoj tablici.

Tablica 15: Ventilacijski zahtjev prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača

Prostorija	n	V_{CO2} [l/s]	V_{su} [m ³ /h]
0.01 Radionica	6	14,29	309
0.06 Predavaonica	8	14,29	412
1.08 Konferencija	14	14,29	720

Ventilacijski zahtjev prema broju osoba računa se preko sljedećeg izraza.

$$V_{su} = n * V_{op} [m^3/h]$$

n - broj osoba koje borave u prostoriji

V_{op} - preporučeni ventilacijski minimum, [m³/h]

Proračun je prikazan u sljedećoj tablici. Preporučeni ventilacijski minimum uzet je iz priručnika "ASHRAE Standard 62" za uobičajene stambene i poslovne prostore.

Tablica 16: Ventilacijski zahtjevi po prostorijama prema broju osoba

Prostorija	n	V_{op} [m ³ /h]	V_{su} [m ³ /h]
0.01 Radionica	6	50	300
0.06 Predavaonica	8	50	400
1.08 Konferencija	14	50	700

Ventilacijski zahtjev prema normi EN 15251 računa se preko izraza

$$V_{bz} = R_p P_z + R_a A_z \text{ [l/s]}$$

A_z - površina poda prostorije, [m²]

P_z - broj osoba

R_p - ventilacijski zahtjev po osobi (baziran na "ASHRAE Standard 62"), [l/s]

R_a - ventilacijski zahtjev po kvadratu prostora, [l / s·m²]

Proračun je prikazan u sljedećoj tablici, pri čemu su ventilacijski zahtjevi po osobi i kvadratu prostora uzeti iz navedene norme i ovise o vrsti i namjeni prostora.

Tablica 17: Ventilacijski zahtjevi po prostorijama prema normi EN 15251

Prostorija	A_z [m ²]	P_z	R_p [l/s]	R_a [l/s·m ²]	V_{bz} [m ³ /h]
0.01 Radionica	35,87	6	7	0,55	222
0.06 Predavaonica	14,86	8	7	2,20	319
1.08 Konferencija	57,44	14	7	1,55	673

Za izračun potrebnog protoka zraka prostorija u stambeno-poslovnoj zgradi, provedeni su proračuni prema navedenim metodama te je usvojena najveća vrijednost potrebnog protoka zraka pojedine prostorije. Ventilacijski zahtjevi za prostorije i cijelu zgradu prikazani su u tablici 18. Projektni ventilacijski zahtjevi su zaokružene vrijednosti izračunatih protoka zraka.

Tablica 18: Ventilacijski zahtjevi prostorija i zgrade

Prostorija	V_{maks} [m ³ /h]	$V_{projekt}$ [m ³ /h]
0.01 Radionica	502	500
0.06 Predavaonica	412	400
1.08 Konferencija	953	1000
Ukupno:		1900 m³/h

4.2. Distributeri zraka

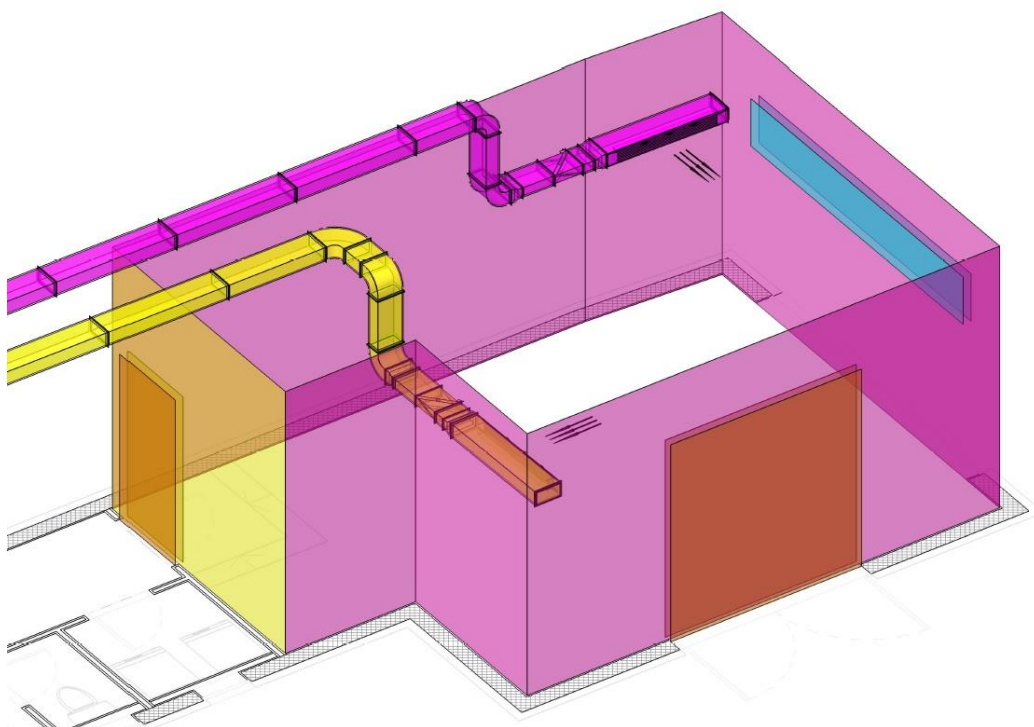
Za dobavu i odsis kondicioniranog zraka, potrebno je ispravno odabrati i dimenzionirati otvore. Prilikom proračuna potrebno je uzeti u obzir projektni protok zraka, brzinu istrujavanja zraka i proizvedenu buku. Potrebno je paziti na smještaj dobavnih i odsisnih otvora kako ne bi došlo do tzv. kratkog spoja, odnosno recirkulacije zraka. Također, treba paziti da se odsisni otvor ne nalazi iznad ventilokonvektora koji grije ili hladi prostor. Odabrani su distributeri zraka proizvođača "Klimaoprema" prikazani slikom 19. Kao pomoć pri dimenzioniranju, korišten je web alat proizvođača.

Slika 19: Distributeri zraka DEV-K i OAH-1^[14]

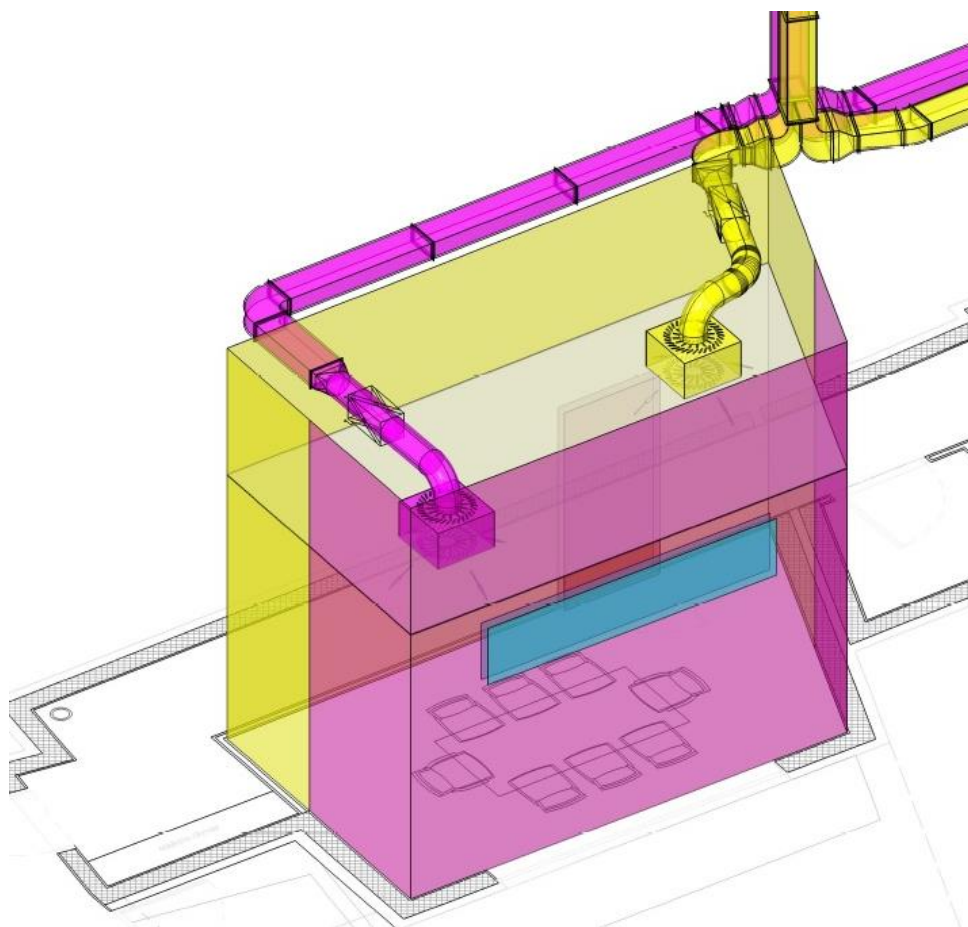
Zrak se dovodi i odsisava iz prostorije 0.06 Predavaonica stropnim anemostatima tipa "DEV-K" u kompletu s priključnom kutijom "PK2" za visine ugradnje od 2,3 do 4 m što odgovara visini prostorije od 2,8 m. U spuštenu strop prostorije ugrađuje se jedan stropni anemostat za dobavu zraka i jedan za odsis s kanalima i ostalom opremom. Efektivna brzina iznosi 2,5 m/s. Kutija anemostata ima vertikalni priključak dimenzije Ø250 mm preko kojeg se fleksibilnim kanalom povezuje na kružni kanal s regulatorom protoka. Sustav ventilacije za prostoriju 0.06 Predavaonica prikazan je na slici 21. Zrak se dovodi i odsisava iz prostorija 0.01 Radionica i 1.08 Konferencija rešetkama "OAH-1". Rešetke su ugrađene u dobavne i odsisne kanale preko štucna koje se umeću u kanale. U radionici se kroz jednu rešetku dobavlja zrak i kroz jednu odsisava, dok prostorija za konferenciju zahtijeva veći protok zraka te su u njoj postavljene dvije rešetke za dobavu i dvije za odsis zraka na kanale dobave i odsisa. U pravokutnim kanalima su postavljeni regulatori protoka, neposredno ispred rešetki. Kroz rešetke zrak istrujava horizontalno na visini postavljanja kanala. Efektivna brzina iznosi 1,6 m/s. Visina ovih prostorija je 2,8 m te nema dovoljno mjesta za ugradnju stropnih anemostata kao u prostoriji sa spuštenim stropom. Sustavi ventilacije za prostorije 0.01 Radionica i 1.08 Konferencija prikazani su na slikama 20 i 22. Tehničke karakteristike odabranih distributera zraka prikazane su u tablici 19.

Tablica 19: Tehničke karakteristike odabranih distributera zraka

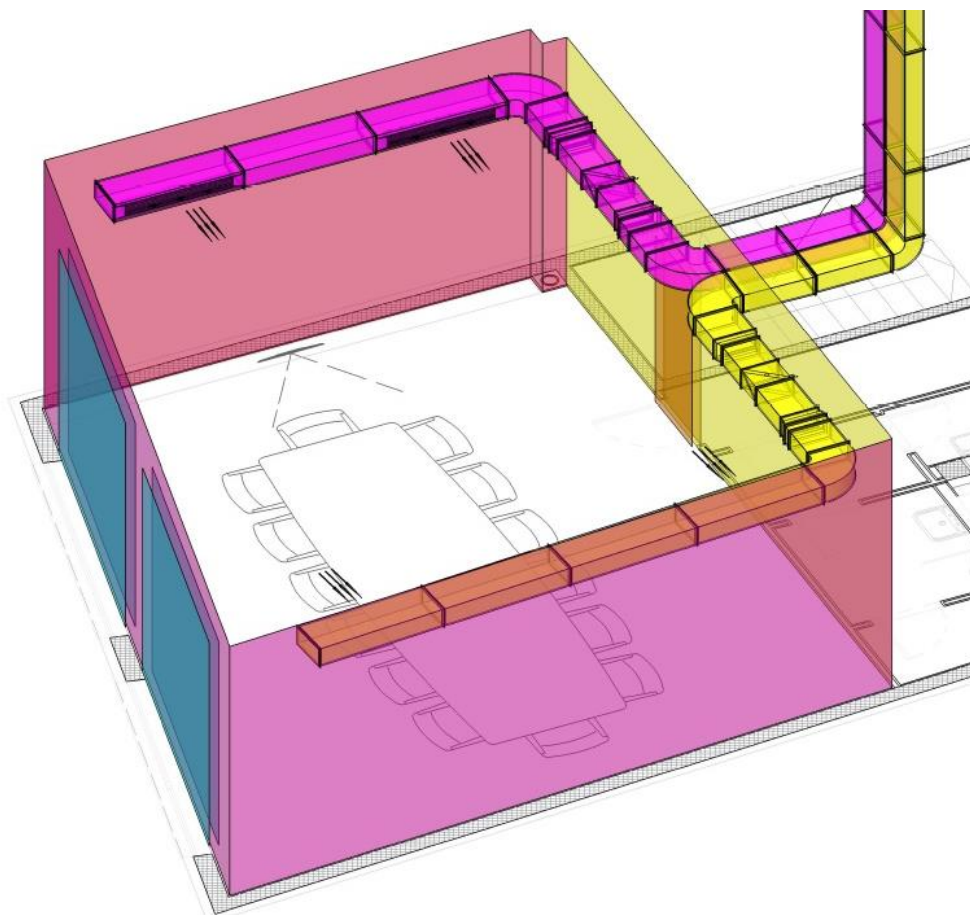
Parametar	0.01 Radionica	0.06 Predavaonica	1.08 Konferencija
Tip	OAH-1-1225x125	DEV-K-600/24	2x OAH-1-1225x125
Ventilacijski zahtjev, m³/h	500	400	2x 500
Efektivna površina, m²	0,087	0,0449	0,087
Efektivna brzina, m/s	1,60	2,50	1,60
Pad tlaka, Pa	4	9	4
Buka, dB(A)	10	21	10



Slika 20: Sustav ventilacije u prostoriji 0.01 Radionica



Slika 21: Sustav ventilacije u prostoriji 0.06 Predavaonica



Slika 22: Sustav ventilacije u prostoriji 1.08 Konferencija

4.3. Ventilacijski kanali

Pri projektiranju sustava mehaničke ventilacije stambeno-poslovne zgrade, korišteni su pravokutni i kružni ventilacijski kanali. Projektiran je niskotlačni zračni sustav s brzinama strujanja do 10 m/s. Jedinica za pripremu zraka nalazi se na ravnom krovu. Od nje se razvode kanali do vertikalala, preko kojih se spuštaju do etaža prostorija koje je potrebno ventilirati. Kanali koji se vode do prostorija su pravokutnog poprečnog presjeka. Prostorija 0.06 Predavaonica ima spuštenu strop u kojem kanali prelaze na kružni poprečni presjek. Kanali se na stropne anemostate spajaju fleksibilnim crijevom duljine do 0,5 m, kako ne bi došlo do povećanog pada tlaka. Prostorije 0.01 Radionica i 1.08 Konferencija nemaju spuštenu strop te su dobavni i odsisni kanali pravokutnog poprečnog presjeka s umetnutim rešetkama za dobavu i odsis zraka. Sustav kanala se dijeli na svim mjestima gdje se mijenja protok, dimenzija presjeka ili oblik kanala. Ti dijelovi se zovu dionice. Tablica 20 prikazuje podjelu sustava tlačno odsisne ventilacije na dionice s dimenzijama kanala i brzinama strujanja zraka.

Za odabir tlačnog i odsisnog ventilatora, potrebno je proračunati pad tlaka u sustavu. Ukupni pad tlaka u sustavu zračnih kanala čine gubici trenja i lokalni gubici. Gubici trenja javljaju se uslijed hrapavosti unutarnje površine kanala. Lokalni gubici javljaju se u dijelovima sustava poput komponenata klima jedinice, ulaznih i izlaznih otvora, zaklopki, koljena, T-spojeva i slično. Ukupni pad tlaka računa se prema sljedećem izrazu^[16].

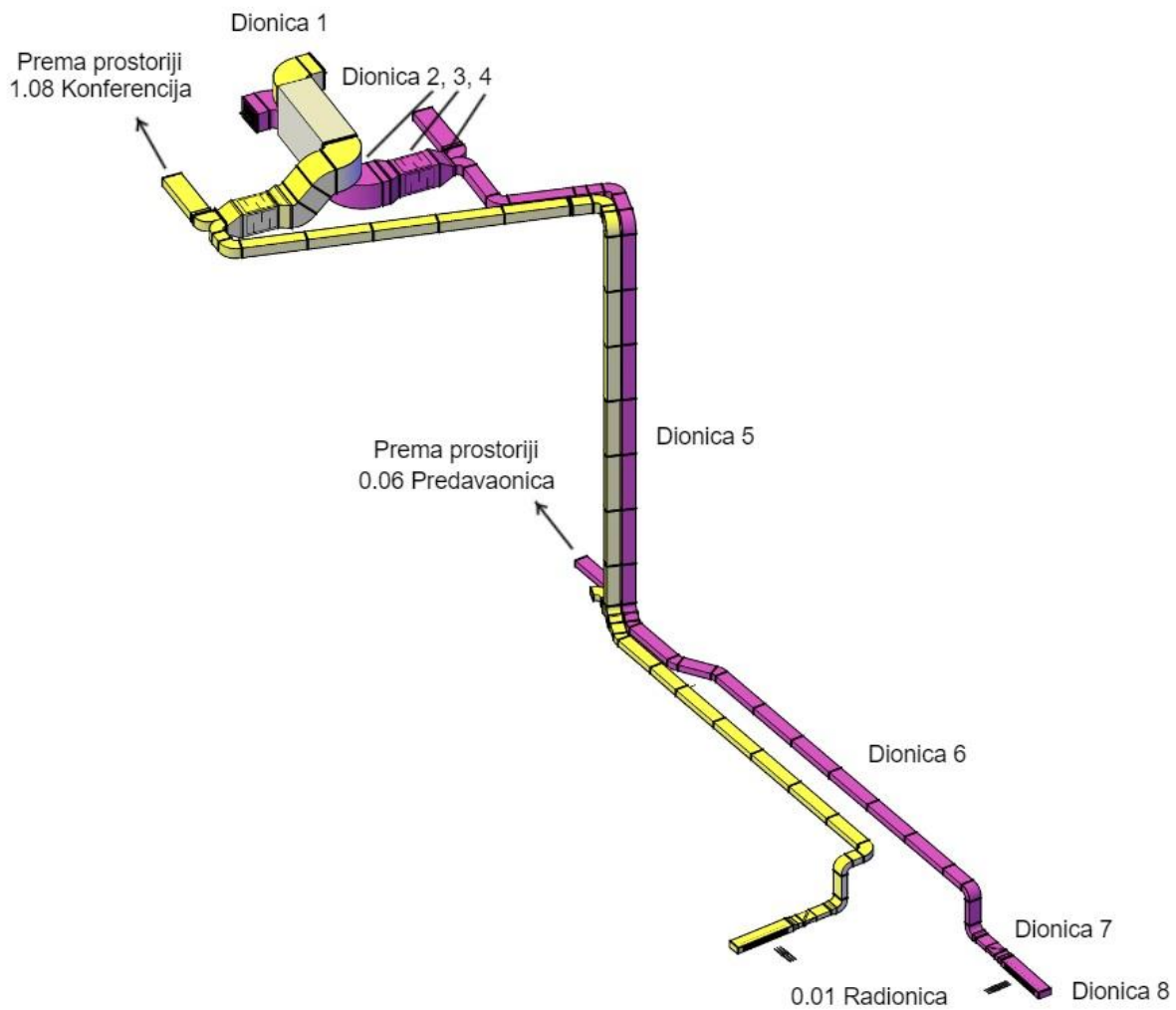
$$\Delta p = \left(\sum \lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = \sum R \cdot L + \sum Z$$

Pri čemu se koeficijent lokalnih gubitaka, ζ određuje iz tablica, a linijski pad tlaka, R iz dijagrama trenja u kanalima okruglog presjeka "ASHRAE Handbook". Kanalima koji nisu okruglog presjeka, potrebno je proračunati ekvivalentni promjer kako bi se pad tlaka mogao očitati iz dijagrama. Ekvivalentni promjer za pravokutne kanale računa se preko sljedećeg izraza pri čemu su a i b širine stranica poprečnog presjeka kanala.

$$d_{ekv} = 1,3 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$$

Pad tlaka unutar klima jedinice, naziva se unutarnji ili interni, a pad tlaka u dobavnim i povratnim kanalima, vanjski ili eksterni.

Proračun pada tlaka proveden je u računalnom programu za trodimenzionalno projektiranje "BricsCAD AX3000" i provjeren ručnim proračunom. Kako bi se dobio ukupni vanjski pad tlaka, padu tlaka u kanalima, potrebno je dodati pad tlaka na protukišnoj rešetki s mrežicom, prigušivaču zvuka, regulatoru varijabilnog protoka te pad tlaka na istrujnom/usisnom otvoru. Kritična grana ventilacijskog sustava je ona s najvećim vanjskim padom tlaka u sustavu. Najveći vanjski pad tlaka javlja se za granu ventilacije koja vodi do prostorije 0.01 Radionica. Shema dobave i odsisa kritične grane ventilacijskog sustava prikazama je na slici 23. Proračun pada tlaka za kritičnu granu dobave i odsisa prikazan je u tablicama 21 i 22. Vanjski pad tlaka za kritičnu granu sustava iznosi 314 Pa u dobavi i 316 Pa u odsisu.



Slika 23: Shema kritične grane ventilacijskog sustava

Tablica 20: Dionice sustava tlačno odsisne ventilacije

Dionica		V_h [m ³ /h]	a [mm]	b [mm]	d_{ekv} [mm]	A [m ²]	v [m/s]
Glavni razvod	1	1900	600	450	567	0,270	2,0
	2	1900	600	300	457	0,180	2,9
	3	1900	600	600	656	0,360	1,5
	4	1900	600	250	414	0,150	3,5
	5	900	300	250	299	0,075	3,3
Ogranak 1	6	500	300	150	229	0,045	3,1
	7	500	300	100	183	0,030	4,6
	8	500	300	150	229	0,045	3,1
Ogranak 2	9	400	300	150	229	0,045	2,5
	10	400	250	-	250	0,049	2,3
Ogranak 3	11	1000	450	200	321	0,090	3,1
	12	1000	400	200	305	0,080	3,5
	13	1000	450	200	321	0,090	3,1
V_h -volumni protok zraka, a,b-duljina stranice poprečnog presjeka kanala/promjer kanala, d_{ekv} -ekvivalentni promjer kanala, A-površina kanala, v-brzina strujanja zraka							

Tablica 21: Proračun pada tlaka u kritičnoj dionici dobave

Dionica	L [m]	V _h [m ³ /h]	d _{ekv} [mm]	v [m/s]	R [Pa/m]	L*R [Pa]	Σζ [-]	P _{din} [Pa]	Z [Pa]	Δp [Pa]
1	1,0	1900	648	1,5	0,00	0,00	0,46	1,33	0,61	0,61
2	1,0	1900	784	1,0	0,00	0,00	1,82	0,63	1,14	1,14
3	0,4	1900	656	1,5	0,00	0,00	0,06	1,29	0,08	0,08
4	0,1	1900	414	3,5	3,00	0,30	0,70	7,43	5,20	5,50
5	19,1	900	299	3,3	0,47	8,98	1,25	6,67	8,33	17,31
6	13,6	500	229	3,1	0,58	7,89	0,95	5,72	5,45	13,31
7	1,2	500	183	4,6	1,70	1,96	0,26	12,86	3,34	5,30
8	1,5	500	229	3,1	0,58	0,87	0,00	5,72	0,00	0,87
FV+PZ+RVP+OAH-1										270
Ukupno:										314 Pa
<i>L-duljina dionice, V_h-volumni protok zraka, d_{ekv}-ekvivalentni promjer, v-brzina strujanja zraka, R-linijski pad tlaka, L*R-gubici trenja, Σζ-suma koeficijenata lokalnih otpora, P_{din}-dinamički pad tlaka, Z-lokalni pad tlaka, Δp-ukupni pad tlaka</i>										

Tablica 22: Proračun pada tlaka u kritičnoj dionici odsisa

Dionica	L [m]	V _h [m ³ /h]	d _{ekv} [mm]	v [m/s]	R [Pa/m]	L*R [Pa]	Σζ [-]	P _{din} [Pa]	Z [Pa]	Δp [Pa]
1	1,0	1900	648	1,5	0,00	0,00	0,46	1,33	0,61	0,61
2	1,0	1900	784	1,0	0,00	0,00	1,90	0,63	1,19	1,19
3	0,4	1900	656	1,5	0,00	0,00	0,38	1,29	0,49	0,49
4	0,1	1900	414	3,5	3,00	0,30	0,7	7,43	5,20	5,50
5	23,2	900	299	3,3	0,47	10,90	1,25	6,67	8,33	19,24
6	11,8	500	229	3,1	0,58	6,84	0,99	5,72	5,68	12,53
7	1,2	500	183	4,6	1,70	1,96	0,26	12,86	3,34	5,30
8	1,5	500	229	3,1	0,58	0,87	0,00	5,72	0,00	0,87
FZ+PZ+RVP+OAH-1										270
Ukupno:										316 Pa
<i>L-duljina dionice, V_h-volumni protok zraka, d_{ekv}-ekvivalentni promjer, v-brzina strujanja zraka, R-linijski pad tlaka, L*R-gubici trenja, Σζ-suma koeficijenata lokalnih otpora, P_{din}-dinamički pad tlaka, Z-lokalni pad tlaka, Δp-ukupni pad tlaka</i>										

4.4. Regulator varijabilnog protoka

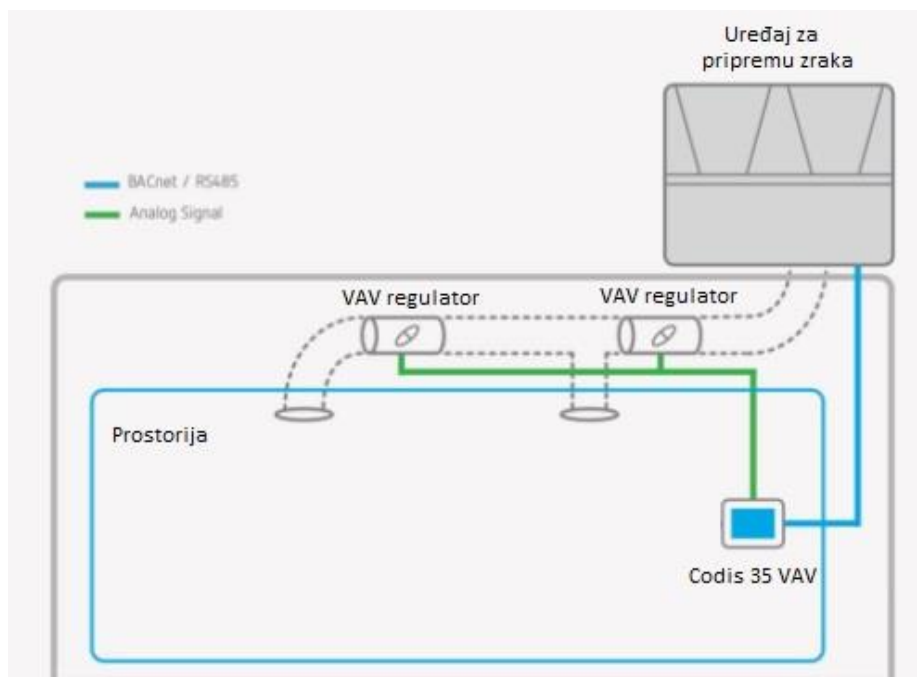
Regulator varijabilnog protoka omogućuje regulaciju protoka dobavnog i odsisnog zraka u sustavu prisilne ventilacije. Time se ventilacijski sustav prilagođava stvarnim potrebama prostorije čime se smanjuje potrošnja energije. Regulator održava protok između minimalne i maksimalne postavljene vrijednosti. Maksimalni protok odgovara projektnom protoku, a minimalni odgovara protoku koji je potreban za ispravno funkcioniranje regulatora. Zidni osjetnik ugljikovog dioksida (CO₂), koji je smješten u prostoriji, upravlja motornim pogonom. Osjetnik je integriran u sobni regulator "Codis 35 VAV" proizvođača "Koer". Shema spajanja osjetnika prikazana je slikom 25. Motorni pogon zakreće lamelu i time mijenja protok zraka kroz regulator. Regulatori su odabrani prema dimenzijama kanala na koje se postavljaju. Odabrani su kružni "RVP-C" i pravokutni "RVP-P" regulatori protoka zraka proizvođača "Klimaoprema" prikazani slikom 24. Kružni regulatori varijabilnog protoka postavljaju se na dobavni i odsisni kanal prostorije 0.06 Predavaonica u spušenom stropu, a pravokutni u prostorijama 0.01 Radionica i 1.08 Konferencija. Regulatori se postavljaju u kanale neposredno ispred otvora kako bi regulacija zraka bila što djelotvornija. Tehničke karakteristike regulatora prikazane su u tablici 23.



Slika 24: Regulatori varijabilnog protoka RVP-C i RVP-P^[14]

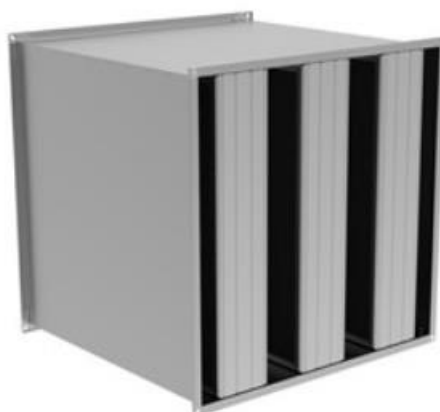
Tablica 23: Tehničke karakteristike regulatora

Parametar	0.01 Radionica	0.06 Predavaonica	1.08 Konferencija
Tip	RVP-P 300x100	RVP-C Ø250	RVP-P 400x200
Duljina, mm	350	500	350
Minimalni protok zraka, m³/h	190	217	505
Maksimalni protok zraka, m³/h	500	400	1000

Slika 25: Shema spajanja sobnog regulatora^[15]

4.5. Prigušivač zvuka

Prigušivači zvuka se koriste za prigušivanje buke nastale radom ventilatora. Poželjno je da imaju odgovarajuće mogućnosti prigušivanja i mali otpor zraka. Odabran je prigušivač zvuka pravokutnog poprečnog presjeka "PZ-200/100" proizvođača "Klimaoprema". Duljina mu je 1000 mm, a duljine stranica poprečnog presjeka 600 mm. Dimenzija kulise je 200/100 što označava kulisnu širinu/razmak. Jedan prigušivač zvuka je postavljen na dobavni i jedan na odsisni kanal u blizini jedinice za pripremu zraka na krovu zgrade kako bi se smanjila buka rada ventilatora. Odabrani prigušivač zvuka prikazan je slikom 26.

Slika 26: Prigušivač zvuka^[14]

4.6. Rešetka s mrežicom za vanjski kanal

Kako bi se osiguralo da u ventilacijsku jedinicu za pripremu zraka ne uđe ništa osim zraka potrebno je na vanjske kanale staviti protukišne rešetke sa zaštitnom mrežicom. Jedinica za pripremu zraka ima pravokutni otvor za vanjski kanal pa je stavljena i pravokutna rešetka s mrežicom "FZ" proizvođača "Klimaoprema" dimenzija 585x450 mm prikazana slikom 27.

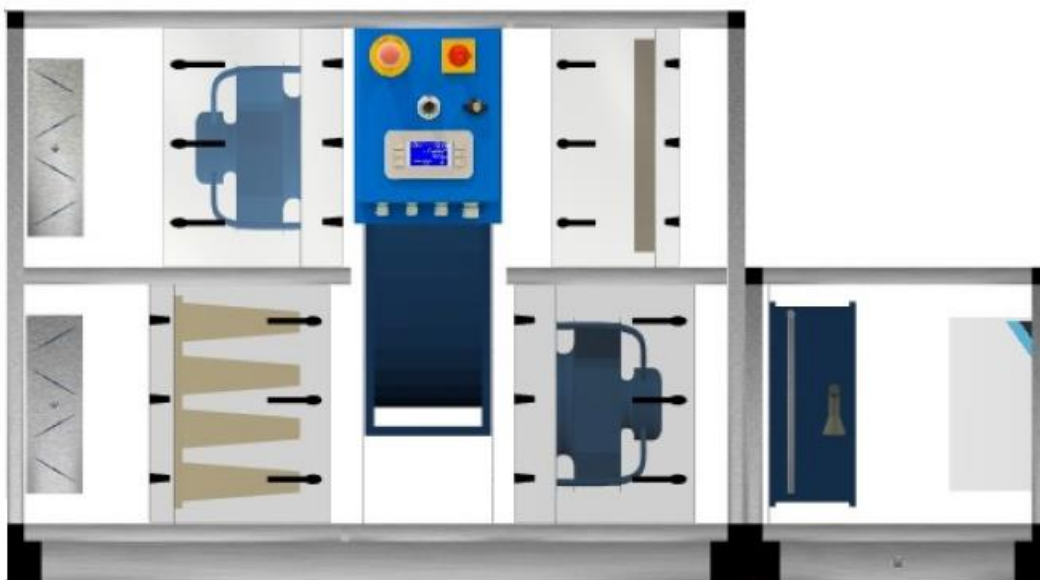


Slika 27: Protukišna rešetka sa zaštitnom mrežicom^[14]

4.7. Jedinica za pripremu zraka

Jedinica za pripremu zraka namijenjena je za vanjsku ugradnju na krov zgrade. Prema izračunatim ventilacijskim zahtjevima, ukupnog iznosa 1900 m³/h i ostalim parametrima, odabrana je jedinica za pripremu zraka "D-AHU MODULAR_R" veličina 2 proizvođača "Daikin". U tablici 24 su navedeni osnovni parametri. Slika 28 prikazuje shemu jedinice za pripremu kondicioniranog zraka na kojoj se mogu vidjeti njeni sastavni dijelovi. Vanjski zrak ulazi u jedinicu za pripremu zraka kroz usisni kanal na kojem se nalazi protukišna rešetka s mrežicom. Zrak prvo prolazi kroz regulacijsku žaluzinu, koja zakretanjem zaklopki pokretanih elektromotornim pogonom, regulira protok zraka koji ulazi u jedinicu. Zrak zatim prolazi kroz fini vrećasti filter klase F7 koji osigurava odgovarajuću kvalitetu zraka. Nakon toga, vanjskom zraku se mijenja temperatura prolaskom kroz rotirajući izmjenjivač za povrat topline. Ako se u ovom izmjenjivaču temperatura zraka promijenila do temperature ubacivanja, onda se tlačnim ventilatorom odvodi do ventiliranih prostorija. Ako temperatura zraka nije postigla temperaturu ubacivanja u prostorije, koristi se izmjenjivač topline koji će taj zrak dodano grijati ili hladiti. Unutar jedinice za pripremu zraka integriran je izmjenjivač topline s direktnom ekspanzijom preko kojeg prolazi dobavni zrak i time se grijeje ili hladi. Izmjenjivač topline je

povezan cijevnim razvodom radne tvari na vanjsku jedinicu dizalice topline "ERQ125AW1" karakteristika prikazanih u tablici 25 i "AHU EKEXV80" kutiju s ekspanzijskim ventilom. Shema spajanja ovih komponenti prikazana je na slici 29. Istrošeni zrak koji odsisni ventilator izvlači iz prostorija, prvo prolazi kroz filter, a zatim kroz izmjenjivač za povrat topline te se kroz regulacijsku žaluzinu i vanjski kanal sa zaštitnom protukišnom rešetkom izbacuje u okoliš. S obzirom da jedinica radi sa 100% vanjskim zrakom za dobavu, klasa ovog srednjeučinskog filtera je M5 i služi za zaštitu komponenti uređaja od nečistoća u povratnom zraku. Na jedinici za pripremu zraka još se nalazi i ploča za regulaciju. Jedinicu za pripremu zraka je potrebno opremiti svim komponentama i regulatorima za siguran i funkcionalan rad. Također je potrebno opremiti uređaj inspekcijskim otvorima na odgovarajućim mjestima za čišćenje i servisiranje pojedinih komponenata.



Slika 28: Jedinica za pripremu zraka^[17]

Tablica 24: Osnovni parametri jedinice za pripremu zraka

Parametar	D-AHU-2
Protok zraka dobave i odsisa [m ³ /h]	1900
Vanjski pad tlaka [Pa]	316
Dimenzije [mm]	1320x1700x820
Težina [kg]	407
Napajanje	230V/1 Ph/50 Hz

Tablica 25: Specifikacije vanjske jedinice dizalice topline

Parametar	ERQ125AW1
Rashladni učin [kW]	14,2 (pri 32 °C)
Učin grijanja [kW]	10,5 (pri -18 °C)
Radna tvar	R410A
Dimenzije (širina x visina x dubina) [mm]	635x1680x765
Težina [kg]	159
Dimenzije cijevi (kapljevina x plin) [mm]	9,5x15,9
Napajanje	400 V/3 Ph/50 Hz
Nazivna struja	5,1 A

Vanjska jedinica
dizalice topline
ERQ125AW1

R410A
9.5 x
15.9mm

"AHU" kutija
EKEXV80Jedinica za pripremu
zraka "AHU"Slika 29: Shema spajanja jedinice za pripremu zraka i dizalice topline^[17]

Stanje zraka za ubacivanje u prostorije u zimskom razdoblju je 20 °C s relativnom vlažnosti od 50% i ljetnom 26 °C s 50% relativne vlažnosti. U proces kondicioniranja zraka uključeni su rotirajući regeneratori i izmjenjivač topline s direktnom ekspanzijom. Karakteristike regeneratora su navedene u tablici 26. Stanja zraka na ulazu i izlazu iz rotirajućeg regeneratora za zimsko i ljetno razdoblje prikazana su u Mollierovom h,x dijagramu stanja vlažnog zraka u dijagramu 5. Karakteristike izmjenjivača topline navedene su u tablici 27, a ventilatora u tablici 28.

Tablica 26: Karakteristike regeneratora

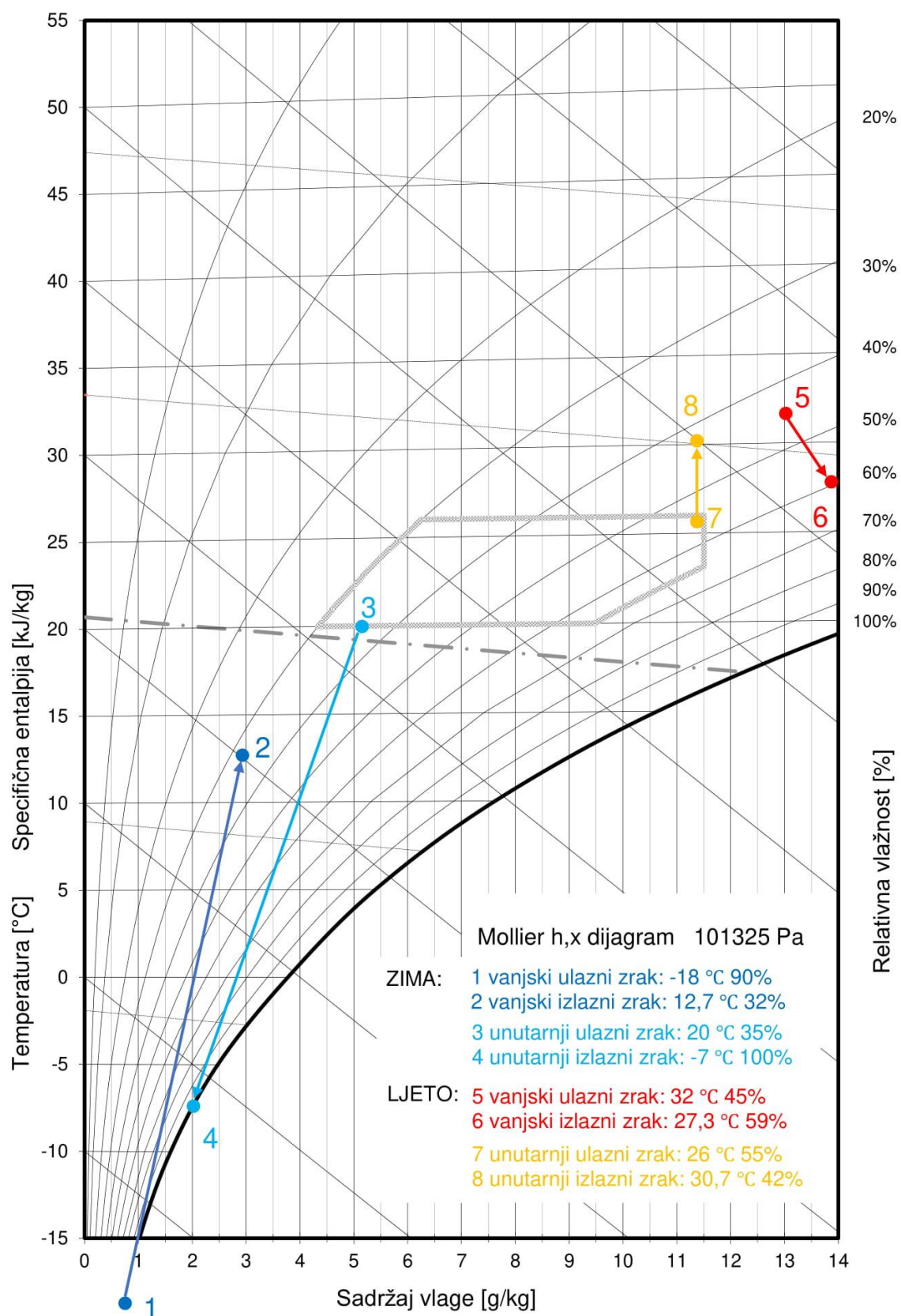
Parametar	zima	ljetno
Protok dobavnog zraka:	1900 m ³ /h	
Ulazna temperatura dobavnog zraka:	-18 °C	32 °C
Ulazna relativna vlažnost dobavnog zraka:	90%	45%
Izlazna temperatura dobavnog zraka:	12,7 °C	27,3 °C
Izlazna relativna vlažnost dobavnog zraka:	32%	59%
Pad tlaka na strani dobavnog zraka:	216 Pa	261 Pa
Snaga regeneratora:	23,1 kW	3,1 kW
Protok otpadnog zraka:	1900 m ³ /h	
Ulazna temperatura otpadnog zraka:	20 °C	26 °C
Ulazna relativna vlažnost otpadnog zraka:	35%	55%
Izlazna temperatura otpadnog zraka:	-7 °C	30,7 °C
Izlazna relativna vlažnost otpadnog zraka:	100%	42%
Pad tlaka na strani otpadnog zraka:	224 Pa	259 Pa
Efikasnost:	78,8%	
Snaga motora:	0,4 kW	

Tablica 27: Karakteristike izmjenjivača topline

Parametar	grijanje	hlađenje
Protok dobavnog zraka:	1900 m ³ /h	
Ulazna temperatura dobavnog zraka:	12,7 °C	27,3 °C
Izlazna temperatura dobavnog zraka:	27,2 °C	20 °C
Pad tlaka na strani dobavnog zraka:	29 Pa	
Brzina zraka:	2,26 m/s	
Snaga izmjenjivača:	10,5 kW	14,2 kW

Tablica 28: Karakteristike ventilatora

Parametar	dobava	odsis
Protok zraka:	1900 m ³ /h	
Dinamički tlak:	25 Pa	
Unutarnji pad tlaka:	308 Pa	334 Pa
Vanjski pad tlaka:	314 Pa	316 Pa
Ukupni pad tlaka:	622 Pa	650 Pa
Broj okretaja motora:	2554 okretaja/min	2593 okretaja/min
Efikasnost:	55,4%	55,5%
Električna snaga:	0,58 kW	0,60 kW
Napajanje:	200 V/1 Ph/50 Hz	
Nazivna struja:	3,1 A	
Snaga motora:	0,72 kW	

Dijagram 5: Mollierov h,x dijagram za regenerator

5. TEHNIČKI OPIS

Sustavi grijanja, hlađenja i mehaničke ventilacije provedeni su za stambeno-poslovnu zgradu centra za ovisnike koja se nalazi na području grada Osijeka. Zgrada se prostire na četiri etaže ukupne korisne površine 712 m². Podloge zgrade čine nacrti dobiveni iz arhitektonskog ureda. Za dimenzioniranje sustava grijanja, hlađenja i ventilacije potrebno je poznavati projektno toplinsko opterećenje za zimu i ljetu te ventilacijske zahtjeve prostorija. Projektno toplinsko opterećenje zimi određeno je prema normi HRN EN 12831 i iznosi 36009 W. Projektno toplinsko opterećenje ljeti određeno je prema normi VDI 2078 i iznosi 28842 W. Ventilacijski zahtjevi određeni su prema broju izmjena zraka, dopuštenoj koncentraciji zagađivača, broju osoba i normi EN 15251, od kojih je uzet maksimalni iznos protoka zraka za pojedinu prostoriju. Ukupni ventilacijski zahtjevi za zgradu iznose 1900 m³/h. Unutarnji projektni uvjeti koji se održavaju projektiranim sustavima iznose 20 °C i $\phi=50\%$ zimi te 26 °C i $\phi=50\%$ ljeti. Ventilacijom se ubacuje zrak istih uvjeta kao zrak u prostorijama.

5.1. Grijanje

Sustav grijanja izveden je kao centralni sustav s prisilnom cirkulacijom vode u temperaturnom režimu 45/40 °C. Izvor topline je dizalica topline zrak-voda "CHA/ML/WP/ST 202-P" proizvođača "Clint", toplinskog učina od 45,2 kW pri projektnoj zimskoj temperaturi od -18 °C. Radna tvar u dizalici topline je R407C. Ekspanzijska posuda od 12 litara i sigurnosni ventil od 6 bara integrirani su u dizalicu topline. Ekspanzijska posuda dizalice topline zadovoljava volumen dilatirane vode iz cjelokupnog sustava grijanja. Protok vode u primarnom krugu osigurava pumpa integrirana u dizalicu topline. Sekundarni cirkulacijski krugovi su odvojeni od primarnog kruga preko hidrauličke skretnice "Viessmann 120/80" maksimalnog protoka 8,0 m³/h, a čine ih krug ventilokonvektora i krug radijatora. Sekundarni krugovi spajaju se na razdjelnik i sabirnik s dva priključka dimenzije DN 100 i duljine 750 mm. Potreban protok vode u sekundarnim krugovima, osiguravaju dvije frekventno upravljane pumpe "Magna1 32-60" i "Magna1 32-40" proizvođača "Grundfos" dimenzionirane prema potrebnom protoku i visini dobave. Potreban protok ogrjevnice vode kruga ventilokonvektora iznosi 5,2 m³/h, a visina dobave pumpe 3 m. Potreban protok kruga radijatora iznosi 3,2 m³/h, a visina dobave pumpe 2 m. Krugovi ventilokonvektora i radijatora su odvojeni radi isključenja kruga radijatora u ljetnom režimu rada. Navedena armatura smještena je u predviđenom prostoru hodnika na zadnjem katu i spojena vertikalama na dizalicu topline koja se nalazi na krovu. Centralna regulacija sustava grijanja izvodi se regulatorom dizalice topline koji upravlja svim

komponentama integriranim u dizalici topline te pumpama sekundarnih krugova. Sa zadnjeg kata spuštaju se vertikale kroz hodnik, preko svih etaža, do prizemlja zgrade. Cjevovod se vodi u sloju poda pojedine etaže prema ogrjevnim tijelima. Kompletan razvod cijevi za grijanje izvodi se iz bakrenih cijevi dimenzioniranih da pad tlaka ne prelazi 100 Pa/m i izoliranih toplinskom izolacijom. Ogrjevna tijela u prostorijama koje zahtijevaju grijanje i hlađenje čine dvocijevni parapetni ventilokonvektori "FM" proizvođača "Bini Clima" u veličinama 2, 3 i 4. Ogrjevna tijela u pomoćnim prostorijama i hodnicima koje zahtijevaju samo grijanje, čine radijatori visine 700 mm tipa "Solar" proizvođača "Lipovica" i radijatori visine 2000 mm "Forte XL" proizvođača "Alukal" u kupaonicama. Ventilokonvektori su dimenzionirani prema toplinskim potrebama prostorija s 10% rezerve za rad u najmanjoj brzini i zadanom režimu rada. S ventilokonvektorima se isporučuju i nogice kroz koje se izvodi priključak na cijevni razvod iz poda. Priključak pojedinog ventilokonvektora opskrbljen je kuglastom slavinom i odzračnim pipcem. Uz ventilokonvektore se isporučuju i troputni ventili za regulaciju učina promjenom protoka vode. Ventili rade na on/off principu koji u slučaju zatvaranja, preusmjeravaju protok ogrjevnog vode u povratni vod. Sobni termostati upravljaju radom ventila. Oni omogućuju regulaciju toplinskog učina ventilokonvektora, osim na strani vode, i na strani zraka promjenom brzine vrtnje ventilatora. Mreža ventilokonvektora balansira se ručnim balans ventilima postavljenim na početku grana svake etaže pri čemu se ventili na grani najbližoj pumpi najviše prigušuju. Radijatori su dimenzionirani prema toplinskim potrebama prostorija s 15% rezerve i zadanom režimu rada. Opremljeni su termostatskim ventilom i prigušnicom te odzračnim pipcem i ispušnom slavinom. Termostatski ventili ne postavljaju se na radijatore u kupaonicama. Priključci cijevi na radijatore izvode se iz zida. Ukupni instalirani kapacitet grijanja kruga ventilokonvektora iznosi 22801 W, a radijatora 18416 W.

5.2. Hlađenje

Kao sustav hlađenja u zgradi, koristi se prethodno navedeni sustav dizalice topline i ventilokonvektora u ljetnom temperaturnom režimu rada 7/12 °C. Rashladna tijela su ventilokonvektori, dok je pumpa kruga radijatora isključena. Snaga dizalice topline u hlađenju iznosi 61,9 kW. Ventilokonvektori su dimenzionirani prema rashladnim potrebama prostorija i zadanom režimu rada za rad u najmanjoj brzini pri čemu se proizvodi najmanja buka. Kondenzat se skuplja na dnu ventilokonvektora u pladnju i odvodi u podu do ispusta na teren ili u kućnu kanalizaciju. Ukupan instalirani kapacitet ventilokonvektora u hlađenju iznosi 30263 W.

5.3. Ventilacija

Sustav mehaničke ventilacije stambeno-poslovne zgrade izveden je s varijabilnim protokom zraka, a sastoji se od tlačne i odsisne ventilacije. Mehanički se ventiliraju tri prostorije zbog svoje namjene, dok ostale prostorije imaju prirodnu ventilaciju. Sustav ventilacije je projektiran tako da su prostorije u neutralnom stanju tlaka, odnosno isti protok zraka se ubacuje i odsisava iz prostorija. Potrebni protoci zraka za prostorije određeni su ovisno o veličini i namjeni prostorija. Ukupni projektni protok zraka tlačne i odsisne ventilacije iznosi $1900 \text{ m}^3/\text{h}$. Zrak se priprema u centralnoj jedinici "D-AHU MODULAR_R" veličine 2, proizvođača "Daikin", koja se nalazi na krovu zgrade. U jedinici za pripremu zraka integrirani su dobavni i odsisni ventilator, filtri, rotirajući regenerator, žaluzine na usisnom i ispušnom otvoru te izmjenjivač topline s direktnom ekspanzijom (*eng. Direct Expansion, DX*). Vanjske protukišne rešetke sa zaštitnom mrežicom "FZ-585x450" proizvođača "Klimaoprema", postavljene su na kanale dimenzija 600x450 mm preko kojih jedinica za pripremu zraka uzima svjež zrak i izbacuje istrošeni. Otvori na jedinici za pripremu zraka kojima se uzima vanjski zrak i izbacuje istrošeni imaju dimenzije 480x740 mm. Filtri uklanjaju čestice zagađivača iz ventilacijskog zraka i štite opremu od nakupljanja nečistoća. Tlačni i odsisni ventilator služe za distribuciju zraka. Dimenzionirani su da svladavaju unutarnji i vanjski pad tlaka u sustavu pri čemu se javlja buka. Vanjski pad tlaka iznosi 314 Pa za dobavni i 316 Pa za odsisni kanal kritične grane sustava koju čine kanali razvedeni od jedinice za pripremu zraka do rešetki u prostoriji *0.01 Radionica*. Unutarnji pad tlaka u sustavu čini zbroj padova tlaka na svim komponentama integriranim u jedinici za pripremu zraka. Rotirajući regenerator topline, sa stupnjem povrata topline od 78,8%, omogućava djelomični povrat toplinske energije sadržane u istrošenom zraku prijenosom topline između struja dobavnog i istrošenog ventilacijskog zraka. Izmjenjivač topline s direktnom ekspanzijom dovodi zrak nakon regeneratora na stanje potrebno za ubacivanje u prostorije. Povezan je cijevima s radnom tvari R410A na vanjsku jedinicu i kutiju "AHU EKEXV80" u kojoj se nalazi ekspanzijski ventil. Vanjska jedinica je "ERQ125AW1" proizvođača "Daikin", kapaciteta 10,5 kW u grijanju i 14,2 kW u hlađenju. Radom svih komponenti jedinice za pripremu zraka upravlja se preko ploče za regulaciju integrirane u jedinici za pripremu zraka. Otvori na jedinici za pripremu zraka u koje ulaze kanali dobavnog i odsisnog zraka iz prostorija imaju dimenzije 820x630 mm. Na dobavni i odsisni kanal koji izlaze iz jedinice za pripremu zraka, postavljeni su pravokutni prigušivači zvuka "PZ-200/100-600x600x1000" proizvođača "Klimaoprema". Za razvod zraka od jedinice do prostorija, koriste se kanali pravokutnog poprečnog presjeka izvedeni iz lima debljine 0,6

do 1,0 mm. Kanali se izoliraju izolacijom "Armstrong" debljine 13 mm unutar građevine, a izvan građevine dodatno mineralnom vunom debljine 50 mm u aluminijskoj oblozi od 0,5 mm. Kanali su dimenzionirani prema kriteriju brzine tako da se grananjem prema otvorima brzina zraka smanjuje. Zrak se razvodi od jedinice za pripremu zraka po krovu pravokutnim kanalima dimenzija 300x250 mm i 450x200 mm do vertikalna koja se spuštaju do prizemlja i prvog kata. U prizemlju se kanali razdvajaju na dvije strane i vode dimenzijama 300x150 mm do ventiliranih prostorija. Istrujne i usisne otvore u prostorijama čine stropni anemostati i kanalne rešetke proizvođača "Klimaoprema". Prostorija *0.06 Predavaonica* ima spuštenu strop te su u njemu ugrađeni stropni vrtložni distributeri "DEV-K 600/24". Efektivna brzina zraka na istrujnoj površini iznosi 2,5 m/s, dok je brzina strujanja zraka u visini boravka ljudi (na 1,80 metara) 0,13 m/s. Distributeri imaju vertikalni priključak kružnog presjeka dimenzija Ø250. Anemostati su, fleksibilnim crijevom, spojeni na dobavne i odsisne kanale kružnog poprečnog presjeka u kojima se nalaze regulatori varijabilnog protoka zraka "RVP-C-Ø250" duljine 500 mm. Kanali kružnog presjeka su spojeni prijelaznim komadom na pravokutni kanalni razvod. Prostorije *0.01 Radionica* i *1.08 Konferencija* nemaju spuštenu strop te se zrak horizontalno ubacuje i odsisava iz prostora rešetkama "OAH-1-1225x125" umetnutim u pravokutne kanale preko štucna. Efektivna brzina strujanja zraka na istrujnoj površini rešetka u visini postavljanja kanala iznosi 1,6 m/s. Regulatori varijabilnog protoka zraka na dobavnim i odsisnim kanalima ovih prostorija, su pravokutnog presjeka "RVP-P" duljine 350 mm. Dimenzije poprečnog presjeka regulatora varijabilnog protoka u prostoriji *0.01 Radionica* su 300x100, a u prostoriji *1.08 Konferencija* su 400x200. Osjetnici CO₂ koji se nalaze u prostorijama upravljaju pogonom regulatora varijabilnog protoka koji zakreće zaklopku i time propušta veći ili manji protok zraka. Osjetnik je integriran u sobni regulator "Codis 35" proizvođača "Koer" te je namijenjen za zidnu ugradnju i može upravljati s više regulatora varijabilnog protoka istovremeno. Sobni regulator pojedine prostorije upravlja regulatorima varijabilnog protoka zraka na dobavnom i odsisnom kanalu čime se održava neutralan tlak u prostoriji. Maksimalni protok kroz regulator varijabilnog protoka odgovara projektnom protoku dok je minimalni protok zraka definiran minimalnom vrijednošću protoka koji je potreban za ispravno funkcioniranje regulatora.

6. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu prikazano je projektno rješenje sustava grijanja, hlađenja i mehaničke ventilacije stambeno-poslovne zgrade smještene u Osijeku. Zgradu čine četiri etaže ukupne korisne površine 713 m². Za optimalno dimenzioniranje navedenih sustava, provedeni su svi potrebni proračuni. Prema vanjskoj projektnoj temperaturi, proračunato je toplinsko opterećenje zgrade za zimu i ljeto prema normama HRN EN 12831 i VDI 2078. Također je proveden i proračun ventilacijskih zahtjeva prostorija. Izrada projektnog rješenja provedena je u skladu s normama i pravilima struke. Sustav grijanja i hlađenja izveden je kao dvocijevni vodeni sustav parapetnih ventilokonvektora i radijatora u niskotemperaturnom režimu rada. Priprema ogrjevnog/rashladnog voda vrši se u dizalici topline zrak-voda učina od 45,2 kW u grijanju i 61,9 kW u hlađenju. Sobni zidni termostati upravljaju radom ventilokonvektora i održavaju željenu temperaturu prostorije. Oni omogućuju regulaciju toplinskog učina ventilokonvektora na strani vode otvaranjem i zatvaranjem troputnog ventila i regulaciju na strani zraka promjenom brzine vrtnje ventilatora. Oprema je dimenzionirana za rad sustava s najmanjim mogućim pogonskim troškovima, minimalnim zastojskim u radu te jednostavnim prilagođavanjem rada sustava trenutnim opterećenjima. Sustav mehaničke ventilacije izveden je kao sustav s varijabilnim protokom zraka. Ukupni projektni protok zraka tlačne i odsisne ventilacije iznosi 1900 m³/h. Zrak se priprema u centralnoj jedinici s povratom topline iz istrošenog zraka što omogućava značajne uštede u pogonskim troškovima. Uštedi energije pridonosi i sustav varijabilnog protoka zraka koji se prilagođava stvarnim zahtjevima prostorija, određenim preko osjetnika CO₂. Zbog smanjene prosječne stope protoka zraka, potrebno je i manje energije za rad ventilatora te grijanje i hlađenje dovedenog zraka. Sustavi ventilacije na zahtjev imaju značajni potencijal za smanjenje potrošnje energije u usporedbi sa sustavima konstantnog protoka zraka pri čemu se postiže i razina toplinske ugodnosti. Najprikladniji su za prostore s visokom okupiranosti i različitim uvjetima opterećenja. Što više opterećenje varira u vremenu, može se očekivati veća ušteda energije.

Ovo je idejno rješenje sustava s opremom najnovije tehnologije koji pruža visoku razinu toplinske ugodnosti i uštede energije. Međutim, zbog visokih investicijskih troškova pojedinih komponenata sustava, njegova izvedba ovisi o tome koliko je vlasništvo zgrade spremno uložiti u GViK sustav.

7. LITERATURA

- [1] Design of energy efficient ventilation and air-conditioning systems, N. Brelih, O. Seppanen, T. Bertilsson, M. L. Maripuu, H. Lamy, A. Vanden Borre, REHVA Guidebook , No.17, 2012.
- [2] <https://en.biniclima.com/>
- [3] <https://lipovica.hr/hr/radijator-solar>
- [4] <http://www.calorserv.ro/produse/elementi-calorifere-aluminiu-alukal-forte-xl-2000-mm-nu-se-mai-fabrica-ALU2000OPTIXL>
- [5] Balen I.: Grijanje, Ogrjevnja tijela, prezentacija s predavanja FSB
- [6] <https://bgr.bg/en/store/air-cooled-chillers-clint-chamlst-182-p-302-p/>
- [7] Balen I.: Grijanje, Dimenzioniranje cijevnog razvoda, prezentacija s predavanja FSB
- [8] <https://www.grundfos.com/hr>
- [9] Balen I.: Grijanje, Ekspanzijski sustav, prezentacija s predavanja FSB
- [10] Rudolf Jauschowitz: HERZ Sustavi toplovođnog grijanja, Hidraulika, 2004 Beč
- [11] http://www.viessmann.com/http-svc/web/croatia/tdis.nsf/0/521D5F598B34980FC125827500329E09/%24FILE/Kompaktni%20cjenik%20Vi-Hr%2004-2018_20180406.pdf
- [12] Balen I.: Klimatizacija, Ventilacijski zahtjevi, prezentacija s predavanja FSB
- [13] Energetika marketing literatura: Priručnik za ventilaciju i klimatizaciju, 2. izdanje, Zagreb 2003.
- [14] <https://www.klimaoprema.hr/>
- [15] <https://koer.com/pages/koer-codis-35-vav/>
- [16] Balen I.: Klimatizacija, Projektiranje i dimenzioniranje kanala, prezentacija s predavanja FSB
- [17] https://www.daikin.hr/hr_hr/products.html

PRILOZI

- I. Proračun toplinskog opterećenja
- II. Tehnički crteži

Prilog I

PRORAČUN TOPLINSKOG
OPTEREĆENJA

Proračun gubitaka topline prema EN 12831 H7000 (detaljni postupak)

Broj projekta: \\libr_srv\SERVER\Matea-diplomski\CENTAR ZA OVISNIKE\centar-za-ovisnike 17. Studeni 2020.

Oznaka projekta: centar-za-ovisnike

Opći podaci (značajke građevine)

Vrsta građevine	Položaj građevine
- Obiteljska kuća	- Dobra zaklonjenost (X)
- Stambena zgrada, (X)	- Promjenjiva zaklonjenost
nestambena građevina	- Nikakva zaklonjenost
Masa građevine	Nepropusnost na vjetar građevnih elemenata
- C_{wirk} (falls aus DIN V 4108-6 vorhanden)	35 Wh/m ³ K
- laka	- vrlo nepropusno
- srednja (X)	- nepropusno (X)
- teška	- malo nepropusno

Temperature

- Normna vanjska temperatura	$\theta_e =$	-18 °C
- Godišnji srednjak vanjske temperature	$\theta_{me} =$	11 °C
- Normna unutarnja temperatura	prema Normi	

Građevina

Građevina	Tlo
- Duljina $l_{Geb} =$ 43 m	- Opseg $P =$ 94,08 m
- Širina $b_{Geb} =$ 4,04 m	- Parametar $B' =$ 3,69 m
- Površina $A_{Geb} =$ 173,72 m ²	- Dubina do vode $T =$ 5 m
- Katnost $n =$ 4	- Visina temeljne ploče $z =$ 0,4 m
- Visina kata $h_{Geb} =$ 3 m	- Faktor θ_e $f_{g1} =$ 1,45 -
- Debljina ploče $d =$ 0,12 m	- Faktor podzemne vode $G_w =$ 1 -
- Visina građevine $h_{Geb} =$ 12 m	
- Volumen građevine $V_{e,Geb} =$ 2085 m ³	

Provjetravanje

Propusnost zraka s obzirom na duljinu građevine i propusnost prozora	$n_{50} =$	6 h ⁻¹
Istovremenost prozračivanja	$\zeta =$	0,5 -
Stupanj korisnosti sustava rekuperacije (od proizvođača)	$\eta_v =$	0 -

Dodatna snaga zbog prekida loženja

globalno	po prostorijama (X)
- Neto grijani volumen građevine	$V_{Netto,Geb} =$ 1701,016 m ³

- Koeficijent gubitka topline	$\Sigma H_{T,Geb}$	=	538,26	W/K
- Trajanje snižene temperature	t_{Abs}	=	0	h
- Provjetravanje za vrijeme snižene temperature (0,1 – 0,5 puta)	n_{Abs}	=	0,0	h ⁻¹
- Pad temperature nakon sniženja prema 6.2 () ili pretpostavka ()	$\Delta\theta_{RH}$	=	0	K
- Vrijeme zagrijavanja	t_{RH}	=	0	h
- Provjetravanje za vrijeme zagrijavanja (0,1 – 0,5-puta)	n_{RH}	=	0	h ⁻¹
- Faktor ponovnog zagrijavanja	f_{RH}	=	&WHeizFakt	W/m ²

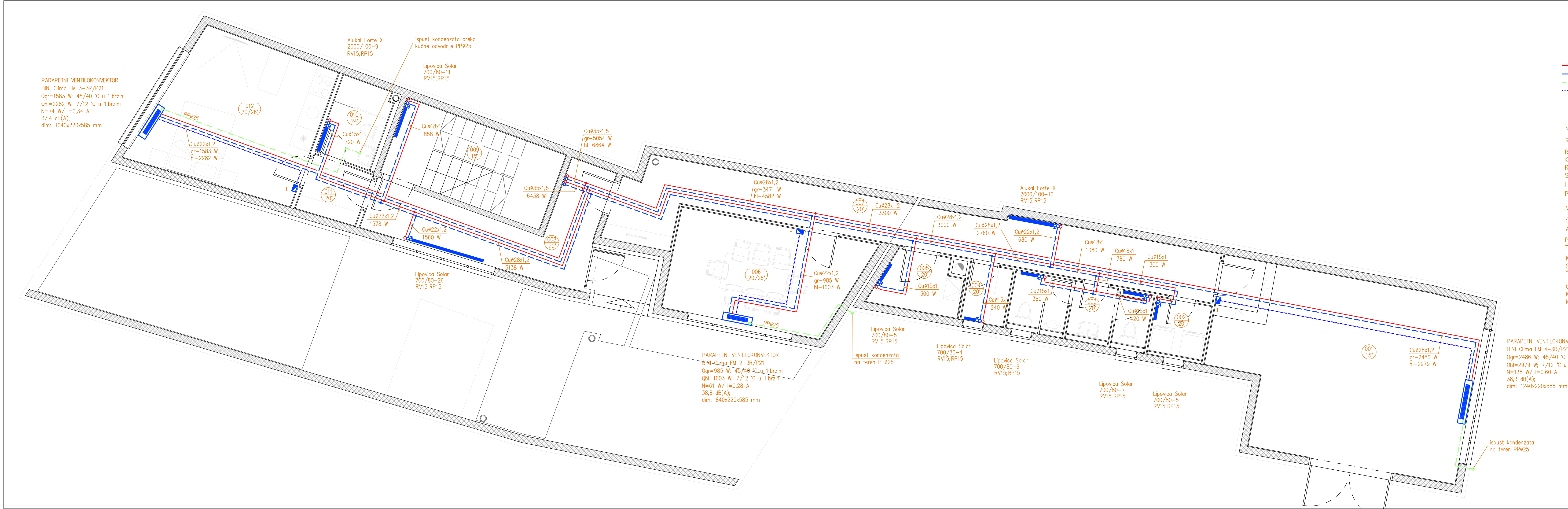
Proračun gubitaka topline prema EN 12831 H7000										
Pregled po prostorijama										
Prostorija		θ_{int}	A_R	Φ_{Te}	Φ_T	$\Phi_{V,min}$	$\Phi_{V,inf}$	$\Phi_{HL,Netto}$	Φ_{HL}	
Br.	Naziv	°C	m ²	W	W	W	W	W	W	W/m ²
0.01	Radionica	15	35,87	1697	1697	563	270	2260	2260	63
0.02	Praonica rublja	20	2,54	116	166	46	11	212	212	83
0.03	Sanitarije M i Ž	20	6,47	285	285	351	56	636	636	98
0.04	Svlačionica	20	1,97	93	93	107	9	200	200	101
0.05	Bojler i spremnik	20	3,75	163	163	68		231	231	62
0.06	Predavaonica	20	14,86	527	527	368	88	895	895	60
0.07	Hodnik 1	20	23,67	522	795	586		1381	1381	58
0.08	Hodnik 2	20	11,70	755	1066	289	139	1355	1355	116
0.09	Stubište	15	10,66	14	73	229		302	302	28
0.10	Kupaonica	24	3,62	16	327	297		624	624	172
0.11	Predprostor	20	2,75	105	105	68		173	173	63
0.12	Apartman	20	18,29	913	986	453	109	1439	1439	79
1.01	Ured 1	20	20,57	212	315	1108	89	1423	1423	69
1.02	Ured 2	20	11,90	241	241	641	51	882	882	74
1.03	Ured 3	20	15,71	603	603	846	68	1449	1449	92
1.04	Čajna kuhinja	20	4,04		91	218		309	309	76
1.05	Hodnik	20	19,60	326	474	352	84	826	826	42
1.06	Stubište	15	10,66		45	166		211	211	20
1.07	Sanitarije M i Ž	20	11,56	506	506	623	100	1129	1129	98
1.08	Konferencija	20	57,13	1725	1812	1026	492	2838	2838	50
2.01	Soba 1	20	16,43	212	282	264	63	546	546	33
2.02	Kupaonica 1	24	4,40		203	226		429	429	97
2.03	Soba 2	20	12,41	202	202	223	53	425	425	34
2.04	Kupaonica 2	24	3,83		201	228		429	429	112
2.05	Soba 3	20	16,71	425	425	300	72	725	725	43
2.06	Kupaonica 3	24	4,22	217	329	251	20	580	580	138
2.07	Soba 4	20	19,91	527	586	358	86	944	944	47
2.08	Kupaonica 4	24	3,70		244	220		464	464	125
2.09	Stubište	15	10,66		45	166		211	211	20
2.10	Hodnik	20	18,44	484	723	331	79	1054	1054	57
2.11	Sanitarije	20	5,28	232	232	284	46	516	516	98
2.12	Kuhinja	20	5,40	72	72	291		363	363	67

2.13	Dnevni boravak i blagovaonica	20	30,13	814	814	489	117	1303	1303	43
3.01	Soba 1	20	14,72	345	411	264	76	675	675	46
3.02	Kupaonica 1	24	3,79	40	218	226		444	444	117
3.03	Soba 2	20	12,41	320	320	223	64	543	543	44
3.04	Kupaonica 2	24	3,83	40	233	228		461	461	120
3.05	Soba 3	20	16,71	584	584	300	86	884	884	53
3.06	Kupaonica 3	24	4,13	240	342	246		588	588	142
3.07	Soba 4	20	19,91	716	775	358	103	1133	1133	57
3.08	Kupaonica 4	24	4,20	44	297	220		517	517	123
3.09	Stubište	15	10,66	88	133	166		299	299	28
3.10	Hodnik	20	18,20	657	890	327	94	1217	1217	67
3.11	Sanitarije	20	5,29	282	282	285	55	567	567	107
3.12	Kuhinja	20	4,96	113	113	267		380	380	77
3.13	Dnevni boravak i blagovaonica	20	27,25	1048	1048	489	141	1537	1537	56
Zbroj			584,91	16521		15635	2721	36009	36009	

Proračun dobitaka topline prema VDI 2078										
Maksimum za zgradu					Mjesec i vrijeme maksimuma za zgradu			Rujan	13.00:h	
Soba Br.	Naziv	C°	Volumen m³	Površina m²	Uk. suho [W]	Uk. vlažno [W]	[W/m²]	Mjesec	Vrijeme [h]	Ukupno [W]
0.01	Radionica	26	100	36	2769	210	77	Srpanj	15:00	2508,55
0.06	Predavaonica	26	57	15	1243	360	84	Srpanj	9:00	1060,01
0.12	Apartman	26	70	18	2192	90	120	Rujan	13:00	2192,07
1.01	Ured 1	26	57	21	1095	90	53	Srpanj	18:00	1019,66
1.02	Ured 2	26	33	12	558	45	47	Srpanj	18:00	496,56
1.03	Ured 3	26	44	16	925	90	59	Srpanj	15:00	827,19
1.05	Hodnik	26	54	20	752	90	38	Srpanj	13:00	750,89
1.08	Konferencija	26	159	57	4981	630	87	Rujan	13:00	4980,78
2.01	Soba 1	26	41	15	540	90	37	Srpanj	18:00	470,89
2.03	Soba 2	26	34	12	495	90	40	Srpanj	18:00	427,81
2.05	Soba 3	26	46	17	575	90	34	Srpanj	14:00	487,61
2.07	Soba 4	26	55	20	1901	90	95	Rujan	13:00	1900,62
2.13	Dnevni boravak i blagovaonica	26	76	27	2516	360	92	Rujan	13:00	2515,66
3.01	Soba 1	26	41	15	590	90	40	Srpanj	14:00	530,29
3.03	Soba 2	26	34	12	534	90	43	Srpanj	14:00	474,55
3.05	Soba 3	26	46	17	645	90	39	Srpanj	13:00	555,11
3.07	Soba 4	26	55	20	1977	90	99	Rujan	13:00	1976,96
3.13	Dnevni boravak i blagovaonica	26	76	27	2622	360	96	Rujan	13:00	2621,77
										25796,98
Ukupno vlažno rashladno opterećenje:										3045
Ukupno vlažno i suho rashladno opterećenje:										28842

Prilog II

TEHNIČKI CRTEŽI



- T SOBNI ZIDNI TERMOSTAT VENTILOKONVEKTORA
- POLAZ zima 45 °C; ljeta 7 °C
- POVRAT zima 40 °C; ljeta 12 °C
- KONDENZAT
- ... OŽIČENJE

NAPOMENA:

RADIJATORI:

RAZVOD RADIJATORA IZVESTI IZ BAKRENIH CIJEVI SA SPOJEM NA FAZONSKE KOMADE TVRDIM LEMLJENJEM, TE VODITI U SLOJU PODA

RAZVOD IZ BAKRENIH CIJEVI IZOLIRA SE TOPLINSKOM IZOLACIJOM 9 mm

SVI RADIJATORI OPSKRBLJENI TERMOSTATSKIM VENTILOM OSIM KUPAONSKIH I PRIGUŠNICOM TE ODZRAČNIM PIPCEM I ISPUSNOM SLAVINOM PRIKLJUČCI SE IZVODE IZ ZIDA

VENTILOKONVEKTORI:

SVI HLADNI I TOPLI RAZVODI IZVODE SE IZ BAKRENIH CIJEVI

A CJEVOVOD SE VODI U SLOJU PODA

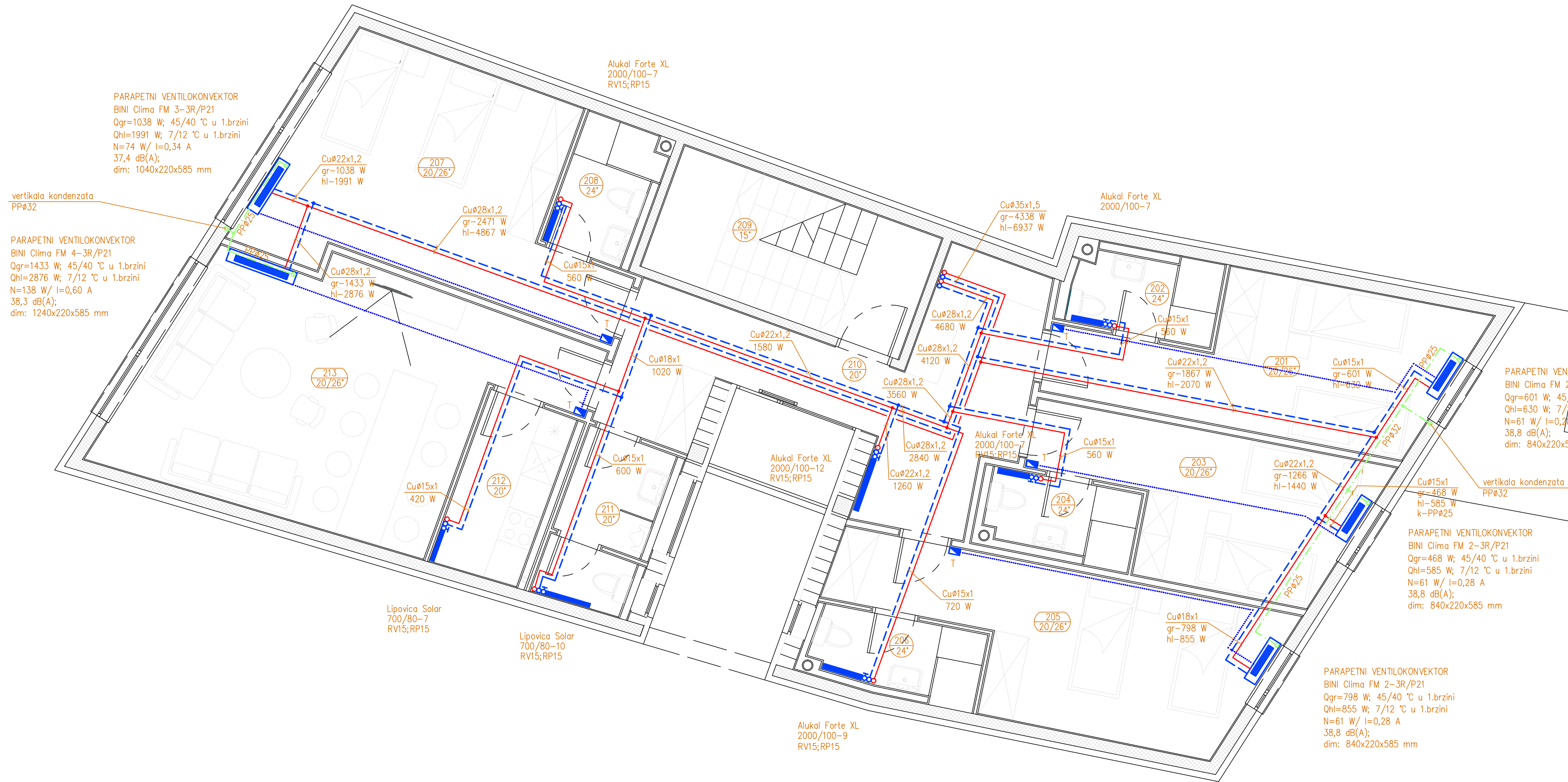
PRIKLJUČAK POJEDINOG VENTILOKONVEKTORA OPSKRBLJEN TROPUTNIM VENTILOM TE ODZRAČNIM PIPCEM, A SOBNI TERMOSTAT MONTIRAN NA ZIDU U PROSTORU

KOMPLETAN HLADNI I TOPLI RAZVOD IZOLIRA SE GOTOVOM IZOLACIJOM SA PARNOM BRANOM ZA HLADNE CJEVOVODE KAO PROIZVOD "ARMSTRONG" AC 13 mm

ODVOD KONDENZATA IZVESTI IZ PP CIJEVI

KOMPLETAN RAZVOD KONDENZATA IZOLIRA SE GOTOVOM IZOLACIJOM KAO PROIZVOD "WAVIN" TUBOLIT SG

PARAPETNI VENTILOKONVEKTOR		BINI Klima FM 4-3R/P21	
Qgr=2486 W; 45/40 °C u 1.brzini		Qhl=2979 W; 7/12 °C u 1.brzini	
N=138 W/ I=0,60 A		38,3 dB(A);	
dim: 1240x220x585 mm			
Projektirao	7.1.2021.	Ime i prezime	Potpis
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić	
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić	
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan	
Objekt:		Objekt broj:	
ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE		R. N. broj:	
Napomena:		Kopija	
Materijal:		Pozicija:	
Mjerilo originala		Naziv:	
1:50		TLOCRT PRIZEMLJA – GRIJANJE I HLADENJE	
Crtež broj:		2021-MP-001	
Format:		1050x297	
Listova:		1	
List:		1	

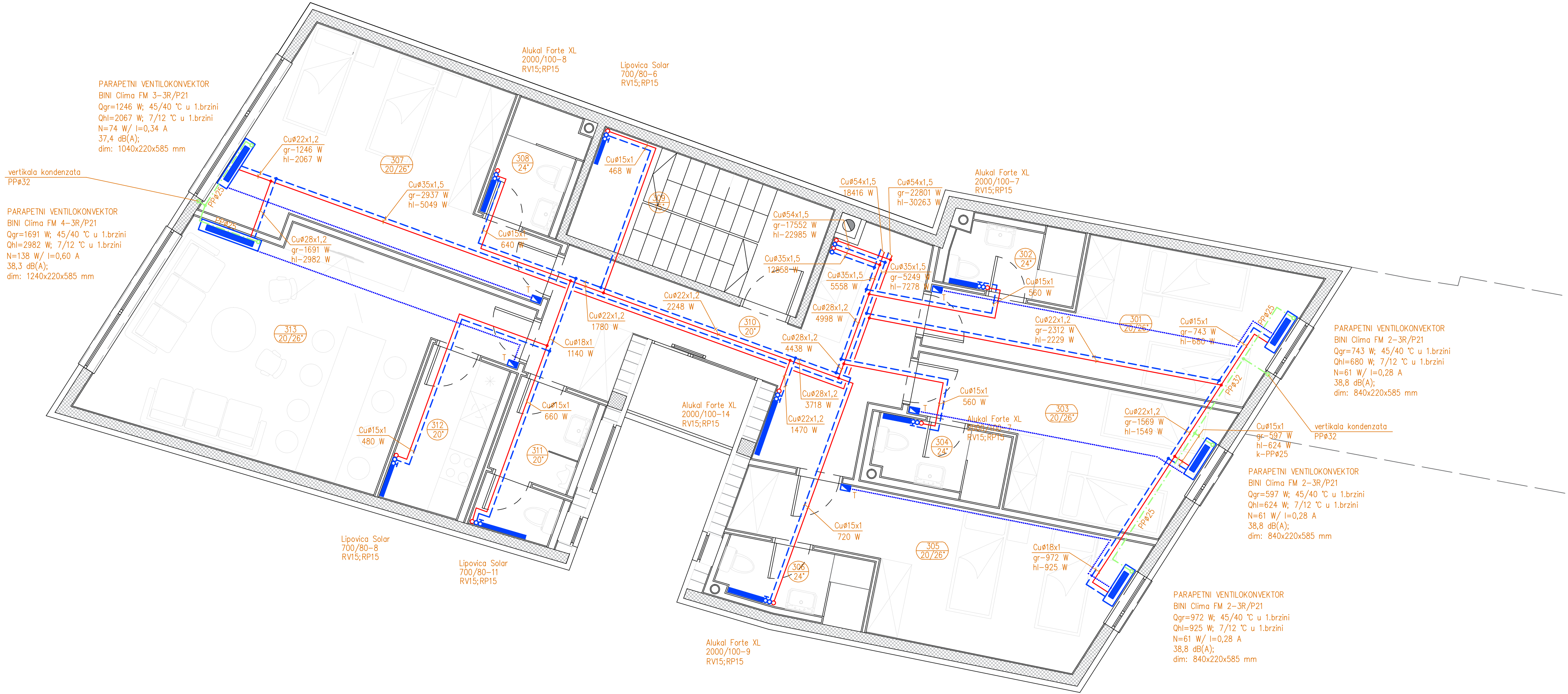


- T SOBNI ZIDNI TERMOSTAT VENTILOKONVEKTORA
- POLAZ zima 45 °C; ljeta 7 °C
- POVRAT zima 40 °C; ljeta 12 °C
- KONDENZAT
- OŽIČENJE

NAPOMENA:
RADIJATORI:
RAZVOD RADIJATORA IZVESTI IZ BAKRENIH CIJEVI SA SPOJEM NA FAZONSKE KOMADE TVRDIM LEMLJENJEM, TE VODITI U SLOJU PODA
RAZVOD IZ BAKRENIH CIJEVI IZOLIRA SE TOPLINSKOM IZOLACIJOM 9 mm
SVI RADIJATORI OPSKRBLJENI TERMOSTATSKIM VENTILOM OSIM KUPAONSKIH I PRIGUŠNICOM TE ODZRAČNIM PIPCEM I ISPUŠNOM SLAVINOM PRIKLJUČCI SE IZVODE IZ ZIDA

VENTILOKONVEKTORI:
SVI HLADNI I TOPLI RAZVODI IZVODE SE IZ BAKRENIH CIJEVI
A CJEVOVOD SE VODI U SLOJU PODA
PRIKLJUČAK POJEDINOG VENTILOKONVEKTORA OPSKRBLJEN TROPUTNIM VENTILOM TE ODZRAČNIM PIPCEM, A SOBNI TERMOSTAT MONTIRAN NA ZIDU U PROSTORU
KOMPLETAN HLADNI I TOPLI RAZVOD IZOLIRA SE GOTOVOM IZOLACIJOM SA PARNOM BRANOM ZA HLADNE CJEVOVODE KAO PROIZVOD "ARMSTRONG" AC 13 mm
ODVOD KONDENZATA IZVESTI IZ PP CIJEVI
KOMPLETAN RAZVOD KONDENZATA IZOLIRA SE GOTOVOM IZOLACIJOM KAO PROIZVOD "WAVIN" TUBOLIT SG

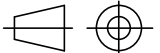
Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan		
Objekt:		ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE		Objekt broj:
Napomena:				R. N. broj:
Materijal:		Masa:	Pozicija:	Kopija
Mjerilo originala		Naziv:		Format: 840x297
1:50		TLOCRT II.KATA – GRIJANJE I HLADNENJE		Listova: 1
		Crtež broj: 2021–MP–003		List: 1



- T SOBNI ZIDNI TERMOSTAT VENTILOKONVEKTORA
- POLAZ zima 45 °C; ljeto 7 °C
- POVRAT zima 40 °C; ljeto 12 °C
- KONDENZAT
- OŽIČENJE

NAPOMENA:
RADIJATORI:
RAZVOD RADIJATORA IZVESTI IZ BAKRENIH CIJEVI SA SPOJEM NA FAZONSKE KOMADE TVRDIM LEMLJENJEM, TE VODITI U SLOJU PODA
RAZVOD IZ BAKRENIH CIJEVI IZOLIRA SE TOPLINSKOM IZOLACIJOM 9 mm
SVI RADIJATORI OPSKRBLJENI TERMOSTATSKIM VENTILOM OSIM KUPAONSKIH I PRIGUŠNICOM TE ODZRAČNIM PIPCEM I ISPUŠNOM SLAVINOM PRIKLJUČCI SE IZVODE IZ ZIDA

VENTILOKONVEKTORI:
SVI HLADNI I TOPLI RAZVODI IZVODE SE IZ BAKRENIH CIJEVI
A CJEVOVOD SE VODI U SLOJU PODA
PRIKLJUČAK POJEDINOG VENTILOKONVEKTORA OPSKRBLJEN TROPUTNIM VENTILOM TE ODZRAČNIM PIPCEM, A SOBNI TERMOSTAT MONTIRAN NA ZIDU U PROSTORU
KOMPLETAN HLADNI I TOPLI RAZVOD IZOLIRA SE GOTOVOM IZOLACIJOM SA PARNOM BRANOM ZA HLADNE CJEVOVODE KAO PROIZVOD "ARMSTRONG" AC 13 mm
ODVOD KONDENZATA IZVESTI IZ PP CIJEVI
KOMPLETAN RAZVOD KONDENZATA IZOLIRA SE GOTOVOM IZOLACIJOM KAO PROIZVOD "WAVIN" TUBOLIT SG

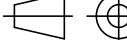
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan		
Objekt: ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE				Objekt broj:
				R. N. broj:
Napomena:				Kopija
Materijal:			Masa:	Pozicija:
	Naziv:			Format: 840x297
Mjerilo originala	TLOCRT III.KATA – GRIJANJE I HLADNENJE			Listova: 1
1:50	Crtež broj: 2021–MP–004			List: 1

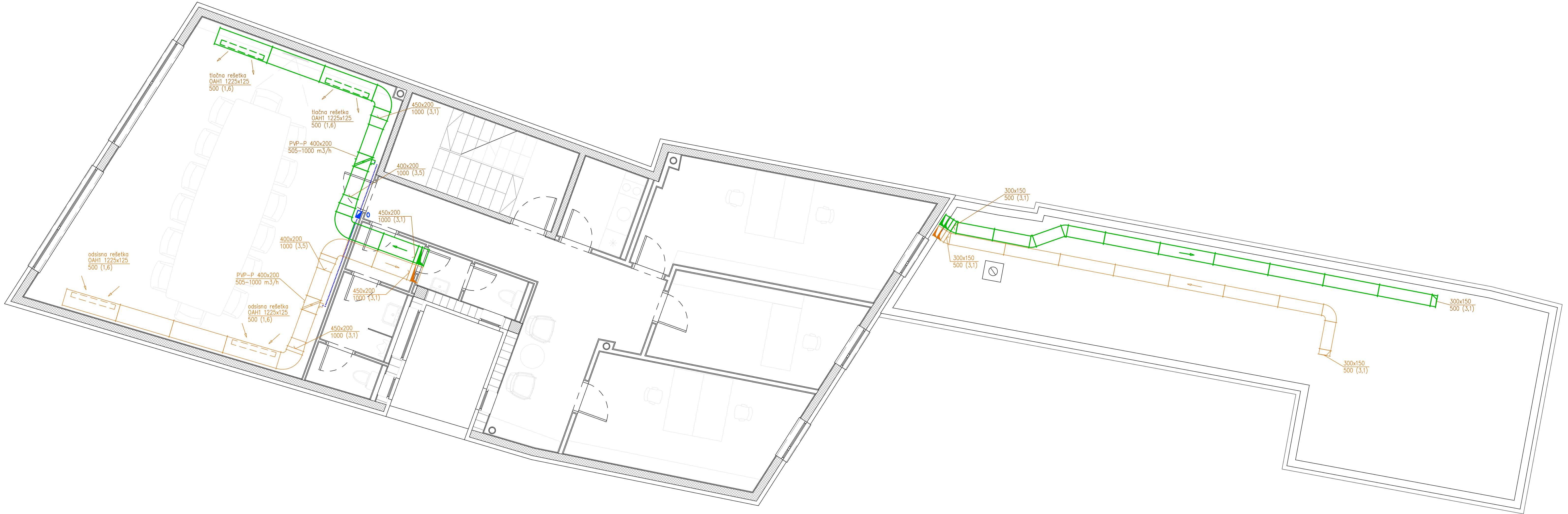


OZNAKE KANALA:
 $\frac{b \times h}{m^3/h(m/s)}$ — $\frac{\text{širina kanala} \times \text{visina kanala}}{\text{količina zraka}-m^3/h \text{ (brzina zraka}-m/s)}$

- TLAČNI KANALI
- ODSISNI KANALI
- OSJETNIK CO2
- OŽIČENJE

NAPOMENA:
SVI TLAČNI I ODSISNI KANALI IZVODE SE IZ LIMA 0,6–1,0 mm
TLAČNI I ODSISNI VENTILACIJSKI KANALI SPOJENI NA KLIMAKOMORE IZOLIRAJU SE IZOLACIJOM ZA HLADNE POGONE "ARMSTRONG" AC 13 mm UNUTAR GRADEVINE A DODATNO IZVAN GRADEVINE MINERALNOM VUNOM 50mm U OBLOZI AL LIMA 0,5 mm

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan		
Objekt: ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE			Objekt broj: R. N. broj:	
Napomena:			Kopija	
Materijal:		Masa:	Pozicija:	
		Naziv:		Format: 1050x297
Mjerilo originala 1:50		TLOCRT PRIZEMLJA – VENTILACIJA		Listova:
		Crtež broj: 2021–MP–005		List:



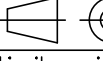
OZNAKE KANALA:

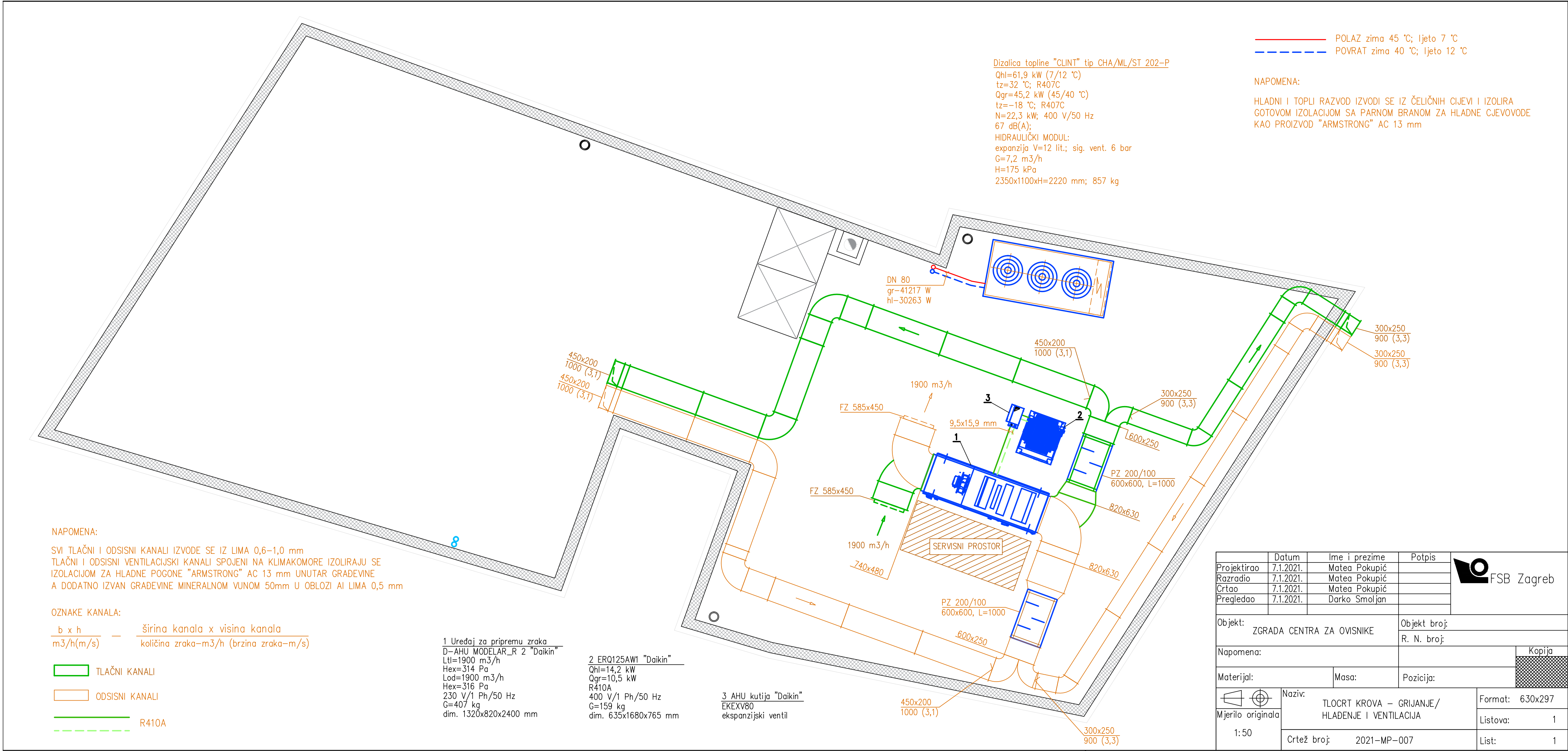
$\frac{b \times h}{m3/h(m/s)}$	—	$\frac{\text{širina kanala} \times \text{visina kanala}}{\text{količina zraka-m3/h (brzina zraka-m/s)}}$
--------------------------------	---	--

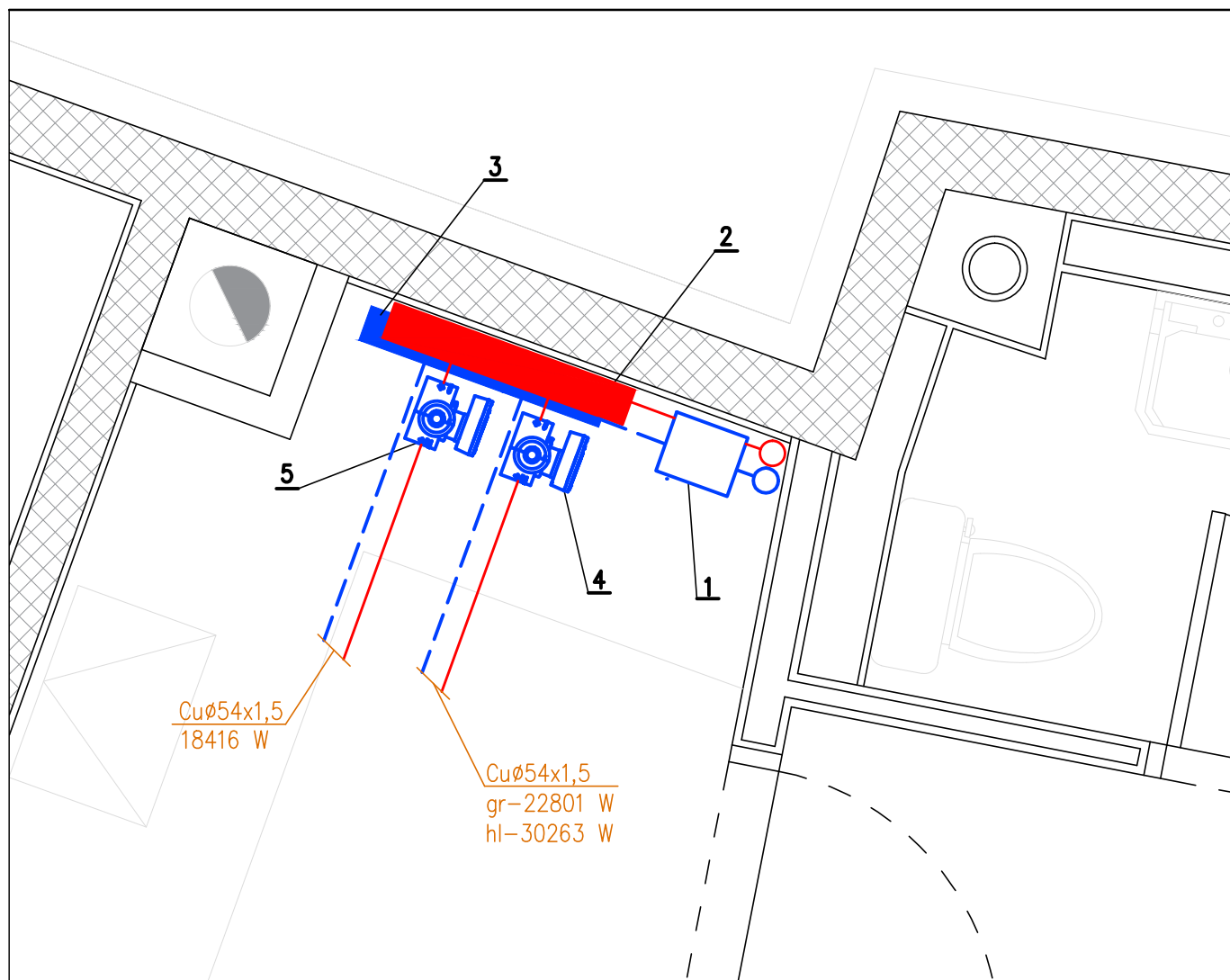
- ▬ TLAČNI KANALI
- ▬ ODSISNI KANALI
- ◻ 0 OSJETNIK CO2
- ⋯ OŽIČENJE

NAPOMENA:

SVI TLAČNI I ODSISNI KANALI IZVODE SE IZ LIMA 0,6–1,0 mm
TLAČNI I ODSISNI VENTILACIJSKI KANALI SPOJENI NA KLIMAKOMORE IZOLIRAJU SE IZOLACIJOM ZA HLADNE POGONE "ARMSTRONG" AC 13 mm UNUTAR GRADEVINE
A DODATNO IZVAN GRADEVINE MINERALNOM VUNOM 50mm U OBLOZI AL LIMA 0,5 mm

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan		
Objekt: ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE			Objekt broj: R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:	Pozicija:	
 Mjerilo originala 1:50	Naziv: TLOCRT I.KATA – VENTILACIJA		Format: 1050x297	
	Crtež broj: 2021–MP–006		Listova: 1	
			List: 1	





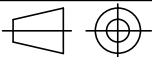
1 Hidraulička skretnica "Viessmann"
120/80 Q_{max}=8,0 m³/h

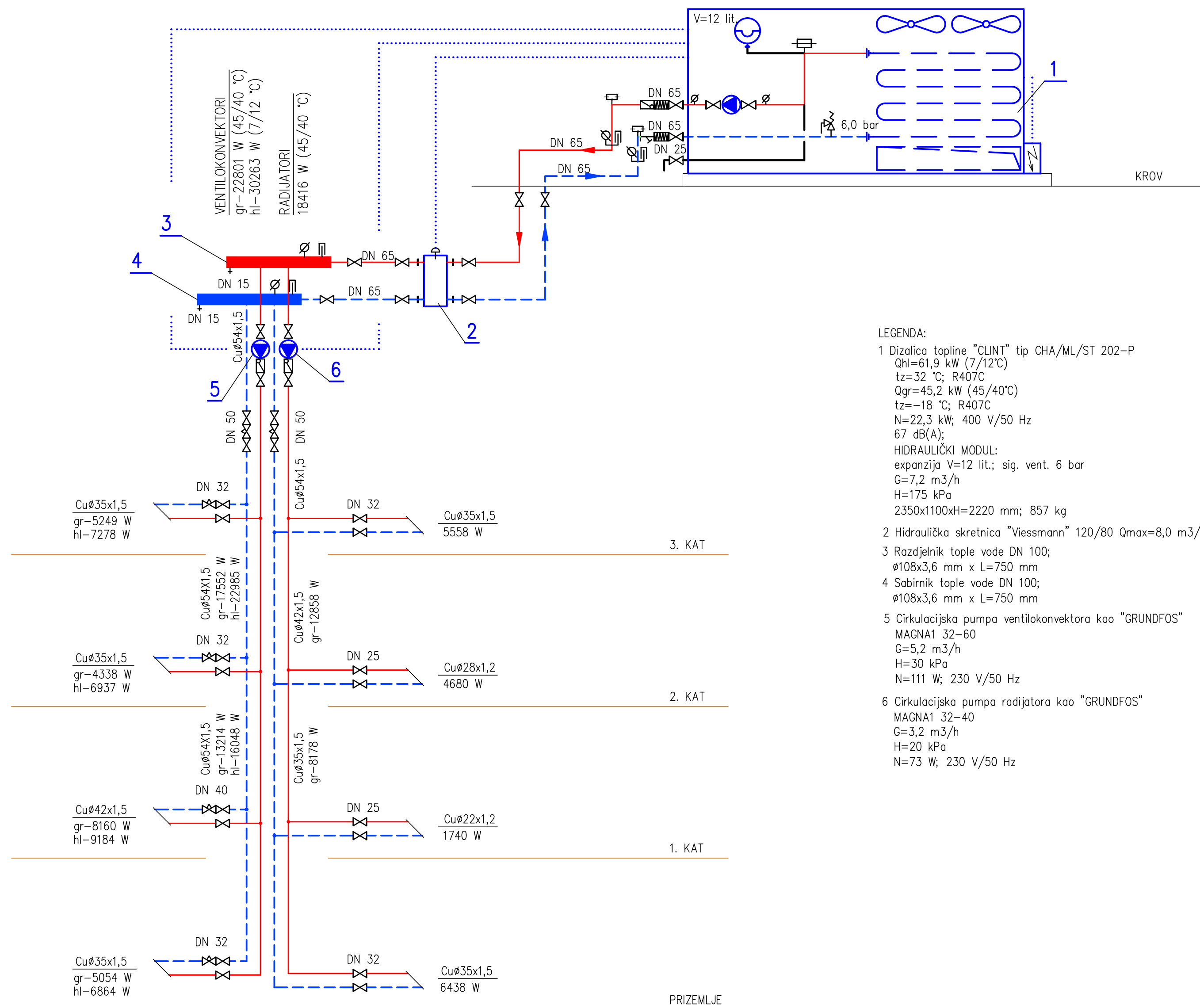
2 Razdjelnik tople vode DN 100;
ø108x3,6 mm x L=750 mm

3 Sabirnik tople vode DN 100;
ø108x3,6 mm x L=750 mm

4 Cirkulacijska pumpa ventilokonvektora
"GRUNDFOS" MAGNA1 32-60
G=5,2 m³/h
H=30 kPa
N=111 W; 230 V/50 Hz

5 Cirkulacijska pumpa radijatora
"GRUNDFOS" MAGNA 1 32-40
G=3,2 m³/h
H=20 kPa
N=73 W; 230 V/50 Hz

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan		
Objekt: ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:	Pozicija:	
	Naziv:		Format:	210x297
Mjerilo originala 1:20	TLOCRT III.KATA – PRIPREMA OGRJEVNOG/ RASHLADNOG MEDIJA		Listova:	1
	Crtež broj: 2021–MP–008		List:	1



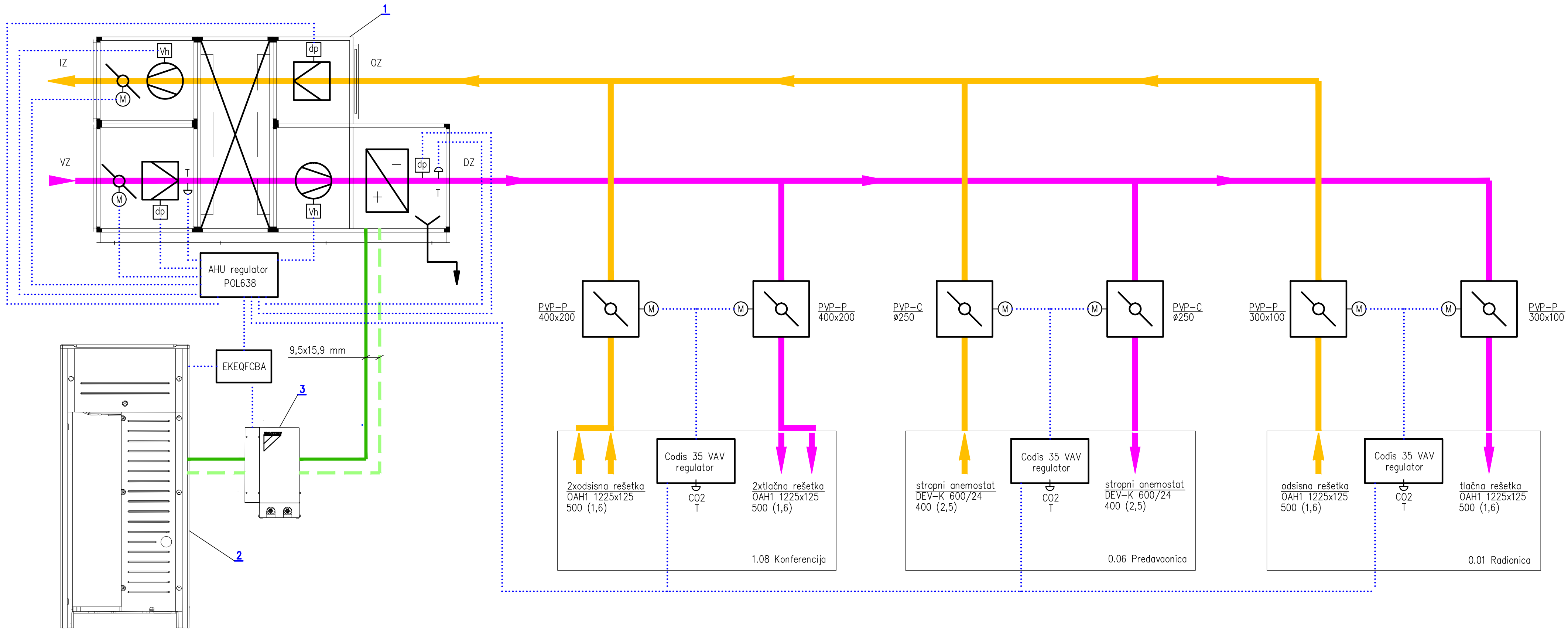
LEGENDA:

- 1 Dizalica topline "CLINT" tip CHA/ML/ST 202-P
Q_{hl}=61,9 kW (7/12°C)
t_z=32 °C; R407C
Q_{gr}=45,2 kW (45/40°C)
t_z=-18 °C; R407C
N=22,3 kW; 400 V/50 Hz
67 dB(A);
HIDRAULIČKI MODUL:
ekspanzija V=12 lit.; sig. vent. 6 bar
G=7,2 m³/h
H=175 kPa
2350x1100xH=2220 mm; 857 kg
- 2 Hidraulička skretnica "Viessmann" 120/80 Q_{max}=8,0 m³/h
- 3 Razdjelnik tople vode DN 100;
ø108x3,6 mm x L=750 mm
- 4 Sabirnik tople vode DN 100;
ø108x3,6 mm x L=750 mm
- 5 Cirkulacijska pumpa ventilokonvektora kao "GRUNDFOS"
MAGNA1 32-60
G=5,2 m³/h
H=30 kPa
N=111 W; 230 V/50 Hz
- 6 Cirkulacijska pumpa radijatora kao "GRUNDFOS"
MAGNA1 32-40
G=3,2 m³/h
H=20 kPa
N=73 W; 230 V/50 Hz

- cirkulacijska pumpa
- zatvorena ekspanzijska posuda
- zaporni ventil (kuglasta slavina)
- protupovratni ventil
- hvatač nečistoća
- elastična spojnica cjevovoda i opreme
- termomanometar
- termometar
- manometar
- ispusna slavina
- odzračni lončić
- sigurnosni ventil
- temperaturni osjetnik
- hidraulički balans ventil

NAPOMENA:
Dizalica topline "CLINT" tip CHA/ML/ST 202-P koristi AQUALOGIK tehnologiju koja optimizira rad integrirane pumpe zbog čega nije potrebno koristiti spremnik vode i jedinica može raditi čak i s vrlo malom količinom vode u sustavu

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan		
Objekt:			Objekt broj:	
ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE			R. N. broj:	
Napomena:			Kopija	
Materijal:		Masa:	Pozicija:	
	Naziv:			Format: 600x350
	HEMA SPAJANJA I REGULACIJE SUSTAVA GRIJANJA/HLADENJA			Listova: 1
	Crtež broj: 2021-MP-009			List: 1



1 Uređaj za pripremu zraka
D-AHU MODELAR_R 2 "Daikin"
Ltl=1900 m³/h
Hex=314 Pa
Lod=1900 m³/h
Hex=316 Pa
230 V/1 Ph/50 Hz
G=407 kg
dim. 1320x820x2400 mm

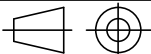
2 ERQ125AW1 "Daikin"
Qhl=14,2 kW
Qgr=10,5 kW
R410A
400 V/1 Ph/50 Hz
G=159 kg
dim. 635x1680x765 mm

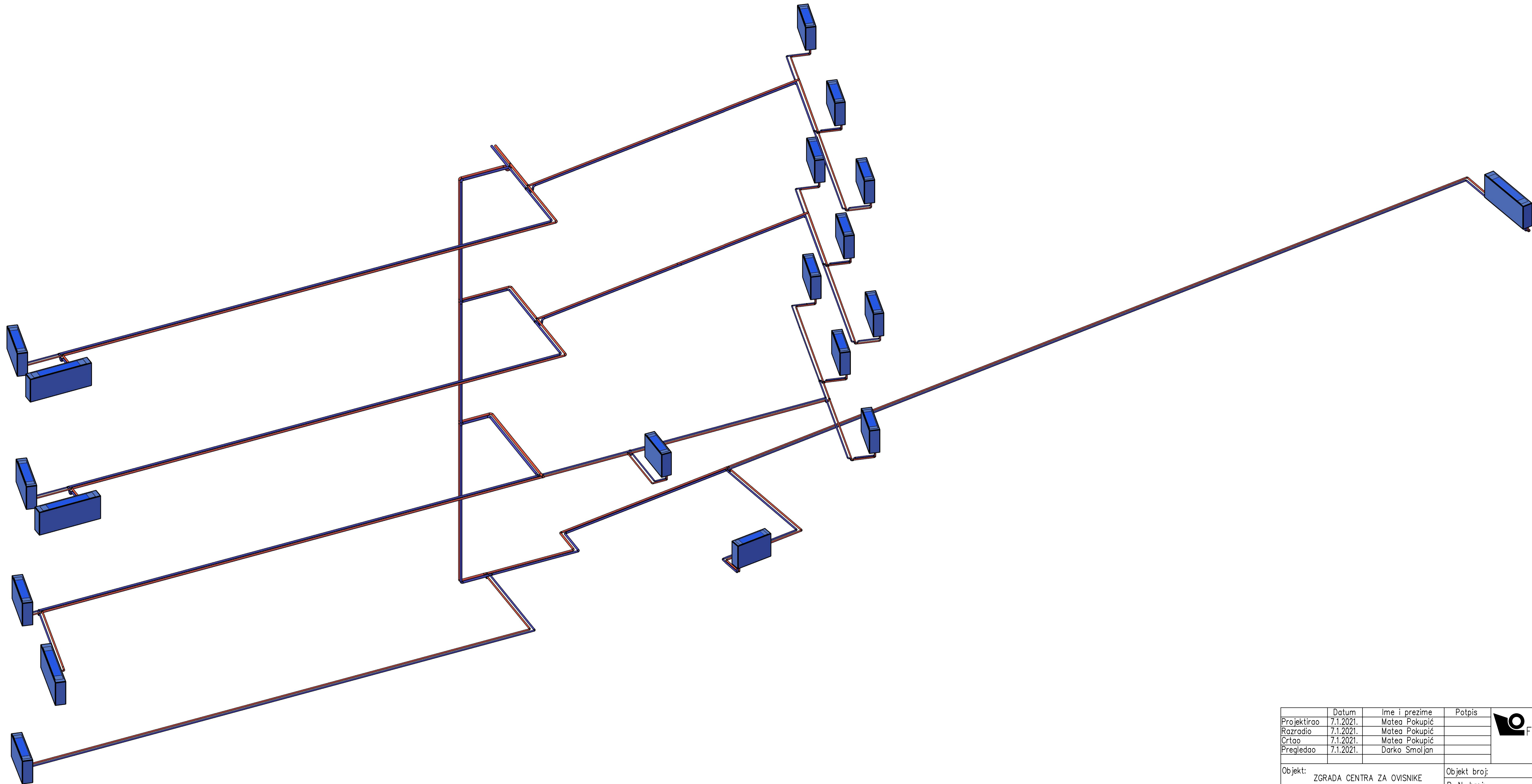
3 AHU kutija "Daikin"
EKEXV80
ekspanzijski ventil

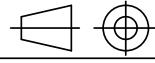
- regulacijska žaluzina s elektromotornim pogonom
- ventilator
- filter zraka
- grijač/hladnjak
- odvod kondenzata
- temperaturni osjetnik
- mjerač tlaka
- frekvencijski regulator broja okretaja elektromotora

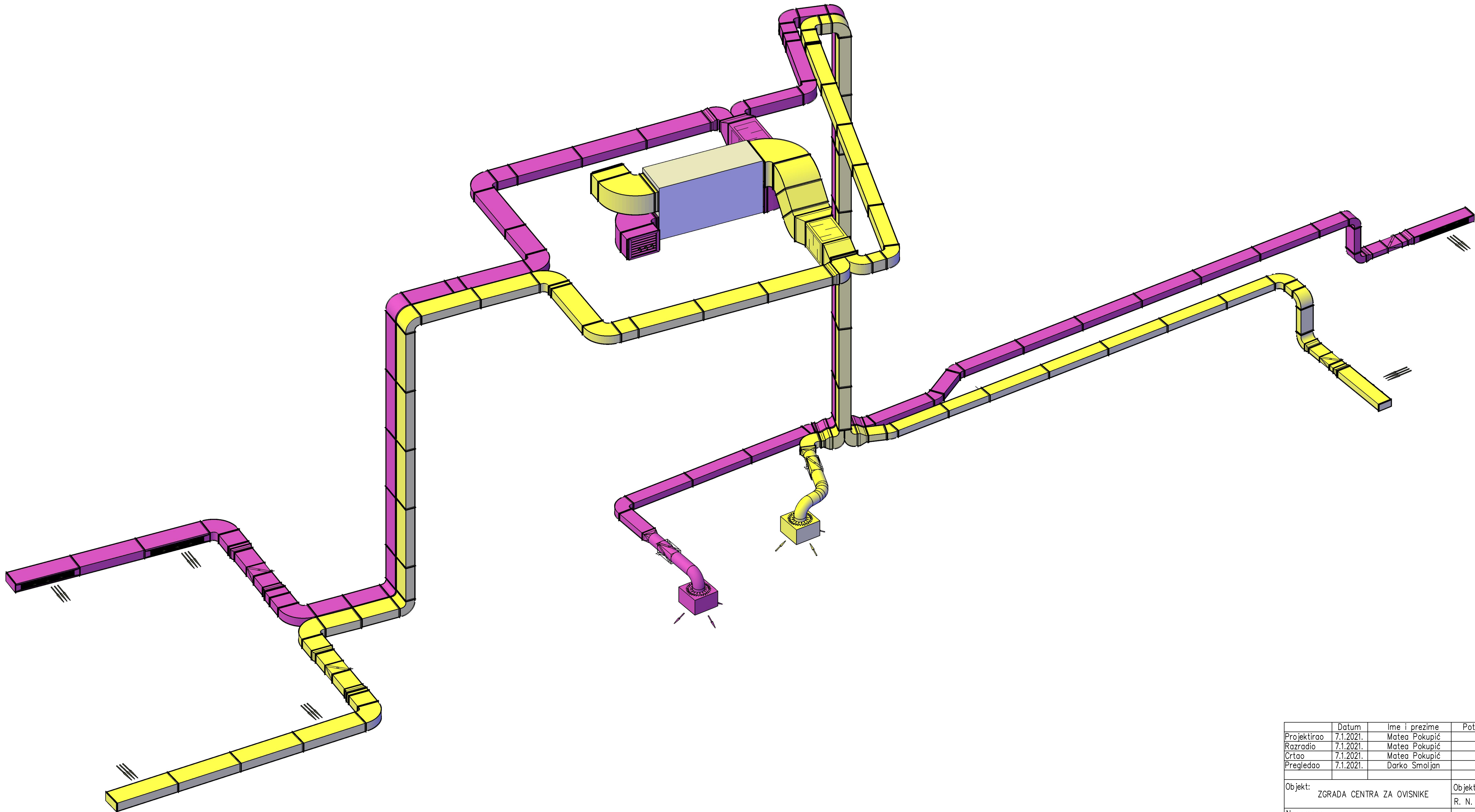
VZ – VANJSKI ZRAK
IZ – ISTROŠENI ZRAK
DZ – DOBAVNI ZRAK
OZ – OTPADNI ZRAK

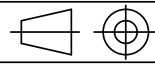
DOBAVNI ZRAK
OTPADNI ZRAK
R410A

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan		
Objekt: ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:	Pozicija:	
	Naziv:		Format:	600x350
Mjerilo originala	SHEMA SPAJANJA I REGULACIJE SUSTAVA VENTILACIJE		Listova:	1
	Crtež broj: 2021–MP–010		List:	1



Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan		
Objekt: ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:			Masa:	Pozicija:
		Naziv:		Format: 750x420
Mjerilo originala		SHEMA VENTILOKONVEKTORA		Listova: 1
1:50		Crtež broj: 2021-MP-011		List: 1



Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Razradio	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Crtao	7.1.2021.	Matea Pokupić		
Pregledao	7.1.2021.	Darko Smoljan		
Objekt: ZGRADA CENTRA ZA OVISNIKE			Objekt broj: R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:	Pozicija:	
	Naziv: SHEMA VENTILACIJE			Format: 750x420
Mjerilo originala 1:50	Crtež broj: 2021-MP-012			Listova: 1
				List: 1