

Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za toplovodno grijanje građevine s priključkom na vrelovod

Kresonja, David

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:271795>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-12**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Diplomski rad br. 108/STR/2024

**Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za
toplovodno grijanje građevine s priključkom na vrelovod**

David Kresonja, 4170/336

Varaždin, srpanj 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za strojarstvo

Diplomski rad br. 108/STR/2024

Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za toplovodno grijanje građevine s priključkom na vrelovod

Student

David Kresonja, 4170/336D

Mentor

Prof.dr.sc. Ante Čikić

Varaždin, srpanj 2024. godine

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Strojarstvo

PRISTUPNIK Kresonja David

MATIČNI BROJ 4170/336D

DATUM 18. lipnja 2024.

KOLEGIJ KGH sustavi

NASLOV RADA Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za toplovodno grijanje
građevine s priključkom na vrelovod

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Direct and indirect system of thermal substation for hot water heating
of the building with connection to high-temperature hot water pipe

MENTOR prof.dr.sc. Ante Čikić

ZVANJE redoviti profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc.dr.sc. Zlatko Botak- predsjednik povjerenstva
2. prof.dr.sc. Ante Čikić
3. doc.dr.sc. Tomislav Veliki
4. doc.dr.sc. Tanja Tomić- rezervni član
- 5.

Zadatak diplomskog rada

BROJ 108/STR/2024

OPIS

Potrebno je projektirati toplinsku podstanicu za grijanje stambene građevine. U podstanici se razmjenjuje energija toplinske snage 2,8 MW iz vrelovoda temperaturnog režima rada 130/90°C i predtlaka 5 bar na sekundarni toplifikacijski sustav temperaturnog režima rada tople vode 80/60°C. Toplinsku stanicu sa svim pogonskim, regulacijsko kontrolnim, signalnim, sigurnosnim, dilatacijskim, regulacijsko upravljačkim elementima, sklopovima i uređajima treba predvidjeti u dva tipa:

a) direktni sustav i

b) indirektni sustav (1. pločasti izmjenjivači topline, 2. cijevni izmjenjivači topline).

Također je u oba slučaja potrebno predvidjeti akumulacijsku pripremu tople potrošne vode sa izoliranim spremnicima volumena 2 x 3000 litara. Statički tlak sekundarnog sustava (grijanje građevine) iznosi pstat. = 1,8 bar. Toplinski potrošači sekundarnog sustava su: Q1 = 1,0 MWh (dtw1 = 10°C, tw,max = 70°C), Q2 = 0,8 MWh (dtw2 = 15°C, tw,max = 80°C), Q3 = 0,7 MWh (dtw3 = 20°C, tw,max = 70°C). Grijanje stambenog objekta se provodi od početka listopada do sredina travnja sezone grijanja kod promjenjivih vanjskih mikroklimatskih uvjeta na lokaciju Osijek. Izraziti energetske ekonomičnost postrojenja i potrošnju toplinske energije tijekom sezone grijanja uvažavajući promjenjivost vanjske temperature zraka tijekom sezone grijanja. Prosječna unutarnja temperatura zraka odnosa prostora iznosi 21°C. Izraditi radovi i nacrte za direktni i indirektni sustav.

ZADATAK URUČEN

24.06.2024.

POTPIS MENTORA

KOPRIVNICA
SVEUČILIŠTE SJEVER
SJEVER

[Signature]

Predgovor

Ovaj diplomski rad predstavlja ukupan rezultat mog dosadašnjeg školovanja. Područje termotehnike, kojim se bavi ovaj diplomski rad, mali je dio strojarstva, ali taj mali dio je neizmjerljivo velik i kompleksan. Upravo zbog toga razloga izabrao sam diplomski rad iz ovog područja jer je izazovan i pruža priliku za cjeloživotno napredovanje.

Želim izraziti svoju duboku zahvalnost profesoru Anti Čikiću na pružanoj podršci i konkretnim savjetima iz struke koje mi je bilo zadovoljstvo slušati. Također, zahvaljujem se svom nastavnom i nenastavnom osoblju Sveučilišta Sjever, posebice nekolicini profesora koji su me svojim iskustvima inspirirali za rad u struci.

Dodatno, zahvaljujem se upravi i djelatnicima tvrtke "iC artprojekt d.o.o." koji su mi pružili znanje iz realnog sektora te mi omogućili da svakodnevno napredujem kao inženjer.

I na kraju, zahvalio bih se troje ljudi bez kojih ništa ne bi bilo moguće – svojoj majci, ocu i sestri. Veliko Vam hvala.

Sažetak

Ovim diplomskim radom prikazan je postupak projektiranja toplinske podstanica direktnog tipa i dvije toplinske podstanice indirektnog tipa za toplovodno grijanje stambenih objekata preko vrelovodne mreže na lokaciji Osijek.

U uvodnom dijelu rada čitatelju su predstavljena osnovna načela rada toplinskih podstanica, te je detaljnije definiran pojam toplinske podstanice i njezina primjena u grijanju objekata.

Središnji dio rada bavi se tematikom postupaka dimenzioniranja svih armaturnih komponenata toplinskih podstanica, način regulacije armaturnih komponenata, uz navedeno predviđena je konkretna dispozicija svakog tipa podstanice zasebno, te je provedena detaljna ekonomska analiza svakog sustava na temelju konkretnih podataka za sezonu grijanja 2023/2024. godinu prema dostupnim informacijama o cijenama energenata.

Naposlijetku u zaključnom dijelu rada odabran je jedan od tri obrađena koncepta toplinskih podstanica kao najoptimalnije rješenje izvedbe podstanice na navedenoj lokaciji pri zadanim parametrima. Konkretni razlog odabira točno tog tipa toplinske podstanice kao najoptimalnijeg rješenja detaljno je obrazložen.

Uz sve navedeno dodatno je priložena sva dokumentacija odabrane opreme zajedno s hidrauličkim shemama i dispozicijama triju koncepta toplinskih podstanica koje su obrađene kao praktični dio ovog diplomskog rada.

Ključne riječi: toplinska podstanica, indirektni sustav toplinske podstanice, direktni sustav toplinske podstanice, toplovodno grijanje, vrelovod, projektiranje sustava grijanja, izmjenjivači topline, dispozicija toplinske podstanice, BIM, Autodesk Revit, ekonomska analiza, hidraulička shema, regulacija toplovnog sustava

Summary

This thesis presents the design process for one direct type and two indirect type thermal substations for district heating of residential buildings through the high-temperature hot water network in Osijek.

In the introductory part of the work, the reader is introduced to the basic principles of the operation of thermal substations, and the concept of a thermal substation and its application in building heating is defined in more detail.

The central part of the work deals with the procedures for sizing all valve components of the thermal substations, the regulation methods of these components, and includes a specific layout for each type of substation. Additionally, a detailed economic analysis of each system is conducted based on concrete data for the 2023/2024 heating season, using available information on energy prices.

Finally, in the concluding part of the work, one of the three processed concepts of thermal substations is selected as the optimal solution for the specified location under the given parameters. The specific reason for choosing this particular type of thermal substation as the most optimal solution is thoroughly explained.

All relevant documentation for the selected equipment, along with hydraulic schemes and layouts for the three substation concepts processed as the practical part of this thesis, is appended.

Keywords: thermal substation, indirect thermal substation system, direct thermal substation system, district heating, high-temperature hot water, heating system design, heat exchangers, thermal substation layout, BIM, Autodesk Revit, economic analysis, hydraulic scheme, district heating system regulation.

Popis korištenih kratica

K	Kelvin – mjerna jedinica SI sustava za temperaturu
SI	Međunarodni sustav jedinica
°C	Celzijus – mjerna jedinica za temperaturu
kg	kilogram – mjerna jedinica SI sustava za masu
J	Džul – mjerna jedinica SI sustava za energiju
W	Vat - mjerna jedinica SI sustava za snagu
DIN	Deutsches Institut für Normung
m²	Metar kvadratni - mjerna jedinica SI sustava za površinu
m³	Metar kubni - mjerna jedinica SI sustava za volumen
l	litar – 10 ⁻³ m ³
s	Sekunda - mjerna jedinica SI sustava za vrijeme
m	Metar - mjerna jedinica SI sustava za duljinu
mm	Milimetar - 10 ⁻³ metara
m/s	Metar u sekundi - mjerna jedinica SI sustava za brzinu
v	Brzina (m/s)
DN	Nazivni promjer cijevi
kW	Kilowatt - 10 ³ vata
mW	Megawatt - 10 ⁶ vata
Q	Toplinski kapacitet (W)
cp	Specifični toplinski kapacitet (J/kgK)
m	Maseni protok (kg/s)
V	Volumni protok (m ³ /s)
ρ	Gustoća (kg/m ³)
D	Promjer (m)
λ	Faktor trenja (-)
k	Apsolutna hrapavost (m)
m_{uk}	Ukupni maseni protok fluida u danom sistemu (kg/s)
T_{ul}	Temperatura polaza (K)
T_{iz}	Temperatura povrata (K)
ΔT	Razlika polazne i povratne temperature (K)
ΔP	Pad tlaka (kPa)
T_{ul1}	Ulazna temperatura primarne strane izmjenjivača (K)
T_{iz1}	Izlazna temperatura primarne strane izmjenjivača (K)
T_{ul2}	Ulazna temperatura sekundarne strane izmjenjivača (K)
T_{iz2}	Izlazna temperatura sekundarne strane izmjenjivača (K)
ΔT_m	Logaritamska srednja temperaturna razlika (K)
F	Temperaturni korelacijski faktor (-)
P	Termalna efikasnost (-)
R	Omjer toplinskog kapaciteta (-)
U	Koeficijent prijelaza topline (W/m ² K)
A	Potrebna površina prijenosa topline (m ²)
NTU	Broj prijenosnih jedinica (-)
T_{sp}	Srednja temperatura primarne strane izmjenjivača (K)
T_{ss}	Srednja temperatura sekundarne strane izmjenjivača (K)
Pa	Paskal - mjerna jedinica SI sustava za tlak
kPa	Kilo Paskal – 10 ³ Paskala
bar	10 ⁵ Paskala
Pas	Paskal sekunda - mjerna jedinica SI sustava za viskoznost
v	Kinematička viskoznost (m ² /s)

μ	Dinamička viskoznost (Pas)
P	Primarna strana izmjenjivača
S	Sekundarna strana izmjenjivača
D_v	Vanjski promjer cijevi (m)
D_U	Unutarnji promjer cijevi (m)
S_t	Debljina stijenke cijevi (m)
α	Konvekcijski prijenos topline (W/m^2K)
λ	Toplinska vodljivost ($W/m K$)
Cu	Kemijski simbol bakra
Pr	Prandtlov broj (-)
Re	Renoldsov broj (-)
Nu	Nusseltov broj (-)
Ltp	Korak rasporeda cijevi (m)
n	Broj cijevi
D_s	Unutarnji promjer oklopa cijevnog izmjenjivača topline (m)
D_{ctl}	Promjer kruga kroz središta najudaljenijih cijevi snopa cijevi izmjenjivača (m)
P_{bo}	Bruto površina unutar oklopa cijevnog izmjenjivača (m)
P_{no}	Neto površina unutar oklopa cijevnog izmjenjivača (m)
P_u	Unutarnja površina prijenosa topline cijevi (m^2)
P_v	Vanjska površina prijenosa topline cijevi (m^2)
P_{sr}	Efektivna srednja površina prijenosa topline (m^2)
R_v	Vrijednost otpora nečistoće na vanjskoj strani cijevi (m^2K/W)
R_u	Vrijednost otpora nečistoće na unutarnjoj strani cijevi (m^2K/W)
V_{H_2O}	Volumen vode u sistemu (m^3)
L	Duljina (m)
Npl	Broj ploča pločastog izmjenjivača topline (-)
k	Oznaka priključka pločastog izmjenjivača topline (-)
Dp	Dimenzija priključka pločastog izmjenjivača topline (-)
L_v	Visina pločastog izmjenjivača topline (mm)
L_p	Razmak između priključaka pločastog izmjenjivača topline (mm)
W_p	Širina pločastog izmjenjivača topline (mm)
Rf	Otpor nečistoća pločastog izmjenjivača topline (m^2K/W)
D_H	Hidraulički promjer (m)
ζ	Koeficijent otpora (-)
k_v	Karakteristika djelomično otvorenog ventila (-)
k_{vs}	Karakteristika potpuno otvorenog ventila (-)
$k_{v \text{ Min}}$	Minimalna karakteristika djelomično otvorenog ventila (-)
$k_{v \text{ Max}}$	Maksimalna karakteristika djelomično otvorenog ventila (-)
G	Protok (l/s)
$\Delta P_{\text{sek krug}}$	Pad tlaka u sekundarnom krugu (kPa)
ΔP_{vent}	Pad tlaka ventila (kPa)
β	Autoritet ventila (-)
HEX	Oznaka izmjenjivača (-)
P	Oznaka pumpe (-)
V_e	Volumen širenja (l)
V_a	Ukupni volumen vode u sistemu (l)
n	Postotno širenje vode
p_e	Konačni tlak sistema (bar)
br.	Broj
P_p	Efektivna površina prijenosa topline (m^2)
t_{pl}	Debljina ploče (mm)
P_{iz}	Snaga izmjenjivača (kWh)

T_{pr}	Temperatura prostorije (K)
T_{sr}	Prosječna dnevna temperatura (K)
T_{pro}	Projektna temperatura grijanja (K)
η	Stupanj efikasnosti (%)
PTV	Potrošna topla voda
COP	Coefficient of Performance
EUR	Euro - oznaka novčane valute
EX	Ekspanzijska posuda
HS	Hidraulička skretnica
UJ	Upravljačka jedinica
HVAC	Heating, Ventilation, and Air Conditioning
BIM	Building Information Modeling

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Armaturne komponente	3
2.1.	Dimenzioniranje razvoda cjevovoda	3
2.1.1.	<i>Izračun volumnog protoka radne tvari.....</i>	<i>4</i>
2.1.2.	<i>Definiranje radnog raspona brzine strujanja i pada tlaka.....</i>	<i>5</i>
2.1.3.	<i>Odabir standardne dimenzije cjevovoda.....</i>	<i>5</i>
2.1.4.	<i>Proračun stvarne brzine strujanja i pada tlaka.....</i>	<i>6</i>
2.1.5.	<i>Proračun temperature povrata glavnog cjevovoda.....</i>	<i>8</i>
2.2.	Izmjenjivači topline	10
2.3.	Cijevni izmjenjivač topline	11
2.3.1.	<i>Toplinski kapacitet cijevnog izmjenjivača topline.....</i>	<i>12</i>
2.3.2.	<i>Logaritamska srednja temperaturna razlika</i>	<i>13</i>
2.3.3.	<i>Temperaturni korelacijski faktor.....</i>	<i>14</i>
2.3.4.	<i>Provjera broja oklopa</i>	<i>16</i>
2.3.5.	<i>Koeficijent prijelaza topline</i>	<i>17</i>
2.3.6.	<i>Određivanje potrebne površine prijenosa topline.....</i>	<i>24</i>
2.3.7.	<i>Određivanje volumena vode.....</i>	<i>24</i>
2.3.8.	<i>Određivanje pada tlaka u cijevnom izmjenjivaču topline.....</i>	<i>25</i>
2.4.	Pločasti izmjenjivači	26
2.4.1.	<i>Proračun 300 kW pločastog izmjenjivača topline.....</i>	<i>28</i>
2.4.2.	<i>Proračun 2500 kW pločastog izmjenjivača topline.....</i>	<i>35</i>
2.5.	Hidrauličke skretnice.....	38
2.6.	Odabir razdjelnika i sabirnika	39
2.7.	Kalorimetar.....	41
2.8.	Izračun padova tlaka u sistemu grijanja	43
2.9.	Odabir troputnih ventila	45
2.10.	Odabir balansirajućih ventila	48
2.11.	Odabir cirkulacijskih pumpi	50
2.12.	Odabir ekspanzijskih posuda.....	52
2.13.	Odabir sigurnosnih ventila	55
3.	Regulacija	56
3.1.	Komponente regulacije	58
3.2.	Regulacija miješanjem	61
3.3.	Regulacija direktnog tipa toplinske podstanice.....	63
4.	Dispozicija opreme	64
4.1.	Revit	64
4.2.	Pregled dispozicija podstanica	65
5.	Ekonomska analiza sistema grijanja	67
5.1.	Usporedba troška rada toplinske podstanice prema energentu	71
6.	Zaključak.....	73
7.	Literatura.....	74
8.	Popis slika	76

9.	Popis tablica	77
10.	Prilozi	78
1)	Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 300 kW [7].....	78
2)	Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 2500 kW [8].....	78
3)	Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-1 [7]	78
4)	Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-2 [7]	78
5)	Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN350 [10].....	78
6)	Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN300 [10].....	78
7)	Tehnička specifikacija pumpi P1 & P2 [17]	78
8)	Tehnička specifikacija pumpe P3 [17]	78
9)	Tehnička specifikacija pumpe P4 [17]	78
10)	Tehnička specifikacija pumpe P5 [17]	78
11)	Tehnička specifikacija pumpe P6 [17]	78
12)	Tehnička specifikacija pumpe P7 [17]	78
13)	Tehnička specifikacija pumpi P8 & P9 [17]	78
14)	Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-1 [7].....	78
15)	Tehnička specifikacija upravljačke jedinice UJ-1 & UJ-2 [7]	78
16)	Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-PTV [7]	78
17)	Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-2 [7].....	78
18)	Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-3 [7].....	78
19)	Tehnička specifikacija sigurnosnih ventila [18].....	78
20)	Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor] 78	
21)	Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor] 78	
22)	Hidraulička shema direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor].....	78
23)	Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]	78
24)	Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor].....	78
25)	Dispozicija direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor].....	78
26)	Izjava o autorstvu	78

1. Uvod

Sustav grijanje stambenih i poslovnih građevina predstavlja ključnu komponentu energetskog sustava svakog objekta. Jedan od mogućih načina izvedbe sustava grijanja objekata je korištenje toplinskih podstanica koje se priključuju na centralne stanice sustava grijanja.

Toplinske podstanice funkcioniraju kao međupostaje između centralne stanice koja proizvodi toplinsku energiju i krajnjih korisnika koji tu energiju koriste za grijanje prostora i PTV (pripremu potrošne tople vode). Upotrebom jedne centralne toplinske stanice sa više toplinskih podstanica omogućava se centralizirano upravljanje i distribuciju toplinske energije, što doprinosi učinkovitijem i ekonomičnijem sustavu grijanja.

Postoje dva osnovna tipa toplinskih podstanica direktni i indirektni tip. Ovisno o projektantskim uvjetima, te zahtjevima investitora oba tipa se mogu primijeniti u praksi. Toplinske podstanice se sastoje od različitih armaturnih komponenata koje omogućuju pravilan prijenos i distribuciju toplinske energije unutar sustava grijanja, uz pravilnu regulaciju sistema.

Jedan od najčešćih izvora energije toplinske podstanice je energija iz toplovodnog vrelovoda. Projektiranje toplinskih podstanica koje se priključuju na vrelovod iziskuje pažljivo razmatranje raznih parametara kako bi se osigurao učinkovit, pouzdan, ekonomičan i siguran rad sustava grijanja.

U nastavku ovog rada detaljno će se razmotriti direktni i dva indirektna tipa toplinskih podstanica priključenih na vrelovodnu mrežu na lokaciji Osijek. Obje izvedbe sustava toplinske podstanice imaju kapacitet 2,8 MWh. Temperaturni režimi koje je potrebno postići unutar toplinskih podstanica su 80/60°C, statički tlak sekundarnog sustava 1,8 bar, te se energija raspodjeljuje na toplinske potrošače različitih toplinskih kapaciteta: 1,0 MWh, 0,8 MWh i 0,7 MWh. Za svaki tip toplinske podstanice objašnjen je pravilan odabir svih armaturnih komponenata, te njihova uloga u sustavu hidrauličkom sustavu grijanja.

Grijanje objekta na lokaciji Osijek se provodi od početka listopada do sredine travnja što predstavlja radni period u godini u kojem toplinska podstanica radi.

Svrha ovog rada je analizirati prednosti i nedostatke direktnog i indirektnog sustava toplinske podstanice te predložiti optimalno rješenje koje će osigurati maksimalnu energetsku učinkovitost

i ekonomičnost. Cilj je pružiti cjelovitu sliku mogućih rješenja za grijanje stambenih zgrada, uzimajući u obzir energetske, ekonomske i sigurnosne aspekte sustava grijanja.

Struktura rada u nastavku organizirana je na sljedeći način: U prvom dijelu razmatraju se osnovni pojmovi i komponente toplinskih podstanica. Drugi dio posvećen je detaljnom opisu metodologije projektiranja, uključujući izbor i dimenzioniranje opreme. Treći dio analizira ekonomske aspekte i troškove svakog tipa sustava zasebno, dok četvrti dio pruža rezultate analize te uspoređuje direktni i indirektni sustav. Na kraju, rad završava zaključcima i preporukama za optimalno rješenje.

Izvori podataka korišteni u radu uključuju stručnu literaturu, tehničke specifikacije opreme, te relevantne norme i standarde. Podaci su prikupljeni putem pregledavanja dostupne literature, konzultacija s mentorom i stručnjacima iz industrije, te primjenom softverskih alata za projektiranje toplinskih sustava. Načini obrade podataka uključuju analitičke metode, simulacije i usporedbe različitih rješenja kako bi se odabrala najefikasnija opcija.

Kroz ovaj rad, čitatelj će biti uveden u kompleksnost projektiranja toplinskih podstanica, te će steći uvid u ključne faktore koji utječu na učinkovitost i ekonomičnost sustava grijanja.

2. Armaturne komponente

Armatura komponente toplinske podstanice sistema grijanja su uređaji i elementi koji omogućuju pravilan prijenos i distribuciju toplinske energije iz centralne stanice do podstanice pa sve do krajnjih korisnika, kao što su stambene ili poslovne zgrade.

Glavne armature komponente toplinske podstanice su

- Senzori i mjerni armaturni elementi
- Izmjenjivači topline
- Sigurnosna armatura
- Ventili i regulatori
- Cirkulacijske pumpe
- Ostala oprema

Način dimenzioniranja i odabira svih prethodno navedenih elemenata za 3 tipa toplinske podstanice objašnjen je u nastavku ovog poglavlja.

2.1. Dimenzioniranje razvoda cjevovoda

Pravilno dimenzioniranje cjevovoda prilikom projektiranja predstavlja ključan aspekt koji treba ispravno provesti kako bi se postigao što je efikasniji i ekonomičniji sustav grijanja. Pravilnim dimenzioniranjem cjevovoda osigurava se optimalna distribucija topline s minimalnim gubicima energije i tlaka u sistemu, što direktno pospješuje ekonomičnost sustava.

Q(kW)	cp (J/kgK)	ΔT (K)	m (kg/s)	V(m ³ /s)	V(m ³ /h)	Odabrana brzina strujanja v (m/s)	D (m)	Odabrani standardni cijevovod	Vanjski promjer (mm)	Debljina stijenke (mm)	Unutarnji promjer (mm)	Stvarna brzina strujanja v (m/s)	Pad tlaka po metru (Pa/m)
2800	4,2	40	16,67	0,02	60,00	1,5	0,12	DN125	139,7	4,05	131,6	1,23	100
2800	4,2	20	33,33	0,03	120,00	1,5	0,17	DN200	219,1	4,55	210	0,96	35
2500	4,2	40	14,88	0,01	53,57	1,5	0,11	DN125	139,7	4,05	131,6	1,09	80
2500	4,2	20	29,76	0,03	107,14	1,5	0,16	DN150	165,1	4,55	156	1,56	128
1000	4,2	60	3,97	0,00	14,29	0,8	0,08	DN80	88,9	4,05	80,8	0,77	75
800	4,2	65	2,93	0,00	10,55	0,8	0,07	DN65	76,1	3,65	68,8	0,79	95
700	4,2	50	3,33	0,00	12,00	0,8	0,07	DN65	76,1	3,65	68,8	0,90	120
300	4,2	50	1,43	0,00	5,14	0,8	0,05	DN50	60,3	3,65	53	0,65	90
300	4,2	40	1,79	0,00	6,43	0,8	0,05	DN50	60,3	3,65	53	0,81	137
150	4,2	50	0,71	0,00	2,57	0,8	0,03	DN40	48,3	3,25	41,8	0,52	80

Napomena:
 -Standardne dimenzije cijevovoda uzete su prema standardu DIN EN 10255
 -Izračun pada tlaka izveden je po Colebrook-Whiteove Formuli

Tablica 1 Dimenzioniranje cjevovoda [autor]

U tablici 1. prikazan je provedeni postupak dimenzioniranja cjevovoda. Odabrani su čelični cjevovodi, te su dimenzionirani prema pravilima struke.

Postupak je u potpunosti objašnjen u nastavku ovog rada u nekoliko osnovnih koraka:

1. Izračun volumnog protoka radne tvari
2. Definiranje radnog raspona brzine strujanja i pada tlaka
3. Odabir standardne dimenzije cjevovoda
4. Proračun stvarne brzine strujanja i pada tlaka
5. Proračun temperature povrata glavnog cjevovoda

2.1.1. Izračun volumnog protoka radne tvari

Izračun volumnog protoka radne tvari temelji se na formuli za izračun prijenosa topline koja se prenosi prilikom promjene temperature nekog tijela:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (1)$$

Gdje je:

Q = Toplinski učin (W)

\dot{m} = maseni protok (kg/s)

c_p = specifični toplinski kapacitet (J/kg · K)

U prvom koraku izračunava se maseni protok na temelju prethodno navedene formule za prijenos topline iz sljedećeg izraza:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \rightarrow \dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta T} \quad (2)$$

Nakon dobivenog masenog protoka proračunava se volumni protok prema izrazu:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (3)$$

Gdje je:

\dot{V} = volumni protok (m³/s)

\dot{m} = maseni protok (kg/s)

ρ = gustoća fluida (kg/m³) → gustoća vode ≈ 1000 kg/m³

2.1.2. Definiranje radnog raspona brzine strujanja i pada tlaka

Radni raspon brzine strujanja i pada tlak definiran je na temelju tablice 2 prikazane u nastavku. Dimenzioniranje razvodne mreže cjevovoda temelji se na uzimanju u obzir brzine strujanja i pada tlaka fluida unutar cjevovoda, s ciljem postizanja optimalne ravnoteže između početnih investicijskih troškova i operativnih troškova.

do DN 80	$\Delta p_R = 100 \text{ Pa/m}$	$w = 0,25 \text{ do } 1,0^{(2)} \text{ m/s}$
DN 100 do DN 200	$\Delta p_R = 70 \text{ Pa/m}$	$w = 0,9 \text{ do } 1,5^{(2)} \text{ m/s}$
DN 250 do DN 500	$\Delta p_R = 50 \text{ Pa/m}$	$w = 1,2 \text{ do } 2,0^{(2)} \text{ m/s}$

Tablica 2 Smjernice za dimenzioniranje cjevovoda [1]

2.1.3. Odabir standardne dimenzije cjevovoda

Na temelju prethodno dobivenog volumnog protoka i prethodno definirane brzine izračunava se minimalni promjer cjevovoda po izrazu:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot v}} \quad (4)$$

Gdje je:

D = minimalni promjer cijevovoda (m)

\dot{V} = volumni protok (m^3/s)

v = brzina strujanja fluida (m/s)

Nakon svih prethodno provedenih proračuna definiranih u ovom poglavlju, odabira se standardna dimenzija čeličnih cjevovoda prema standardu DIN EN 10255. Određuje se unutarnji promjer cijevi te se izračunavaju stvarna brzina strujanja fluida u cjevovodu i stvarni pad tlaka po metru cjevovoda

2.1.4. Proračun stvarne brzine strujanja i pada tlaka

Stvarna brzina strujanja fluida razlikuje se od prethodno definirane brzine strujanja fluida u poglavlju 2.1.2. Ova razlika proizlazi iz činjenice da su odabrani standardni cjevovodi s većim promjerom od izračunatog, što rezultira nižom brzinom unutar cjevovoda. Stvarna brzina mora se ponovno izračunati prema sljedećem izrazu:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot v}} \rightarrow v = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot D^2} \quad (5)$$

Pad tlaka u cjevovodu izračunan je prema Colebrook-Whiteov-oj formuli i Darcy-Weisbachov-oj formuli.

Colebrook-Whiteov-a formula predstavlja temelj za određivanje faktora trenja, koji je neophodan za izračun pada tlaka u turbulentnom strujanju fluida unutar cjevovoda. Faktor trenja kod turbulentnog strujanja unutar cjevovoda ovisi o apsolutnoj hrapavosti cjevovoda, te Reynoldsovu broju. Colebrook-Whiteov-a formula za izračun faktora trenja glasi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log\left(\frac{k/D}{3,7} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}}\right) \quad (6)$$

Gdje je:

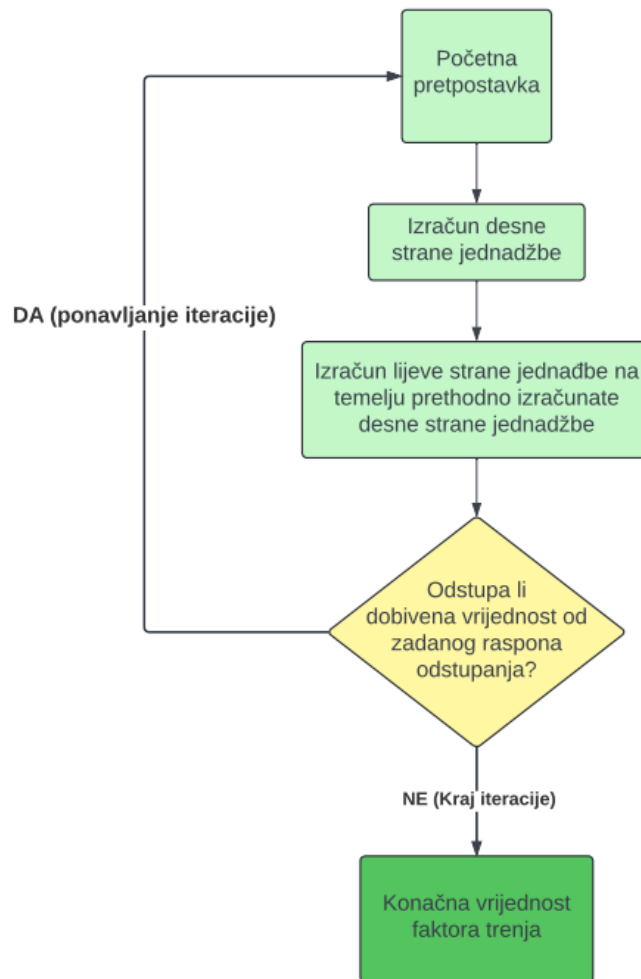
D = promjer cijevovoda (m)

λ = faktor trenja (-)

k = apsolutna hrapavost cijevi (m)

Re=Reynoldsov broj (-)

Colebrook-Whiteov-a formula ima implicitni oblik pošto se faktor trenja pojavljuje s obje strane jednadžbe, te samim time mora biti riješena iterativnim postupkom u nekoliko koraka prikazanih u dijagramu tijekom na slici 2.1.



Slika 2.1 Dijagram tijeka rješavanja Colebrook - Whiteov-e formule [autor]

Dobiveni faktor trenja iz Colebrook-Whiteov-e formule uvrštava se u Darcy-Weisbachovu formulu i izračunava se pad tlaka po metru cjevovoda. Darcy-Weisbachov-a formula glasi:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (7)$$

Gdje je:

D = promjer cijevovoda (m)

λ = faktro trenja (-)

ρ = gustoća fluida (kg/m^m)

v =brzina fluida (m/s)

2.1.5. Proračun temperature povrata glavnog cjevovoda

U ovome radu zadani je podatak o režimu rada sekundarnog kruga $\leq 80/60^\circ C$ temperatura polaza uzeta je $80^\circ C$, a temperaturu povrata potrebno je izračunati prema formuli za očuvanje energije:

$$m_{uk} \cdot \Delta T = m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_2 + m_3 \cdot \Delta T_3 + \dots + m_n \cdot \Delta T_n \quad (8)$$

Gdje je:

- m_{uk} : Ukupni maseni protok fluida u danom sistema.
- ΔT : Promjena temperature između povrata i polaza danog sistema.
- m_n : Maseni protok fluida n grane sistema.
- ΔT_n : Promjena temperature između povrata i polaza n grane sistema.

Imamo dva različita razdjelnika i sabirnika u ovome radu pa prema tome imamo i različite temperature povrata koje je potrebno izračunati iz slijedećih podataka:

$$m_{uk} = 33,33 \text{ kg / s}$$

$$m_1 = 3.97 \text{ kg / s}$$

$$\Delta T_1 = 60 \text{ K}$$

$$m_2 = 2.93 \text{ kg / s}$$

$$\Delta T_2 = 65 \text{ K}$$

$$m_3 = 3.33 \text{ kg / s}$$

$$\Delta T_3 = 50 \text{ K}$$

$$m_4 = 1.43 \text{ kg / s}$$

$$\Delta T_4 = 60 \text{ K}$$

Iz navedenih podataka provodi se proračun temperature povrata za shemu direktnog sustava i shemu s cijevnim izmjenjivačem topline.

- Shema direktnog sustava:
 - Izračun ΔT :

$$m_{uk} \cdot \Delta T = m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_1 + m_3 \cdot \Delta T + m_4 \cdot \Delta T_1$$

$$\Delta T = \frac{m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_1 + m_3 \cdot \Delta T + m_4 \cdot \Delta T_1}{m_{uk}}$$

$$\Delta T = 20.43 \text{ K}$$

- Izračun temperature povrata T_{ul_2} :

$$T_{iz_2} = 80 \text{ K}$$

$$\Delta T = T_{iz_2} - T_{ul_2} \rightarrow T_{ul_2} = T_{iz_2} - \Delta T$$

$$T_{ul_2} = 332.72 \text{ K} \rightarrow T_{ul_2} = 59.57 \text{ }^\circ\text{C}$$

Gdje je:

$$T_{iz_2} = \text{temperatura polaza}$$

$$T_{ul_2} = \text{temperatura povrata}$$

Kod sheme s pločastim izmjenjivačem topline sistem za PTV je odvojen s zasebnim izmjenjivačem te samim time on ne ulazi u proračun temperature povrata koji je izveden u nastavku:

- Izračun $\Delta T'$:

$$m_{uk}' = 29.86 \text{ kg/s}$$

$$m_{uk}' \cdot \Delta T' = m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_1 + m_3 \cdot \Delta T$$

$$\Delta T' = \frac{m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_1 + m_3 \cdot \Delta T}{m_{uk}'}$$

$$\Delta T' = 19.93 \text{ K}$$

- Izračun temperature povrata T_{ul_2} :

$$T_{iz_2}' = 80 \text{ K}$$

$$\Delta T' = T_{iz_2}' - T_{ul_2}' \rightarrow T_{ul_2}' = T_{iz_2}' - \Delta T'$$

$$T_{ul_2}' = 333.22 \text{ K} \rightarrow T_{ul_2}' = 60.07 \text{ }^\circ\text{C}$$

U cilju pojednostavnjenja procesa proračuna te uzimajući u obzir minimalnu devijaciju između izračunatih i postavljenih vrijednosti, zaokružiti će se obje vrijednosti povrata na $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.2. Izmjenjivači topline

Izmjenjivači topline su ključne termotehničke komponente koje se koriste za prijenos termalne energije između dva ili više fluida različitih fizikalnih i termalnih karakteristika. U većini izmjenjivača topline fluidi su odvojeni površinom za prijenos topline koja ujedno služi kao barijera koja sprečava međusobno miješanje fluida. Izmjenjivači topline nalaze svoju primjenu u procesnoj, energetsnoj, naftnoj, transportnoj industriji, koriste se u sustavima grijanja, hlađenja, rekuperacije, itd.

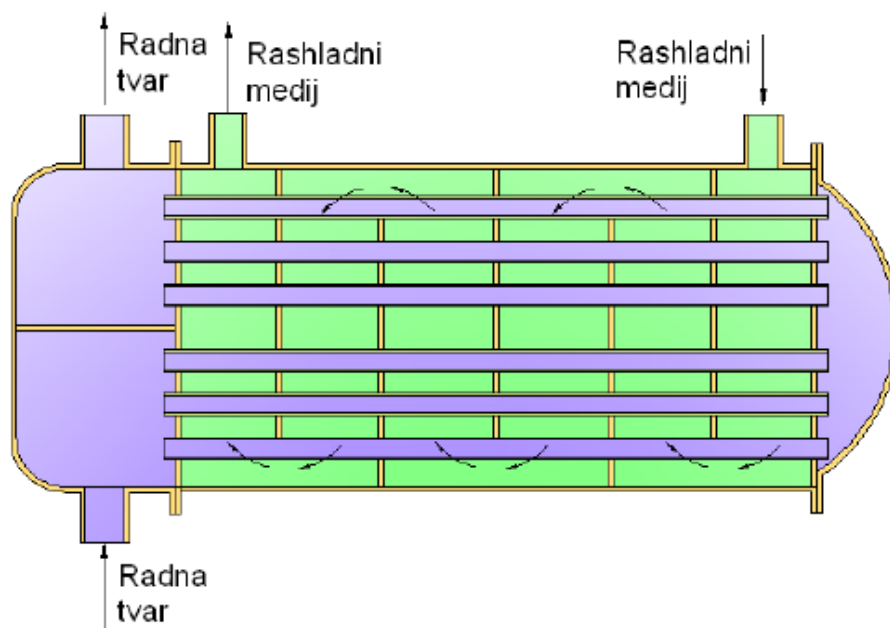
Postoje različite izvedbe izmjenjivača topline kao što su:

- Cijevni izmjenjivač topline
- Pločasti izmjenjivač topline
- Spiralni izmjenjivač topline
- Izmjenjivač topline s prisilnim protokom
- Regenerativni izmjenjivač topline
- Kondenzatori i isparivači

Od svih prethodno navedenih izmjenjivača najzastupljeniji su cijevni i pločasti izmjenjivači topline koji su i dio ovoga rada.

2.3. Cijevni izmjenjivač topline

Klasični cijevni tip izmjenjivača topline prikazan je na slici 2.2. Ovaj tip izmjenjivača topline dominantan je u sektoru procesne industrije. Koriste se zbog jednostavnosti dizajna i učinkovitosti prijenosa topline. Konstrukcijski gledano, ovaj tip izmjenjivača se sastoji od cilindričnog oklopa koji služi kao vanjska zaštita i skup cijevi smještenih unutar tog oklopa. Toplina se izmjenjuje između dva fluida koji su međusobno odvojeni. Jedan fluid teče unutar cijevi, a drugi teče oko cijevi koje se nalaze unutar oklopa izmjenjivača.



Slika 2.2 Cijevni izmjenjivač topline [2]

U nastavku proveden je proračun cijevnog izmjenjivača topline po Bell-ovoj metodi. Odabrani je protusmjerni tip izmjenjivača topline, s jednim prolazom. Zadani parametri za izračun cijevnog izmjenjivača topline su:

$$\rightarrow Q = 2,8MW = 2800 \text{ kW}$$

$$\rightarrow c_p = 4,186 \text{ J/kgK}$$

Temperaturni režimi rada primarne strane:

$$\rightarrow T_{ul_1} = T_1 = 130 \text{ K}$$

$$\rightarrow T_{iz_1} = T_2 = 90 \text{ K}$$

Temperaturni režimi rada sekundarne strane:

$$\rightarrow T_{ul_2} = t_1 = 60 \text{ K}$$

$$\rightarrow T_{iz_2} = t_2 = 80 \text{ K}$$

Proračun je proveden kroz nekoliko osnovnih koraka:

1. Određivanje toplinskog kapaciteta (Q)
2. Izračun logaritamske srednje temperaturne razlike (ΔT_m)
3. Izračun temperaturnog korelacijskog faktora (F)
4. Provjera broja oklopa
5. Određivanje koeficijenta prijelaza topline (U)
6. Određivanje potrebne površine prijenosa topline (A)
7. Određivanje volumena vode
8. Određivanje pada tlaka

2.3.1. Toplinski kapacitet cijevnog izmjenjivača topline

Određivanje toplinskog kapaciteta cijevnog izmjenjivača topline uobičajeno se provodi proračunom potrebnog toplinskog kapaciteta koji mora zadovoljiti cijevni izmjenjivač topline, ali u ovome radu zadan je kapacitet od 2800 kW, te stoga navedeni proračun nije potrebno izvesti. Formula za izračun potrebnog toplinskog kapaciteta glasi:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (9)$$

Gdje je:

- Q - toplinski kapacitet (W),
- \dot{m} - maseni protok fluida (kg/s),
- c_p - specifični toplinski kapacitet fluida (J/kg·K),
- ΔT - temperaturna razlika između ulaza i izlaza fluida (K)

2.3.2. Logaritamska srednja temperaturna razlika

Logaritamska srednja temperaturna razlika je razlika temperatura između dva fluida koji sudjeluju u prijenosu topline unutar izmjenjivača topline. Temelji se na logaritamskoj funkciji i omogućava točnije izračune u usporedbi s aritmetičkom vrijednošću temperaturnih razlika.

Logaritamska srednja temperaturna razlika je posebno korisna kod analize učinkovitosti izmjenjivača topline jer uzima u obzir varijacije u temperaturnim razlikama duž izmjenjivača, pružajući precizniji prikaz stvarnih uvjeta prijenosa topline. Izračun logaritamske srednje temperaturne razlike provodi se prema izrazu:

$$\Delta T_m = \frac{(T_{ul_1} - T_{iz_2}) - (T_{iz_1} - T_{ul_2})}{\ln\left(\frac{T_{ul_1} - T_{iz_2}}{T_{iz_1} - T_{ul_2}}\right)} \quad (10)$$

Gdje je:

- ΔT_m - logaritamska srednja temperaturna razlika (K),
- T_{ul_1} - temperatura primarnog fluida na ulazu (K),
- T_{iz_1} - temperatura primarnog fluida na izlazu (K),
- T_{ul_2} - temperatura sekundarnog fluida na ulazu (K),
- T_{iz_2} - temperatura sekundarnog fluida na izlazu (K)

Prema prethodno navedenoj formuli dobiven je podatak da logaritamska srednja temperaturna razlika iznosi: $\Delta T_m = 39.1523$ K

2.3.3. Temperaturni korelacijski faktor

Temperaturni korelacijski faktor, označen kao F , predstavlja bez dimenzijsku jedinicu koja se koristi za korekciju logaritamske srednje razlike temperatura kako bi se adekvatno uzeli u obzir ne idealni uvjeti strujanja fluida u stvarnim primjenama izmjenjivača topline. Temperaturni korelacijski faktor se dobiva na način da se prethodno odrede slijedeći faktori:

- Termalna efikasnost P
- Omjer toplinskog kapaciteta R
- Broj prijenosnih jedinica NTU

Termalna efikasnost dobiva se prema izrazu:

$$P = \frac{(T_{iz_2} - T_{ul_2})}{(T_{ul_1} - T_{ul_2})} \quad (11)$$

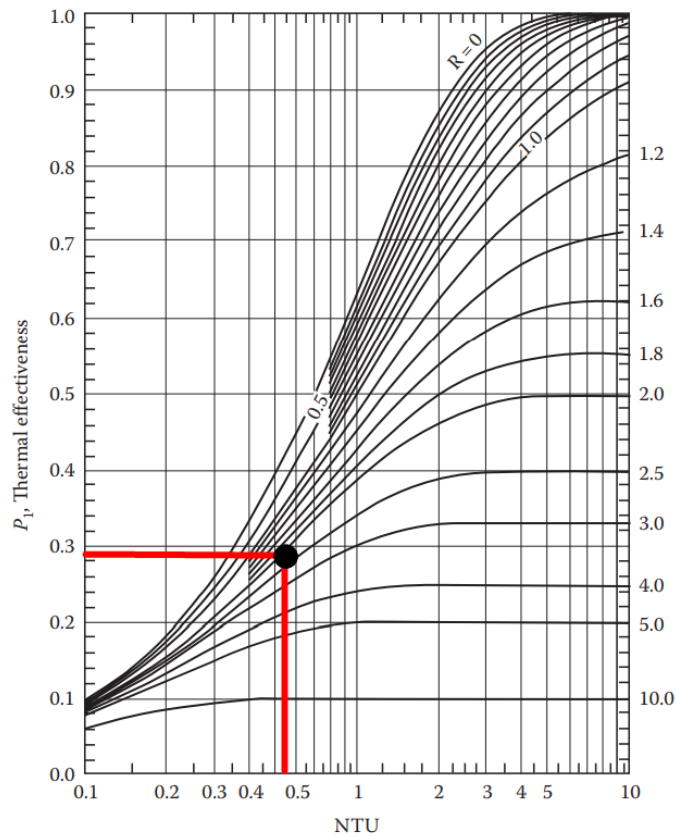
Iz prethodnog izraza dobivena je termalna efikasnost: $P = 0.29$.

Omjer toplinskog kapaciteta dobiva se prema izrazu:

$$R = \frac{(T_{ul_1} - T_{iz_1})}{(T_{iz_2} - T_{ul_2})} \quad (12)$$

Iz prethodnog izraza dobiven je omjer toplinskog kapaciteta: $R = 2$

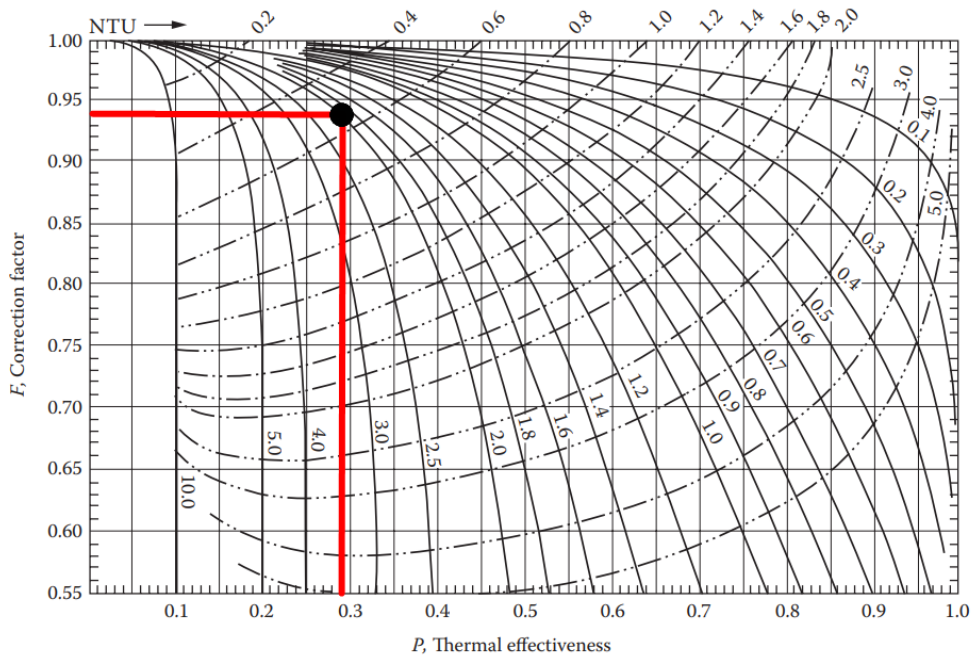
Na temelju prethodno dobivenih vrijednosti P i R određuje se broj prijenosnih jedinica grafičkom metodom. Grafička metoda se provodi prema grafu prikazanom na slici 2.3.



Slika 2.3 R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač [3]

Na temelju grafa određen je broj prijenosnih jedinica: $NTU = 0.48$

Temperaturni korelacijski faktor F određuje grafičkom metodom prema grafu prikazanom na slici 2.4.



Slika 2.4 F-R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač topline [3]

Na temelju grafa određen je temperaturni korelacijski faktor: $F = 0.94$

2.3.4. Provjera broja oklopa

U sljedećem koraku potrebno je provjeriti je li jedan oklop dovoljan za rad ovog cijevnog izmjenjivača topline. Ako izračun dobije vrijednost manja ili jednaka 1, tada je jedan oklop dovoljan za rad izmjenjivača topline. Ako se dobije vrijednost veće od 1, potrebno je povećati broj oklopa ili prilagoditi dizajn izmjenjivača topline.

Provjera se provodi prema izrazima:

$$\begin{aligned}2 \cdot Tiz_2 &\geq Tul_2 + Tiz_1 \\2 \cdot Tiz_1 &\leq Tul_1 + Tiz_2\end{aligned}\tag{13}$$

Provjera broja oklop:

$$\begin{aligned}2 \cdot Tiz_2 &\geq Tul_2 + Tiz_1 \rightarrow 2 \cdot 80 \geq 60 + 90 \\&\rightarrow 160 \geq 150 \\2 \cdot Tiz_1 &\leq Tul_1 + Tiz_2 \rightarrow 2 \cdot 90 \geq 130 + 80 \\&\rightarrow 180 \leq 210\end{aligned}$$

Iz proveden provjere broja oklopa izveden je zaključak da je jedan oklop dovoljna za rad ovog cijevnog izmjenjivača

2.3.5. Koeficijent prijelaza topline

U slijedećem koraku potrebno je odraditi koeficijent prijelaza topline u svrhu definiranja odgovarajućih dimenzija u slijedećem koraku. Kako bi odredili navedeni podatak potrebni su nam podaci o fizikalnim svojstvima pothlađene vode za srednje temperature primarne i sekundarne strane izmjenjivača, te je potrebno izabrati odgovarajući dijametar cijevi kroz koji će teći fluid:

- Fizikalna svojstva primarne strana izmjenjivača [4]:

$$T_{sp} = \frac{(T_{ul1} + T_{iz1})}{2} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} T_{sp} = 110 \text{ K} &\rightarrow \rho_p = 951.02 \text{ kg/m}^3 \\ &\rightarrow \lambda_p = 0,68172 \text{ W/mK} \\ &\rightarrow cp_p = 4,2302 \text{ kJ/kgK} \\ &\rightarrow \mu_p \cdot 10^6 = 254.71 \text{ Pas} \\ &\rightarrow Pr_p = 1.5805 \\ &\rightarrow \nu_p = \mu_p / \rho_p = 0.2678 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Fizikalna svojstva sekundarne strana izmjenjivača [4]:

$$T_{ss} = \frac{(T_{ul2} + T_{iz2})}{2} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} T_{sp} = 70 \text{ K} &\rightarrow \rho_s = 977.80 \text{ kg/m}^3 \\ &\rightarrow \lambda_s = 0,66319 \text{ W/mK} \\ &\rightarrow cp_s = 4,1879 \text{ kJ/kgK} \\ &\rightarrow \mu_s \cdot 10^6 = 403.93 \text{ Pas} \\ &\rightarrow Pr_s = 2.5507 \\ &\rightarrow \nu_s = \mu_p / \rho_p = 0.4131 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Odabrana je bakrena cijev prema normi EN ISO 1057 [5]:

$$\begin{aligned} D_v &= 0.028 \text{ m} \\ S_i &= 0.001 \text{ m} \\ D_u &= 0.026 \text{ m} \\ \lambda_{cu} &= 401 \text{ W/mK} \end{aligned}$$

Dimenzija cjevovoda unutar cijevnog izmjenjivača topline bira se na temelju brzine strujanja fluida na način da brzina strujanja fluida u cjevovodu bude između 0.9-2.4 m/s, a na vanjskoj strani cjevovoda da brzina strujanja bude između 0.6-1.5 m/s. [1]

Na temelju navedenih podataka izračunavaju se maseni protoci primarne i sekundarne strane \dot{m}_p i \dot{m}_s prema izrazu za izračun potrebnog toplinskog kapaciteta :

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \rightarrow \dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta T} \quad (16)$$

Iz prethodnog izraza dobiveni su slijedeći podaci za masene protoke:

$$\dot{m}_p = 16.54768 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_s = 33.42964 \text{ kg/s}$$

U nastavku je proveden izračun konvekcijskog prijenosa topline na sekundarnoj strani izmjenjivača u 5 koraka:

1) Izračun potrebnog broja cijevi n_s :

odabrani početni $v_s = 1.5 \text{ m/s}$

$$v_s = \frac{\dot{m}_s}{\rho_s \cdot A_s} = \frac{\dot{m}_s}{\rho_s \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_s^2} \rightarrow D_s = \sqrt{\frac{\dot{m}_s}{\rho_s \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot v_s}} \rightarrow D_s = 0.17035 \text{ m} \quad (17)$$

$$P_s = \frac{D_s^2 \cdot \pi}{4} \rightarrow P_s = 0.02279 \text{ m}^2 \quad (18)$$

$$P_s = n_s \cdot \frac{D_u^2 \cdot \pi}{4} \rightarrow n_s = \frac{4P}{D_u^2 \cdot \pi} \rightarrow n_s \approx 43 \text{ cijevi}$$

2) Izračun stvarne brzine strujanja fluida u cjevovodu v_s :

$$v_s = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_u^2 \cdot n_s \right)} \rightarrow v_s = 1.49 \text{ m/s} \quad (19)$$

3) Izračun Reynoldsovog broja Re_s :

$$Re_s = \frac{v_s \cdot D_u}{\nu_s} \rightarrow Re_s = 93778.75 \quad (20)$$

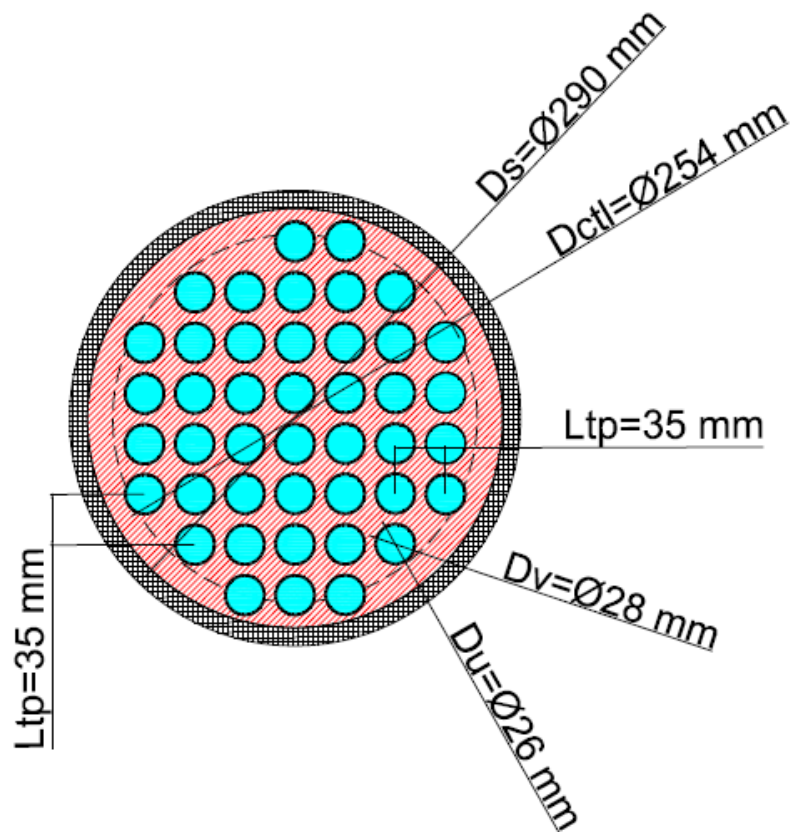
4) Izračun Nusseltovog broja za turbulentno strujanje:

$$Nu_s = 0.023 \cdot Re_s^{0.8} \cdot Pr_s^{0.4} \rightarrow Nu_s = 317.74 \quad (21)$$

5) Izračun koeficijenta konvektivnog prijenosa topline sekundarne strane izmjenjivača:

$$\alpha_s = \frac{\lambda_s}{D_u} \cdot Nu_s \rightarrow h_s = 8104.69 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (22)$$

Na slici 2.5 dizajniran je konceptualni prikaz poprečnog presjeka cijevnog izmjenjivača topline. Ovaj prikaz omogućava razumijevanje strukture i rasporeda cijevi unutar izmjenjivača, te je napravljen s razlogom da se u nastavku može provesti proračun konvektivnog prijenosa topline primarne strane cijevnog izmjenjivača topline.



Slika 2.5 Kvadratni raspored cijevi unutar cijevnog izmjenjivača topline [autor]

Navedeni prikaz na slici 2.5 izveden je na temelju slijedećih parametara:

- Broj cijevi:
 - $n_s = 43$ cijevi
- Dimenzije bakrenih cijevi u oklopu cijevnog izmjenjivača topline:
 - $D_v = 0.028m$
 - $D_u = 0.026m$
- Odabrani raspored cijevi:
 - kvadratni
- Korak rasporeda cijevi:
 - Korak rasporeda cijevi L_{tp} u izmjenjivaču topline iznosi 1.25-1.33 D . [5]

$$\begin{aligned}
 L_{tp} &= D_v \cdot 1.25 \\
 L_{tp} &= 0.035 \text{ mm}
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

Na temelju prethodno navedenih informacija nacrtan je raspored cijevi prikazan na slici 2.4, te je utvrđen:

- minimalni unutarnji promjer oklopa: $D_s = 0.290$ m
- promjer kruga kroz središta najudaljenijih cijevi snopa cijevi:
 $D_{ctl} = 0.254$ m

Pomoću dobivenog podatka D_s utvrđuje se bruto površina (P_{bo}) unutar oklopa izmjenjivača:

$$P_{bo} = D_s^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad (24)$$

$$P_{bo} = 0.0661 \text{ m}^2$$

Na temelju bruto površine i površine koju zauzimaju bakrene cijevi dobiva se vrijednost neto površine (P_{no}) unutar oklopa izmjenjivača u kojem se nalazi fluid iz primarnog kruga izmjenjivača:

$$P_{no} = P_{bo} - n_s \cdot \frac{D_v^2 \cdot \pi}{4} \quad (25)$$

$$P_{no} = 0.0396 \text{ m}^2$$

Na temelju dobivene neto površine provodi se proračun konvekcijskog prijenosa topline na primarnoj strani izmjenjivača u 4 koraka:

1. Izračun brzine strujanja fluida u cjevovodu v_p :

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{no}}{\pi}} \rightarrow D_p = 0.2245 \text{ m} \quad (26)$$

$$v_p = \frac{\dot{m}_p}{\rho_p \cdot A} = \frac{\dot{m}_p}{\rho_p \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_p^2} \rightarrow v_p = 0.44 \text{ m/s}$$

2. Izračun Reynoldsovog broja Re_p :

$$Re_p = \frac{v_p \cdot D_p}{\nu_p} \rightarrow Re_p = 368857.3652 \quad (27)$$

3. Izračun Nusseltovog broja za turbulentno strujanje:

$$Nu_p = 0.023 \cdot Re_p^{0.8} \cdot Pr_p^{0.4} \rightarrow Nu_p = 784.75 \quad (28)$$

4. Izračun koeficijenta konvektivnog prijenosa topline primarne strane izmjenjivača:

$$\alpha_p = \frac{\lambda_p}{D_p} \cdot Nu_p \rightarrow h_p = 2382.98 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (29)$$

U slijedećem koraku proračunan je ukupni koeficijent prijenosa topline cijevnog izmjenjivača topline. U svrhu proračuna navedenog podatka potrebni su nam slijedeći podaci:

1. Unutarnja površina prijenosa topline cijevi P_u i vanjska površina prijenosa topline cijevi P_v (navedene vrijednosti su izračunane po metru duljine cijevi $L=1\text{m}$)

$$\begin{aligned} P_v &= \pi \cdot D_v \cdot L \\ P_v &= 0.088 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} P_u &= \pi \cdot D_u \cdot L \\ P_u &= 0.0817 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (31)$$

2. Efektivna srednja površina prijenosa topline P_{sr} :

$$\begin{aligned} P_{sr} &= \pi \cdot L \cdot \left(\frac{D_v}{2} + \frac{D_u}{2} \right) \\ P_{sr} &= 0.085 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (32)$$

3. Vrijednost otpora nečistoće na vanjskoj i unutarnjoj strani cijevi:

- Uobičajene vrijednosti otpora nečistoća za industrijske cjevovode unutar kojih struji voda temperature veće od 50 °C iznose:

$$R_v = R_u = 0.0002 \text{ m}^2\text{K} / \text{W} \quad [6]$$

Ukupni koeficijent prijenosa topline cijevnog izmjenjivača topline izračunava se prema izrazu:

$$U = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{\alpha_p} \right) + R_v + \left(\frac{S_t}{K_{cu}} \right) \cdot \left(\frac{P_v}{P_{sr}} \right) + \left(R_u + \left(\frac{1}{\alpha_s} \right) \right) \cdot \left(\frac{P_v}{P_u} \right) \right]} \quad (33)$$

Na temelju prethodnog izraza dobiveni je ukupni koeficijent prijenosa topline

$$U = 1030.35 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Kod standardnih cijevnih izmjenjivača topline tipa voda /voda ukupni koeficijent prijelaza topline se kreće u rasponu od 850 do 1700 W/m²K [2]. Prethodno je dobiveni koeficijent $U = 1030.35 \text{ W/m}^2\text{K}$ prema tome dobiveni ukupni koeficijent prijelaza topline se nalazi unutar zadanog raspona te se samim time može smatrati zadovoljavajući.

2.3.6. Određivanje potrebne površine prijenosa topline

U posljednjem koraku izračuna cijevnog izmjenjivača topline potrebno je provesti proračun potrebne površine kroz koji će dolaziti do prijenosa topline:

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U \cdot F \cdot \Delta T_m} \\ A &= 73,84 \text{ m}^2 \\ A &= n_s \cdot \pi \cdot D_u \cdot L \rightarrow L = \frac{P}{n_s \cdot \pi \cdot D_u} \rightarrow L = 21,02 \text{ m} \end{aligned} \quad (34)$$

U sklopu ovog diplomskog rada dobiven je unutarnji promjer cijevnog izmjenjivača topline koji iznosi 0,29 m, dok je njegova ukupna duljina 21,02 m. Ovakve dimenzije nisu se pokazale kao adekvatno rješenje za dimenzioniranje izmjenjivača ovog tipa u realnoj primjeni. Međutim, u literaturi po brojevima [6] i [3] su dostupne različite metode koje uključuju različite brojeve prolaza i koje bi potencijalno mogle smanjiti duljinu izmjenjivača nekoliko puta. Te metode nisu detaljno analizirane niti implementirane u ovom radu jer glavni cilj zadatka nije bio optimizacija dimenzija cijevnog izmjenjivača, već izračun potrebne površine za efikasan prijenos topline, što je u ovom radu uspješno ostvareno.

2.3.7. Određivanje volumena vode

Podatak o volumenu vode u sekundarnom krugu izmjenjivača potreban je za daljnje projektiranje sistema, točnije u poglavlju odabira ekspanzijskih posude podstanice te ga je samim tipe potrebno i izračunati. Navedeni podatak će se dobiti iz formule za izračun volumena valjka.

$$V_{H_2O} = \frac{D_u^2 \cdot \pi}{4} \cdot L \cdot n_s \quad (35)$$

Gdje je:

- V_{H_2O} = Volumen vode u sistemu (m^3)
- D_u = Unutarnji promjer cijevi (m)
- L = Duljina cijevi (m)
- n_s = Broj cijevi (-)

Iz navedene formule dobiven je podatak da je u sekundarnom krugu cijevnog izmjenjivača $V_{H_2O} = 0,48 \text{ m}^3$ vode.

2.3.8. Određivanje pada tlaka u cijevnom izmjenjivaču topline

Podatak o padu tlaka u sekundarnom krugu izmjenjivača potreban je za daljnje projektiranje kod odabira cirkulacijskih pumi podstanice te ga je samim tipe potrebno i izračunati.

Pad tlaka je izračunan prema Colebrook-Whiteov-oj formuli koja je objašnjena u poglavlju o dimenzioniranju razvoda cjevovoda. Na temelju Colebrook-Whiteov-oj formule dobiven je podatak da je pad tlaka u bakrenom cjevovodu 95 Pa/m .

Iz navedenog podatka o padu tlaka po metru bakrenog cjevovoda, podatka o broju cjevovoda n_s , te podatka o duljini izmjenjivača L . Može se doći do ukupnog pada tlaka u izmjenjivaču koji iznosi $85,87 \text{ kPa}$.

2.4. Pločasti izmjenjivači

Klasični pločasti tip izmjenjivača topline prikazan je na slici 2.6. Ovaj tip izmjenjivača radi na principu prolaska dva fluida kroz uske prolaze između metalnih ploča, jedan fluid zagrijava ploče dok drugi fluid prolazi s druge strane ploče i preuzima toplinu.

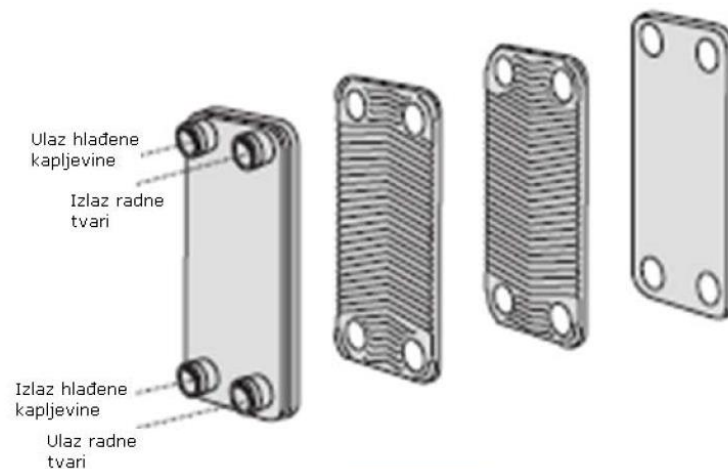
Ploče su oblikovane na način da se povećava turbulentnost fluida, čime se poboljšava efikasnost prijenosa topline i omogućava brza i učinkovita razmjena topline između dva fluida.

U odnosu na cijevne izmjenjivače pločasti izmjenjivači imaju slijedeće prednosti:

- veću efikasnost,
- bolju iskoristivost površine,
- manji volumen fluida,
- lakše održavanje,
- brže postizanje radnih temperatura
- fleksibilnost u pogledu nadogradnje
- manji trošak proizvodnje

,dok su njim nedostaci u odnosu na cijevne izmjenjivači slijedeći:

- podnose manje radne tlakove
- ograničena radna temperatura
- nisu prikladni za izmjenu topline između plin/plin zbog malih, uskih prolaza
- lako se začepljuju nečistoćama



Slika 2.6 Pločasti izmjenjivač topline [2]

U ovom radu pločasti izmjenjivači topline odabrani su pomoću specijaliziranih programa „Reflex Solution Pro“ [7] i „HEXONIC Heat Exchanger“ [8]. U priložima pod stavkom „Prilog br.1“ i stavkom Prilog br.2“ nalaze se detaljne specifikacije odabranih uređaja zajedno s njihovim tehničkim nacrtima.

U svrhu provjere odabranih izmjenjivača topline u nastavku su provedeni proračuni potrebne površine kroz koju će dolaziti do izmjene topline između primarnog i sekundarnog fluida. Proračun je proveden prema izvoru br. [9].

2.4.1. Proračun 300 kW pločastog izmjenjivača topline

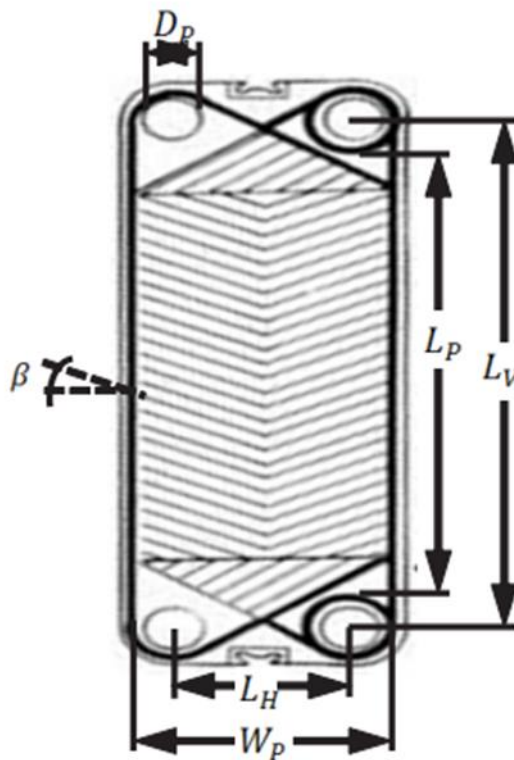
U nastavku proračunana je potrebna površina za prijenos topline između primarne i sekundarne strane pločastog izmjenjivača topline. Navedeni pločasti izmjenjivač topline koristi se za krug potrošne tople vode (PTV).

Proračun se temelji na prethodno odabranom izmjenjivaču topline tipa „Reflex Longtherm RMB-31-40“. Iz specifikacija odabranog izmjenjivača uzeti su slijedeći podaci prikazani u tablici 3.

Svojstvo	Vrijednost
Kapacitet	300 kW
Broj ploča (Npl)	40
Debljina ploče	0,30 mm
Volumen primarne strane (k2/k3)	0,90 l
Volumen sekundarne strane (k4/k1)	0,90 l
Materijal ploče	AISI 316L
Toplinska vodljivost ploče	16 W/m K
Faktor povećanja površine	1,1
Materijal za brtvljenje	bakar
Mmaks. dozvoljena radna temperatura	230 °C
Maks. dozvoljeni radni tlak	30 bar
Priključak (Dp)	DN32
Materijal priključka	AISI 316L
Varijanta priključka	Cijev s navojem
Visina (Lv)	286 mm
Visina k2-k3/k4-k1 (Lp)	232 mm
Širina (Wp)	123 mm
Širina primarna-sekundarna (Lh)	68 mm
Dubina	104 mm
Težina	6,15 kg
Reynoldsov broj k2/k3	1822
Reynoldsov broj k4/k1	6544
Otpor nečistoća (Rf)	0,000152 m ² /K/ W

Tablica 3 Specifikacije 300 kW pločastog izmjenjivača topline [7]

Na slici 2.7 prikazan je dimenzijski prikaz izmjenjivača topline.



Slika 2.7 Dimenzijski prikaz izmjenjivača topline [9]

Uz prethodno navedene podatke za daljnji izračun korišteni su podaci o fizikalnim svojstvima pothlađene vode za srednje temperature primarne i sekundarne strane izmjenjivača:

- Fizikalna svojstva primarne strana izmjenjivača [4]:

$$T_{sp} = \frac{(T_{ul_1} + T_{iz_1})}{2} \quad (36)$$

$$\begin{aligned} T_{sp} = 110 \text{ K} &\rightarrow \rho_p = 951.02 \text{ kg/m}^3 \\ &\rightarrow \lambda_p = 0.68172 \text{ W/mK} \\ &\rightarrow cp_p = 4.2302 \text{ kJ/kgK} \\ &\rightarrow \mu_p \cdot 10^6 = 254.71 \text{ Pas} \\ &\rightarrow Pr_p = 1.5805 \\ &\rightarrow \nu_p = \mu_p / \rho_p = 0.2678 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Fizikalna svojstva sekundarne strana izmjenjivača [4]:

$$T_{ss} = \frac{(T_{ul_2} + T_{iz_2})}{2} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} T_{sp} = 35 \text{ K} &\rightarrow \rho_s = 994,07 \text{ kg/m}^3 \\ &\rightarrow \lambda_s = 0,62338 \text{ W/mK} \\ &\rightarrow cp_s = 4,1783 \text{ kJ/kgK} \\ &\rightarrow \mu_s \cdot 10^6 = 719,32 \text{ Pas} \\ &\rightarrow Pr_s = 4,8218 \\ &\rightarrow \nu_s = \mu_s / \rho_s = 0,7236 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Proračun je izvršen putem određivanja sljedećih elemenata:

- Logaritamska srednja temperaturna razlika (ΔT_m):

$$\Delta T_m = \frac{(T_{ul_1} - T_{iz_2}) - (T_{iz_1} - T_{ul_2})}{\ln\left(\frac{T_{ul_1} - T_{iz_2}}{T_{iz_1} - T_{ul_2}}\right)} \quad (38)$$

$$\Delta T_m = 74,88 \text{ K}$$

- Termalna efikasnost (P):

$$P = \frac{(T_{iz_2} - T_{ul_2})}{(T_{ul_1} - T_{ul_2})} \quad (39)$$

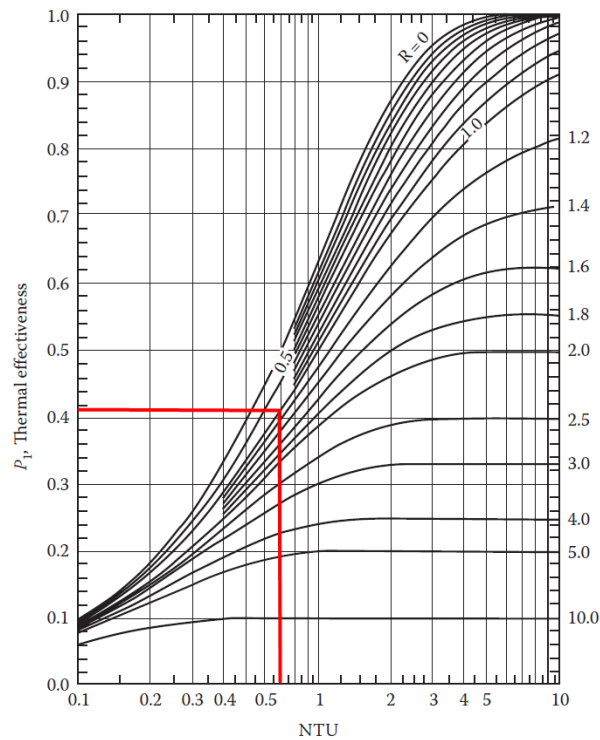
$$P = 0,4167$$

- Omjer toplinskog kapaciteta (R):

$$R = \frac{(T_{ul_1} - T_{iz_1})}{(T_{iz_2} - T_{ul_2})} \quad (40)$$

$$R = 0,8$$

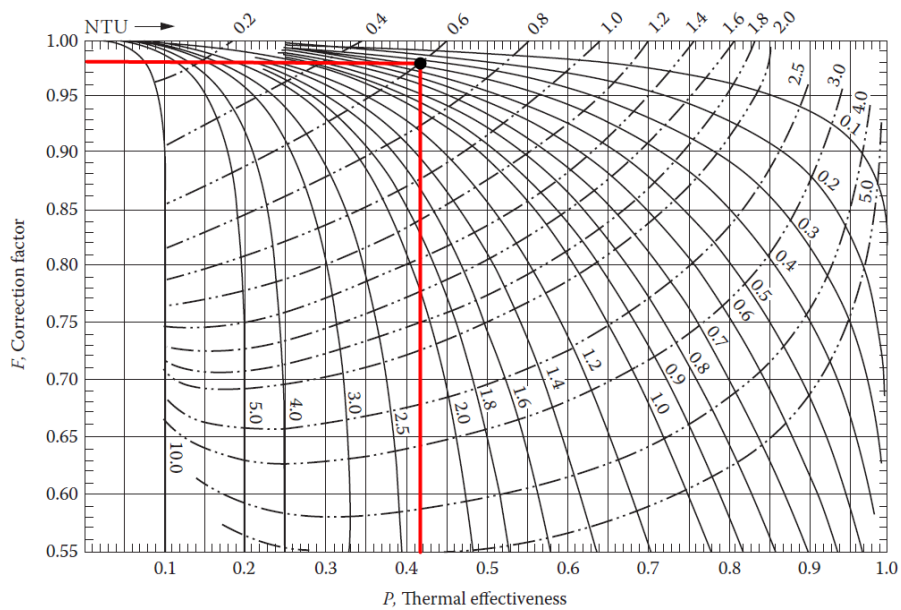
- Broj prijenosnih jedinica (NTU):



Slika 2.8 R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač [3]

Na temelju grafa određen je broj prijenosnih jedinica: $NTU = 0.6$

- Korelacijski faktor (F):



Slika 2.9 F-R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač topline [3]

Na temelju grafa određen je temperaturni korelacijski faktor: $F = 0.98$

- Hidraulički promjer (D_H)

Podatak o razmaku između ploča (b) nije specificiran u specifikaciji proizvoda, pa je kao referenca uzet izvor br. [9]. U navedenom izvoru specificirano je da je uobičajena vrijednost razmaka između ploča u rasponu od 1,3 do 6,4 mm. Za daljnji proračun pretpostavljena je vrijednost $b = 2$ mm.

$$D_H = \frac{4 \cdot W_p \cdot b}{2 \cdot (W_p + b)} \quad (41)$$

$$D_H = 0.003936 \text{ m}$$

- Nusseltovi broji (formula za nestrujavanje fluida okomito na ravnu ploču) [2]:

$$Nu = 0.228 \cdot Re^{0.731} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu_p = 64,22 \quad (42)$$

$$Nu_s = 237,17$$

- Koeficijenti konvektivnog prijenosa topline izmjenjivača:

$$\alpha_p = \frac{\lambda_p}{D_h} \cdot Nu_p \rightarrow \alpha_p = 11122,98 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (43)$$

$$\alpha_s = \frac{\lambda_s}{D_h} \cdot Nu_s \rightarrow \alpha_s = 37562,76 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (44)$$

- Ukupni koeficijent prijenosa topline:

$$U = \frac{1}{\left[\frac{1}{\alpha_p} + \frac{1}{\alpha_s} + \frac{t_{pl}}{K_{nc}} + R_f \right]} \quad (45)$$

$$U = 3487,87 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Potrebna površina prijenosa topline:

$$A = \frac{Q}{U \cdot F \cdot \Delta T_m} \quad (46)$$

$$A = 1,17 \text{ m}^2 \approx 1,2 \text{ m}^2$$

Prema provedenom proračunu prethodno odabrani izmjenjivač topline odgovara traženim specifikacijama te će se koristiti u daljnjem projektiranju toplinske podstanice u verziji s pločastim izmjenjivačima topline. Kao dokaz u nastavku je priložena originalna tehnička specifikacija na slici 2.10 na kojoj je navedeno da navedeni izmjenjivač topline ima potrebnu površinu prijenosa topline od 1,2 m².

Longtherm RMB-31-40

Reflex Longtherm

brazed one-way heat exchanger from stainless steel (1.4404) with copper solder vacuum-soldered. Sizes R..B-14 to R..B-110 with threaded connection, R..B-235 with DIN flanged connection. Approval according to Pressure Equipment Directive 2014/68/EC. With CE mark.

Type	RMB-31-40
Number of plates	40
Plate thickness	0.30 mm
Volume primary side (k2/k3)	0.90 l
Volume secondary side (k4/k1)	0.90 l
Plate material	AISI 316L
Sealing material	copper
max. perm. operating temperature	230 °C
max. perm. operating pressure	30 bar
Connection	AG 1 1/4"
Connection material	AISI 316L
Connection variant	Pipe with thread
Height	286 mm
Height k2-k3/k4-k1	232 mm
Width	123 mm
Width primary-secondary	68 mm
Depth	104 mm
Weight	6.15 kg
Capacity	300 kW
Inlet temperature k2/k3	10.0 °C
Outlet temperature k2/k3	60.0 °C
Inlet temperature k4/k1	130.0 °C
Outlet temperature k4/k1	90.0 °C
Liquid k2/k3	water
Liquid k4/k1	water
Volume flow k2/k3	5.19 m³/h
Volume flow k4/k1	6.76 m³/h
Pressure loss k2/k3	25.00 kPa
Pressure loss k4/k1	25.00 kPa
Heat exchanger surface	1.2 m²
Pollution factor	0.1520000 m²K/kW

Slika 2.10 Tehnička specifikacija 300 kW pločastog izmjenjivača topline s naznačenom potrebnom površinom prijenosa topline [7]

2.4.2. Proračun 2500 kW pločastog izmjenjivača topline

U nastavku proračunana je potrebna površina za prijenos topline između primarne i sekundarne strane pločastog izmjenjivača topline. Navedeni pločasti izmjenjivač topline koristi se za krug grijanja

Proračun se temelji na prethodno odabranom izmjenjivaču topline tipa „Hexonic LE400-40L-DN100.SS“. Iz specifikacija odabranog izmjenjivača uzeti su slijedeći podaci prikazani u tablici 4.

Svojstvo	Vrijednost
Kapacitet	2500 kW
Broj ploča (Npl)	40
Debljina ploče	0,4 mm
Volumen primarne strane (k2/k3)	15,6 l
Volumen sekundarne strane (k4/k1)	16,4 l
Materijal ploče	AISI 316L
Toplinska vodljivost ploče	16 W/m K
Faktor povećanja površine	1,495
Materijal za brtvljenje	bakar
Mmaks. dozvoljena radna temperatura	230 °C
Maks. dozvoljeni radni tlak	25 bar
Priključak (Dp)	DN100
Materijal priključka	AISI 316L
Varijanta priključka	-
Visina (Lv)	1008 mm
Visina k2-k3/k4-k1 (Lp)	714 mm
Širina (Wp)	387 mm
Širina primarna-sekundarna (Lh)	240 mm
Dubina	221 mm
Težina	139,3 kg
Reynoldsov broj k2/k3	16031
Reynoldsov broj k4/k1	19516
Otpor nečistoća (Rf)	0,000161 m ² /K/ W

Tablica 4 Specifikacije 2500 kW pločastog izmjenjivača topline [8]

Uz prethodno navedene podatke za daljnji izračun korišteni su podaci o fizikalnim svojstvima pothlađene vode za srednje temperature primarne i sekundarne strane izmjenjivača koji su identični onima u poglavlju 2.3.5.

Zbog identičnih temperaturnih režima i istovjetnih metodologija proračuna za cijevne i pločaste izmjenjivače topline, sljedeći podaci nisu ponovno proračunati te se postupci proračuna mogu pronaći u poglavlju 2.3:

- Logaritamska srednja temperaturna razlika (ΔT_m):
 - $\Delta T_m = 39.1523 \text{ K}$
- Termalna efikasnost (P):
 - $P = 0.29$
- Omjer toplinskog kapaciteta (R):
 - $R = 2$
- Broj prijenosnih jedinica (NTU):
 - $NTU = 0.48$
- Korelacijski faktor (F):
 - $F = 0.94$

Ostatak proračuna je izvršen putem određivanja sljedećih elemenata:

- Hidraulički promjer

Podatak o razmaku između ploča (b) nije specificiran u specifikaciji proizvoda, pa je kao referenca uzet izvor br. [9]. U navedenom izvoru specificirano je da je uobičajena vrijednost razmaka između ploča u rasponu od 1,3 do 6,4 mm. Za daljnji proračun pretpostavljena je vrijednost $b = 5 \text{ mm}$.

$$D_H = \frac{4 \cdot W_p \cdot b}{2 \cdot (W_p + b)} \quad (47)$$

$$D_H = 0.00987 \text{ m}$$

- Nusseltovi broji (formula za nastrujavanje fluida okomito na ravnu ploču) [2]:

$$Nu = 0.228 \cdot Re^{0.731} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu_p = 314,79 \quad (48)$$

$$Nu_s = 426,35$$

- Koeficijenti konvektivnog prijenosa topline izmjenjivača:

$$\alpha_p = \frac{\lambda_p}{D_h} \cdot Nu_p \rightarrow \alpha_p = 21742,52 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (49)$$

$$\alpha_s = \frac{\lambda_s}{D_h} \cdot Nu_s \rightarrow \alpha_p = 28647,52 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (50)$$

- Ukupni koeficijent prijenosa topline:

$$U = \frac{1}{\left[\frac{1}{\alpha_p} + \frac{1}{\alpha_s} + \frac{t_{pl}}{K_{nc}} + R_f \right]} \quad (51)$$

$$U = 3746,72 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Potrebna površina prijenosa topline:

$$A = \frac{Q}{U \cdot F \cdot \Delta Tm}$$

$$A = 18,13 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta Tm}$$

$$A = 17,04 \text{ m}^2 \approx 17,1 \text{ m}^2 \quad (52)$$

Prema provedenom proračunu prethodno odabrani izmjenjivač topline odgovara traženim specifikacijama te će se koristiti u daljnjem projektiranju toplinske podstanice u verziji s pločastim izmjenjivačima topline. Kao dokaz u prilogu br. 2 priložena je originalna tehnička specifikacija na kojoj je navedeno da navedeni izmjenjivač topline ima potrebnu površinu prijenosa topline od 17,1 m². U navedenoj dokumentaciji nije izračunat koeficijent korelacije, što se može zaključiti iz činjenice da su ukupni koeficijent prijenosa topline i logaritamska srednja temperaturna razlika identični dobivenima u prethodnom proračunu.

2.5. Hidrauličke skretnice

Hidraulička skretnica je uređaj koji služi za odvajanje uključenih grijanih krugova od kolovoskog kruga i stoga se naziva i odjeljak za hidrauličko razdvajanje. Primjer hidrauličke skretnice prikazan je na slici 2.11.



Slika 2.11 Hidraulička skretnica [7]

Hidraulička skretnica u osnovi predstavlja cijevni spoj između dovodnog i povratnog voda kotla. Dimenzionira se na način da se postigne brzina protjecanja manja od 0,2 m/s pri izračunatom volumenskom protoku.

U ovom radu sve hidrauličke skretnice odabrane su pomoću specijaliziranog programa „Reflex Solution Pro“ [6].

U prilogima pod stavkama „Prilog br.3“, „Prilog br.4“ i „Prilog br.5“ nalaze se detaljne specifikacije odabranih uređaja zajedno s njihovim tehničkim nacrtima.

2.6. Odabir razdjelnika i sabirnika

Razdjelnik i sabirnik imaju ulogu reguliranja dovođenja količine topline od centralnog izvora topline kroz pojedine grane grijanja do krajnjeg potrošača. Primjer termotehničkog elementa koji može predstavljati razdjelnik ili sabirnika prikazan je na slici 2.12.



Slika 2.12 Razdjelnik / sabirnik [7]

Razdjelnik i sabirnik u osnovi su dvije cijevi koje na sebi imaju zavarene spojnice za zasebne krugove grijanja. Mogu biti kompaktne ili pojedinačne izvedbe. Kod toplovodnih grijanja u polaznom vodu je razdjelnik, a u povratnom vodu sabirnik.

Minimalna dimenzija sabirnika i razdjelnika računata je prema formuli:

$$DN_{\min} = \sqrt{DN_1^2 + DN_2^2 + DN_3^2 + \dots + DN_n^2} \quad (53)$$

gdje je:

DN_{\min} → minimalni promjer razdjelnika/sabirnika

DN_n → standardna dimenzija priključka kruga grijanja

Prema prethodno navedenoj formuli napravljena je tablica 5. prikazana u nastavku.

Naziv distributera	Broj priključka (DN)					Izračunana dimenzija distributera (DN)	Minimalna standardna dimenzija distributera (DN)
	P. 1 (DN)	P. 2 (DN)	P. 3 (DN)	P. 4 (DN)	P. 5 (DN)		
DIS-1	200	80	65	65	50	239	250,00
DIS-2	150	80	65	65		193	200,00

Tablica 5. Izračun minimalne dimenzije razdjelnika/sabirnika [autor]

Na temelju tablice 5. može se zaključiti da su minimalne dimenzije razdjelnika/sabirnika DN250 za shemu s cijevnim izmjenjivačem i za shemu s direktnim načinom povezivanja podstanice, a da je minimalna dimenzija razdjelnika/sabirnika za shemu pločastog izmjenjivača DN200.

S obzirom na prethodno dobivene minimalne DN (nominalne promjere) razdjelnika i sabirnika, odabir razdjelnika i sabirnika vrši se koristeći alat dostupan na web stranicama izvora [10]. Pomoću navedenog alata odabrani su razdjelnici/sabirnici dimenzija DN350 (shema cijevni izmjenjivač i shema direktnog načina povezivanja podstanice) i DN300 (shema pločastog izmjenjivača).

U prilogu br.5 nalazi se tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN350, a u prilogu br.6 tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN300.

2.7. Kalorimetar

U sustavima daljinskog grijanja odnosno grijanja s centralnim stanicama i podstanicama, mjerenje potrošene toplinske energije obično se vrši na ulazu u objekt pomoću uređaja zvanog kalorimetar prikazanog na slici 2.13.



Slika 2.13 Kalorimetar [11]

Kalorimetar se smatra standardnom opremom u mnogim sustavima daljinskog grijanja. Mjerenje toplinske energije ključno je za raspodjelu troškova grijanja unutar objekta, gdje se količina izmjerene topline pridjeljuje korisnicima temeljem njihovog udjela u grijanoj površini. Kalorimetar, stoga, ima važnu ulogu u osiguranju poštene raspodjele ukupnih troškova. U ovome radu kalorimetri su odabrani na temelju tablica br. 6 i br. 7.

Nenn-durchfluß q_n	Baulänge	Anschluss	Maximalfluß q_m	Minimalfluß q_l	Ansprech-grenze (variabel)	Druckverlust bei q_n	Kv-Durchfluß bei Δp 1 bar	Kv-Durchfluß bei Δp 100 mbar	Gewicht
m ³ /h	mm	G / DN	m ³ /h	l/h	l/h	mbar	m ³ /h	m ³ /h	kg
0,6	110	G ¾	1,2	6	2,4	150	1,5	0,5	1
	190	G 1				1,5			
		DN20				3			
1,5	110	G ¾	3	15	6	150	3,9	1,2	1
	130	G 1				1,5			
	190	G 1				3			
		DN20				3			
2,5	130	G 1	5	25	10	200	5,6	1,8	1,5
	190	G 1				3			
		DN20				3			
3,5	260	G 1¼	7	35	14	65	13,7	4,3	3
		DN25							5
6	260	G 1¼	12	60	24	150	15,5	4,9	3
		DN25							5
10	300	G 2	20	100	40	100	31,6	10	4
		DN40				7,8	7		
15	270	DN50	30	150	60	100	47,4	15	8
25	300	DN65	50	250	100	105	77,2	24,4	11
40	300	DN80	80	400	160	160	100	31,6	13
60	360	DN100	120	600	240	115	176,9	56	22

Tablica 6 Odabir kalorimetra [12]

Art.-Nr. waagerechte Ausführung WS	18757	18759	18761	18763	18765*	18766	18768*		
Art.-Nr. Pass-Stück-Set	17040	17060	17041	17042	17061	17043	17044		
Art.-Nr. Stelgrohrausführung WP	18758	18760	18762	18764	18765	18767	18768		
Art.-Nr. Fallrohrausführung WP	18758	18760	18762	18764	18765	18767	18768		
Art.-Nr. Pass-Stück-Set	17045	17059	17046	17047	17061	17048	17044		
Nenndurchfluß q_n WS	m ³ /h	15	25	40	60	80	150	200	
Nenndurchfluß q_n WP	m ³ /h	15	25	32	50	80	200	200	
Waage-rechte Ausf.	Druckverlust Δp bei q_n	mbar	60	140	90	70	30	90	2
	Untere Messbereichsgrenze q_l	m ³ /h	0,6	1	1,6	2,4	8	6	20
	Gewicht	kg	14,2	18	24	28	22,4	79,5	49
Steig-/Fallrohr-Ausf.	Druckverlust Δp bei q_n	mbar	20	20	10	30	30	50	2
	Untere Messbereichsgrenze q_l	m ³ /h	1,5	2,5	3,2	5	8	20	20
	Gewicht	kg	11,1	11,6	12,5	19,8	22,4	39	49
Impulswerte	l/Impuls	25	25	25	25	25	250	250	
Kombinierbar mit sonic II Rechenwerk Einbaumaße*	T25	T25	T25	T25	T25	T250	T250		
Nennweite	DN	50	65	80	100	125*	150	200*	
Maßbild 1, Bauart WS	Baulänge L	mm	270	300	300	360	250	500	350
	Bauhöhe H/h	mm	195/84	195/97	230/102	240/113	240/125	440/155	284/163
	Breite (o. Abb.)	mm	170	200	200	260	250	320	340
Maßbild 1, Bauart WP	Baulänge L	mm	200	200	225	250	250	300	350
	Bauhöhe H/h	mm	182/75	182/82,5	182/94	240/110	240/125	284/135	284/163
	Breite (o. Abb.)	mm	175	185	200	220	250	285	340
Flansch-Durchmesser	D	165	185	200	220	250	285	340	
Lochkreis-Durchmesser	D1	125	145	160	180	210	240	295	
Anzahl der Schrauben/Gewinde		4/M16	4/M16	8/M16	8/M16	8/M16	8/M20	12/M20	

Tablica 7 Odabir kalorimetra [11]

2.8. Izračun padova tlaka u sistemu grijanja

Izračun padova tlaka u termotehničkom sustavu grijanja vrlo je važan kako bi se osigurala pravilna cirkulacija radnog medija te omogućila ravnomjerna distribucija topline.

Pravilan izračun padova tlaka u sustavu također je bitan u svrhu dimenzioniranja pumpi i cijevi kako bi se izbjegli prekomjerni gubici energije i osigurala optimalna učinkovitost sustava.

U sustavima grijanja unutar cjevovoda razlikuju se dvije vrste padova tlaka u sistemu:

- Linijski padovi tlaka – javljaju se duž cjevovoda zbog trenja fluida i unutarnje stijenke cijevi, oni ovise o dužini cjevovoda, promjeru cjevovoda, brzini protoka fluida i viskoznosti fluida.
- Lokalni padovi tlaka – javljaju se kod armaturnih komponenata, te kod promjena smjera strujanja (koljena), te suženja cjevovoda.

U nastavku je prikazana tablica br. 8 U navedenoj tablici proveden je proračun linijskih i lokalnih padova tlaka.

Linijski padovi tlaka su izračunati na temelju prethodno dobivenog podatka o padu tlaka po metru cjevovoda koji je dobiven u poglavlju 2.1 u kojem se obrađuje dimenzioniranje cjevovoda. Duljine cjevovoda okvirno su pretpostavljene iz razloga da duljine cjevovoda nisu zadane u samom zadatku ovog rada.

Lokalni padovi tlaka izračunati su na temelju:

- koeficijenta otpora pojedinih armaturnih komponenata koji se mogu naći na stranici 255 izvora broj [13].
- ,te na temelju jednadžba pada tlaka:

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad (54)$$

Gdje je :

- ΔP = Pad tlaka (Pa)
- ζ = Koeficijent lokalnih gubitaka
- ρ = gustoća (kg/m³)
- v = brzina (m/s)

Komponenta	Koeficijent otpor	
	>=DN50	>=DN200
Zaporni ventil	3.7	5.5
Nepovratni ventil	8	5
Gustoća vode-ρ (kg/m ³)	1000	

Napomena: U procesu izračuna lokalnih padova tlaka, za sve komponente koje nemaju definiran koeficijent otpora, primijenjen je pristup u kojem se takve komponente tretiraju kao zaporni ventil. Napominjemo da senzori nisu uračunati kao izvor lokalnog otpora. Također, troputni i balans ventil se uračunavaju naknadno. Dužine cijevovoda korištene za izračun linijskih padova tlaka su pretpostavljene, a pad tlaka po metru cijevi je preračunat. Pretpostavljena vrijednost pada tlaka unutar jednog PTV-a iznosi 10 kPa. U shemi direktnog spajanja toplodivne podstanice, padovi tlaka nisu uzeti u obzir zbog nepotpunih podataka o armaturi i dužini cijevovoda. Ovi podaci nisu relevantni za podstanicu nego su bitni za centralnu stanicu s obzirom da se fluid transportira kroz cijevovode do razdjelnika i sabirnika u podstaniци pomoću pumpe koja se nalazi u centralnoj stanici. Centralna stanica nije dio ovog diplomskog rada.

Brzina stujanja u krugu	Shema indirektnog spajanja podstanice s pločastim izmjenjivačem topline																	
	Q=2500kW >=DN100			Q=1000kW >=DN50			Q=800kW >=DN50			Q=700kW >=DN50			Q=300kW >=DN50			Q=150kW >=DN50		
	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada
Ventil																		
Zaporni ventil	5.962	15	89.435	1.097	18	19.744	1.155	18	20.783	1.499	18	26.973	17	13.288	0.500	8	4.002	
Nepovratni ventil	9.734	1	9.734	3.053	1	3.053	3.214	1	3.214	4.172	1	4.172	1	2.176	1.393	0	0.000	
Kalorimetar	3	1	3.000	6	1	6.000	6	1	6.000	6	1	6.000	6	1	1.500	0	0.000	
Izmjenjivač topline	194.3	1	194.300	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	24.900	0	0.000	
Razdjelnik/Sabirnik	5	1	5.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0.000	
Linijski otpori (Pa/m)	0.128	20	2.560	0.075	400	30.000	0.095	370	35.150	0.12	200	24.000	0.09	250	22.500	0.08	55	4.400
PTV	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	10	2	20.000
Ukupni pad tlaka:			304.029			58.797			65.147			61.145			61.145			92.765

Brzina stujanja u krugu	Shema indirektnog spajanja podstanice s cijevnim izmjenjivačem topline																	
	Q=2800kW >=DN200			Q=1000kW >=DN50			Q=800kW >=DN50			Q=700kW >=DN50			Q=300kW >=DN50			Q=150kW >=DN50		
	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada
Ventil																		
Zaporni ventil	6.692	15	100.386	1.097	18	19.744	1.155	18	20.783	1.499	18	26.973	17	13.288	0.500	8	4.002	
Nepovratni ventil	6.084	1	6.084	3.053	1	3.053	3.214	1	3.214	4.172	1	4.172	1	2.176	1.393	0	0.000	
Kalorimetar	9	1	9.000	6	1	6.000	6	1	6.000	6	1	6.000	6	1	1.500	0	0.000	
Izmjenjivač topline	84.85	1	84.850	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0.000	
Razdjelnik/Sabirnik	5	1	5.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0.000	
Linijski otpori (Pa/m)	0.035	20	0.700	0.075	400	30.000	0.095	370	35.150	0.12	200	24.000	0.09	250	22.500	0.08	55	4.400
PTV	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	10	2	20.000
Ukupni pad tlaka:			206.020			58.797			65.147			61.145			61.145			67.865

Brzina stujanja u krugu	Shema direktnog spajanja podstanice																	
	Q=1000kW >=DN50			Q=800kW >=DN50			Q=700kW >=DN50			Q=300kW >=DN50			Q=150kW >=DN50					
	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Ukupni pad tlaka	Komada			
Ventil																		
Zaporni ventil	1.087	18	19.744	1.155	18	20.783	1.499	18	26.973	0.782	17	13.288	0.500	8	4.002			
Nepovratni ventil	3.053	1	3.053	3.214	1	3.214	4.172	1	4.172	2.176	1	2.176	1.393	0	0.000			
Kalorimetar	6	1	6.000	6	1	6.000	6	1	6.000	1.5	1	1.500	0	0.000				
Izmjenjivač topline	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0.000				
Razdjelnik/Sabirnik	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0.000				
Linijski otpori (Pa/m)	0.075	400	30.000	0.095	370	35.150	0.12	200	24.000	0.09	250	22.500	0.08	55	4.400			
PTV	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	10	2	20.000			
Ukupni pad tlaka:			58.797			65.147			61.145			61.145			67.865			

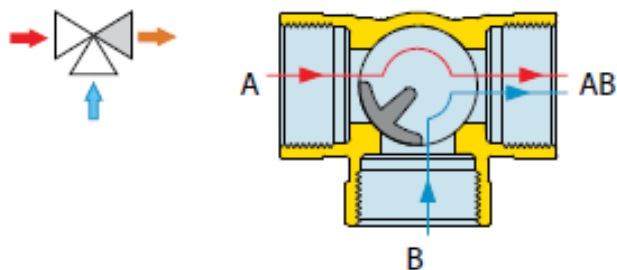
Tablica 8 Izračun padova tlaka [autor]

2.9. Odabir troputnih ventila

Troputni miješajući ventil je vrsta regulacijskog uređaja koji se koristi u sustavima grijanja i hlađenja. Koristi se u svrhu regulaciju temperature miješanjem ili preusmjeravanjem protoka.

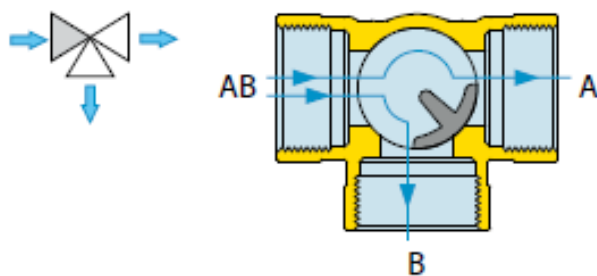
Rad ventila temelji se na principu regulacije protoka fluida kroz ventil kako bi se postigla željena izlazna temperatura. Na slici 2.14 prikazan je troputni miješajući ventil s tri priključka:

- jedan ulaz za toplu vodu,
- jedan ulaz za hladnu vodu
- jedan izlaz za miješanu vodu



Slika 2.14 Troputni miješajući ventil [14]

Postoje i troputni skretni ventili koji imaju jedan ulaz i dva izlaza. Troputni skretni ventil prikazan je na slici 2.15.



Slika 2.15 Troputni skretni ventil [14]

U ovom radu korišteni su troputni miješajući ventil u svrhu postizanja zadanih temperaturnih režima u pojedinim krugovima grijanja. Troputni miješajući ventili birani su na temelju vrijednosti k_V , k_{VS} i autoriteta:

- „ k_V - vrijednost predstavlja protok kroz regulacijski element u m^3/h koji pri određenoj otvorenosti ventila (nominalna otvorenost H) rezultira padom tlaka od 1 bar (1 bar = 100 kPa) [1]
- „ k_{VS} - vrijednost je poseban slučaj k_V vrijednosti i predstavlja protok koji kod potpune otvorenosti ventila 100% ($H = H100$) rezultira padom tlaka od 1 bar.“ [1]
- „Autoritet ventila nam kaže koliki je udio pada tlaka na potpuno otvorenom ventilu u usporedbi s ukupnim padom tlaka cijevnog sustava“ [15]

Minimalna i maksimalna k_V vrijednost dobiva se na temelju podataka o stopi protoka i podataka o padu tlaka u sistemu ne računajući sam troputni miješajući ventil.

Formule za izračun minimalne i maksimalne vrijednosti k_V glase:

$$K_{V \text{ Min}} = 0,25 \cdot G \sqrt{100 \cdot \Delta P_{\text{sek krug}}} \quad (55)$$

$$K_{V \text{ Max}} = 0,45 \cdot G \sqrt{100 \cdot \Delta P_{\text{sek krug}}} \quad (56)$$

Gdje je:

G = Protok (l/h)

K_V = Koeficijent protoka ventila

$\Delta P_{\text{sek krug}}$ = Pad pritiska svih komponenti u sekundarnom krugu, osim ventila (kPa)

Nakon odabira troputnog miješajućeg ventila računa se pad tlaka koji uzrokuje sam troputni miješajući ventil (ΔP_{Vent}) na temelju stope protoka (G) i podatka $k_{V\text{-Ventila}}$ kojeg je potrebno očitati za odabrani ventil po formuli:

$$\Delta P_{\text{Vent}} = \left(0,01 \cdot \frac{G}{K_{V\text{-Ventila}}} \right)^2 \quad (57)$$

U posljednjem koraku računa se autoritet ventila (β) po formuli:

$$\beta = \frac{\Delta P_{Vent}}{\Delta P_{sek\ krug} + \Delta P_{Vent}} \quad (58)$$

Detaljan postupak odabira svih troputnih ventila u ovome radu prikazan je u tablici 9.

Naziv grane	Temperatura polaza	Temperatura povrata	ΔT (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m ³ /h)	Dimenzija cijevovoda	Pad tlaka u sistemu (kPa)	KV MIN m ³ /h	KV MAX m ³ /h	Troputni ventili			
										ODABRANA DIMENZIJA VENTILA	KV-Ventila	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET
HEX2	80	60	20	2500	107,14	DN150	304,029	-	-	-	-	-	-
Zgrada 1	70	10	60	1000	14,29	DN80	58,797	47	84	DN65	63	5,1	0,08
Zgrada 2	80	15	65	800	10,55	DN65	65,147	33	59	DN65	63	2,8	0,04
Zgrada 3	70	20	50	700	12,00	DN65	61,145	38	69	DN65	63	3,6	0,06
HEX1	60	10	50	300	5,14	DN50	92,765	-	-	-	-	-	-
PTV - c.izmjenjivač	60	10	50	300	5,14	DN50	67,865	16	28	DN40	22	5,5	0,07
HEX3	80	60	20	2800	120,00	DN200	206,020	-	-	-	-	-	-

Tablica 9 Odabir troputnih miješajućih ventila [autor]

Autoritet troputnog ventila je često nizak (oko 0,1), kao što je prikazano u prethodnoj tablici. Nizak autoritet ventila znači da ventil nije dovoljno efikasan za precizno balansiranje hidrauličkog sistema. Niski autoritet posljedično znači da ventil ima ograničenu sposobnost kontroliranja protoka kroz sistem, što može dovesti do neravnomjernog rasporeda topline i neefikasnog rada sistema. Ovo je jedan od razloga zašto se u sistem ugrađuje balansirajući ventil koji ima relativno visoki autoritet (0,5) u odnosu na troputni ventil.

2.10. Odabir balansirajućih ventila

Balansirajući ventil je vrsta regulacijskog uređaja koji se koristi u sustavima grijanja i hlađenja. Koristi se u svrhu regulacije protoka fluida koji protječe kroz sustav.

Rad ventila temelji se na principu regulacije protoka fluida kroz ventil kako bi se postiglo balansiranje hidrauličkog sistema. Opremljen je mehanizmom za fino podešavanje kojim se ostvaruje idealna distribucija pritiska i temperature, posljedično čemu se ostvaruje smanjenje ekonomskih troškova i efikasnost sistema. Na slici 2.16 prikazan je klasičan balansirajući ventil.



Slika 2.16 Balansirajući ventil [16]

Odabir balansirajućih ventila provodi se na temelju k_v i k_{vs} vrijednosti, te na temelju autoriteta ventila. Navedene vrijednosti su prethodno obrađene u poglavlju o troputnim ventilima. Odabir balansirajućeg ventila se provodi prema formuli:

$$K_{V \text{ Min}} = 0,01 \cdot G \sqrt{100 \cdot \Delta P_{\text{sek krug}}} \quad (59)$$

Kod odabira balansirajućih ventila u $\Delta P_{\text{sek kruga}}$ dodatno je uračunati i pad tlaka koji se ostvaruje na troputnom miješajućem ventilu. Detaljan postupak odabira balansirajućih ventila prikazan je u tablici 10. (Balansirajući ventili s primarne strane izmjenjivača su odabrani prema dimenziji cjevovoda iz razloga da u ovom zadatku nije navedeni pad tlaka u centralnoj stanici grijanja.)

Naziv grane	Balansirajući ventili							
	UKUPNI PAD TLAKA	Protok (m ³ /h)	PROTOK (l/h)	KV	DIMENZIJA VENTILA	KV	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET
HEX2	-	-	-	-	-	-	-	-
Zgrada 1	63,9	14,29	14286	18	DN65	13	128,5	0,67
Zgrada 2	68,0	10,55	10549	13	DN50	13	63,9	0,48
Zgrada 3	64,8	12,00	12000	15	DN50	16	57,0	0,47
HEX1	-	-	-	-	-	-	-	-
PTV - c.izmjenjivač	73,3	5,14	5143	6	DN40	6	74,2	0,50
HEX3	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablica 10 Odabir balansirajućih ventila [autor]

U prethodno prikazanoj tablici, autoriteti balansirajućih ventila kreću se oko vrijednosti 0,5, što osigurava stabilnu i linearnu funkciju ventila. Međutim, samu vrijednost autoriteta ventila u većini slučajeva nije moguće precizno dovesti na točnu vrijednost 0,5 jer se koriste standardni ventili. Standardni ventili imaju unaprijed definirane karakteristike koje mogu varirati, što znači da se autoritet može malo razlikovati od idealne vrijednosti.

Vrijednosti autoriteta odabranih ventila prikazanih u tablici iznad kreću se blizu optimalne vrijednosti, osiguravajući efikasno balansiranje i distribuciju protoka kroz hidraulički sistem grijanja.

2.11. Odabir cirkulacijskih pumpi

Cirkulacijske pumpe su osnovni elementi sustava grijanja, hlađenja i vodoopskrbe. One osiguravaju kontinuiranu cirkulaciju fluida kroz cjevovode, odnosno služe za transport tekućina iz jednog dijela sustava u drugi dio sustava.

Na slikama 2.17 i 2.18. u nastavku su prikazane dvije izvedbe cirkulacijskih pumpi koje se koriste u ovome radu. Prva izvedba montira se na pod radi velike mase, a druga se montira na cjevovod.



Slika 2.17 Podna cirkulacijska pumpa [17]



Slika 2.18 Cirkulacijska pumpa za montažu na cjevovod [17]

Pumpe se odabiru na temelju protoka u sistemu i ukupnog pada tlaka sistema (svi lokalni + svi linijski gubici). Navedeni podaci za sve pumpe su prikazani u tablici 11 .

Naziv grane	Pumpe		
	Oznaka	Pad tlaka (kPa)	Protok (m ³ /h)
HEX2	P1 & P2	304,0	107,14
Zgrada 1	P3	192,5	14,29
Zgrada 2	P4	131,8	10,55
Zgrada 3	P5	121,7	12,00
HEX1	P6	92,8	5,14
PTV - c.izmjenjivač	P7	147,5	5,14
HEX3	P8 & P9	206,0	120,00

Tablica 11 Odabir pumpi [autor]

Sve pumpe su odabrane pomoću alata za odabir pumpi koji se nalazi na izvoru broj [17]. Tehničke specifikacije svih odabranih pumpi navedeni su u prilogima 7 – 13.

2.12. Odabir ekspanzijskih posuda

Ekspanzijske posude su dio sigurnosne opreme toplovodnih sustava centralnog grijanja čija je osnovna funkcija preuzimanje toplinskih promjena volumena vode koje nastaju kao rezultat temperaturnih oscilacija. Postoje dva osnovna tipa ekspanzijskih posuda otvoreni i zatvoreni tip.

U ovom radu implementiran je zatvoreni tip ekspanzijske posude, primarno zbog optimizacije sustava. U konfiguraciji s zatvorenim tipom, ekspanzijska posuda ne mora biti smještena na najvišoj točki sustava, što olakšava njezino pozicioniranje i instalaciju. Također, ovaj pristup značajno minimizira rizik od korozije. Korozija u otvorenom tipu ekspanzijskih posuda često je rezultat interakcije kisika iz atmosfere s metalnim komponentama sustava, što dovodi direktno do pojave korozije. Zatvoreni sistem omogućava kontroliranu atmosferu unutar posude, čime se efektivno uklanja interakcije s vanjskim kisikom i smanjuje potencijal za oksidacijsku koroziju.

Ekspanzijske posude se proračunavaju provedbom sljedećih koraka:

1. Proračun ukupnog volumena vode u sistemu grijanja

- Proračunava se ukupna količina vode u pojedinačnom zatvorenom sistemu (voda u cjevovodima, trošilima, izmjenjivačima, razdjelnicima, sabirnicama, hidrauličkim skretnicama, akumulacijskim spremnicima, spremnicima potrošne tople vode, itd.)

2. Proračun volumena širenja po izrazu:

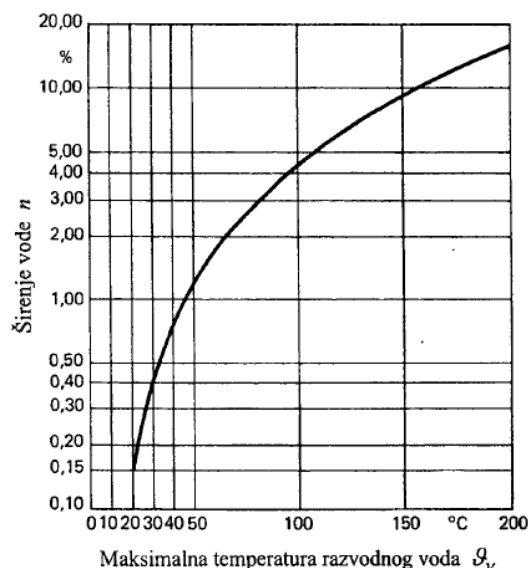
$$V_e = \frac{V_a \cdot n}{100} \quad (60)$$

- Gdje je

V_e = volumen širenja (l)

V_a = ukupni volumen vode u sistemu (l)

n = postotno širenje vode u odnos na $T= 10 \text{ }^\circ\text{C}$



Slika 2.19 Graf za određivanje postotnog širenja vode u odnosu na $T = 10$ °C [13]

3. Proračun nazivnog volumena ekspanzijske posude:

$$V_n = (V_e + V_v) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} \quad (61)$$

- Gdje je

V_v = količina vode u l (najmanje 0,5% od V_a)

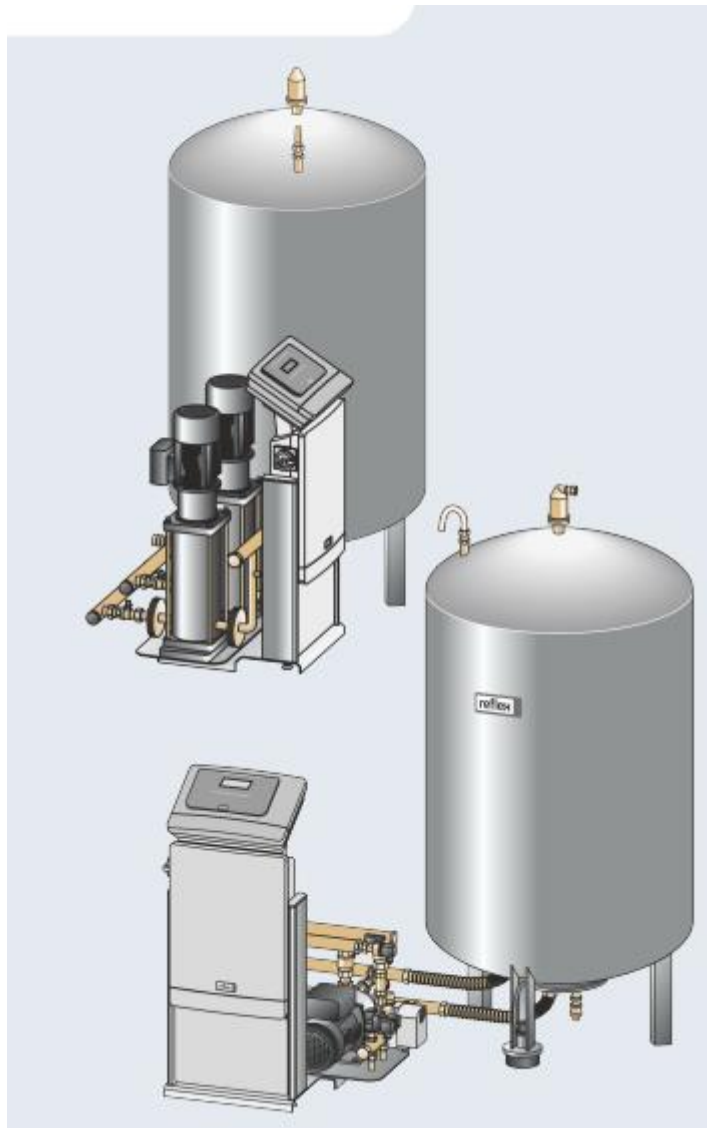
p_e = konačni tlak sistema (bar)

p_o = pretlak sistema (bar)

U ovom radu sve ekspanzijske posude određene su pomoću alata „RSP dimensioning“ koji se nalazi u izvoru br. [7]. U navedenom alatu izračun je ukupan volumen vode u pojedinim sistemima, na način da su uneseni podaci o volumenu vode unutar sistema grijanja. Podaci o volumenu vode unutar uređaja koji su prethodno odabrani uzeti su iz tehničkih specifikacija uređaja koji se nalaze u prilogima, duljine cjevovoda su uzete iz poglavlja 2.8 „izračun padova tlaka u sistemu grijanja“, te je uz pomoć navedenog alata predviđen i volumen vode u trošilima (predviđeno je ventilokonvektorsko grijanje pošto isto nije zadano u samom zadatku).

Zbog relativno velikih kapaciteta uz ekspanzijske posude dodatno dolaze i kontrolne jedinice ekspanzijskih posuda. Kontrolne jedinice održavaju konstantan pritisak u sistemu, sistem odzračuju i nadopunjavaju ga vodom, te služe za izbjegavanje nastanka oštećenja sustava zbog

prevelik radnih tlakova. Prikaz primjera ekspanzijske posude s kontrolnom jedinicom prikazan je na slici 2.20.



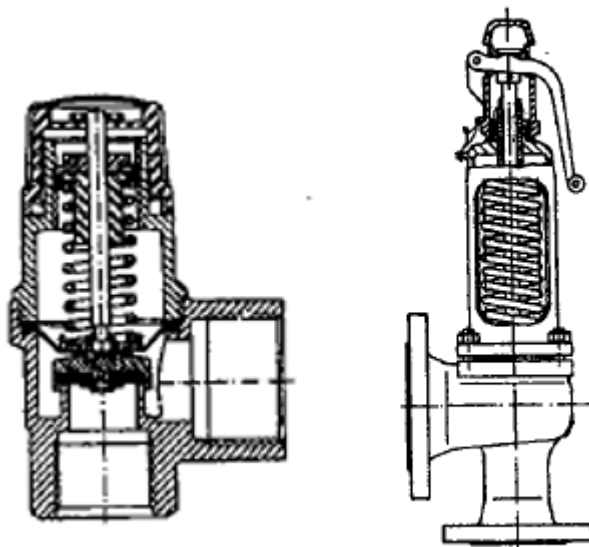
Slika 2.20 Vertikalna ekspanzijska posuda s upravljačkom jedinicom [7]

Tehničke specifikacije odabranih ekspanzijskih posuda zajedno s upravljačkim jedinicama prikazane su u prilogima br. 14-18.

Za direktnu shemu spajanja nije odabrana ekspanzijska posuda jer se ona nalazi u centralnoj stanici, te samim time nije dio zadatka ovog diplomskog rada.

2.13. Odabir sigurnosnih ventila

Sigurnosni ventili su dio sigurnosne opreme toplovodnih sustava centralnog grijanja čija je osnovna funkcija da u slučaju porasta temperature i većih toplinskih rastezanja vode ispušta vodu iz sustava. Ispuštanjem vode iz sustava smanjuje se tlak sustava te se sprečava situacija kod koje može doći do oštećenja na sistemu grijanja. Tlak na kojem sigurnosni ventil reagira je za određenu vrijednost veći od radnog tlaka najčešće 20%. Primjeri sigurnosnih ventila prikazani su na slici 2.21.



Slika 2.21 Sigurnosni ventili [13]

U radu definiran je statički tlak sustava na razini od 1,8 bara. Za potrebe određivanja postavke tlaka aktivacije sigurnosnog ventila, primijenjena je sigurnosti od 20%, što rezultira kalkuliranim tlakom reakcije od 2,16 bara. U skladu s normativima i standardima, odabran je prvi veći standardni tlak za sigurnosni ventil, koji iznosi 2,5 bara. Ovaj pristup osigurava da ventil adekvatno reagira na prekoračenje tlaka unutar sustava.

Sigurnosni ventili izabrani su pomoću alata za odabir termotehničke opreme koji se nalazi pod izvorom broj [18], te se njihove tehničke specifikacije mogu naći pod prilogom broj 19.

3. Regulacija

Pojam regulacija u termotehnici točnije u području grijanja odnosi se na precizno upravljanje temperaturom i protokom radnog medija prema unaprijed specificiranim parametrima. Regulacija je ključna komponenta za pravilan rad sustava ,te postizanje energetske učinkovitosti.



Slika 3.1 Osnovni elementi regulacijskog kruga [15]

Osnovni shematski prikaz rada sustava regulacije u termotehnici prikazan je na slici 3.1. Sustav regulacije se sastoji od 6 osnovnih elemenata:

1. Osjetnik

- Mjeri regulirani parametar (temperaturu, protok, tlak, vlažnost...)

2. Regulator

- Uspoređuje zadanu vrijednost s izmjerenom vrijednosti osjetnika, te na temelju navedene usporedbe donosi odluku kako da prilagodi rad pogona kako bi se postigla vodeća vrijednost.

3. Pogon

- Predstavlja izvršni element sustava regulacije, koji upravlja različitim uređajima poput ventila, pumpi, ventilatora, itd.

4. Izvršni uređaj

- Ventil: regulira protok radnog medija
- Pumpa: regulira protok i tlak radnog medija
- Grijač, hladnjak: regulira temperaturu radnog medija
- Ventilator: povećava cirkulaciju (protok) zraka

5. Izmjenjivač

- Izmjenjuje toplinu između dva medija
(npr. radiator izmjenjuje toplinu između vode i zraka)

6. Prostorija

- Prostorija predstavlja prostor u kojem se nalazi osjetnik iz 1. točke te osjetnik predstavlja povratnu vezu u sustavu regulacije, te se sam proces kontinuirano ponavlja dok je sistem u pogonu.

Prethodno pojašnjeno je pojednostavljeni prikaz osnovnog načina rada regulacijskog sustava u termotehnici. Ovisno o sistemu, regulacijski sustavi mogu biti mnogo složeniji i mogu uključivati popriličan broj regulacijskih podsustava koji rade u sinergiji kako bi osigurali optimalno funkcioniranje cjelokupnog sustava.

Kompleksniji regulacijski sustavi djeluju u hijerarhijskom načinu rada. Svaki podsustav ima specifičnu ulogu i zadatke, a svi sustavi zajedno doprinose postizanju željenih uvjeta. Svi podsustavi sistema međusobno komuniciraju i koordiniraju svoje aktivnosti putem centralnog regulatora koji osigurava skladno i efikasno djelovanje cijelog sustava.

Kroz različite složene algoritme moderni sustavi mogu postići visoku razinu performansi i pouzdanosti, prilagođavajući se dinamičkim uvjetima i specifičnim potrebama u realnom vremenu.

Stoga, iako je prikazani model na slici 3.1 koristan za razumijevanje osnovnih principa rada regulacijskih sustava, važno je napomenuti da realni regulacijski sustavi često zahtijevaju integraciju više različitih regulatornih podsustava kako bi se postigli optimalni uvjeti i performanse u složenim okruženjima poput ovoga u ovome radu.

3.1. Komponente regulacije

Sve armaturne komponente u ovome radu mogu se smatrati regulacijskim elementima projektiranog termotehničkog sistema. Svaka komponenta ima specifičnu ulogu u osiguravanju pravilnog, stabilnog i sigurnog rada cjelokupnog sistema. U ovom radu korištene su slijedeće regulacijske komponente:

1. Senzori i mjerni armaturni elementi

- Termometar - Mjeri temperaturu vode na različitim mjestima u sustavu za preciznu regulaciju temperature. (nema povratne veze s regulacijom)
- Manometar - Mjeri tlak unutar sustava kako bi se osiguralo da tlak ostane unutar zadanih granica. (nema povratne veze s regulacijom)
- Osjetnik tlaka - regulirana veličina - Mjeri tlak u sustavu i šalje podatke upravljačkoj jedinici. (ima povratnu vezu s regulacijom)
- Temperaturni osjetnik - regulirana veličina - Mjeri temperaturu vode i šalje podatke upravljačkoj jedinici. (ima povratnu vezu s regulacijom)
- Kalorimetar (poglavlje br. 2.7)- Mjeri potrošnju toplinske energije, omogućujući precizno praćenje potrošnje. (može imati povratnu vezu s regulacijom, ali povratna veza nije neophodna)

2. Izmjenjivači topline

- Cijevni izmjenjivač topline (poglavlje br. 2.3) - Prenosi toplinu između dva fluidna, jedan fluid cirkulira u cijevima izmjenjiva, a drugi u plaštu izmjenjivača. Nema direktnog kontakta i miješanja fluida.
- Pločasti izmjenjivač topline (poglavlje br. 2.4)- Prenosi toplinu između dva fluidna, jedan fluid cirkulira s jedne strane ploče izmjenjivača, a drugi s druge. Nema direktnog kontakta i miješanja fluida.

3. Sigurnosna armatura

- Ekspanzijska posuda (poglavlje br. 2.12) - Apsorbira toplinske promjene volumena vode koje nastaju kao rezultat temperaturnih oscilacija.
- Sigurnosni ventil s ispustom (poglavlje br. 2.13) - Ispušta vodu iz sustava kako bi spriječio previsoki tlak sustava, te neposredno i potencijalna oštećenja.
- Nepovratna klapna - Sprečava povratni tok vode, koji može uzorkovati hidraulički udar
- Odzračni ventil s ispustom - Uklanja zrak iz sustava kako bi se spriječili hidraulički udarci i osigurala učinkovitost.

4. Ventili i regulatori

- Kuglasta slavina, Leptirasta slavina – Otvara ili zatvara protok vode u određenim dijelovima sustava.
- 3-putni miješajući ventil s motornim pogonom (poglavlje br. 2.9) - Regulira miješanje tople i hladne vode kako bi održao željenu temperaturu.
- Balansirajući ventil (poglavlje br. 2.10) - Omogućava ravnomjernu distribuciju protoka kroz sustav.
- Regulator tlaka s integriranim ograničivačem protoka - Održava stabilan tlak i kontrolira maksimalni protok.
- Ventil za punjenje/praznjenje - Omogućava dodavanje ili ispuštanje vode iz sustava.
- Regulator temperature - Održava zadanu temperaturu u sustavu.
- Regulator protoka - Kontrolira brzinu protoka vode unutar sustava.

5. Cirkulacijske pumpe

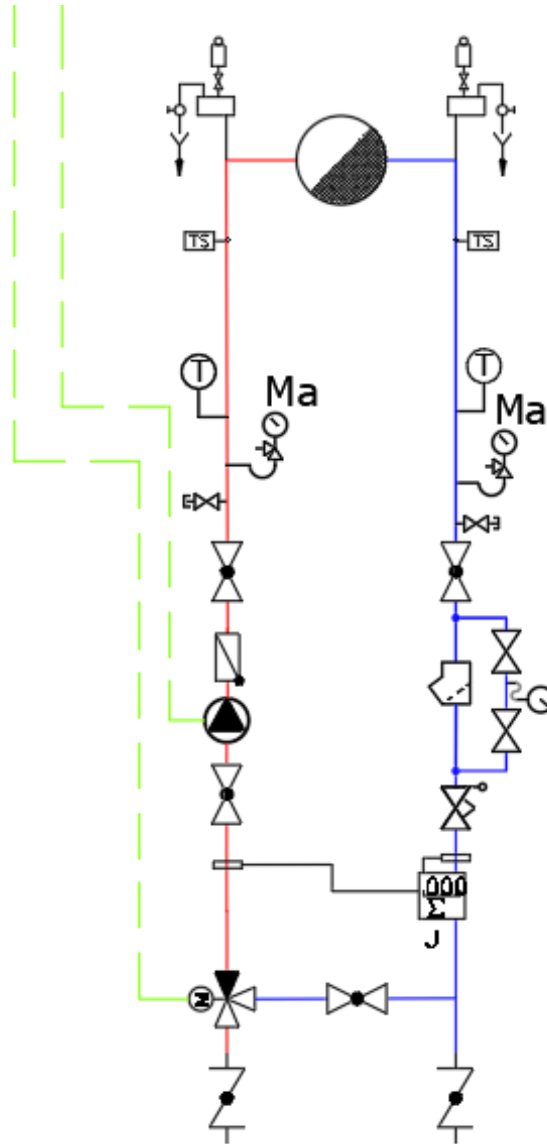
- Cirkulacijska pumpa - frekventno regulirana (poglavlje br. 2.11) - Osigurava kontinuirani protok vode i prilagođava brzinu protoka prema potrebama sustava.

6. Ostala oprema

- Kompenzator - Apsorbira termička rastezanja i vibracije u cjevovodima, osiguravajući dugovječnost komponenti.
- Odvajač nečistoće - Uklanja nečistoće iz vode, sprječavajući začepljenje i oštećenje komponenata.
- Diferencijalni presostat - Mjeri razliku tlaka između dvije točke u sustavu i koristi se za kontrolu pumpi i ventila.
- Ispust - Omogućava ispuštanje vode iz sustava za potrebe održavanja.

3.2. Regulacija miješanjem

Regulacija miješanjem je tip regulacije kod koje se osigurava konstantni protok radnog medija kroz recirkulacijsku granu grijanja. Primjer regulacije miješanjem prikazan je na slici 3.2.



Slika 3.2 Regulacija miješanjem [autor]

Kod ovakvog tipa regulacije pomoću troputnog ventila osigurava se konstantni protok u recirkulacijskoj grani, ali s različitim polaznim temperaturama radnog medija, posljedično čemu se mijenja toplinski učinak krajnjeg potrošača odnosno izmjenjivača (radijator, ventilokonvektor, podno grijanje...).

Troputni ventil miješa polazni radni medij iz izvora (kotla) s povratnim radnim medijem iz krajnjeg izmjenjivača. Miješa ih u omjeru koji je potreban da bi se osigurala potrebna temperatura na ulazu u krajnji izmjenjivač.

Specifično svojstvo ovakvog tipa regulacije je da protok gotovo neovisan o omjeru količine radnog medija koji dolazi iz izvora (kotla) i radnog medija koji dolazi povratnim vodom iz izmjenjivača, pa se protok smatra konstantnim. Konstantni protok pogodan je za ugradnju cirkulacijske pumpe jer se održava konstantna radna točka.

Ali omjer prijašnje navedenih ulaza ovisi o temperaturi u polaznom vodu recirkulacijske grane. Iz razloga kada se temperatura polaznog voda mijenja, troputni ventil se automatski podešava kako bi balansirao količinu radnog medija iz izvora i povratnog voda.

Troputni ventil sam po sebi ne može osigurati ravnomjerni protok kroz različite dijelove sustava zbog ograničenog autoriteta. Autoritet troputnog ventila vrlo je nizak, pa samim time oscilacije tlaka u sustavu mogu značajno utjecati na protok kroz ventil, što može dovesti do nestabilnosti i neujednačenog protoka radnog medija.

Iz navedenog razloga primjenjuje se balansirajući ventil koji ima značajni autoritet nad sustavom (oko 0,5). On povećava otpor u dijelovima sustava gdje je to potrebno, balansirajući ventil osigurava da pad tlaka na troputnom ventilu bude veći u odnosu na ukupni pad tlaka u sustavu. Time se postiže veći autoritet troputnog ventila, što omogućava precizniju regulaciju protoka i bolju kontrolu miješanja ili preusmjeravanja fluida.

Prethodno u poglavljima 2.9 i 2.10 pobliže su objašnjeni troputni ventil i balansirajući ventil.

3.3. Regulacija direktnog tipa toplinske podstanice

Regulacijski sistem direktnog sustava toplinske toplovodne podstanice u ovom radu bazira se na primjeni tri regulacijska ventila proizvođača Danfoss VFG2, VFQ, i AFQM2. Primjenom navedenih ventila pruža se precizna kontrola protoka, tlaka i temperature unutar sustava grijanja.

Regulator temperature VFG2 koristi se na ulazu u toplinsku podstanicu za održavanje željene temperature polaznog voda vode koja ulazi u sustav podstanice. Ovim ventilom ostvaruje se automatska regulacija protoka na temelju temperature vode, osiguravajući optimalne uvjete koji su zadani u zadatku ovoga rada. VFG2 ventil sadrži kontrolni element koji reagira na promjene temperature, prilagođavajući položaj ventila kako bi održao postavljenu temperaturu.

Uz regulator temperature VFG2 na polaznom vodu predviđeni je i regulator protoka VFQ. On osigurava preciznu kontrolu količine toplinske energije koja se distribuira unutar sustava. VFQ ventil sadrži metalni zatvarač s podesivim ograničenjem protoka, koji omogućuje precizno podešavanje maksimalnog protoka u sistemu. Ovaj ventil koristi sustav cijevi koje prenose tlak prema aktuatoru, što omogućava automatsko zatvaranje ventila kada se postigne maksimalni dozvoljeni protok.

Na povratnom vodu, predviđeni je AFQM2 ventil koji osigurava stabilan tlak unutar sustava i sprječava prekomjerni protok. AFQM2 je samo regulirajući ventil koji koristi integrirani ograničivač protoka za održavanje stabilnog diferencijalnog tlaka preko ventila. Ovaj ventil omogućuje automatsko prilagođavanje protoka u skladu s promjenama tlaka u sustavu, čime se održava optimalna efikasnost i sprječavaju moguća oštećenja uslijed preopterećenja.

Kombinacija prethodno navedenih ventila omogućuje usklađeno regulaciju unutar toplinske podstanice direktnog tipa. VFG2 ventil osigurava odgovarajuću ulaznu temperaturu, VFQ ventil osigurava precizno doziranje toplinske energiju, dok AFQM2 ventil održava stabilan povratni tlak i sprječava prekomjerni protok.

4. Dispozicija opreme

Dispozicija opreme predstavlja ključan aspekt u procesu projektiranja i realizacije termotehničkih sustava. Pravilnom dispozicijom opreme definira se položaj, te međusobni odnos svih elemenata sustava, čime se osigurava:

- efikasan rad,
- mogućnost održavanje opreme,
- smanjuje se rizik kolizija,
- olakšava buduća nadogradnja
- osigurava se optimalna iskoristivost prostora.

4.1. Revit

Dispozicija opreme napravljena je pomoću alata „Revit“ koji je razvijen od strane tvrtke Autodesk. Revit je BIM (Building Information Modeling) alat koji omogućava termotehničko i arhitektonsko projektiranje s visokim stupnjem preciznosti i efikasnost.

Visoki stupanje preciznosti i efikasnosti se postiže kroz:

- Integraciju multidisciplinarnih podatak
 - arhitektonski, građevinski, termotehnički, elektrotehnički podaci...
- Parametarsko modeliranje:
 - Svi elementi u Revitu su parametri, što znači da promjene na jednom dijelu modela automatski utječe na povezane dijelove
- Kolaborativno radno okruženje
 - Revit omogućava simultani rad više korisnika na istom modelu, što poboljšava timsku produktivnost i omogućava bolju komunikaciju među članovima tima.

U alatu Revit postoji pojam „family“. Pojam „family“ u termotehničkom aspektu predstavlja parametrične elemente koji definiraju i omogućuju modeliranje sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije (HVAC). U ovome radu korištene su originalne „families“ koje pružaju proizvođači opreme na svojim web stranicama. Korištenjem originalnih „families“ odabranih elemenata izbjegava se mogućnost da opreme ne stane u prostor toplinske podstanice.

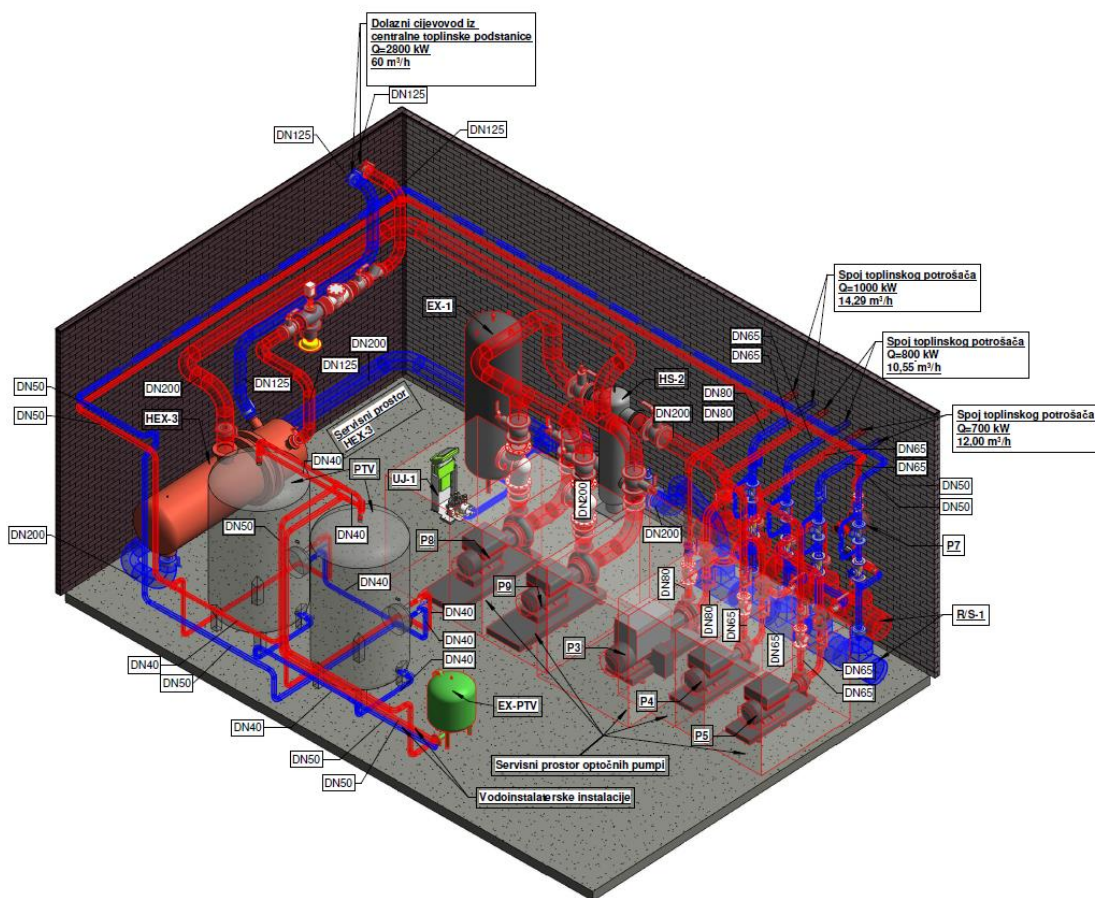
4.2. Pregled dispozicija podstanica

U nastavku su prikazane 3 zasebne dispozicije toplinskih podstanica:

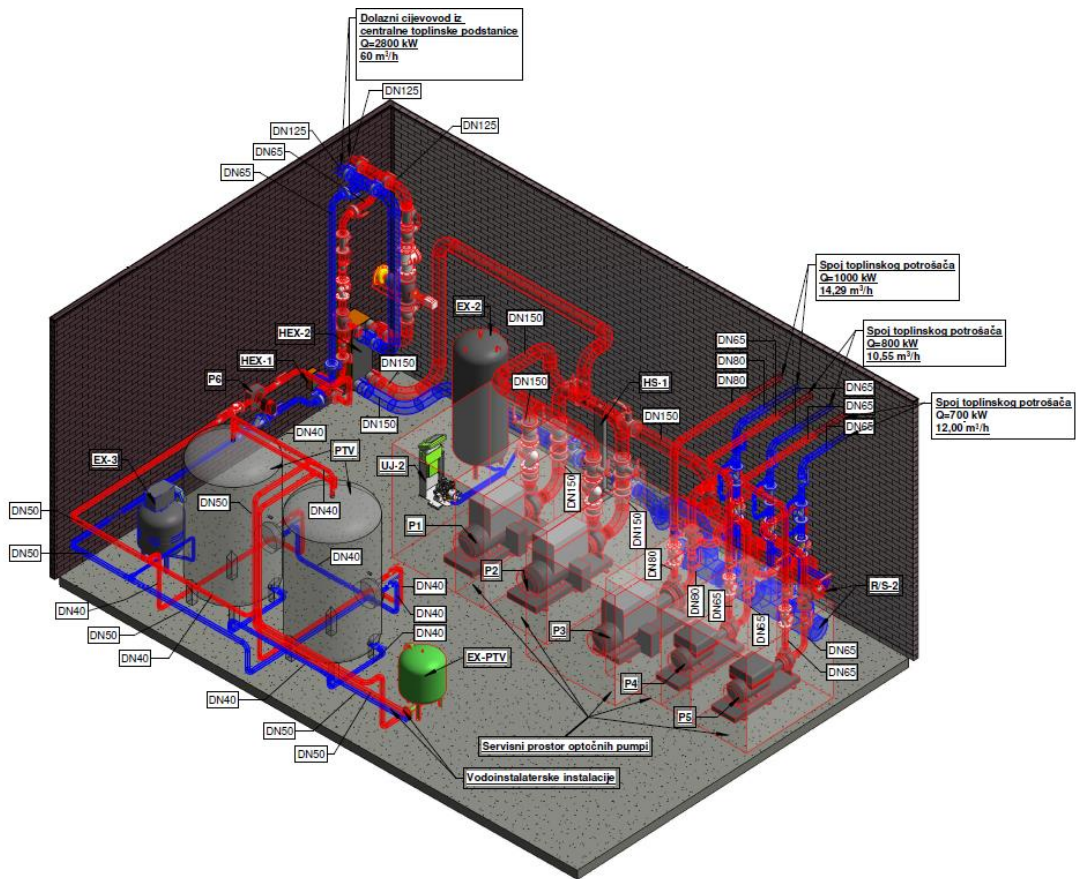
1. Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (cijevni izmjenjivač) (slika 4.1)
2. Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (pločasti izmjenjivač) (slika 4.2)
3. Dispozicija direktnog sustava grijanja i ptv-a (slika 4.3)

Svaka zasebna dispozicija toplinske podstanice prikazana je u prostoru istih dimenzija visine 4 m, širine 9,5 m, te dužine 6,5 m. Korišten je prostor istih dimenzija kako bi se vizualno prikazala razlika između potrebnog prostora termotehničkog postrojenja direktnog i indirektnog tipa istog toplinskog kapaciteta.

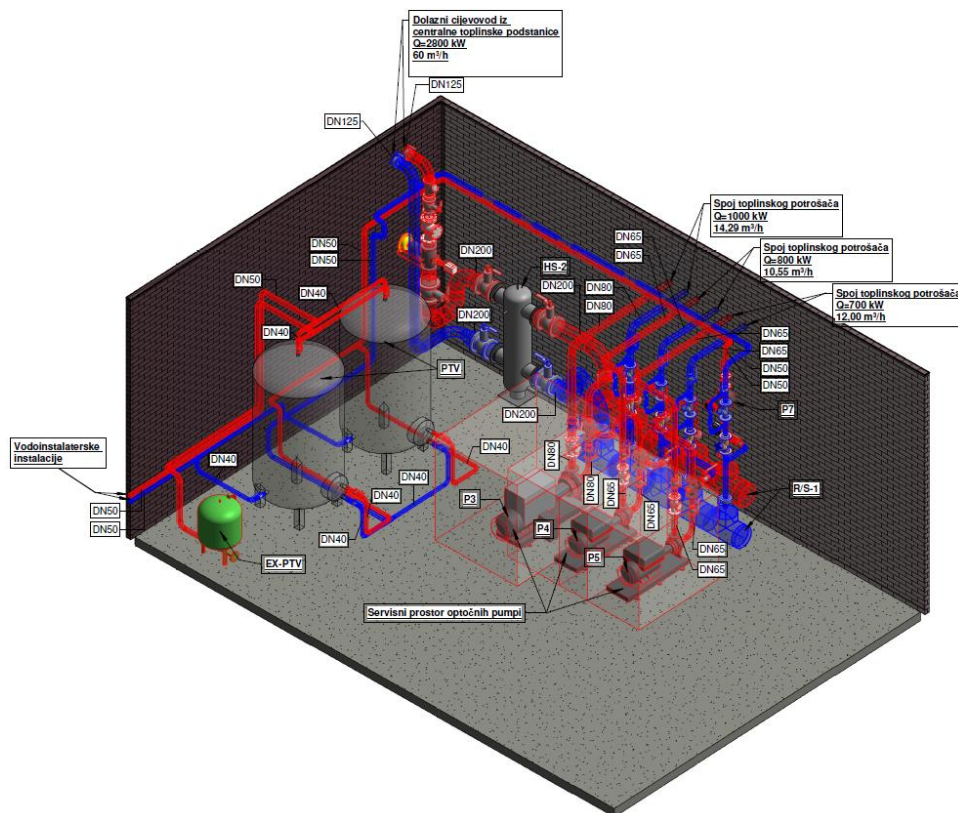
Detaljna tehnička dokumentacija prethodno navedenih dispozicija prikazana je u prilogima broj 23,24,25.



Slika 4.1 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (cijevni izmjenjivač) [autor]



Slika 4.2 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (pločasti izmjenjivač) [autor]



Slika 4.3 Dispozicija direktnog sustava grijanja i ptv-a [autor]

5. Ekonomska analiza sistema grijanja

U nastavku provedena je ekonomska analiza potrošnje toplinske energije unutar toplinske podstanice. Ekonomska analiza provedena je za tri tipa toplinskih podstanica:

- direktni tip
- indirektni tip s pločastim izmjenjivačima
- indirektni tip s cijevnim izmjenjivačem

Indirektni tipovi s pločastim i cijevnim izmjenjivačima imaju određene gubitke topline, te prema tome njihove efikasnosti nisu 100%. Prema izvoru broj. [3] standardna efikasnost pločastog izmjenjivača se kreće od 80% do 95%, dok se standardna efikasnost cijevnog izmjenjivača kreće od 60%-80%.

Za potrebe ove ekonomske analize uzeti su najgori slučajevi efikasnosti. Stoga je za pločasti izmjenjivač uzeta efikasnost od 80%, što znači da ima 20% gubitaka. Za cijevni izmjenjivač uzeta je efikasnost od 60%, odnosno 40% gubitaka.

U nastavku prikazana je tablica broj.12. U navedenoj tablici proveden je proračun dnevne potrošnje toplinske energije toplinske podstanice za lokaciju Osijek, u sezoni grijanja od 01.10.2023. do 15.04.2024., pod uvjetom da je temperatura grijanog prostora konstantna odnosno da ona konstantno iznosi 21 °C, te također da je i temperatura PTV konstantna te da ona iznosi 60°C. Podaci o maksimalnoj i minimalnoj dnevnoj temperaturi uzeti su za navedeni period iz izvora broj. [19]. Srednja dnevna temperatura izračunata je na temelju maksimalne i minimalne temperature. Podatak o potrebnoj energiji za grijanje i PTV dobiven je po formuli:

$$Q = P_{iz} \cdot \left(\frac{T_{pr} - T_{sr}}{T_{pr} + T_{pro}} \right) \cdot \frac{1}{\eta} \cdot 24 \quad (62)$$

- Gdje je

Q = dnevna potrošena energija (kWh)

P_{iz} = snaga izmjenjivača (kWh)

T_{pr} = temperatura prostorije (K) \rightarrow 294.15 K

T_{sr} = Prosiječna dnevna temperatura (K)

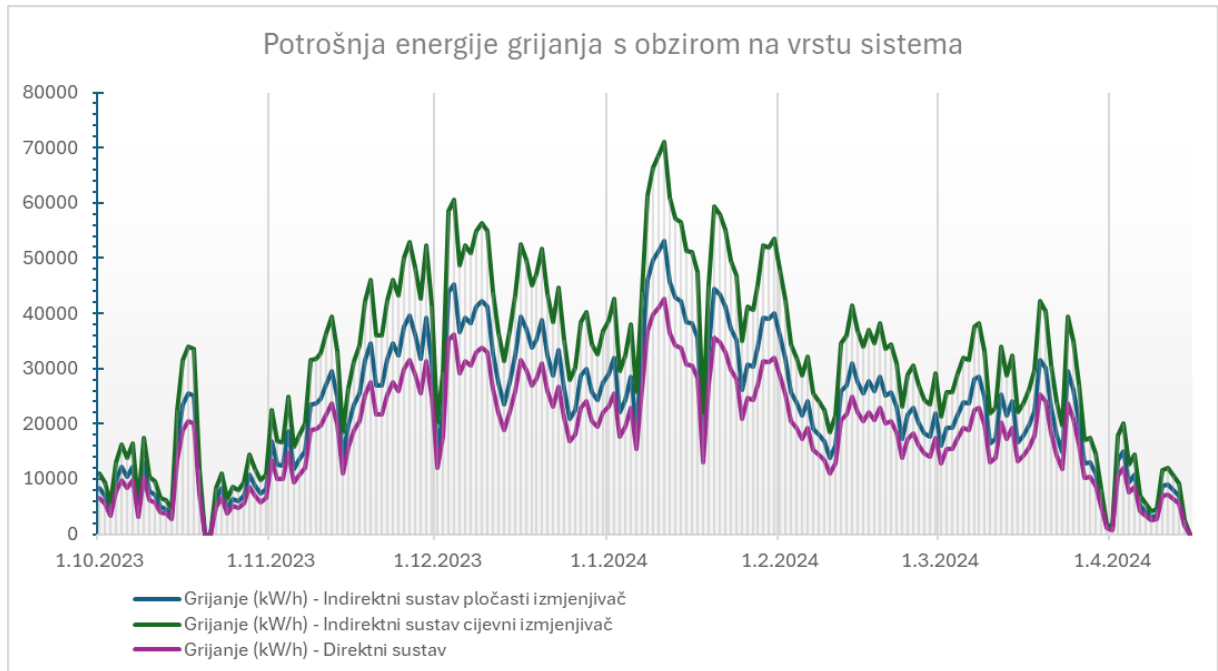
T_{pro} = Projektna temperatura grijanja za grad Osijek (K) \rightarrow 256.85 K

η = stupanj efikasnosti (%)

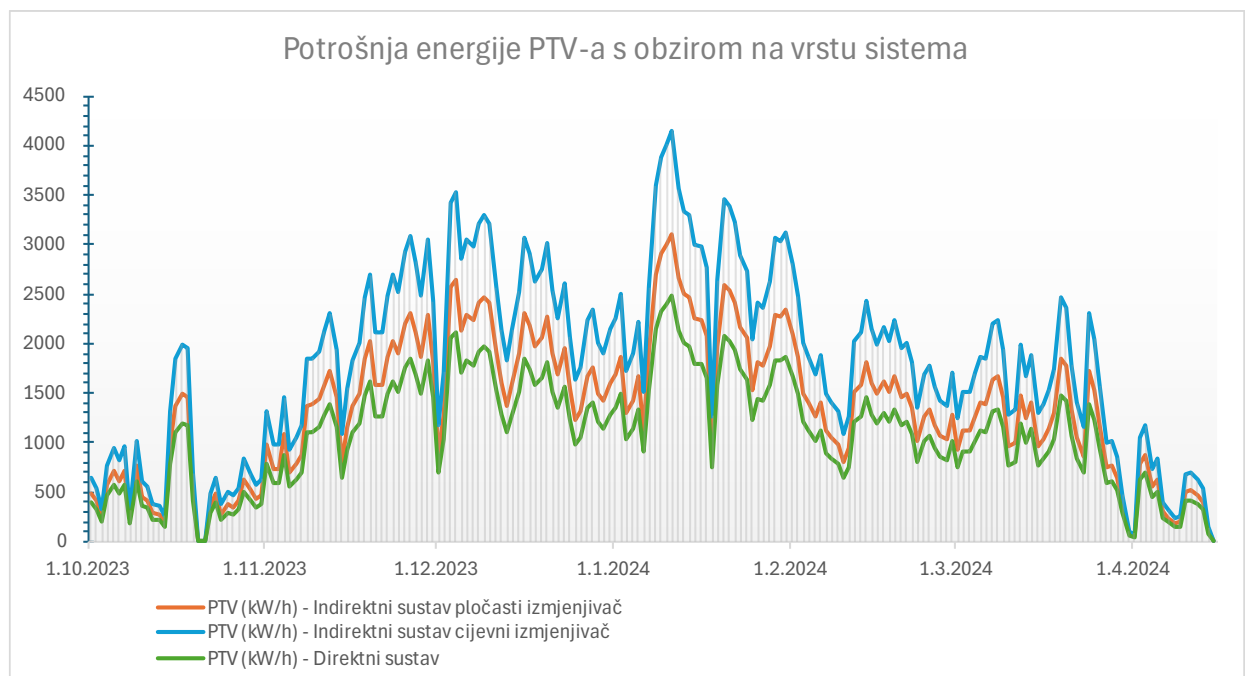
Datum	Maksimalna temperatura (°C)	Minimalna temperatura (°C)	Prosječna dnevna temperatura (K)	Razlika između prosječne dnevne temperature i unutarnje temperature (K)	Razlika između temp. PTV i prosječne dnevne temperature (K)	Dnevna potrošnja toplinske energije					
						Indirektni sustav - pločasti izmjenjivači		Indirektni sustav - Cijevni izmjenjivači		Direktni sustav	
						Grijanje (kW/h)	PTV (kW/h)	Grijanje (kW/h)	PTV (kW/h)	Grijanje (kW/h)	PTV (kW/h)
1.10.2023	21,20	12,60	290,05	4,10	43,10	8288,41	484,89	11073,32	647,73	6630,73	387,91
2.10.2023	23,30	11,80	290,70	3,45	42,45	6974,39	408,02	9317,79	545,04	5579,51	326,41
3.10.2023	24,80	13,10	292,10	2,05	41,05	4144,20	242,44	5536,66	323,86	3315,36	193,96
4.10.2023	21,10	11,20	289,30	4,85	43,85	9804,58	573,59	13098,92	766,21	7843,67	458,87
5.10.2023	20,80	9,20	288,15	6,00	45,00	12129,38	709,59	16204,85	947,89	9703,50	567,67
6.10.2023	21,20	10,50	289,00	5,15	44,15	10411,05	609,07	13909,16	813,61	8328,84	487,25
7.10.2023	22,20	7,70	288,10	6,05	45,05	12230,46	715,51	16339,89	955,79	9784,37	572,40
8.10.2023	25,50	12,60	292,20	1,95	40,95	3942,05	230,62	5266,58	308,06	3153,64	184,49
9.10.2023	19,80	9,30	287,70	6,45	45,45	13039,08	762,81	17420,22	1018,98	10431,27	610,25
10.10.2023	21,10	13,20	290,30	3,85	42,85	7783,02	455,32	10398,11	608,23	6226,42	364,26
11.10.2023	22,60	12,30	290,60	3,55	42,55	7176,55	419,84	9587,87	560,84	5741,24	335,87
12.10.2023	25,40	11,80	291,75	2,40	41,40	4851,75	283,84	6481,94	379,16	3881,40	227,07
13.10.2023	25,40	12,10	291,90	2,25	41,25	4548,52	266,10	6076,82	355,46	3638,81	212,88
14.10.2023	25,50	13,20	292,50	1,65	40,65	3335,58	195,14	4456,33	260,67	2668,46	156,11
15.10.2023	15,80	9,50	285,80	8,35	47,35	16880,05	987,52	22551,75	1319,15	13504,04	790,01
16.10.2023	13,50	5,20	282,50	11,65	50,65	23551,21	1377,79	31464,42	1840,49	18840,97	1102,23
17.10.2023	13,50	3,30	281,55	12,60	51,60	25471,70	1490,14	34030,19	1990,57	20377,36	1192,12
18.10.2023	14,70	2,50	281,75	12,40	51,40	25067,39	1466,49	33490,03	1958,98	20053,91	1173,19
19.10.2023	22,80	10,40	289,75	4,40	43,40	8894,88	520,37	11883,56	695,12	7115,90	416,29
20.10.2023	27,20	17,50	295,50	-1,35	37,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.10.2023	25,90	16,90	294,55	-0,40	38,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.10.2023	22,60	13,20	291,05	3,10	42,10	6266,85	366,62	8372,51	489,74	5013,48	293,30
23.10.2023	22,00	11,80	290,05	4,10	43,10	8288,41	484,89	11073,32	647,73	6630,73	387,91
24.10.2023	23,80	13,50	291,80	2,35	41,35	4750,67	277,92	6346,90	371,26	3800,54	222,34
25.10.2023	20,80	14,90	291,00	3,15	42,15	6367,92	372,54	8507,55	497,64	5094,34	298,03
26.10.2023	22,00	14,10	291,20	2,95	41,95	5963,61	348,88	7967,39	466,05	4770,89	279,11
27.10.2023	23,20	11,90	290,70	3,45	42,45	6974,39	408,02	9317,79	545,04	5579,51	326,41
28.10.2023	20,20	11,20	288,85	5,30	44,30	10714,29	626,81	14314,29	837,30	8571,43	501,45
29.10.2023	22,40	10,90	289,80	4,35	43,35	8793,80	514,45	11748,52	687,22	7035,04	411,56
30.10.2023	22,50	12,30	290,55	3,60	42,60	7277,63	425,76	9722,91	568,73	5822,10	340,60
31.10.2023	22,50	11,50	290,15	4,00	43,00	8086,25	473,06	10803,23	631,93	6469,00	378,45
1.11.2023	17,30	8,00	285,80	8,35	47,35	16880,05	987,52	22551,75	1319,15	13504,04	790,01
2.11.2023	19,30	10,30	287,95	6,20	45,20	12533,69	733,25	16745,01	979,49	10026,95	586,60
3.11.2023	19,50	10,20	288,00	6,15	45,15	12432,61	727,33	16609,97	971,59	9946,09	581,87
4.11.2023	15,00	8,60	284,95	9,20	48,20	18598,38	1088,04	24847,44	1453,43	14878,71	870,43
5.11.2023	19,70	10,60	288,30	5,85	44,85	11826,15	691,85	15799,73	924,19	9460,92	553,48
6.11.2023	19,10	9,50	287,45	6,70	45,70	13544,47	792,38	18095,42	1058,48	10835,58	633,90
7.11.2023	18,50	8,60	286,70	7,45	46,45	15060,65	881,08	20121,02	1176,96	12048,52	704,86
8.11.2023	13,50	5,20	282,50	11,65	50,65	23551,21	1377,79	31464,42	1840,49	18840,97	1102,23
9.11.2023	14,60	3,90	282,40	11,75	50,75	23753,37	1389,62	31734,50	1856,29	19002,70	1111,70
10.11.2023	12,60	5,10	282,00	12,15	51,15	24561,99	1436,93	32814,82	1919,48	19649,60	1149,54
11.11.2023	10,80	4,30	280,70	13,45	52,45	27190,03	1590,67	36325,88	2124,86	21752,02	1272,54
12.11.2023	11,80	1,00	279,55	14,60	53,60	29514,82	1726,68	39431,81	2306,54	23611,86	1381,34
13.11.2023	13,60	3,80	281,85	12,30	51,30	24865,23	1454,66	33219,95	1943,18	19892,18	1163,73
14.11.2023	18,20	10,10	287,30	6,85	45,85	13847,71	810,12	18500,54	1082,18	11078,17	648,09
15.11.2023	15,10	7,30	284,35	9,80	48,80	19811,32	1159,00	26467,92	1548,22	15849,06	927,20
16.11.2023	14,40	4,40	282,55	11,60	50,60	23450,13	1371,88	31329,38	1832,59	18760,11	1097,50
17.11.2023	11,60	5,10	281,50	12,65	51,65	25572,78	1496,06	34165,23	1998,47	20458,22	1196,85
18.11.2023	8,50	2,30	278,55	15,60	54,60	31536,39	1844,94	42132,61	2464,52	25229,11	1475,95
19.11.2023	8,80	-0,90	277,10	17,05	56,05	34467,65	2016,43	46048,79	2693,59	27574,12	1613,14
20.11.2023	14,10	1,20	280,80	13,35	52,35	26987,87	1578,84	36055,80	2109,06	21590,30	1263,07
21.11.2023	9,10	6,20	280,80	13,35	52,35	26987,87	1578,84	36055,80	2109,06	21590,30	1263,07
22.11.2023	8,90	1,70	278,45	15,70	54,70	31738,54	1856,77	42402,70	2480,32	25390,84	1485,41
23.11.2023	7,20	0,70	277,10	17,05	56,05	34467,65	2016,43	46048,79	2693,59	27574,12	1613,14
24.11.2023	9,30	0,70	278,15	16,00	55,00	32345,01	1892,25	43212,94	2527,71	25876,01	1513,80
25.11.2023	5,50	-0,60	275,60	18,55	57,55	37500,00	2193,82	50100,00	2930,56	30000,00	1755,06
26.11.2023	4,80	-1,90	274,60	19,55	58,55	39521,56	2312,09	52800,81	3088,55	31617,25	1849,67
27.11.2023	8,20	-2,00	276,25	17,90	56,90	36185,98	2116,95	48344,47	2827,88	28948,79	1693,56
28.11.2023	7,10	3,40	278,40	15,75	54,75	31839,62	1862,68	42537,74	2488,21	25471,70	1490,14
29.11.2023	4,70	-1,40	274,80	19,35	58,35	39117,25	2288,44	52260,65	3056,95	31293,80	1830,75
30.11.2023	11,80	-0,50	278,80	15,35	54,35	31031,00	1815,37	41457,41	2425,02	24824,80	1452,30
1.12.2023	20,10	7,00	286,70	7,45	46,45	15060,65	881,08	20121,02	1176,96	12048,52	704,86
2.12.2023	19,10	1,20	283,30	10,85	49,85	21933,96	1283,18	29303,77	1714,10	17547,17	1026,54
3.12.2023	2,80	-4,20	272,45	21,70	60,70	43867,92	2566,36	58607,55	3428,21	35094,34	2053,09
4.12.2023	2,50	-5,30	271,75	22,40	61,40	45283,02	2649,15	60498,11	3538,79	36226,42	2119,32
5.12.2023	7,70	-1,80	276,10	18,05	57,05	36489,22	2134,69	48749,60	2851,57	29191,37	1707,75
6.12.2023	2,50	0,80	274,80	19,35	58,35	39117,25	2288,44	52260,65	3056,95	31293,80	1830,75
7.12.2023	4,40	-0,10	275,30	18,85	57,85	38106,47	2229,30	50910,24	2977,96	30485,18	1783,44
8.12.2023	3,90	-2,60	273,80	20,35	59,35	41138,81	2406,70	54961,46	3214,93	32911,05	1925,36
9.12.2023	3,10	-2,80	273,30	20,85	59,85	42149,60	2465,83	56311,86	3293,92	33719,68	1972,67
10.12.2023	4,00	-2,70	273,80	20,35	59,35	41138,81	2406,70	54961,46	3214,93	32911,05	1925,36
11.12.2023	8,80	0,70	277,90	16,25	55,25	32850,40	1921,81	43888,14	2567,21	26280,32	1537,45
12.12.2023	11,90	3,10	280,65	13,50	52,50	27291,11	1596,58	36460,92	2132,76	21832,88	1277,27
13.12.2023	11,50	7,30	282,55	11,60	50,60	23450,13	1371,88	31329,38	1832,59	18760,11	1097,50
14.12.2023	9,70	5,10	280,55	13,60	52,60	27493,26	1608,41	36731,00	2148,55	21994,61	1286,73
15.12.2023	7,50	2,50	278,15	16,00	55,00	32345,01	1892,25	43212,94	2527,71	25876,01	1513,80
16.12.2023	5,60	-2,50	274,70	19,45	58,45	39319,41	2300,26	52530,73	3072,75	31455,53	1840,21
17.12.2023	7,50	-2,30	275,75	18,40	57,40	37196,77	2176,08	49694,88	2906,87	29757,41	1740,87
18.12.2023	10,30	-1,60	277,50	16,65	55,65	33659,03	1969,12	44968,46	2630,40	26927,22	1575,30
19.12.2023	9,30	-2,10	276,75	17,40	56,40	35175,20	2057,82	46994,07	2748,88	28140,16	1646,25
20.12.2023	5,20	-1,50	275,00	19,15	58,15	38712,94	2264,78	51720,49	3025,35	30970,35	1811,83
21.12.2023	9,90	0,00	278,10	16,05	55,05	32446,09	1898,16	43347,98	2535,61	25956,87	1518,53
22.12.2023	9,40	4,10	279,90	14,25	53,25	28807,28	1685,28	38486,52	2251,24	23045,82	1348,23
23.12.2023	6,20	2,80	277,65	16,50	55,50	33355,80	1951,38	44563,34	2606,70	26684,64	1561,10
24.12.2023	11,80	4,10	281,10	13,05	52,05	26381,40	1543,36	35245,55	2061,66	21105,12	

6.1.2024	14,80	8,10	284,60	9,55	48,55	19305,93	1129,43	25792,72	1508,73	15444,74	903,55
7.1.2024	9,50	0,00	277,90	16,25	55,25	32850,40	1921,81	43888,14	2567,21	26280,32	1537,45
8.1.2024	-0,40	-3,10	271,40	22,75	61,75	45990,57	2690,54	61443,40	3594,09	36792,45	2152,43
9.1.2024	-2,00	-5,10	269,60	24,55	63,55	49629,38	2903,42	66304,85	3878,45	39703,50	2322,73
10.1.2024	-1,50	-7,30	268,75	25,40	64,40	51347,71	3003,94	68600,54	4012,74	41078,17	2403,15
11.1.2024	-1,50	-9,10	267,85	26,30	65,30	53167,12	3110,38	71031,27	4154,92	42533,69	2488,30
12.1.2024	0,80	-3,90	271,60	22,55	61,55	45586,25	2666,89	60903,23	3562,49	36469,00	2133,51
13.1.2024	4,20	-4,50	273,00	21,15	60,15	42756,06	2501,31	57122,10	3341,32	34204,85	2001,05
14.1.2024	5,10	-4,90	273,25	20,90	59,90	42250,67	2471,75	56446,90	3301,82	33800,54	1977,40
15.1.2024	4,00	0,00	275,15	19,00	58,00	38409,70	2247,04	51315,36	3001,66	30727,76	1797,63
16.1.2024	5,90	-1,70	275,25	18,90	57,90	38207,55	2235,22	51045,28	2985,86	30566,04	1788,17
17.1.2024	9,40	-2,50	276,60	17,55	56,55	35478,44	2075,56	47399,19	2772,58	28382,75	1660,45
18.1.2024	17,40	8,60	286,15	8,00	47,00	16172,51	946,12	21606,47	1263,85	12938,01	756,90
19.1.2024	9,70	-1,10	277,45	16,70	55,70	33760,11	1975,03	45103,50	2638,30	27008,09	1580,03
20.1.2024	2,70	-4,60	272,20	21,95	60,95	44373,32	2595,93	59282,75	3467,70	35498,65	2076,74
21.1.2024	3,90	-4,80	272,70	21,45	60,45	43362,53	2536,79	57932,35	3388,71	34690,03	2029,43
22.1.2024	5,90	-4,70	273,75	20,40	59,40	41239,89	2412,61	55096,50	3222,83	32991,91	1930,09
23.1.2024	8,10	-2,80	275,80	18,35	57,35	37095,69	2170,17	49559,84	2898,97	29676,55	1736,14
24.1.2024	8,90	-1,60	276,80	17,35	56,35	35074,12	2051,91	46859,03	2740,99	28059,30	1641,52
25.1.2024	12,10	4,00	281,20	12,95	51,95	26179,25	1531,54	34975,47	2045,87	20943,40	1225,23
26.1.2024	9,80	1,70	278,90	15,25	54,25	30828,84	1803,55	41187,33	2409,22	24663,07	1442,84
27.1.2024	9,00	3,00	279,15	15,00	54,00	30323,45	1773,98	40512,13	2369,73	24258,76	1419,19
28.1.2024	8,20	0,50	277,50	16,65	55,65	33659,03	1969,12	44968,46	2630,40	26927,22	1575,30
29.1.2024	6,90	-3,70	274,75	19,40	58,40	39218,33	2294,35	52395,69	3064,85	31374,66	1835,48
30.1.2024	6,60	-3,10	274,90	19,25	58,25	38915,09	2276,61	51990,57	3041,15	31132,08	1821,29
31.1.2024	6,70	-4,30	274,35	19,80	58,80	40026,95	2341,66	53476,01	3128,04	32021,56	1873,32
1.2.2024	10,10	-3,60	276,40	17,75	56,75	35882,75	2099,21	47939,35	2804,18	28706,20	1679,37
2.2.2024	9,20	1,40	278,45	15,70	54,70	31738,54	1856,77	42402,70	2480,32	25390,84	1485,41
3.2.2024	12,90	3,70	281,45	12,70	51,70	25673,85	1501,97	34300,27	2006,37	20539,08	1201,58
4.2.2024	14,60	3,70	282,30	11,85	50,85	23955,53	1401,45	32004,58	1872,09	19164,42	1121,16
5.2.2024	16,20	4,50	283,50	10,65	49,65	21529,65	1258,53	28763,61	1682,51	17223,72	1007,62
6.2.2024	16,20	2,00	282,25	11,90	50,90	24056,60	1407,36	32139,62	1879,98	19245,28	1125,89
7.2.2024	16,10	7,00	284,70	9,45	48,45	19103,77	1117,61	25522,64	1492,93	15283,02	894,09
8.2.2024	16,80	7,40	285,25	8,90	47,90	17991,91	1052,56	24037,20	1406,04	14393,53	842,05
9.2.2024	16,90	8,50	285,85	8,30	47,30	16778,98	981,60	22416,71	1311,25	13423,18	785,28
10.2.2024	18,10	10,20	287,30	6,85	45,85	13847,71	810,12	18500,54	1082,18	11078,17	648,09
11.2.2024	17,50	8,60	286,20	7,95	46,95	16071,43	940,21	21471,43	1255,96	12857,14	752,17
12.2.2024	10,60	5,80	281,35	12,80	51,80	25876,01	1513,80	34570,35	2022,17	20700,81	1211,04
13.2.2024	11,30	4,00	280,80	13,35	52,35	26987,87	1578,84	36055,80	2109,06	21990,30	1263,07
14.2.2024	10,40	0,90	278,80	15,35	54,35	31031,00	1815,37	41457,41	2425,02	24824,80	1452,30
15.2.2024	13,30	1,50	280,55	13,60	52,60	27493,26	1608,41	36731,00	2148,55	21994,61	1286,73
16.2.2024	14,10	2,70	281,55	12,60	51,60	25471,70	1490,14	34030,19	1990,57	20377,36	1192,12
17.2.2024	14,40	0,20	280,45	13,70	52,70	27695,42	1620,24	37001,08	2164,35	22156,33	1296,19
18.2.2024	13,40	3,00	281,35	12,80	51,80	25876,01	1513,80	34570,35	2022,17	20700,81	1211,04
19.2.2024	13,00	0,70	280,00	14,15	53,15	28605,12	1673,46	38216,44	2235,44	22884,10	1338,76
20.2.2024	12,50	4,70	281,75	12,40	51,40	25067,39	1466,49	33490,03	1958,98	20053,91	1173,19
21.2.2024	12,20	4,40	281,45	12,70	51,70	25673,85	1501,97	34300,27	2006,37	20539,08	1201,58
22.2.2024	16,00	3,10	282,70	11,45	50,45	23146,90	1354,14	30924,26	1808,89	18517,52	1083,31
23.2.2024	15,40	9,50	285,60	8,55	47,55	17284,37	1011,17	23091,91	1350,74	13827,49	808,94
24.2.2024	13,50	7,10	283,45	10,70	49,70	21630,73	1265,44	28898,65	1690,41	17304,58	1012,35
25.2.2024	14,00	5,40	282,85	11,30	50,30	22843,67	1336,40	30519,14	1785,20	18274,93	1069,12
26.2.2024	17,00	5,10	284,20	9,95	48,95	20114,56	1176,74	26873,05	1571,92	16091,64	941,39
27.2.2024	17,80	6,20	285,15	9,00	48,00	18194,07	1064,39	24307,28	1421,84	14555,26	851,51
28.2.2024	17,60	7,00	285,45	8,70	47,70	17587,60	1028,91	23497,04	1374,44	14070,08	823,13
29.2.2024	14,60	5,80	283,35	10,80	49,80	21832,88	1277,27	29168,73	1706,20	17466,31	1021,81
1.3.2024	17,80	8,40	286,25	7,90	46,90	15970,35	934,30	21336,39	1248,06	12776,28	747,44
2.3.2024	15,90	7,00	284,60	9,55	48,55	19305,93	1129,43	25792,72	1508,73	15444,74	903,55
3.3.2024	17,40	5,50	284,60	9,55	48,55	19305,93	1129,43	25792,72	1508,73	15444,74	903,55
4.3.2024	16,40	4,10	283,40	10,75	49,75	21731,81	1271,35	29033,69	1698,31	17385,44	1017,08
5.3.2024	15,50	2,80	282,30	11,85	50,85	23955,53	1401,45	32004,58	1872,09	19164,42	1121,16
6.3.2024	15,20	3,40	282,45	11,70	50,70	23652,29	1383,71	31599,46	1848,39	18921,83	1106,96
7.3.2024	9,60	4,60	280,25	13,90	52,90	28099,73	1643,89	37541,24	2195,95	22479,78	1315,11
8.3.2024	10,10	3,60	280,00	14,15	53,15	28605,12	1673,46	38216,44	2235,44	22884,10	1338,76
9.3.2024	14,50	2,90	281,85	12,30	51,30	24865,23	1454,66	33219,95	1943,18	19892,18	1163,73
10.3.2024	19,00	6,80	286,05	8,10	47,10	16374,66	957,95	21876,55	1279,65	13099,73	766,36
11.3.2024	18,00	7,00	285,65	8,50	47,50	17183,29	1005,26	22956,87	1342,85	13746,63	804,20
12.3.2024	11,30	5,60	281,60	12,55	51,55	25370,62	1484,23	33895,15	1982,67	20296,50	1187,39
13.3.2024	13,50	7,30	283,50	10,60	49,60	21428,57	1253,61	28628,57	1674,61	17142,86	1002,89
14.3.2024	14,10	4,00	282,20	11,95	50,95	24157,68	1413,27	32274,66	1887,88	19326,15	1130,62
15.3.2024	17,50	8,10	285,95	8,20	47,20	16576,82	969,78	22146,63	1295,45	13261,46	775,82
16.3.2024	16,70	7,70	285,35	8,80	47,80	17789,76	1040,74	23767,12	1390,24	14231,81	832,59
17.3.2024	15,70	6,90	284,45	9,70	48,70	19609,16	1147,17	26197,84	1532,42	15687,33	917,74
18.3.2024	14,20	5,80	283,15	11,00	50,00	22237,20	1300,92	29708,89	1737,80	17789,76	1040,74
19.3.2024	9,10	1,60	278,50	15,65	54,65	31637,47	1850,85	42267,65	2472,42	25309,97	1480,68
20.3.2024	13,10	-1,00	279,20	14,95	53,95	30222,37	1768,07	40377,09	2361,83	24177,90	1414,45
21.3.2024	17,70	1,70	282,85	11,30	50,30	22843,67	1336,40	30519,14	1785,20	18274,93	1069,12
22.3.2024	18,30	6,00	285,30	8,85	47,85	17890,84	1046,65	23902,16	1398,14	14312,67	837,32
23.3.2024	21,40	6,00	286,85	7,30	46,30	14757,41	863,34	19715,90	1153,27	11805,93	690,67
24.3.2024	9,60	3,20	279,55	14,60	53,60	29514,82	1726,68	39431,81	2306,54	23611,86	1381,34
25.3.2024	13,70	2,40	281,20	12,95	51,95	26179,25	1531,54	34975,47	2045,87	20943,40	1225,23
26.3.2024	17,10	4,90	284,15	10,00	49,00	20215,63	1182,65	27008,09	1579,82	16172,51	946,12
27.3.2024	21,20	8,20	287,85	6,30	45,30	12735,85	745,07	17015,09	995,29	10188,68	596,06
28.3.2024	19,30	9,80	287,70	6,45	45,45	13039,08	762,81	17420,22	1018,98	10431,27	610,25
29.3.2024	22,60	8,60	288,75	5,40	44,40	10916,44	638,63	14584,37	853,10	8733,15	510,91
30.3.2024	25,60	10,40	291,15	3,00	42,00	6064,69	354,80	8102,43	473,95	4851,75	283,84
31.3.2024	27,00	13,70	293,50	0,65	39,65	1314,02	76,87	1755,53	102,69	1051,21	61,50
1.4.2024	27,80	13,20	293,65	0,50	39,50	1010,78	59,13				

Iz dobiveni podataka iz prethodne tablice napravljeni su grafički prikazi potrošnje energije u zadanom vremenskom periodu za sustav grijanja i PTV-a ovisno o tipu podstanice, te su prikazani na slikama 5.1 i 5.2..



Slika 5.1 Graf potrošnje energije grijanja s obzirom na vrstu sistema [autor]



Slika 5.2 Graf potrošnje energije PTV-a s obzirom na vrstu sistema [autor]

Iz prethodno prikazanih grafova, evidentno je da se najveća potrošnja energije dešava u indirektnom sustavu s cijevnim izmjenjivačem. Ovo je posljedica njegove niže efikasnosti u odnosu na indirektni sustav s pločastim izmjenjivačem topline. Direktni sustav je najefikasniji jer nema gubitaka topline u izmjenjivaču. Ova karakteristika mu predstavlja značajnu prednost u smislu energetske efikasnosti. Međutim, direktni sustav ima jednu veliku sigurnosnu manu – postoji mogućnost prodiranja visokog tlaka u sistem podstanice, što može dovesti do ozbiljnih sigurnosnih rizika.

5.1. Usporedba troška rada toplinske podstanice prema energentu

Pravilni odabir energenta za grijanje toplinske podstanice predstavlja ključnu odluku zbog varijabilnih cijena energenata i njihovog dugotrajnog utjecaja na operativne troškove. Pravilnim odabirom energenata, mogu se značajno smanjiti troškovi rada sustava grijanja.

U ovoj analizi provedenoj u nastavku, uspoređeni su troškovi rada toplinske podstanice korištenjem različitih energenata:

- Struja
- Plin
- Dizalicu topline na struju s COP-om od 3.

Cijene za struju i plin uzete su iz statističkih podataka izvora broj. [20], te su prikazani u tablici broj. 13.

Energent	EUR/kWh
Plin	0,04
Struja	0,10
Dizalica topline s (COP 3)	0,03

Tablica 13 Cijena energenata [20]

Na temelju podataka prikazanih u prethodnoj tablici, napravljena je detaljna usporedba troška rada pojedine podstanice s obzirom na vrstu energenta prikazana u tablici broj 14.

Tip Sustava	Namjena sustava	Potrošena energija (kW/h)	Plin (EUR)	Struja (EUR)	Dizalica topline s COP 3 (EUR)
Indirektni sustav s pločastim izmjenjivačiam topline	Grijanje + ptv	4835478,1	193419,12	483547,809	161182,603
Indirektni sustav s cijevnim izmjenjivačem topline	Grijanje + ptv	6460151,8	258406,07	646015,182	215338,3939
Direktni sustav	Grijanje + ptv	3868382,5	154735,30	386838,247	128946,0824

Tablica 14 Ekonomski trošak rada pojedine podstanice ovisno o tipu energenta [autor]

Ova analiza s ekonomskog aspekta ukazuje da je dizalica topline najjeftiniji izvor toplinske energije u sva 3 sistema toplinske podstanice. Te da direktni sustav s dizalicom topline s ekonomskog aspekta je najisplativiji, ali direktni sustav s sigurnosnog aspekta mora biti pažljivo razmotren prilikom odabira odgovarajućeg tipa toplinske podstanice.

S obzirom na ,ekonomičnost, efikasnost i sigurnost najbolji odabir od ova tri bi bio podstanica indirektnog tipa s pločastim izmjenjivačima topline. Međutim ekonomska analiza je napravljena samo s aspekta potrošnje termalne energije. U ovoj analizi nisu uračunati dodatni troškovi kao što su izgradnja same podstanice, potrošnja električne energije pumpi i regulacije. Ovi dodatni troškovi mogu značajno utjecati na ukupnu ekonomsku isplativost projekta i potrebno ih je uzeti u obzir prilikom donošenja konačnih odluka.

6. Zaključak

Ovaj diplomski rad obrađuje projektiranje toplinske podstanice za grijanje stambene građevine na lokaciji Osijek, s razmatranjem direktnog i indirektnog sustava podstanice. Cilj je bio analizirati i usporediti oba sustava te predložiti optimalno rješenje uzimajući u obzir energetska učinkovitost, sigurnost i ekonomičnost.

Na temelju svih predstavljenih parametara, predlaže se korištenje indirektnog sustava podstanice prvenstveno iz razloga veće sigurnosti u odnosu na direktni sustav. Indirektni sustav uklanja rizik prodiranja visokog tlaka i temperature u sekundarni sustav, čime se značajno smanjuje mogućnost potencijalnih nesreća i oštećenja sustava. Iako s ekonomskog aspekta indirektni sustav ima nešto nižu ekonomsku isplativost zbog gubitaka u izmjenjivaču i pripadnoj armaturi u usporedbi s direktnim sustavom, njegova rasprostranjenost i poznavanje među projektantima i izvođačima čine ga praktičnijim za implementaciju. Većina modernih postrojenja koristi izmjenjivače topline, dok je upotreba direktnih sustava ograničena zbog manjeg broja stručnjaka koji poznaju potrebnu terminologiju i metode za pravilnu izvedbu. Sam direktni sustav gotovo se više i ne primjenjuje. Direktni sustav može se naći u pojedinim starijim postojanjima, iako zbog sigurnosnog aspekta i u tim postojanjima on se vrlo često zamjenjuje indirektnim sustavom upravo radi sigurnosnih rizika.

Unutar predstavljenih indirektnih sustava u ovome radu, predlaže se korištenje indirektnog sustava s pločastim izmjenjivačima topline. Pločasti izmjenjivači u odnosu na cijevne izmjenjivače zauzimaju značajno manje prostora odnosno kompaktniji su, imaju višu efikasnost, lakše se održavaju, imaju veću dostupnost na tržištu u usporedbi s cijevnim izmjenjivačima, modularni su to jest lako se nadograđuju što dodatno doprinosi njihovoj praktičnosti.

Kao konačni prijedlog za izvedbu toplinske stanice za grijanje stambene građevine i pripremu potrošne tople vode (PTV) na lokaciji Osijek, predlaže se odabir indirektnog sustava s 2 pločasta izmjenjivača prema hidrauličkoj shemi u prilogu broj 21 i prema dispoziciji u prilogu broj 24. Ovakav sustav omogućuje stabilnu i pouzdanu distribuciju toplinske energije, uz minimalne gubitke i optimalnu kontrolu nad temperaturom i tlakom unutar sustava, za ovakav tip postrojenja. U slučaju drugačijeg tipa postrojenja ulazni parametri mogu biti drugačiji te je potrebno ponovno sagledati sve parametre i donijeti ponovno konačni prijedlog.

7. Literatura

- [1] P. Jauschowitz Rudolf, HERZ – Sustavi toplovodnog grijanja, Hidraulika, Beč: Herz Armaturen Ges.m.b.H., 2004.
- [2] prof.dr.sc. Damir Mađerić, Predavanja iz kolegija Termodinamika, Varaždin: Sveučilište Sjever, 2020/2021.
- [3] K. Thulukkannam, Heat Exchanger Design Handbook - second edition.
- [4] A. Galović, I. Boras i B. Halasz, Toplinske tablice FSB, Sveučilište u Zagrebu, 2007.
- [5] I. O. f. S. ISO, Bakar i legure bakra -- Bešavne, okrugle bakrene cijevi za vodu i plin za sanitarnu primjenu i grijanje (EN 1057:2006).
- [6] Y. A. CENGEL, HEAT TRANSFER A PRACTICAL APPROACH, 2002.
- [7] Reflex, »Reflex Solution Pro,« Reflex, [Mrežno]. Available: <https://reflex-winkelmann.com/en/services/tools/reflex-solutions-pro>. [Pokušaj pristupa 13 04 2024].
- [8] HEXONIC, »HEXONIC Heat Exchanger,« HEXONIC, [Mrežno]. Available: <https://hexonic.com/en/>. [Pokušaj pristupa 13 04 2024].
- [9] E. C. a. M. A. R. Fábio A.S. Mota, Modeling and Design of Plate Heat Exchanger, IntechOpen, 2015.
- [10] PROSINUSX, »PROSINUSX,« [Mrežno]. Available: <https://prosinusx.sinusverteiler.com>. [Pokušaj pristupa 15 04 2024].
- [11] ISTA, »ISTA,« ISTA, [Mrežno]. Available: https://www.ista.com/fileadmin/twt_customer/countries/content/Germany/Documents/Loesungen/Funk/Waerme_-_und_Kaeltezaehler/81100-VII-17_PB_Waermezaehler.pdf. [Pokušaj pristupa 17 04 2024].
- [12] REGRO, »Wärmezähler Ultraheat® UH50,« REGRO, [Mrežno]. Available: https://www.regro.at/medias/sys_master/sheets/sheets/hf0/h5d/10729755803678/Te-Siemens-MD22-UH50-A05-M3A.pdf. [Pokušaj pristupa 04 17 2024].

- [13] Š. Š. Č. Reknagel, Grejanje i klimatizacija uključujući toplu vodu i tehniku hlađenja, Vranjačka Banja: INTERKLIMA, 2004.
- [14] CALEFFI Hydronic Solutions, »CALEFFI Hydronic Solutions,« [Mrežno]. Available: <https://www.caleffi.com/hr-hr>. [Pokušaj pristupa 21 04 2024].
- [15] D. d. s. P. Donjerković, Osnove regulacije, sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije II dio, Zagreb: Alfa d.d., 1996.
- [16] Danfoss d.o.o., »Danfoss,« [Mrežno]. Available: <https://www.danfoss.com/hr-hr/>. [Pokušaj pristupa 21 04 2024].
- [17] Grundfos Croatia d.o.o., »Grundfos,« [Mrežno]. Available: <https://www.grundfos.com/hr>. [Pokušaj pristupa 21 04 2024].
- [18] IMI Hydronic Engineering, »HySelect,« [Mrežno]. Available: <https://www.imi-hydronic.com/software-and-apps/hyselect>. [Pokušaj pristupa 24 04 2024].
- [19] Open-Meteo, »Open-Meteo,« Open-Meteo, 2022-2024. [Mrežno]. Available: <https://open-meteo.com>. [Pokušaj pristupa 25 05 2024].
- [20] European union, »Eurostat,« Eurostat, [Mrežno]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat>. [Pokušaj pristupa 25 05 2024].
- [21] d. Boris Labudović, Priručnik za grijanje, Zagreb: Energetika Marketing d.o.o., 2005.
- [22] HEP ELEKTRA d.o.o., »HEP ELEKTRA,« HEP ELEKTRA, 2016. [Mrežno]. Available: <https://www.hep.hr/elektra/poduzetnistvo/tarifni-modeli-1548/1548>. [Pokušaj pristupa 25 05 2024].
- [23] »Thermopedia,« [Mrežno]. Available: <https://thermopedia.com/content/1121/>.
- [24] prof.dr.sc. Ante Čikić, Predavanja iz kolegija KGH sustavi, Varaždin: Sveučilište Sjever, 2022/2023.

8. Popis slika

Slika 2.1 Dijagram tijeka rješavanja Colebrook - Whiteov-e formule [autor]	7
Slika 2.2 Cijevni izmjenjivač topline [2]	11
Slika 2.3 R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač [3]	15
Slika 2.4 F-R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač topline [3]	15
Slika 2.5 Kvadratni raspored cijevi unutar cijevnog izmjenjivača topline [autor]	20
Slika 2.6 Pločasti izmjenjivač topline [2]	26
Slika 2.7 Dimenzijski prikaz izmjenjivača topline [9]	29
Slika 2.8 R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač [3]	31
Slika 2.9 F-R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač topline [3]	31
Slika 2.10 Tehnička specifikacija 300 kW pločastog izmjenjivača topline s naznačenom potrebnom površinom prijenosa topline [7]	34
Slika 1.11 Hidraulička skretnica [7]	38
Slika 2.12 Razdjelnik / sabirnik [7]	39
Slika 2.13 Kalorimetar [11]	41
Slika 2.14 Troputni miješajući ventil [14]	45
Slika 2.15 Troputni skretni ventil [14]	45
Slika 2.16 Balansirajući ventil [16]	48
Slika 2.17 Podna cirkulacijska pumpa [17]	50
Slika 2.18 Cirkulacijska pumpa za montažu na cjevovod [17]	50
Slika 2.19 Graf za određivanje postotnog širenja vode u odnosu na $T = 10\text{ °C}$ [13]	53
Slika 2.20 Vertikalna ekspanzijska posuda s upravljačkom jedinicom [7]	54
Slika 2.21 Sigurnosni ventili [13]	55
Slika 3.1 Osnovni elementi regulacijskog kruga [15]	56
Slika 3.2 Regulacija miješanjem [autor]	61
Slika 4.1 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (cijevni izmjenjivač) [autor]	65
Slika 4.2 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (pločasti izmjenjivač) [autor]	66
Slika 4.3 Dispozicija direktnog sustava grijanja i ptv-a [autor]	66
Slika 4.1 Graf potrošnje energije grijanja s obzirom na vrstu sistema [autor]	70
Slika 4.2 Graf potrošnje energije PTV-a s obzirom na vrstu sistema [autor]	70

9. Popis tablica

Tablica 1 Dimenzioniranje cjevovoda [autor]	3
Tablica 2 Smjernice za dimenzioniranje cjevovoda [1]	5
Tablica 3 Specifikacije 300 kW pločastog izmjenjivača topline [7]	28
Tablica 4 Specifikacije 2500 kW pločastog izmjenjivača topline [8]	35
Tablica 5. Izračun minimalne dimenzije razdjelnika/sabirnika [autor]	40
Tablica 6 Odabir kalorimetra [12]	42
Tablica 7 Odabir kalorimetra [11]	42
Tablica 8 Izračun padova tlaka [autor]	44
Tablica 9 Odabir troputnih miješajućih ventila [autor]	47
Tablica 10 Odabir balansirajućih ventila [autor]	49
Tablica 11 Odabir pumpi [autor]	51
Tablica 12 Izračun potrošnje termalne energije toplinske podstanice [autor]	69
Tablica 13 Cijena energenata [20]	71
Tablica 14 Ekonomski trošak rada pojedine podstanice ovisno o tipu energenta [autor]	72

10. Prilozi

- 1) Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 300 kW [7]
- 2) Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 2500 kW [8]
- 3) Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-1 [7]
- 4) Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-2 [7]
- 5) Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN350 [10]
- 6) Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN300 [10]
- 7) Tehnička specifikacija pumpi P1 & P2 [17]
- 8) Tehnička specifikacija pumpe P3 [17]
- 9) Tehnička specifikacija pumpe P4 [17]
- 10) Tehnička specifikacija pumpe P5 [17]
- 11) Tehnička specifikacija pumpe P6 [17]
- 12) Tehnička specifikacija pumpe P7 [17]
- 13) Tehnička specifikacija pumpi P8 & P9 [17]
- 14) Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-1 [7]
- 15) Tehnička specifikacija upravljačke jedinice UJ-1 & UJ-2 [7]
- 16) Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-PTV [7]
- 17) Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-2 [7]
- 18) Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-3 [7]
- 19) Tehnička specifikacija sigurnosnih ventila [18]
- 20) Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]
- 21) Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor]
- 22) Hidraulička shema direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor]
- 23) Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]
- 24) Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor]
- 25) Dispozicija direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor]
- 26) Izjava o autorstvu

Reflex Longtherm RMB-31-40, brazed heat exchanger, 230 °C, 30 bar



Thinking solutions.



Features

Type	RMB-31-40
Number of plates	40
Plate thickness	0.300000 mm
Volume primary side (k2/k3)	0.90 l
Volume secondary side (k4/k1)	0.90 l
Plate material	AISI 316L
Sealing material	copper
max. perm. operating temperature	230 °C
max. perm. operating pressure	30 bar
Max. Spreizung primär/sekundär	100 K
Connection	AG 1 1/4"
Connection material	AISI 316L
Connection variant	Pipe with thread
Height	286 mm
Height k2-k3/k4-k1	232 mm
Width	123 mm
Width primary-secondary	68 mm
Depth	104 mm
Weight	6.15 kg

Description

Reflex Longtherm
brazed one-way heat exchanger from stainless steel (1.4404) with copper solder vacuum-soldered. Sizes R.B-14 to R.B-110 with threaded connection, R.B-235 with DIN flanged connection.

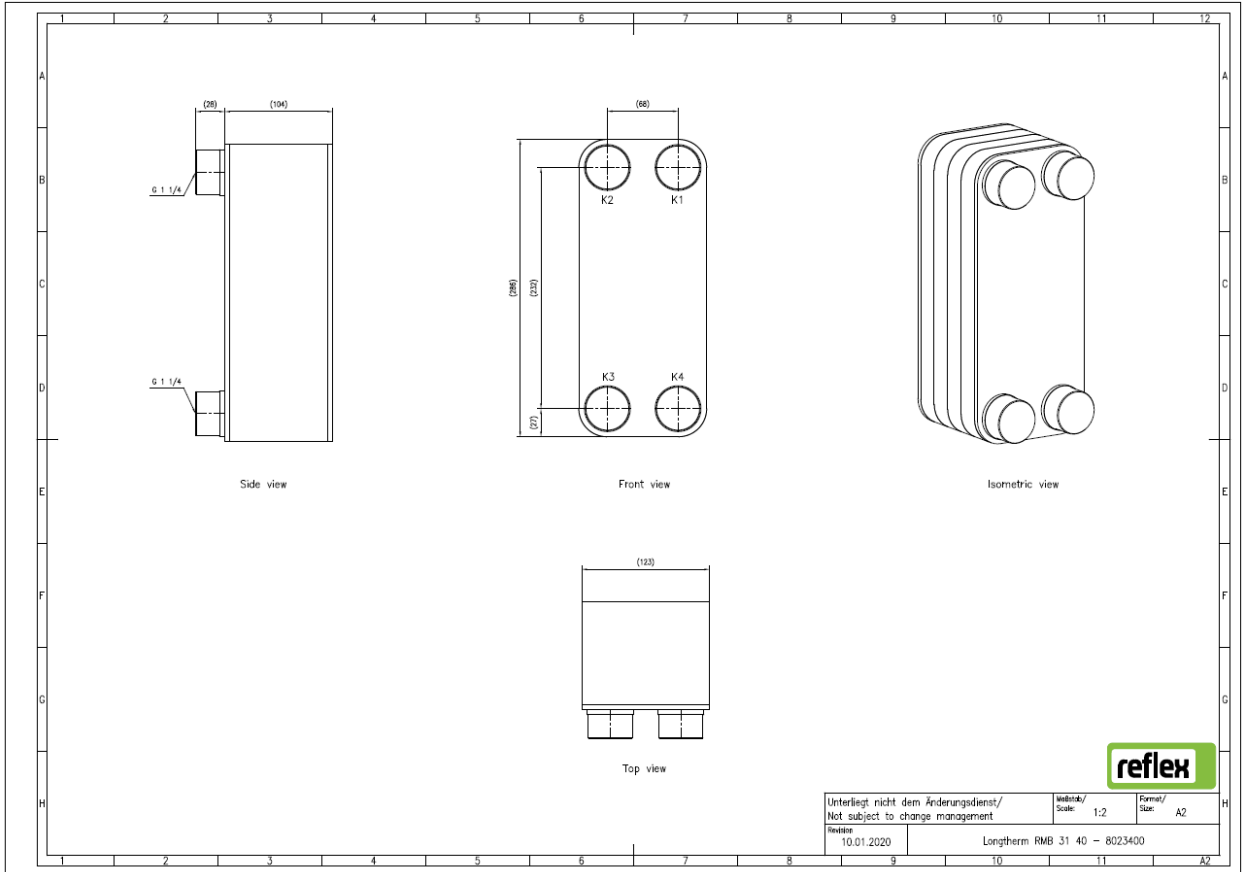
Approval according to Pressure Equipment Directive 2014/68/EC. With CE mark.




Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN BRAND
BUILDING+INDUSTRY

Prilog br. 1 Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 300 kW [7]



Prilog br. 1 Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 300 kW [7]

 HEAT EXCHANGERS		HEAT EXCHANGERS CALCULATION SHEET	
Project	000000 My new project		
Calculation	000000 New selection	1	
Prepared	2024-04-05	Prepared by	
HEX type	LE400-40L-DN100.SS	Catalog Number	0213-0113
Total no. of units	1	No. of units in series/parallel	1 / 1
Estimated lead time (weeks)	3	Price / Total price	

PROJECT DATA SHEET

INPUT DATA	Side 1	Side 2	UNITS
Heat load		2500.0	kW
LMTD		39.2	°C
Min oversizing		2.00	%
Fluid	Water	Water	
Inlet temperature	130.0	60.0	°C
Outlet temperature	90.0	80.0	°C
Mass flow	14.80	29.92	kg/s
Inlet volume flow	56.91	109.67	m ³ /h
Outlet volume flow	55.17	110.88	m ³ /h
Max pressure drop	250.0	250.0	kPa
Design pressure	8.0	8.0	bar
Design temperature	130.0	80.0	°C
HEAT EXCHANGER	Side 1	Side 2	UNITS
Heat transfer area		17.1	m ²
Fouling factor		0.16075775	m ² K/kW
OHTC clean		9297.1	W/m ² K
OHTC fouling		3726.9	W/m ² K
Oversize		149.5	%
Calc. press. drop	54.8	194.3	kPa
Connections velocity	1.98	3.90	m/s
Internal velocity	0.93	1.75	m/s
Internal Reynolds No.	16031	19516	
Heat transfer coefficient	21694.6	29268.2	W/m ² K
PHYSICAL PROPERTIES	Side 1	Side 2	UNITS
Fluid	Water	Water	
Ref. temperature	110.0	70.0	°C
Density	951.67	977.09	kg/m ³
Heat capacity	4.22	4.18	kJ/kgK
Thermal conductivity	0.685	0.662	W/mK
Dynamic viscosity	0.0003	0.0004	Ns/m ²
Prandtl No.	1.57	2.54	

CAIRO

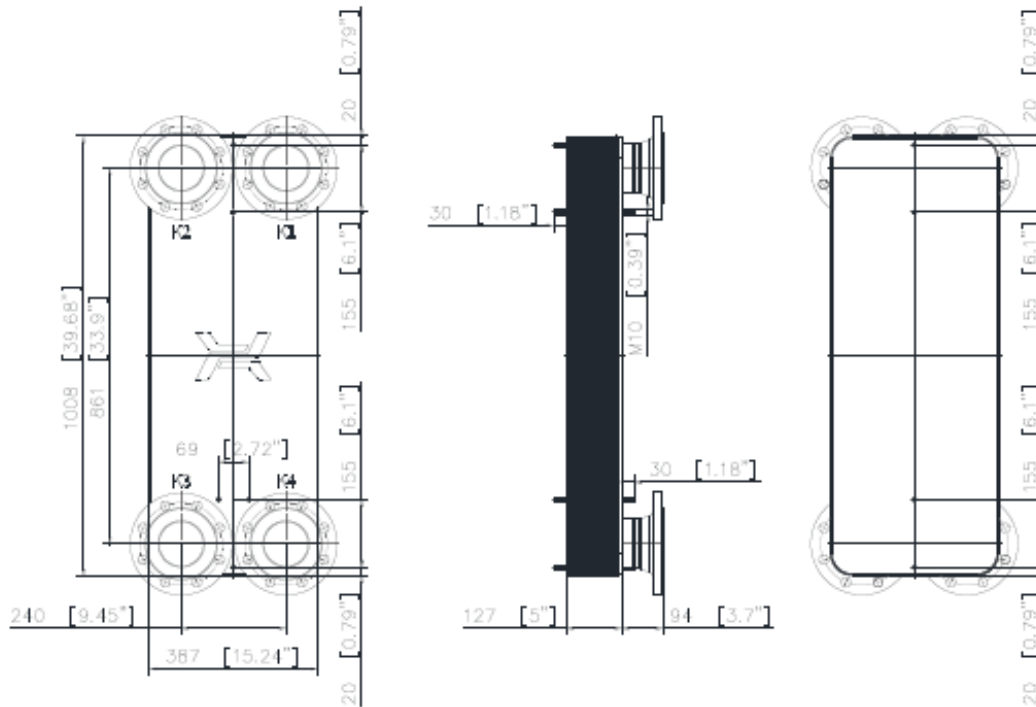
HEXONIC CZ, s.r.o., Na Hurce 1041/2, 161 00 Praha-Ruzyně, T: +420 241 441 963 (office), T: +420 235 315 353 (desk), F: +420 241 440 966, info.cz@hexonic.com www.hexonic.com
ver. 1.0.0.99, build 030324

Page 1 of 2

Prilog br. 2 Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 2500 kW [8]

HEXONIC | HEAT EXCHANGERS **HEAT EXCHANGERS TECHNICAL DATA SHEET**

Project	000000 My new project		
Calculation	000000 New selection	1	
Prepared	2024-04-05	Prepared by	
HEX type	LE400-40L-DN100.SS	Catalog Number	0213-0113



WORKING CONDITIONS	Side 1	Side 2	DESIGN DATA
Max pressure	25	25	bar
Max temperature	230	230	°C
Min temperature	-195	-195	°C
Fluid group	1	1	
			Side 1 volume
			15.6 l
			Side 2 volume
			16.4 l
			Weight
			139.3 kg
CONNECTION TYPES	CONNECTIONS LOCATION		
K1 Neck flange DN100 PN40 TYP 11B	Counter-current flow		
K2 Neck flange DN100 PN40 TYP 11B	K1 - side 1 inlet		
K3 Neck flange DN100 PN40 TYP 11B	K2 - side 2 outlet		
K4 Neck flange DN100 PN40 TYP 11B	K3 - side 2 inlet		
	K4 - side 1 outlet		

SINUS Hydraulic Separator 500/300, compact design, DN200/PN6, 110.0 m³/h, 6 bar, 110 °C



Thinking solutions.



Features

Type	500/300
Material	S 235 JR
Separator content	246.1 L/ffdm
Number of generator circuits	1 St.
Number of consumer circuits	1 St.
Operating temperature	-10 °C - 110 °C
Operating pressure	0 bar - 6 bar
Connection, consumer circuit	DN200/PN6
Connection, generator circuit	DN200/PN6
Max. volume flow	110.0 m ³ /h
Chamber size	500/300
Height	1820 mm
Weight	251.00 kg

Description

Hydraulic Separator in vertical design. Ensures optimum hydraulic decoupling of the various primary and secondary circuits under all operating conditions. No interacting pumps at partial and full load. Comprising a rectangular chamber made from rectangular hollow section S235 with welded head and bottom.

Four connectors for heat consumers and heat generators from welded steel pipe with weld neck flanges PN 6/ PN 16.

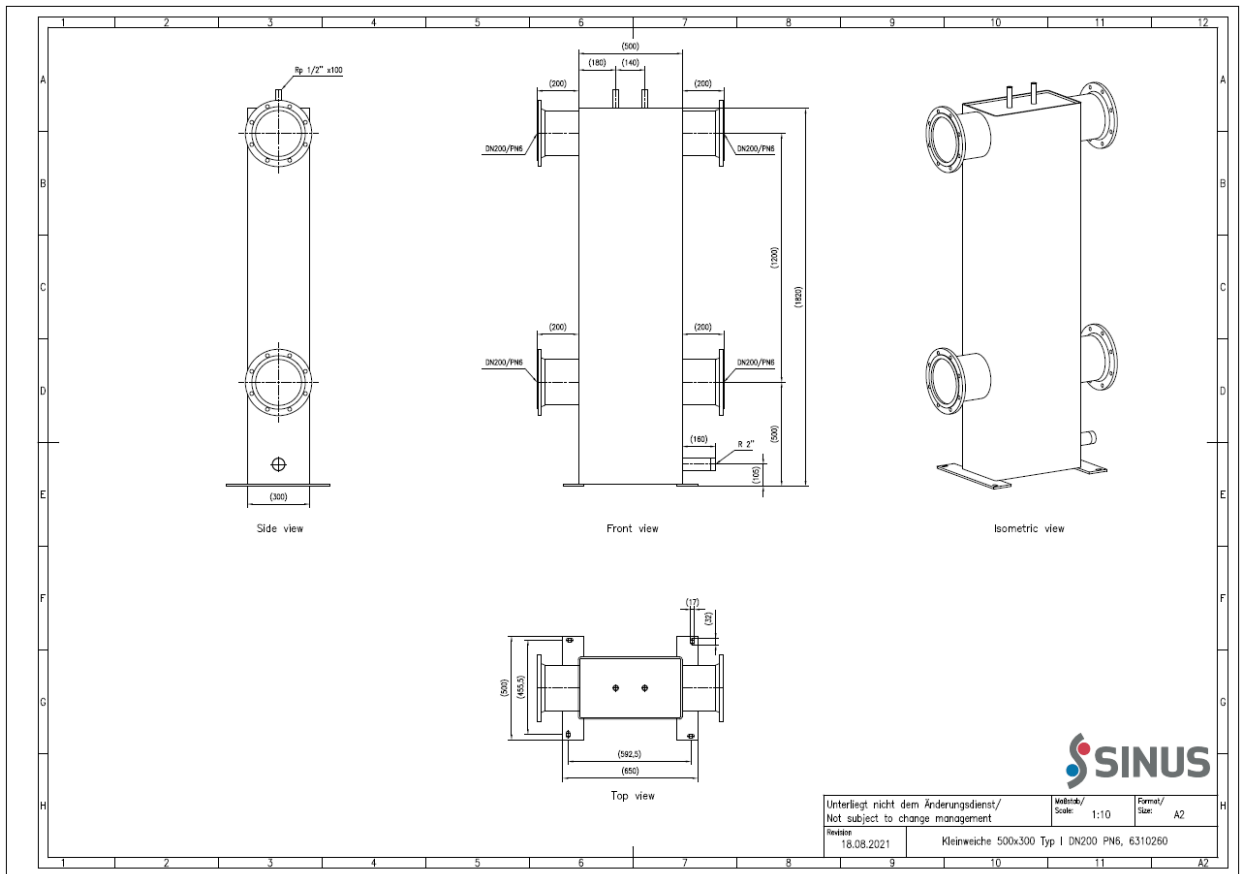
2" threaded nozzle for desludging. 1/2" sleeve for temperature sensor. Standing foot with holes for attachment to the floor.

The component is checked for 100% leak-tightness and primed in the factory.



Modifications, errors and mistakes are subject to change. - PR1724en / 06 - 17
Reflex Winkelmann GmbH - Gersteinstrasse 19 - 59227 Ahlen, Germany
+49 2382 7069-0 - www.reflex.de - info@reflex.de





Prilog br. 3 Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-1 [7]

SINUS Hydraulic Separator DN400, round design, DN200/PN6, 125.0 m³/h, 6 bar, 110 °C



Features

Type	DN400
Material	P 235
Separator content	198.8 L/ldm
Number of generator circuits	1 St.
Number of consumer circuits	1 St.
Operating temperature	-10 °C - 110 °C
Operating pressure	0 bar - 6 bar
Connection, consumer circuit	DN200/PN6
Connection, generator circuit	DN200/PN6
Max. volume flow	125.0 m ³ /h
Chamber size	DN400
Height	1900 mm
Weight	206.00 kg

Description

Hydraulic Separator in vertical design. Ensures optimum hydraulic decoupling of the various primary and secondary circuits under all operating conditions. No interacting pumps at partial and full load. Comprising a vertical round chamber from welded P235 pipe with welded dished boiler ends.

Four connectors for heat consumers and heat generators from welded steel pipe with weld neck flanges PN 6/ PN 16.

2" threaded nozzle for desludging. 1/2" sleeve for temperature sensor. Standing foot with holes for attachment to the floor.

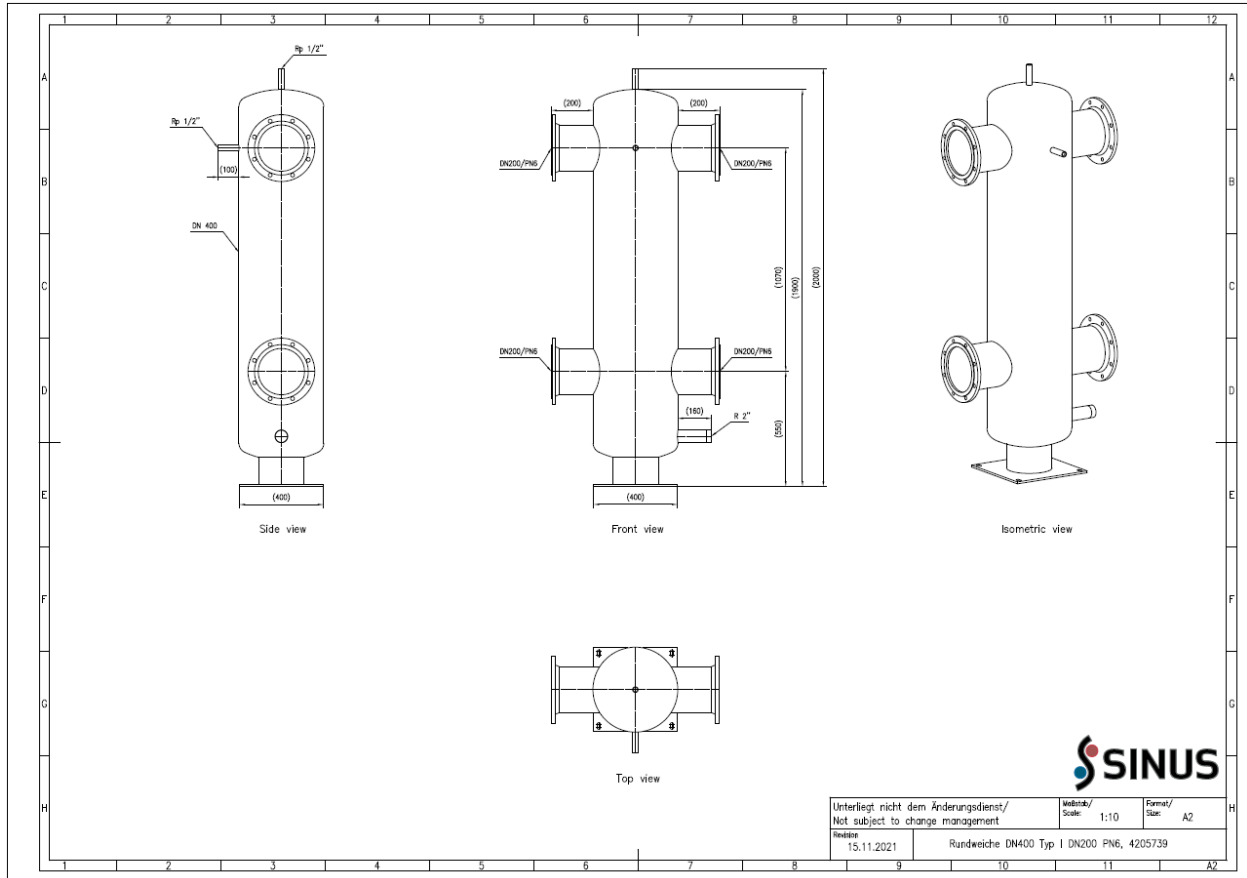
The component is checked for 100% leak-tightness and primed in the factory.



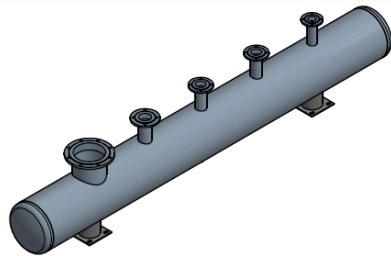
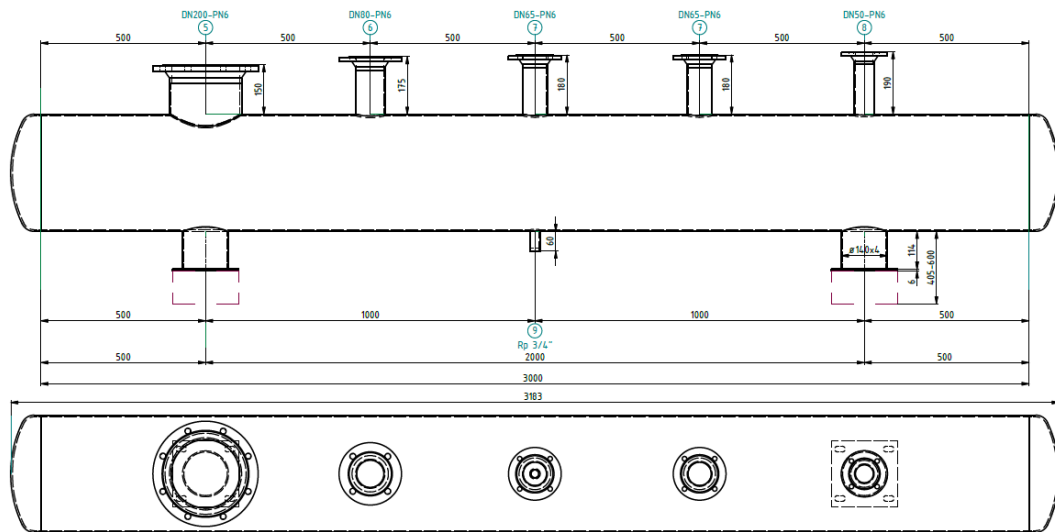
Modifications, errors and mistakes are subject to change. - PR1724en / 06 - 17
Reflex Winkelmann GmbH - Gersteinstrasse 19 - 59227 Ahlen, Germany
+49 2382 7069-0 - www.reflex.de - info@reflex.de

WINKELMANN
WÜLFGANG-INDUSTRIE BRAND

Prilog br. 4 Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-2 [7]



Prilog br. 4 Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-2 [7]



PROSINUS[®]X

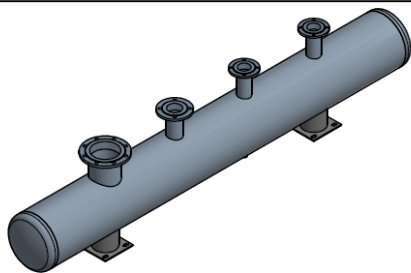
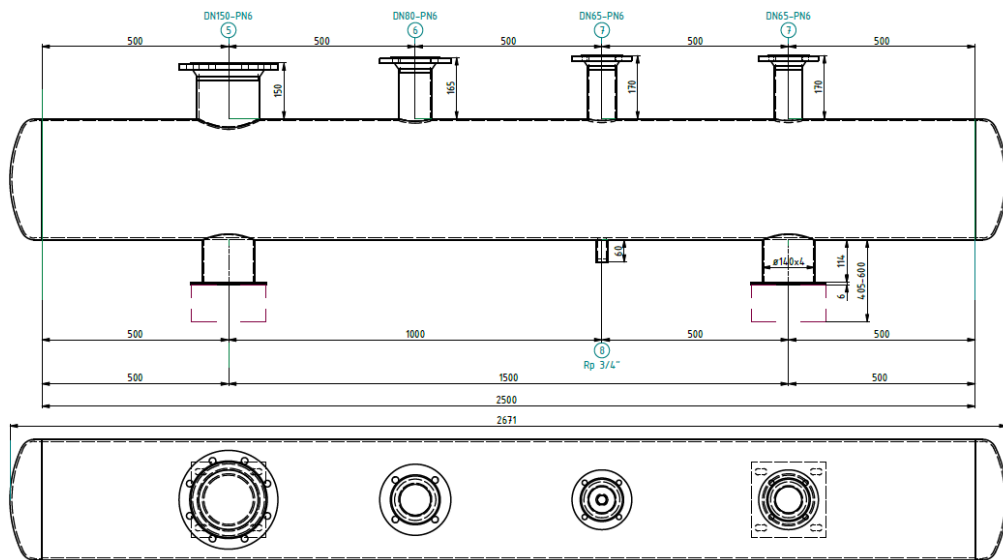
Diplomski rad-Kresonja David (DIP-1), Osijek
 Selection: round-tube manifold DN 350
 Facility: heating
 Material: steel
 Corpus length [mm]: 3000
 Total length [mm]: 3163
 Ref.: 350501
 15.04.2024 generated by
 kresonjadavid@gmail.com

Design temperature [°C]: 80
 Design pressure [bar]: 6
 Throughput [Selected] [m³/h]: 120.4
 Throughput maximum [m³/h]: 134.1
 corpus: ø355.6 x 5.6
 cover: s=5
 Weight: 190 kg
 Coating: acc. to AGI Q 151

Delivery time on request.

Dieselweg 2 - 48493 Weltrinnen - Tel.: 02557-93930 - Fax: 02557-939330
 info@sinusverfeiler.com - www.sinusverfeiler.com

Prilog br. 5 Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN350 [10]



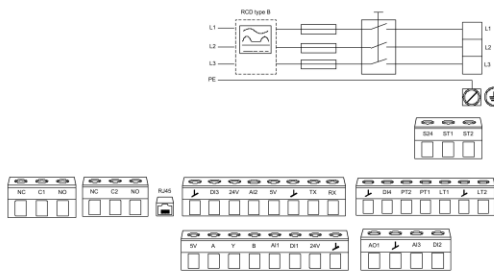
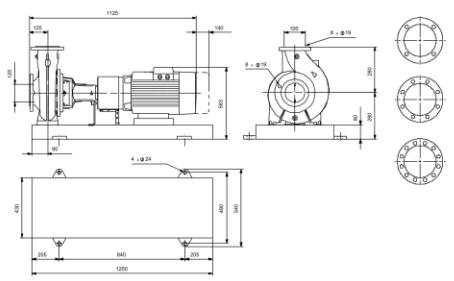
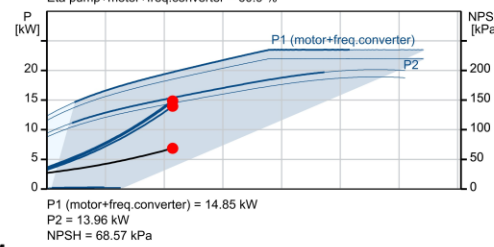
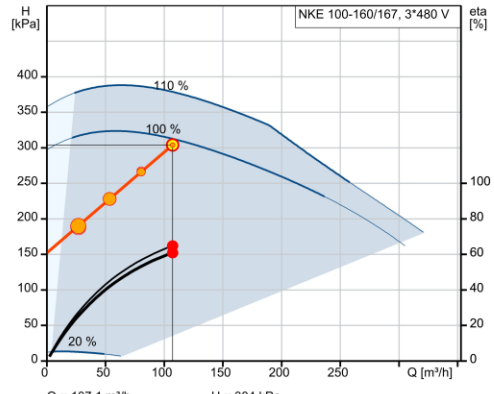
PRO SINUS® X

Diplomski rad-Kresonja David (DIP-2), Osijek	
Selection: round-tube manifold DN 300	
Facility: heating	Design temperature (°C): 80
Material: steel	Design pressure (bar): 6
Corpus length (mm): 2500	Throughput (selected) (m³/h): 107.5
Total length (mm): 2671	Throughput maximum (m³/h): 110.6
Ref.: 350732	corpus: #323.9 x 5.6
15.04.2024, generated by kresonjadavid@gmail.com	cover: s=5
	Weight: 150 kg
	Coating: acc. To AGI Q 151
Delivery time: on request.	

Dieselweg 2 - 48493 Weltringen - Tel.: 02557-99930 - Fax: 02557-999330
 info@sinusverteller.com - www.sinusverteller.com

Prilog br. 6 Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN300 [10]

Description	Value
General information:	
Product name:	NKE 100-160/167 BA2F2AESBQQEQWB
Product No:	On request
EAN number:	On request
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	2886 rpm
Actual calculated flow:	107.1 m³/h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	304 kPa
Actual impeller diameter:	167 mm
Nominal impeller diameter:	160
Shaft diameter:	24 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A2
Bearing design:	Standard
Materials:	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeller:	Cast iron
Impeller:	EN-GJL-200
Impeller:	ASTM class 30
Internal pump house coating:	CED
Material code:	A
Code for rubber:	E
Shaft:	Stainless steel
Shaft:	EN 1.4301
Shaft:	AISI 304
Installation:	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 125
Size of outlet connection:	DN 100
Pressure rating for connection:	PN 16
Coupling type:	Flexible w/spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	6
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	80 °C
Density:	971.8 kg/m³
Kinematic viscosity:	1 mm²/s
Electrical data:	
Motor type:	180MC
Rated power - P2:	22 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-480 V





Company name:

Created by:

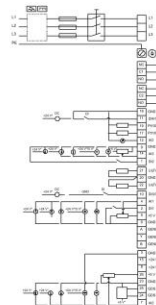
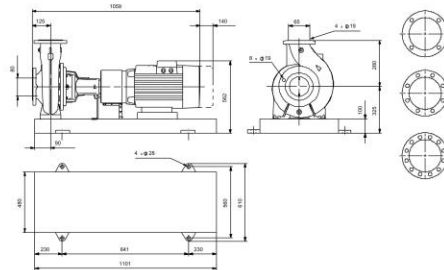
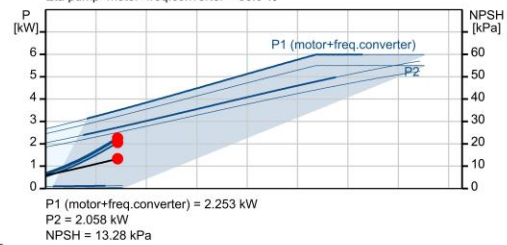
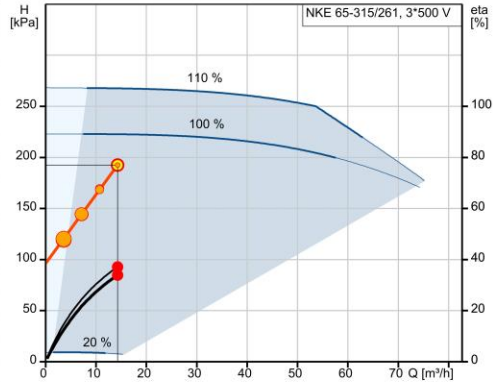
Phone:

Date:

21/04/2024

Description	Value
Rated current:	39.2-31.5 A
Cos phi - power factor:	0.94-0.93
Rated speed:	360-4000 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	92.9 %
Number of poles:	2
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	92875519
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
Controls:	
Control panel:	HMI300 - Advanced
Function Module:	FM310 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
Others:	
Minimum efficiency index, MEI ≥:	0.70
Net weight:	259 kg
Gross weight:	286 kg
Shipping volume:	0.72 m ³
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137059
Language on pump nameplate:	GB

Description	Value
General information:	
Product name:	NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA
Product No:	On request
EAN number:	On request
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	1372 rpm
Actual calculated flow:	14.29 m ³ /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	192.5 kPa
Actual impeller diameter:	261 mm
Nominal impeller diameter:	315
Shaft diameter:	32 mm
Code for shaft seal:	BAQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B2
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
Materials:	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeller:	Cast iron
Impeller:	EN-GJL-200
Impeller:	ASTM class 30
Internal pump house coating:	CED
Material code:	A
Code for rubber:	E
Shaft:	Stainless steel
Shaft:	EN 1.4301
Shaft:	AISI 304
Installation:	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 80
Size of outlet connection:	DN 65
Pressure rating for connection:	PN 16
Coupling type:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	7 ST
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	0 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	70 °C
Density:	977.8 kg/m ³
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Motor type:	132SG
Rated power - P2:	5.5 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V





Company name:

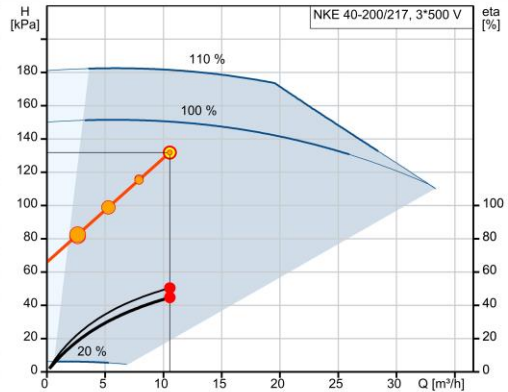
Created by:

Phone:

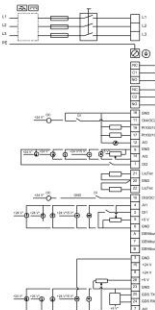
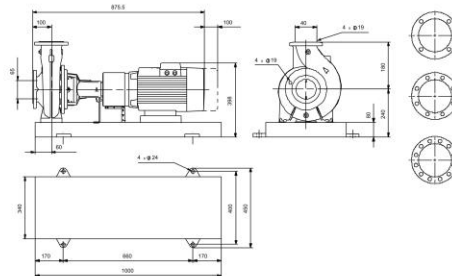
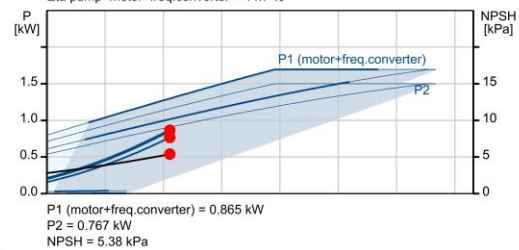
Date: 21/04/2024

Description	Value
Rated current:	10.5-8.40 A
Cos phi - power factor:	0.92-0.88
Rated speed:	180-2200 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	91.9 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	99305893
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
Controls:	
Control panel:	HMI300 - Advanced
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
Others:	
Minimum efficiency index, MEI \geq :	0.70
Net weight:	282 kg
Gross weight:	309 kg
Shipping volume:	0.742 m ³
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137059
Language on pump nameplate:	GB

Description	Value
General information:	
Product name:	NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWA
Product No:	On request
EAN number:	On request
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	1387 rpm
Actual calculated flow:	10.55 m ³ /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	131.8 kPa
Actual impeller diameter:	217 mm
Nominal impeller diameter:	200
Shaft diameter:	24 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B2
Pump version:	A2
Bearing design:	Standard
Materials:	
Pump housing:	Stainless steel
Pump housing:	EN 1.4408
Pump housing:	ASTM CF8M
Wear ring:	Stainless steel
Flange:	Cast iron
Flange:	EN-GJS-500-7
Flange:	ASTM 70-50-05
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4408
Impeller:	ASTM CF8M
Internal pump house coating:	No coating
Material code:	K
Code for rubber:	E
Shaft:	Stainless steel
Shaft:	EN 1.4401
Shaft:	AISI 316
Installation:	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-1
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 65
Size of outlet connection:	DN 40
Pressure rating for connection:	PN 16
Coupling type:	Flexible w/spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	4
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	80 °C
Density:	971.8 kg/m ³
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Motor type:	90LE



Q = 10.55 m³/h H = 131.8 kPa
 n = 94 % / 1387 rpm Pumped liquid = Water
 Density = 971.8 kg/m³ Eta pump = 50.4 %
 Liquid temperature during operation = 80 °C
 Eta pump+motor+freq.converter = 44.7 %





Company name:

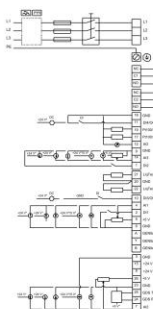
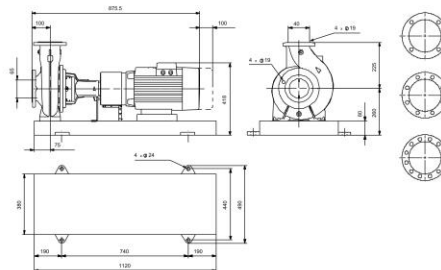
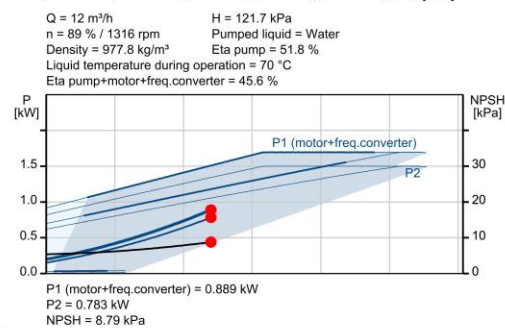
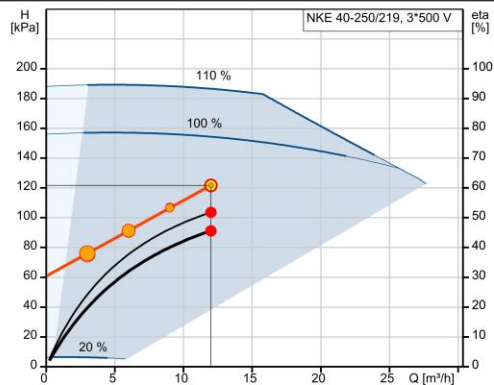
Created by:

Phone:

Date: 21/04/2024

Description	Value
Rated power - P2:	1.5 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	2.90-2.50 A
Cos phi - power factor:	0.93
Rated speed:	180-2000 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	88.0 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	99305879
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
Controls:	
Control panel:	HMI300 - Graphical
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
Others:	
Minimum efficiency index, MEI ≥:	0.70
Net weight:	123 kg
Gross weight:	136 kg
Shipping volume:	0.306 m ³
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137059
Language on pump nameplate:	GB

Description	Value
General information:	
Product name:	NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWA
Product No:	On request
EAN number:	On request
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	1316 rpm
Actual calculated flow:	12 m ³ /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	121.7 kPa
Actual impeller diameter:	219 mm
Nominal impeller diameter:	250 mm
Shaft diameter:	24 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B2
Pump version:	A2
Bearing design:	Standard
Materials:	
Pump housing:	Stainless steel
Pump housing:	EN 1.4408
Pump housing:	ASTM CF8M
Wear ring:	Stainless steel
Flange:	Cast iron
Flange:	EN-GJS-500-7
Flange:	ASTM 70-50-05
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4408
Impeller:	ASTM CF8M
Internal pump house coating:	No coating
Material code:	K
Code for rubber:	E
Shaft:	Stainless steel
Shaft:	EN 1.4401
Shaft:	AISI 316
Installation:	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-1
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 65
Size of outlet connection:	DN 40
Pressure rating for connection:	PN 16
Coupling type:	Flexible w/spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	5
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	70 °C
Density:	977.8 kg/m ³
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Motor type:	90LE





Company name:

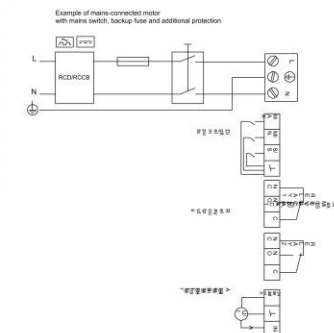
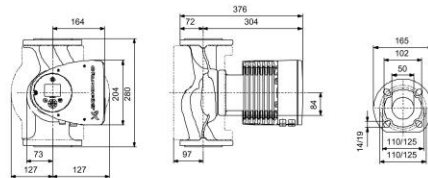
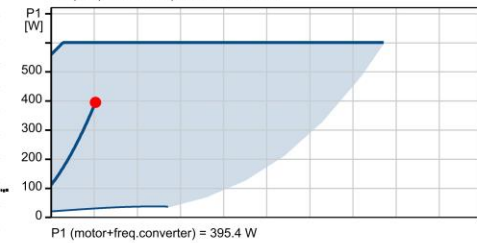
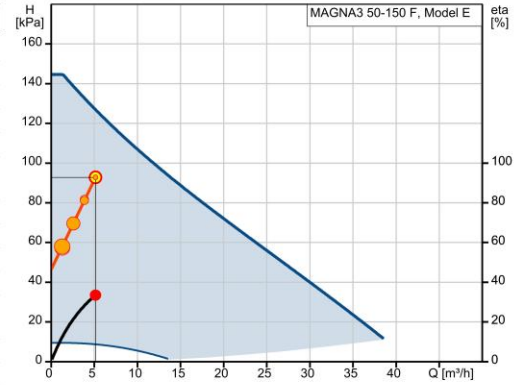
Created by:

Phone:

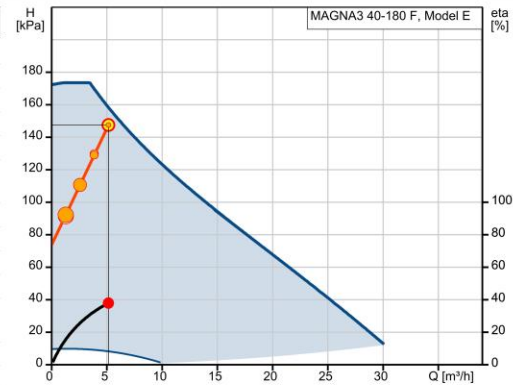
Date: 21/04/2024

Description	Value
Rated power - P2:	1.5 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	2.90-2.50 A
Cos phi - power factor:	0.93
Rated speed:	180-2000 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	88.0 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	99305879
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
Controls:	
Control panel:	HMI300 - Graphical
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
Others:	
Minimum efficiency index, MEI \geq :	0.70
Net weight:	144 kg
Gross weight:	165 kg
Shipping volume:	0.44 m ³
Language on pump nameplate:	GB

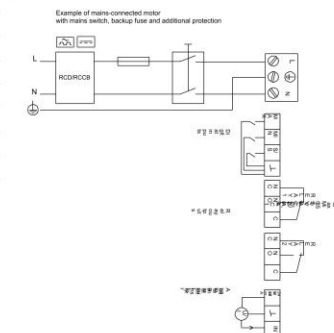
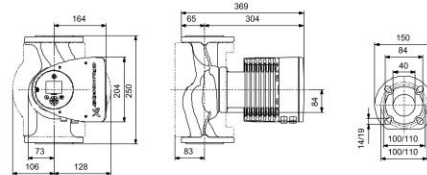
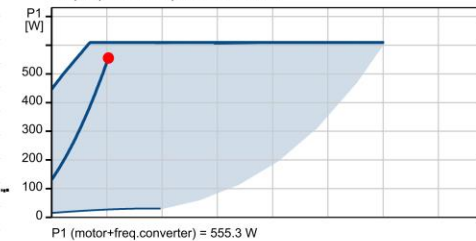
Description	Value
General information:	
Product name:	MAGNA3 50-150 F
Product No:	On request
EAN number:	On request
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	3715 rpm
Actual calculated flow:	5.14 m ³ /h
Resulting head of the pump:	92.81 kPa
Maximum head:	150 dm
TF class:	110
Approvals:	CE, VDE, EAC, MOROCCO, UKCA, TSE, RCM, UkrSEPRO
Model:	E
Materials:	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM A48-250B
Impeller:	Composite
Installation:	
Range of ambient temperature:	0 .. 40 °C
Maximum operating pressure:	10 bar
Type of connection:	DIN
Size of connection:	DN 50
Pressure rating for connection:	PN 6/10
Port-to-port length:	280 mm
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-10 .. 110 °C
Selected liquid temperature:	60 °C
Density:	983.2 kg/m ³
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Maximum power input - P1:	601 W
P1 min.:	22 W
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	1 x 230 V
Minimum current consumption:	0.23 A
Maximum current consumption:	2.75 A
Enclosure class (IEC 34-5):	X4D
Insulation class (IEC 85):	F
Others:	
Energy (EEI):	0.18
Net weight:	18.9 kg
Gross weight:	20.8 kg
Shipping volume:	0.046 m ³
Danish VVS No.:	380953515
Swedish RSK No.:	5732497
Finnish LVI No.:	4615156
Norwegian NRF no.:	9042676
Country of origin:	DE
Custom tariff no.:	84137030
Environmental approvals:	CN ROHS, WEEE



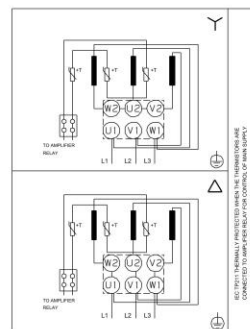
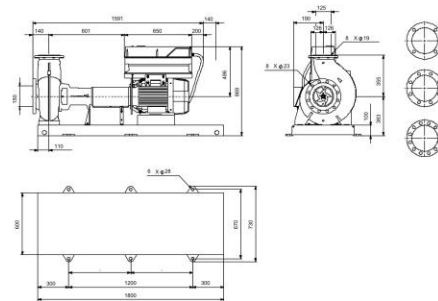
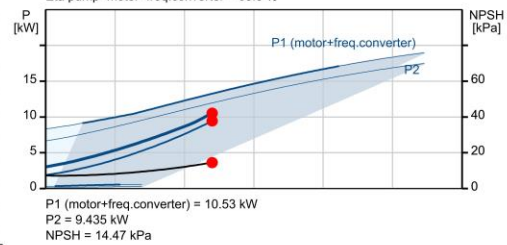
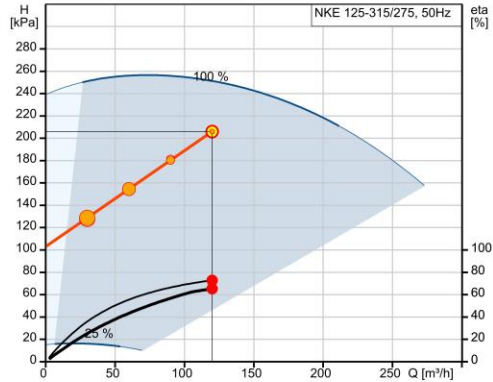
Description	Value
General information:	
Product name:	MAGNA3 40-180 F
Product No:	On request
EAN number:	On request
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	4505 rpm
Actual calculated flow:	5.14 m ³ /h
Resulting head of the pump:	147.5 kPa
Maximum head:	180 dm
TF class:	110
Approvals:	CE, VDE, EAC, MOROCCO, UKCA, TSE, RCM, UkrSEPRO
Model:	E
Materials:	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM A48-250B
Impeller:	Composite
Installation:	
Range of ambient temperature:	0 .. 40 °C
Maximum operating pressure:	10 bar
Type of connection:	DIN
Size of connection:	DN 40
Pressure rating for connection:	PN 6/10
Port-to-port length:	250 mm
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-10 .. 110 °C
Selected liquid temperature:	60 °C
Density:	983.2 kg/m ³
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Maximum power input - P1:	609 W
P1 min.:	16 W
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	1 x 230 V
Minimum current consumption:	0.18 A
Maximum current consumption:	2.78 A
Enclosure class (IEC 34-5):	X4D
Insulation class (IEC 85):	F
Others:	
Energy (EEI):	0.17
Net weight:	16 kg
Gross weight:	17.6 kg
Shipping volume:	0.039 m ³
Danish VVS No.:	380952418
Swedish RSK No.:	5732491
Finnish LVI No.:	4615150
Norwegian NRF no.:	9042664
Country of origin:	DE
Custom tariff no.:	84137030
Environmental approvals:	CN ROHS, WEEE



Q = 5.14 m³/h H = 147.5 kPa
 n = 92 % / 4505 rpm Pumped liquid = Water
 Density = 983.2 kg/m³
 Liquid temperature during operation = 60 °C
 Eta pump+motor+freq.converter = 37.9 %



Description	Value
General information:	
Product name:	NKE 125-315/275 AA2F2AESBQQEPW3
Product No:	On request
EAN number:	On request
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	1470 rpm
Actual calculated flow:	120 m ³ /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	206 kPa
Actual impeller diameter:	275 mm
Nominal impeller diameter:	315
Shaft diameter:	42 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A2
Bearing design:	Standard
Materials:	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeller:	Cast iron
Impeller:	EN-GJL-200
Impeller:	ASTM class 30
Internal pump house coating:	CED
Material code:	A
Code for rubber:	E
Shaft:	Stainless steel
Shaft:	EN 1.4301
Shaft:	AISI 304
Installation:	
Range of ambient temperature:	-10 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 150
Size of outlet connection:	DN 125
Pressure rating for connection:	PN 16
Coupling type:	Flexible w/spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	9
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	80 °C
Density:	971.8 kg/m ³
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Motor type:	SIEMENS
Rated power - P2:	18.5 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-420D/660-725Y V





Company name:

Created by:

Phone:

Date: 21/04/2024

Description	Value
Rated current:	36,5-34,0/21,0-19,4 A
Starting current:	820 %
Cos phi - power factor:	0.81
Rated speed:	1470 rpm
IE efficiency:	IE4 94,2%
IE Efficiency class:	IE4
Motor efficiency at full load:	94.2 %
Motor efficiency at 3/4 load:	94.7 %
Motor efficiency at 1/2 load:	94.6 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	PTC
Motor No:	92582379
Bearing insulation type N-end:	HYBRID BEARING
Controls:	
VFD product number:	99616822
Frequency converter:	Built-in
Type of frequency converter:	CUE 3X380-500V IP55 RUG 22KW
Appr. for VFD:	CE, CULUS, C-TICK
Pressure sensor:	N
Others:	
Minimum efficiency index, MEI \geq :	0.63
Net weight:	591 kg
Gross weight:	663 kg
Shipping volume:	2.8 m ³
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137059
Language on pump nameplate:	GB

Reflex Variomat primary vessel VG 1000/740, for Variomat pressurisation stations, grey, 6 bar



Thinking solutions.



Features

Type	VG 1000/740
Colour	grey
Nominal volume	1000 l
Max. useful volume	900 l
Max. permissible system temperature	110 °C
max. perm. operating temperature	70 °C
max. perm. operating pressure	6 bar
Connection	G1"
Diameter	740 mm
Height	2737 mm
High water connection	133 mm
Tilt dimension approx.	2688 mm
Weight	127.00 kg

Description

Reflex Variomat VG
Diaphragm expansion vessel for Reflex Variomat one or two-pump controlled pressure maintenance stations, unpressurised, closed to atmosphere. Approval according to the EU Pressure Equipment Directive 2014/68/EU. Built according to DIN EN 13831 and VDI 4708 or AD 2000.

- Floor-standing with foot structure
- Replaceable full diaphragm - compliant with DIN EN 13831
- Exterior plastic-coated
- With dipstick tube degassing
- including welded side socket for connection of a bladder rupture detector
- basic vessels VG incl. transducer for level sensing



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN BUILDING+INDUSTRY BRAND

Prilog br. 14 Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-1 [7]

Reflex Variomat control unit VS 2-1/60, for pressurisation, degassing and makeup, 10 bar

reflex

Thinking solutions.



Features

Type	VS 2-1/60
Control unit	Adjoining
max. perm. operating temperature	70 °C
Perm. operating temperature generator	105 °C
max. perm. operating pressure	10 bar
Max. p ₀ setting	4.8 bar
Max. sound pressure level	55 dB(A)
Degree of protection	IP 54
Electric connection	230V/50Hz
Expansion line connection	Rp 1"
Make-up connection	Rp 1/2"
Max. electrical rated power	1.10 kW
Height	921 mm
Width	470 mm
Depth	572 mm
Weight	36.90 kg

Description

Reflex Variomat control unit, the Reflex Variomat is a pump control-led pressurisation module with incorporated automatic water make-up and system deaeration for sealed heating and chilled water systems. Constructed in compliance with DIN EN 12828 and the requirements of VDI 4708, with CE marking. Suitable for use in noise-sensitive areas.

Functional unit comprising a hydraulic part and a Control Touch operating unit. Both are ergonomically combined in an easy-to-maintain modular floor-standing framework system made of EV 1 anodized aluminium precision sections with CE marking.

Hydraulic part:

Pressure maintenance is implemented using a stainless steel circulation pump in conjunction with a rugged dirt-insensitive motorised ball valve with upstream dirt trap as an overflow device. A safety relief valve is included to act as a pressure safeguard for the Variomat VG primary tank and/or VF secondary tank that are to be connected. The system pressure is measured with an electronic sensor. Pressure-side system connections are implemented as backed up shut-off valves. All fittings are located on a rotatable base plate to enable a variable hydraulic system arrangement.

The Control Touch operating unit with TFT colour display inclusive of communications electronics is integrated in a panel-type rugged plastic housing and mounted directly on the control unit with a horizon-

tal alignment. An optional separate and vertical wall mounting plate at maximum three metres distance from the power electronics is possible. Communication electronics comprising:

- 4,3" resistive colour touchscreen for programming, operating documentation and monitoring as well as provision of help texts for all functions
- Two RS485 serial interfaces as data and/or communication interfaces
- Serial TTL-interface with two connection terminals for connection of 2 IO-boards
- Potential-free output for forwarding of the collective message
- Two electrically isolated analogue outputs e.g. for system pressure
- Input for the evaluation of contact water meters
- Slot for a compact bus module, one SD card, e.g. for data read-out, software updates, etc.
- 230V output for connection of level-dependent makeup/degassing stations

The power electronics are installed in a dedicated plastic control cabinet which is mounted directly below the operating unit. Power supply is via a main switch. Featuring in detail:

- Main switch on housing exterior
- Pump control

- Cable management for external connections
- Mounting slot for optional modules
- Control unit completely piped and wired ready for connection according to VDE regulations. System connections by means of integrated shut-off valves.

Control Touch is a fully automatic and freely programmable microprocessor control with touchscreen operation, real-time clock, differentiating error and parameter memory, combined graphical and clear-text display of system pressure, tank level and all relevant operating and fault messages, functional diagram, signalling of the active operating mode, collective fault message, low water level, functioning of pump, overflow valve and make-up valve.

Functioning of the pressurisation in the limits +/- 0.2 bar including pump monitoring. Optimised system water degassing due to patented, fully-automatic overflow control with cycles for continuous, interval and run-on degassing. Controlled make-up, automatic interruption and fault message upon exceeding of the runtime and/or the number of cycles. Processing of the signal of a contact water meter for maximum volume limit and/or capacity evaluation of ion exchangers located in the make-up line. Documentation and control of the entire system in respect of the above mentioned parameters.



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN
BUILDING+INDUSTRY BRAND

Prilog br. 15 Tehnička specifikacija upravljačke jedinice UJ-1 & UJ-2 [7]

Reflex Reflex DT 200, expansion vessel, green, 10/4 bar

reflex

Thinking solutions.



Features

Type	DT 200
Colour	green
Diaphragm material	butyl
Nominal volume	200 l
Max. useful volume	150 l
Max. permissible system temperature	70 °C
Min. perm. operating temperature	-10 °C
max. perm. operating temperature	70 °C
max. perm. operating pressure	10 bar
Factory provided gas supply pressure	4 bar
Number of connections	2 St.
Connection	DN50/PN16
Diameter	634 mm
Height	973 mm
High water connection	105 mm
Tilt dimension approx.	1033 mm
Weight	53.00 kg

Description

Reflex DT

Flowed through diaphragm expansion tank for DHW systems, water supply installations and pressure-boosting systems. With diaphragm according to the elastomer directive and W 270. Exterior and interior coating in compliance with KTW-A. Only suitable for cold water systems. Up to Rp 1 1/4" including flowjet flow fitting, from DN50 including Duo flange connection piece with flow facility.

Built according to DIN EN 13831 and VDI 4708 or AD 2000. Approval according to Pressure Equipment Directive 2014/68/EC.

- Flowjet incl. shut-off and draining or dual connection
- replaceable bladder according to DIN EN 13831, DIN 4807 T5, KTW-C and W270, built and tested to DIN 4807 T5, DIN DVGW Reg. No. NW-0411AT2534
- interior and exterior coating in compliance with KTW-A, durable epoxy resin coating
- from PN10 and 600 litres with MBM coupling
- from PN16 with diaphragm break detector coupling
- pressure gauge and supply pressure valve protected by clip
- only for use in cold water pipes (consider installation and operating instructions)



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN
BUILDING+INDUSTRY BRAND

Prilog br. 16 Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-PTV [7]

Reflex Variomat primary vessel VG 800, for Variomat pressurisation stations, grey, 6 bar

reflex

Thinking solutions.



Features

Type	VG 800
Colour	grey
Nominal volume	800 l
Max. useful volume	720 l
Max. permissible system temperature	110 °C
max. perm. operating temperature	70 °C
max. perm. operating pressure	6 bar
Connection	G1"
Diameter	740 mm
Height	2272 mm
High water connection	133 mm
Tilt dimension approx.	2277 mm
Weight	109.90 kg

Description

Reflex Variomat VG
Diaphragm expansion vessel for Reflex Variomat one or two-pump controlled pressure maintenance stations, unpressurised, closed to atmosphere. Approval according to the EU Pressure Equipment Directive 2014/68/EU. Built according to DIN EN 13831 and VDI 4708 or AD 2000.

- Floor-standing with foot structure
- Replaceable full diaphragm - compliant with DIN EN 13831
- Exterior plastic-coated
- With dipstick tube degassing
- including welded side socket for connection of a bladder rupture detector
- basic vessels VG incl. transducer for level sensing



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN BRAND
BUILDING+INDUSTRY

Prilog br. 17 Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-2 [7]

Reflex Reflexomat Silent Compact RSC Smart 200, compressor controlled pressurisation station, grey, 6 bar



Thinking solutions.



Features

Type	RSC Smart 200
Colour	grey
Nominal volume	200 l
Max. useful volume	180 l
Max. permissible system temperature	120 °C
max. perm. operating temperature	70 °C
max. perm. operating pressure	6 bar
Max. sound pressure level	59 dB(A)
Degree of protection	IP 54
Connection	G1"
Electric connection	230V/50Hz
Height	1223 mm
Max. electrical rated power	0,80 kW
Diameter	634 mm
Weight	52,40 kg
High water connection	118 mm

Description

Reflexomat

Pneumatic and control module for compressor-controlled Reflexomat pressurisation station for pressurisation and for make-up water control in sealed heating and chilled water systems. Constructed in compliance with DIN EN 12828 and the requirements of VDI 4708, with CE marking. Suitable for use in noise-sensitive areas.

The function unit comprises a floor-standing expansion vessel, constructed in accordance with DIN EN 13831 and directive EU 2014/68/EU (EU-PED) with CE Marking, plus an attached control unit comprising a pneumatic system and a vertical, app-operated Control Smart control and operating unit. In the pneumatic part, pressure maintenance is implemented using a compressed air compressor in conjunction with a compressed air solenoid valve as an overflow device. Expansion vessel:

- Floor-standing design with feet including transducer for vessel content measurement
- System connection with integrated compensator
- Bladder
- Air-side inner chamber
- Fully plastic-coated exterior

A safety relief valve is included to act as a pressure safeguard for the RG primary tank or RF secondary tank. The system pressure is measured with an electronic sensor.

In the pneumatic part, the pressurisation is implemented using one compressed air compressor in conjunction with a compressed air solenoid valve as an overflow device. The system pressure is measured using an electronic sensor. Pneumatic part comprising:

- Compressed air compressor
- Type-tested air solenoid valve
- Type-tested safety valve, for pressure protection of the diaphragm expansion tank
- Electronic pressure sensor
- corresponding connection lines

The Control Smart controller is integrated in a robust plastic housing in which both the power and communication electronics and the control panel with dirt-resistant plastic foil keyboard are housed. Bluetooth is integrated as standard as a communications interface. The controller has a fully automatic microprocessor controller with time function, differentiating error and parameter memory, LED display of the operating modes and general error messaging, visualisation of the control states for system pressure and all relevant operating and fault messages using the Control Smart App via Bluetooth communication. Communication electronics comprising:

- RS485 interface (galvanically isolated) for the connection of optional communication components
- Floating output for forwarding of the group message

- Digital input for signal processing of a contact water meter
- 230V output for connection of level-dependent make-up/degassing stations
- Input for make-up functional request via external signal

Control Smart works with a plug & play function for independent system pressure detection, enabling convenient wireless operation via an app for smartphones and tablets running either iOS or Android to provide simple commissioning as well as visualisation of system operation. The following functions are available:

- Intuitive and self-explanatory menu and operating guidance
- Automatic setting of the time and date
- Setting and adjusting of the minimum operating pressure p0
- Status, warning and error display relating to facility pressure and operating conditions including diagnostic instructions and handling recommendations
- Easy and quick commissioning (commissioning-wizard)
- Individual configuration
- Maintenance and troubleshooting wizard
- Automatic software updates for system control

Safety and function-relevant parameters are protected against unauthorised access. is one of the world's



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN BUILDING+INDUSTRY BRAND

Prilog br. 18 Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-3 [7]

Date: 24.4.2024.

Project: Untitled

Selected safety valves & accessories

#1	#2	Water	Product	Technical Info	Article N°	Pipe	Qty	§
Safety valves (from individual selection)								
2500kW		Hot water(-10 / 120 °C)	DSV 15-2.5 DGH 15 (1/2") Thread (G 1/2" / G 1")	Set pressure: 2,5 bar Heating, Indirect Max. power: 4e+6 W Power: 2,5e+6 W	536 1025	-	1	
2800kW		Hot water(-10 / 120 °C)	DSV 15-2.5 DGH 15 (1/2") Thread (G 1/2" / G 1")	Set pressure: 2,5 bar Heating, Indirect Max. power: 4e+6 W Power: 2,8e+6 W	536 1025	-	1	
300kW		Hot water(-10 / 120 °C)	DSV 15-2.5 DGH 15 (1/2") Thread (G 1/2" / G 1")	Set pressure: 2,5 bar Heating, Indirect Max. power: 4e+6 W Power: 300000 W	536 1025	-	1	

Legenda:

- Polaz
- Povrat
- Recirkulacija
- Voda iz vodovoda
- Automatika podstanice

SIMBOLI

	Cirkulacijska pumpa -frekventno regulirana		Odvajač nečistoće
	Termometar		Balansirajući ventil
	Manometar		Osjetnik tlaka-regulirana veličina
	Ekspanzijska posuda		Temperaturni osjetnik-regulirana veličina
	Sigurnosni ventil s ispuhom		Ventil za punjenje/praznjenje
	Kuglasta slavina		Diferencijalni presostat
	Nepovratna klapna		Odzračnik s ispuhom
	Kalorimetar		Ispust
	Kompenzator		Pločasti izmjenjivač topline
	3-putni miješajući ventil s motornim pogonom		Regulator temperature
	Leptirasta slavina		Regulator protoka
	Cijevni izmjenjivač topline		3-putni miješajući ventil s motornim pogonom
	Regulator tlaka s integriranim ograničivačem protoka		

EX-1 Ekspanzijska posuda
 Nominalni volumen: 1000 l
 Korisni volumen: 900 l
 Max. radna temperatura: 110 °C
 Max. radni tlak: 6 bara
 Dimenzije (Ød x v) = Ø740x2737 mm
 Masa: 127 kg
 Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 1000/740 ili jednakovrijedno

UJ-1 & UJ-2 Upravljačka jedinica ekspanzijske posude
 Max. randa temperatura: 105 °C
 Max. radni tlak: 10 bara
 Dimenzije (dxšxv) = 572x470x921 mm
 Masa: 36,9 kg
 Snaga: 1,10 kW
 Proizvod kao Reflex Variomat control unit VS 2-1/60 ili jednakovrijedno

EX-PTV Ekspanzijska posuda
 Nominalni volumen: 200 l
 Korisni volumen: 150 l
 Max. radna temperatura: 70 °C
 Max. radni tlak: 10 bara
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm
 Masa: 53 kg
 Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno

PTV Spremnik potrošne tople vode
 Volumen: 3 m³
 Dimenzije (Ødxv)=1.3x2.6 m
 Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno

HS-2 Hidraulička skretnica
 Priklučci: DN200/PN6
 Statički tlak: 1.8 bar
 Radni tlak: 0-6 bar
 Dimenzije (dxšxv)=0.5x0.3x1.82 m
 Masa: 206 kg
 Proizvod kao: Hydraulic Separator DN400 ili jednakovrijedno

P3 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 5,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=309 kg
 Radna točka:
 H= 192,5 kPa
 V= 14,29 m³/h

P4 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWa ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 1,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=136 kg
 Radna točka:
 H= 131,8 kPa
 V= 10,55 m³/h

P5 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWa ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 1,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=165 kg
 Radna točka:
 H= 121,7 kPa
 V= 12,0 m³/h

P7 Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 40-180 F ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 10 bar
 Ulaz snage= 609 W
 Napon=1x230 V, 50 Hz
 Bruto masa=17,6 kg
 Radna točka:
 H= 147,5 kPa
 V= 5,14 m³/h

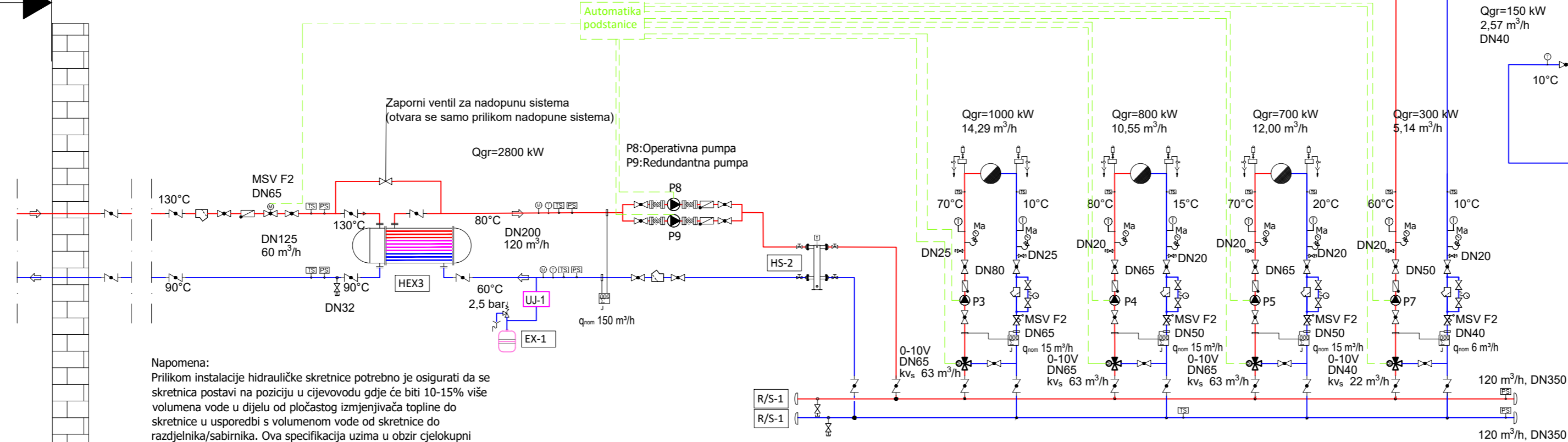
P8 & P9 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 125-315/275 AA2F2AESBQQEPW3 ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 18,5 kW
 Napajanje=3x380-420V, 50HZ
 Bruto masa=663 kg
 Radna točka:
 H= 206,0 kPa
 V= 120,0 m³/h

HEX3 Cijevni izmjenjivač topline
 Tip: voda/voda
 P = 2800 kW
 Pad tlaka: sekundarna strana ΔP = 85,87 kPa
 Temperaturni režimi: primarna strana = 130/90°C sekundarna strana = 80/60°C

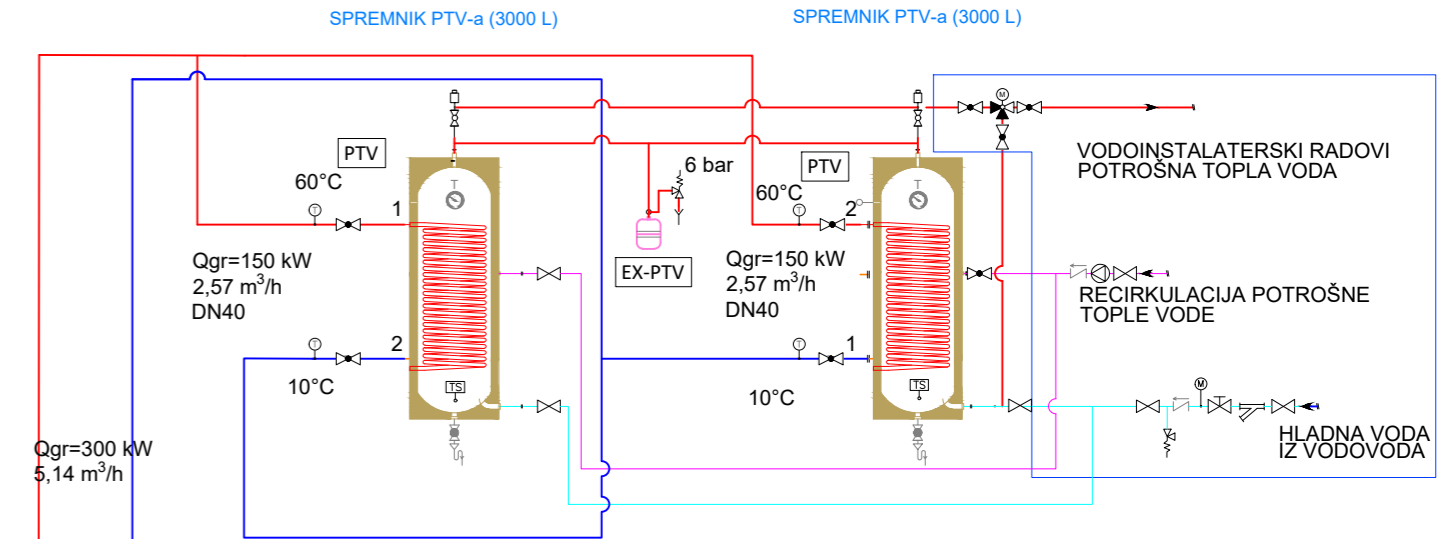
R/S-1 Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).
 1x DN200
 1x DN80
 2x DN65
 1x DN50
 dP=5 mbar-a
 Protok medija: 120,4 m³/h
 Max protok medija: 134,1 m³/h
 Masa: 190 kg
 Duljina: 3182 mm
 Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifold DN 350 ili jednakovrijedno.

Ulaz u toplinsku podstanicu za grijanje stambenog objekta

Dolazni cijevovod iz centralne toplinske stanice



Napomena:
 Prilikom instalacije hidrauličke skretnice potrebno je osigurati da se skretnica postavi na poziciju u cijevovodu gdje će biti 10-15% više volumena vode u dijelu od pločastog izmjenjivača topline do skretnice u usporedbi s volumenom vode od skretnice do razdjelnika/sabirnika. Ova specifikacija uzima u obzir cjelokupni hidraulički balans sustava, uključujući razdjelnik, sabirnik i izmjenjivač topline. Razmatranje ovog omjera ključno je za učinkovitost i stabilnost protoka kroz sustav, osiguravajući optimalnu distribuciju topline i minimalizaciju hidrauličkih gubitaka



Prilog br. 20 Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]

Građevina: TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK	Faza projekta: GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLAĐENJE	Mentor: Prof.dr.sc. Ante Čikić	
Investitor: -	Sadržaj: HIDRAULIČKA SHEMA INDIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-A (CIJEVNI IZMJENJIVAČ)	Student: David Kresonja bacc.ing.mech	
		Datum: 07.2024	Mjerilo: -
		Broj projekta: 001	Nacrtni broj: 001

- Legenda:**
- Polaz
 - Povrat
 - Recirkulacija
 - Voda iz vodovoda
 - - - Automatika podstanice

SIMBOLI

	Cirkulacijska pumpa -frekventno regulirana		Odvajaač nečistoće
	Termometar		Balansirajući ventil
	Manometar		Osjetnik tlaka-regulirana veličina
	Ekspanzijska posuda		Temperaturni osjetnik - regulirana veličina
	Sigurnosni ventil s ispustom		Ventil za punjenje/pražnjenje
	Kuglasta slavina		Diferencijalni presostat
	Nepovratna klapna		Odzračnik s ispustom
	Kalorimetar		Ispust
	Kompenzator		Pločasti izmjenjivač topline
	3-putni miješajući ventil s motornim pogonom		Regulator temperature
	Leptirasta slavina		Regulator protoka
	Cijevni izmjenjivač topline		3-putni miješajući ventil s motornim pogonom
	Regulator tlaka s integriranim ograničivačem protoka		

EX-3 Ekspanzijska posuda
 Nominalni volumen: 200 l
 Korisni volumen: 180 l
 Max. radna temperatura: 120 °C
 Max. radni tlak: 6 bara
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x1223 mm
 Masa: 52,4 kg
 Dolazi s ugrađenom kontrolnom jedinicom:
 Snaga: 0,8 kW
 Napajanje 230V/50 Hz
 Proizvod kao Reflex Reflexomat Silent Compact RSC Smart 200 ili jednakovrijedno

EX-PTV Ekspanzijska posuda
 Nominalni volumen: 200 l
 Korisni volumen: 150 l
 Max. radna temperatura: 70 °C
 Max. radni tlak: 10 bara
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm
 Masa: 53 kg
 Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno

EX-2 Ekspanzijska posuda
 Nominalni volumen: 800 l
 Korisni volumen: 720 l
 Max. radna temperatura: 110 °C
 Max. radni tlak: 6 bara
 Dimenzije (Ød x v) = Ø740x2272 mm
 Masa: 109,9 kg
 Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 800 ili jednakovrijedno

HS-1 Hidraulička skretnica
 Priključci: DN200/PN6
 Statički tlak: 1.8 bar
 Radni tlak: 0-6 bar
 Dimenzije (dxšxv)=0.5x0.3x1.82 m
 Masa: 251 kg
 Proizvod kao: Hydraulic Separator 500/300 ili jednakovrijedno

P1 & P2 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 100-160/167 BA2F2AESBQQEQWB ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 22 kW
 Napajanje=3x380-480V, 50 Hz
 Bruto masa=286 kg
 Radna točka:
 H= 304,0 kPa
 V= 107,14 m³/h

P3 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 5,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=309 kg
 Radna točka:
 H= 192,5 kPa
 V= 14,29m³/h

P4 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 1,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=136 kg
 Radna točka:
 H= 131,8 kPa
 V= 10,55 m³/h

UJ-1 & UJ-2 Upravljačka jedinica ekspanzijske posude
 Max. randa temperatura: 105 °C
 Max. radni tlak: 10 bara
 Dimenzije (dxšxv) =572x470x921 mm
 Masa: 36,9 kg
 Snaga: 1,10 kW
 Proizvod kao Reflex Variomat control unit VS 2-1/60 ili jednakovrijedno

P5 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 1,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=165 kg
 Radna točka:
 H= 121,7 kPa
 V= 12,0 m³/h

R/S-2 Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 3 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 4 priključaka).
 1xDN150
 1xDN80
 2xDN65
 dP=5 mbar-a
 Protok medija: 107,5 m³/h
 Max protok medija: 110,6 m³/h
 Masa: 150 kg
 Duljina: 2670 mm
 Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifoldr 300 ili jednakovrijedno.

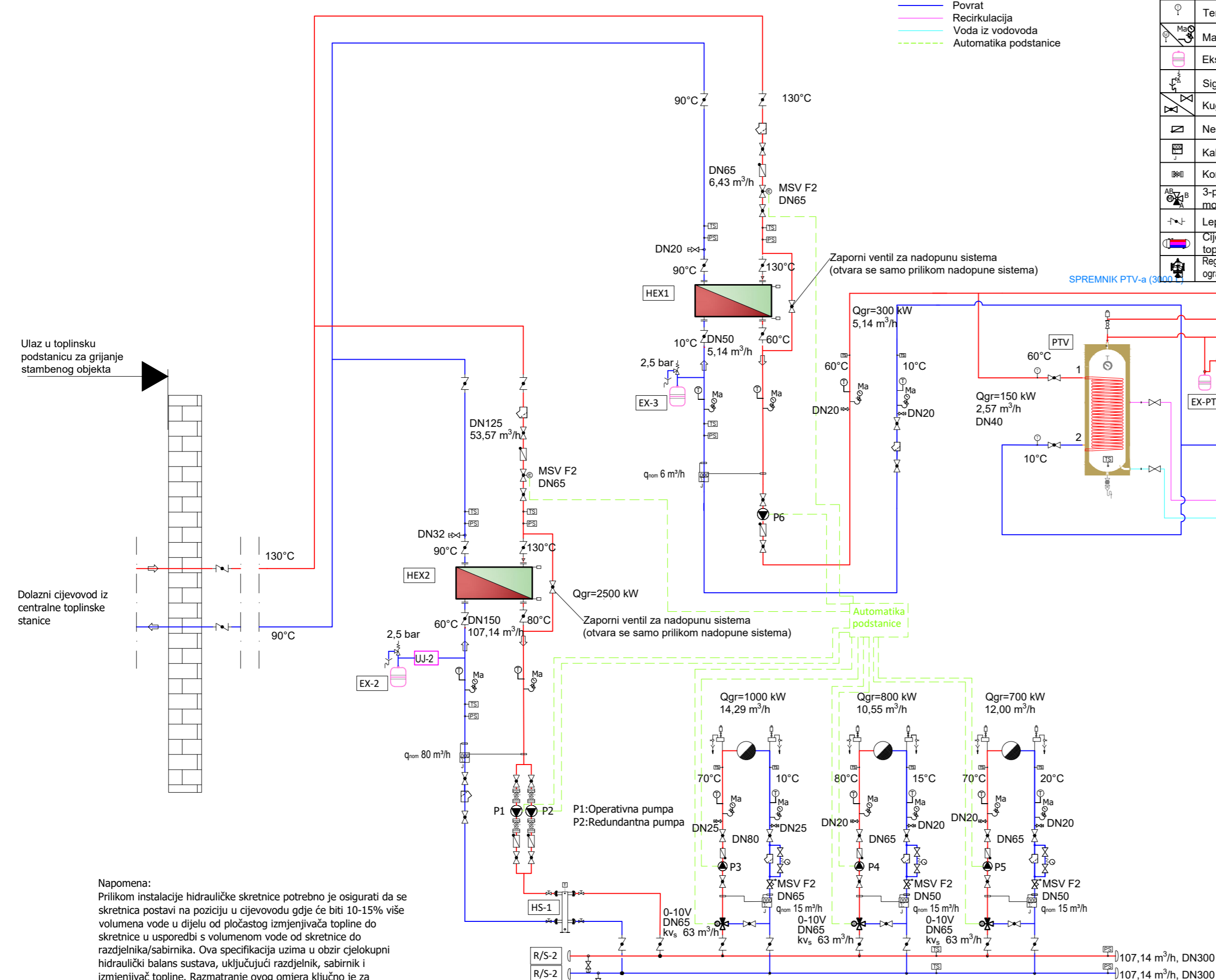
P6 Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 50-150 F ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 10 bar
 Ulaz snage= 601 W
 Napajanje=1x230V, 50 Hz
 Bruto masa=20,8 kg
 Radna točka:
 H= 92,8 kPa
 V= 5,14 m³/h

PTV Spremnik potrošne tople vode
 Volumen: 3 m³
 Dimenzije (Ødxv)=1.3x2.6 m
 Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno

HEX1 Pločasti izmjenjivač topline
 Tip: voda/voda
 P = 300 kW
 Pad tlaka:
 primarna strana ΔP = 15,63 kPa
 sekundarna strana ΔP = 24,90 kPa
 Temperaturni režimi:
 primarna strana = 130/90°C
 sekundarna strana = 60/10°C
 Dimenzije (vxšxd)= 466x258x84 mm
 Masa: 20,96 kg
 Proizvod kao Reflex Longtherm RMB-31-40 ili jednakovrijedno

HEX2 Pločasti izmjenjivač topline
 Tip: voda/voda
 P = 2500 kW
 Volumen: 3 m³
 Pad tlaka:
 primarna strana ΔP = 54,8 kPa
 sekundarna strana ΔP = 194,3 kPa
 Temperaturni režimi:
 primarna strana = 130/90°C
 sekundarna strana = 60/10°C
 Dimenzije (vxšxd)= 1008x221x387 mm
 Masa: 139,3 kg
 Proizvod kao HEXONIC LE400-40L-DN100.SS ili jednakovrijedno

Građevina: TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK	Faza projekta: GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLADNENJE	Mentor: Prof.dr.sc. Ante Čikić	
Investitor: -	Sadržaj: HIDRAULIČKA SHEMA INDIRECTNOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-A (PLOČASTI IZMJENJIVAČ)	Student: David Kresonja bacc.ing.mech	
		Datum: 07.2024	Mjerilo: -
		Broj projekta: 001	Nacrt br. List br. 1/1 002



Napomena:
 Prilikom instalacije hidrauličke skretnice potrebno je osigurati da se skretnica postavi na poziciju u cijevovodu gdje će biti 10-15% više volumena vode u dijelu od pločastog izmjenjivača topline do skretnice u usporedbi s volumenom vode od skretnice do razdjelnika/sabirnika. Ova specifikacija uzima u obzir cjelokupni hidraulički balans sustava, uključujući razdjelnik, sabirnik i izmjenjivač topline. Razmatranje ovog omjera ključno je za učinkovitost i stabilnost protoka kroz sustav, osiguravajući optimalnu distribuciju topline i minimalizaciju hidrauličkih gubitaka

Prilog br. 21 Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor]

- Legenda:**
- Polaz
 - Povrat
 - Recirkulacija
 - Voda iz vodovoda
 - Automatika podstanice

SIMBOLI

	Cirkulacijska pumpa -frekventno regulirana		Odvajač nečistoće
	Termometar		Balansirajući ventil
	Manometar		Osjetnik tlaka-regulirana veličina
	Ekspanzijska posuda		Temperaturni osjetnik - regulirana veličina
	Sigurnosni ventil s ispustom		Ventil za punjenje/pražnjenje
	Kuglasta slavina		Diferencijalni presostat
	Nepovratna klapna		Odzračnik s ispustom
	Kalorimetar		Ispust
	3-putni miješajući ventil s motornim pogonom		Pločasti izmjenjivač topline
	Leptirasta slavina		Regulator temperature
	Cijevni izmjenjivač topline		Regulator protoka
	Regulator tlaka s integriranim ograničivačem protoka		3-putni miješajući ventil s motornim pogonom

EX-PTV Ekspanzijska posuda
 Nominalni volumen: 200 l
 Korisni volumen: 150 l
 Max. radna temperatura: 70 °C
 Max. radni tlak: 10 bara
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm
 Masa: 53 kg
 Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili
 jednakovrijedno

PTV Spremnik potrošne tople vode
 Volumen: 3 m³
 Dimenzije (Ødxv)=1.3x2.6 m
 Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili
 jednakovrijedno

HS-2 Hidraulička skretnica
 Priklučci: DN200/PN6
 Statički tlak: 1.8 bar
 Radni tlak: 0-6 bar
 Dimenzije (dxšxv)=0.5x0.3x1.82 m
 Masa: 206 kg
 Proizvod kao: Hydraulic Separator DN400 ili
 jednakovrijedno

P3 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili
 jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 5,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=309 kg
 Radna točka:
 H= 192,5 kPa
 V= 14,29 m³/h

P4 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQEQHWA ili
 jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 1,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=136 kg
 Radna točka:
 H= 131,8 kPa
 V= 10,55 m³/h

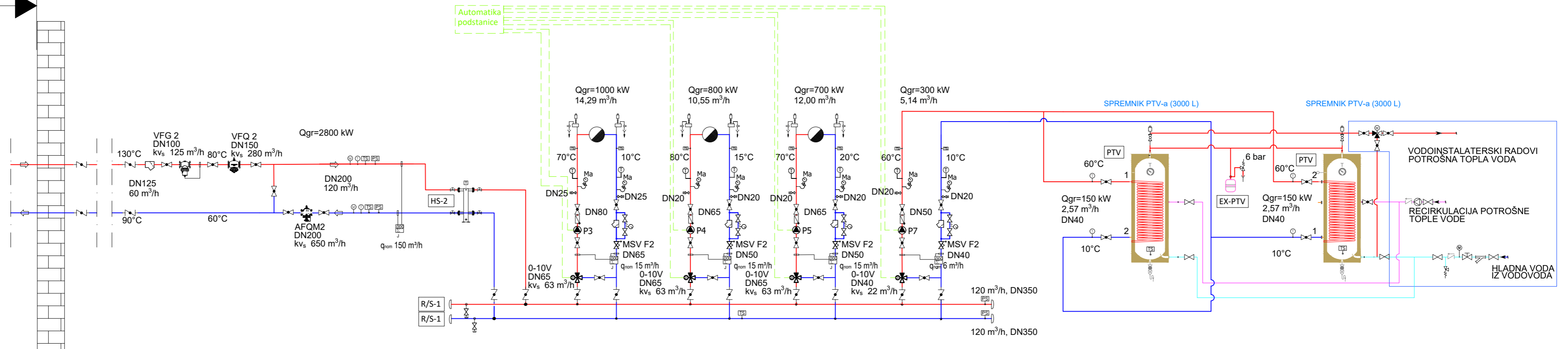
P5 Optočna pumpa, proizvod kao tip RKE 40-250/219 AA2F2KESBQEQHWA ili
 jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 1,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=165 kg
 Radna točka:
 H= 121,7 kPa
 V= 12,0 m³/h

P7 Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 40-180 F ili jednakovrijedno
 Max. radni tlak= 10 bar
 Ulaz snage= 609 W
 Napon=1x230 V, 50 Hz
 Bruto masa=17,6 kg
 Radna točka:
 H= 147,5 kPa
 V= 5,14 m³/h

R/S-1 Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).
 1x DN200
 1x DN80
 2x DN65
 1x DN50
 dP=5 mbar-a
 Protok medija: 120,4 m³/h
 Max protok medija: 134,1 m³/h
 Masa: 190 kg
 Duljina: 3182 mm
 Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifold DN 350 ili jednakovrijedno.

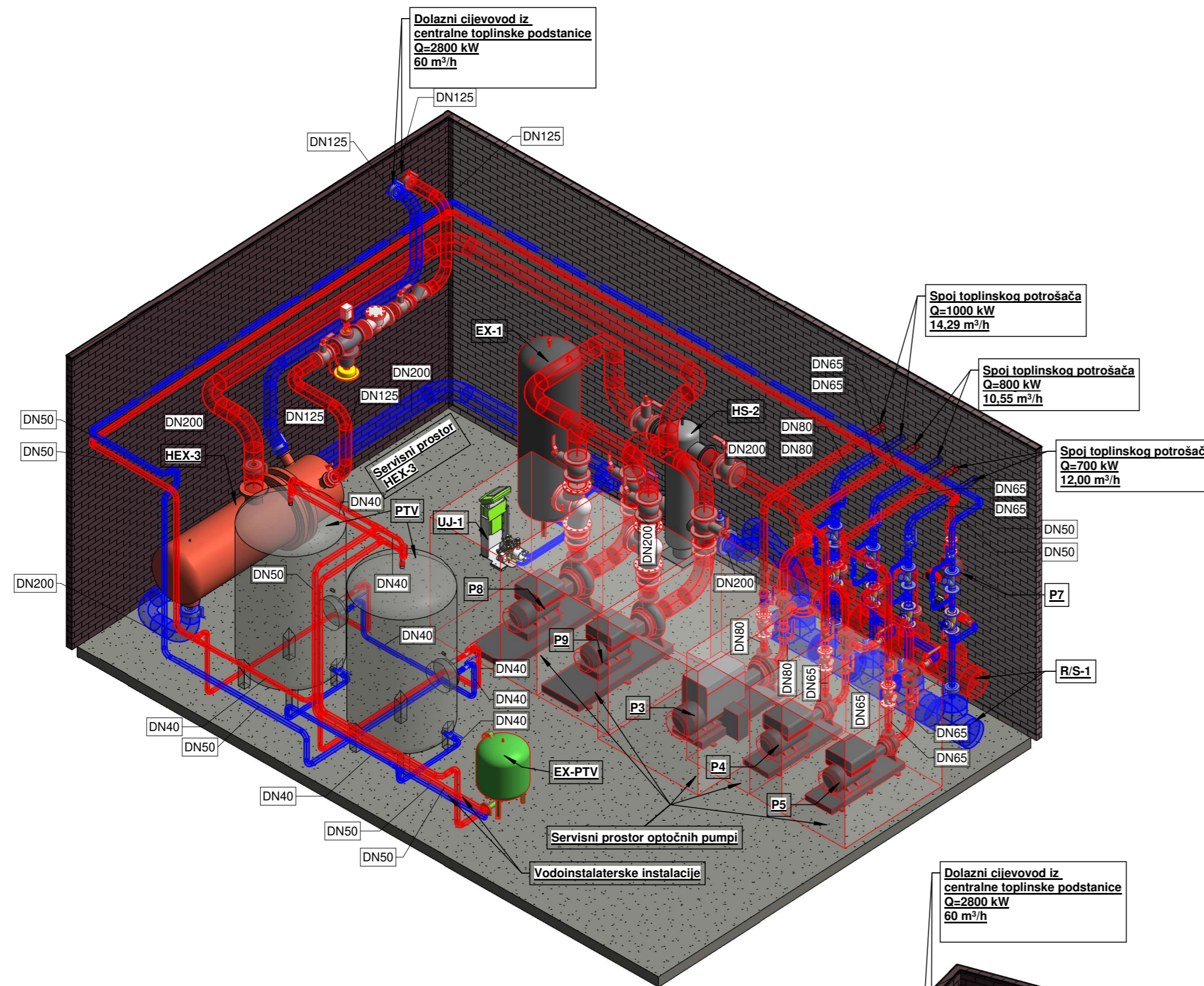
Ulaz u toplinsku podstanicu za grijanje stambenog objekta

Dolazni cijevovod iz centralne toplinske stanice



Prilog br. 22 Hidraulička shema direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor]

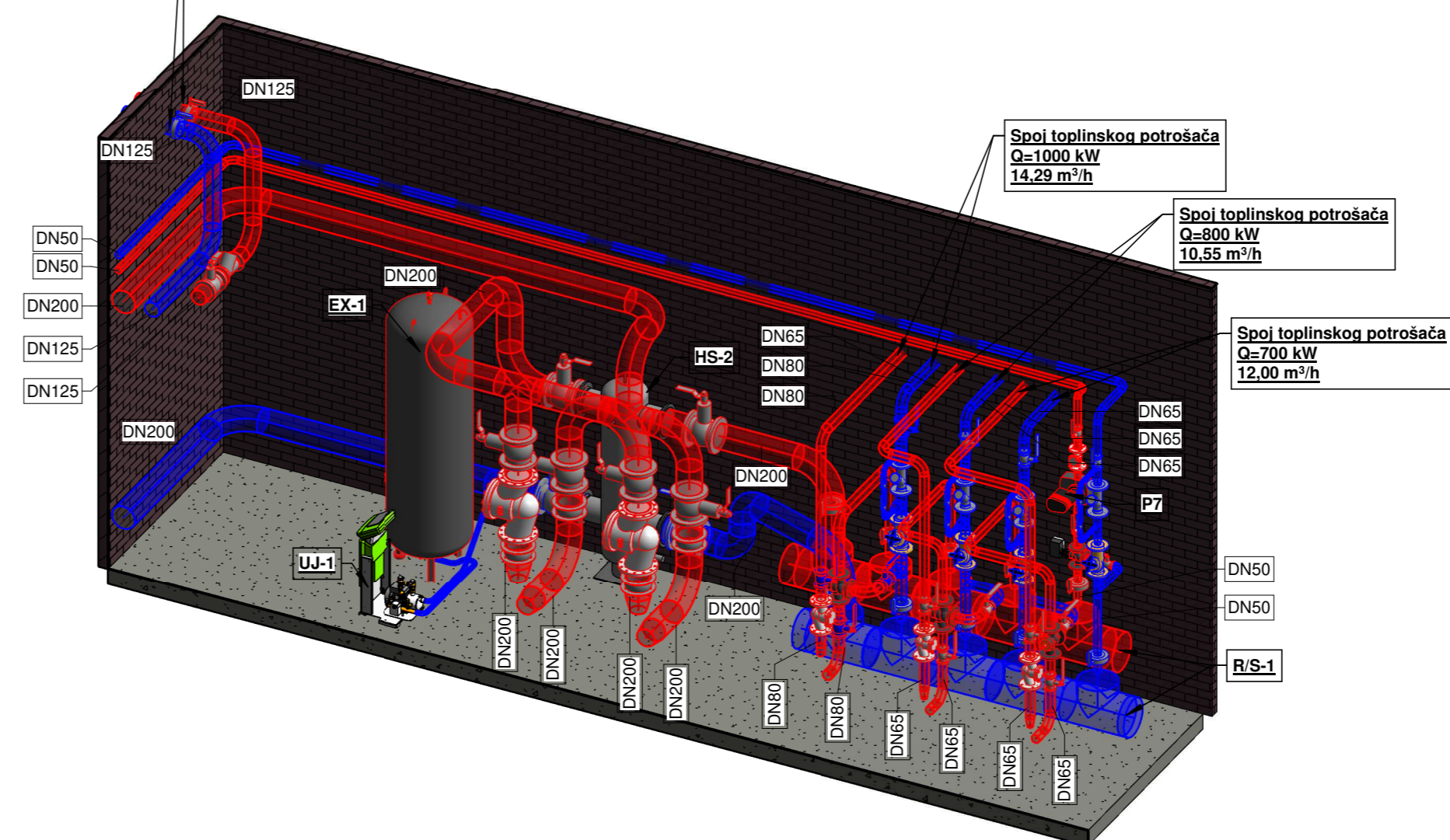
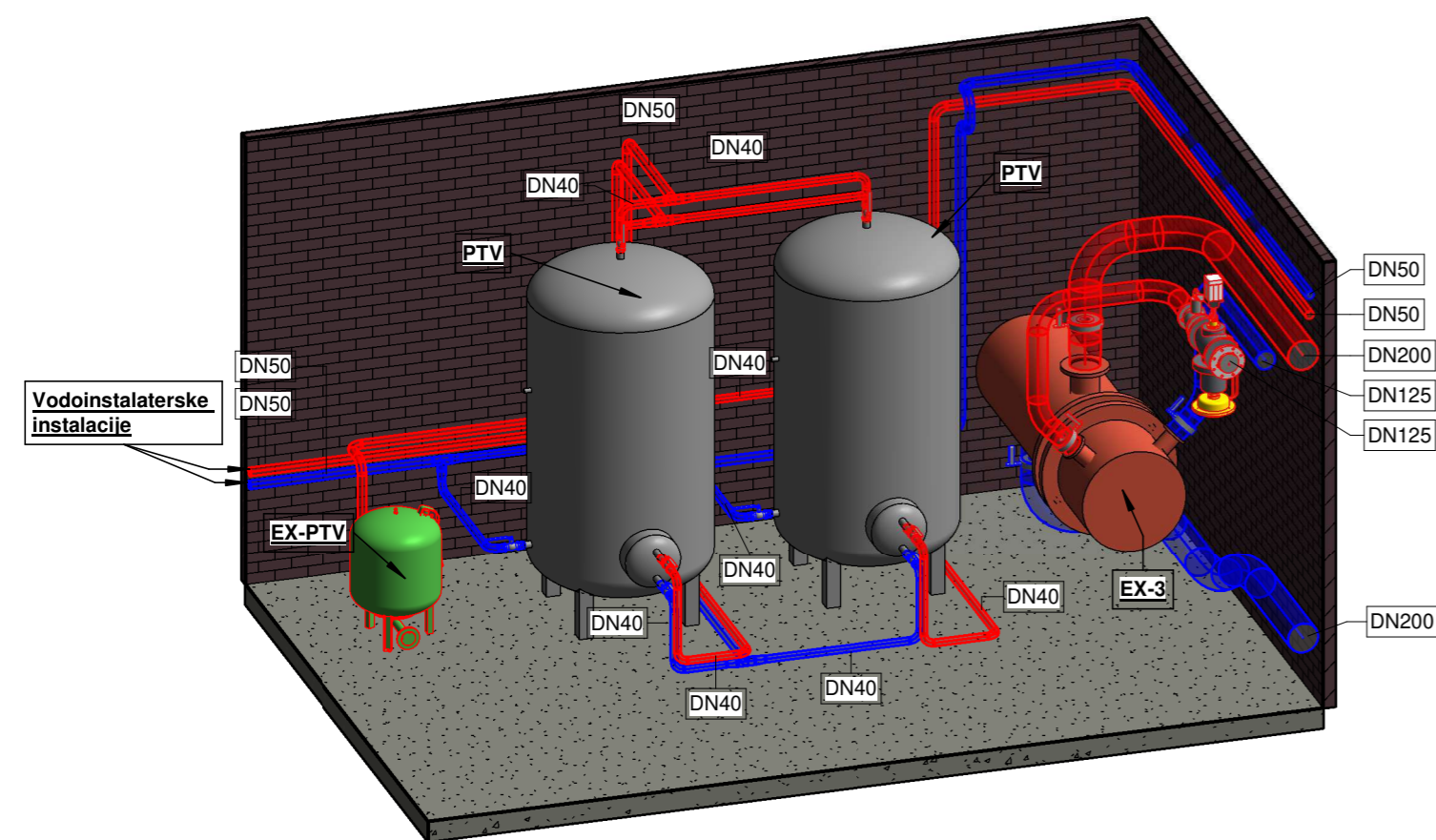
Građevina: TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK	Faza projekta: GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLADNENJE	Mentor: Prof.dr.sc. Ante Čikić	
Investitor: -	Sadržaj: HIDRAULIČKA SHEMA DIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-A	Student: David Kresonja bacc.ing.mech	
		Datum: 07.2024	Mjerilo: -
		Broj projekta: 001	Nacrtni broj: 1/1
			003



Legenda:

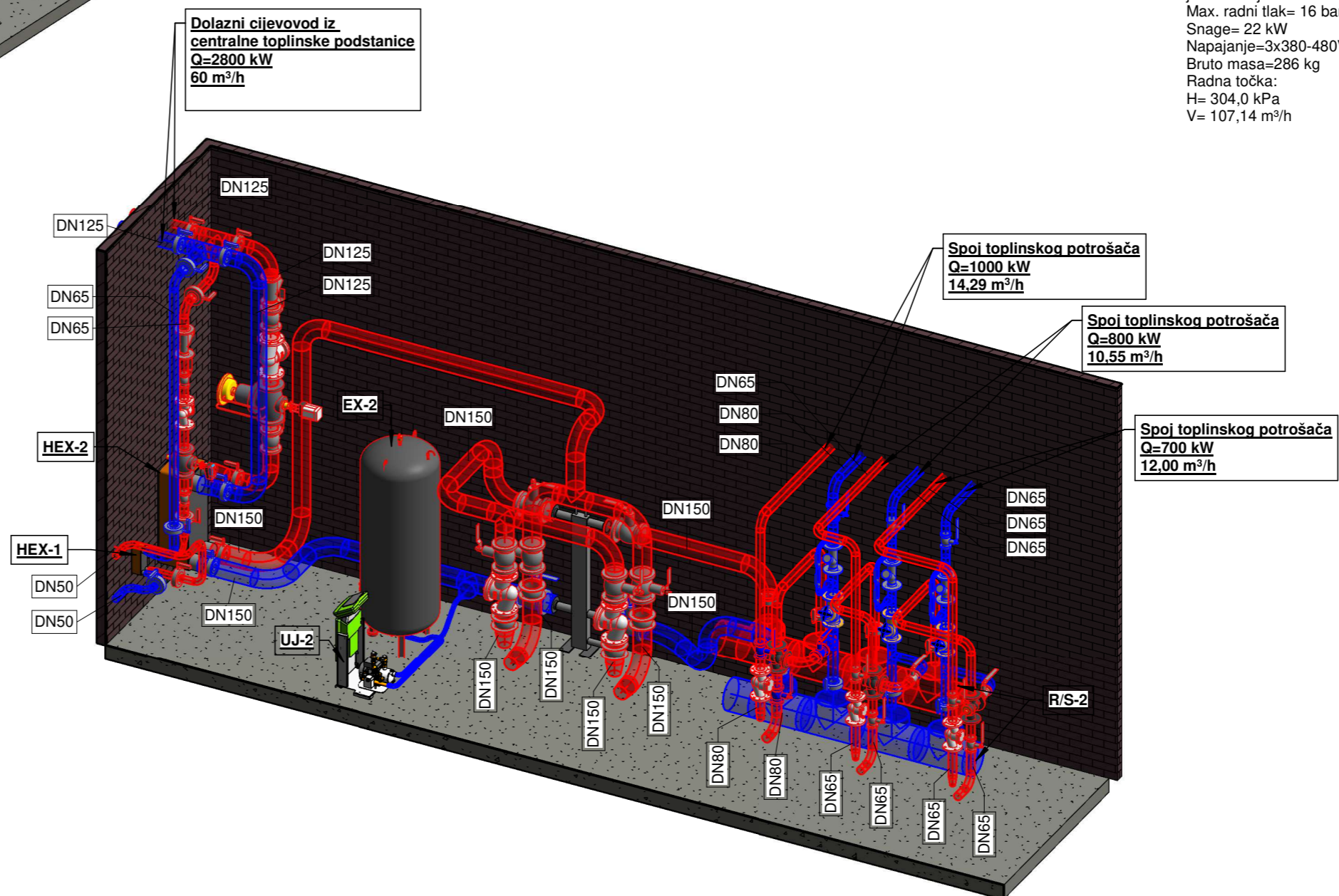
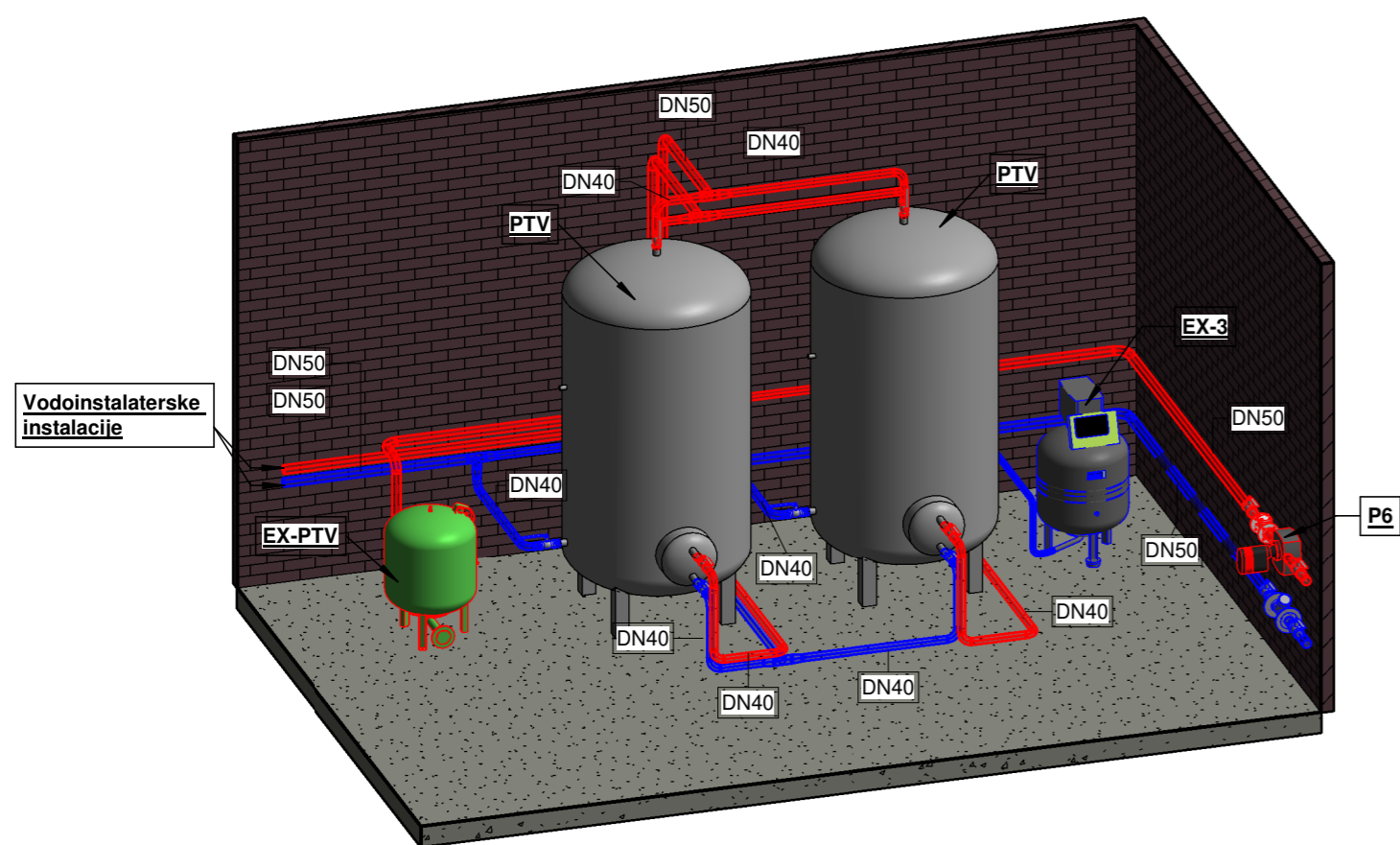
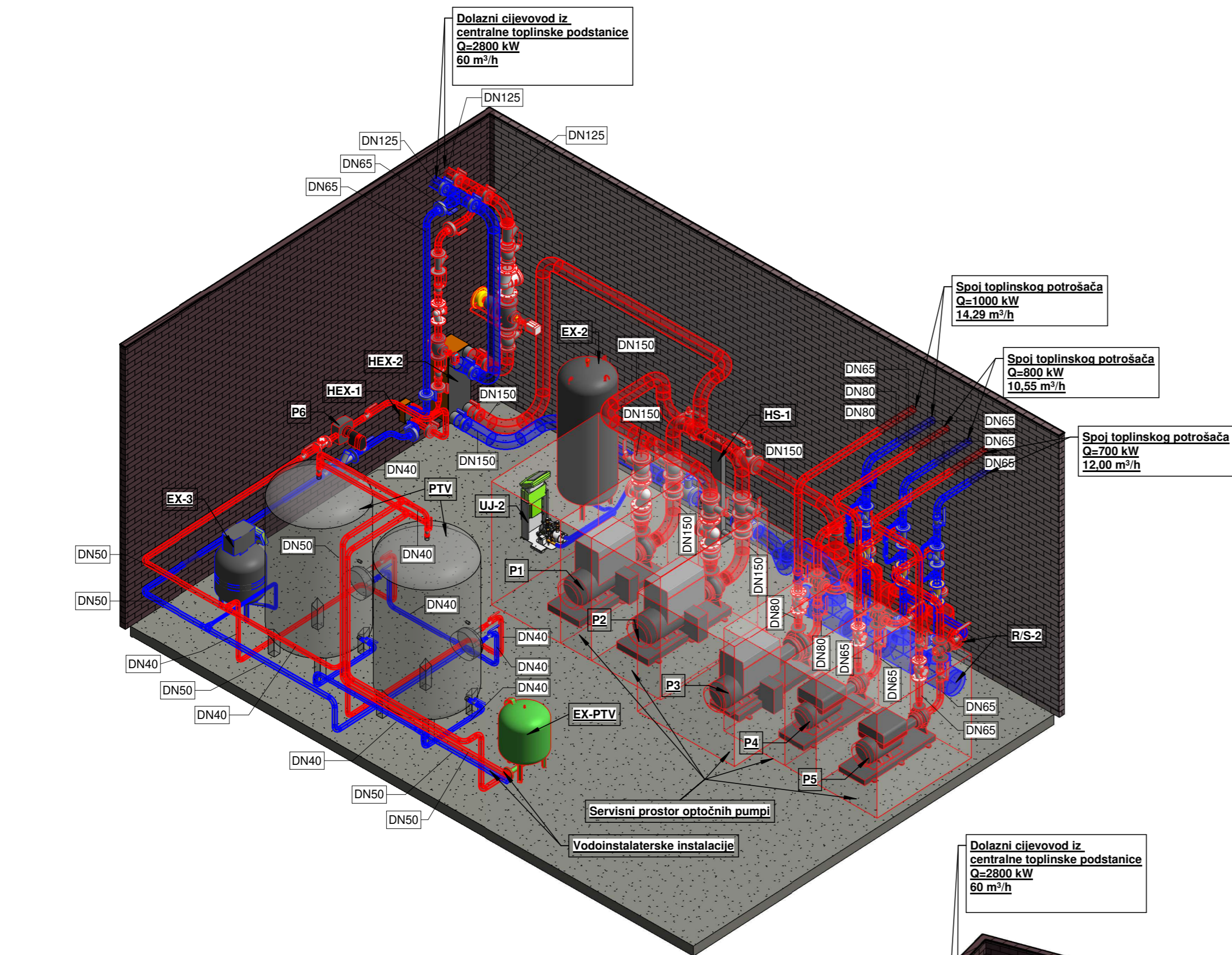
- Polaz
- Povrat

- EX-PTV Ekspanzijska posuda
Nominalni volumen: 200 l
Korisni volumen: 150 l
Max. radna temperatura: 70 °C
Max. radni tlak: 10 bara
Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm
Masa: 53 kg
Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno
- EX-1 Ekspanzijska posuda
Nominalni volumen: 1000 l
Korisni volumen: 900 l
Max. radna temperatura: 110 °C
Max. radni tlak: 6 bara
Dimenzije (Ød x v) = Ø740x2737 mm
Masa: 127 kg
Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 1000/740 ili jednakovrijedno
- UJ-1 & UJ-2 Upravljačka jedinica ekspanzijske posude
Max. radna temperatura: 105 °C
Max. radni tlak: 10 bara
Dimenzije (dxšxv) = 572x470x921 mm
Masa: 36,9 kg
Snaga: 1,10 kW
Proizvod kao Reflex Variomat control unit VS 2-1/60 ili jednakovrijedno
- HS-2 Hidraulička skretница
Priključci: DN200/PN6
Statički tlak: 1,8 bar
Radni tlak: 0-6 bar
Dimenzije (dxšxv) = 0,5x0,3x1,82 m
Masa: 206 kg
Proizvod kao: Hydraulic Separator DN400 ili jednakovrijedno
- P3 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno
Max. radni tlak= 16 bar
Snaga= 5,5 kW
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
Bruto masa=309 kg
Radna točka:
H= 192,5 kPa
V= 14,29m³/h
- P4 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWa ili jednakovrijedno
Max. radni tlak= 16 bar
Snaga= 1,5 kW
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
Bruto masa=136 kg
Radna točka:
H= 131,8 kPa
V= 10,55 m³/h
- P5 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWa ili jednakovrijedno
Max. radni tlak= 16 bar
Snaga= 1,5 kW
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
Bruto masa=165 kg
Radna točka:
H= 121,7 kPa
V= 12,0 m³/h
- P7 Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 40-180 F ili jednakovrijedno
Max. radni tlak= 10 bar
Ulaz snage= 609 W
Napon=1x230 V, 50 Hz
Bruto masa=17,6 kg
Radna točka:
H= 147,5 kPa
V= 5,14 m³/h
- P8 & P9 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 125-315/275 AA2F2AESBQQEPW3 ili jednakovrijedno
Max. radni tlak= 16 bar
Snaga= 18,5 kW
Napajanje=3x380-420V, 50HZ
Bruto masa=663 kg
Radna točka:
H= 206,0 kPa
V= 120,0 m³/h
- PTV Spremnik potrošne tople vode
Volumen: 3 m³
Dimenzije (Ødxv)=1,3x2,6 m
Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno
- HEX1 Cijevni izmjenjivač topline
Tip: voda/voda
P = 2800 kW
Pad tlaka:
sekundarna strana ΔP = 85,87 kPa
Temperaturni režimi:
primarna strana = 130/90°C
sekundarna strana = 80/60°C
- R/S-1 Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).
1x DN200
2x DN65
1x DN50
dP=5 mbar-a
Protok medija: 120,4 m³/h
Max protok medija: 134,1 m³/h
Masa: 190 kg
Duljina: 3182 mm
Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifold DN 350 ili jednakovrijedno.



Prilog br. 23 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]

Gradjevina: TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK	Faza projekta: GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLAĐENJE	Mentor: Prof.dr.sc. Ante Čikić	
Investitor: -	Sadržaj: DISPOZICIJA INDIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-a (CIJEVNI IZMJENJIVAČ)	Student: David Kresonja bacc.ing.mech.	
		Datum: 07.2024.	Mjerilo: 1 : 50
		Broj projekta: 001	List br.: 1/1
			Nacr. br.: 004



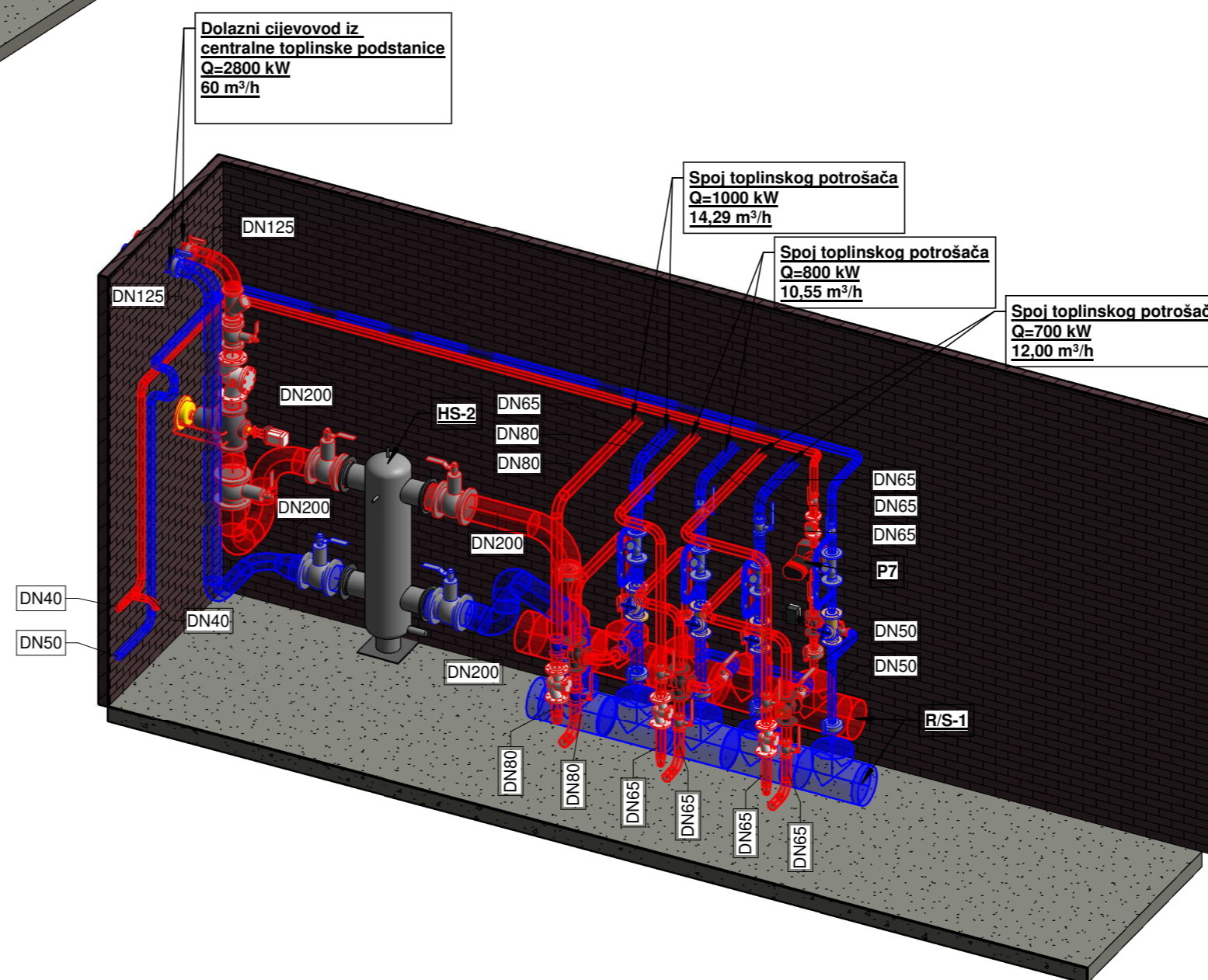
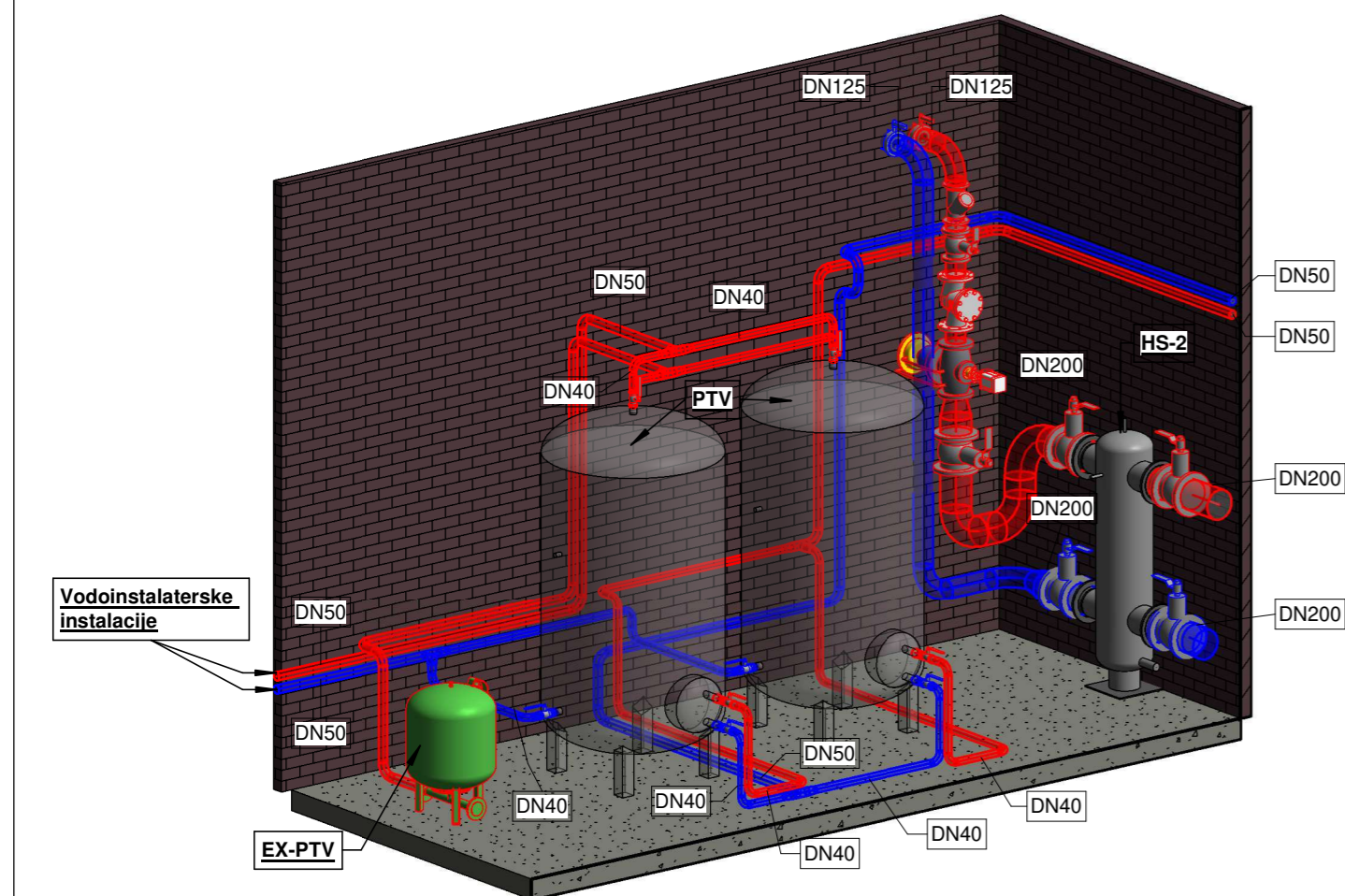
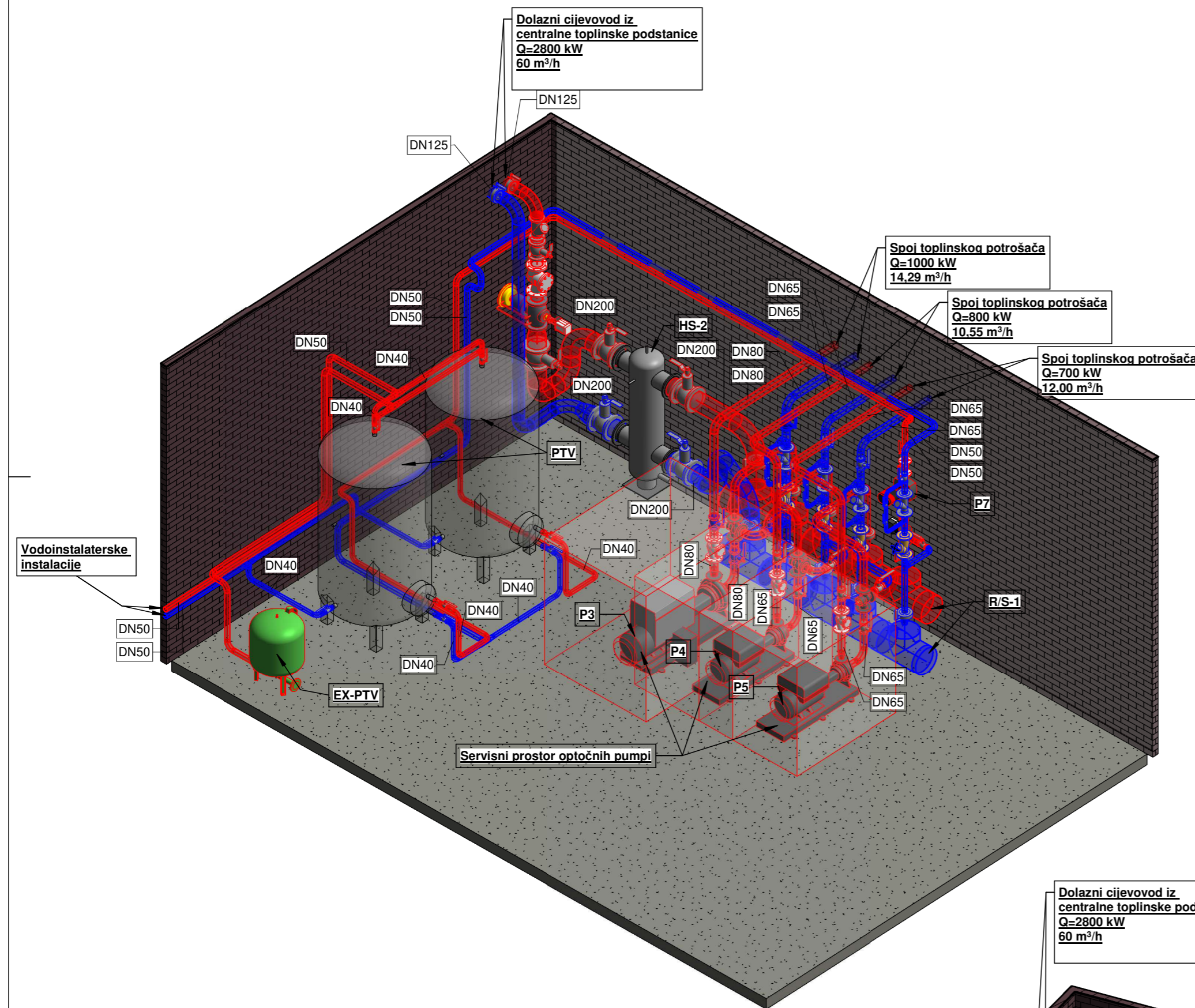
Legenda:

- Polaz
- Povrat

- EX-PTV** Ekspanzijska posuda
Nominalni volumen: 200 l
Korisni volumen: 150 l
Max. radna temperatura: 70 °C
Max. radni tlak: 10 bara
Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm
Masa: 53 kg
Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno
- EX-2** Ekspanzijska posuda
Nominalni volumen: 800 l
Korisni volumen: 720 l
Max. radna temperatura: 110 °C
Max. radni tlak: 6 bara
Dimenzije (Ød x v) = Ø740x2272 mm
Masa: 109,9 kg
Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 800 ili jednakovrijedno
- EX-3** Ekspanzijska posuda
Nominalni volumen: 200 l
Korisni volumen: 180 l
Max. radna temperatura: 120 °C
Max. radni tlak: 6 bara
Dimenzije (Ød x v) = Ø634x1223 mm
Masa: 52,4 kg
Dolazi s ugrađenom kontrolnom jedinicom:
Snaga: 0,8 kW
Napajanje 230V/50 Hz
Proizvod kao Reflex Reflexomat Silent Compact RSC Smart 200 ili jednakovrijedno
- UJ-1 & UJ-2** Upravljačka jedinica ekspanzijske posude
Max. radna temperatura: 105 °C
Max. radni tlak: 10 bara
Dimenzije (dxšxv) = 572x470x921 mm
Masa: 36,9 kg
Snaga: 1,10 kW
Proizvod kao Reflex Variomat control unit VS 2-1/60 ili jednakovrijedno
- HS-1** Hidraulička skretnica
Prijključci: DN200/PN6
Statički tlak: 1,8 bar
Radni tlak: 0-6 bar
Dimenzije (dxšxv) = 0,5x0,3x1,82 m
Masa: 251 kg
Proizvod kao: Hydraulic Separator 500/300 ili jednakovrijedno
- P1 & P2** Optočna pumpe, proizvod kao tip NKE 100-160/167 BA2F2AESBQQEQWB ili jednakovrijedno
Max. radni tlak = 16 bar
Snaga = 22 kW
Napajanje = 3x380-480V, 50 Hz
Bruto masa = 286 kg
Radna točka:
H = 304,0 kPa
V = 107,14 m³/h
- P3** Optočna pumpe, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno
Max. radni tlak = 16 bar
Snaga = 5,5 kW
Napajanje = 3x380-500 V, 50 Hz
Bruto masa = 309 kg
Radna točka:
H = 192,5 kPa
V = 14,29 m³/h
- P4** Optočna pumpe, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEQHWA ili jednakovrijedno
Max. radni tlak = 16 bar
Snaga = 1,5 kW
Napajanje = 3x380-500 V, 50 Hz
Bruto masa = 136 kg
Radna točka:
H = 131,8 kPa
V = 10,55 m³/h
- P5** Optočna pumpe, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEQHWA ili jednakovrijedno
Max. radni tlak = 16 bar
Snaga = 1,5 kW
Napajanje = 3x380-500 V, 50 Hz
Bruto masa = 165 kg
Radna točka:
H = 121,7 kPa
V = 12,0 m³/h
- P6** Optočna pumpe, proizvod kao tip MAGNA3 50-150 F ili jednakovrijedno
Max. radni tlak = 10 bar
Ulaz snage = 601 W
Napajanje = 1x230V, 50 Hz
Bruto masa = 20,8 kg
Radna točka:
H = 92,8 kPa
V = 5,14 m³/h
- R/S-2** Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 3 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 4 priključaka).
1x DN150
1x DN80
2x DN65
dP = 5 mbar-a
Protok medija: 107,5 m³/h
Max protok medija: 110,6 m³/h
Masa: 150 kg
Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifold DN 250 ili jednakovrijedno.
- PTV** Spremnik potrošne tople vode
Volumen: 3 m³
Dimenzije (Ødxv) = 1,3x2,6 m
Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno
- HEX1** Pločasti izmjenjivač topline
Tip: voda/voda
P = 300 kW
Pad tlaka:
primarna strana ΔP = 15,63 kPa
sekundarna strana ΔP = 24,90 kPa
Temperaturni režimi:
primarna strana = 130/90°C
sekundarna strana = 60/10°C
Dimenzije (vxšxd) = 466x258x84 mm
Masa: 20,96 kg
Proizvod kao Reflex Longtherm RMB-31-40 ili jednakovrijedno
- HEX2** Pločasti izmjenjivač topline
Tip: voda/voda
P = 2500 kW
Pad tlaka:
primarna strana ΔP = 54,8 kPa
sekundarna strana ΔP = 194,3 kPa
Temperaturni režimi:
primarna strana = 130/90°C
sekundarna strana = 60/10°C
Dimenzije (vxšxd) = 1008x221x387 mm
Masa: 139,3 kg
Proizvod kao HEXONIC LE400-40L-DN100.SS ili jednakovrijedno

Prilog br. 24 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor]

Gradjevina: TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK	Faza projekta: GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLAĐENJE	Mentor: Prof.dr.sc. Ante Čikić		
Investitor: -	Sadržaj: DISPOZICIJA INDIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-a (PLOČASTI IZMJENJIVAČ)	Student: David Kresonja bacc.ing.mech.		
		Datum: 07.2024.	Mjerilo: 1 : 50	Nacr. br.: 005
		Broj projekta: 001	List br.: 1/1	



Legenda:

- Polaz
- Povrat

- EX-PTV** Ekspanzijska posuda
Nominalni volumen: 200 l
Korisni volumen: 150 l
Max. radna temperatura: 70 °C
Max. radni tlak: 10 bara
Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm
Masa: 53 kg
Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno
- HS-2** Hidraulička skretnica
Prijključci: DN200/PN6
Statički tlak: 1.8 bar
Radni tlak: 0-6 bar
Dimenzije (dxšxv)=0.5x0.3x1.82 m
Masa: 206 kg
Proizvod kao: Hydraulic Separator DN400 ili jednakovrijedno
- P3** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno
Max. radni tlak= 16 bar
Snaga= 5.5 kW
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
Bruto masa=309 kg
Radna točka:
H= 192.5 kPa
V= 14,29m³/h
- P4** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno
Max. radni tlak= 16 bar
Snaga= 1.5 kW
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
Bruto masa=136 kg
Radna točka:
H= 131.8 kPa
V= 10.55 m³/h
- P5** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno
Max. radni tlak= 16 bar
Snaga= 1.5 kW
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
Bruto masa=165 kg
Radna točka:
H= 121.7 kPa
V= 12.0 m³/h
- P7** Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 40-180 F ili jednakovrijedno
Max. radni tlak= 10 bar
Ulaz snage= 609 W
Napon=1x230 V, 50 Hz
Bruto masa=17,6 kg
Radna točka:
H= 147.5 kPa
V= 5.14 m³/h
- PTV** Spremnik potrošne tople vode
Volumen: 3 m³/
Dimenzije (Ødxv)=1.3x2.6 m
Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno
- R/S-1** Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).
1xDN80
1xDN200
2xDN65
1xDN50
dP=5 mbar-a
Protok medija: 120,4 m³/h
Max protok medija: 134,1 m³/h
Masa: 190 kg
Duljina: 3182 mm
Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifoldr DN 350 ili jednakovrijedno.

Prilog br. 25 Dispozicija direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor]

Gradovina: TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRADEVINE NA LOKACIJI OSIJEK	Faza projekta: GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLAĐENJE	Mentor: Prof.dr.sc. Ante Čikić	
Investitor: -	Sadržaj: DISPOZICIJA DIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-a	Student: David Kresonja bacc.ing.mech.	
		Datum: 07.2024	Mjerilo: 1 : 50
		Broj projekta: 001	List br.: 1/1
			Nacr. br.: 006




IZJAVA O AUTORSTVU

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

Ja, David Kresonja (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za toplovodno grijanje građevine s priključkom na vrelovod (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)


(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

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