# Projekt sustava grijanja dizalicom topline

**Herceg, Stjepan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:605231

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Stjepan Herceg**

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor: Student:

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

Zagreb, 2019.

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

Zahvaljujem se svome mentoru prof. dr. sc. Igoru Balenu na pruženim stručnim savjetima, susretljivosti i strpljenju tijekom izrade ovog rada.

Stjepan Herceg

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

# ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Stjepan Herceg** Mat. br.: 0035206035

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava grijanja dizalicom topline**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating system with heat pump**

Opis zadatka:

Potrebno je izraditi projekt sustava grijanja stambeno poslovne zgrade sa trideset stanova i jednim poslovnim prostorom na sedam etaža (Pr+1K+2K+3K+4K+5K+6K) ukupne površine 3800 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Kao izvor topline predvidjeti dizalicu topline zrak-voda. Predvidjeti individualno mjerenje potrošnje toplinske energije za grijanje na ulazu u svaku vlasničku cjelinu. Izračunati godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje i za pripremu potrošne tople vode prema Algoritmu za izračun energetskih svojstava zgrada.
Za zgradu predvidjeti sustav radijatorskog grijanja s temperaturnim režimom tople vode 55/40°C. Predvidjeti akumulacijski sustav pripreme potrošne tople vode i osmisliti sustav bilanciranja potrošnje tople vode po vlasničkim cjelinama. Zgrada se nalazi na području grada Splita.

Na raspolaganju su energetski izvori:
- elektro - priključak 220/380V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:
- pregled sustava grijanja stambeno poslovnih zgrada s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko razdoblje prema normi HRN EN 12831,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja sustava,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
29. studenog 2018.

Rok predaje rada:
**1. rok:** 22. veljače 2019.
**2. rok (izvanredni):** 28. lipnja 2019.
**3. rok:** 20. rujna 2019.

Predviđeni datumi obrane:
**1. rok:** 25.2. - 1.3. 2019.
**2. rok (izvanredni):** 2.7. 2019.
**3. rok:** 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:
Prof. dr. sc. Igor Balen

Predsjednik Povjerenstva:
Prof. dr. sc. Igor Balen

# SADRŽAJ

SADRŽAJ ..... 5
POPIS SLIKA ..... 7
POPIS TABLICA ..... 8
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE ..... 9
POPIS OZNAKA ..... 10
SAŽETAK ..... 14
SUMMARY ..... 15
1. SUSTAVI GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA ..... 16
1.1. Toplinska ugodnost ..... 16
1.2. Sustavi grijanja ..... 17
1.3. Potrošna topla voda ..... 20
2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE ..... 21
2.1. Opis zgrade ..... 21
2.2. Toplinski gubici ..... 22
*2.2.1. Pregled osnovnih formula norme HRN EN 12831[4]* ..... 22
*2.2.2. Ulazni podaci za proračun toplinskih gubitaka* ..... 25
*2.2.3 Rezultati proračuna toplinskih gubitaka* ..... 27
2.3. Proračun godišnje potrebne energije za grijanje $Q_{H,nd}$ ..... 30
*2.3.1 Pregled osnovnih formula algoritma [7]* ..... 31
*2.3.2. Ulazni podaci za proračun* ..... 34
*2.3.3 Rezultati proračuna* ..... 35
2.4. Proračun potrebne toplinske energije za pripremu potrošne tople vode (PTV) ..... 37
3. DIMENZIONIRANJE SUSTAVA GRIJANJA ..... 39
3.1. Odabir radijatora ..... 39
3.2. Odabir kupaonskih grijača ..... 41
3.3. Spajanje radijatora na sustav grijanja ..... 46
5. DIMENZIONIRANJE I ODABIR OPREME SUSTAVA ..... 49
5.1. Odabir dizalice topline zrak-voda ..... 49
5.2. Odabir međuspremnika ..... 51

5.2. Dimenzioniranje cijevnog razvoda primarnog kruga ..... 52
5.3. Cijevni razvod sekundarnog kruga i cirkulacijska pumpa za stambeni dio zgrade ..... 52
5.4. Cijevni razvod sekundarnog kruga i cirkulacijska pumpa za poslovni prostor ..... 54
5.5. Ekspanzijska posuda sustava grijanja ..... 56
5.6. Kalorimetar ..... 58
6. SUSTAV PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE ..... 59
6.1. Dimenzioniranje i odabir spremnika PTV-a ..... 59
5.2. Dimenzioniranje i odabir recirkulacijske pumpe PTV-a ..... 61
6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA ..... 63
6.1. Sustav grijanja ..... 63
6.2. Sustav pripreme potrošne tople vode ..... 64
6.3. Regulacija sustava ..... 64
7. ZAKLJUČAK ..... 65
POPIS LITERATURE ..... 66

# POPIS SLIKA

SLIKA 1. PARAMETRI TOPLINSKE UGODNOSTI [1] ..... 17
SLIKA 2. PRINCIP RADA DIZALICE TOPLINE [2] ..... 19
SLIKA 3. AKUMULACIJSKI SUSTAV PRIPREME PTV-A DIZALICOM TOPLINE [3] ..... 20
SLIKA 4. SJEVERNO I ISTOČNO/ZAPADNO PROČELJE ZGRADE ..... 21
SLIKA 5. TLOCRT KARAKTERISTIČNE ETAŽE ZGRADE ..... 21
SLIKA 6. PRIKAZ POTREBNE MJESEČNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE POSLOVNOG DIJELA ZGRADE ..... 35
SLIKA 7. PRIKAZ POTREBNE MJESEČNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE STAMBENOG DIJELA ZGRADE ..... 36
SLIKA 8. RADIJATOR PURMO COMPACT C22 [8] ..... 39
SLIKA 9. UGRADBENE DIMENZIJE RADIJATOR COMPACT C22 [8] ..... 39
SLIKA 10. KUPAONSKE LJESTVE DELLA [9] ..... 42
SLIKA 11. UGRADBENE MJERE CIJEVNIH GRIJAČA [9] ..... 42
SLIKA 12. RAZDJELNIK IVAR „KSA 037 B06“ [10] ..... 46
SLIKA 13. PODŽBUKNI ORMARIĆ IVAR AC 830 [10] ..... 47
SLIKA 14. DAIKIN ALTERMA HIGH TEMPERATURE FLEX TYPE [12] ..... 49
SLIKA 15. MEĐUSPREMNIK TOPLINE CAS 1001 [13] ..... 51
SLIKA 16. PUMPA MAGNA3 32-60N [14] ..... 53
SLIKA 17. DIJAGRAM RADNE KRIVULJE PUMPE STAMBENOG DIJELA ZGRADE [14] ..... 54
SLIKA 18. PUMPA ALPHA2 25-40N 130 [14] ..... 55
SLIKA 19. DIJAGRAM RADNE KRIVULJE PUMPE POSLOVNOG PROSTORA [14] ..... 56
SLIKA 20. MEMBRANSKA EKSPANZIJSKA POSUDA FLEXCON 800 [15] ..... 58
SLIKA 21. ULTRAZVUČNI KALORIMETAR 2WR6 [17] ..... 58
SLIKA 22. AKUMULACIJSKI SPREMNIK PTV-A CAS-S [13] ..... 61
SLIKA 23. RECIRKULACIJSKA PUMPA COMFORT UP15-14B PM [14] ..... 62
SLIKA 24. VODOMJER GSD8-FM [19] ..... 62

# POPIS TABLICA

TABLICA 1. UNUTARNJE PROJEKTNE TEMPERATURE ..... 25
TABLICA 2. VRIJEDNOSTI U KOEFICIJENATA ZA POJEDINE GRAĐEVNE ELEMENTE ..... 26
TABLICA 3. PODACI ZA PRORAČUN VENTILACIJSKIH GUBITAKA PREMA NORMI ..... 26
TABLICA 4. FAKTORI SMANJENJA TEMPERATURNE RAZLIKE ZA NEGRIJANE PROSTORE PREMA NORMI ..... 26
TABLICA 5. KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVNO ZAGRIJAVANJE ZGRADE PREMA NORMI . 27
TABLICA 6. OPIS I KARAKTERISTIKE PROSTORIJE 211 ..... 27
TABLICA 7. TRANSMISIJSKI TOPLINSKI GUBICI PREMA VANJSKOM OKOLIŠU PROSTORIJE 211 ..... 27
TABLICA 8. TOPLINSKI MOSTOVI PREMA VANJSKOM OKOLIŠU PROSTORIJE 211 ..... 28
TABLICA 9. TRANSMISIJSKI TOPLINSKI GUBICI PROSTORIJE 211 KROZ PROSTORIJE GRIJANE NA RAZLIČITU TEMPERATURU ..... 28
TABLICA 10. TOPLINSKI GUBICI ZGRADE PO STANOVIM I ETAŽAMA ..... 30
TABLICA 11. ULAZNI PODACI ZA PRORAČUN GODIŠNJE POTREBE ZA ENERGIJOM ..... 34
TABLICA 12. ..... PODACI ZA PRORAČUN GODIŠNJE POTREBNE ENERGIJE ZA POSLOVNI I STAMBENI DIO ..... 35
TABLICA 13. DETALJNIJI PRIKAZ PRORAČUNA GODIŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE POSLOVNOG PROSTORA ..... 36
TABLICA 14. DETALJNIJI PRIKAZ PRORAČUNA GODIŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE STAMBENOG DIJELA ZGRADE ..... 37
TABLICA 15. KARAKTERISTIKE RADIJATORA TIP C22 OD PROIZVOĐAČA [8] ..... 41
TABLICA 16. KARAKTERISTIKE KUPAONSKIH GRIJAČA OD PROIZVOĐAČA [9] ..... 43
TABLICA 17. ..... ODABRANI RADIJATORI – USPOREDBA UČINA RADIJATORA I TOPLINSKIH GUBITAKA ..... 44
TABLICA 18. ODABRANI RAZDJELNICI I PODŽBUKNI ORMARIĆI ..... 47
TABLICA 19. KARAKTERISTIKE PLASTIČNIH CIJEVI RADOPRESS PE-X [11] ..... 48
TABLICA 20. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE VANJSKE JEDINICE DIZALICE TOPLINE ..... 50
TABLICA 21. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE UNUTARNJE JEDINICE DIZALICE TOPLINE ..... 50
TABLICA 22. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE SPREMNIKA CAS 1001 ..... 51
TABLICA 23. PRORAČUN PADA TLAKA PRIMARNOG KRUGA ..... 52
TABLICA 24. PRORAČUN PADA TLAKA SEKUNDARNOG KRUGA GRIJANJA STAMBENOG DIJELA ZGRADE ..... 53
TABLICA 25. PRORAČUN PADA TLAKA SEKUNDARNOG KRUGA GRIJANJA POSLOVNOG DIJELA ZGRADE ..... 54
TABLICA 26. UKUPAN VOLUMEN VODE U SUSTAVU ..... 56
TABLICA 27. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE AKUMULACIJSKOG SPREMNIKA PTV-A CAS-S 801 ..... 60

# POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

1. Funkcionalna shema spajanja i automatske regulacije
2. Shema spajanja usponskih vodova
3. Tlocrt podruma – dispozicija opreme
4. Tlocrt prizemlja – dispozicija opreme
5. Tlocrt 1. kata – dispozicija opreme
6. Tlocrt karakterističnog kata – dispozicija opreme
7. Tlocrt 6. kata - dispozicija opreme

# POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|---|---|---|
| $\Phi_{GR,i}$ | [W] | - projektno toplinsko opterećenje grijanja prostorije |
| $\Phi_{T,i}$ | [W] | - projektni transmisijski toplinski gubici prostorije |
| $\Phi_{V,i}$ | [W] | - projektni ventilacijski toplinski gubici prostorije |
| $\Phi_{RH,i}$ | [W] | - dodatni toplinski učinak za kompenzaciju prekida grijanja |
| $H_{T,ie}$ | [W/K] | - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu |
| $H_{T,iue}$ | [W/K] | - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu |
| $H_{T,ig}$ | [W/K] | - stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu |
| $H_{T,ij}$ | [W/K] | - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature |
| $\theta_{int,i}$ | [°C] | - unutarnja projektna temperatura grijanog prostora |
| $\theta_e$ | [°C] | - vanjska projektna temperatura |
| $A_k$ | [$m^2$] | - površina plohe “k“ (zid, prozor ,vrata) kroz koju prolazi toplina |
| $U_k$ | [$W/m^2K$] | - koeficijent prolaza topline građevnog elementa “k“ |
| $e_k$ , $e_l$ | [-] | - korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao i vlažnost, temperaturu, brzina vjetra |
| $\psi_l$ | [W/mK] | - linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta “l“ |
| $l_l$ | [m] | - dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije |
| $b_u$ | [-] | - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu |
| $f_{g1}$ | [-] | - korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature |
| $f_{g2}$ | [-] | - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature |
| $U_{equiv,k}$ | [$W/m^2K$] | - ekvivalentni koeficijent prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda |
| $G_W$ | [-] | - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode |
| $\theta_{m,e}$ | [°C] | - godišnja srednja vanjska temperatura |
| $f_{ij}$ | [-] | - faktor smanjanja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature |
| $\theta_{ads}$ | [°C] | - temperatura prostorije grijane na različitu temperaturu |
| $H_{V,i}$ | [W/K] | - koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka |
| $V_i$ | [$m^3/h$] | - protok zraka u grijani prostor |

| | | |
|---|---|---|
| $V_{inf,i}$ | [$m^3/h$] | - maksimalni protok zrak u prostoriju ulijed infiltracije kroz zazore |
| $\rho_z$ | [$kg/m^3$] | - gustoća zraka |
| $c_{pz}$ | [kJ/kgK] | - specifični toplinski kapacitet zraka |
| $n_{50}$ | [$h^{-1}$] | - broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša |
| $e_i$ | [-] | - koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetra odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu |
| $\varepsilon_i$ | [-] | - korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova s povećanjem visine iznad okolnog tla |
| $A_i$ | [$m^2$] | - površina poda grijanog prostora |
| $f_{RH}$ | [$W/m^2K$] | - korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida |
| $Q_{H,nd,cont}$ | [kWh] | - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu |
| $Q_{H,ht}$ | [kWh] | - ukupno izmijenjena toplinska energija u periodu grijanja |
| $\eta_{H,gn}$ | [-] | - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka |
| $Q_{H,gn}$ | [kWh] | - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, oprema, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) |
| $Q_{Tr}$ | [kWh] | - izmijenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu |
| $Q_{Ve}$ | [kWh] | - potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu |
| $Q_{int}$ | [kWh] | - unutarnji toplinski dobici zgrade |
| $Q_{sol}$ | [kWh] | - toplinski dobici od Sunčeva zračenja |
| $Q''_{H,nd}$ | [$kWh/m^2a$] | - godišnja potreba toplinske energije za grijanje stambene zgrade, svedena na jedinicu korisne površine |
| $H_{Tr}$ | [W/K] | - koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone |
| $H_{Ve}$ | [W/K] | - koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone |
| $\vartheta_{int,H}$ | [°C] | - unutarnja postavna temperatura grijane zone |
| $\vartheta_{e_m}$ | [°C] | - srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec ) |
| $t$ | [h] | - trajanje proračunskog razdoblja |
| $q_{spec}$ | [$W/m^2$] | - specifični unutarnji dobitak po $m^2$ korisne površine |
| $Q_{sol,k}$ | [kWh] | - srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz k-ti građevni dio u grijani prostor |
| $b_{tr,l}$ | [-] | - faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l |
| $Q_{sol,u,l}$ | [kWh] | - srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor |
| $F_{sh,ob}$ | [-] | - faktor zasjenjenja od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja |
| $S_{S,k}$ | [$MJ/m^2$] | - srednja dozračena energija sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela k za promatrani period |

| | | |
|---|---|---|
| $A_{sol,k}$ | [m$^2$] | - efektivna površina građevnog elementa (otvora, zida) k na koju upada sunčevo zračenje |
| $F_{r,k}$ | [-] | - faktor oblika između otvora k i neba |
| $\Phi_{r,k}$ | [W] | - toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu |
| $a_H$ | [-] | - bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade $\tau$ |
| $y_H$ | [-] | - omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja |
| $\tau_{H,0}$ | [h] | - referentna vremenska konstanta za grijanje |
| $Q_{H,nd,m,i}$ | [kWh/mj] | - toplinska energija za grijanje zgrade (zone) pri nekontinuiranom radu u i-tom mjesecu |
| $\alpha_{H,red,i}$ | [-] | - redukcijski faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju u i-tom mjesecu |
| $Q_{H,nd,con\ t,m,i}$ | [kWh/mj] | - toplinska energija za grijanje zgrade (zone) pri kontinuiranom radu u i-tom mjesecu |
| $L_{H,m,i}$ | [d/mj] | - broj dana rada sustava grijanja u i-tom mjesecu |
| $d_{m,i}$ | [d/mj] | - ukupan broj dana u i-tom mjesecu |
| $f_{H,hr}$ | [-] | - udio sati u tjednu tijekom kojih grijanje radi s normalnom postavnom vrijednošću unutarnje temperature |
| $Q_W$ | [kWh] | - toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a u promatranom periodu |
| $Q_{W,A,a}$ | [kWh/m$^2$a] | - specifična toplinska energija potrebn za pripremu PTV-a |
| $d$ | [dan] | - broj dana u promatranom periodu |
| $\Phi$ | [W] | - toplinski učin radijatora |
| $\Phi_n$ | [W] | - toplinski učin radijatora određen mjerenjem prema normi HRN EN 442 |
| $\Delta t$ | [K] | - logaritamska razlika temperatura |
| $\Delta t_n$ | [W] | - logaritamska razlika temperatura izračunata za temperature zadane normom HRN EN 442 |
| $t_z$ | [°C] | - temperatura polaza vode |
| $t_p$ | [°C] | - temperatura povrata vode |
| $t_i$ | [°C] | - temperatura prostorije |
| Re | [-] | - Reynoldsov broj |
| $\zeta$ | [-] | - faktor lokalnog otpora |
| R | [Pa/m] | - jedinični pad tlaka |
| $V_{n,min}$ | [l] | - minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude |
| $V_v$ | [l] | - dodatni volumen (zaliha) ekspanzijske posude |
| $p_e$ | [bar] | - projektni krajnji tlak u sustavu grijanja |
| $p_0$ | [bar] | - primarni tlak ekspanzijske posude |
| $V_e$ | [l] | - volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10 °C do maksimalne temperature polaznog voda |

| | | |
|---|---|---|
| $V_A$ | [l] | - ukupni volumen vode u sustavu |
| $V_k$ | [l] | - volumen vode najvećeg trošila u vodovodnom sustavu |
| $\rho_w$ | [kg/m$^3$] | - gustoća vode |
| $c_w$ | [kJ/kgK] | - specifični toplinski kapacitet vode |
| $\vartheta_{tw}$ | [°C] | - temperatura tople vode |
| $\vartheta_{hw}$ | [°C] | - temperatura hladne vode |
| φ | [-] | - faktor istovremenosti |
| $Z_a$ | [h] | - broj sati zagrijavanja |
| $Z_b$ | [h] | - broj sati trajanja najveće potrošnje |
| b | [-] | - dodatak za mrtvi prostor ispod grijane površine |
| $\vartheta_s$ | [°C] | - temperatura vode u spremniku |
| $Q_w$ | [W] | - toplinski gubici svih vodova |
| $l_{w,k}$ | [m] | - dužina svih vodova tople vode u podrumu |
| $q_{w,k}$ | [W/m] | - toplinski gubici vodova tople vode smještenih u podrumu |
| $l_{w,s}$ | [m] | - dužina svih vertikalnih vodova tople vode |
| $q_{w,s}$ | [W/m] | - toplinski gubici vertikalnih vodova tople vode |
| $\Delta p_p$ | [Pa] | - potrebna dobava recirkulacijske pumpe |
| $\Sigma l * R$ | [Pa] | - ukupni linijski pad tlaka cjevovoda |
| $\Delta p_{RV}$ | [Pa] | - pad tlaka u nepovratnom ventilu |
| $\Delta p_{TH}$ | [Pa] | - pad tlaka termostatskog ventila |

# SAŽETAK

U sklopu završnog rada proračunat je i projektiran sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode stambeno-poslovne zgrade. Zgrada je površine 3800 $m^2$ i nalazi se na području grada Splita. Projektni toplinski gubici izračunati su prema normi HRN EN 12831 i iznose 118 kW. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje proveden je prema „Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora prema HRN EN ISO 13790“ i iznosi 17 kW/$m^2$a za poslovni prostor i 24 kW/$m^2$ za stambeni dio zgrade. Toplinska energija potrebna za pripremu potrošne tople vode iznosi 36480 kWh/a.

Sustav grijanja kao izvor topline koristi visokotemperaturnu dizalicu topline učina 180 kW. Za grijanje pojedinih prostorija zgrade predviđeni su radijatori do kojih cirkulacijske pumpe kroz dvocijevni sustav dobavljaju ogrjevnu voda temperaturnog režima 55/40°C. U sustav se ugrađuje međuspremnik ogrjevne vode kapaciteta 940 l za mirniji rad dizalice topline. U sustavu grijanja nalazi se još i ekspanzijska posuda volumena 800 l za kompenzaciju promjene volumena vode u sustavu i kalorimetri koji mjere potrošnju toplinske energije u svakoj vlasničkoj cjelini.

Sustav pripreme potrošne tople vode zamišljen je kao akumulacijski sa dva spremnika kapaciteta 740 l. Sustav grijanja kao i sustav pripreme potrošne tople vode opremljeni su potrebnom armaturom i regulacijskim elementima za potpuno automatski rad.

U prilogu se nalaze dispozicijski crteži koji definiraju raspored opreme po etažama i funkcionalna shema spajanja sustava i automatske regulacije te shema usponskih vodova ogrjevnih tijela.

# SUMMARY

As part of this bachelor thesis a heating system and a domestic hot water system were designed forthe residential business building. Total area of the building is 3800 $m^2$ and it is located in the area of the City of Split. The total projected losses of the building, calculated according to the HRN EN 12831 standard, are 118 kW. The annual heat energy required for heating is calculated according to the Algorithm for calculation of the necessary energy for heating and cooling the building, according to HRN ISO 13790 and is 17 kWh/$m^2$a for business space and 24 kWh/$m^2$a for the residential part of the building. The heat energy required for the preparation of domestic hot water is 36480 kWh/a.

The heating system as a heat source uses a high-temperature heat pump of 180 kW. For heating of individual building rooms, radiators are provided to which the circulation pumps through the two-way pipe system supply the heating water of 55/40°C. The system is equipped with a 940 l hot water tank for a better work of a heat pump. In the heating system, there is also an expansion vessel of 800 l to compensate for the change in volume of water in the system and calorimeters that measure the consumption of heat energy in each property.

The domestic hot water system is designed as an accumulation system with two storage tanks of 740 l capacity each. The heating system as well as the domestic hot water system is equipped with the required armature and control elements for fully automatic operation.

Along with this work, the disposition drawings that define the layout of the equipment by floor and the functional scheme of the system connection and the automatic regulation and runaway heating system diagram are submitted.

# 1. SUSTAVI GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA

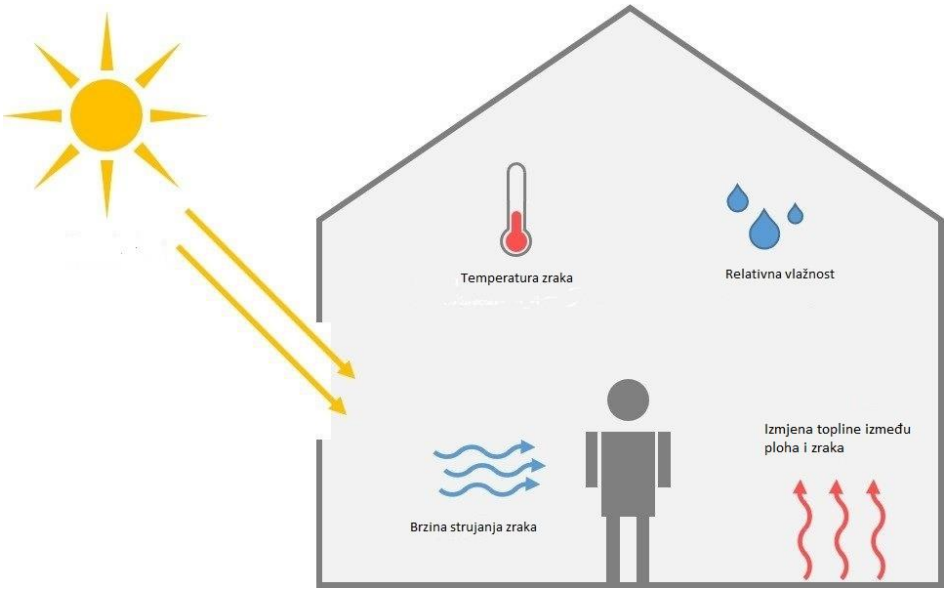
## 1.1. Toplinska ugodnost

Prema normi ISO 7730, toplinska ugodnost definira se kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. Iz definicije proizlazi da je osjećaj ugodnosti nužno individualan te ga svaka osoba subjektivno određuje pa je nemoguće odrediti određeno stanje okoliša kod kojeg bi baš svaka osoba iskazala zadovoljstvo. Iz tog razloga definiraju se određeni parametri toplinske ugodnosti koji zadovoljavaju većinu korisnika prostora. Ostvarivanje toplinske ugodnosti jedna je od osnovnih zadaća sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije. Osnovni parametri koji utječu na toplinsku ugodnost u prostoriji su (slika 1.):

1. Temperatura zraka u prostoriji
2. Temperatura ploha prostorije
3. Vlažnost zraka
4. Smjer i brzina strujanja zraka
5. Razina odjevenosti
6. Razina fizičke aktivnosti
7. Ostali faktori (kvaliteta zraka, buka, namjena prostora, dob korisnika)

Navedene parametre toplinske ugodnosti treba održavati u dozvoljenim rasponima u zoni boravka kako bi se većina korisnika osjećala ugodno. Zona boravka je područje definirano sa 0.5 m od unutarnjih zidova, 1 m od vanjskih zidova, prozora, vrata i radijatora te sa 1.8 m visine. Jedan od najvažnijih parametara koji utječu na toplinsku ugodnost je temperatura zraka. Temperatura zraka definira se u rasponu vrijednosti koji zadovoljavaju većinu korisnika prostorije. Definira se posebno za sezonu grijanja kad bi trebala biti u rasponu između 20°C i 22°C te u sezoni hlađenja kad raspon iznosi između 22°C i 26°C. Za toplinsku ugodnost također je važan temperaturni gradijent po visini prostora i preporuka je da ne bude veći od 3°C od poda do glave korisnika. Uz temperaturu zraka također je važno kontrolirati temperaturu ploha prostorije. Plohe prostorije izmjenjuju toplinu s korisnicima prostorije zračenjem. Stoga je bitno da se ne javi asimetrija između temperatura ploha prostorije te da temperature ploha približno prate temperature zraka u prostoriji. Relativna vlažnost zraka također je bitan faktor kod definiranja toplinske ugodnosti i trebala bi biti u rasponu od 30 do 70 % pri temperaturama zraka od 20 do 25°C. Ako u prostoriji borave korisnici koji se bave značajnijom fizičkom

aktivnošću, relativna vlažnost se može smanjiti zbog velike količine latentne topline koju odaju korisnici. Iznimno bitan parametar u ostvarivanju toplinske ugodnosti je i brzina strujanja zraka. Kako bi izbjegli lokalno hlađenje tijela izazvano strujanjem zraka, za standardne temperaturne uvjete, ograničavamo brzinu strujanja zraka u zoni boravka na 0,25 m/s. Također je bitno da strujanje zraka bude približno konstantno u vremenu bez značajnijih turbulencija.




Slika 1. Parametri toplinske ugodnosti [1]

Parametri koji se također uzimaju u obzir su razina fizičke aktivnosti i razina odjevenosti. Razina fizičke aktivnosti određuje koliko topline tijelo izmjeni s okolišem. Određuje se kao prosječna razina aktivnosti u posljednjih sat vremena. Uz fizičku aktivnost na izmjenu topline s okolinom utječe i razina odjevenosti. Definira se kao toplinski otpor odjeće. Zbroj toplinskih otpora pojedinih dijelova odjeće predstavlja ukupni toplinski otpor. Korisnici prostora mogu imati pritužbe na ugodnost i kada su parametri toplinske ugodnosti unutar zadovoljavajućih raspona. Pritužbe su obično na kvalitetu zraka. Zrak u prostoriji može sadržavati razne čestice, plinove te mirise koji utječu na kvalitetu zraka. U prostoru je potrebno održavati dovoljne količine kisika te je potrebno iz prostora eliminirati svu nepotrebnu buku. Svi navedeni parametri toplinske ugodnosti međusobno su povezani te je nemoguće ostvariti istu toplinsku ugodnost u prostoriji promjenom jednog faktora bez da se promjene drugi faktori.

### 1.2. Sustavi grijanja

Postoje mnoga različita rješenja za izvođenje sustava grijanja. Odabir odgovarajućeg rješenja ovisi o brojnim faktorima kao što su vremenski uvjeti, geografska lokacija, vrijeme korištenja

zgrade, raspoloživost izvora energije, položaj i tip zgrade. Sustave grijanja prema izvedbi dijelimo na:

- Pojedinačne grijače (lokalno)
- Centralno grijanje
- Daljinsko grijanje
- Sustavi posebne izvedbe – obnovljivi izvori energije

Sustavi centralnog grijanja koriste centralni izvor topline za dovođenje topline u više prostorija. U sustavima grijanja koristimo različite ogrjevne medije kako bi toplinu proizvedenu od strane izvora topline predali prostoriji. Prema ogrjevnom mediju sustave dijelimo na:

- Toplozračne sustave
- Zračno-vodene sustave
- Vodene sustave
- Parne sustave

U vodenim sustavima grijanja toplina se do izmjenjivača u prostoriji dovodi cjevovodom kroz koji struji voda. Distribucija vode vrši se pomoću pumpe, a ovisno o broju cijevi sustav dijelimo na jednocijevni ili dvocijevni.

Za izmjenu topline od ogrjevnog medija na prostor koriste se ogrjevna tijela. Ona su osnovni element sustava grijanja i predstavljaju izmjenjivače topline kojima se zagrijava prostor. Izmjena topline između ogrjevnih tijela i prostora vrši se konvekcijom i zračenjem. Ogrjevna tijela dijele se na:

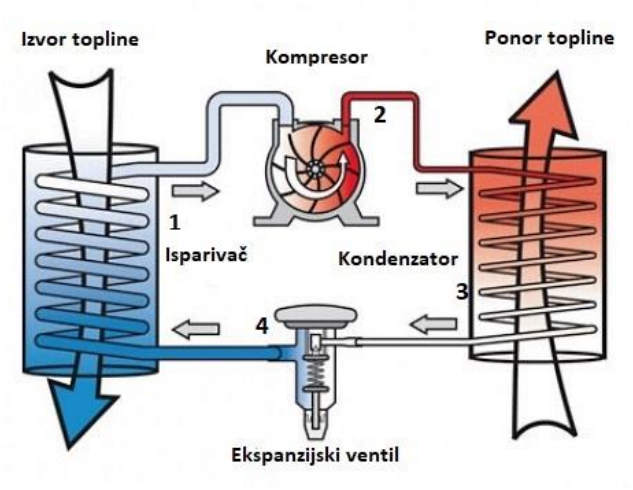
- Člankasta ogrjevna tijela (člankasti radijatori)
- Pločasta ogrjevna tijela (pločasti radijatori)
- Konvektori
- Cijevni grijači (cijevni registri i kupaonski grijači)
- Panelni grijači (podni, zidni, stropni paneli)

Sva navedena ogrjevna tijela imaju iste zahtjeve koje moraju ispuniti, a to su ravnomjerna razdioba temperature po prostoru, visoka učinkovitost, mala masa, jednostavna ugradnja, jednostavno održavanje, uklapanje u interijer izgledom, postojanost na visoku temperaturu, visoki tlak i koroziju. Kod pločastih radijatora dominantna izmjena topline vrši se konvekcijom. Pošto se izrađuju od zavarenih čeličnih ploča također im je povećan udio zračenja s prednje

površine. Sa stražnje strane ugrađuju se konvektorski limovi koji oblikuju okomite kanale kako bi se povećala površina za izmjenu topline konvekcijom. Cijevni grijači imaju relativno malen ogrjevni učin u odnosu na druga ogrjevna tijela, ali zbog svoje jednostavnosti i oblika koriste se u prostorima s malim toplinskim gubicima i prostorima gdje pružaju praktičnost svojim oblikom kao što su kuhinja i kupaonica.

Izvori topline služe za zagrijavanje ogrjevnog medija. Postoje različiti izvori topline, a najvažniji su kotlovi, toplane i obnovljivi izvori energije (dizalice topline, sunčeva energija). Obnovljivi izvori energije sve se češće koriste za potrebe grijanja. Dizalice topline prikupljaju toplinu od izvora topline pri nižim temperaturama i predaju trošilu (ponoru) pri višim temperaturama i za to koristi dovedenu energiju kompresorom (slika 2.). Najčešće su u izvedbi s električnim kompresorom, a mogu biti pogonjene motorom s unutarnjim izgaranjem. Dizalice topline izvode se s tri osnovna tipa izvora/ponora:

- Zrak
- Voda
- Zemlja/tlo.




Slika 2. Princip rada dizalice topline [2]

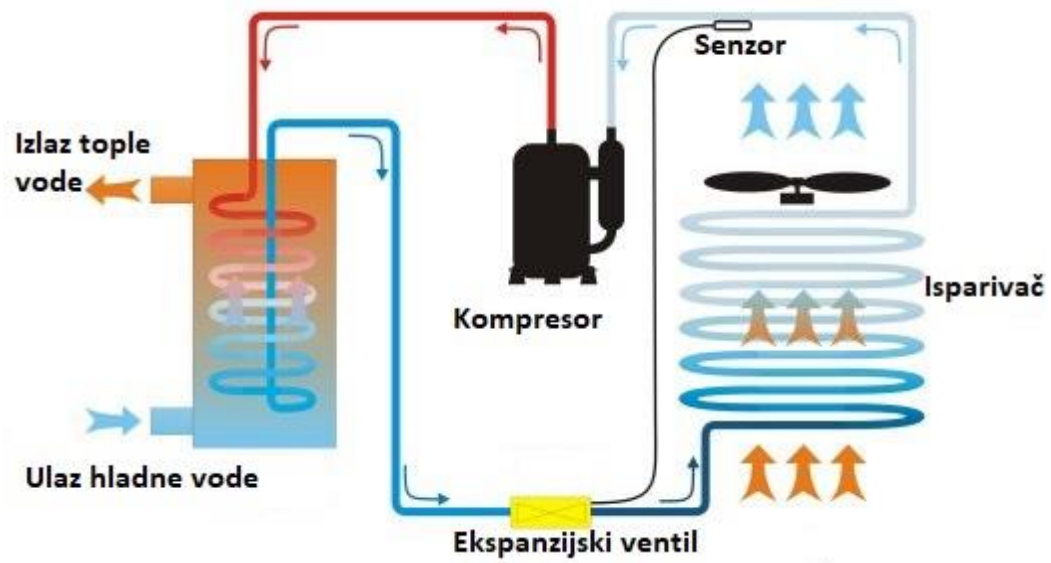
Princip rada dizalice topline sličan je onome rashladnih uređaja samo na višoj temperaturnoj razini. U procesu imamo četiri karakteristične faze prikazane na slici 2 kroz koje prolazi radna tvar 1. isparavanje – 2. kompresija – 3. kondenzacija - 4. ekspanzija. Dizalice topline zrak-voda mogu proizvesti toplinu koja je dva do četiri puta veća od utrošene električne energije. Prednost dizalica topline je što se preokretanjem procesa može dobit rashladni učin (korištenje za hlađenje). Dizalica topline zrak-voda također imaju kompaktnu opremu koja u većini

slučajeva ne zauzima puno prostora unutar same zgrade. Nedostaci takvih sustava su korištenje radnih tvari. Pojedine radne tvari mogu biti štetne za okoliš ako dođe do njihovog propuštanja.

U ovom radu opisat će se sustav dvocijevnog toplovodnog grijanja koji će koristiti pločaste radijatore i cijevne grijače za zagrijavanje pojedinih prostorija, a kao izvor topline koristit će dizalicu toplinu zrak-voda.

### 1.3. Potrošna topla voda

Potrošna topla voda (PTV) je zagrijana pitka voda do maksimalno 90°C koja se koristi u kućanstvu za osobnu higijenu, kuhanje, čišćenje ili za neke druge potrebe. Potrebna količina potrošne tople vode ovisi o namjeni zgrade, broju stanova, navikama potrošača, danu u tjednu i mnogim drugim uvjetima. Sustav pripreme PTV-a dijeli se na akumulacijske i protočne sustave. Akumulacijski sustavi se koriste na mjestima gdje je potrebna veća količina PTV-a u relativno kratkom razdoblju (bolnice, hoteli, stambene zgrade) pa se PTV priprema unaprijed i akumulira u spremniku (slika 3.). Prednosti akumulacijskog sustava su regulabilna temperatura PTV-a, veliki kapacitet uz manji izvor topline i lako pokrivanje vršnog opterećenja. Nedostaci su stajanje vode u spremniku, veća investicija i veći prostor potreban za ugradnju od protočnog sustav. Stajanjem vode u spremniku javlja se opasnost od pojave legionele, bakterije koja ako se udiše u raspršenom aerosolu može biti smrtonosna. Da bi se spriječila pojava legionele voda se zagrijava na više od 60°C jer pri toj temperaturi legionela ugiba. U sustav pripreme PTV-a također se ugrađuje recirkulacijska pumpa kako bi se spriječilo stajanje vode u spremniku te kako bi se osigurala topla voda na izljevnom mjestu odmah pri otvaranju slavine.




Slika 3. Akumulacijski sustav pripreme PTV-a dizalicom topline [3]

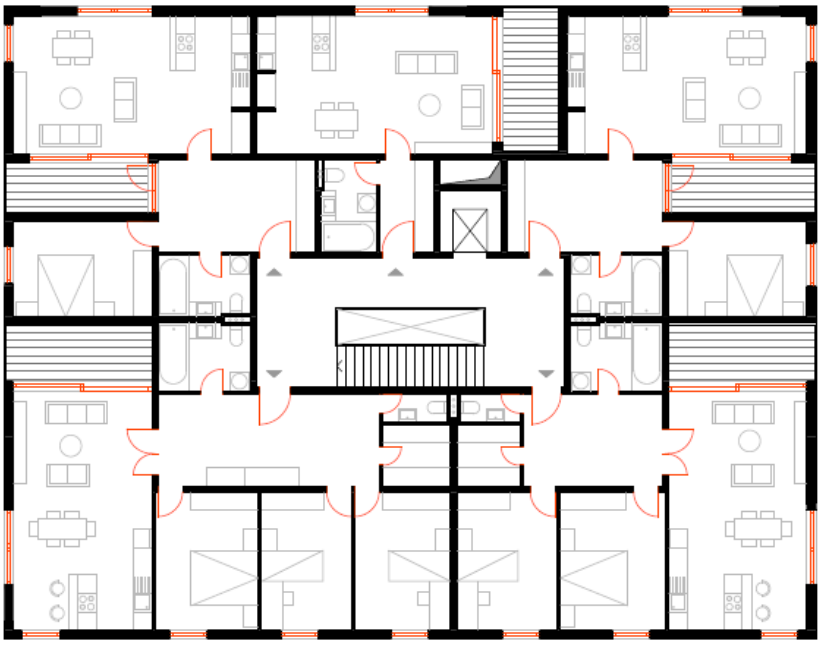
# 2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE

## 2.1. Opis zgrade

Poslovno-stambena zgrada na području grada Splita sastoji se od sedam etaža (slika 4.). Zgrada je široka 26 m, duga 20 m i visoka 25 m. Korisna površina zgrade je 2682 $m^2$. U prizemlju se nalazi poslovni prostor, a stambeni dio na sljedećih 6 etaža. Na svakoj stambenoj etaži nalazi se pet stanova raznih veličina (slika 5.). U centru zgrade nalazi se negrijano stubište. Podrum zgrade služi kao parkirna garaža, a dio podruma kao skladište i strojarnica. Zgrada se ne grije kontinuirano već po potrebi s prekidima.




Slika 4. Sjeverno i istočno/zapadno pročelje zgrade



Slika 5. Tlocrt karakteristične etaže zgrade

## 2.2. Toplinski gubici

### *2.2.1. Pregled osnovnih formula norme HRN EN 12831[4]*

**Ukupni toplinski gubici:**

$$\Phi_{GR,i} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

$\Phi_{GR,i}$ - projektno toplinsko opterećenje grijanja prostorije [W]

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

$\Phi_{V,i}$ - projektni ventilacijski toplinski gubici prostorije [W]

$\Phi_{RH,i}$ – dodatni toplinski učinak za kompenzaciju prekida grijanja [W]

**Transmisijski toplinski gubici:**

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

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

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

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

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

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

$\theta_e$ – vanjska projektna temperatura [°C]

**Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu:**

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k * U_k * e_k + \sum_l \psi_l * l_l * e_l \quad [W/K]$$

$A_k$ – površina plohe "k" (zid, prozor ,vrata) kroz koju prolazi toplina [$m^2$]

$U_k$ – Koeficijent prolaza topline građevnog elementa "k" [$W/m^2K$]

$e_k$ , $e_l$- korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao vlažnost, temperaturu, brzina vjetra. Određuju se na nacionalnoj razini. Ako vrijednosti nisu određene na nacionalnoj razini uzet 1.

$\psi_l$ – linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta "l" [W/mK]

$l_l$ – dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije [m]

**Transmisijski gubici kroz negrijane prostore:**

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k * U_k * b_u + \sum_l \psi_l * l_l * b_u \quad [W/K]$$

$b_u$ – faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu

Faktor smanjenja temperaturne razlike određuje se na sljedeći način:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

**Transmisijski gubici prema tlu:**

$$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * \left(\Sigma_k A_k * U_{equiv,k}\right) * G_W \quad [W/K]$$

$f_{g1}$ – korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature, predložena vrijednost = 1.45

$f_{g2}$ – faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature prema izrazu:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

$\theta_{m,e}$ – godišnja srednja vanjska temperatura [°C]

$U_{equiv,k}$ – ekvivalentni koeficijent prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda (dubina ispod površine tla, B' ...) [W/m$^2$K]

$G_W$ – korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode, za udaljenosti poda do vode <1 m uzeti =1.15, inače =1.00

**Gubici topline prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu:**

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} * A_k * U_k \quad [W/K]$$

$f_{ij}$ – faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razlikuj između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ads}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

$\theta_{ads}$ – temperatura prostorije grijane na različitu temperaturu od $\theta_{int}$ [°C]

**Ventilacijski toplinski gubici:**

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} * \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right) \quad [W]$$

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

$$H_{V,i} = V_i * \rho_z * c_{pz} = V_i * 0{,}34 \quad [W/K]$$

$V_i$ – protok zraka u grijani prostor [$m^3$/h]

Protok zraka bez ventilacijskog sustava:

$$V_i = max\left(V_{inf,i}\,, V_{min,i}\right) \quad [m^3/h]$$

$V_{inf,i}$ – maksimalni protok zrak u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazore [$m^3$/h]

$V_{min,i}$ – minimalni higijenski protok zraka [$m^3$/h]

$$V_{min,i} = n_{min} * V_i \quad [m^3/h]$$

$V_i$ – volumen prostorije izračunat prema unutarnjim dimenzijama (volumen zraka) [$m^3$]

$$V_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i \quad [m^3/h]$$

$n_{50}$ – broj izmjena zraka u prostoriji ($h^{-1}$) pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša

$e_i$ – koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetra odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu

$\varepsilon_i$ – korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova s povećanjem visine iznad okolnog tla

**Dodatni toplinski učinak za kompenzaciju prekida grijanja:**

$$\Phi_{RH,i} = A_i * f_{RH} \quad [W]$$

$A_i$ – površina poda grijanog prostora [$m^2$]

$f_{RH}$ – korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida [$W/m^2$]

### *2.2.2. Ulazni podaci za proračun toplinskih gubitaka*

Za proračun je potrebno odabrati vrijednost vanjske projektne temperature koja se uzima prema podacima propisanim od Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja (MGiPU). Prema meteorološkim podacima MGiPU vanjska projektna temperatura za grad Split iznosi -3°C. Grijanim prostorijama potrebno je odabrati unutarnje projektne temperature prema normi. Odabrane unutarnje projektne temperature prema normi za pojedine prostorije dane su u tablici 1.

Tablica 1. Unutarnje projektne temperature

| **Prostorija** | **Projektna unutarnja temperatura (ϑ_int) [°C]** |
|---|---|
| Dnevni boravak + kuhinja | 20 |
| Spavaća soba | 20 |
| Kupaonica | 24 |
| Ulazni prostor | 15 |
| Wc | 20 |
| Stubište | 15 |
| Poslovni prostor | 20 |

Vrijednosti koeficijenata prolaza topline U [$W/m^2K$] prikazani su u tablici 2. U ovom projektu koeficijenti nisu bili zadani već su određeni prema debljini i vrsti pojedinih materijala građevnih elemenata uzimajući u obzir dopuštene vrijednosti koeficijenata prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [5].

Tablica 2. Vrijednosti U koeficijenata za pojedine građevne elemente

| **Oznaka** | **Građevni element** | **U [W/m$^2$K]** | **U_dop [W/m$^2$K]** |
|---|---|---|---|
| VZ | Vanjski zid | 0,2 | 0,45 |
| UDZ | Unutarnji debeli zid | 0,7 | 0,8 |
| UTZ | Unutarnji tanki zid (pregradni zid) | 1 | - |
| P | Prozor | 1,1 | 1,8 |
| BV | Balkonska vrata | 1,1 | 1,8 |
| VV | Ulazna vrata metalna | 1 | 2,4 |
| UV | Unutarnja vrata | 1,2 | - |
| RK | Ravni krov | 0,2 | 0,3 |
| MKO | Međukatna konstrukcija (prema okolišu) | 0,3 | 0,3 |
| SPG | Strop/pod iznad garaže | 0,3 | 0,3 |
| SPP | Strop/pod iznad podruma | 0,3 | 0,6 |
| SSP | Staklena stijene prizemlje | 1,1 | 1,8 |
| MK | Međukatna konstrukcija | 0,4 | 0,8 |

Vrijednosti potrebne za proračun ventilacijskih gubitaka prema normi dane su na tablici 3.

Tablica 3. Podaci za proračun ventilacijskih gubitaka prema normi

| **Prostor** | **n[1/h]** |
|---|---|
| Kupaonica, WC | 1,5 |
| Ostale prostorije | 0,5 |
| **Ostali podaci za proračun ventilacijskih gubitaka** | |
| $n_{50}$ | 3 $h^{-1}$ |
| $\varepsilon_i$ | 1 |
| $e_i$ | 0,03 |

Pošto postoje prostorije koje se ne griju potrebno je definirati i pripadajuće faktore smanjenja temperaturne razlike. Pošto su nepoznate temperature negrijanih prostora uzimaju se preporučene vrijednosti iz norme.

Tablica 4. Faktori smanjenja temperaturne razlike za negrijane prostore prema normi

| **Negrijani prostor** | **b_u** |
|---|---|
| Stubište | 0,4 |
| Podrum | 0,5 |
| Garaža | 0,8 |

Pretpostavljeno je da za vrijeme prekida grijanja temperatura padne za 1 K te da je potrebno 2 sata da se postigne željena temperatura u prostoru kod ponovnog zagrijavanja. Vrijednosti su uzete iz norme, za stambene zgrade male mase. Podaci su prikazani u tablici 5.

Tablica 5. Korekcijski faktor za ponovno zagrijavanje zgrade prema normi

| Vrijeme zagrijavanja [h] | Pretpostavljeni pad temperature [K] | f_RH [W/m$^2$] |
|---|---|---|
| 2 | 1 | 6 |

### *2.2.3 Rezultati proračuna toplinskih gubitaka*

Toplinski gubici računaju se za pojedinu prostoriju pomoću navedenih formula iz norme. Ovdje je dan primjer računanja toplinskih gubitaka za stan 1, prostoriju 1 na 2. katu ( oznaka prostorije 211). Opis i karakteristike prostorije nalaze se u tablici 6. Proračun je proveden pomoću programa MS Excel, a postupak je prikazan u tablici 7 (transmisijski gubici prema vanjskom okolišu), tablici 8 (toplinski mostovi prema vanjskom okolišu) i tablici 9 (transmisijski gubici prema prostorijama grijanim na različitu temperaturu).

Tablica 6. Opis i karakteristike prostorije 211

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 21 | | |
| Prostorija | | | 1 | | |
| Oznaka prostorije | | | 211 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int = | 20 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e = | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 7,7 | m | |
| Duljina | | l | 4,5 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 102 | m$^3$ | |
| Površina poda | | A_pod | 34,65 | m$^2$ | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | h$^{-1}$ | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

Tablica 7. Transmisijski toplinski gubici prema vanjskom okolišu prostorije 211

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Oznaka** | **Građevinski element** | **Strana svijeta** | **dužina (l)** | **širina/visina (h)** | **A_k** | **U_k** | **e_k** | **A_k*U_k*e_k** |
| | | | **m** | **m** | **m$^2$** | **W/m$^2$ K** | **-** | **W/K** |
| P | Prozor | S | 2,4 | 2,2 | 5,28 | 1,1 | 1 | 5,808 |
| VZ | Vanjski zid | S | 8,2 | 3,15 | 20,5 | 0,2 | 1 | 4,11 |
| P | Prozor | Z | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | Z | 5,1 | 3,15 | 13,4 | 0,2 | 1 | 2,685 |
| BV | Balkonska vrata | J | 3,9 | 2,75 | 10,7 | 1,1 | 1 | 11,7975 |
| VZ | Vanjski zid | J | 5 | 3,15 | 5,02 | 0,2 | 1 | 1,005 |
| **Suma svih elemenata** | | | | | **ΣA_k*U_k*e_k** | **W/K** | | **28,3** |

Tablica 8. Toplinski mostovi prema vanjskom okolišu prostorije 211

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMU | Vanjski zid-vertikalno | S | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | S | 9,2 | 0,12 | 1 | 1,104 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | Z | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMB | Balkonska vrata(donji dio) | J | 3,9 | 0,13 | 1 | 0,507 |
| TMB | Balkonska vrata(gornji+bočni dio) | J | 9,4 | 0,12 | 1 | 1,128 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 18,3 | 0,33 | 1 | 6,039 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 18,3 | 0,33 | 1 | 6,039 |
| **Suma toplinskih mostova** | | | **Σ ψ_k*l_k*e_k [W/K]** | | | **16,3** |

Ukupni koeficijent toplinskih gubitaka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu jednak je zbroju transmisijskih gubitaka i pripadajućih toplinskih mostova.

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k * U_k * e_k + \sum_l \psi_l * l_l * e_l \quad [W/K]$$

$$H_{T,ie} = 28{,}3 + 16{,}3 = 44{,}6\ W/K$$

Tablica 9. Transmisijski toplinski gubici prostorije 211 kroz prostorije grijane na različitu temperaturu

| **Transmisijski gubici od grijane prostorije prema prostorijama grijanim na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m$^2$K | - | W/K |
| V | Vrata | J | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,217 | 0,4591304 |
| UDZ | Unutarnji debeli zid | J | 3 | 2,95 | 7,09 | 0,7 | 0,217 | 1,0789130 |
| **Suma svih elemenata** | | | | | **Σ A_k*U_k*f_ij** | | **[W/K]** | **1,5** |

Ukupni toplinski gubici transmisijom dobiju se kao zbroj gubitaka prema vanjskom okolišu i gubitaka prema prostorijama grijanim na različitu temperaturu.

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

$$\Phi_{T,i} = (44{,}6 + 0 + 0 + 1{,}5) * \left(20 - (-3)\right) = 1062\ W$$

Za proračun ventilacijskih gubitaka između protoka zraka u prostoriju uslijed infiltracije i minimalnog protoka zraka zbog higijenskog minimuma odabran je veći za računanje toplinskih gubitaka.

$$V_i = max\left(V_{inf,i}\,, V_{min,i}\right) \quad [m^3/h]$$

$$V_{min,i} = n_{min} * V_i \quad [m^3/h]$$

$$n_{min} = 0{,}5\ h^{-1}$$

$$V_{min,i} = 0{,}5 * 102{,}2 = 51{,}1\ m^3/h$$

$$V_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i \quad [m^3/h]$$

$$n_{50} = 3\ h^{-1}$$

$$e_i = 0{,}03$$

$$\varepsilon_i = 1$$

$$V_{inf,i} = 2 * 102{,}2 * 3 * 0{,}03 * 1 = 18{,}4\ m^3/h$$

$$V_i = max(18{,}4\,, 51{,}1)$$

$$H_{V,i} = V_i * \rho * c_p = V_i * 0{,}34$$

$$H_{V,i} = V_i * 1{,}2 * 1005 * \frac{1}{3600} = V_i * 0{,}34 = 51{,}1 * 0{,}34 = 17{,}4\ W/K$$

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} * \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right) \quad [W]$$

$$\Phi_{V,i} = 17{,}4 * \left(20 - (-3)\right) = 400\ W$$

Proračun potrebne topline za ponovno zagrijavanje računa se kao:

$$\Phi_{RH,i} = A_i * f_{RH} \quad [W]$$

$$\Phi_{RH,i} = 34{,}65 * 6 = 208\ W$$

Ukupni toplinski gubici prostorije 211 jednaki su sumi transmisijskih, ventilacijskih gubitaka i topline potrebne za ponovno zagrijavanje prostorije.

$$\Phi_{GR,i} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

$$\Phi_{GR,i} = 1062 + 400 + 208 = 1670\ W$$

Cjelokupni proračun toplinskih gubitaka za svaku pojedinu prostoriju nalazi se u Prilogu 1. U tablici 10 dani su rezultati proračuna toplinskih gubitaka po stanovima i etažama

Tablica 10. Toplinski gubici zgrade po stanovim i etažama

| **Stan** | **Površina** | **Φ_GR,i** | **Φ_GR,i/površina** |
|---|---|---|---|
| **-** | **[$m^2$]** | **[W]** | **[$W/m^2$]** |
| **Poslovni prostor** | | | |
| - | 402 | 18610 | 46 |
| **Kat 1.** | | | |
| **1** | 70 | 3209 | 46 |
| **2** | 108 | 3926 | 37 |
| **3** | 87 | 3488 | 40 |
| **4** | 70 | 3345 | 48 |
| **5** | 45 | 2237 | 49 |
| **Ukupno** | **380** | **16205** | |
| **Karakterističan kat (2.,3.,4.,5.)** | | | |
| **1** | 70 | 3204 | 46 |
| **2** | 108 | 3637 | 34 |
| **3** | 87 | 3497 | 40 |
| **4** | 70 | 3334 | 48 |
| **5** | 45 | 2146 | 47 |
| **Ukupno** | **380** | **15818** | |
| **Kat 6.** | | | |
| **1** | 70 | 3883 | 56 |
| **2** | 108 | 4635 | 43 |
| **3** | 87 | 4330 | 50 |
| **4** | 70 | 3988 | 57 |
| **5** | 45 | 2651 | 59 |
| **Ukupno** | **380** | **19487** | |
| **Ukupni toplinski gubici zgrade (PP+1.kat+4*kar.kat+6.kat) [W]** | | | **117574** |
| **Korisna površina zgrade [$m^2$]** | | | **2682** |
| **Specifični toplinski gubici [$W/m^2$]** | | | **44** |

Ukupni toplinski gubici prema HRN EN 12831 iznose 117574 W na 2682 $m^2$ korisne površine što daje 44 $W/m^2$ specifičnih toplinskih gubitaka.

### 2.3. Proračun godišnje potrebne energije za grijanje $Q_{H,nd}$

Godišnja potrebna energija za grijanje $Q_{H,nd}$ je količina topline koju sustavom grijanja treba dovesti u zgradu tijekom jedne godine za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja. Proračun se provodi prema „Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrade prema HRN EN ISO 13790“ [7]. Postoji godišnja,

mjesečna i satna metoda. Ovdje će biti predstavljene osnovne formule mjesečne metode po kojoj će se zatim izračunati potrebna godišnja količina topline za grijanje posebno za stambeni, a posebno za poslovni dio zgrade. Posebno se provodi proračun za ova dva dijela zgrade jer postoji razlika u namjeni i vremenu korištenja pojedinog dijela zgrade.

### *2.3.1 Pregled osnovnih formula algoritma [7]*

Potrebna toplinska energija za grijanje:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad [kWh]$$

$Q_{H,nd,cont}$ – potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu [kWh]

$Q_{H,ht}$ – ukupno izmijenjena toplinska energija u periodu grijanja [kWh]

$\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka [-]

$Q_{H,gn}$ – ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, oprema, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) [kWh]

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn}(Q_{int} + Q_{sol}) \quad [kWh]$$

$Q_{Tr}$ – izmijenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu [kWh]

$Q_{Ve}$ – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu [kWh]

$Q_{int}$ – unutarnji toplinski dobici zgrade (ljudi, uređaji , rasvjeta ) [kWh]

$Q_{sol}$ – toplinski dobici od Sunčeva zračenja [kWh]

Toplinski gubici transmisijom i ventilacijom:

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000}\left(\vartheta_{int,H} - \vartheta_e\right)t \quad [kWh]$$

$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000}\left(\vartheta_{int,H} - \vartheta_e\right)t \quad [kWh]$$

$H_{Tr}$ – koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone [W/K]

$H_{Ve}$ – koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone [W/K]

$\vartheta_{int,H}$ – unutarnja postavna temperatura grijane zone [°C]

$\vartheta_{e_m}$ – srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec ) [°C]

$t$- trajanje proračunskog razdoblja [h]

Unutarnji toplinski dobici:

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} A_k t}{1000} \quad [kWh]$$

$q_{spec}$ – specifični unutarnji dobitak po m$^2$ korisne površine [W/m$^2$]

$A_k$ – korisna površina [m$^2$]

$t$ - proračunsko vrijeme [h]

Toplinski dobici od sunčeva zračenja:

$$Q_{sol} = \sum_k Q_{sol,k} + \sum_l (1 - b_{tr,l,}) Q_{sol,u,l} \quad [kWh]$$

$Q_{sol,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz k-ti građevni dio u grijani prostor [kWh]

$b_{tr,l}$ - faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l

$Q_{sol,u,l}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor [kWh]

Srednja dozračena sunčeva energija kroz prozirni građevni dio zgrade k:

$$Q_{sol,k} = \frac{F_{sh,ob} S_{S,k} A_{sol,k}}{3{,}6} - \frac{F_{r,k} \Phi_{r,k} t}{1000} \quad [kWh]$$

$F_{sh,ob}$ – faktor zasjenjenja od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja [-]

$S_{S,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela k za promatrani period [MJ/m$^2$]

$A_{sol,k}$ – efektivna površina građevnog elementa (otvora, zida) k na koju upada sunčevo zračenje [m$^2$]

$F_{r,k}$ – faktor oblika između otvora k i neba ( za nezasjenjeni vodoravni krov =1, za nezasjenjeni okomiti zid =0.5)

$\Phi_{r,k}$ – toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu [W]

$t$ - proračunsko vrijeme [h]

Faktor iskorištenja toplinskih dobitaka:

$\eta_{H,gn} = \frac{1-y_H^{a_H}}{1-y_H^{a_H+1}}$ za $y_H > 0$ i $y_H \neq 1$ $[-]$

$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H+1}$ za $y_H = 0$ $[-]$

$\eta_{H,gn} = \frac{1}{y_H}$ za $y_H < 0$ $[-]$

$a_H$ - bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade τ [-]

$y_H$ – omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja:

$$y_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

Bezdimenzijski parametar računa se iz sljedećeg izraza:

$$a_H = a_0 + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

$\tau_{H,0}$ – referentna vremenska konstanta za grijanje, za mjesečni proračun iznosi 15 h

$a_0$ – bezdimenzijski parametar, za mjesečni proračun iznosi 1

Izračun mjesečnih vrijednosti pri nekontinuiranom radu:

$$Q_{H,nd,m,i} = \alpha_{H,red,i} * Q_{H,nd,con\,t,m,i} \frac{L_{H,m,i}}{d_{m,i}} \quad [kWh]$$

$$\alpha_{H,red} = 1 - 3 * \left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau}\right) * y_H * \left(1 - f_{H,hr}\right) \quad [-]$$

$Q_{H,nd,m,i}$ – toplinska energija za grijanje zgrade (zone) pri nekontinuiranom radu u i-tom mjesecu [kWh/mj]

$\alpha_{H,red,i}$ – redukcijski faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju u i-tom mjesecu [-]

$Q_{H,nd,con\,t,m,i}$ – toplinska energija za grijanje zgrade (zone) pri kontinuiranom radu u i-tom mjesecu [kWh/mj]

$L_{H,m,i}$ – broj dana rada sustava grijanja u i-tom mjesecu [d/mj]

$d_{m,i}$ – ukupan broj dana u i-tom mjesecu [d/mj]

$f_{H,hr}$ – udio sati u tjednu tijekom kojih grijanje radi s normalnom postavnom vrijednošću unutarnje temperature [-]

Godišnja potrebna energija za grijanje:

$$Q_{H,nd,a} = \sum_{i=1}^{12} Q_{H,nd,m,i} \quad [kWh/a]$$

Vrijednost godišnje energije za grijanje, svedena na jedinicu korisne površine:

$$Q''_{H,nd} = \frac{Q_{H,nd,a}}{A_k} \quad [kWh/m^2a]$$

$A_k$ – korisna površina zgrade (zone) [m$^2$]

### *2.3.2. Ulazni podaci za proračun*

Ulazni podaci za proračun su srednja mjesečna vanjska temperatura odabrana iz podataka MGiPU za meteorološku postaju Split-Marjan i broj dana i sati po mjesecu. Vrijednosti se nalaze u tablici 11.

Tablica 11. Ulazni podaci za proračun godišnje potrebe za energijom

| mjesec | broj dana | broj sati | ϑ_e,m |
|---|---|---|---|
| **siječanj** | 31 | 744 | 6,6 |
| **veljača** | 28 | 672 | 7,5 |
| **ožujak** | 31 | 744 | 9,9 |
| **travanj** | 30 | 720 | 13,4 |
| **svibanj** | 31 | 744 | 18 |
| **lipanj** | 30 | 720 | 21,6 |
| **srpanj** | 31 | 744 | 24,5 |
| **kolovoz** | 31 | 744 | 24 |
| **rujan** | 30 | 720 | 20,5 |
| **listopad** | 31 | 744 | 16,2 |
| **studeni** | 30 | 720 | 11,6 |
| **prosinac** | 31 | 744 | 7,9 |
| **Ukupno** | **365** | **8760** | |

Unutarnja proračunska temperatura u obje zone iznosi 20°C. Zgrada je podijeljena na dva funkcionalna dijela koji se koriste u različito vrijeme. Radno vrijeme sustava grijanja poslovnog prostora je tijekom tjedna od 6:00 do 22:00, a subotom od 8:00 do 15:00 dok je nedjeljom poslovni prostor zatvoren. Vrijeme rada sustava grijanja je svaki dan od 6:00 do 24:00.

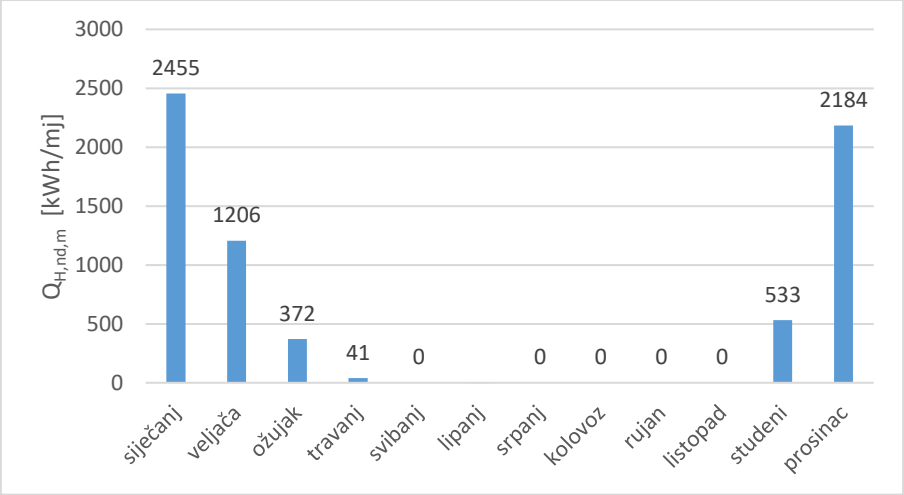
Unutarnji izvori topline iznose 6 W/m$^2$ za poslovni prostor, a za stambeni dio zgrade 5 W/m$^2$. Ostali izračunati podaci potrebni za proračun nalaze se u tablici 12.

Tablica 12. Podaci za proračun godišnje potrebne energije za poslovni i stambeni dio

| Poslovni dio | | | Stambeni dio | | |
|---|---|---|---|---|---|
| H_Tr | 442 | W/K | H_Tr | 2053 | W/K |
| H_Ve | 257 | W/K | H_Ve | 865 | W/K |
| A_k | 402 | m2 | A_k | 2280 | m2 |

### *2.3.3 Rezultati proračuna*

Proračun je proveden pomoću programa MS Excel-a prema navedenim formulama. Dobivene mjesečne vrijednosti potrebne energije za grijanje za poslovni dio zgrade kao i za stambeni dio zgrade prikazane su grafovima (slika 6. i 7.). Detaljniji proračuni dani su u tablicama 13. i 14.

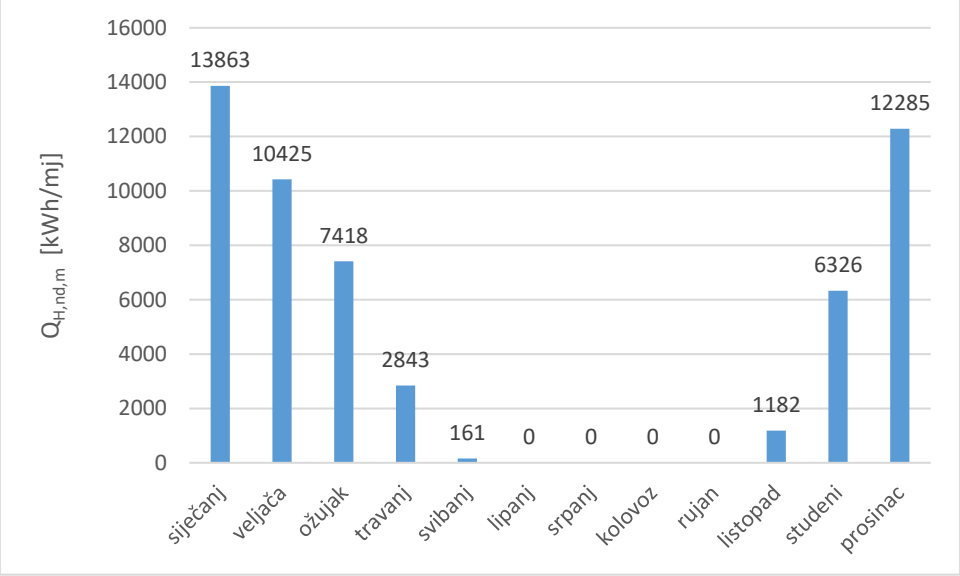



Slika 6. Prikaz potrebne mjesečne toplinske energije za grijanje poslovnog dijela zgrade

Tablica 13. Detaljniji prikaz proračuna godišnje toplinske energije za grijanje poslovnog prostora

| Mjesec | Q_Tr | Q_Ve | Q_ht | Q_sol | Q_int | Q_gn | y_H | η_H,gn | α_H,red | Q_h,nd,cont,m | Q_H,nd,m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [-] | [-] | [-] | [kWh] | [kWh] |
| siječanj | 4407 | 2562 | 6969 | 1998 | 1795 | 3793 | 0,54 | 0,96 | 0,74 | 3338 | 2455 |
| veljača | 3713 | 2159 | 5872 | 2817 | 1621 | 4437 | 0,76 | 0,89 | 0,63 | 1921 | 1206 |
| ožujak | 3321 | 1931 | 5253 | 4547 | 1795 | 6342 | 1,21 | 0,72 | 0,52 | 715 | 372 |
| travanj | 2100 | 1221 | 3322 | 5888 | 1737 | 7625 | 2,3 | 0,43 | 0,52 | 78 | 41 |
| svibanj | 658 | 382 | 1040 | 7730 | 1795 | 9524 | 9,16 | 0,11 | 0,52 | 1 | 0 |
| lipanj | -509 | -296 | -805 | 8788 | 1737 | 10524 | -13,1 | -0,08 | 1,00 | 0 | 0 |
| srpanj | -1480 | -860 | -2340 | 8834 | 1795 | 10628 | -4,54 | -0,22 | 1,00 | 0 | 0 |
| kolovoz | -1315 | -765 | -2080 | 7420 | 1795 | 9214 | -4,43 | -0,23 | 1,00 | 0 | 0 |
| rujan | -159 | -93 | -252 | 5273 | 1737 | 7010 | -27,9 | -0,04 | 1,00 | 0 | 0 |
| listopad | 1250 | 727 | 1976 | 3851 | 1795 | 5645 | 2,86 | 0,35 | 0,52 | 0 | 0 |
| studeni | 2673 | 1554 | 4228 | 2200 | 1737 | 3937 | 0,93 | 0,83 | 0,54 | 978 | 533 |
| prosinac | 3979 | 2314 | 6293 | 1664 | 1795 | 3459 | 0,55 | 0,95 | 0,73 | 2990 | 2184 |
| | | | | | | | | | | **Q_H,nd,a** | **6790 kWh/a** |

Ukupna potrebna energija za grijanje poslovnog prostora dobije se kao suma mjesečnih potreba i iznosi 6790 kWh/a što podijeljeno s korisnom površinom od 402 $m^2$ iznosi 17 kWh/$m^2$a.




Slika 7. Prikaz potrebne mjesečne toplinske energije za grijanje stambenog dijela zgrade

Tablica 14. Detaljniji prikaz proračuna godišnje toplinske energije za grijanje stambenog dijela zgrade

| mjesec | Q_Tr | Q_Ve | Q_ht | Q_sol | Q_int | Q_gn | y_H | η_H,gn | α_H,red | Q_h,nd,cont,m | Q_H,nd,m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [-] | [-] | [-] | [kWh] | [kWh] |
| siječanj | 20468 | 8624 | 29091 | 4007 | 8482 | 12488 | 0,43 | 0,85 | 0,75 | 18484 | 13863 |
| veljača | 17245 | 7266 | 24511 | 5578 | 7661 | 13239 | 0,54 | 0,80 | 0,75 | 13899 | 10425 |
| ožujak | 15427 | 6500 | 21927 | 8579 | 8482 | 17060 | 0,78 | 0,71 | 0,75 | 9890 | 7418 |
| travanj | 9756 | 4110 | 13866 | 10932 | 8208 | 19140 | 1,38 | 0,53 | 0,75 | 3790 | 2843 |
| svibanj | 3055 | 1287 | 4342 | 13935 | 8482 | 22416 | 5,16 | 0,18 | 0,75 | 214 | 161 |
| lipanj | -2365 | -996 | -3362 | 15638 | 8208 | 23846 | -7,09 | -0,14 | 1,00 | 0 | 0 |
| srpanj | -6873 | -2896 | -9769 | 15616 | 8482 | 24098 | -2,47 | -0,40 | 1,00 | 0 | 0 |
| kolovoz | -6110 | -2574 | -8684 | 13375 | 8482 | 21857 | -2,52 | -0,40 | 1,00 | 0 | 0 |
| rujan | -739 | -311 | -1050 | 9720 | 8208 | 17928 | -17,1 | -0,06 | 1,00 | 0 | 0 |
| listopad | 5804 | 2446 | 8250 | 7342 | 8482 | 15823 | 1,92 | 0,42 | 0,75 | 1576 | 1182 |
| studeni | 12417 | 5232 | 17648 | 4376 | 8208 | 12584 | 0,71 | 0,73 | 0,75 | 8435 | 6326 |
| prosinac | 18482 | 7787 | 26269 | 3284 | 8482 | 11766 | 0,45 | 0,84 | 0,75 | 16379 | 12285 |
| | | | | | | | | | | **Q_H,nd,a** | **54502 kWh/a** |

Ukupna potrebna energija za grijanje stambenog dijela dobije se kao suma mjesečnih potreba i iznosi 54502 kWh/a što podijeljeno s korisnom površinom od 2280 $m^2$ daje 24 kWh/$m^2$a.

### 2.4. Proračun potrebne toplinske energije za pripremu potrošne tople vode (PTV)

Količina toplinske energije potrebne za pripremu potrošne tople vode računa se prema „Algoritam za određivanje energetskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama prema normi HRN EN 15316 [8]“. Kako u poslovnom prostoru nisu predviđene prostorije koje koriste PTV proračun će se provest za stambeni dio prema formuli:

$$Q_W = \frac{Q_{W,A,a}}{365} * A_k * d \qquad [kWh]$$

$Q_W$ –toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a u promatranom periodu [kWh]

$Q_{W,A,a}$ – specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a [kWh/$m^2$a]

$Q_{W,A,a}$ = 12,5 kWh/$m^2$a za zgrade s 3 stambene jedinice

$Q_{W,A,a}$ = 16 kWh/$m^2$a za zgrade s više od 3 stambene jedinice

$A_k$ – korisna površina zgrade [$m^2$]

$d$ – broj dana u promatranom periodu [dan]

$$Q_W = \frac{16}{365} * 2280 * 365 = 36480\ kWh/a$$

Za pripremu PTV-a godišnje je potrebno 36480 kWh/a toplinske energije.

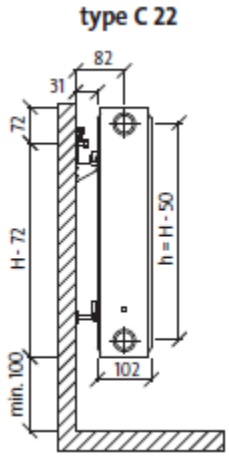
# 3. DIMENZIONIRANJE SUSTAVA GRIJANJA

## 3.1. Odabir radijatora

Kao ogrjevna tijela u zgradi odabrani su pločasti radijatori tvrtke Purmo. Pločastih radijatori, od strane proizvođača, ponuđeni se u raznim izvedbama. Odabrani su radijatori modela Compact tipa C22 koji se sastoji od dvije ogrjevne ploče i dva kompleta konvektorskih limova (slika 8. i 9.). Odabrani radijatori opremljeni su odzračnim ventilom, termostatskim ventilom i po dva standardna priključka sa svake strane za spajanje na razvodni cjevovod. Radijatori se na dvocijevni razvod spajaju H-ventilima.



Slika 8. Radijator Purmo Compact C22 [9]




Slika 9. Ugradbene dimenzije radijator Compact C22 [9]

Odabir pojedinih radijatora vrši se iz kataloga proizvođača prema izračunatim projektnim toplinski gubicima prostorija. U katalogu proizvođača ogrjevni učin radijatora izražen je u sukladnosti s normom HRN EN 442 za standardni temperaturni režim 75/65°C. Budući da kroz ogrjevna tijela struji voda temperaturnog režima 55/40°C, učin radijatora potrebno je preračunati na zadani temperaturni režim te odabrati radijatore iz kataloga proizvođača. Koriste se sljedeće dvije formule:

$$\Phi = \Phi_n * [\frac{\Delta t}{\Delta t_n}]^n \quad (1)$$

$$\Delta t = \frac{t_z - t_p}{\ln(\frac{t_z - t_i}{t_p - t_i})} \quad (2)$$

$\Phi$ – toplinski učin radijatora [W]

$\Phi_n$ - toplinski učin radijatora određen mjerenjem prema normi EN 442 [W]

$\Delta t$ – logaritamska razlika temperatura [K]

$\Delta t_n$ – logaritamska razlika temperatura izračunata za temperature zadane normom HRN EN 442 [W]

$t_z$ – temperatura polaza vode [°C]

$t_p$ – temperatura povrata vode [°C]

$t_i$ –temperatura prostorije [°C]

n – eksponent karakterističan za određeni tip radijatora [-]

Standardne temperature prema normi definirane su temperaturom polaza i povrata 75/65°C te temperaturom prostorije od 20°C. Zadane temperature, prema jednadžbi (2) daju logaritamsku razliku temperature $\Delta t_n$ u iznosu od 49.8°C.

Postupak odabira radijatora prikazan je za prostoriju 211 koja ima projektne toplinske gubitke od 1669 W. Za sve ostale prostorije odabiru se radijatori po istom postupku. Logaritamska razlika temperatura za zadane temperature polaza i povrata dobije se iz jednadžbe (2):

$$\Delta t = \frac{55 - 40}{\ln(\frac{55 - 20}{40 - 20})} = 26{,}8\ °\mathrm{C}$$

Odabrani su radijatori visine 600 mm s eksponentom grijača n=1,3358 (iz kataloga proizvođača). Učin odabranog radijatora 600x2300 na temperaturnom režimu 75/65/20°C iznosi 3931 W. Iz formule (1) dobije se učin za režim 55/40/20°C:

$$\Phi = 3931 * [\frac{26,8}{49,8}]^{1,3358} = 1718\ W$$

Odabrani radijator ima veći učin (1718 W) od projektnih gubitaka (1669 W) te zadovoljava potrebe sobe za toplinom.

Tablica 15. Karakteristike radijatora tip C22 od proizvođača [9]

| Dužina (mm) | Parametri $t_s/t_p/t_i$ | Visina (mm) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 300 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 900 |
| 400 | 75/65/20 °C | 384 | 488 | 539 | 588 | 636 | 684 | 955 |
| | 55/45/20 °C | 195 | 247 | 272 | 296 | 320 | 343 | 474 |
| 500 | 75/65/20 °C | 481 | 611 | 674 | 735 | 796 | 855 | 1194 |
| | 55/45/20 °C | 244 | 309 | 340 | 370 | 400 | 428 | 592 |
| 600 | 75/65/20 °C | 577 | 733 | 808 | 882 | 955 | 1025 | 1433 |
| | 55/45/20 °C | 293 | 371 | 408 | 444 | 480 | 514 | 711 |
| 700 | 75/65/20 °C | 673 | 855 | 943 | 1029 | 1114 | 1196 | 1672 |
| | 55/45/20 °C | 342 | 432 | 476 | 518 | 560 | 600 | 829 |
| 800 | 75/65/20 °C | 769 | 977 | 1078 | 1176 | 1273 | 1367 | 1910 |
| | 55/45/20 °C | 391 | 494 | 544 | 592 | 640 | 685 | 948 |
| 900 | 75/65/20 °C | 865 | 1099 | 1212 | 1323 | 1432 | 1538 | 2149 |
| | 55/45/20 °C | 440 | 556 | 612 | 666 | 720 | 771 | 1066 |
| 1000 | 75/65/20 °C | 961 | 1221 | 1347 | 1470 | 1591 | 1709 | 2388 |
| | 55/45/20 °C | 488 | 618 | 680 | 740 | 799 | 857 | 1185 |
| 1100 | 75/65/20 °C | 1057 | 1343 | 1482 | 1617 | 1750 | 1880 | 2627 |
| | 55/45/20 °C | 537 | 680 | 748 | 814 | 879 | 943 | 1303 |
| 1200 | 75/65/20 °C | 1153 | 1465 | 1616 | 1764 | 1909 | 2051 | 2866 |
| | 55/45/20 °C | 586 | 741 | 816 | 888 | 959 | 1028 | 1422 |
| 1400 | 75/65/20 °C | 1345 | 1709 | 1886 | 2058 | 2227 | 2393 | 3343 |
| | 55/45/20 °C | 684 | 865 | 952 | 1037 | 1119 | 1200 | 1659 |
| 1600 | 75/65/20 °C | 1538 | 1954 | 2155 | 2352 | 2546 | 2734 | 3821 |
| | 55/45/20 °C | 781 | 988 | 1088 | 1185 | 1279 | 1371 | 1896 |
| 1800 | 75/65/20 °C | 1730 | 2198 | 2425 | 2646 | 2864 | 3076 | 4298 |
| | 55/45/20 °C | 879 | 1112 | 1224 | 1333 | 1439 | 1542 | 2133 |
| 2000 | 75/65/20 °C | 1922 | 2442 | 2694 | 2940 | 3182 | 3418 | 4776 |
| | 55/45/20 °C | 977 | 1236 | 1360 | 1481 | 1599 | 1714 | 2370 |
| 2300 | 75/65/20 °C | 2210 | 2808 | 3098 | 3381 | 3659 | 3931 | 5492 |
| | 55/45/20 °C | 1123 | 1421 | 1564 | 1703 | 1839 | 1971 | 2725 |
| 2600 | 75/65/20 °C | 2499 | 3175 | 3502 | 3822 | 4137 | 4443 | 6209 |
| | 55/45/20 °C | 1270 | 1606 | 1768 | 1925 | 2079 | 2228 | 3080 |
| 3000 | 75/65/20 °C | 2883 | 3663 | 4041 | 4410 | 4773 | 5127 | 7164 |
| | 55/45/20 °C | 1465 | 1853 | 2040 | 2221 | 2398 | 2571 | 3554 |
| | [W/m] 90/70/20 °C | 1211 | 1540 | 1701 | 1857 | 2012 | 2163 | 3033 |
| Eksponent n | | 1.3094 | 1.3180 | 1.3226 | 1.3270 | 1.3314 | 1.3358 | 1.3561 |

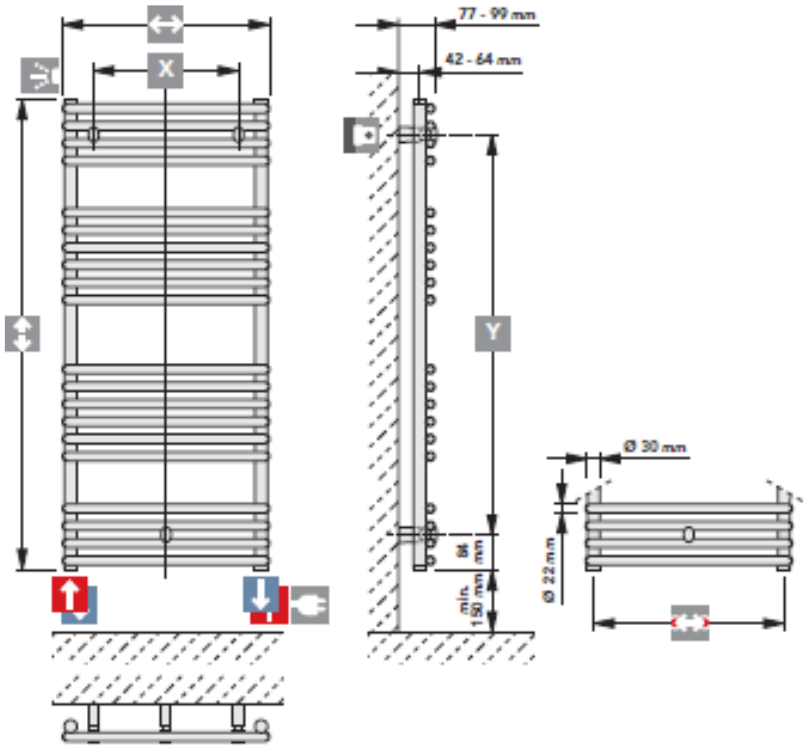
### 3.2. Odabir kupaonskih grijača

Odabrani su cijevni kupaonski radijator proizvođača Vogel&Noot. Među ponuđenim modelima odabrani su kupaonski radijatori tipa Della koji dolaze opremljeni s odzračnim ventilom,

termostatskim ventilom i standardnim priključcima s obje strane radijatora za lakše priključivanje na cijevni razvod (slika 10. i 11.).



Slika 10. Kupaonske ljestve Della [10]




Slika 11. Ugradbene mjere cijevnih grijača [10]

Postupak odabira kupaonskih radijatora prikazan je za prostoriju 213 koja ima projektne toplinske gubitke od 489 W. Logaritamska razlika temperatura za zadane temperature polaza i povrata te temperaturu prostorije dobije se iz jednadžbe (2):

$$\Delta t = \frac{55-40}{\ln(\frac{55-24}{40-24})} = 22{,}7\ °\text{C}$$

Odabrani su radijatori visine 1800 mm i širine 900 mm. Eksponent grijača je n=1,168 (iz kataloga proizvođača). Učin odabranog radijatora 1800x900 na temperaturnom režimu 75/65/20°C iznosi 1326 W. Iz formule (1) dobije se učin za režim 55/40/20°C:

$$\Phi = 1326 * [\frac{22{,}7}{49{,}8}]^{1{,}168} = 529\ W$$

Odabrani kupaonski radijator ima veći učin (529 W) od projektnih toplinskih gubitaka (489 W) te zadovoljava potrebe prostorije za toplinom.

Tablica 16. Karakteristike kupaonskih grijača od proizvođača [10]

**Tehnički podaci**

| Nazivna visina | Ugradbena visina | Ugradbena dužina | Toplinski učin u Watt kod (1) | | | | | Exponent toplinskog učina n | El. grijač Snaga | Kolicina vode | Težina |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [mm] | [mm] | [mm] | 90/70/20 °C | 75/65/20 °C | 70/55/20 °C | 70/55/24 °C | 55/45/20 °C | | Watt | Litra | Kg |
| 700 | (714) | 400 | 359 | 286 | 234 | 204 | 152 | 1,239 | - | 2,3 | 5,2 |
| | | 500 | 425 | 343 | 284 | 250 | 189 | 1,170 | 300 | 2,7 | 5,9 |
| | | 600 | 500 | 404 | 334 | 294 | 222 | 1,175 | 300 | 3,1 | 6,7 |
| | | 750 | 612 | 493 | 407 | 358 | 270 | 1,182 | 300 | 3,7 | 8,0 |
| | | 900 | 722 | 581 | 479 | 421 | 317 | 1,189 | 300 | 4,3 | 9,2 |
| 1100 | (1134) | 400 | 542 | 431 | 351 | 307 | 227 | 1,257 | 300 | 3,7 | 7,8 |
| | | 500 | 640 | 512 | 419 | 367 | 274 | 1,227 | 300 | 4,1 | 9,2 |
| | | 600 | 753 | 604 | 496 | 435 | 326 | 1,210 | 300 | 4,8 | 10,5 |
| | | 750 | 916 | 738 | 609 | 535 | 403 | 1,186 | 600 | 5,7 | 12,4 |
| | | 900 | 1074 | 869 | 720 | 634 | 480 | 1,161 | 600 | 6,7 | 14,3 |
| 1800 | (1764) | 400 | 813 | 653 | 537 | 472 | 353 | 1,202 | 600 | 5,7 | 12,2 |
| | | 500 | 975 | 782 | 642 | 563 | 422 | 1,210 | 600 | 6,5 | 14,6 |
| | | 600 | 1146 | 921 | 758 | 666 | 499 | 1,199 | 600 | 7,5 | 16,7 |
| | | 750 | 1397 | 1126 | 929 | 817 | 615 | 1,184 | 600 | 8,9 | 19,7 |
| | | 900 | 1641 | 1326 | 1097 | 966 | 730 | 1,168 | 900 | 10,4 | 22,8 |

(1) Ispitano prema EN 442

Odabrani radijatori za pojedine prostorije i njihovi učini te projektni toplinski gubici prikazani su u tablici 17.

Tablica 17. Odabrani radijatori – usporedba učina radijatora i toplinskih gubitaka

| Oznaka prostorije | Radijator | Učin radijatora | Toplinski gubici |
|---|---|---|---|
| - | - | [W] | [W] |
| **Poslovni prostor** | | | |
| PP1 | ( PURMO C22 900x2300 )x3 | 7343 | 6525 |
| PP2 | ( PURMO C22 900x2300 )x3 | 7343 | 6502 |
| PP3 | ( PURMO C22 900x2300 )x2 | 4895 | 3464 |
| PP4 | PURMO C22 900x2300 | 2448 | 2119 |
| **Ukupno poslovni prostor** | | **22029** | **18610** |
| **1. kat** | | | |
| 111 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1669 |
| 112 | PURMO C22 600x1100 | 821 | 749 |
| 113 | DELLA 1800x900 | 529 | 489 |
| 114 | PURMO C22 600x400 | 377 | 302 |
| **Ukupno stan 1** | | **3444** | **3209** |
| 121 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1715 |
| 122 | PURMO C22 600x500 | 373 | 361 |
| 123 | PURMO C22 600x700 | 522 | 459 |
| 124 | PURMO C22 600x600 | 448 | 378 |
| 125 | DELLA 700x600 | 195 | 179 |
| 126 | DELLA 1800x900 | 529 | 602 |
| 127 | PURMO C22 300x500 | 268 | 232 |
| **Ukupno stan 2** | | **4052** | **3926** |
| 131 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1711 |
| 132 | PURMO C22 600x700 | 522 | 520 |
| 133 | PURMO C22 600x700 | 522 | 483 |
| 134 | DELLA 700x500 | 166 | 140 |
| 135 | DELLA 1800x900 | 529 | 571 |
| 136 | PURMO C22 300x400 | 214 | 63 |
| **Ukupno stan 3** | | **3670** | **3488** |
| 141 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1656 |
| 142 | PURMO C22 600x1100 | 821 | 752 |
| 143 | DELLA 1800x900 | 529 | 471 |
| 144 | PURMO C22 600x500 | 472 | 466 |
| **Ukupno stan 4** | | **3539** | **3345** |
| 151 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1565 |
| 152 | DELLA 1800x900 | 529 | 497 |
| 153 | PURMO C22 300x400 | 214 | 175 |
| **Ukupno stan 5** | | **2460** | **2237** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Karakterističan kat (2., 3., 4., 5.)** | | | |
| 211 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1669 |
| 212 | PURMO C22 600x1100 | 821 | 749 |
| 213 | DELLA 1800x900 | 529 | 460 |
| 214 | PURMO C22 600x400 | 377 | 326 |
| **Ukupno stan 1** | | **3444** | **3204** |
| 221 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1715 |
| 222 | PURMO C22 600x500 | 373 | 361 |
| 223 | PURMO C22 600x700 | 522 | 459 |
| 224 | PURMO C22 600x600 | 448 | 378 |
| 225 | DELLA 700x600 | 195 | 179 |
| 226 | DELLA 1800x900 | 529 | 528 |
| 227 | PURMO C22 300x500 | 268 | 232 |
| **Ukupno stan 2** | | **4052** | **3852** |
| 231 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1711 |
| 232 | PURMO C22 600x700 | 522 | 520 |
| 233 | PURMO C22 600x700 | 522 | 483 |
| 234 | DELLA 700x500 | 166 | 140 |
| 235 | DELLA 1800x900 | 529 | 559 |
| 236 | PURMO C22 300x400 | 214 | 84 |
| **Ukupno stan 3** | | **3670** | **3497** |
| 241 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1656 |
| 242 | PURMO C22 600x1100 | 821 | 752 |
| 243 | DELLA 1800x900 | 529 | 460 |
| 244 | PURMO C22 600x500 | 472 | 466 |
| **Ukupno stan 4** | | **3539** | **3334** |
| 251 | PURMO C22 600x2300 | 1717 | 1565 |
| 252 | DELLA 1800x900 | 529 | 471 |
| 253 | PURMO C22 300x400 | 214 | 110 |
| **Ukupno stan 5** | | **2460** | **2146** |
| **6. kat** | | | |
| 611 | PURMO C22 600x2600 | 1941 | 1923 |
| 612 | PURMO C22 600x1200 | 896 | 864 |
| 613 | DELLA 1800x900 | 529 | 607 |
| 614 | PURMO C22 600x600 | 565 | 489 |
| **Ukupno stan 1** | | **3931** | **3883** |
| 621 | PURMO C22 600x2300<br>PURMO C22 600x400 | 1717<br>299 | 1972 |
| 622 | PURMO C22 600x900 | 672 | 598 |
| 623 | PURMO C22 600x900 | 672 | 627 |
| 624 | PURMO C22 600x800 | 597 | 554 |
| 625 | DELLA 700x750 | 237 | 216 |
| 626 | DELLA 1800x900 | 529 | 658 |
| 627 | PURMO C22 600x500 | 472 | 431 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Ukupno stan 2** | | **5195** | **5056** |
| 631 | PURMO C22 600x2300<br>PURMO C22 600x400 | 1717<br>299 | 1965 |
| 632 | PURMO C22 600x900 | 672 | 663 |
| 633 | PURMO C22 600x900 | 672 | 631 |
| 634 | DELLA 700x750 | 237 | 205 |
| 635 | DELLA 1800x900 | 529 | 643 |
| 636 | PURMO C22 300x500 | 268 | 223 |
| **Ukupno stan 3** | | **4394** | **4330** |
| 641 | PURMO C22 600x2600 | 1941 | 1911 |
| 642 | PURMO C22 600x1200 | 896 | 866 |
| 643 | DELLA 1800x900 | 529 | 607 |
| 644 | PURMO C22 600x700 | 660 | 604 |
| **Ukupno stan 4** | | **4026** | **3988** |
| 651 | PURMO C22 600x2600 | 1941 | 1854 |
| 652 | DELLA 1800x900 | 529 | 608 |
| 653 | PURMO C22 300x400 | 214 | 189 |
| **Ukupno stan 5** | | **2684** | **2651** |
| **Ukupno** | | **128084** | **117574** |

### 3.3. Spajanje radijatora na sustav grijanja

Svi radijatori jedne vlasničke jedinice spojeni su na razdjelnik u zidnom podžbuknom ormariću. Spajanje pomoću razdjelnika pruža mogućnost da se prema bilo kojem ogrjevnom tijelu, u slučaju propuštanja cjevovoda ili ne korištenja prostora, zatvori protok ogrjevne vode. Odabrani su razdjelnici proizvođača IVAR, model KSA 037 (slika 12). Razdjelnici su standardno opremljeni odzračnim ventilom i ventilom za pražnjenje. Ovisno o broju radijatora u stanu koriste se razdjelnici različitih veličina.




Slika 12. Razdjelnik IVAR KSA 037 B06 [11]

Razdjelnici se nalaze unutar podžbuknog ormarića (slika 13.) koje preporučuje proizvođač prema odabranom razdjelniku. Podžbukni ormarići nalaze se ispred ulaza u stanove radi jednostavnijeg pristupa i održavanja opreme.




Slika 13. Podžbukni ormarić IVAR AC 830 [11]

Odabrani modeli razdjelnika i zidnih kutija prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 18. Odabrani razdjelnici i podžbukni ormarići

| Stan | Razdjelnik | Ugradbeni ormarić | Dimenzije [mm] |
|---|---|---|---|
| **Poslovni prostor** | | | |
| - | KSA 037 B09 | 200190 | 900x960x160 |
| **1. kat** | | | |
| 11 | KSA 037 B04 | 200590 | 600x960x160 |
| 12 | KSA 037 B07 | 200690 | 800x960x160 |
| 13 | KSA 037 B06 | 200090 | 700x960x160 |
| 14 | KSA 037 B04 | 200590 | 600x960x160 |
| 15 | KSA 037 B03 | 200590 | 600x960x160 |
| **Karakterističan kat** | | | |
| 21 | KSA 037 B04 | 200590 | 600x960x160 |
| 22 | KSA 037 B07 | 200690 | 800x960x160 |
| 23 | KSA 037 B06 | 200090 | 700x960x160 |
| 24 | KSA 037 B04 | 200590 | 600x960x160 |
| 25 | KSA 037 B03 | 200590 | 600x960x160 |
| **6. kat** | | | |
| 61 | KSA 037 B04 | 200590 | 600x960x160 |
| 62 | KSA 037 B08 | 200690 | 800x960x160 |
| 63 | KSA 037 B07 | 200690 | 800x960x160 |
| 64 | KSA 037 B04 | 200590 | 600x960x160 |
| 65 | KSA 037 B03 | 200590 | 600x960x160 |

Radijatori su s razdjelnikom spojeni plastičnim cijevima proizvođača Pipelife. Od ponuđenih modela plastičnih cijevi odabrane su Radopress PE-X cijevi. Za stambeni dio odabiru se cijevi ϕ16x2,0 dok se u poslovnom prostoru koriste cijevi ϕ20x2,0. Tehnički podaci za cijevi prikazani su u tablici 19.

Tablica 19. Karakteristike plastičnih cijevi Radopress PE-X [12]

| Dimenzija cijevi [mm] | 16 x 2,0 | 20 x 2,0 |
|---|---|---|
| Vanjski promjer [mm] | 16 | 20 |
| Debljina stijenke [mm] | 2 | 2 |
| Unutrašnji promjer [mm] | 12 | 16 |
| Težina [g/m] | 125 | 155 |
| Težina s vodom [g/m] | 238 | 356 |
| Kapacitet [l/m] | 0,113 | 0,201 |
| Topl. provodljivost (srednja vrijednost) [W/mK] | 0,43 | 0,43 |
| Koeficijent toplinskog rastezanja [mm/mK] | 0,024 | 0,024 |
| Površinska hrapavost (unutarnja cijev) [µm] | 1,5 | 1,5 |
| Difuzija kisika [mg/ld] | 0 | 0 |
| Maks. radna tempeatura [°C] | 70 | 70 |
| Kratkotrajna maks. radna temperatura [°C] | 95 | 95 |
| Maks. radni tlak (at 70 °C) [bar] | 10 | 10 |
| Kratkotrajni maks. radni tlak (at 95 °C) [bar] | 10 | 10 |
| Polumjer savijanja kod slobodnog savijanja | 5 x D | 5 x D |
| Polumjer savijanja uz korištenje alata za savijanje | 3,5 x D | 3,5 x D |

# 5. DIMENZIONIRANJE I ODABIR OPREME SUSTAVA

## 5.1. Odabir dizalice topline zrak-voda

Potreban toplinski učin dizalice topline određuje se prema instaliranoj snazi radijatora koja iznosi 128 kW. Kako je sustav pripreme potrošne tople vode isto zamišljen dizalicom topline, toplinski učin za zagrijavanje PTV-a od 37,8 kW dodajemo na instaliranu snagu radijatora i ukupno dobijemo 165,8 kW potrebne toplinkse energije. Odabrana je dizalica topline proizvođača Daikin - Daikin Alterma High Temperature Flex Type. Visokotemperaturna dizalica topline Daikin Alterma High Temperature Flex Type sastoji se od unutarnjih jedinica koje su smještene u strojarnicu i vanjskih jedinica koje su smještene u vanjski okoliš (slika 14.). Kaskadna tehnologija tvrtke Daikin koristi vanjsku jedinicu za uzimanje topline iz okolnog zraka i prenosi je u unutarnju jedinicu preko kruga radne tvari R-410A. Unutarnja jedinica povećava uzetu toplinu okoline preko kruga radne tvari R-134a i zatim koristu tu toplinu za grijanje vode. Ovakvim vođenjem procesa omogućuje se zagrijavanje vode do 80° bez uporabe dodatnih grijača.




Slika 14. Daikin Alterma High Temperature Flex Type [13]

Odabrana vanjska jedinica EMRQ 16AB ima ukupni učin od 44.8 kW i u kombinaciji s unutarnjom jedinicom EKHBRD 016ADY17 može proizvesti toplu vodu temperature 80°C. Odabrane su 4 vanjske jedinice koje se povezuju na 4 unutarnje jedinice. Ukupan učin dizalice topline tada iznosi 179.2 kW. Tehničke karakteristike pojedine unutarnje i vanjske jedinice dane su u tablicama 20 i 21.

Tablica 20. Tehničke karakteristike vanjske jedinice dizalice topline

| **Vanjska jedinica** | | |
|---|---|---|
| Kapacitet grijanja | [kW] | 44.8 |
| Učinkovitost zagrijavanja vode | [%] | 93 |
| Klasa učinkovitosti | [-] | A |
| **Dimenzije** | | |
| Visina | [mm] | 1680 |
| Širina | [mm] | 1300 |
| Duljina | [mm] | 765 |
| Težina | [kg] | 339 |
| **Radni parametri** | | |
| Dozvoljene vanjske temperature | [°C] | -20-35 |
| Radna tvar | [-] | R-410A |
| GWP | [-] | 2,087 |
| Masa radne tvar | [kg] | 11,1 |
| Razina zvučne snage | [dBA] | 84 |
| Razina zvučnog pritiska | [dBA] | 63 |
| Električni priključa | [V] | 3-/380-415 |
| **Dimenzije priključaka** | | |
| Kapljevinski vod | [mm] | 12,7 |
| Usisni vod | [mm] | 28,6 |
| Maksimalna dozvoljena dužina vodova | [m] | 100 |

Tablica 21. Tehničke karakteristike unutarnje jedinice dizalice topline

| **Unutarnja jedinica** | | |
|---|---|---|
| **Dimenzije** | | |
| Visina | [mm] | 705 |
| Širina | [mm] | 600 |
| Duljina | [mm] | 695 |
| Težina | [kg] | 147 |
| **Radni parametri** | | |
| Dozvoljene vanjske temperature | [°C] | -20-35 |
| Radna tvar | [-] | R-134a |
| GWP | [-] | 1,43 |
| Masa radne tvar | [kg] | 2.6 |
| Temperature grijane vode | [°C] | 25-80 |
| Razina zvučnog pritiska | [dBA] | 46 |
| Razina zvučnog pritiska- tihi mod | [dBA] | 45 |

### 5.2. Odabir međuspremnika

Međuspremnik služi za poboljšavanje pogonski uvjeta u sustavnim grijanja te omogućuje mirniji rad dizalice topline. Vodom iz međuspremnika omogućuje se lakše savladavanje maksimalnog opterećenja u sezoni grijanja. Standardna inženjerska praksa iskustveno predlaže 5-20 l/kW toplinskog učina. Odabran je međuspremnik CAS 1001 proizvođača Centrometal (slika 15.) čije se karakteristike nalaze u tablici 22:

Tablica 22. Tehničke karakteristike spremnika CAS 1001

| Spremnik CAS 1001 | | |
|---|---|---|
| Volumen | [l] | 940 |
| Promjer tijela spremnika | [mm] | 790 |
| Vanjski promjer | [mm] | 990 |
| Ukupna visina | [mm] | 2150 |
| Priključci | [R] | 6/4" |
| Max. Radni tlak | [bar] | 3 |
| Max. Radna temp. | [°C] | 100 |
| Min. Visina prostorije | [mm] | 2350 |
| Masa tijela spremnika | [kg] | 185 |
| Ukupna masa spremnika | [kg] | 197 |
| Toplinska izolacija | [mm] | 100 |



Slika 15. Međuspremnik topline CAS 1001 [14]

### 5.2. Dimenzioniranje cijevnog razvoda primarnog kruga

Primarni krug sastoji se od cjevovoda koji povezuje dizalicu topline s akumulacijskim spremnicima PTV-a i sa spremnikom ogrjevne vode. Odabire se kritična dionica ( akumulacijski spremnik PTV-a) za koju se računa pad tlaka. Sva oprema se nalazi u kotlovnici i garaži pa je dozvoljeni jedinični pad tlak u rasponu od 40-200 Pa/m. Dimenzioniranje je prikazano u tablici 23:

Tablica 23. Proračun pada tlaka primarnog kruga

| Dionica | L | Toplina | Protok vode | Odabrane cijevi | v, m/s | Re | λ | R | RL | Σζ | Z | RL+Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | W | kg/s | mm | m/s | - | - | Pa/m | Pa | - | Pa | Pa |
| 1 | 0,4 | 44800 | 0,53 | ϕ42,4x3,25 | 0,541 | 46729 | 0,02509 | 100 | 39 | 3,5 | 500 | 539 |
| 2 | 14,37 | 179200 | 2,14 | Φ60,3x3,65 | 0,99 | 126611 | 0,02131 | 193 | 2780 | 7 | 3368 | 6148 |
| 3 | 0,24 | 89600 | 1,07 | ϕ48,3x3,25 | 0,79 | 80268 | 0,0230 | 172 | 41 | 5 | 1554 | 1595 |
| | | | | | | | | Pad tlaka na armaturi i izmjenjivačima | | | | 16400 |
| | | | | | | | | Ukupni pad tlaka [Pa] | | | | 24682 |

Svaka unutarnja jedinica ima vlastitu pumpu koja može savladati pad tlaka od 83000 Pa što je više od pada tlaka primarnog kruga koji iznosi 20683 Pa stoga nije potrebna dodatna pumpa.

### 5.3. Cijevni razvod sekundarnog kruga i cirkulacijska pumpa za stambeni dio zgrade

Zgrada je podijeljena u dvije funkcionalne cjeline koje nemaju isti period grijanja. Zbog toga se odvaja cirkulacijski krug poslovnog prostora i stambenog dijela. Sekundarni krug spaja akumulacijski spremnik ogrjevne vode s ogrjevnim tijelima u pojedinim prostorijama. Cijevni razvod do najudaljenijeg ogrjevnog tijela predstavlja kritičnu dionicu tj. dionicu s najvećim padom tlaka. Dimenzionira se cjevovod do kritičnog ogrjevnog tijela (najudaljenije ogrijevno tijelo – prostorija 621, radijator C22 600x2300) takav da jedinični pad tlak u njemu ne bude veći od 100 Pa/m. Postupak dimenzioniranja prikazan je u tablici 24:

Tablica 24. Proračun pada tlaka sekundarnog kruga grijanja stambenog dijela zgrade

| Dionica | L | Toplina | Protok vode | Odabrane cijevi | Brzina strujanja | Re | λ | R | RL | Σζ | Z | RL+Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| # | [m] | [W] | [kg/s] | [mm] | [m/s] | [-] | [-] | [Pa/m] | [Pa] | [-] | [Pa] | [Pa] |
| 1 | 12,94 | 106055 | 1,694 | Cuϕ54x2 | 0,87 | 74854 | 0,0203 | 153 | 1978,4 | 6 | 2257,2 | 4236 |
| 2 | 1,46 | 84334 | 1,347 | Cuϕ54x2 | 0,69 | 59523 | 0,0201 | 96 | 139,6 | 0,5 | 118,9 | 259 |
| 3 | 9,82 | 61590 | 0,984 | Cuϕ54x2 | 0,51 | 43470 | 0,0215 | 55 | 536,7 | 0,5 | 63,4 | 600 |
| 4 | 4,92 | 46606 | 0,744 | Cuϕ54x2 | 0,38 | 32895 | 0,0230 | 33 | 164,1 | 0,5 | 36,3 | 200 |
| 5 | 7,1 | 25455 | 0,407 | Cuϕ42x1,5 | 0,34 | 23034 | 0,0250 | 38 | 266,7 | 2,5 | 146,4 | 413 |
| 6 | 6,3 | 21403 | 0,342 | Cuϕ35x1,5 | 0,43 | 23604 | 0,0249 | 71 | 447,5 | 1,5 | 137,0 | 585 |
| 7 | 6,3 | 17351 | 0,277 | Cuϕ35x1,5 | 0,35 | 19135 | 0,0262 | 49 | 309,7 | 1,5 | 90,0 | 400 |
| 8 | 6,3 | 13299 | 0,212 | Cuϕ35x1,5 | 0,27 | 14666 | 0,0280 | 31 | 194,6 | 1,5 | 52,9 | 248 |
| 9 | 6,3 | 9247 | 0,148 | Cuϕ28x1,5 | 0,30 | 13053 | 0,0289 | 53 | 333,6 | 1,5 | 68,6 | 402 |
| 10 | 6,3 | 5195 | 0,083 | Cuϕ22x1 | 0,27 | 9167 | 0,0318 | 56 | 353,7 | 2,5 | 88,2 | 442 |
| 11 | 27,5 | 1717 | 0,027 | PE-Xϕ16x2 | 0,25 | 5049 | 0,0377 | 93 | 2569,0 | 8,5 | 252,6 | 2822 |
| * pad tlaka armature određen iza kataloga proizvođača [11] | | | | | | | | | Pad tlaka na armaturi* [Pa] | | | 22600 |
| | | | | | | | | | Ukupni pad tlaka [Pa] | | | 33205 |

Potrebna visina dobave pumpe:

$$H_p = \frac{\Delta p_p}{\rho * g} = \frac{33205}{1000 * 9{,}81} = 3{,}39\ m$$

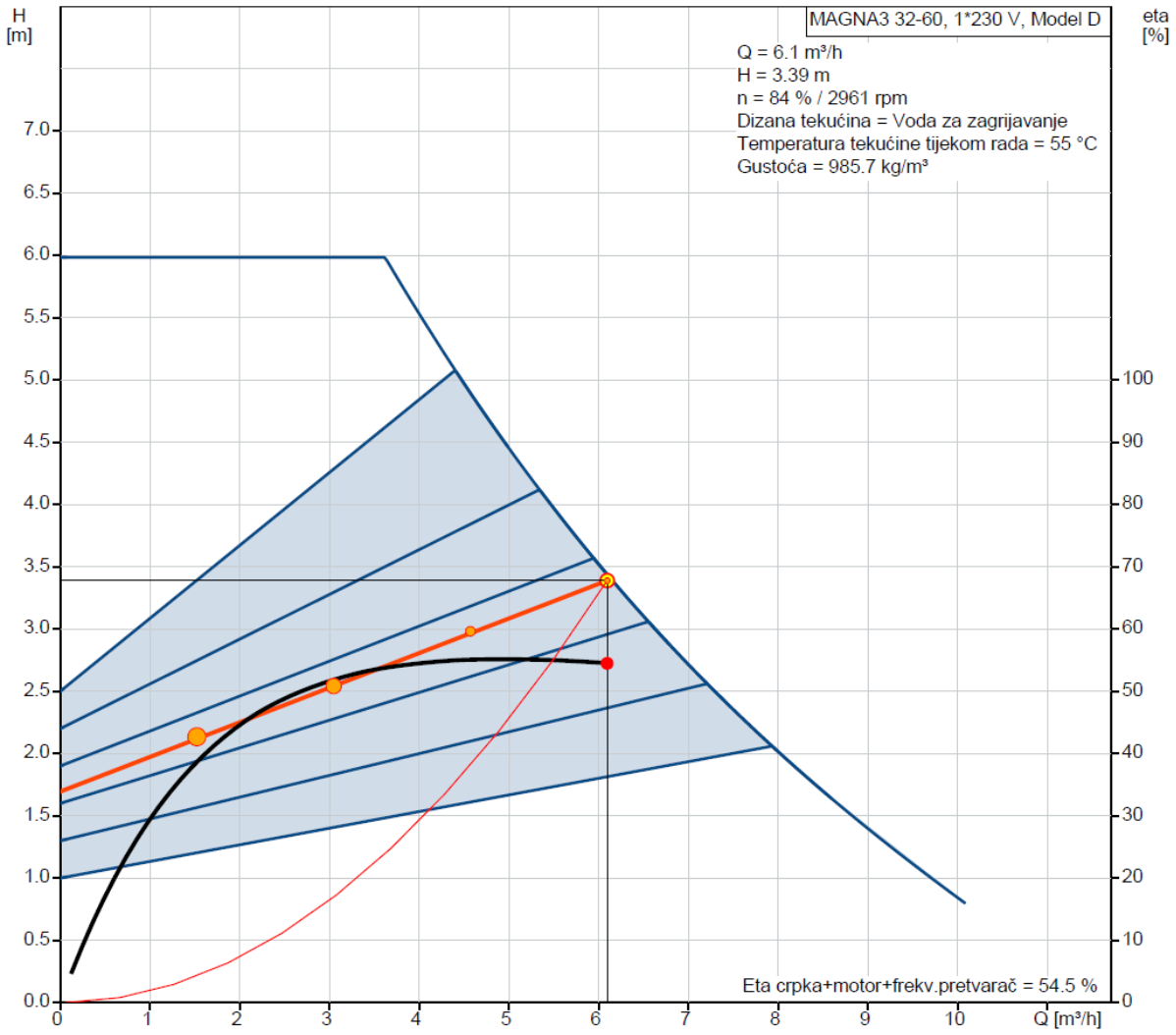
Ukupni volumni protok pumpe:

$$V_p = 6{,}10\ m^3/h$$

Pumpa je odabran pomoću internetske aplikacije proizvođača pumpi Grundfos. Odabrani model pumpe je MAGNA3 32-60N (slika 16.). Električna snaga pumpe je 94.55 W. Karateristike pumpe i cjevovoda te radna točka prikazani su na slici 17.




Slika 16. Pumpa MAGNA3 32-60N [15]




Slika 17. Dijagram radne krivulje pumpe stambenog dijela zgrade [15]

### 5.4. Cijevni razvod sekundarnog kruga i cirkulacijska pumpa za poslovni prostor

U cirkulacijskom krugu grijanja poslovnog prostora cjevovod se dimenzionira da jedinični pad tlak u njemu ne prijeđe granicu od 100 Pa/m. Pad tlak do najudaljenijeg ogrjevnog tijela (radijator C22 900x2300 u dijelu prostorije PP2) definira potrebnu pumpu. Proračun je prikazan u tablici 25.

Tablica 25. Proračun pada tlaka sekundarnog kruga grijanja poslovnog dijela zgrade

| Dionica | L | Toplina | Protok vode | Odabrane cijevi | Brzina strujanja | Re | λ | R | RL | Σζ | Z | RL+Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| # | m | W | kg/s | mm | m/s | - | - | Pa/m | Pa | - | Pa | Pa |
| **1** | 16,9 | 22029 | 0,352 | Cuϕ35x1,5 | 0,442 | 24294 | 0,0247 | 74,7 | 1265,9 | 8 | 774 | 2040 |
| **2** | 96 | 2309 | 0,037 | PE-Xϕ20x2 | 0,185 | 5093 | 0,0376 | 40,0 | 3841,2 | 6,5 | 111 | 3952 |
| * pad tlaka armature određen iza kataloga proizvođača [11] | | | | | | | | | **Pad tlaka na armaturi* [Pa]** | | | **17800** |
| | | | | | | | | | **Ukupni pad tlaka [Pa]** | | | **23792** |

Potrebna visina dobave pumpe:

$$H_p = \frac{\Delta p_p}{\rho * g} = \frac{23792}{1000 * 9{,}81} = 2{,}43\ m$$

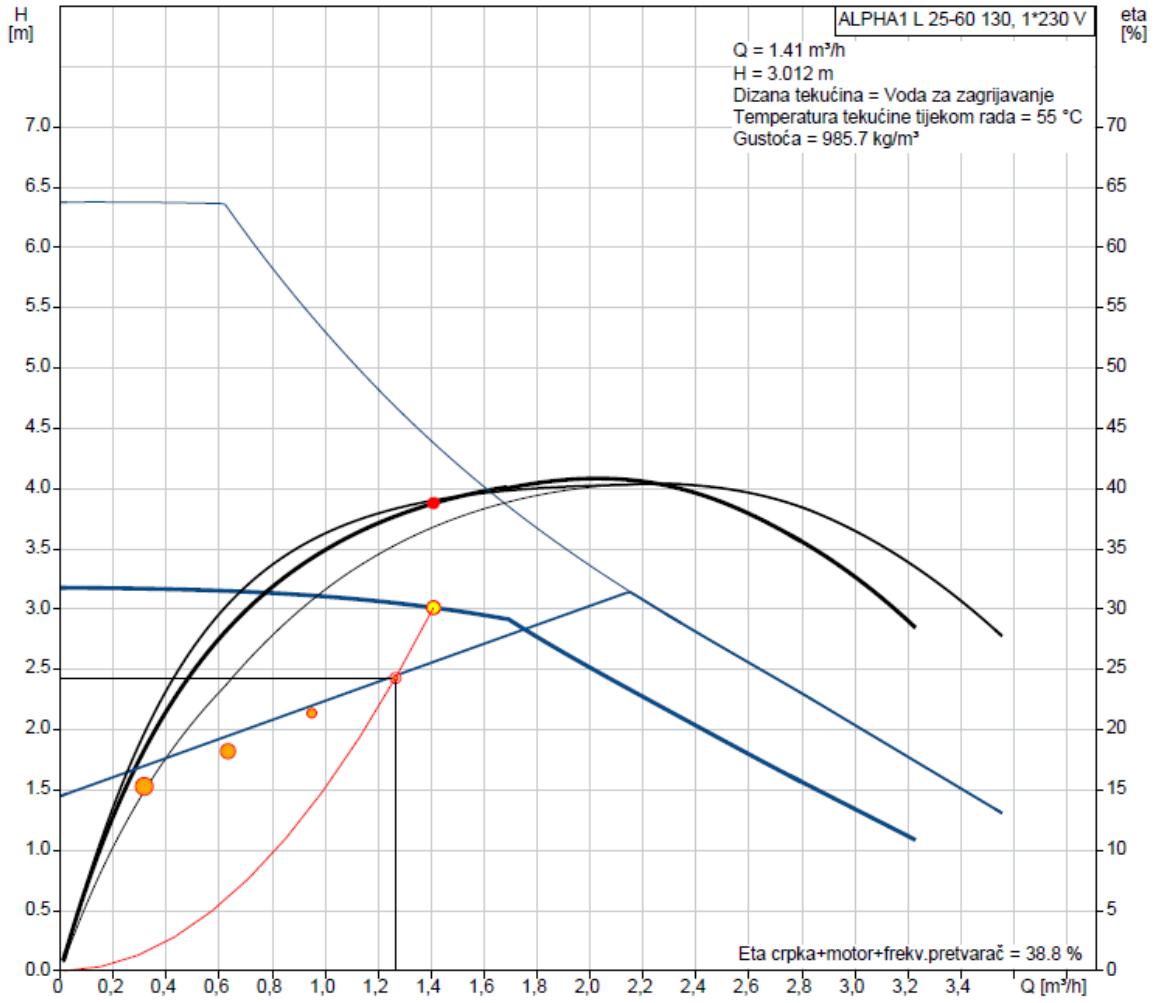
Ukupni volumni protok pumpe:

$$V_p = 1{,}27\ m^3/h$$

Pumpa je odabran pomoću internetske aplikacije proizvođača pumpi Grundfos. Odabrani model pumpe je ALPHA1 25-60N 130 (slika 17.). Električna snaga pumpe je 29,39 W. Karateristike pumpe i cjevovoda te radna točka prikazani su na slici 19.




Slika 18. Pumpa ALPHA2 25-40N 130 [15]




Slika 19. Dijagram radne krivulje pumpe poslovnog prostora [15]

### 5.5. Ekspanzijska posuda sustava grijanja

Ekspanzijska posuda u sustava grijanja kompenzira promjenu volumna ogrjevnog medija. Do promjene volumena ogrjevnog medija dolazi kod promjene temperature vode. Ekspanzijska posuda štiti sustav od manjka ogrjevne vode ili od pucanja cjevovoda uslijed prevelikog volumena vode. Ukupan volumen vode u sustavu prikazan je u tablici 26:

Tablica 26. Ukupan volumen vode u sustavu

| **Element sustava** | **Volumen [l]** |
|---|---|
| Radijatori | 1289,8 |
| Cijevni razvod | 348,05 |
| Akumulacijski spremnik | 1000 |
| Izmjenjicač dizalice topline (4x2,5 l ) | 10 |
| Izmjenjivač u spremniku PTV-a (2x14 l ) | 28 |
| **Ukupno ($V_A$)** | **2675,85** |

Minimalni potrebni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude određuje se jednadžbom:

$$V_{n,min} = (V_e + V_v) * \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (77{,}06 + 13{,}37) * \frac{3 + 1}{3 - 2{,}5} = 723{,}44\ l$$

$V_v$ – dodatni volumen (zaliha) – oko 5% volumena vode u instalaciji, min. 3 l [l]

$$V_v = \frac{0{,}5 * V_A}{100} = 13{,}37\ l$$

$p_e$ – projektni krajnji tlak (0,5 bar ispod tlaka sigurnosnog ventila) [bar], tlak otvaranja sigurnosnog ventila 3,5 bara, projektni krajnji tlak 3 bara

$p_0$ – primarni tlak ekspanzijske posude (prilikom isporuke) [bar], zbog visine instalacije uzeta vrijednost 2,5 bara iz kataloga proizvođača [16]

$V_e$ – volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10 °C do maksimalne temperature polaznog voda [l]:

$$V_e = \frac{n * V_A}{100} = \frac{2{,}88 * 2675{,}85}{100} = 77{,}06\ l$$

$n$ – postotak širenja vode [%], uzeta vrijednost 2,88 iz [17]

$V_A$ – ukupni volumen vode u sustavu [l]

Odabrana je membranska ekspanzijska posuda Flexcon 800 proizvođača Flamco volumena 800 litara (slika 18.). Primarni tlak ekspanzijske posude (tlak prilikom isporuke) iznosi 2,5 bara.



Slika 20. Membranska ekspanzijska posuda Flexcon 800 [16]

### 5.6. Kalorimetar

Za potrebe mjerenja potrošnje toplinske energije svake vlasničke cjeline (stana) ugrađeni su kalorimetri. Kalorimetar mjeri temperaturu vode polaznog voda, temperaturu vode povratnog voda i protok vode te na temelju izmjerenih veličina računa potrošenu toplinsku energiju. Kalorimetri su smješteni u zidne ormariće kod ulaza u pojedini stan za lakše očitavanje potrošnje i servisa. Odabran je ultrazvučni kalorimetar 2WR6 proizvođača Siemens (slika 19.).




Slika 21. Ultrazvučni kalorimetar 2WR6 [18]

# 6. SUSTAV PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE

Sustav pripreme PTV-a priključuje se na isti izvor topline kao i sustav grijanja. Sustav je akumulacijski što znači da se dio vode na troputnom ventilu razdvaja za zagrijavanje PTV-a u spremniku. U sustav je također ugrađena recirkulacijska pumpa koja sprječava ohlađivanje vode u cijevima tijekom perioda ne korištenja sustava.

## 6.1. Dimenzioniranje i odabir spremnika PTV-a

Toplinski tok potreban za zagrijavanje PTV-a:

$$\Phi = V_k * \rho_w * c_w * n * (\vartheta_{tw} - \vartheta_{hw}) * \varphi \qquad [W]$$

$$\Phi = \frac{200}{3600 * 1000} * 1000 * 4{,}2 * 30 * (40 - 10) * 0{,}36 = 75{,}6 \ kW$$

$V_k$ - volumen vode najvećeg trošila [l]

$\rho_w$ - gustoća vode [kg/m$^3$]

$c_w$ – specifični toplinski kapacitet vode [kJ/kgK]

$n$ – broj stanova [-]

$\vartheta_{tw}$ - temperatura tople vode [°C]

$\vartheta_{hw}$ - temperatura hladne vode [°C]

φ – faktor istovremenosti [-], iz [19] za 30 stanova =0,36

Potreban kapacitet izvora topline (dizalica topline):

$$\Phi_k = \frac{\Phi * Z_b}{Z_a + Z_b} \quad [kW]$$

$$\Phi_k = \frac{75{,}6 * 2}{2 + 2} = 37{,}8 \ kW$$

$Z_a$ – broj sati zagrijavanja [h]

$Z_b$ – broj sati trajanja najveće potrošnje [h]

Akumuliran toplinska energija u spremniku:

$$Q_{spr} = Z_a * \Phi_k \quad [kWh]$$

$$Q_{spr} = 2 * 37{,}8 = 75{,}6 \ kWh$$

Potreban volumen spremnika PTV-a:

$$V_{spr} = \frac{Q_{spr} * b * k}{\rho_w * c_w * (\vartheta_s - \vartheta_{hw})} \quad [l]$$

$$V_{spr} = \frac{75{,}6 * 1{,}1 * 3600 * 1000}{1000 * 4{,}2 * (60 - 10)} = 1425{,}6\ l$$

b – dodatak za mrtvi prostor ispod grijane površine [-]

$\vartheta_s$ – temperatura vode u spremniku [°C]

Odabran je akumulacijski spremnik CAS-S 801 proizvođača Centrometal (slika 20.). U sustav se ugrađuju dva takva spremnika. Spremnici imaju u donjem dijelu izmjenjivač kroz koji struji ogrjevna voda primarnog kruga. Karakteristike spremnika dane su u tablici 2:

Tablica 27. Tehničke karakteristike akumulacijskog spremnika PTV-a CAS-S 801

| **Spremnik CAS-S 801** | | |
|---|---|---|
| Volumen | [l] | 740 |
| Promjer tijela spremnika | [mm] | 790 |
| Vanjski promjer | [mm] | 990 |
| Ukupna visina | [mm] | 1750 |
| Priključci | [R] | 6/4" |
| Max. Radni tlak | [bar] | 3 |
| Max. Radna temp. | [°C] | 100 |
| Min. Visina prostorije | [mm] | 1950 |
| Masa tijela spremnika | [kg] | 135 |
| Ukupna masa spremnika | [kg] | 147 |
| Cijevni izmjenjivač | [$m^2$] | 2,6 |
| Volumen vode u cijevnom izmj. | [l] | 14 |
| Toplinska izolacija | [mm] | 100 |
| Visina priključka izmjenjivača | [mm] | 320/1370 |



Slika 22. Akumulacijski spremnik PTV-a CAS-S [14]

### 5.2. Dimenzioniranje i odabir recirkulacijske pumpe PTV-a

Proračun je proveden prema „Grejanje i klimatizacija“[19]:

Volumski protok vode recirkulacijske pumpe:

$$V_p = \frac{Q_w}{2{,}4} = \frac{l_{w,k} * q_{w,k} + l_{w,s} * q_{w,s}}{2{,}4} = \frac{26{,}3 * 11 + 126 * 7}{2{,}4} = 488{,}04\ l/h$$

$Q_w$ – toplinski gubici svih vodova [W]

$l_{w,k}$ – dužina svih vodova tople vode u podrumu [m]

$q_{w,k}$ – toplinski gubici vodova tople vode smještenih u podrumu [W/m], iz [18] =11 W/m

$l_{w,s}$ – dužina svih vertikalnih vodova tople vode [m]

$q_{w,s}$ – toplinski gubici vertikalnih vodova tople vode [W/m], iz [18] =7 W/m

Odabrana dimenzija cijevi za recirkulacijsku vodu je Cu ϕ22x1 mm. Brzina strujanja vode je 0,3 m/s.

Pad tlaka:

$$\Delta p_p = 1{,}3 * (\Sigma l * R) + \Delta p_{RV} + \Delta p_{TH} \quad [Pa]$$

$$\Delta p_p = 1{,}4 * 1635 + 6000 + 3000 = 11249{,}8\ Pa$$

$\Delta p_p$ – potrebna dobava recirkulacijske pumpe [Pa]

$\Sigma l * R$ – ukupni linijski pad tlaka cjevovoda [Pa]

$\Delta p_{RV}$ – pad tlaka u nepovratnom ventilu [Pa], prema [11] =6000 Pa

$\Delta p_{TH}$ – pad tlaka termostatskog ventila [Pa], prema [11] =3000 Pa

Visina dobave pumpe iznosi:

$$H_p = \frac{\Delta p_p}{\rho * g} = \frac{11249{,}8}{1000 * 9{,}81} = 1{,}147\ m$$

Na temelju volumskog protoka vode i visine dobave odabiremo recirkulacijsku pumpu Comfort UP15-14B PM proizvođača Grundfos (slika 21.).



Slika 23. Recirkulacijska pumpa Comfort UP15-14B PM [15]

Za mjerenje potrošnje tople vode pri ulazu u svaku vlasničku jedinicu ugrađuje se kontrolni vodomjer GSD8-RFM (slika 22.). Vodomjer minimalno očitava potrošnju od 0,05 l pa do 99999 $m^3$. Radno područje je od 20 pa do 90 °C.




Slika 24. Vodomjer GSD8-FM [20]

# 6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

## 6.1. Sustav grijanja

Sustav grijanja stambeno-poslovne zgrade na području grada Splita izveden je prema arhitektonskoj podlozi. Zgrada sadrži poslovni prostor u prizemlju i 6 katova stambenog prostora, a na svakom stambenom katu nalazi se 5 stanova. Ukupna površina grijanog dijela zgrade iznosi 2682 $m^2$. Zgrada se grije dizalicom topline, a kao ogrjevna tijela odabrani su radijatori kroz koje struji ogrjevna voda temperaturnog režima 55/40 °C . Ogrjevna tijela u grijanim prostorijama zgrade su radijatori tvrtke Purmo C22 i kupaonski radijatori proizvođača Vogel&Noot Della. Ukupni ogrjevni učin odabranih ogrjevnih tijela iznosi 128 kW. Kao izvor topline odabrana je dizalica topline Daikin Alterma High Temperature Flex Type koja se sastoji se od 4 vanjske i 4 unutarnje jedinice ukupnog ogrjevnog učina 165,8 kW pri temperaturi polaza vode od 80 °C. Unutarnje jedinice dizalice topline imaju vlastite pumpe s frekvencijskom regulacijom koje pumpaju ogrjevnu vodu kroz primarni krug grijanja. Unutarnje jedinice povezuju se na zajednički vod, a svakoj jedinici se stavlja nepovratni ventil kako bi spriječilo povratno strujanje u slučaju promjene učinka pumpe ili prestanka rada. U sustav grijanja je ugrađen međuspremnik topline CAS 1001 volumena 990 l kako bi se akumulirala toplinska energija što omogućuje mirniji rad dizalica topline. Za zaštitu sustava kod promjene volumena ogrjevne vode uslijed promjene temperature ugrađuje se membranska ekspanzijska posuda Flexcon 800 volumena 800 l proizvođača Flamco. Iz međuspremnika se cirkulacijskim pumpama kroz dvocijevni razvod dobavlja ogrjevna voda do ogrjevnih tijela. Pumpa sekundarnog kruga stambenog dijela zgrade je MAGNA3 32-60N proizvođača Grundfos ($H_p$=3,1 m , $V_p$=6,10 $m^3$/h, $P_{el}$=94,55 W), dok je pumpa sekundarnog kruga poslovnog dijela zgrade ALPHA1 25-60N 130 proizvođača Grundfos ($H_p$=2,43 m , $V_p$=1,27 $m^3$/h, $P_{el}$=29,39 W). Obje pumpe opremljene su frekventnom regulacijom za mijenjanje protoka tople vode u sekundarnom krugu grijanja. Ogrjevna voda, projektnog temperaturnog režima 55/40°C, iz međuspremnika struji pumpama kroz dvocijevni razvod do razdjelnika pojedine vlasničke cjeline. Na svakoj od vertikala ugrađuje se balansirajući ventil ASV-PV koji regulira tlak u pojedinoj vertikali i hidraulički uravnotežuje sustav. Odabrani su razdjelnici proizvođača Ivar, KSA 037, koji ovisno u broju ogrjevnih tijela imaju različiti broj priključaka. Razdjelnici se smještaju u pripadajući podžbukni ormarić istog proizvođača. Spajanje ogrjevnih tijela na odabrane razdjelnike vrši se plastičnim cijevima proizvođača Pipelife. Kroz pod poslovnog prostora polažu se cijevi PE-X ϕ20x2,0 dok se kroz pod stambenih jedinica polažu cijevi PE-X

ϕ16x2,0. U podžbuknom ormariću također se nalaze ultrazvučni kalorimetri za mjerenje potrošene toplinske energije proizvođača Siemens model 2WR6.

### 6.2. Sustav pripreme potrošne tople vode

Priprema potrošne tople vode u zgradi ostvaruje se akumulacijskim sustavom. Potrošna topla voda zagrijava se u dva spremnika CAS-S 801 proizvođača Centrometal. Svaki spremnik kapaciteta 740 l ima po jednu izmjenjivačku površinu kroz koji struji ogrjevna voda pripremljena na dizalici topline. Ogrjevna voda za zagrijavanje PTV-a odvaja se na troputnom razdjelnom ventilu. U spremniku se održava temperatura od 60°C kako bi se spriječila pojava bakterija. Kako bi se osigurala topla voda odmah po otvaranju izljevnog mjesta u sustav pripreme PTV-a ugrađuje se recirkulacijska pumpa. U sustav je ugrađena recirkulacijska pumpa Comfort UP15-14B PM proizvođača Grundfos koja se uključuje periodički kako bi se hladna voda iz cijevi pomiješala s toplom vodom iz spremnika. Pri ulasku u svaku vlasničku cjelinu nalazi se vodomjer koji mjeri količinu potrošene tople vode.

### 6.3. Regulacija sustava

Za regulaciju primarnog kruga grijanja koristi se EKCC-W centralna upravljačka jedinica proizvođača Daikin. Centralna jedinica upravlja radom svih komponenata u primarnom krugu grijanja. Sustav regulacije primarnog kruga održava konstantnu temperaturu spremnika PTV-a i konstantnu temperaturu u akumulacijskom spremniku. Na centralnu jedinicu priključene su unutarnje jedinice dizalice topline preko RTD-W modula kojima, ovisno o opterećenju, centralna jedinica modulira učin ili ih isključuje iz pogona. Rad vanjskih jedinica kontrolira se u ovisnosti o radu unutarnjih jedinica preko protoka radne tvari. Preko troputnog razdjelnog ventila regulator usmjerava ogrjevnu vodu u akumulacijski međuspremnik ili u spremnik PTV-a ovisno o temperaturi u spremnicima. Za mjerenje temperature koriste se temperaturni osjetnici. Temperatura polaznog voda održava se konstantnom, a ovisno o željenoj temperaturi u prostoriji korisnici termostatskim ventilima povećavaju ili smanjuju protok ogrjevne vode kroz radijatore. Cirkulacijske pumpe sekundarnog kruga pumpaju veću ili manju količinu vode ovisno o potrebi. Recirkulacijska pumpa PTV-a regulira se zasebno periodičkim uključivanjem koje pokreće tajmer. Za učinkovitiji rad sustava kod djelomičnog opterećenja u sekundarni krug ugrađuju se balans ventili. Balans ventili AVS-PV proizvođača Danfoss montiraju se pri dnu svake vertikale u cjevovod povrata i u kombinaciji s Danfossovim MSV-F2 ventilom montiranim u polaz održavaju sustav hidraulički uravnotežen i kod djelomičnog opterećenja.

# 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu izrađeno je rješenje grijanja stambeno-poslovne zgrade dizalicom topline zrak-voda. Oprema je dimenzionirana prema projektnim toplinskim gubicima dobivenim prema normi HRN EN 12831. Ukupna godišnja potrebna energija za grijanje izračunata je prema Algoritmu za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 i iznosi 17 kWh/m$^2$a poslovnog prostora i 24 kWh/m$^2$a stambenog prostora. Ukupna godišnja potrebna energija za pripremu potrošne tople vode iznosi 36480 kWh/a. Sustavom radijatorskog grijanja omogućuje se komfor u zgradi, a uporabom dizalice topline smanjuju se pogonski troškovi sustava grijanja u odnosu na konvencionalne sustave. Akumulacijski sustav pripreme PTV-a omogućuje jednostavno pokrivanje vršnih potreba za toplom vodom u zgradi. Priključenjem sustava pripreme PTV-a na visokotemperaturnu dizalicu topline smanjuju se potrebne količine energije za pripremu PTV-a u odnosu na klasične sustave. Prema izračunatoj godišnjoj potrebnoj energiji za grijanje i pripremu PTV-a (ukupno 97772 kWh/a) i sezonskom koeficijentu učinkovitosti dizalice topline (2,41) dobiva se da je potrebno uložiti 40569 kWh električne energije tijekom jedne godine za ostvarivanje komfora u zgradi. Ugradnja kalorimetara i vodomjera pruža mogućnost individualnog mjerenja potrošnje svake vlasničke cjeline i mogućnost korisnicima zgrade plaćanje stvarne potrošene energije.

# POPIS LITERATURE

[1] Greengauge, https://ggbec.co.uk/quick-guide-overheating-thermal-comfort

[2] CroatianClimateChangePanel, http://www.cccp.com.hr

[3] Aiwasun Green Technologies, http://www.aiwasun.com

[4] HRN EN 12831

[5] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama

[6] „Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama“

[7] Soldo, Novak, Horvat, „Algoritam za proračun energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790“, Zagreb, svibanj 2017

[8] Dović, Horvat, Rodić, Soldo, Švaić, „Algoritam za određivanje energetskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama“, Zagreb, svibanj 2017

[9] Purmo Radson, https://www.radson.com

[10] Vogel&Noot, ttps://www.vogelundnoot.com

[11] IVAR Hydronic components & systems, https://www.ivar-group.com

[12] Pipelife, https://www.pipelife.hr

[13] Daikin, https://www.daikin.hr

[14] Centrometal, https://www.centrometal.hr

[15] Grundfos, https://hr.grundfos.com/

[16] Flamco, https://flamcogroup.com

[17] I.Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Grijanje“, FSB, Zagreb

[18] Ti-san, http://www.ti-san.hr/prodajni-program/kalorimetri/

[19] Recknagel, Spenger, Schramek, Čeperković, „Grejanje i klimatizacija“, Interklima, Vrnjačka Banja, 2004

[20] Ikoma, https://www.ikoma.hr/hr/vodovodni-materijal/vodomjeri

**Prilog 1. – Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831**

**-proračun prikazan za karakterističan kat**

**KARAKTERISTIČAN KAT**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 21 | | |
| Prostorija | | | 1 | | |
| Oznaka prostorije | | | 211 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 20 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 7,7 | m | |
| Duljina | | l | 4,5 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 102,218 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 34,65 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | S | 2,4 | 2,2 | 5,28 | 1,1 | 1 | 5,808 |
| VZ | Vanjski zid | S | 8,2 | 3,15 | 20,55 | 0,2 | 1 | 4,11 |
| P | Prozor | Z | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | Z | 5,1 | 3,15 | 13,425 | 0,2 | 1 | 2,685 |
| BV | Balkonska vrata | J | 3,9 | 2,75 | 10,725 | 1,1 | 1 | 11,7975 |
| VZ | Vanjski zid | J | 5 | 3,15 | 5,025 | 0,2 | 1 | 1,005 |
| Suma svih elemenata | | | | ΣA_k*U_k*e_k | | W/K | | 28,3095 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMU | Vanjski zid-vertikalno | S | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | S | 9,2 | 0,12 | 1 | 1,104 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | Z | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMB | Balkonska vrata(donji dio) | J | 3,9 | 0,13 | 1 | 0,507 |
| TMB | Balkonska vrata(gornji+bočni dio) | J | 9,4 | 0,12 | 1 | 1,128 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 18,3 | 0,33 | 1 | 6,039 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 18,3 | 0,33 | 1 | 6,039 |
| Suma toplinskih mostova | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | [W/K] | | 16,31025 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 44,61975 |

| Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | J | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,2174 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji debeli zid | J | 3 | 2,95 | 7,09 | 0,7 | 0,2174 | 1,078913043 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | [W/K] | 1,538043478 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 1062 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 400 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 51,11 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 51,11 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 18,4 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 208 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 1669 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 21 | | |
| Prostorija | | | 2 | | |
| Oznaka prostorije | | | 212 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | ϑ_int | 20 | °C | |
| Projektna vanjska temperatura | | ϑ_e | -3 | °C | |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 4,5 | m | |
| Duljina | | l | 3,1 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 41,1525 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 13,95 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | Z | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | Z | 3,7 | 3,15 | 9,015 | 0,2 | 1 | 1,803 |
| VZ | Vanjski zid | J | 4,8 | 3,15 | 15,12 | 0,2 | 1 | 3,024 |
| VZ | Vanjski zid | S | 5 | 3,15 | 15,75 | 0,2 | 1 | 3,15 |
| Suma svih elemenata | | | | ΣA_k*U_k*e_k | | W/K | | 10,881 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMU | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | Z | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 13,5 | 0,33 | 1 | 4,455 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 13,5 | 0,33 | 1 | 4,455 |
| Suma toplinskih mostova | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | | W/K | 10,40325 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 21,28425 |

| Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | I | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,2174 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | I | 1 | 2,95 | 1,19 | 0,7 | 0,2174 | 0,181086957 |
| UDZ | Unutarnji zid | I | 2 | 2,95 | 5,9 | 0,7 | -0,174 | -0,71826087 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 0,640217391 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 504 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | 161 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | V_i | 20,58 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | V_min | 20,58 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | V_inf | 7,407 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | |
| | e_i | 0,03 | | | |
| | ε_i | 1 | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 83,7 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 749 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 21 | | |
| Prostorija | | | 3 | | |
| Oznaka prostorije | | | 213 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | ϑ_int | 24 | °C | |
| Projektna vanjska temperatura | | ϑ_e | -3 | °C | |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3 | m | |
| Duljina | | l | 2 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 17,7 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 6 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 1,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | S | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 1,2 | 0,3913 | 0,723130435 |
| UTZ | Pregradni zid | S | 3 | 2,95 | 7,31 | 1 | 0,3913 | 2,860434783 |
| UDZ | Unutarnji zid | Z | 2 | 2,95 | 5,9 | 0,7 | 0,1739 | 0,71826087 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 4,301826087 |

| **Transmisijski gubici kroz negrijane prostore** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | I | 2 | 2,95 | 5,9 | 0,7 | 0,4 | 1,652 |
| Suma svih elemenata | | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | W/K | 1,652 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| KPZ | Kut pregradnog zid | SI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,4 | 0,33 | 0,4 | 0,3168 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,4 | 0,33 | 0,4 | 0,3168 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 0,7218 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 2,3738 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | 180 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 244 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 26,55 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 26,55 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 3,186 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
| | | Φ_RH | 36 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| | | |
|---|---|---|
| Projektni toplinski gubici prostorije | 460 | W |

---

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 21 | | |
| Prostorija | | | 4 | | |
| Oznaka prostorije | | | 204 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 15 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3 | m | |
| Duljina | | l | 5,1 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 45,135 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 15,3 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| BV | Balkonska vrata | Z | 1,6 | 2,75 | 4,4 | 1,1 | 1 | 4,84 |
| VZ | Vanjski zid | Z | 2,2 | 3,15 | 2,53 | 0,2 | 1 | 0,506 |
| Suma svih elemenata | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | W/K | | 5,346 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMB | Balkonska vrata(donji dio) | Z | 1,6 | 0,13 | 1 | 0,208 |
| TMB | Balkonska vrata(gornji+bočni dio) | Z | 6,4 | 0,12 | 1 | 0,768 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,2 | 0,33 | 1 | 0,726 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,2 | 0,33 | 1 | 0,726 |
| Suma toplinskih mostova | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | | W/K | 2,491 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 7,837 |

| Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | S | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | -0,217 | -0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 5,1 | 2,95 | 13,285 | 0,7 | -0,217 | -2,021630435 |
| V | Vrata | Z | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | -0,217 | -0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | Z | 1 | 2,95 | 1,19 | 0,7 | -0,217 | -0,181086957 |
| V | Vrata | J | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 1,2 | -0,174 | -0,321391304 |
| UTZ | Pregradni zid | J | 3 | 2,95 | 7,31 | 1 | -0,174 | -1,271304348 |
| Suma svih elemenata | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | | -4,713673913 |

| Transmisijski gubici kroz negrijane prostore | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 1,9 | 2,95 | 5,605 | 0,7 | 0,4 | 1,5694 |
| Suma svih elemenata | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | | 1,5694 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,2 | 0,33 | 0,4 | 0,2904 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,2 | 0,33 | 0,4 | 0,2904 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 0,669 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 2,2384 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | 97 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | 138 | W | |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | V_i | 22,57 | m3/h | |
| V_min=n_min*V_prostorije | | V_min | 22,57 | m3/h | |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | V_inf | 8,124 | m3/h | |
| n_50 | 3 | | | | |
| e_i | 0,03 | | | | |
| ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ponovno zagrijavanje prostorije | | f_RH | 6 | W/m$^2$ | |
| Φ_RH | 91,8 | W | | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| | | |
|---|---|---|
| Projektni toplinski gubici prostorije | 326 | W |

**Ukupni gubici stana 1**

| | | |
|---|---|---|
| Ukupni gubici stana 1 | 3204 | W |

---

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | Split-Marjan | | |
| Kat | | 2 | | |
| Stan | | 22 | | |
| Prostorija | | 1 | | |
| Oznaka prostorije | | 221 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | ϑ_int | 20 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | |
| Visina | h | 2,95 | m | |
| Širina | š | 4,5 | m | |
| Duljina | l | 7,8 | m | |
| Volumen prostorije | V_int | 103,545 | m3 | |
| Površina poda | A_pod | 35,1 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | e_k | 1 | | |

| Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | Z | 2,3 | 2,2 | 5,06 | 1,1 | 1 | 5,566 |
| VZ | Vanjski zid | Z | 8,4 | 3,15 | 21,4 | 0,2 | 1 | 4,28 |
| P | Prozor | J | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | J | 4,9 | 3,15 | 12,795 | 0,2 | 1 | 2,559 |
| BV | Balkonska vrata | S | 4,5 | 2,75 | 12,375 | 1,1 | 1 | 13,6125 |
| ZV | Vanjski zid | S | 5 | 3,15 | 3,375 | 0,2 | 1 | 0,675 |
| Suma svih elemenata | | | | ΣA_k*U_k*e_k | | W/K | | 29,5965 |

| Oznaka | Toplinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMU | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji +bočni dio) | Z | 9 | 0,12 | 1 | 1,08 |
| TMP | Prozor (donji+gornji +bočni dio) | J | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMB | Balkonska vrata(donji dio) | S | 4,5 | 0,13 | 1 | 0,585 |
| TMB | Balkonska vrata(gornji+bočni dio) | S | 10 | 0,12 | 1 | 1,2 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 18,4 | 0,33 | 1 | 6,072 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 18,4 | 0,33 | 1 | 6,072 |
| Suma toplinskih mostova Σ ψ_k*l_k*e_k | | | | | W/K | 16,50225 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 46,09875 |

| Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | I | 1,5 | 2,2 | 3,3 | 1,2 | 0,217391 | 0,860869565 |
| UDZ | Unutarnji zid | I | 3 | 2,95 | 5,55 | 0,7 | 0,217391 | 0,844565217 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,705434783 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 1099 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 405 | W/K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 51,7725 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 51,7725 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 18,6381 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 210,6 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 1715 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 22 | | |
| Prostorija | | | 2 | | |
| Oznaka prostorije | | | 222 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | ϑ_int | 20 | °C | |
| Projektna vanjska temperatura | | ϑ_e | -3 | °C | |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3,37 | m | |
| Duljina | | l | 4,5 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 44,73675 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 15,165 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | J | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | J | 3,57 | 3,15 | 8,6055 | 0,2 | 1 | 1,7211 |
| Suma svih elemenata | | | | ΣA_k*U_k*e_k | | W/K | | 4,6251 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | J | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 3,57 | 0,33 | 1 | 1,1781 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 3,57 | 0,33 | 1 | 1,1781 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 4,4007 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 9,0258 |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | S | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,217391 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 3,37 | 2,95 | 8,1815 | 0,7 | 0,217391 | 1,24501087 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,704141304 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 247 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | 23 | W | |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | V_i | 22,36838 | m3/h | |
| V_min=n_min*V_prostorije | | V_min | 22,36838 | m3/h | |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | V_inf | 8,052615 | m3/h | |
| n_50 | 3 | | | | |
| e_i | 0,03 | | | | |
| ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ | |
| | | Φ_RH | 90,99 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| | | |
|---|---|---|
| Projektni toplinski gubici prostorije | 361 | W |

---

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 22 | | |
| Prostorija | | | 3 | | |
| Oznaka prostorije | | | 223 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 20 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |

| Geometrija | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 2,92 | m | |
| Duljina | | l | 4,5 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 38,763 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 13,14 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | J | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | J | 3,12 | 3,15 | 7,188 | 0,2 | 1 | 1,4376 |
| Suma svih elemenata | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | W/K | | 4,3416 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | J | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 3,12 | 0,33 | 1 | 1,0296 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 3,12 | 0,33 | 1 | 1,0296 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 4,1037 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 8,4453 |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | S | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,217391 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 2,92 | 2,95 | 6,854 | 0,7 | 0,217391 | 1,043 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,502130435 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 229 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | 152 | W |
|---|---|---|---|---|---|
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | V_i | 19,3815 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | V_min | 19,3815 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | V_inf | 6,97734 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | |
| | e_i | 0,03 | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 78,84 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 459 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 22 | | |
| Prostorija | | | 4 | | |
| Oznaka prostorije | | | 224 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | ϑ_int | 20 | °C | |
| Projektna vanjska temperatura | | ϑ_e | -3 | °C | |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3,12 | m | |
| Duljina | | l | 4,5 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 41,418 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 14,04 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | J | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | J | 3,42 | 3,15 | 8,133 | 0,2 | 1 | 1,6266 |
| Suma svih elemenata | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | W/K | | 4,5306 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | J | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 3,42 | 0,33 | 1 | 1,1286 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 3,42 | 0,33 | 1 | 1,1286 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Suma toplinskih mostova | Σ ψ_k*l_k*e_k | W/K | 4,3017 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | 8,8323 |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | S | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,217391 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 0,8 | 2,95 | 0,6 | 0,7 | 0,217391 | 0,091304348 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 0,550434783 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 216 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 162 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 20,709 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 20,709 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 4,97016 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,02 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
| | | Φ_RH | 84,24 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| | | |
|---|---|---|
| Projektni toplinski gubici prostorije | 378 | W |

---

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 22 | | |
| Prostorija | | | 5 | | |
| Oznaka prostorije | | | 225 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 20 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 2,1 | m | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Duljina | | | l | 0,9 | m | |
| Volumen prostorije | | | V_int | 5,5755 | m3 | |
| Površina poda | | | A_pod | 1,89 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | | n_min | 1,5 | | |
| Faktor izloženosti | | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | Z | 0,6 | 2,2 | 1,2 | 1,2 | 0,217391 | 0,313043478 |
| UTZ | Pregradni zid | Z | 0,9 | 2,95 | 1,455 | 1 | 0,217391 | 0,316304348 |
| UTZ | Pregradni zid | J | 2,1 | 2,95 | 6,195 | 1 | 0,217391 | 1,34673913 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 0,629347826 |

| **Transmisijski gubici kroz negrijane prostore** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 2,1 | 2,95 | 6,195 | 0,7 | 0,4 | 1,7346 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,7346 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,4 | 0,33 | 0,4 | 0,3168 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,4 | 0,33 | 0,4 | 0,3168 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 0,7218 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 2,4564 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | 71 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | 65 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | V_i | 8,36325 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | V_min | 8,36325 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | V_inf | 0,66906 | m3/h |
| n_50 | 3 | | | | |
| e_i | 0,02 | | | | |
| ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 11,34 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 148 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 22 | | |
| Prostorija | | | 6 | | |
| Oznaka prostorije | | | 226 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 24 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3 | m | |
| Duljina | | l | 2,2 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 19,47 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 6,6 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 1,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| VZ | Vanjski zid | Z | 2,4 | 3,15 | 7,56 | 0,2 | 1 | 1,512 |
| Suma svih elemenata | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | W/K | | 1,512 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SJ | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,4 | 0,33 | 1 | 0,792 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,4 | 0,33 | 1 | 0,792 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 2,22975 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 3,74175 |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V | Vrata | J | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 1,2 | 0,217391 | 0,40173913 |
| UTZ | Pregradni zid | J | 3 | 2,95 | 7,31 | 1 | 0,217391 | 1,589130435 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,990869565 |

| **Transmisijski gubici kroz negrijane prostore** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | I | 2 | 2,95 | 5,9 | 0,7 | 0,4 | 1,652 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,652 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,6 | 0,33 | 0,4 | 0,3432 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,6 | 0,33 | 0,4 | 0,3432 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 0,7746 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 2,4266 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | 220 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 268 | W |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 29,205 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 29,205 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 3,5046 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 39,6 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 528 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 22 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Prostorija | | | 7 | | |
| Oznaka prostorije | | | 227 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 15 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 7,2 | m | |
| Duljina | | l | 3 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 63,72 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 21,6 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

**Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | Z | 1,5 | 2,2 | 3,3 | 1,2 | -0,21739 | -0,860869565 |
| UDZ | Unutarnji zid | Z | 3 | 2,95 | 5,55 | 0,7 | -0,21739 | -0,844565217 |
| V | Vrata | J | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | -0,21739 | -0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 3,37 | 2,95 | 8,1815 | 0,7 | -0,21739 | -1,24501087 |
| V | Vrata | J | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | -0,21739 | -0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 2,92 | 2,95 | 6,854 | 0,7 | -0,21739 | -1,043 |
| V | Vrata | J | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | -0,21739 | -0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 0,8 | 2,95 | 0,6 | 0,7 | -0,21739 | -0,091304348 |
| V | Vrata | I | 0,6 | 2,2 | 1,32 | 1,2 | -0,21739 | -0,344347826 |
| UTZ | Pregradni zid | I | 0,9 | 2,95 | 1,335 | 1 | -0,21739 | -0,290217391 |
| V | Vrata | S | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 1,2 | -0,3913 | -0,723130435 |
| UTZ | Pregradni zid | S | 3 | 2,95 | 7,31 | 1 | -0,3913 | -2,860434783 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | -9,680271739 |

**Transmisijski gubici kroz negrijane prostore**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 4 | 2,95 | 11,8 | 0,7 | 0,4 | 3,304 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 3,304 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 4,3 | 0,33 | 0,4 | 0,5676 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 4,3 | 0,33 | 0,4 | 0,5676 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Suma toplinskih mostova | Σ ψ_k*l_k*e_k | W/K | 1,2234 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | 4,5274 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | -93 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 195 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 31,86 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 31,86 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 11,4696 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
| | | Φ_RH | 129,6 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| | | |
|---|---|---|
| Projektni toplinski gubici prostorije | 232 | W |

**Ukupni gubici stana 2**

| | | |
|---|---|---|
| **Ukupni gubici stana 2** | **3820** | **W** |

---

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 23 | | |
| Prostorija | | | 1 | | |
| Oznaka prostorije | | | 231 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 20 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 4,5 | m | |
| Duljina | | l | 7,8 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 103,545 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 35,1 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | I | 2,3 | 2,2 | 5,06 | 1,1 | 1 | 5,566 |
| VZ | Vanjski zid | I | 8,4 | 3,15 | 21,4 | 0,2 | 1 | 4,28 |
| P | Prozor | J | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | J | 4,9 | 3,15 | 12,795 | 0,2 | 1 | 2,559 |
| BV | Balkonska vrata | S | 4,5 | 2,75 | 12,375 | 1,1 | 1 | 13,6125 |
| VZ | Vanjski zid | S | 4,8 | 3,15 | 2,745 | 0,2 | 1 | 0,549 |
| Suma svih elemenata | | | | ΣA_k*U_k*e_k | | W/K | | 29,4705 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMU | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | I | 9 | 0,12 | 1 | 1,08 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | J | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMB | Balkonska vrata(donji dio) | S | 4,5 | 0,13 | 1 | 0,585 |
| TMB | Balkonska vrata(gornji+bočni dio) | S | 10 | 0,12 | 1 | 1,2 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 18,3 | 0,33 | 1 | 6,039 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 18,3 | 0,33 | 1 | 6,039 |
| Suma toplinskih mostova Σ ψ_k*l_k*e_k | | | | | W/K | 16,43625 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 45,90675 |

| Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | Z | 1,5 | 2,2 | 3,3 | 1,2 | 0,217391 | 0,860869565 |
| UDZ | Unutarnji zid | Z | 3 | 2,95 | 5,55 | 0,7 | 0,217391 | 0,844565217 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,705434783 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 1095 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | 405 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | V_i | 51,7725 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | V_min | 51,7725 | m3/h |

| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 18,6381 | m3/h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 210,6 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 1711 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 23 | | |
| Prostorija | | | 2 | | |
| Oznaka prostorije | | | 232 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | ϑ_int | 20 | °C | |
| Projektna vanjska temperatura | | ϑ_e | -3 | °C | |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3,43 | m | |
| Duljina | | l | 4,5 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 45,53325 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 15,435 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | J | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | J | 3,63 | 3,15 | 8,7945 | 0,2 | 1 | 1,7589 |
| Suma svih elemenata | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | W/K | | 4,6629 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | J | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 3,63 | 0,33 | 1 | 1,1979 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 3,63 | 0,33 | 1 | 1,1979 |
| Suma toplinskih mostova<br>Σ ψ_k*l_k*e_k W/K | | | | | | 4,4403 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 9,1032 |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | S | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,217391 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 3,43 | 2,95 | 8,3585 | 0,7 | 0,217391 | 1,271945652 |
| Suma svih elemenata Σ A_k*U_k*f_ij W/K | | | | | | | | 1,731076087 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 249 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 178 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 22,76663 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 22,76663 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 5,46399 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,02 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 92,61 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 520 | W |
|---|---|---|

---

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 23 | | |
| Prostorija | | | 3 | | |
| Oznaka prostorije | | | 233 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 20 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |

| Geometrija | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3,26 | m | |
| Duljina | | l | 4,5 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 43,2765 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 14,67 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | J | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | J | 3,56 | 3,15 | 8,574 | 0,2 | 1 | 1,7148 |
| Suma svih elemenata | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | | W/K | 4,6188 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | J | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 3,12 | 0,33 | 1 | 1,0296 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 3,12 | 0,33 | 1 | 1,0296 |
| Suma toplinskih mostova Σ ψ_k*l_k*e_k | | | | | W/K | 3,52095 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 8,13975 |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | S | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,217391 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 3,26 | 2,95 | 7,857 | 0,7 | 0,217391 | 1,195630435 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,65476087 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 225 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | 169 | W |
|---|---|---|---|---|---|
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | V_i | 21,63825 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | V_min | 21,63825 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | V_inf | 5,19318 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | |
| | e_i | 0,02 | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 88,02 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 483 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 23 | | |
| Prostorija | | | 4 | | |
| Oznaka prostorije | | | 234 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | ϑ_int | 20 | °C | |
| Projektna vanjska temperatura | | ϑ_e | -3 | °C | |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 1,95 | m | |
| Duljina | | l | 0,9 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 5,17725 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 1,755 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 1,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | I | 0,6 | 2,2 | 1,32 | 1,2 | 0,217391 | 0,344347826 |
| UDZ | Unutarnji zid | I | 0,9 | 2,95 | 1,335 | 0,7 | 0,217391 | 0,203152174 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 0,5475 |

| **Transmisijski gubici kroz negrijane prostore** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 1,95 | 2,95 | 5,7525 | 0,7 | 0,4 | 1,6107 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,6107 |
| | | | | | | | | |
| Oznaka | | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tolinski most prema negrijanom prostoru | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,35 | 0,33 | 0,4 | 0,3102 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 3,35 | 0,33 | 0,4 | 0,4422 |
| Suma toplinskih mostova<br>Σ ψ_k*l_k*e_k | | | | | W/K | 0,8406 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 2,4513 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | 69 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 61 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 7,765875 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 7,765875 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 0,62127 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,02 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
| | | Φ_RH | 10,53 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| | | |
|---|---|---|
| Projektni toplinski gubici prostorije | 140 | W |

---

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 23 | | |
| Prostorija | | | 5 | | |
| Oznaka prostorije | | | 235 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 24 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3 | m | |
| Duljina | | l | 2,2 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 19,47 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 6,6 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 1,5 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| VZ | Vanjski zid | I | 2,4 | 3,15 | 7,56 | 0,2 | 1 | 1,512 |
| Suma svih elemenata | | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | W/K | 1,512 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | I | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | I | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,4 | 0,33 | 1 | 0,792 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,4 | 0,33 | 1 | 0,792 |
| Suma toplinskih mostova | | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 1,647 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | | 3,159 |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | J | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 1,2 | 0,391304 | 0,723130435 |
| UTZ | Pregradni zid | J | 3 | 2,95 | 7,31 | 1 | 0,391304 | 2,860434783 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 3,583565217 |

| **Transmisijski gubici kroz negrijane prostore** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | Z | 2,2 | 2,95 | 6,49 | 0,7 | 0,4 | 1,8172 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,8172 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,5 | 0,33 | 0,4 | 0,33 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,5 | 0,33 | 0,4 | 0,33 |
| Suma toplinskih mostova | | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 0,7482 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | | 2,5654 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | 251 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 268 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 29,205 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 29,205 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 3,5046 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
| | | Φ_RH | 39,6 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| | | |
|---|---|---|
| Projektni toplinski gubici prostorije | 559 | W |

---

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 23 | | |
| Prostorija | | | 6 | | |
| Oznaka prostorije | | | 236 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 15 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 4,54 | m | |
| Duljina | | l | 3 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 40,179 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 13,62 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

**Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | I | 1,5 | 2,2 | 3,3 | 1,2 | -0,21739 | -0,860869565 |
| UDZ | Unutarnji zid | I | 3 | 2,95 | 5,55 | 0,7 | -0,21739 | -0,844565217 |
| V | Vrata | J | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | -0,21739 | -0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 1,1 | 2,95 | 1,485 | 0,7 | -0,21739 | -0,225978261 |
| V | Vrata | J | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | -0,21739 | -0,459130435 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UDZ | Unutarnji zid | J | 3,43 | 2,95 | 8,3585 | 0,7 | -0,21739 | -1,271945652 |
| V | Vrata | Z | 0,6 | 2,2 | 1,32 | 1,2 | -0,21739 | -0,344347826 |
| UTZ | Pregradni zid | Z | 0,9 | 2,95 | 1,335 | 1 | -0,21739 | -0,290217391 |
| V | Vrata | S | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 1,2 | -0,3913 | -0,723130435 |
| UTZ | Pregradni zid | S | 3 | 2,95 | 7,31 | 1 | -0,3913 | -2,860434783 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | -8,33975 |

| Transmisijski gubici kroz negrijane prostore | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 1,35 | 2,95 | 3,9825 | 0,7 | 0,4 | 1,1151 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,1151 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 1,65 | 0,33 | 0,4 | 0,2178 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 1,65 | 0,33 | 0,4 | 0,2178 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 0,5238 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 1,6389 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | -121 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | 123 | W |
|---|---|---|---|---|---|
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | V_i | 20,0895 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | V_min | 20,0895 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | V_inf | 4,82148 | m3/h |
| n_50 | 3 | | | | |
| e_i | 0,02 | | | | |
| ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Φ_RH | 81,72 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 84 | W |
|---|---|---|

**Ukupni gubici stana 3**

| **Ukupni gubici stana 3** | **3496** | **W** |
|---|---|---|

---

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 24 | | |
| Prostorija | | | 1 | | |
| Oznaka prostorije | | | 241 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 20 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 7,7 | m | |
| Duljina | | l | 4,5 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 102,2175 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 34,65 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

**Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | S | 2,4 | 2,2 | 5,28 | 1,1 | 1 | 5,808 |
| VZ | Vanjski zid | S | 8,2 | 3,15 | 20,55 | 0,2 | 1 | 4,11 |
| P | Prozor | I | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | I | 5,1 | 3,15 | 13,425 | 0,2 | 1 | 2,685 |
| BV | Balkonska vrata | J | 3,9 | 2,75 | 10,725 | 1,1 | 1 | 11,7975 |
| VZ | Vanjski zid | J | 5 | 3,15 | 5,025 | 0,2 | 1 | 1,005 |
| Suma svih elemenata | | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | W/K | 28,3095 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SZ | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SI | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMU | Vanjski zid-vertikalno | JI | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | S | 9,2 | 0,12 | 1 | 1,104 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | Z | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMB | Balkonska vrata(donji dio) | J | 3,9 | 0,13 | 1 | 0,507 |
| TMB | Balkonska vrata(gornji+bočni dio) | J | 9,4 | 0,12 | 1 | 1,128 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 18,3 | 0,33 | 1 | 6,039 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 18,3 | 0,33 | 1 | 6,039 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 15,7275 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 44,037 |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | J | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,217391 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 3 | 2,95 | 7,09 | 0,7 | 0,217391 | 1,078913043 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,538043478 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 1048 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 400 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 51,10875 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 51,10875 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 18,39915 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 207,9 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 1656 | W |
|---|---|---|

---

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lokacija | | | | Split-Marjan | | |
| Kat | | | | 2 | | |
| Stan | | | | 24 | | |
| Prostorija | | | | 2 | | |
| Oznaka prostorije | | | | 242 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | | ϑ_int | 20 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | | |
| Visina | | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | | š | 4,5 | m | |
| Duljina | | | l | 3,1 | m | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Volumen prostorije | | V_int | 41,1525 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 13,95 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | I | 1,2 | 2,2 | 2,64 | 1,1 | 1 | 2,904 |
| VZ | Vanjski zid | I | 3,7 | 3,15 | 9,015 | 0,2 | 1 | 1,803 |
| VZ | Vanjski zid | J | 5 | 3,15 | 15,75 | 0,2 | 1 | 3,15 |
| VZ | Vanjski zid | S | 5 | 3,15 | 15,75 | 0,2 | 1 | 3,15 |
| Suma svih elemenata | | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | W/K | 11,007 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SI | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JI | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMU | Vanjski zid-vertikalno | J | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMP | Prozor (donji+gornji+bočni dio) | I | 6,8 | 0,12 | 1 | 0,816 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 13,5 | 0,33 | 1 | 4,455 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 13,5 | 0,33 | 1 | 4,455 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 10,40325 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 21,41025 |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | Z | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,217391 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | Z | 1 | 2,95 | 1,19 | 0,7 | 0,217391 | 0,181086957 |
| UZD | Unutarnji zid | Z | 2 | 2,95 | 5,9 | 0,7 | -0,17391 | -0,71826087 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 0,640217391 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | | 507 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 161 | W |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 20,57625 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 20,57625 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 7,40745 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 83,7 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 752 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 24 | | |
| Prostorija | | | 3 | | |
| Oznaka prostorije | | | 243 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | ϑ_int | 24 | °C | |
| Projektna vanjska temperatura | | ϑ_e | -3 | °C | |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3 | m | |
| Duljina | | l | 2 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 17,7 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 6 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 1,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

**Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | S | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 1,2 | 0,391304 | 0,723130435 |
| UTZ | Pregradni zid | S | 3 | 2,95 | 7,31 | 1 | 0,391304 | 2,860434783 |
| UDZ | Unutarnji zid | I | 2 | 2,95 | 5,9 | 0,7 | 0,173913 | 0,71826087 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 3,583565217 |

**Transmisijski gubici kroz negrijane prostore**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | Z | 2 | 2,95 | 5,9 | 0,7 | 0,4 | 1,652 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,652 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,4 | 0,33 | 0,4 | 0,3168 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,4 | 0,33 | 0,4 | 0,3168 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 0,7218 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 2,3738 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | 161 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 244 | W |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 26,55 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 26,55 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 2,124 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,02 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 36 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 441 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 24 | | |
| Prostorija | | | 4 | | |
| Oznaka prostorije | | | 244 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 15 | °C |
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 3 | m | |
| Duljina | | l | 5,1 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 45,135 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 15,3 | m2 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

**Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| BV | Balkonska vrata | I | 1,6 | 2,4 | 3,84 | 1,1 | 1 | 4,224 |
| VZ | Vanjski zid | I | 2,2 | 3,15 | 3,09 | 0,2 | 1 | 0,618 |
| VZ | Vanjski zid | S | 2,3 | 3,15 | 7,245 | 0,2 | 1 | 1,449 |
| Suma svih elemenata | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | | W/K | 6,291 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SI | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JI | 3,15 | 0,01 | 1 | 0,0315 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | SZ | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMV | Vanjski zid-vertikalno | JZ | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMB | Balkonska vrata(donji dio) | I | 1,6 | 0,13 | 1 | 0,208 |
| TMB | Balkonska vrata(gornji+bočni dio) | I | 7,1 | 0,12 | 1 | 0,852 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,2 | 0,33 | 1 | 0,726 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,2 | 0,33 | 1 | 0,726 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 3,8035 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 10,0945 |

**Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | J | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 1,2 | -0,3913 | -0,723130435 |
| UTZ | Pregradni zid | J | 3 | 2,95 | 7,31 | 1 | -0,3913 | -2,860434783 |
| V | Vrata | S | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | -0,21739 | -0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 3 | 2,95 | 7,09 | 0,7 | -0,21739 | -1,078913043 |
| Suma svih elemenata | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | | W/K | -3,583565217 |

**Transmisijski gubici kroz negrijane prostore**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | Z | 3 | 2,95 | 8,85 | 0,7 | 0,5 | 3,0975 |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 2,1 | 2,95 | 6,195 | 0,7 | 0,4 | 1,7346 |
| Suma svih elemenata | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | | W/K | 4,8321 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/m K | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SZ | 3,15 | 0,035 | 0,5 | 0,055125 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JZ | 3,15 | 0,035 | 0,5 | 0,055125 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 3,4 | 0,33 | 0,5 | 0,561 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 3,4 | 0,33 | 0,5 | 0,561 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,3 | 0,33 | 0,4 | 0,3036 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,3 | 0,33 | 0,4 | 0,3036 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 1,88355 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 6,71565 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | 238 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 138 | W |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 22,5675 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 22,5675 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 8,1243 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,03 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 90 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 466 | W |
|---|---|---|

**Ukupni gubici stana 4**

| **Ukupni gubici stana 4** | **3314** | **W** |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 25 | | |
| Prostorija | | | 1 | | |
| Oznaka prostorije | | | 251 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | | ϑ_int | 20 | °C |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Projektna vanjska temperatura | | | ϑ_e | -3 | °C |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 7,7 | m | |
| Duljina | | l | 4,5 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 102,2175 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 34,65 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

**Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | e_k | A_k*U_k*e_k |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| P | Prozor | S | 2,4 | 2,2 | 5,28 | 1,1 | 1 | 5,808 |
| VZ | Vanjski zid | S | 8,2 | 3,15 | 20,55 | 0,2 | 1 | 4,11 |
| BV | Balkonska vrata | I | 4,1 | 2,75 | 11,275 | 1,1 | 1 | 12,4025 |
| VZ | Vanjski zid | I | 5 | 3,15 | 4,475 | 0,6 | 1 | 2,685 |
| Suma svih elemenata | | | ΣA_k*U_k*e_k | | | W/K | | 25,0055 |

| Oznaka | Tolinski most prema vanjskom okolišu | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | e_k | ψ_k*e_k*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| TMP | Prozor (donji+gornji +bočni dio) | S | 9,2 | 0,12 | 1 | 1,104 |
| TMB | Balkonska vrata(donji dio) | I | 4,1 | 0,13 | 1 | 0,533 |
| TMB | Balkonska vrata(gornji+bočni dio) | I | 9,6 | 0,12 | 1 | 1,152 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 13,2 | 0,33 | 1 | 4,356 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 13,2 | 0,33 | 1 | 4,356 |
| TMU | Vanjski zid-vertikalno | S | 3,15 | 0,195 | 1 | 0,61425 |
| TMU | Vanjski zid-vertikalno | JI | 3,15 | 0,1 | 1 | 0,315 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 12,43025 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu | | | | | | 37,43575 |

**Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | J | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | 0,217391 | 0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 1,75 | 2,95 | 3,4025 | 0,7 | 0,217391 | 0,517771739 |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 1,9 | 2,95 | 5,605 | 0,7 | 0,217391 | 0,852934783 |
| Suma svih elemenata | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | | W/K | 1,829836957 |

| Transmisijski gubici kroz negrijane prostore | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 1,75 | 2,95 | 5,1625 | 0,7 | 0,5 | 1,806875 |
| Suma svih elemenata | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | | W/K | 1,806875 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 1,75 | 0,33 | 0,4 | 0,231 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 1,75 | 0,33 | 0,4 | 0,231 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 0,5502 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 2,357075 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | 957 |

**Ventilacijski gubici**

| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 51,10875 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 51,10875 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 12,2661 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,02 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 207,9 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 1565 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 25 | | |
| Prostorija | | | 2 | | |
| Oznaka prostorije | | | 252 | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Projektna unutarnja temperatura | ϑ_int | 24 | °C | |
| Projektna vanjska temperatura | ϑ_e | -3 | °C | |
| Geometrija | | | | |
| Visina | h | 2,95 | m | |
| Širina | š | 1,8 | m | |
| Duljina | l | 3 | m | |
| Volumen prostorije | V_int | 15,93 | m3 | |
| Površina poda | A_pod | 5,4 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | n_min | 1,5 | | |
| Faktor izloženosti | e_k | 1 | | |

**Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | I | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 1,2 | 0,391304 | 0,723130435 |
| UTZ | Pregradni zid | I | 3 | 2,95 | 7,31 | 1 | 0,391304 | 2,860434783 |
| UDZ | Unutarnji zid | Z | 3 | 2,95 | 8,85 | 0,7 | 0,391304 | 2,424130435 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 6,007695652 |

**Transmisijski gubici kroz negrijane prostore**

| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | J | 1,8 | 2,95 | 5,31 | 0,7 | 0,4 | 1,4868 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | 1,4868 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JI | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 2,1 | 0,33 | 0,4 | 0,2772 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 2,1 | 0,33 | 0,4 | 0,2772 |
| Suma toplinskih mostova | | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 0,6426 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | | 2,1294 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | | 220 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | 219 | W/K |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | V_i | 23,895 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | V_min | 23,895 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | V_inf | 1,9116 | m3/h |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,02 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Φ_RH | 32,4 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| Projektni toplinski gubici prostorije | 471 | W |
|---|---|---|

---

| Lokacija | | | Split-Marjan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kat | | | 2 | | |
| Stan | | | 25 | | |
| Prostorija | | | 3 | | |
| Oznaka prostorije | | | 253 | | |
| Projektna unutarnja temperatura | | ϑ_int | 15 | °C | |
| Projektna vanjska temperatura | | ϑ_e | -3 | °C | |
| Geometrija | | | | | |
| Visina | | h | 2,95 | m | |
| Širina | | š | 1,75 | m | |
| Duljina | | l | 3 | m | |
| Volumen prostorije | | V_int | 15,4875 | m3 | |
| Površina poda | | A_pod | 5,25 | m2 | |
| Broj izmjena zraka | | n_min | 0,5 | | |
| Faktor izloženosti | | e_k | 1 | | |

| **Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | f_ij | A_k*U_k*f_ij |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| V | Vrata | S | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,2 | -0,21739 | -0,459130435 |
| UDZ | Unutarnji zid | S | 1,75 | 2,95 | 3,4025 | 0,7 | -0,21739 | -0,517771739 |
| V | Vrata | Z | 0,7 | 3 | 2,1 | 1,2 | -0,3913 | -0,986086957 |
| UTZ | Pregradni zid | Z | 3 | 2,95 | 6,75 | 1 | -0,3913 | -2,641304348 |
| Suma svih elemenata | | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | W/K | -4,604293478 |

| **Transmisijski gubici kroz negrijane prostore** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Građevinski element | Strana svijeta | dužina (l) | širina/visina (h) | A_k | U_k | b_u | A_k*U_k*b_u |
| | | | m | m | m2 | w/m2K | - | W/K |
| UDZ | Unutarnji zid | I | 3 | 2,95 | 8,85 | 0,7 | 0,5 | 3,0975 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UDZ | Unutarnji zid | J | 1,75 | 2,95 | 5,1625 | 0,7 | 0,4 | 1,4455 |
| Suma svih elemenata | | | Σ A_k*U_k*f_ij | | | | W/K | 4,543 |

| Oznaka | Tolinski most prema negrijanom prostoru | Strana svijeta | dužina (l_k) | ψ_k | b_u | ψ_k*b_u*l_k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | W/mK | - | W/K |
| KPZ | Kut pregradnog zid | SI | 3,15 | 0,035 | 0,5 | 0,055125 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JI | 3,15 | 0,035 | 0,5 | 0,055125 |
| KPZ | Kut pregradnog zid | JZ | 3,15 | 0,035 | 0,4 | 0,0441 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 3,4 | 0,33 | 0,5 | 0,561 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 3,4 | 0,33 | 0,5 | 0,561 |
| TMZS | Spoj zid-strop | - | 1,95 | 0,33 | 0,4 | 0,2574 |
| TMZP | Spoj zid-pod | - | 1,95 | 0,33 | 0,4 | 0,2574 |
| Suma toplinskih mostova | | | Σ ψ_k*l_k*e_k | | W/K | 1,79115 |
| Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama | | | | | | 6,33415 |
| Ukupni transmisijski gubici topline | | | | | | 31 |

**Ventilacijski gubici**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilacijski toplinski gubici | | | | | 47 | W |
| V_i=max(V_inf,V_min) | | | | V_i | 7,74375 | m3/h |
| V_min=n_min*V_prostorije | | | | V_min | 7,74375 | m3/h |
| V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i | | | | V_inf | 1,8585 | m3/h |
| | n_50 | 3 | | | | |
| | e_i | 0,02 | | | | |
| | ε_i | 1 | | | | |

**Ponovno zagrijavanje prostorije**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ponovno zagrijavanje prostorije | | | | f_RH | 6 | W/m$^2$ |
| | | Φ_RH | 31,5 | W | | |

**Projektni toplinski gubici prostorije**

| | | |
|---|---|---|
| Projektni toplinski gubici prostorije | 110 | W |

**Ukupni gubici stana 5**

| | | |
|---|---|---|
| **Ukupni gubici stana 5** | **2146** | **W** |

**Prilog 2. – Tehnički crteži**

Prema ogrjevnim tjelima
poslovnog dijela zgrade

Prema ogrjevnim tjelima
stambenog dijela zgrade

55°C

40°C

40°C

55°C

Cu Ø35x1.5
22029 W

Cu Ø54x2
106055 W

ALPHA1 25-60N 130
$V_p$=1,27 m$^3$/h
$H_p$=2,43 m
$P_{el}$=29,39 W (~230V, 50 Hz)

Comfort UP15-14B PM

MAGNA3 32-60N
$V_p$=6,1 m$^3$/h
$H_p$=3,1 m
$P_{el}$=94,55 W (~230V, 50 Hz)

60°C

60°C

Spremnik PTV-a
CAS-S 801 $V_s$=940 l

Spremnik PTV-a
CAS-S 801 $V_s$=940 l

55°C

Spremnik ogrjevne vode
CAS 1001 $V_s$=940 l

DN50

DN50

80°C
60°C

DN50

DN40

DN40

DN50

DN25

Membranska ekspanzijska
posuda Flexcon 800 $V_e$=800 l

Centralna upravljačka
jedinica EKCC-W

DN32

DN32

DN32

DN32

RTD-W Modul

RTD-W Modul

RTD-W Modul

RTD-W Modul

Ø9.5/Ø15.9

Unutarnja jedinica EKHBRD 016AY17 x4

Vanjske jedinice EMRQ 16 AB x4

Ø12.7/Ø28.6

Ø12.7/Ø28.6

Legenda:

- ΣV -vodomjer
- -zaporni ventil
- -hvatač nečistoća
- -nepovratni ventil
- -troputni razdjelni ventil
- - termostatski ventil
- -temperaturni osjetnik
- -izljevno mjesto
- -sigurnosni ventil ventil
- -povratni vod ogrjevne vode
- -polazni vod ogrjevne vode i PTV-a
- -polazni cjevovod plinovite radne tvari
- -povratni cjevovod ukapljene radne tvari
- -recirkulacijski cjevovod
- -veze sustava regulacije

| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|---|---|---|---|
| Projektirao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Razradio | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Crtao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Pregledao | | prof.dr.sc. Igor Balen | |
| Voditelj rada | | prof.dr.sc. Igor Balen | |

FSB Zagreb

Proceno-energetski
Završni rad

Naziv: Funkcionalna shema spajanja i automatske regulacije

Crtež broj: 02-19-01

Format: A2 | Listova: 7 | List: 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab




Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna tople vode

-zaporni ventil

-kalorimetar

-balans ventili

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø16x2,0 u stambenom dijelu zgrade , u poslovnom prostoru su PE-X Ø20x2,0

| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|---|---|---|---|
| Projektirao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Razradio | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Crtao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Pregledao | | prof.dr.sc. Igor Balen | |
| Voditelj rada | | prof.dr.sc. Igor Balen | |

FSB Zagreb

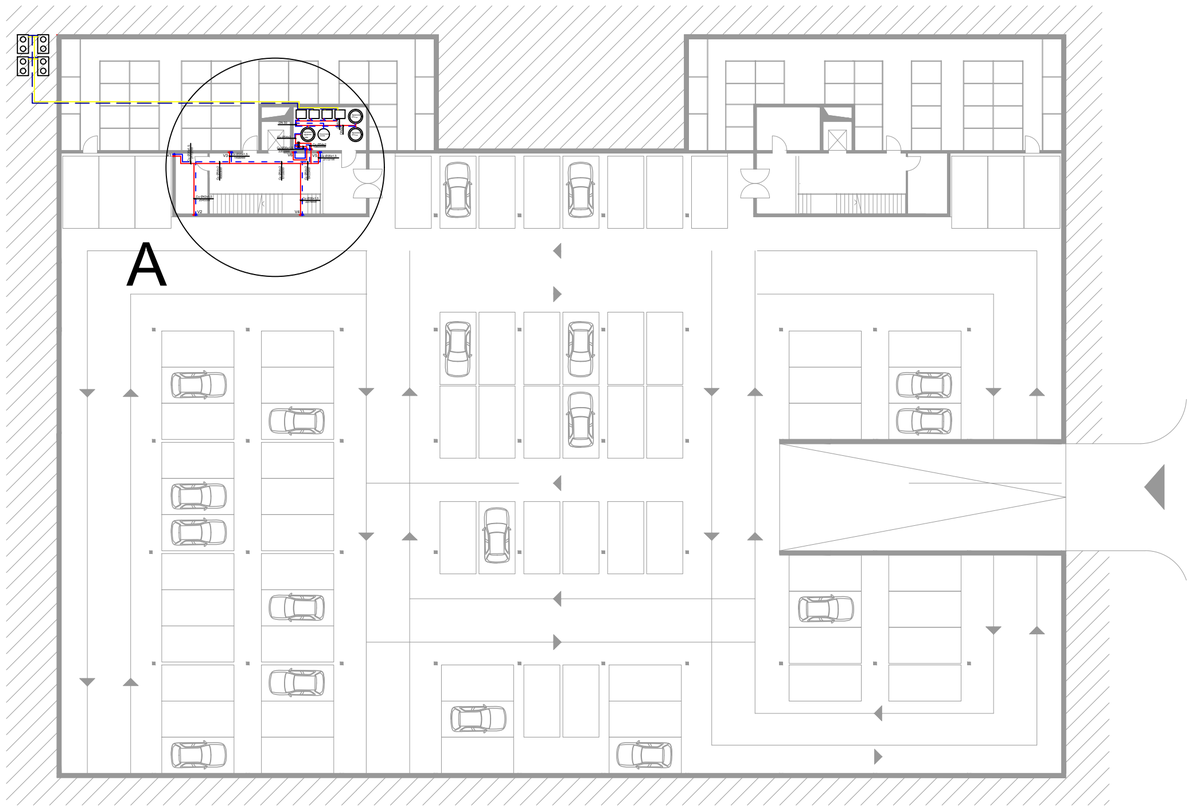
Proceno-energetski Završni rad

Naziv: Shema spajanja usponskih vodova

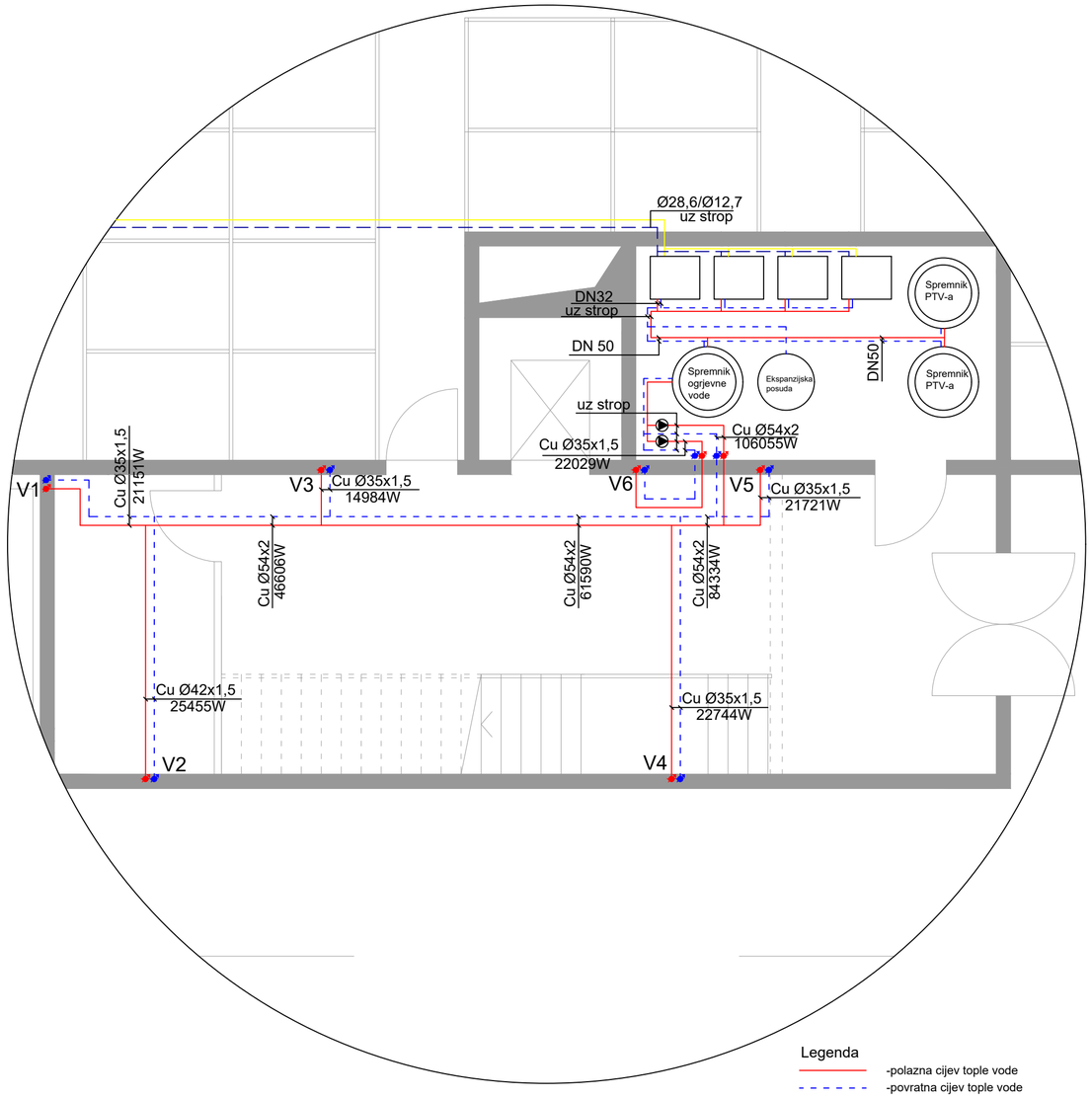
Crtež broj: 02-19-02

Format: A2 | Listova: 7 | List: 2

Design by CADLab




A 5:1




Legenda

- -polazna cijev tople vode
- -povratna cijev tople vode
- -polazni cjevovod plinovite radne tvari
- -povratni cjevovod ukapljene radne tvari

Napomena
-sve cijevi van strojarnice nalaze se pod stropom

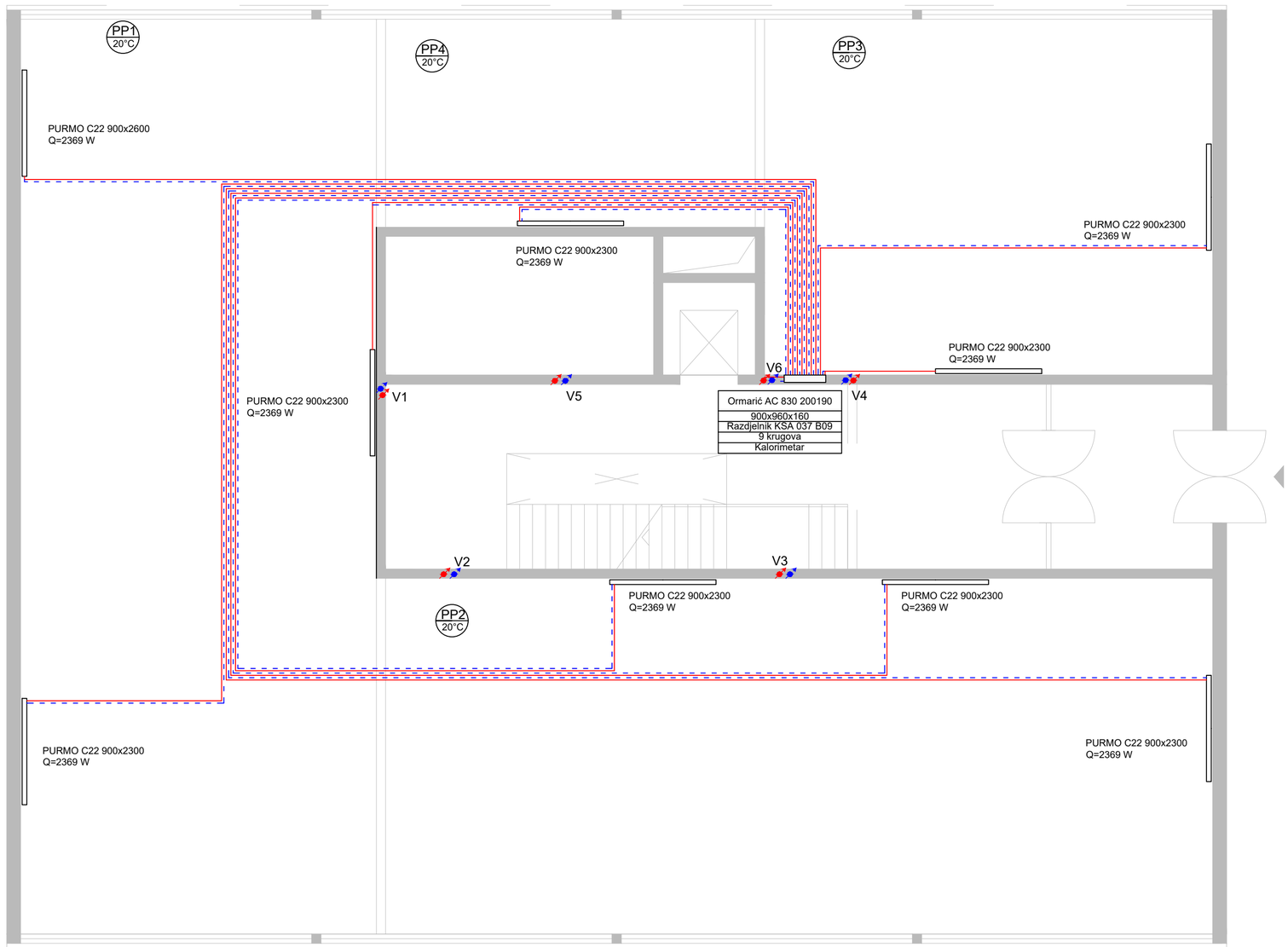
| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|---|---|---|---|
| Projektirao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Razradio | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Crtao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Pregledao | | prof.dr.sc. Igor Balen | |
| Voditelj rada | | prof.dr.sc. Igor Balen | |

FSB Zagreb

| | | | |
|---|---|---|---|
| Objekt: | | Objekt broj: | |
| | | R. N. broj: | |
| Napomena: | | Procesno-energetski | Kopija |
| Materijal: | Masa: | Završni rad | |
| Mjerilo originala 1:80 | Naziv: Tlocrt podruma - dispozicija opreme | Pozicija: | Format: A2 |
| | Crtež broj: 02-19-3 | | Listova: 7 |
| | | | List: 3 |

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab




Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna cijev tople vode

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø20x2,0

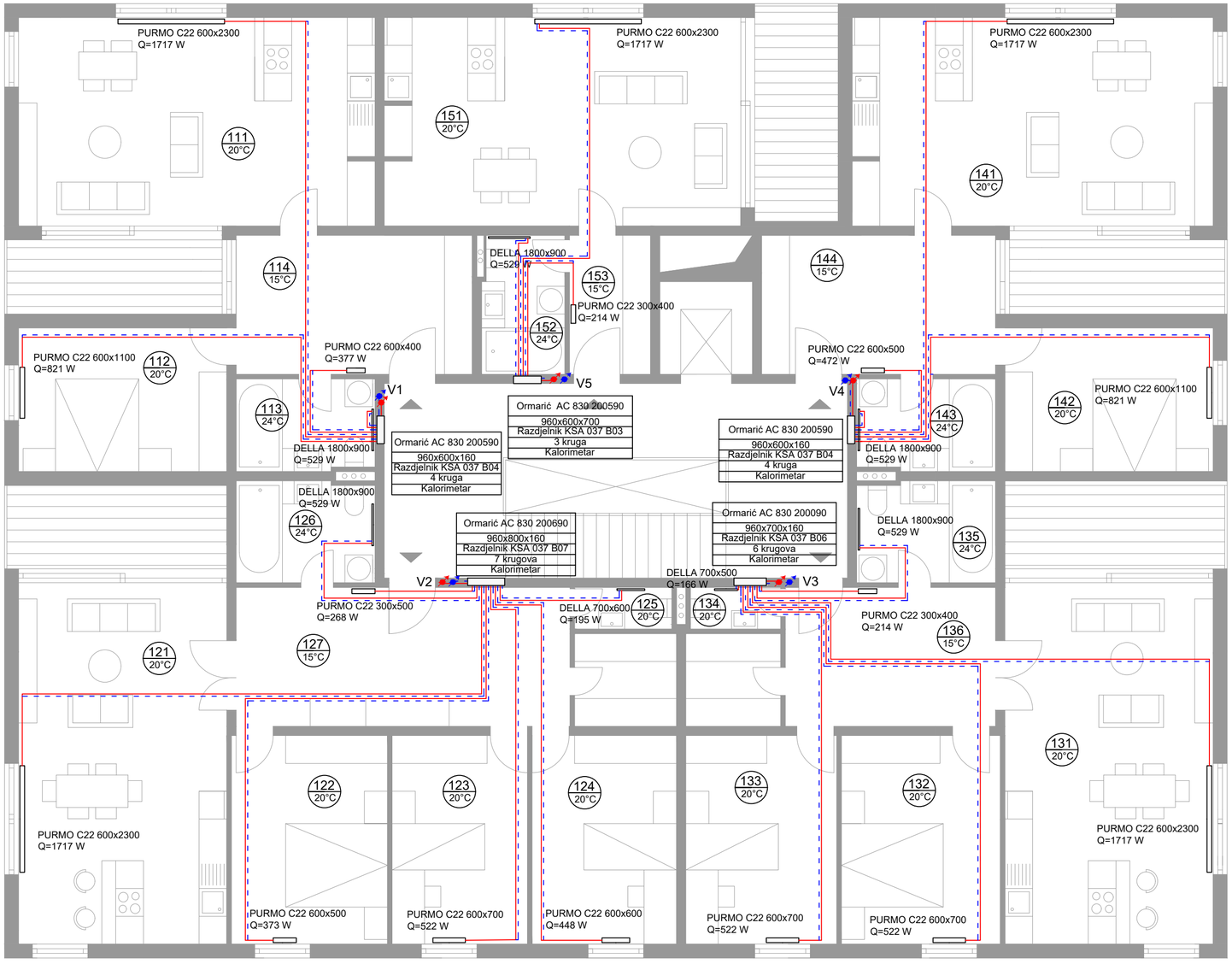
| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|---|---|---|---|
| Projektirao | 22.02.2019. | Stjepan Herceg | |
| Razradio | 22.02.2019. | Stjepan Herceg | |
| Crtao | 22.02.2019. | Stjepan Herceg | |
| Pregledao | | prof.dr.sc. Igor Balen | |
| Voditelj rada | | prof.dr.sc. Igor Balen | |

FSB Zagreb

| | |
|---|---|
| Objekt: | Objekt broj: |
| | R. N. broj: |
| Napomena: | Procesno-energetski |
| Materijal: | Masa: |
| | Završni rad |
| Mjerilo originala 1:80 | Naziv: Tlocrt prizemlja - dispozicija opreme |
| | Pozicija: |
| | Crtež broj: 02-19-04 |
| | Kopija |
| | Format: A2 |
| | Listova: 7 |
| | List: 4 |

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100




Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna cijev tople vode

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø16x2,0

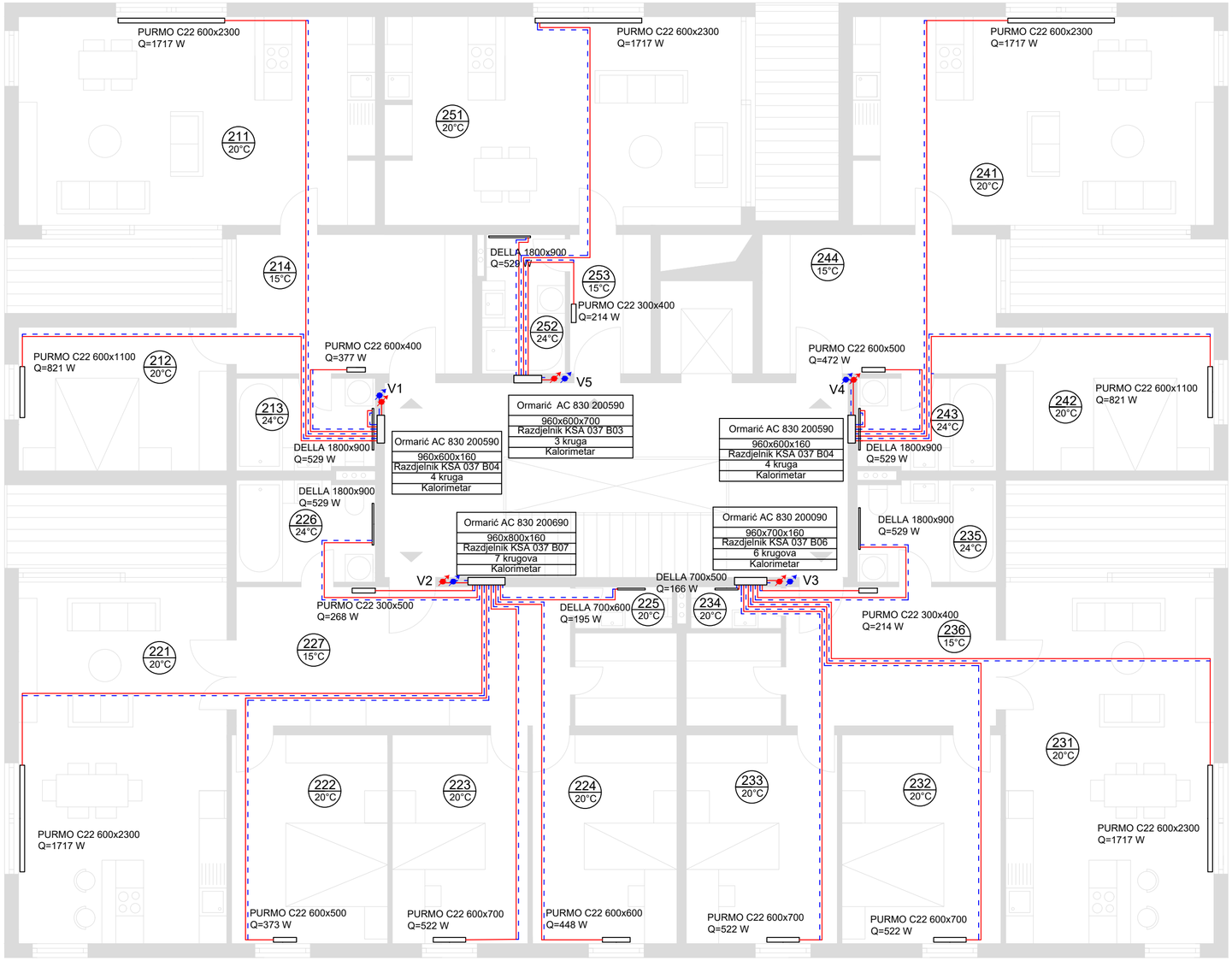
| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|---|---|---|---|
| Projektirao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Razradio | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Crtao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Pregledao | | prof.dr.sc. Igor Balen | |
| Voditelj rada | | prof.dr.sc. Igor Balen | |

FSB Zagreb

| | |
|---|---|
| Objekt: | Objekt broj: |
| | R. N. broj: |
| Napomena: | Procesno-energetski |
| Materijal: | Masa: Završni rad |
| Mjerilo originala 1:80 | Naziv: Tlocrt 1. kata - dispozicija opreme |
| Pozicija: | Kopija |
| Format: A2 | Listova: 7 |
| Crtež broj: 02-19-05 | List: 5 |

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab




Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna cijev tople vode

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø16x2,0

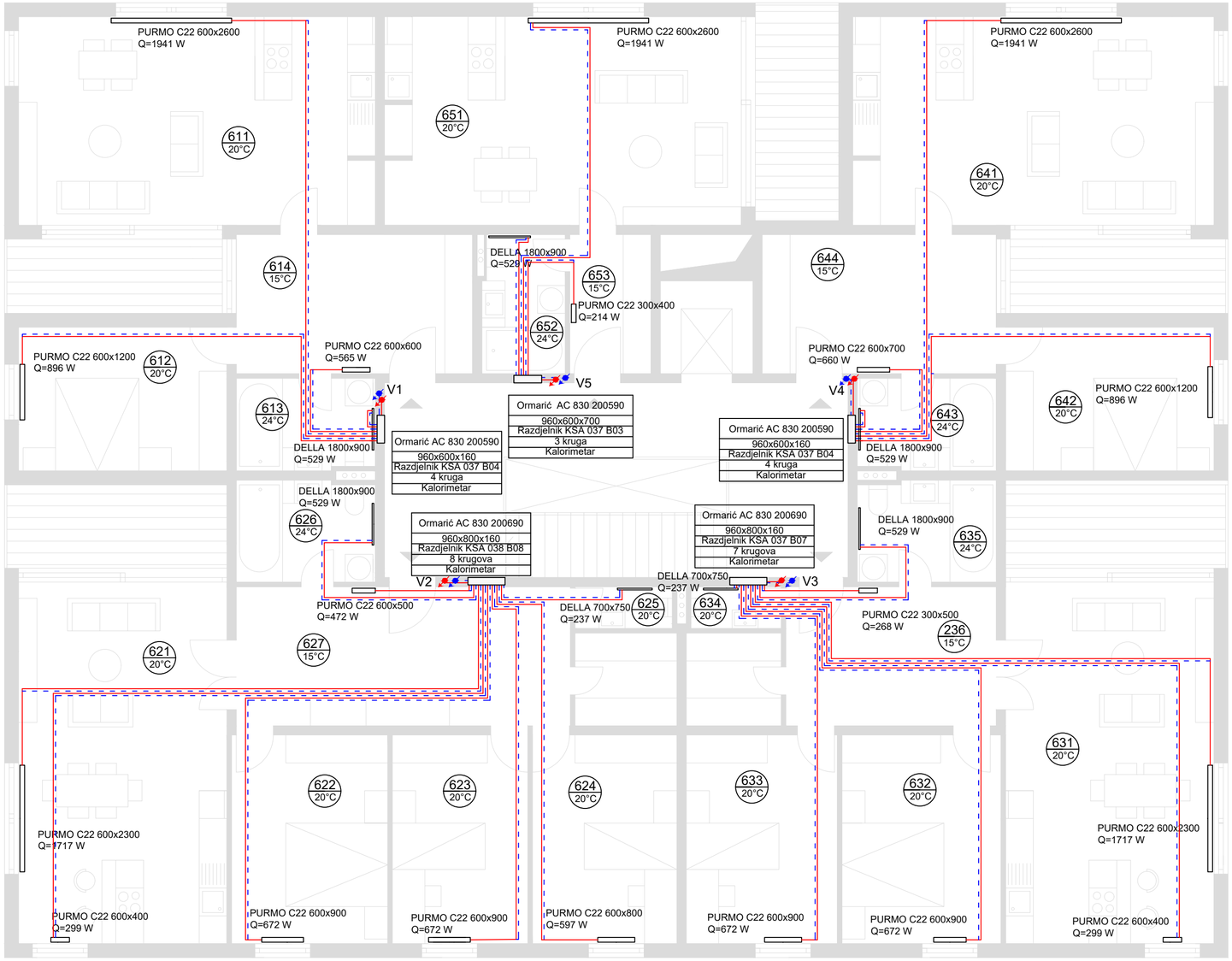
| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|---|---|---|---|
| Projektirao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Razradio | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Crtao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Pregledao | | prof.dr.sc. Igor Balen | |
| Voditelj rada | | prof.dr.sc. Igor Balen | |

FSB Zagreb

| | | |
|---|---|---|
| Objekt: | Objekt broj: | |
| | R. N. broj: | |
| Napomena: | Procesno-energetski smjer | Kopija |
| Materijal: / Masa: | Završni rad | |
| Mjerilo originala 1:80 | Naziv: Tlocrt karakterističnog kata - dispozicija opreme | Pozicija: |
| | Crtež broj: 02-19-06 | Format: A2 |
| | | Listova: 7 |
| | | List: 6 |

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100




Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna cijev tople vode

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø16x2,0

| | Datum | Ime i prezime | Potpis |
|---|---|---|---|
| Projektirao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Razradio | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Crtao | 22.02.2019 | Stjepan Herceg | |
| Pregledao | | prof.dr.sc. Igor Balen | |
| Voditelj rada | | prof.dr.sc. Igor Balen | |

FSB Zagreb

| | |
|---|---|
| Objekt: | Objekt broj: |
| | R. N. broj: |
| Napomena: | Procesno energetski |
| Materijal: | Masa: |
| | Završni rad |
| Mjerilo originala 1:80 | Naziv: Tlocrt 6. kata - dispozicija opreme |
| | Pozicija: |
| | Crtež broj: 02-19-07 |
| | Kopija |
| | Format: A2 |
| | Listova: 7 |
| | List: 7 |

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100