

Optimizacija sustava grijanja stambene zgrade

Klanac, Andrija

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:264587>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-26**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Andrija Klanac

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

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

Student:

Andrija Klanac

Zagreb, 2016..

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

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

Andrija Klanac



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, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Andrija Klanac**

Mat. br.: 0035187413

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **OPTIMIZACIJA SUSTAVA GRIJANJA STAMBENE ZGRADE**

Naslov rada na engleskom jeziku: **OPTIMIZATION OF HEATING SYSTEM FOR RESIDENTIAL BUILDING**

Opis zadatka:

Potrebno je provesti optimizaciju sustava grijanja stambene zgrade s osam stanova na četiri etaže (Pr+2K+Pk) ukupne površine 550 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Kao izvor topline predvidjeti kondenzacijski kotao ložen na prirodni plin. Zgrada se nalazi na području grada Zagreba.

Optimizacija uključuje analizu učinkovitosti sustava za:

- različite toplinske učine kotla,
- različite temperaturne režime ogrjevnog medija,
- različite vrste ogrjevnih tijela.

Potrebno je provesti tehno-ekonomsku analizu različitih varijanti rješenja i odabrati optimalno rješenje te ga detaljno opisati.

Na raspolaganju su energetske izvori:

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

Rad treba sadržavati:

- pregled sustava grijanja stambenih zgrada s osnovnim shemama
- toplinsku bilancu za zimsko razdoblje
- analizu utjecaja toplinske zaštite zgrade na toplinsku bilancu
- opis tehničkih karakteristika analiziranih sustava
- rezultate analize učinkovitosti sustava prikazane u dijagramima
- funkcionalnu shemu spajanja sustava.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

25. studenog 2015.

1. rok: 25. veljače 2016

1. rok: 29.2., 02. i 03.03. 2016.

2. rok (izvanredni): 20. lipnja 2016.

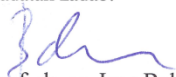
2. rok (izvanredni): 30. 06. 2016.

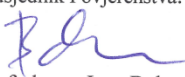
3. rok: 17. rujna 2016.

3. rok: 19., 20. i 21. 09. 2016.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Igor Balen


Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
Popis dijagrama:	II
Popis tablica:	III
Popis slika:	IV
Popis priloga:.....	V
SAŽETAK.....	VI
1. Sustavi grijanja u stambenim objektima.....	1
2. Proračun ulaznih podataka.....	3
2.1. Projektni toplinski gubici prema HRN EN 12831	3
2.2. Potrebna energija za grijanje prema HRN EN ISO 13790.....	6
3. Metoda određivanja energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava	10
4. Prikaz rezultata energijskih zahtjeva sustava grijanja	13
4.2. Podsustav distribucije ogrijevnog medija	15
4.3. Podsustav pripreme i distribucije PTV-a	17
4.4. Podsustav generatora topline	18
5. Analiza rezultata	24
6. Zaključak	30
Literatura	31

Popis dijagrama:

Dijagram 2.1	Ovisnost projektnih toplinskih gubitaka o debljini izolacije	5
Dijagram 2.2	Godišnje vrijednosti potrebne toplinske energije za grijanje	9
Dijagram 4.1	Ovisnost efikasnosti o izvedbi podsustava predaje topline	15
Dijagram 4.2	Učinkovitost podsustava razvoda	17
Dijagram 4.3	Ovisnost učinkovitosti kotla o temperaturnom režimu i nazivnom kapacitetu 22	
Dijagram 4.4	Ovisnost učinkovitosti kotla o debljini izolacije	23
Dijagram 5.1	Isporučena energija generatoru topline.....	24
Dijagram 5.2	Učinkovitost sustava grijanja.....	26
Dijagram 5.3	Pogonski troškovi sustava.....	28
Dijagram 5.4	Prikaz povrata investicije.....	29

Popis tablica:

Tablica 2.1	Vrijednosti U koeficijenata u ovisnosti o debljini izolacije.....	4
Tablica 2.2	Rezultati proračuna projektnih toplinskih gubitaka.....	4
Tablica 2.3	Vrijednosti transmisivskih koeficijenata	6
Tablica 2.4	Potrebna energija za grijanje	8
Tablica 4.1	Podsustav predaje topline (radijatori)	14
Tablica 4.2	Podsustav predaje topline podnim grijanjem	14
Tablica 4.3	Gubici podsustava razvoda	16
Tablica 4.4	Podsustav proizvodnje i distribucije PTV-a	18
Tablica 4.5	Prikaz rezultata proračuna generatora topline	20
Tablica 5.1	Učinkovitost sustava grijanja.....	25
Tablica 5.2	Izračun pogonskih troškova	27

Popis slika:

Slika 1.1	Pojednostavljena shema spajanja.....	2
Slika 2.1	Osnovne postavke	3
Slika 3.1	Podjela toplinskih gubitaka.....	11
Slika 3.2	Prikaz ulazno/izlaznih veličina i tijeka proračuna	12

Popis priloga:

- Prilog 1 Hidraulička shema sustava
- Prilog 1 Proračun prema HRN EN 12831
- Prilog 2 Proračun prema HRN EN ISO 13790
- Prilog 3 Proračun prema HRN EN 15316

SAŽETAK

Ovim radom obuhvaćena je optimizacija sustava grijanja stambene zgrade na području grada Zagreba, ukupne korisne površine 450 m². Proveden je proračun projektnih toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831 i potrebne energije za grijanje prema HRN EN ISO 18790 za različita toplinska svojstva toplinske zaštite objekta.

Predviđen je sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode s plinskim kondezacijskim kotlom kao toplinskim izvorom.

Proračun učinkovitosti proveden je prema HRN EN 15316 za različite izvedbe i vrijednosti pogonskih parametara termotehničkog sustava. Proračunom je utvrđeno da toplinska zaštita ima najveći utjecaj na potrošnju energije za grijanje i da je optimalan sustav onaj s panelnim podnim grijanjem temperaturnog režuma 40/30 i nazivnim učinkom kotla što bližim vrijednosti projektnih toplinskih gubitaka.

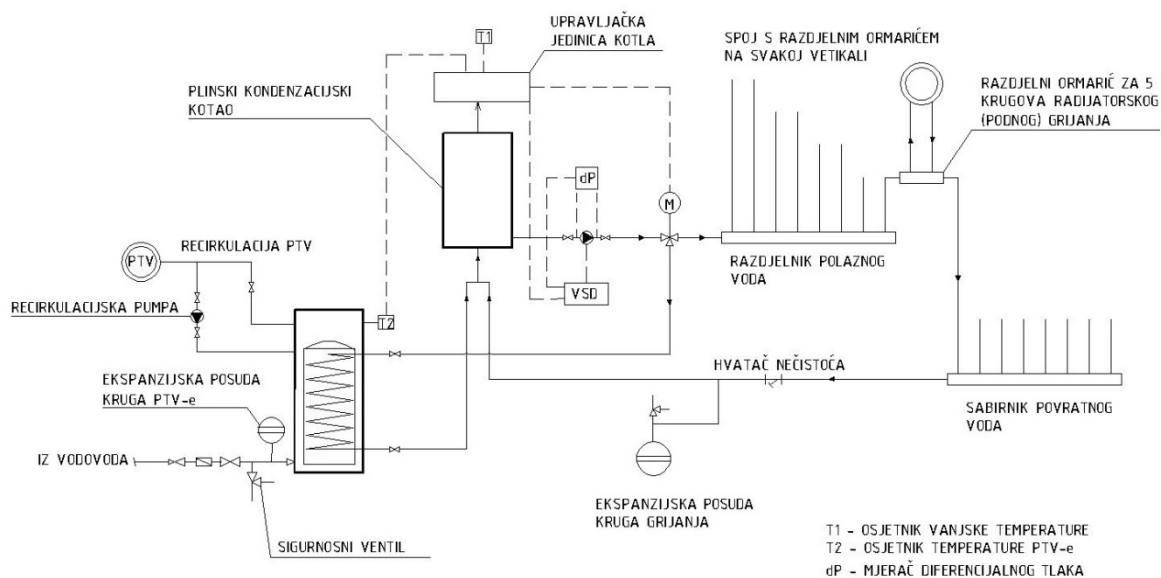
Rad sadržava tehnički opis idejnog rješenja sustava i hidrauličku shemu spajanja optimalnog sustava.

1. Sustavi grijanja u stambenim objektima

Glavna zadaća termotehničkog sustava objekta je osiguranje toplinske ugodnosti u prostorijama u kojima borave ljudi. Toplinska ugodnost je skup toplinskih parametara prostora koji se ostvaruju nekim termotehničkim sustavom, takav da postotak nezadovoljnih korisnika ne prelazi određenu vrijednost (5%). Za osiguranje parametara koji su pogodni za boravak ljudi potrebna je energija za grijanje i hlađenje prostora. U sektoru zgradarstva, koji je udjelom najveći potrošač energije, potrebno je smanjiti potrošnju energije radi održivog gospodarenja energijom i smanjenja pogonskih troškova termotehničkih sustava. Budući da energija za grijanje predstavlja najveći udio potrošnje energije u sektoru zgradarstva, smanjenje potrošnje energije moguće je smanjenjem energetske potrebe sustava grijanja. Smanjenje energetske potrebe može podrazumjevati korištenje obnovljivih izvora energije, poboljšanje učinkovitosti konvekcionalnih sustava koji koriste neobnovljive izvore energije i smanjenje energije potrebne za grijanje upotrebom toplinske izolacije boljih svojstava. U ovom radu bit će obrađen utjecaj toplinske zaštite na energetske bilancu zgrade za zimsko razdoblje i utjecaj pogonskih parametara sustava na potrošnju energenta.

Sustav grijanja promatran u ovom radu zamišljen je kao centralni toplovodni s prisilnom cirkulacijom. Proračun učinkovitosti sustava bit će proveden za različite temperaturne režime radijatorskog grijanja (90/70°C, 70/55°C i 55/45°C) i za sustav s panelnim podnim grijanjem temperaturnog režima 40/30. Kao izvor topline predviđen je plinski kondenzacijski kotao s modulirajućim upravljanjem rada plamenika. Cirkulaciju kroz sustav razvoda osigurava frekventno upravljana pumpa postavljena u polazni vod neposredno nakon kotla. Cijevni razvod od kotla do ogrijevniha tijela vodi se od razdjelnika preko osam vertikalna ugrađenih u zid objekta. Na kraju svake vertikale nalazi se razdjelni ormarić za pet krugova radijatorskog (podnog) grijanja, cijevni razvod od razdjelnog ormarića do pojedinog ogrijevnog tijela također je ugrađen u pod. Na polaznom vodu iz svakog stana ugrađeno je mjerilo toplinske energije koje preko razlike temperature polaza i povrata i protoka ogrijevnog medija utvrđuje potrošnju energije. Svih osam povratnih vodova iz stanova vertikalama se vodi do sabirnika i zatim nazad u kotao na dogrijavanje. Rad kotla i cirkulacijske pumpe za sustav grijanja upravljan je pomoću vanjskog osjetnika temperature. Frekventno regulirana pumpa upravljana konstantom razlikom tlaka i predregulacija termostatskih ventila na ulazu u pojedino ogrijevno tijelo osiguravaju hidrauličko uravnoteženje sustava distribucije Sustav pripreme potrošne tople vode zamišljen je kao akumulacijski sustav koji se grije pomoću istog izvora

topline kao i sustav grijanja. Na polazu kotlovske vode ugrađen je troputni razdjelni ventil upravljani preko osjetnika temperature vode u spremniku, koji usmjeruje protok radnog medija kroz izmjenjivač u spremniku kada postoji potreba za zagrijavanjem potrošne tople vode. U slučaju da nema potrebe za grijanjem radom kotla može upravljati i osjetnik temperature akumulirane potrošne tople vode. U sustav distribucije potrošne tople vode ugrađena je recirkulacijska petlja s unaprijed podešenim vremenskim intervalima rada pumpe. Pojednostavljena shema spajanja sustava prikazana je na slici 1.1.

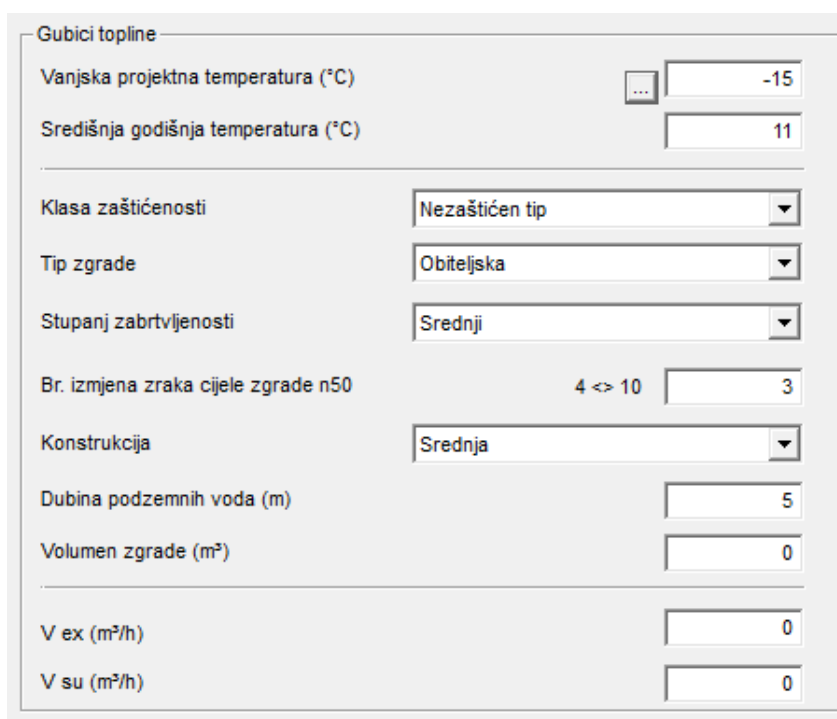


Slika 1.1 Pojednostavljena shema spajanja

2. Proračun ulaznih podataka

2.1. Projektni toplinski gubici prema HRN EN 12831

U svrhu ispravnog dimenzioniranja termotehničkog sustava potrebno je provesti proračun projektnih toplinskih gubitaka. Proračun je proveden pomoću računalnog programa IntegraCAD. Pri pokretanju programa, nakon otvaranja novog projekta, prvo je potrebno ispunuti osnovne postavke.



Gubici topline	
Vanjska projektna temperatura (°C)	-15
Središnja godišnja temperatura (°C)	11
Klasa zaštićenosti	Nezaštićen tip
Tip zgrade	Obiteljska
Stupanj zabrtvljenosti	Srednji
Br. izmjena zraka cijele zgrade n50	4 <> 10 3
Konstrukcija	Srednja
Dubina podzemnih voda (m)	5
Volumen zgrade (m³)	0
V _{ex} (m³/h)	0
V _{su} (m³/h)	0

Slika 2.1 Osnovne postavke

Nakon ispunjavanja osnovnih postavki potrebno je definirati koeficijente prolaza topline. Početne vrijednosti koeficijenata prolaza topline izračunate su kao maksimalne vrijednosti prema tehničkom propisu ministarstva graditeljstva. Za potrebe analize utjecaja toplinske zaštite zgrade na toplinsku bilancu izračunate su vrijednosti U koeficijenata za rastuće vrijednosti debljine izolacije. Rezultati izračuna prikazani su u tablici 2.1.

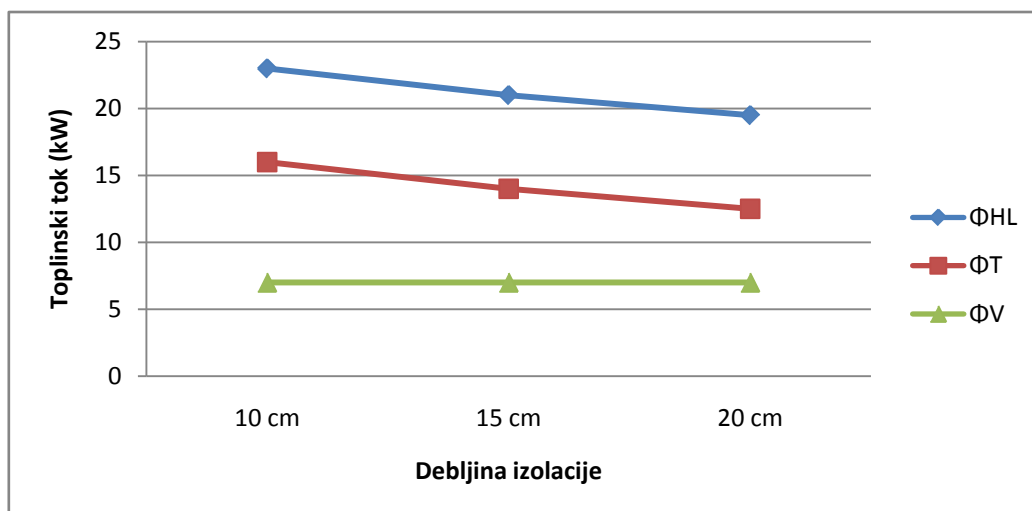
sloj	debljina (cm)	lambda (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
žbuka	2	0,7	0,0286	
šuplja opeka	25	0,52	0,4808	
termo-žbuka	2	0,19	0,1053	
stiropor	10	0,036	2,7778	0,29
	15	0,036	4,1667	0,207
	20	0,036	5,5556	0,161

Tablica 2.1 Vrijednosti U koeficijentata u ovisnosti o debljini izolacije

Slijedeći korak je definirati dimenzije zidova i prozora svake grijane prostorije. Program omogućuje unos dimenzija objekta grafičkom metodom preko učitane arhitektonske podloge. U programu se ucrtaju linije koje prate zidove, a program prepoznaje zatvorene konture kao prostorije. Na ucrtane linije dodaju se odgovarajući prozori i vrata. Postupak se ponavlja za svaki kat zasebno. Nakon definiranja svih zidova, vrata i prozora objekta potrebno je upisati toplinske mostove. Za svaku prostoriju potrebno je definirati unutarnju projektnu temperaturu i temperature zraka iza svakog zida. Na temelju tih podataka program računa iznos transmisijskih toplinskih gubitaka. Za proračun ventilacijskih gubitaka valja usporediti toplinske gubitke uzrokovane infiltracijom i toplinske gubitke uslijed provjetravanja prostorija. Za vrijednosti $n_{min}=0.5 \text{ h}^{-1}$ i broj izmjena zraka pri razlici tlaka od 50 Pa $n_{50}=3 \text{ h}^{-1}$ veća vrijednost ventilacijskih toplinskih gubitaka javlja se uslijed minimalnog higijenskog broja izmjena zraka. Program zatim izračunava projektne toplinske gubitke te ih ispisuje u tabličnom obliku. Rezultati proračuna projektних toplinskih gubitaka u ovisnosti o debljini izolacijskog sloja dani su u tablici 2.2 i prikazani u dijagramu 2.1:

Debljina izolacije (cm)	ϕ_{HL} (kW)	ϕ_t (kW)	ϕ_V (kW)
10	23	16	7
15	21	14	7
20	19,5	12,5	7

Tablica 2.2 Rezultati proračuna projektnih toplinskih gubitaka



Dijagram 2.1 Ovisnost projektnih toplinskih gubitaka o debljini izolacije

2.2. Potrebna energija za grijanje prema HRN EN ISO 13790

Metodu proračuna potrebne energije za grijanje propisuje „Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790“ [1]. Potrebna energija za grijanje je računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature. U svrhu ovog rada proveden je proračun sa vremenskim periodom od jednog mjeseca. Potrebna energija za grijanje definirana je izrazom:

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

Gdje su:

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

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

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

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

Ukupno izmjenjena energija za grijanje jednaka je zbroju transmisijskih i ventilacijskih gubitaka za grijane prostore zgrade. Vrijednosti transmisijskih koeficijenata za pojedine debljine izolacije dane su tablici 2.3.

debljina izolacije (cm)	Htr (W/K)
10	367,026
15	271,114
20	220,662

Tablica 2.3 Vrijednosti transmisijskih koeficijenata

Koeficijent ventilacijskih gubitaka izračunat jeprema:

$$H_{Ve} = \max(n_{win} + n_{inf}; 0.5) \cdot V \rho_a c_{p,a}$$

$$H_{Ve} = 0.5 \cdot 0.34 \cdot 1160 = 197.2 \text{ W/K}$$

Toplinski dobitci dijele se na unutarnje toplinske dobitke i toplinske dobitke od sunčeva zračenja. Unutarnji toplinski dobitci računati su prema slijedećoj jednadžbi:

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} A_k \cdot t}{1000}$$

$$q_{spec} = 5 \text{ W/m}^2$$

$$A_k = 450 \text{ m}^2$$

t – proračunsko vrijeme; tablica 1.7 u [1] [h]

Solarni toplinski dobitci kroz određeni građevinski element računaju se prema slijedećem izrazu:

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

$F_{sh,ob}$ - 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

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

t – proračunsko vrijeme [h]

Izračun efektivnih površina:

a) Prozori

$$A_{sol,k} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{pr} \quad [\text{m}^2]$$

b) Neprozirni elementi

$$A_{sol,k} = \alpha_{S,c} R_{se} U_C A_C \quad [\text{m}^2]$$

Za potrebe proračuna solarnih dobitaka potrebno je odrediti površine zidova i prozora za svaku orijentaciju.

Faktor iskorištenja toplinskih dobitaka $\eta_{H,gn}$ (unutarnjih dobitaka i dobitaka od sunčevog zračenja) funkcija je efektivnog toplinskog kapaciteta zgrade i računa se na sljedeći način:

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

$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H+1} \quad \text{za } y_H = 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{1}{y_H} \quad \text{za } y_H < 0$$

a_H - bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade [-];

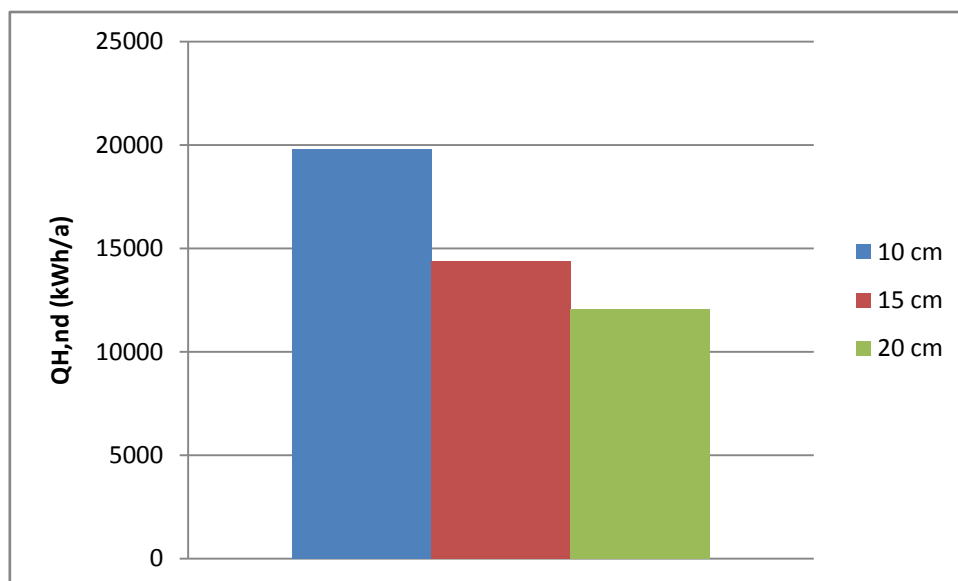
$$y_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad [-]$$

Izračun potrebne energije za grijanje napravljen je u tabličnom kalkularu za tri različite izvedbe vanjske ovojnice zgrade. Prikaz rezultata proračuna dan je u tablici 2.4.

Debljina izolacije	QH,nd (kWh)		
	10 cm	15 cm	20 cm
siječanj	5591	4261	3652
veljača	3428	2502	2117
ožujak	1798	1186	958
travanj	405	212	151
svibanj	14	5	5
lipanj	0	0	0
srpanj	0	1	2
kolovoz	0	2	2
rujan	14	4	1
listopad	615	338	247
studeni	2792	1976	1634
prosinac	5130	3885	3311
Suma	19787	14372	12080
Q ^{''} H,nd,ref (kWh/m ² a)	43,97	31,94	26,84

Tablica 2.4 Potrebna energija za grijanje

Rezultati potrebnih energija za grijanje na godišnjoj razini su radi usporedbe rezultata za tri debljine toplinske izolacije prikazani u dijagramu 2.2.



Dijagram 2.2 Godišnje vrijednosti potrebne toplinske energije za grijanje

3. Metoda određivanja energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava

Metoda je propisana Algoritmom za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama [2]. Za potrebe proračuna termotehnički sustav podjeljen je na podsustav predaje topline, podsustav razvoda ogrijevnog medija, podsustav razvoda PTV-a, podsustav zagrijavanja PTV-a i podsustav generatora topline. Za proračun svakog podsustava potrebno je poznavati energiju koju taj sustav mora isporučiti prostoru (u slučaju podsustava predaje topline) ili slijedećem podsustavu. Općenito toplinska bilanca podsustava glasi:

$$Q_{in} = Q_{out} - \sum Q_{aux,rvd,i} + Q_{ls} \quad [\text{kWh}]$$

Q_{in} . toplinska energija na ulazu u podsustav [kWh]

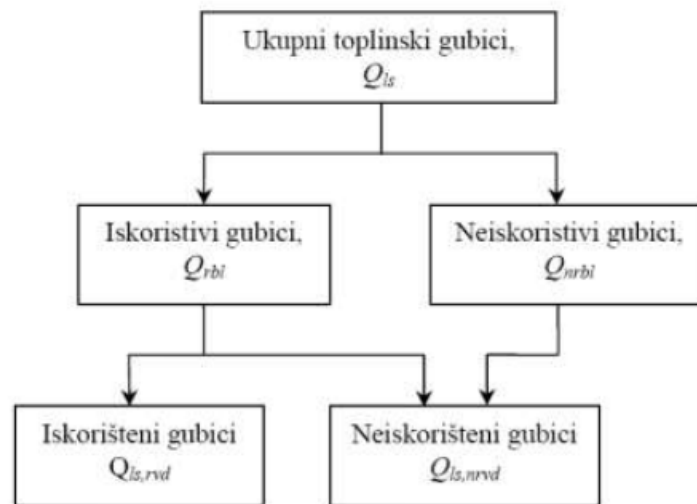
Q_{out} - toplinska energija na izlazu iz podsustava [kWh]

$Q_{aux,rvd,i}$ - iskorištena pomoćna energija podsustava [kWh]

Q_{ls} . ukupni toplinski gubici podsustava [kWh]

Ukupni toplinski gubici (indeks ls) dijele se na:

- a) iskoristive gubitke (indeks rbl) – to su oni gubici dijelova sustava koji se mogu vratiti grijanom prostoru tijekom sezone grijanja i smanjiti toplinsku energiju koju je ogrijevnim tijelima potrebno predati u grijani prostor
- b) neiskoristive gubitke (indeks nrb) – to su oni toplinski gubici koji se nemogu iskoristiti za grijanje prostora, a predstavljaju razliku ukupnih i iskoristivih toplinskih gubitaka
- c) iskorištene dobitke (indeks ls,rvd) – predstavljaju stvarno iskorišteni dio iskoristivih gubitaka
- d) neiskorištene gubitke (indeks $ls,nrvd$) – predstavljaju u konačnici neiskorišteni dio ukupnih gubitaka i računaju se kao razlika ukupnih i iskorištenih gubitaka

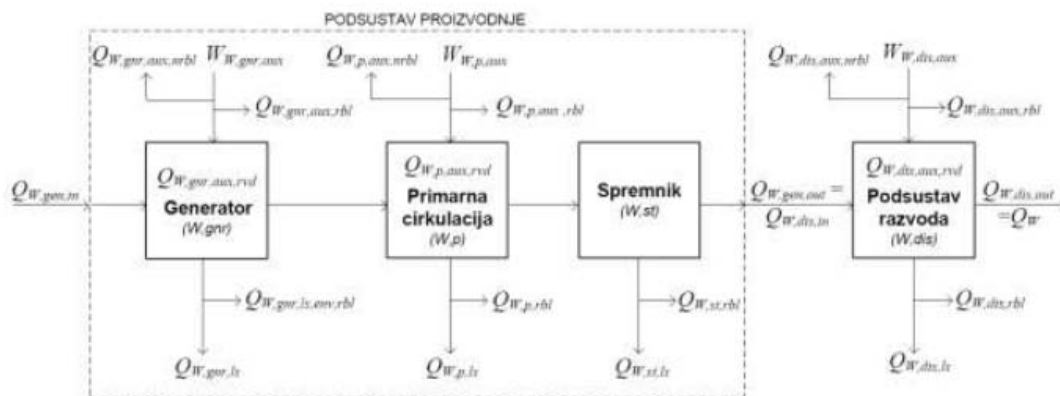


Slika 3.1 Podjela toplinskih gubitaka

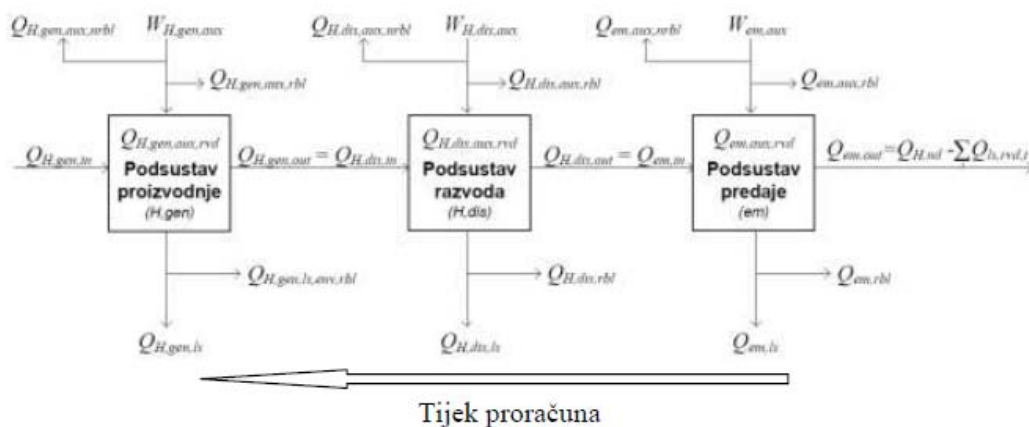
Iskorištena pomoćna energija (indeks *rvd*) je onaj dio energije potrebne za pogon pojedinog pomoćnog uređaja (pumpe, ventilatora, plamenika) koja se direktno vraća radnom mediju i zraku za izgaranje, preostali dio pomoćne energije predaje se u okolinu kao iskoristivi i/ili neiskoristivi toplinski gubitak.

Proračun započinje izračunom gubitaka sustava predaje topline. Energija koju je potrebno predati prostoru jednaka je potrebnoj energiji za grijanje prema HRNENISO13790. Nakon završetka cijelog proračuna ta se vrijednost umanjuje za iznos iskorištenih toplinskih gubitaka. Postupak se iterativno ponavlja sve dok razlika potrebnih energija za zagrijavanje prostora u zadnja dva koraka ne bude manja od 1%. Proračun se istovremeno provodi za različite toplinske režime ogrjevnog medija i različite nazivne kapacitete kotla. Budući da potrebna energija na ulazu u jedan podsustav predstavlja energiju na izlazu iz predhodnog podsustava proračun se vrši od podsustava predaje, preko podsustava distribucije i pripreme PTV-a, do podsustava proizvodnje. Tijek proračuna prikazan je slikom 3.2.

PRIPREMA PTV-a



GRIJANJE



Slika 3.2 Prikaz ulazno/izlaznih veličina i tijeka proračuna

Proračun je u svrhu kasnije analize rezultata proveden i za sustav s podnim grijanjem s niskotemperaturnim režimom ogrijevnog medija, također za različite nazivne kapacitete kotla. Proračun svih navedenih izvedbi i pogonskih karakterisika sustava ponovljen je za različita svojstva toplinske zaštite objekta.

4. Prikaz rezultata energijskih značajki sustava grijanja

Rezultati proračuna pojedinih podsustava bit će prikazani odvojeno. Radi jasnijeg prikaza, u tablicama će biti izostavljeni faktori i pomoćne veličine. Prikaz rezultata svodi se na vrijednosti iskoristivih, neiskoristivih, iskorištenih i neiskorištenih gubitaka; uz prikaz pomoćnih energija i potrebnih energija na ulazu i izlazu iz pojedinog podsustava. Također će biti prikazani omjeri izlaznih i ulaznih energija, kako bi se stekao dojam o učinkovitosti pojedinog podsustava. Prikazani su rezultati iz 3. koraka iteracije kao suma mjesečnih vrijednosti na godišnjoj razini.

4.1. Podsustav predaje topline

Gubici podsustava predaje topline u slučaju izvedbe sustava s radijatorskim grijanjem ovise, prema algoritmu, o temperaturnom režimu ogrjevnog medija, sustavu regulacije, vertikalnoj raspodjeli temperatura u prostoru i smještaju ogrjevnih tijela. Ovi se utjecaji modeliraju promjenama faktora ukupne učinkovitosti η_{em} . Sustavi s nižim temperaturama polaza i povrata opremljeni su regulacijskom opremom veće učinkovitosti. Za sustave s temperaturnim režimima 90/70 °C i 70/55 °C odabrani su termostatski ventil i koji rade s temperaturnom razlikom od 2 za visokotemperaturni, odnosno 1 K za srednjetemperaturni režim. Za temperaturni režim 55/45 °C i podno grijanje odabrani su PI regulatori, koji imaju bolje regulacijske karakteristike od termostatskih ventila. Podsustav ne koristi pomoćnu energiju za pogon ili regulaciju, stoga je razlika potrebnih ulaznih i izlaznih toplina jednaka toplinskim gubicima sustava. Ulazni podatak za proračun gubitaka podsustava predaje topline je potrebna energija za grijanje $Q_{H,nd}$ prema HRN EN ISO 13790. Nakon proračuna gubitaka svih podsustava, vrijednost $Q_{H,nd}$ smanjuje se za iznos iskorištenih toplinskih gubitaka. Ta razlika predstavlja ulaznu veličinu za slijedeći iteracijski korak $Q_{em,out}$. Rezultati proračuna nakon 3. iteracije prikazani su u tablici 4.1.

Debljina izolacije	10 cm	15 cm	20 cm	
Qem, out (kWh)	19271,57	13941,07	11705,81	
Qem,ls (kWh)	90/70	2987,09	2160,87	1814,40
	70/55	2119,872	1533,518	1287,639
	55/45	1541,725	1115,286	936,4649
Qem, in (kWh)	90/70	22258,66	16101,94	13520,21
	70/55	21391,44	15474,59	12993,45
	55/45	20813,29	15056,36	12642,28
Qem,out /Qem,in	90/70	0,865801	0,865801	0,865801
	70/55	0,900901	0,900901	0,900901
	55/45	0,925926	0,925926	0,925926

Tablica 4.1 Pod sustav predaje topline (radijatori)

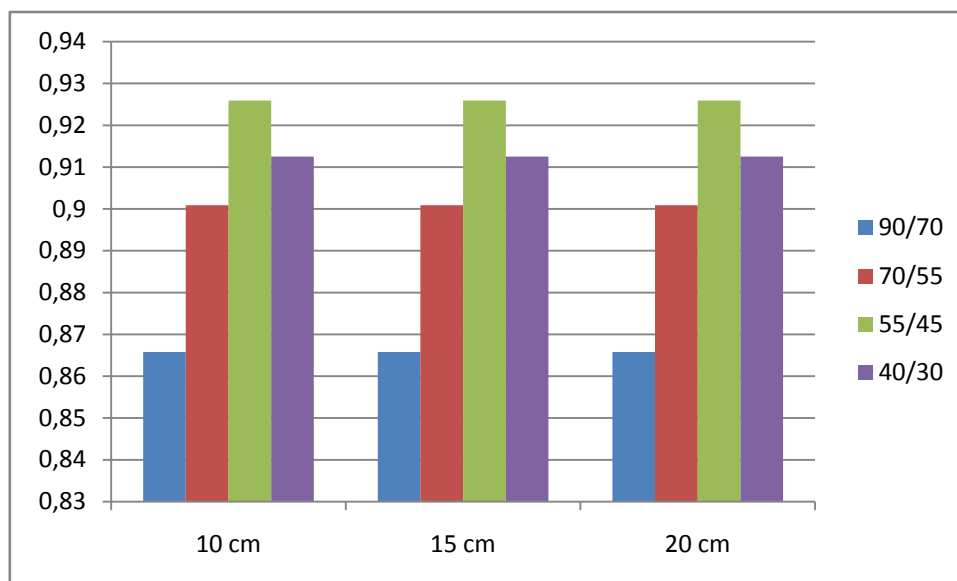
Iz rezultata je vidljivo da toplinski gubici podsustava predaje topline ovise o izvedbi vanjske ovojnice objekta. Pri proračunu pretpostavljena su bolja regulacijska svojstvasustava ugrađenog u objekt s većom debljinom izolacijskog materijala. Temperaturni režim ogrjevnog medija utječe na efikasnost podsustava predaje topline zbog promjene učinkovitosti uslijed vertikalne raspodjele temperatura i različitih svojstava odabrane regulacije.

U svrhu analiziranja utjecaja vrste ogrijevnih tijela na toplinsku bilancu zgrade proračunati su i gubici za podsustav izveden s podnim grijanjem. U ovom slučaju ograničen je temperaturni režim ogrijevnog medija na 40/30°C. Utjecaj toplinske zaštite zgrade na efikasnost podsustava predaje topline s podnim grijanjem prikazan je u tablici 4.2.

Debljina izolacije	10 cm	15 cm	20 cm
Qem, out (kWh)	19217,60	13915,78	11701,09
Qem,ls (kWh)	1842,01	1333,83	1121,55
Qem, in (kWh)	21059,61	15249,61	12822,64
Qem,out/Qem,in	0,912534	0,912534	0,912534

Tablica 4.2 Pod sustav predaje toplines podnim grijanjem

Iz rezultata je vidljivo da na razini podsustava predaje sustav s radijatorskim grijanjem ima veću učinkovitost od onog s podnim grijanjem. Razlog tomu je taj da sustavi s radijatorskim grijanjem imaju bolja svojstva regulacijskog odziva. Relativno veća tromost sustava s podnim grijanjem narušava učinkovitost tih sustava zato što se sporije i s manjom učinkovitošću prilagođavaju promjenama vanjskih parametara temperature. Odnos efikasnosti svih prikazanih sustava prikazana je u dijagramu 4.1.



Dijagram 4.1 Ovisnost efikasnosti o izvedbi podsustava predaje topline

Podsustav predaje topline s podnim grijanjem prikazan je u dijagramu kao temperaturni režim 40/30°C radi jednostavnosti. Prema modelu vidljiv je ujecaj regulacijskih svojstava ogrijevnih tijela i regulacijskih elemenata na učinkovitost podsustava predaje topline.

4.2. Podsustav distribucije ogrijevnog medija

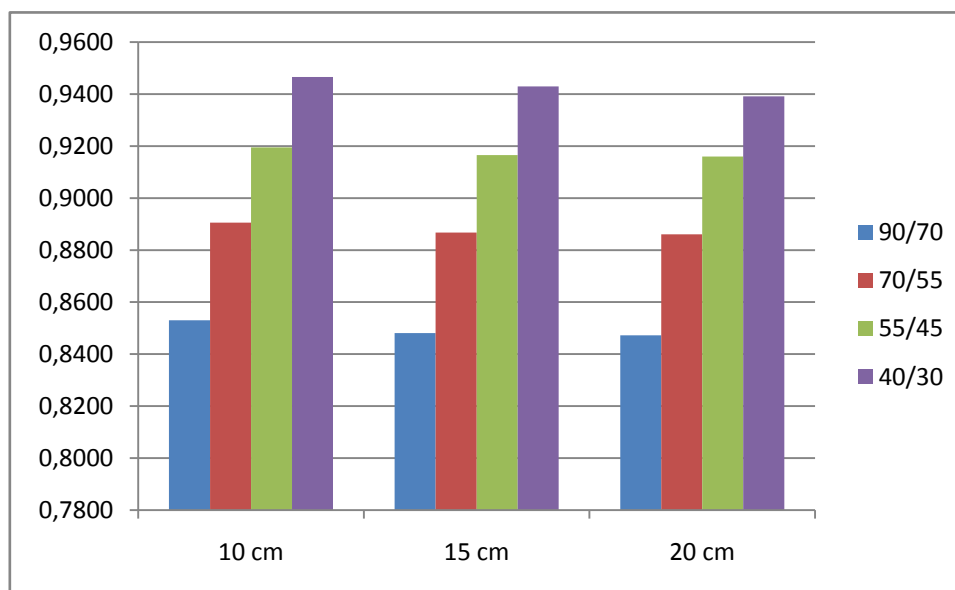
Duljine dionica podsustava distribucije ogrijevnog medija aproksimirane su prema idejnom rješenju razvoda ogrijevnog medija. Ogrjevni medij iz kotla ulazi u razdjelnik te se tamo razdjeljuje u osam vertikala (po jedna za svaki stan), svaka vertikala završava razdjelnim ormarićem za pet krugova radijatorskog grijanja. Sustav pogoni frekventno regulirana pumpa upravljana preko konstantne razlike tlaka. Kotao je smješten u negrijanom potkrovlju, a cijevi se vode u zidovima i pretpostavljena je debljina izolacije koja je jednaka vanjskom promjeru cijevi. Proračun gubitaka podsustava razvoda vrši se odvojeno za cijevi smještene u negrijanom prostoru, vertikale do pojedinog stana i razvod od razdjelnog ormarića do pojedinog ogrijevnog tijela. Dio gubitaka podsustava razvoda predaje se grijanom prostoru, a udio tih iskorištenih gubitaka ovisi o smještaju cijevi u odnosu na grijani prostor. U slučaju podsustava razvoda javlja se i pomoćna energija za pogon pumpe, koja dio topline predaje izravno ogrijevnom mediju, a dio topline predaje grijanom prostoru. Pomoćna energija izračunata je preko faktora opterećenja sustava distribucije i projektnog pada tlaka i protoka u sustavu razvoda. Prikaz rezultata proračuna dan je u tablici 4.3 u kojoj temperaturni režim ogrijevnog medija od 40/30°C predstavlja izvedbu sustava s podnim grijanjem.

Debljina izolacije		10 cm	15 cm	20 cm
Q _{dis,out} (kWh)	90/70	22258,66	16101,94	13520,21
	70/55	21391,44	15474,59	12993,45
	55/45	20813,29	15056,36	12642,28
	40/30	21059,61	15249,61	12822,64
Q _{h, dis,} I _s (kWh)	90/70	3891,45	2937,79	2602,16
	70/55	2637,73	1996,23	1770,47
	55/45	1816,32	1379,35	1225,56
	40/30	1190,75	936,40	846,07
Q _{h, dis,} r _{bl} (kWh)	90/70	3841,47	2892,61	2558,69
	70/55	2594,07	1955,81	1731,18
	55/45	1776,81	1342,04	1189,03
	40/30	1154,39	901,32	811,45
W _{H,dis,a} ux (kWh)	90/70	136,79	119,20	110,24
	70/55	134,85	117,75	108,99
	55/45	133,56	116,79	108,16
	40/30	157,82	137,79	127,51
Q _{h, dis,} aux r _{vd} (kWh)	90/70	102,59	89,40	82,68
	70/55	101,14	88,31	81,74
	55/45	100,17	87,59	81,12
	40/30	118,36	103,35	95,63
Q _{h, dis,} aux r _{bl} (kWh)	90/70	34,20	29,80	27,56
	70/55	33,71	29,44	27,25
	55/45	33,39	29,20	27,04
	40/30	39,45	34,45	31,88
Q _{h, dis,} in (kWh)	90/70	26047,52	18950,33	16039,70
	70/55	23928,03	17382,51	14682,17
	55/45	22529,45	16348,11	13786,72
	40/30	22131,99	16082,67	13573,07
Q _{h,dis,o} ut/ Q _{h,dis, in}	90/70	0,8545	0,8497	0,8429
	70/55	0,8940	0,8902	0,8850
	55/45	0,9238	0,9210	0,9170
	40/30	0,9515	0,9482	0,9447

Tablica 4.3 Gubici podsustava razvoda

Primjećuje se da potrebna pomoćna energija za pogon podsustava distribucije raste kako se smanjuje temperaturni režim ogrijevnog medija. To je posljedica većih gubitaka podsustava predaje topline, čiji je utjecaj na potreban protok ogrijevnog medija značajniji nego utjecaj temperaturne razlike polaza i povrata. Sustav s podnim grijanjem zahtijeva veći utrošak pogonske energije za cirkulaciju zato što takvi sustavi imaju veće projektne iznose pada tlaka. Toplinski gubici podsustava predaje očekivano padaju sa smanjenjem temperature ogrijevnog

medija. Učinkovitosti sustava za različite temperaturne režime i ogrjevna tijela prikazani su u dijagramu 4.2.



Dijagram 4.2 Učinkovitost podsustava razvoda

Razlog smanjenja učinkovitosti pojedinog režima sa poboljšanjem toplinskih svojstava vanjske ovojnice zgrade je razlika u modelu proračuna projektnih toplinskih gubitaka i potrebne energije za grijanje. Projektni toplinski gubici izračunati su za projektne vanjske uvjete kao oni koje termotehnički sustav mora moći isporučiti grijanom prostoru. Nasuprot tomu potrebna energija za grijanje izračunata je za referentne klimatske podatke i predstavlja očekivanu energiju potrebnu za zagrijavanje prostora u sezoni grijanja. Ta razlika unosi se u proračun preko faktora opterećenja podsustava distribucije koji utječe na toplinske gubitke.

Primjećuje se da temperaturni režim ogrjevnog medija ima najveći utjecaj na efikasnost podsustava distribucije topline. Jasno je da će manja temperaturna razlika između prosječne temperature ogrijevnog medija i temperature okoline uzrokovati manje toplinske gubitke pojedine dionice.

4.3. Podsustav pripreme i distribucije PTV-a

Kao ulazni podatak za proračun gubitaka podsustava distribucije PTV-a je potrebna energija za pripremu potrošne tople vode, koja se procjenjuje preko specifične energije i korisne površine objekta. Duljine svih dionica potrebnih za proračun procjenjene su okvirno pomoću smještaja izljevniha mjesta po objektu. Sustav sadrži i recirkulacijsku petlju, dnevno vrijeme

rada pumpe procjenjeno je na 15 min/dan prema preporuci mentora. Toplinski gubici distribucije PTV-a i recirkulacijske petlje i vrijednosti pomoćnih energija, izračunati su prema izrazima navedenim u literaturi [2]. Nakon proračuna toplinskih gubitaka distribucije PTV-a potrebno je odrediti gubitke spremnika, smještenog u potkrovlju u neposrednoj blizini kotla. Rezultati proračuna pripreme i distribucije PTV-a prikazani su u tablici 4.4.

distribucija	QW(kWh)		7280,00
	QW dis,ls,nc (kWh)		2166,90
	QW,dis,ls,col (kWh)		14,37
	Ww, dis, aux (kWh)		0,30
	Qw,dis,aux,rvd(kWh)		0,22
	Qw,dis,aux,rbl(kWh)		0,07
	QW dis,rbl (kWh)		2181,27
	QW dis,in (kWh)		9461,04
spremnik	QW st,ls (kWh)		1313,88
	QW, p, ls (kWh)	24 kW	11,04
		27 kW	9,81
		30 kW	8,83
	QW, p, in(kWh)	24 kW	9472,08
		27 kW	9470,85
		30 kW	9469,87
	QW/ QW,p,in	24 kW	0,7686
		27 kW	0,7687
30 kW		0,7688	

Tablica 4.4 Podstav proizvodnje i distribucije PTV-a

Primjećujemo da, iako toplinski gubici spremnika PTV-a ovise o nazivnom toplinskom učinku kotla, nemaju signifikantan utjecaj na konačnu učinkovitost. Najveći toplinski gubici javljaju se u sustavu distribucije, ali se većina toplinskih gubitaka podstava distribucije PTV-a predaje grijanom prostoru.

4.4. Podstav generatora topline

Kao generator topline termotehničkog sustava predviđen je kondenzacijski kotao tvrtke Buderus, ložen plinom. U svrhu analize utjecaja nazivnog kapaciteta kotla na toplinsku bilancu zgrade odabrani su kotlovi iz serije Logmax plus nazivnog učina 24 kW (GB112-24), 27 kW (GB012-25K) i 30 kW (GB112-29). Svi kotlovi imaju mogućnost moduliranja

učinapromjenom brzine vrtnje ventilatora plamenika. Budući da podatci za vrijednosti efikasnosti pri punom i djelomičnom nisu navedeni u dostupnim brošurama proizvođača, te su vrijednosti izračunate korištenjem izraza iz literature [2]. Proračun je proveden istovremeno za različite nazivne kapacitete kotla uzimajući u obzir energiju koju je potrebno predati podsustavu distribucije za sva tri temperaturna režima ogrijevnog medija. Izlazna energija iz podustava proizvodnje je zbroj ulaznih energija u podsustav razvoda i podsustav pripreme PTV-a. Rezultati proračuna prikazani su u tablici 4.5.

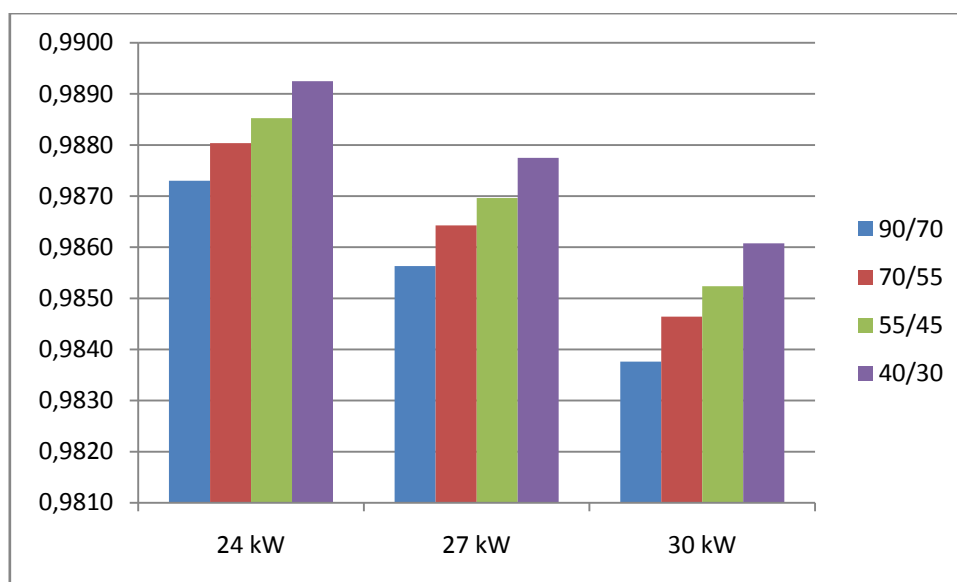
Debljina izolacije		10 cm	15 cm	20 cm	
QHW, gen, out (kWh)	90/70	35519,60	28422,41	25511,78	
	70/55	33400,11	26854,59	24154,25	
	55/45	32001,53	25820,20	23258,80	
	40/30	31604,08	25554,75	23045,15	
Qgnr, ls(kW)	24 kW	90/70	653,01	653,25	653,39
		70/55	652,88	653,26	653,43
		55/45	652,85	653,28	653,46
		40/30	652,79	653,28	653,47
	27 kW	90/70	653,78	654,09	654,24
		70/55	653,68	654,12	654,31
		55/45	653,69	654,18	654,37
		40/30	653,64	654,19	654,38
	30 kW	90/70	653,74	654,13	654,32
		70/55	653,60	654,16	654,39
		55/45	653,58	654,21	654,47
		40/30	653,50	654,21	654,48
Wgnr, aux (kWh)	24 kW	90/70	269,49	221,29	203,69
		70/55	253,44	211,09	195,03
		55/45	243,04	204,58	189,15
		40/30	239,99	202,68	187,70
	27 kW	90/70	260,37	215,44	197,69
		70/55	244,99	205,27	189,08
		55/45	235,37	198,41	183,75
		40/30	232,56	196,48	182,43
	30 kW	90/70	238,59	200,39	185,09
		70/55	225,92	191,30	178,12
		55/45	217,99	185,67	173,80
		40/30	215,49	184,11	172,74
Qgnr, aux, rvd (kWh)	24 kW	90/70	202,12	165,97	152,77
		70/55	190,08	158,32	146,27
		55/45	182,28	153,43	141,86
		40/30	179,99	152,01	140,77
	27 kW	90/70	195,28	161,58	148,27
		70/55	183,74	153,96	141,81
		55/45	176,53	148,80	137,81
		40/30	174,42	147,36	136,83
	30 kW	90/70	178,94	150,29	138,82
		70/55	169,44	143,48	133,59
		55/45	163,50	139,26	130,35
		40/30	161,62	138,08	129,55

Tablica 4.5 Prikaz rezultata proračuna generatora topline

Tablica 4.5 Nastavak

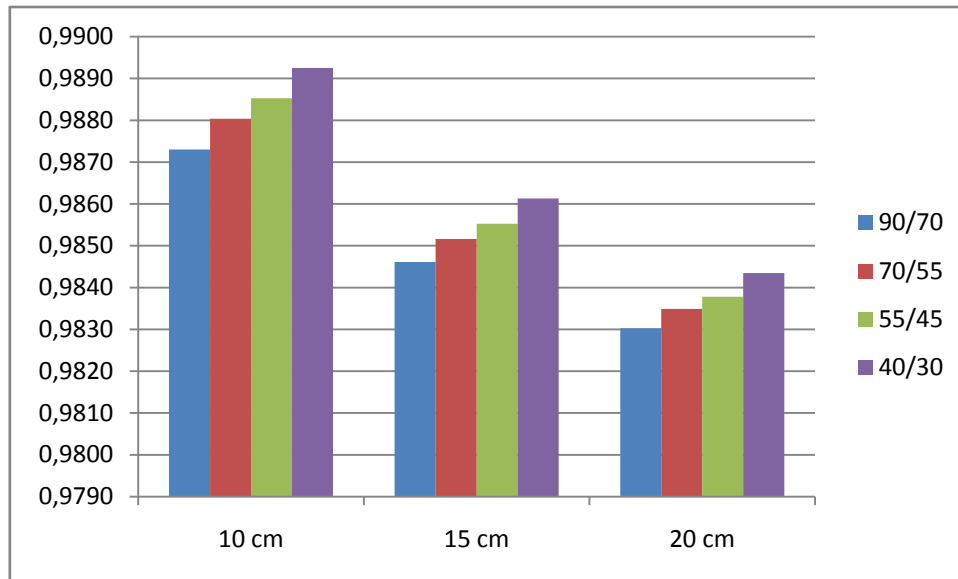
Qgnr, aux, rbl (kWh)	24 kW	90/70	53,90	44,26	40,74
		70/55	50,69	42,22	39,01
		55/45	48,61	40,92	37,83
		40/30	48,00	40,54	37,54
	27 kW	90/70	52,07	43,09	39,54
		70/55	49,00	41,05	37,82
		55/45	47,07	39,68	36,75
		40/30	46,51	39,30	36,49
	30 kW	90/70	47,72	40,08	37,02
		70/55	45,18	38,26	35,62
		55/45	43,60	37,13	34,76
		40/30	43,10	36,82	34,55
Qgnr,ls, env,rbl (kWh)	24 kW	90/70	658,96	610,18	593,24
		70/55	594,5422	562,81	551,76
		55/45	553,7587	532,67	525,31
		40/30	523,46	511,47	507,23
	27 kW	90/70	713,07	660,28	641,95
		70/55	643,3612	609,02	597,06
		55/45	599,23	576,41	568,45
		40/30	566,44	553,46	548,88
	30 kW	90/70	765,22	708,57	688,91
		70/55	690,4184	653,56	640,73
		55/45	643,0582	618,57	610,02
		40/30	607,87	607,8712	607,8712
QHW, gen, in (kWh)	24 kW	90/70	35976,44	28866,62	25952,25
		70/55	33804,58	27259,08	24559,74
		55/45	32373,01	26199,43	23642,25
		40/30	31947,54	25914,2	23411,61
	27 kW	90/70	36037,39	28921,11	26005,47
		70/55	33859,73	27309,65	24609,51
		55/45	32424,23	26247,8	23689,43
		40/30	31996,09	25960,85	23457,21
	30 kW	90/70	36105,89	28980,69	26061,87
		70/55	33921,09	27364,68	24661,4
		55/45	32481,09	26299,51	23738,47
		40/30	32050,33	26024,53	23523,47
QHW,gnr , out/ QHW, gen, in	24 kW	90/70	0,9873	0,9846	0,9830
		70/55	0,9880	0,9852	0,9835
		55/45	0,9885	0,9855	0,9838
		40/30	0,9892	0,9861	0,9843
	27 kW	90/70	0,9856	0,9828	0,9810
		70/55	0,9864	0,9833	0,9815
		55/45	0,9870	0,9837	0,9818
		40/30	0,9877	0,9844	0,9824
	30 kW	90/70	0,9838	0,9807	0,9789
		70/55	0,9846	0,9814	0,9794
		55/45	0,9852	0,9818	0,9798
		40/30	0,9861	0,9819	0,9797

Rezultati proračuna pokazuju da godišnja učinkovitost podsustava generatora topline sa plinskim kondenzacijskim kotlom kao toplinskim izvorom pada kako raste nazivni toplinski kapacitet kotla, a raste sa smanjenjem temperatura polaza i povrata ogrijevnog medija. Radi lakše usporedbe dobivenih rezultata isti su prikazani u dijagramimu 4.3.



Dijagram 4.3 Ovisnost učinkovitosti kotla o temperaturnom režimu i nazivnom kapacitetu

Budući da optimizacija sustava uključuje i analizu utjecaja toplinske zaštite na potrošnju energije sustava rezultate valja prikazati i u ovisnosti o različitim debljinama toplinske izolacije. Taj se prikaz za nazivni učin kotla od 24 kW nalazi u dijagramu 3.4.

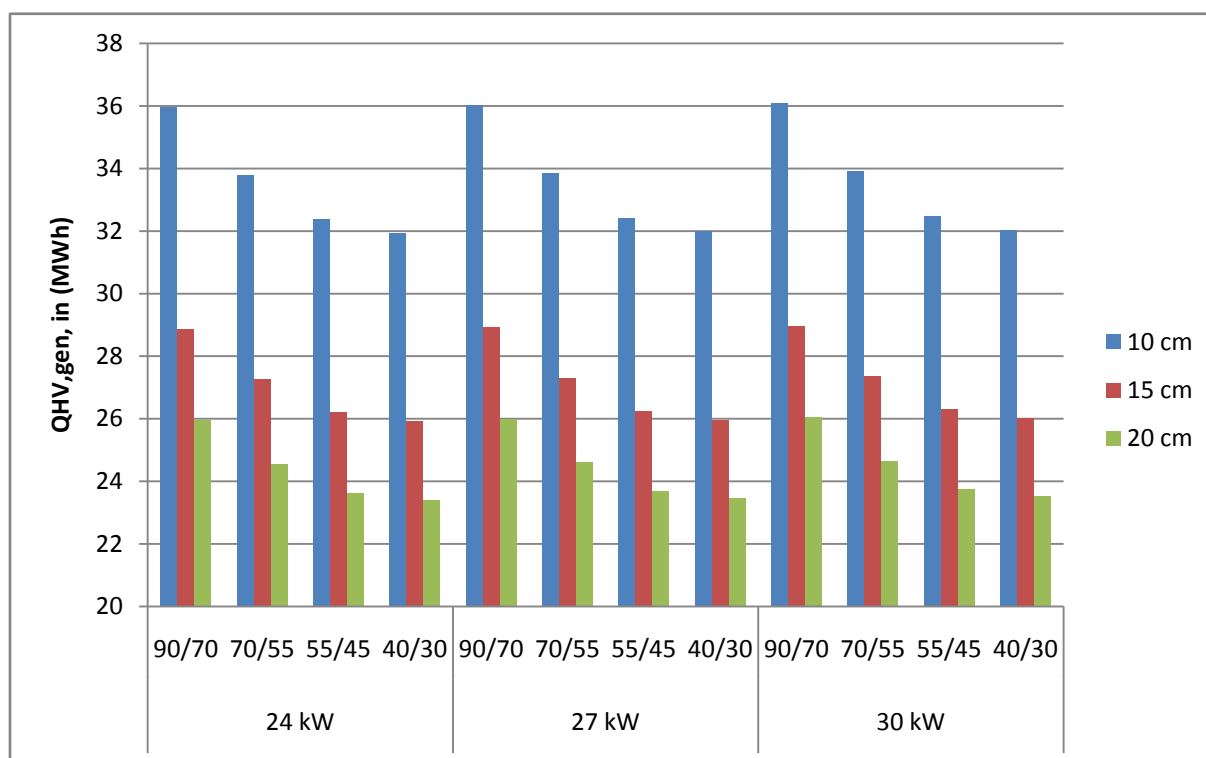


Dijagram 4.4 Ovisnost učinkovitosti kotla o debljini izolacije

Učinkovitost kotla pada s povećanjem debljine izolacije uslijed promjene faktora opterećenja kotla. Sukladno sa opažanjima za predhodni dijagram može se reći da je kotao iste nazivne snage predimensioniran u odnosu na toplinske potrebe objekta, koje se smanjuju poboljšanjem svojstava toplinske izolacije.

5. Analiza rezultata

Rezultate dobivene proračunom potrebno je analizirati sa stajališta efikasnosti i financijske isplativosti. Počinje se sa godišnjim vrijednostima energija koje je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje topline. Prikaz rezultata iz tablice 4.5 nalazi se u dijagramu 5.1.



Dijagram 5.1 Isporučena energija generatoru topline

Iz dijagrama je vidljivo da, iako učinkovitost plinskog kondenzacijskog kotla pada s poboljšanjem topinskih svojstava izolacije, energija koju kotlu treba predati smanjuje se s povećanjem debljine izolacijskog sloja. Ako se uzme u obzir da se vrijednosti učinkovitosti generatora topline mijenjaju na razini od 0.98 do 0.99 (1% promjene), a potrebna energija za grijanje $Q_{H,nd}$ na razini od 19787 kWh do 12080 kWh (promjena od 39%) vidljivo je da su rezultati dosljedni.

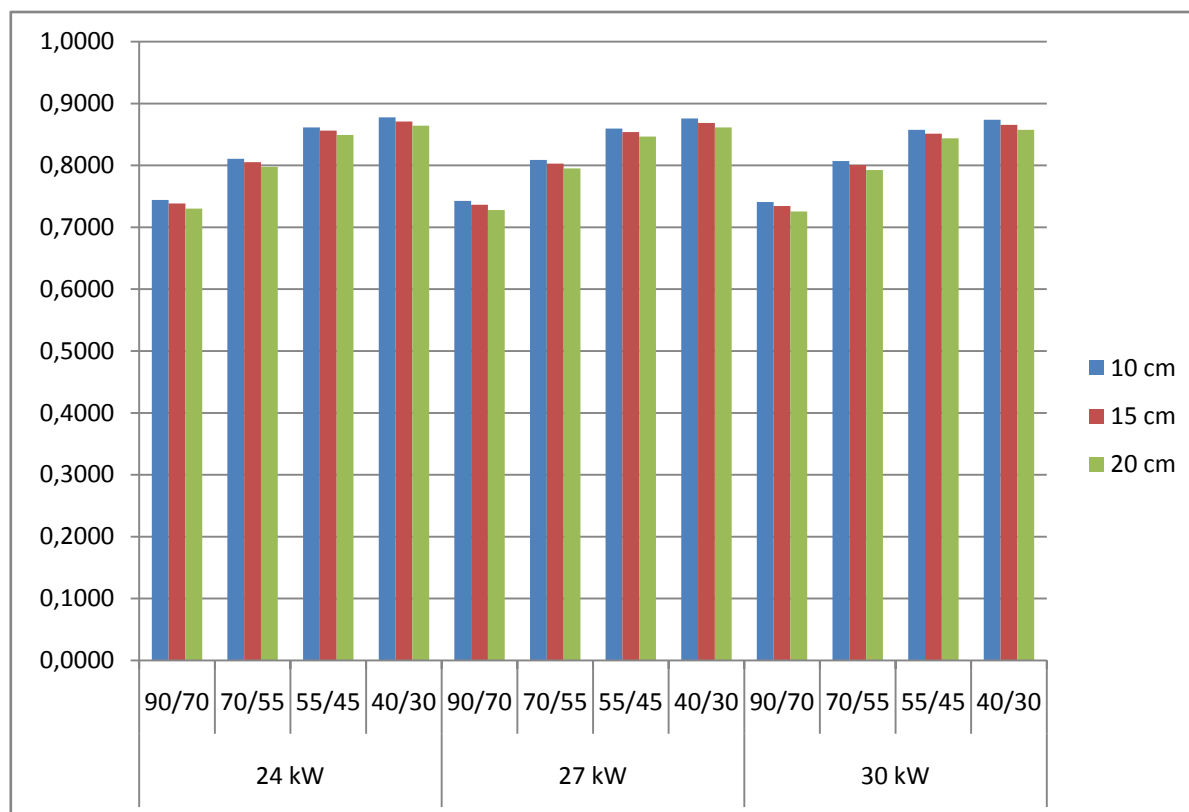
Valja prikazati i vrijednosti učinkovitosti pojedinih izvedbi sustava grijanja, ako ne uračunamo energiju utrošenu za pripremu PTV-a. U proračunskoj tablici pri postavljanju vrijednosti energije koju podsustav proizvodnje treba predati, u ovom slučaju, zanemarit će se potrebna energija za pripremu PTV-a ($Q_w=0$). Rezultati se prikazuju kao omjer potrebne

energije za grijanje prema HRN EN ISO 13790 i energije koju je gorivom potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje topline. U tablici 5.1 nalaze se rezultati proračuna.

		Debljina izolacije	10 cm	15 cm	20 cm
		QH,nd (kWh)	19787	14372	12080
QH, gen, in (kWh)	24 kW	90/70	26584,72	19461,53	16541,9
		70/55	24406,73	17849,1	15144,61
		55/45	22970,83	16786,43	14223,56
		40/30	22545,1	16500,72	13980,1
	27 kW	90/70	26644,17	19515,57	16593,95
		70/55	24459,97	17899,12	15192,7
		55/45	23020,31	16833,52	14269,14
		40/30	22592,09	16545,93	14024,09
	30 kW	90/70	26708,6	19572,22	16647,03
		70/55	24517,97	17950,66	15241,47
		55/45	23074,51	16881,84	14315,19
		40/30	22643,69	16606,28	14087,46
QH, nd/ QH, gen, in	24 kW	90/70	0,7443	0,7385	0,7303
		70/55	0,8107	0,8052	0,7976
		55/45	0,8614	0,8562	0,8493
		40/30	0,8777	0,8710	0,8641
	27 kW	90/70	0,7426	0,7364	0,7280
		70/55	0,8090	0,8029	0,7951
		55/45	0,8595	0,8538	0,8466
		40/30	0,8758	0,8686	0,8614
	30 kW	90/70	0,7408	0,7343	0,7257
		70/55	0,8070	0,8006	0,7926
		55/45	0,8575	0,8513	0,8439
		40/30	0,8738	0,8655	0,8575

Tablica 5.1 Učinkovitost sustava grijanja

Rezultati izračuna toplinske učinkovitosti sustava grijanja u odnosu na potrebnu energiju za grijanje prikazani su i u dijagramu 5.2.



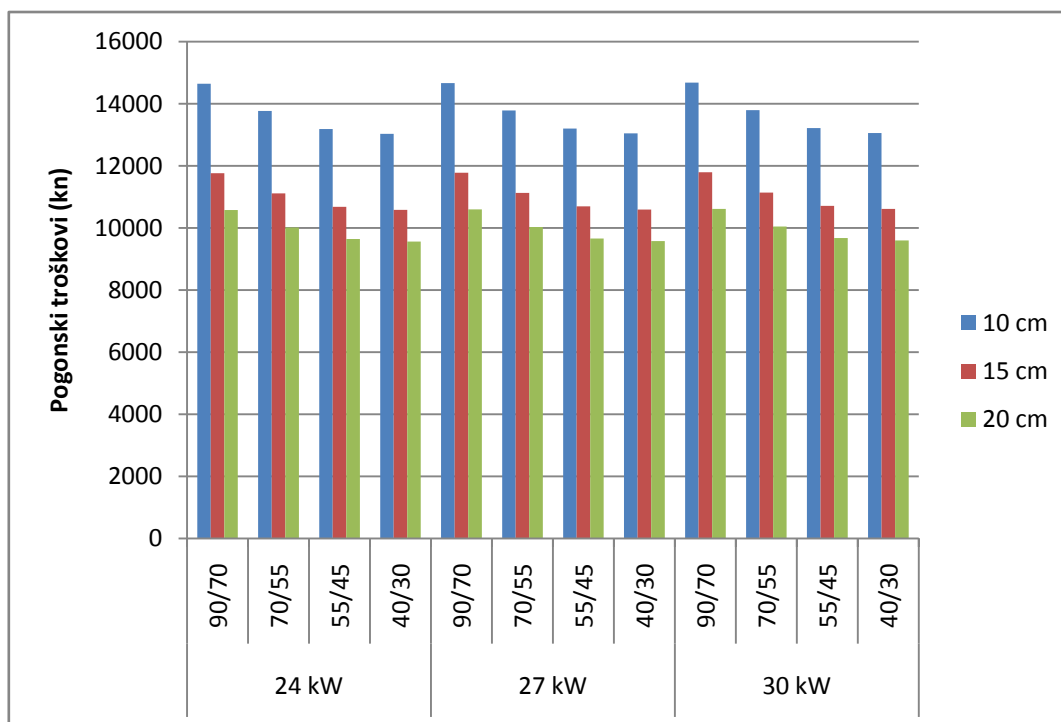
Dijagram 5.2 Učinkovitost sustava grijanja

Iz dijagrama je vidljivo da sustavi s podnim grijanjem (režim 40/30°C) imaju najveću učinkovitost. Iako prema proračunskom modelu utjecaj sporog regulacijskog odziva sustava podnog grijanja utječe na toplinske gubitke kod predaje topline u grijani prostor, gubici podsustava razvoda ogrjevnog medija manji su u takvoj mjeri da povećavaju ukupnu učinkovitost cijelog sustava.

Što se tiče ekonomske analize različitih rješenja termotehničkog sustava iz rezultata jevidljivoda nema smisla ulagati u kotao većeg nazivnog kapaciteta, koji uz to što je početna investicija skuplja ima i veće trošove energenta za grijanje. Da bismo procijenili koji je optimalan odabir temperaturnog režima ogrijevnog medija i nazivnog učina treba usporediti pogonske troškove različitih izvedbi sustava. Izračun je proveden s cijenama od 0.4 kn/kWh za plin i 0.63 kn/kWh za električnu energiju. Vrijednosti potrebnih pomoćnih energija, energija isporučenih generatoru topline i pogonskih troškova prikazane su u tablici 5.3. i dijagramu 5.3.

Debljina izolacije AA1:F37		10 cm	15 cm	20 cm	
QHW, gen, in (kWh)	24 kW	90/70	35976,44	28866,62	25952,25
		70/55	33804,58	27259,08	24559,74
		55/45	32373,01	26199,43	23642,25
		40/30	31947,54	25914,2	23411,61
	27 kW	90/70	36037,39	28921,11	26005,47
		70/55	33859,73	27309,65	24609,51
		55/45	32424,23	26247,8	23689,43
		40/30	31996,09	25960,85	23457,21
	30 kW	90/70	36105,89	28980,69	26061,87
		70/55	33921,09	27364,68	24661,4
		55/45	32481,09	26299,51	23738,47
		40/30	32050,33	26024,53	23523,47
$\Sigma W, H, aux$ $+\Sigma W, W, aux$	24 kW	90/70	406,58	340,7864	314,228
		70/55	388,5846	329,1425	304,3172
		55/45	376,8987	321,6672	297,6092
		40/30	398,1083	340,7715	315,5049
	27 kW	90/70	397,46	334,9413	308,2252
		70/55	380,14	323,3249	298,3689
		55/45	369,23	315,4933	292,2104
		40/30	390,68	334,5696	310,2418
	30 kW	90/70	375,67	319,8879	295,6304
		70/55	361,0692	309,3518	287,4101
		55/45	351,8515	302,7622	282,2638
		40/30	373,6098	322,2052	300,5453
Pogonski troškovi (kn)	24 kW	90/70	14646,72	11761,34	10578,86
		70/55	13766,64	11110,99	10015,62
		55/45	13186,65	10682,42	9644,392
		40/30	13029,82	10580,37	9563,411
	27 kW	90/70	14665,35	11779,46	10596,37
		70/55	13783,38	11127,56	10031,78
		55/45	13202,31	10697,88	9659,865
		40/30	13044,57	10595,12	9578,334
	30 kW	90/70	14679,03	11793,81	10610,99
		70/55	13795,91	11140,76	10045,63
		55/45	13214,1	10710,54	9673,213
		40/30	13055,51	10612,8	9598,732

Tablica 5.2 Izračun pogonskih troškova



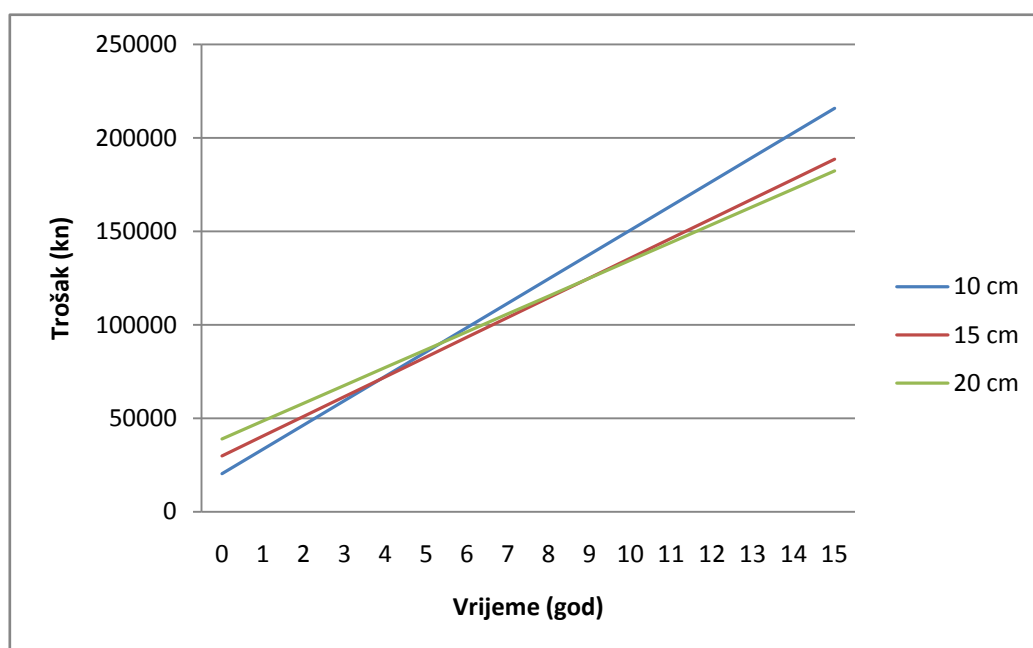
Dijagram 5.3 Pogonski troškovi sustava

Najmanji iznos pogonskih troškova sustava označen je crvenim poljem u tablici 5.2 i javlja se za izvedbu sustava s debljinom izolacije od 20 cm, nazivnim toplinskim učinkom kotla od 24 kW i podnim grijanjem temperaturnog režima 40/30°C.

Ostaje još provjeriti period isplativosti ulaganja u toplinsku zaštitu zgrade. Promatrat će se period isplativosti za sustav podnim grijanjem temperaturnog režima 40/30°C i kotlom nazivnog učina od 24 kW. Budući da je po važećem propisu Ministarstva graditeljstva maksimalna vrijednost U koeficijenta prolaza topline vanjskog zida 0.3 W/m²K period isplativosti investicije u bolja svojstva toplinske zaštite računat će se u odnosu na debljinu izolacije od 10 cm. Cijena kvadratnog metra stiropora debljine 10 cm je 43 kn/m², stiropora debljine 15 cm je 63 kn/m², a stiropora debljine 20 cm 82 kn/m². Proračun se vrši jednostavnom računicom povrata investicije s vrijednostima godišnjih troškova pogona. Troškovi investicije izračunati su kao umnožak površine vanjskih zidova i cijene pojedine debljine stiropora. Zanemarene su promjene cijene energenata i inflacija.

$$PPI = \frac{INVESTICIJA}{UŠTEDA}$$

Ušteda na pogonskim troškovima za debljinu izolacije od 15 cm u odnosu na 10 cm je 2450 kn uz početnu investiciju od 9500 kn, što daje period povrata investicije od 3.9 god. Izvedba vanjske ovojnice debljinom izolacije od 20 cm daje uštedu pogonskih troškova od 3470 kn godišnje i početnu investiciju od 18525 kn iz čega slijedi period povrata investicije od 5.4 godine. Isplativost investicije toplinske zaštite od 20 cm u odnosu na 15 cm, uz razliku u investiciji od 9025 kn i uštedu u pogonskim troškovima od 1015 kn godišnje, je nakon 6.9 godina. Prikaz perioda povrata investicije nalazi se u dijagramu 5.4.



Dijagram 5.4 Prikaz povrata investicije

6. Zaključak

Prilikom izrade ovog rada proveden je proračun projektnih toplinskih gubitaka za različita svojstva toplinske zaštite zgrade prema važećoj normi HRNEN12831 korištenjem programskog paketa IntegraCAD. Utvrđena je potrebna energija za grijanje prema HRNENISO 13790, također za različite izvedbe toplinske zaštite objekta. Proračun potrebne energije za grijanje rađen je samostalno prema „Algoritmu za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790“ u tabličnom kalkulatoru.

Analizaučinkovitosti sustava grijanja za različite pogonske parametre, idejna rješenja i svojstva toplinske zaštite građevine provedena je prema „Algoritmu za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama“ vlastito razvijenom metodom. Rezultati proračuna i naknadne analize pogonskih troškova i učinkovitosti sustava ukazali su na slijedeće optimalno rješenje:

Nazivni učin kotla: 24 kW

Temperaturni režim ogrijevnog medija: 40/30 °C

Vrsta ogrijevnih tijela: panelno podno grijanje

Izvedba vanjske ovojnice: izolacija od 20 cm ($U = 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Hidraulička shema optimalnog sustava nalazi se u prilogu 1.

Prilikom analize učinkovitosti sustava donosi se zaključak da plinski kondenzacijski kotao treba dimenzionirati tako da mu se vrijednost nazivnog toplinskog učina što više približava projektnim toplinskim gubicima. Plinski kondenzacijski kotao, koji veći dio sezone grijanja radi sa smanjenim postotkom opterećenja, imat će nižu učinkovitost od pravilno odabranog kotla koji radi sa većim postotkom nazivnog učina kroz cijelu godinu.

U opsegu rada izračunat je i period povratka investicije za različita svojstva toplinske zaštite objekta i donesen zaključak da će se ulaganje u izolaciju toplinskih svojstava $U = 0.161 \text{ W/m}^2\text{K}$ u odnosu na maksimalnu dozvoljenu vrijednost prema tehničkom propisu Ministarstva graditeljstva ($0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$) isplatiti u periodu od 5 godina.

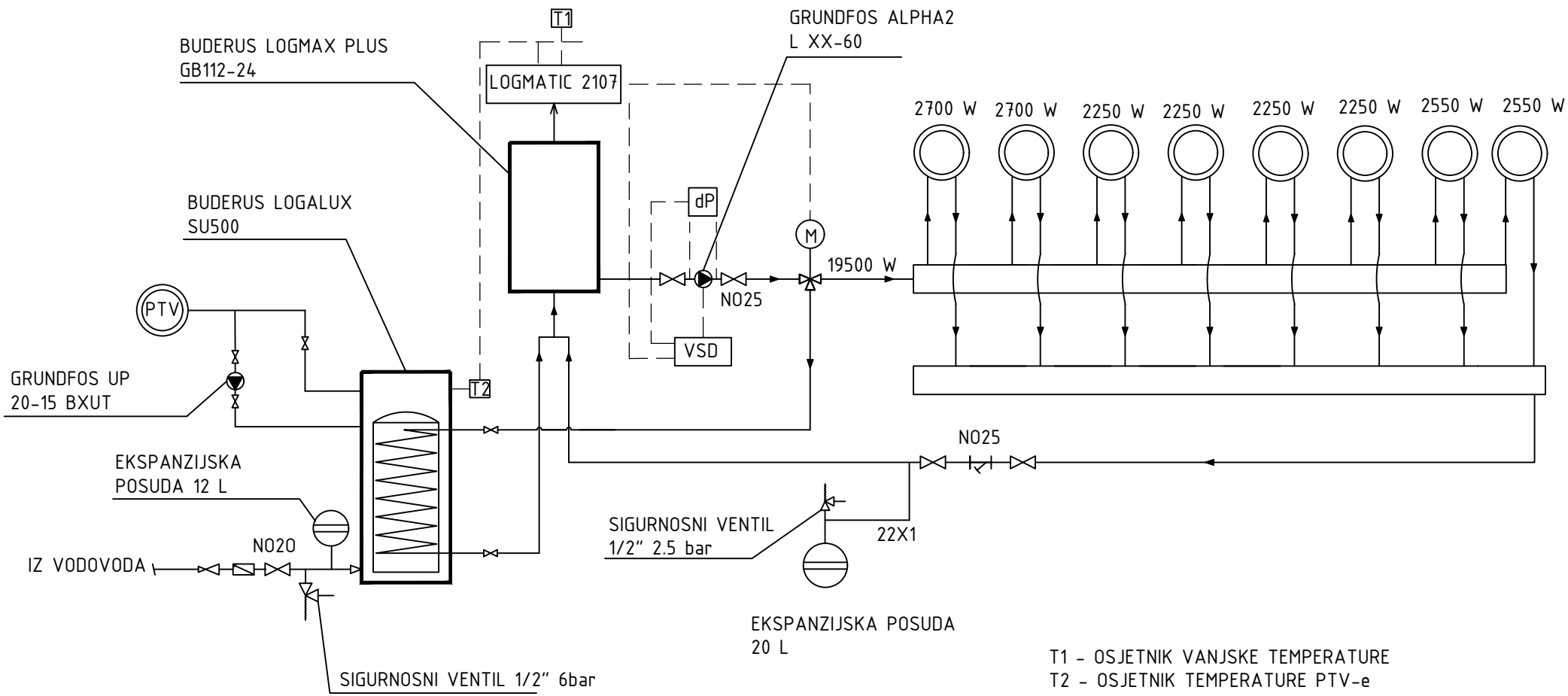
Literatura

[1] „Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790“, V. Soldo, S. Novak, I. Horvat, FSB, 2014., Zagreb

[2] „Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama“, D. Dović, I. Horvat, A. Rodić, V. Soldo, S. Švaić, FSB, 2015., Zagreb

- Podloge za predavanje iz kolegija „Grijanje“, I. Balen, FSB, Zagreb
- „Grejanje i klimatizacija“, Recknagel, Sprenger, Shramek, Čeperković, Interklima, 2011., Vrnjačka Banja
- <http://www.buderus.com.hr/>
- <https://www.grundfos.com/>
- <http://www.eihp.hr/> -Energetski institut Hrvoje Požar
- <http://www.mgipu.hr/> -Ministarstvo graditeljstva
- <http://www.ikoma.hr/> -prodajni centar građevinskih materijal

Prilog 1 Hidraulička shema sustava



T1 - OSJETNIK VANJSKE TEMPERATURE
 T2 - OSJETNIK TEMPERATURE PTV-e
 dP - MJERAČ DIFERENCIJALNOG TLAKA

Prilog 2 Proračun prema HRN EN 12831

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Projekt:														
2	Toplinska bilanca 10 cm														
3															
4															
5	K1 podrum														
6	S1														
7	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)				
8	P1	0a1	5	20	194	115	79	0	0	- 194	0				
9	P4	0a2	22	20	1124	778	346	0	0	- 1124	0				
10	P5	0a4	5	20	232	153	79	0	0	- 232	0				
11	P6	0a5	10	20	412	260	152	0	0	- 412	0				
12	P7	0a6	15	20	1042	802	240	0	0	- 1042	0				
13		Ukupno:			3004	2108	896	0	- 3004						
14	S2														
15	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)				
16	P8	0b1	5	20	526	448	78	0	0	- 526	0				
17	P9	0b2	23	20	1129	779	350	0	0	- 1129	0				
18	P10	0b4	5	20	337	256	81	0	0	- 337	0				
19	P11	0b5	10	20	413	260	153	0	0	- 413	0				
20	P12	0b6	15	20	922	682	240	0	0	- 922	0				
21		Ukupno:			3327	2425	902	0	- 3327						
22		Ukupno: podrum			6331	4533	1798	0	- 6331						
23															
24	K2 prizemlje														
25	S3														
26	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)				
27	P1	1.1	7	20	228	115	113	0	0	- 228	0				
28	P2	1.2	21	20	1080	751	329	0	0	- 1080	0				
29	P3	1.4	5	20	249	160	89	0	0	- 249	0				
30	P4	1.5	10	20	459	307	152	0	0	- 459	0				
31	P5	1.6	12	20	632	447	185	0	0	- 632	0				
32		Ukupno:			2648	1780	868	0	- 2648						
33	S4														
34	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)				
35	P6	2.1	6	20	227	121	106	0	0	- 227	0				
36	P7	2.2	21	20	1081	751	330	0	0	- 1081	0				
37	P8	2.4	6	20	251	160	91	0	0	- 251	0				
38	P9	2.5	10	20	540	387	153	0	0	- 540	0				
39	P10	2.6	11	20	627	447	180	0	0	- 627	0				
40		Ukupno:			2726	1866	860	0	- 2726						
41		Ukupno:			5374	3646	1728	0	- 5374						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
42															
43	K3	1. kat													
44	S5														
45	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (%)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)				
46	P1	1.1	7	20	228	115	113	0	0	- 228	0				
47	P2	1.2	21	20	1080	751	329	0	0	- 1080	0				
48	P3	1.4	5	20	249	160	89	0	0	- 249	0				
49	P4	1.5	10	20	459	307	152	0	0	- 459	0				
50	P5	1.6	12	20	632	447	185	0	0	- 632	0				
51		Ukupno:			2648	1780	868	0	- 2648						
52	S6														
53	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (%)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)				
54	P6	2.1	6	20	227	121	106	0	0	- 227	0				
55	P7	2.2	21	20	1081	751	330	0	0	- 1081	0				
56	P8	2.4	6	20	251	160	91	0	0	- 251	0				
57	P9	2.5	10	20	540	387	153	0	0	- 540	0				
58	P10	2.6	11	20	627	447	180	0	0	- 627	0				
59		Ukupno:			2726	1866	860	0	- 2726						
60		Ukupno: 1. kat			5374	3646	1728	0	- 5374						
61															
62	K4	2. kat													
63	S7														
64	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (%)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)				
65	P1	1.1	7	20	256	143	113	0	0	- 256	0				
66	P2	1.2	21	20	1162	833	329	0	0	- 1162	0				
67	P3	1.4	5	20	271	182	89	0	0	- 271	0				
68	P4	1.5	10	20	496	344	152	0	0	- 496	0				
69	P5	1.6	12	20	678	493	185	0	0	- 678	0				
70		Ukupno:			2863	1995	868	0	- 2863						
71	S8														
72	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (%)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)				
73	P6	2.1	6	20	253	147	106	0	0	- 253	0				
74	P7	2.2	21	20	1252	922	330	0	0	- 1252	0				
75	P8	2.4	6	20	274	183	91	0	0	- 274	0				
76	P9	2.5	10	20	578	425	153	0	0	- 578	0				
77	P10	2.6	11	20	671	491	180	0	0	- 671	0				
78		Ukupno:			3028	2168	860	0	- 3028						
79		Ukupno: 2. kat			5891	4163	1728	0	- 5891						
80															
81		Ukupno:			22970	15988	6982	0	- 22970						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Projekt:														
2	Toplinska bilanca 15 cm														
3															
4															
5	K1 podrum														
6	Sta														
7	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)				
8	P1	0a1	5	20	181	102	79	0	0	- 181	0				
9	P2	0a2	22	20	1044	698	346	0	0	- 1044	0				
10	P3	0a4	5	20	220	141	79	0	0	- 220	0				
11	P4	0a5	10	20	378	226	152	0	0	- 378	0				
12	P5	0a6	15	20	909	669	240	0	0	- 909	0				
13		Ukupno:			2732	1836	896	0	- 2732						
14	Sta														
15	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)				
16	P6	0b1	5	20	485	407	78	0	0	- 485	0				
17	P7	0b2	23	20	1049	699	350	0	0	- 1049	0				
18	P8	0b4	5	20	290	209	81	0	0	- 290	0				
19	P9	0b5	10	20	379	226	153	0	0	- 379	0				
20	P10	0b6	15	20	789	549	240	0	0	- 789	0				
21		Ukupno:			2992	2090	902	0	- 2992						
22		Ukupno: podrum			5724	3926	1798	0	- 5724						
23															
24	K2 prizemlje														
25	Sta														
26	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)				
27	P2	1.1	7	20	215	102	113	0	0	- 215	0				
28	P3	1.2	21	20	1007	678	329	0	0	- 1007	0				
29	P4	1.4	5	20	235	146	89	0	0	- 235	0				
30	P5	1.5	10	20	411	259	152	0	0	- 411	0				
31	P6	1.6	12	20	566	381	185	0	0	- 566	0				
32		Ukupno:			2434	1566	868	0	- 2434						
33	Sta														
34	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)				
35	P7	2.1	6	20	212	106	106	0	0	- 212	0				
36	P8	2.2	21	20	1008	678	330	0	0	- 1008	0				
37	P9	2.4	6	20	237	146	91	0	0	- 237	0				
38	P10	2.5	10	20	449	296	153	0	0	- 449	0				
39	P11	2.6	11	20	561	381	180	0	0	- 561	0				
40		Ukupno:			2467	1607	860	0	- 2467						
41		Ukupno:			4901	3173	1728	0	- 4901						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
43	K3	1. kat													
44	Sta														
	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m²				
45															
46	P1	1.1	7	20	215	102	113	0	0	- 215	0				
47	P2	1.2	21	20	1007	678	329	0	0	- 1007	0				
48	P3	1.4	5	20	235	146	89	0	0	- 235	0				
49	P4	1.5	10	20	411	259	152	0	0	- 411	0				
50	P5	1.6	12	20	566	381	185	0	0	- 566	0				
51		Ukupno:			2434	1566	868	0	- 2434						
52	Sta														
	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m²				
53															
54	P6	2.1	6	20	212	106	106	0	0	- 212	0				
55	P7	2.2	21	20	1008	678	330	0	0	- 1008	0				
56	P8	2.4	6	20	237	146	91	0	0	- 237	0				
57	P9	2.5	10	20	449	296	153	0	0	- 449	0				
58	P10	2.6	11	20	561	381	180	0	0	- 561	0				
59		Ukupno:			2467	1607	860	0	- 2467						
60		Ukupno: 1. kat			4901	3173	1728	0	- 4901						
61															
62	K4	2. kat													
63	Sta														
	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m²				
64															
65	P1	1.1	7	20	243	130	113	0	0	- 243	0				
66	P2	1.2	21	20	1089	760	329	0	0	- 1089	0				
67	P3	1.4	5	20	257	168	89	0	0	- 257	0				
68	P4	1.5	10	20	449	297	152	0	0	- 449	0				
69	P5	1.6	12	20	612	427	185	0	0	- 612	0				
70		Ukupno:			2650	1782	868	0	- 2650						
71	Sta														
	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m²				
72															
73	P6	2.1	6	20	238	132	106	0	0	- 238	0				
74	P7	2.2	21	20	1179	849	330	0	0	- 1179	0				
75	P8	2.4	6	20	260	169	91	0	0	- 260	0				
76	P9	2.5	10	20	487	334	153	0	0	- 487	0				
77	P10	2.6	11	20	605	425	180	0	0	- 605	0				
78		Ukupno:			2769	1909	860	0	- 2769						
79		Ukupno: 2. kat			5419	3691	1728	0	- 5419						
80															
81		Ukupno:			20945	13963	6982	0	- 20945						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Projekt:														
2	Toplinska bilanca 20 cm														
3															
4															
5	K1 podrum														
6	Sta														
7	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)				
8	P1	0a1	5	20	181	102	79	0	0	- 181	0				
9	P2	0a2	22	20	961	615	346	0	0	- 961	0				
10	P3	0a4	5	20	206	127	79	0	0	- 206	0				
11	P4	0a5	10	20	350	198	152	0	0	- 350	0				
12	P5	0a6	15	20	851	611	240	0	0	- 851	0				
13		Ukupno:			2549	1653	896	0	- 2549						
14	Sta														
15	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)				
16	P1	0b1	5	20	485	407	78	0	0	- 485	0				
17	P2	0b2	23	20	966	616	350	0	0	- 966	0				
18	P3	0b4	5	20	275	194	81	0	0	- 275	0				
19	P4	0b5	10	20	350	197	153	0	0	- 350	0				
20	P5	0b6	15	20	731	491	240	0	0	- 731	0				
21		Ukupno:			2807	1905	902	0	- 2807						
22		Ukupno: podrum			5356	3558	1798	0	- 5356						
23															
24	K2 prizemlje														
25	Sta														
26	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)				
27	P1	1.1	7	20	215	102	113	0	0	- 215	0				
28	P2	1.2	21	20	925	596	329	0	0	- 925	0				
29	P3	1.4	5	20	219	130	89	0	0	- 219	0				
30	P4	1.5	10	20	375	223	152	0	0	- 375	0				
31	P5	1.6	12	20	509	324	185	0	0	- 509	0				
32		Ukupno:			2243	1375	868	0	- 2243						
33	Sta														
34	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)				
35	P1	2.1	6	20	212	106	106	0	0	- 212	0				
36	P2	2.2	21	20	926	596	330	0	0	- 926	0				
37	P3	2.4	6	20	221	130	91	0	0	- 221	0				
38	P4	2.5	10	20	421	268	153	0	0	- 421	0				
39	P5	2.6	11	20	504	324	180	0	0	- 504	0				
40		Ukupno:			2284	1424	860	0	- 2284						
41		Ukupno:			4527	2799	1728	0	- 4527						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
43	K3	1. kat													
44	Sta														
	P	Prostorija	A	tu	Qn	PhiT	PhiV	Phi RH	Qinst	Qost	Qinst/				
45			(m²)	(°C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	m²				
46	P1	1.1	7	20	215	102	113	0	0	- 215	0				
47	P2	1.2	21	20	925	596	329	0	0	- 925	0				
48	P3	1.4	5	20	219	130	89	0	0	- 219	0				
49	P4	1.5	10	20	375	223	152	0	0	- 375	0				
50	P5	1.6	12	20	509	324	185	0	0	- 509	0				
51		Ukupno:			2243	1375	868	0	- 2243						
52	Sta														
	P	Prostorija	A	tu	Qn	PhiT	PhiV	Phi RH	Qinst	Qost	Qinst/				
53			(m²)	(°C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	m²				
54	P1	2.1	6	20	212	106	106	0	0	- 212	0				
55	P2	2.2	21	20	926	596	330	0	0	- 926	0				
56	P3	2.4	6	20	221	130	91	0	0	- 221	0				
57	P4	2.5	10	20	421	268	153	0	0	- 421	0				
58	P5	2.6	11	20	504	324	180	0	0	- 504	0				
59		Ukupno:			2284	1424	860	0	- 2284						
60		Ukupno: 1. kat			4527	2799	1728	0	- 4527						
61															
62	K4	2. kat													
63	Sta														
	P	Prostorija	A	tu	Qn	PhiT	PhiV	Phi RH	Qinst	Qost	Qinst/				
64			(m²)	(°C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	m²				
65	P1	1.1	7	20	243	130	113	0	0	- 243	0				
66	P2	1.2	21	20	1007	678	329	0	0	- 1007	0				
67	P3	1.4	5	20	241	152	89	0	0	- 241	0				
68	P4	1.5	10	20	413	261	152	0	0	- 413	0				
69	P5	1.6	12	20	555	370	185	0	0	- 555	0				
70		Ukupno:			2459	1591	868	0	- 2459						
71	Sta														
	P	Prostorija	A	tu	Qn	PhiT	PhiV	Phi RH	Qinst	Qost	Qinst/				
72			(m²)	(°C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	m²				
73	P1	2.1	6	20	238	132	106	0	0	- 238	0				
74	P2	2.2	21	20	1097	767	330	0	0	- 1097	0				
75	P3	2.4	6	20	244	153	91	0	0	- 244	0				
76	P4	2.5	10	20	459	306	153	0	0	- 459	0				
77	P5	2.6	11	20	549	369	180	0	0	- 549	0				
78		Ukupno:			2587	1727	860	0	- 2587						
79		Ukupno: 2. kat			5046	3318	1728	0	- 5046						
80															
81		Ukupno:			19456	12474	6982	0	- 19456						

Prilog 3 Proračun prema HRN EN ISO 13790

Klimatski podaci								br dana	vrijeme (h)	mjesec	Qtr kWh	Qve kWh	Qht kWh	Qint kWh
mjesec	θe,m	Zračenje (MJ/m2)												
		Jl	JZ	Sl	SZ	hor								
1	-0,6	243	243	64	64	181	31	744	sij	5625,187	3022,366	8647,553	1674	
2	2,2	308	308	81	81	263	28	672	velj	4390,218	2358,828	6749,046	1512	
3	6,5	396	396	133	133	437	31	744	ožu	3686,409	1980,677	5667,086	1674	
4	11,2	403	403	204	204	563	30	720	tra	2325,477	1249,459	3574,936	1620	
5	15,9	417	417	324	324	694	31	744	svi	1119,576	601,5389	1721,115	1674	
6	19,2	411	411	372	372	745	30	720	lip	211,407	113,5872	324,9942	1620	
7	21,1	442	442	367	367	767	31	744	srp	-300,374	-161,388	-461,763	1674	
8	20,1	443	443	263	263	686	31	744	kol	-27,3067	-14,6717	-41,9784	1674	
9	16,6	429	429	143	143	505	30	720	ruj	898,4796	482,7456	1381,225	1620	
10	11,1	416	416	103	103	372	31	744	lis	2430,299	1305,78	3736,079	1674	
11	5,6	272	272	67	67	204	30	720	stu	3805,326	2044,57	5849,895	1620	
12	0,9	224	224	56	56	156	31	744	pro	5215,586	2802,291	8017,877	1674	

Q sol (kWh)					Qh, gn	γ	η	Qh, nd kWh	Q"h, nd,ref (kWh/m2a)
Jl	JZ	Sl	SZ	hor					
456,886715	741,0303	67,97465	164,5374	12,37953	3116,809	0,36	0,980685	5591	12,4244444
612,703625	972,8528	119,4628	241,675	51,78674	3510,481	0,52	0,946	3428	7,61777778
802,641309	1265,69	240,72	441,3894	116,8344	4541,275	0,801	0,852	1798	3,99555556
821,436048	1292,67	421,4484	729,2421	170,2287	5055,025	1,414	0,627	405	0,9
850,097822	1337,702	718,8992	1207,748	221,6972	6010,145	3,492	0,284	14	0,03111111
839,514719	1320,103	842,0458	1403,317	244,4896	6269,47	19,291	0,052	0	0
906,593671	1423,431	826,5521	1380,279	251,4832	6462,339	-13,995	-0,071	0	0
908,853505	1426,86	566,1823	962,9948	218,433	5757,324	-137,15	-0,007	0	0
880,19173	1381,828	268,7315	484,4888	146,5632	4781,803	3,462	0,286	14	0,03111111
847,837988	1334,273	165,6133	321,019	90,31262	4433,056	1,187	0,704	615	1,36666667
525,3978	843,4516	78,46122	179,5503	23,74715	3270,608	0,559	0,935	2792	6,20444444
413,94987	675,8765	47,9462	132,4386	2,178862	2946,39	0,367	0,98	5130	11,4

sum= 19787 43,97 kWh/m2a

Klimatski podaci								br dana	vrijeme (h)	mjesec	Qtr kWh	Qve kWh	Qht kWh	Qint kWh
mjesec	θe,m	Zračenje (MJ/m2)												
		Jl	JZ	Sl	SZ	hor								
1	-0,6	243	243	64	64	181	31	744	sij	4155,202	3022,366	7177,568	1674	
2	2,2	308	308	81	81	263	28	672	velj	3242,957	2358,828	5601,785	1512	
3	6,5	396	396	133	133	437	31	744	ožu	2723,069	1980,677	4703,746	1674	
4	11,2	403	403	204	204	563	30	720	tra	1717,778	1249,459	2967,238	1620	
5	15,9	417	417	324	324	694	31	744	svi	827,0061	601,5389	1428,545	1674	
6	19,2	411	411	372	372	745	30	720	lip	156,1617	113,5872	269,7489	1620	
7	21,1	442	442	367	367	767	31	744	srp	-221,88	-161,388	-383,268	1674	
8	20,1	443	443	263	263	686	31	744	kol	-20,1709	-14,6717	-34,8426	1674	
9	16,6	429	429	143	143	505	30	720	ruj	663,6871	482,7456	1146,433	1620	
10	11,1	416	416	103	103	372	31	744	lis	1795,208	1305,78	3100,988	1674	
11	5,6	272	272	67	67	204	30	720	stu	2810,91	2044,57	4855,48	1620	
12	0,9	224	224	56	56	156	31	744	pro	3852,638	2802,291	6654,929	1674	

Q sol (kWh)					Qh, gn	γ	η	Qh, nd kWh	Q"h, nd,ref (kWh/m2a)
Jl	JZ	Sl	SZ	hor					
405,848035	654,6729	72,02664	156,2715	8,561543	2971,381	0,414	0,981549	4261	9,46888889
538,394808	853,7778	115,0225	221,6449	35,81513	3276,655	0,585	0,946	2502	5,56
702,842785	1108,335	220,6744	395,7457	80,80133	4182,399	0,889	0,841	1186	2,63555556
718,554958	1131,215	375,7549	644,2854	117,7283	4607,539	1,553	0,598	212	0,47111111
743,60677	1170,603	632,1485	1058,638	153,3233	5432,319	3,803	0,262	5	0,01111111
734,084095	1154,936	737,6798	1227,353	169,0863	5643,139	20,92	0,048	0	0
792,135324	1244,73	724,784	1207,876	173,9229	5817,448	-15,179	-0,066	1	0,00222222
794,076466	1247,695	500,7353	846,929	151,0658	5214,502	-149,659	-0,007	2	0,00444444
769,024654	1208,308	244,3417	432,5763	101,3615	4375,612	3,817	0,261	4	0,00888889
741,665628	1167,637	156,0449	291,6265	62,4592	4093,434	1,32	0,675	338	0,75111111
464,265335	742,7853	80,61376	168,8076	16,42326	3092,895	0,637	0,931	1976	4,39111111
368,966334	598,3358	54,79212	128,5064	1,506877	2826,107	0,425	0,98	3885	8,63333333

sum= 14372 31,94 kWh/m2a

Klimatski podaci								vrijeme (h)	mjesec	Qtr kWh	Qve kWh	Qht kWh	Qint kWh
mjesec	θe,m	Zračenje (MJ/m2)					br dana						
		Jl	JZ	Sl	SZ	hor							
1	-0,6	243	243	64	64	181	31	744	sij	3381,954	3022,366	6404,32	1674
2	2,2	308	308	81	81	263	28	672	velj	2639,471	2358,828	4998,298	1512
3	6,5	396	396	133	133	437	31	744	ožu	2216,329	1980,677	4197,006	1674
4	11,2	403	403	204	204	563	30	720	tra	1398,114	1249,459	2647,574	1620
5	15,9	417	417	324	324	694	31	744	svi	673,1074	601,5389	1274,646	1674
6	19,2	411	411	372	372	745	30	720	lip	127,1013	113,5872	240,6885	1620
7	21,1	442	442	367	367	767	31	744	srp	-180,59	-161,388	-341,978	1674
8	20,1	443	443	263	263	686	31	744	kol	-16,4173	-14,6717	-31,0889	1674
9	16,6	429	429	143	143	505	30	720	ruj	540,1806	482,7456	1022,926	1620
10	11,1	416	416	103	103	372	31	744	lis	1461,135	1305,78	2766,915	1674
11	5,6	272	272	67	67	204	30	720	stu	2287,824	2044,57	4332,393	1620
12	0,9	224	224	56	56	156	31	744	pro	3135,695	2802,291	5937,986	1674

Q sol (kWh)					Qh, gn	γ	η	Qh, nd kWh	Q" h, nd,ref (kWh/m2a)
Jl	JZ	Sl	SZ	hor					
350,003582	563,352	66,14694	138,2698	6,556137	2798,329	0,437	0,983653	3652	8,11555556
462,282183	732,6991	102,278	193,5585	27,426	3030,244	0,606	0,951	2117	4,70444444
602,623498	950,3025	192,6792	342,5595	61,87489	3824,04	0,911	0,847	958	2,12888889
615,83341	969,6582	324,5311	554,4228	90,15228	4174,598	1,577	0,598	151	0,33555556
637,29682	1003,413	542,935	908,0572	117,4097	4883,112	3,831	0,26	5	0,01111111
629,042294	989,8909	632,6096	1051,824	129,4805	5052,847	20,993	0,048	0	0
678,574584	1066,64	621,7885	1035,368	133,1842	5209,556	-15,234	-0,066	2	0,00444444
680,225694	1069,17	431,0732	727,4532	115,681	4697,603	-151,102	-0,007	2	0,00444444
658,762285	1035,414	212,6693	373,8189	77,61913	3978,284	3,889	0,257	1	0,00222222
635,645709	1000,884	137,6652	253,7379	47,82911	3749,762	1,355	0,672	247	0,54888889
399,537926	638,3477	73,30048	148,8041	12,57637	2892,567	0,668	0,933	1634	3,63111111
318,632481	515,2994	51,47654	114,5841	1,153915	2675,146	0,451	0,982	3311	7,35777778

sum= 12080 26,84 kWh/m2a

Prilog 4 Proračun prema HRN EN 15316

		mjesec											suma	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
		Øe,m	-0,6	2,2	6,5	11,2	15,9	19,2	21,1	20,1	16,6	11,1		5,6
ogrijevna tijela	br dana	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
	Qem, out (kWh)	5476,94	3354,381	1746,206	367,1476	0	0	0	0	574,4619	2727,799	5024,627	19271,57	
	90/70	848,93	519,93	270,66	56,91	0,00	0,00	0,00	0,00	89,04	422,81	778,82	2987,09	
	Qem,ls (kWh)	70/55	602,46	368,98	192,08	40,39	0,00	0,00	0,00	63,19	300,06	552,71	2119,87	
	55/45	438,16	268,35	139,70	29,37	0,00	0,00	0,00	0,00	45,96	218,22	401,97	1541,73	
	Wctr (kWh)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	90/70	6325,87	3874,31	2016,87	424,06	0,00	0,00	0,00	0,00	663,50	3150,61	5803,44	22258,66	
	Qem, in (kWh)	70/55	6079,41	3723,36	1938,29	407,53	0,00	0,00	0,00	637,65	3027,86	5577,34	21391,44	
	55/45	5915,10	3622,73	1885,90	396,52	0,00	0,00	0,00	0,00	620,42	2946,02	5426,60	20813,29	
	βdis	90/70	0,37	0,25	0,12	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,19	0,34	
	70/55	0,36	0,24	0,11	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,18	0,33		
	55/45	0,35	0,23	0,11	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,18	0,32		
	θm (°C)	90/70	36,46	29,93	23,72	20,51	20,00	20,00	20,00	20,00	20,88	26,94	34,71	
	70/55	31,07	26,68	22,50	20,34	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,59	24,67	29,90	
	55/45	27,54	24,55	21,71	20,23	20,00	20,00	20,00	20,00	20,40	23,18	26,74		
φL(θm-θi) dio A	90/70	17,45	11,38	7,98	5,41	5,21	5,04	5,21	5,21	5,04	5,86	10,04		
70/55	13,44	9,19	7,07	5,29	5,21	5,04	5,21	5,21	5,04	5,65	8,40	12,57		
55/45	10,82	7,76	6,48	5,21	5,21	5,04	5,21	5,21	5,04	5,51	7,33	10,22		
φL(θm-θi) dio B	90/70	202,01	110,11	45,71	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	10,77	82,43	180,60		
70/55	135,89	74,07	30,75	4,09	0,00	0,00	0,00	0,00	7,25	55,45	121,48			
55/45	92,56	50,45	20,94	2,79	0,00	0,00	0,00	0,00	4,94	37,77	82,75			
φL(θm-θi) dio C	90/70	999,03	544,55	226,05	30,06	0,00	0,00	0,00	53,27	407,67	893,13			
70/55	672,02	366,30	152,06	20,22	0,00	0,00	0,00	0,00	35,84	274,23	600,78			
55/45	457,77	249,52	103,58	13,78	0,00	0,00	0,00	0,00	24,41	186,80	409,24			
Qh, dis, ls (kWh)	90/70	1218,49	666,04	279,74	41,55	5,21	5,04	5,21	5,21	5,04	69,91	1089,88		
70/55	821,35	449,56	189,07	29,60	5,21	5,04	5,21	5,21	5,04	48,73	338,08	734,83		
55/45	561,15	307,73	131,00	21,77	5,21	5,04	5,21	5,21	5,04	34,85	230,90	502,22		
Qh, dis, rbl (kWh)	90/70	1209,77	660,35	275,75	38,85	2,60	2,52	2,60	2,60	2,52	66,98	495,12		
70/55	814,63	444,97	186,34	26,96	2,60	2,52	2,60	2,60	2,52	45,91	333,88	728,55		
55/45	555,74	303,85	127,76	19,17	2,60	2,52	2,60	2,60	2,52	32,10	228,23	497,10		
W,H,dis,aux (kWh)	90/70	26,86	20,15	17,24	13,27	0,00	0,00	0,00	0,00	14,22	19,36	25,69		
70/55	26,31	19,82	17,06	13,23	0,00	0,00	0,00	0,00	14,16	19,08	25,19			
55/45	25,94	19,59	16,95	13,21	0,00	0,00	0,00	0,00	14,12	18,90	24,85			
Qh, dis, aux rvd (kWh)	90/70	20,14	15,11	12,93	9,95	0,00	0,00	0,00	0,00	10,66	14,52	19,27		
70/55	19,73	14,86	12,80	9,93	0,00	0,00	0,00	0,00	10,62	14,31	18,89			
55/45	19,46	14,69	12,71	9,91	0,00	0,00	0,00	0,00	10,59	14,18	18,64			
Qh, dis, aux rbl (kWh)	90/70	6,71	5,04	4,31	3,32	0,00	0,00	0,00	0,00	3,55	4,84	6,42		
70/55	6,58	4,95	4,27	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00	3,54	4,77	6,30			
55/45	6,49	4,90	4,24	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53	4,73	6,21			
Qh, dis, in (kWh)	90/70	7524,22	4525,23	2283,68	455,65	5,21	5,04	5,21	5,21	5,04	722,75	3636,23		
70/55	6881,02	4158,06	2115,37	427,21	5,21	5,04	5,21	5,21	5,04	675,76	3351,62	6293,28		
55/45	6456,79	3915,77	2004,19	408,38	5,21	5,04	5,21	5,21	5,04	644,68	3163,75	5910,17		
QW (kWh)	90/70	618,30	558,47	618,30	598,36	618,30	598,36	618,30	598,36	618,30	598,36	618,30		
QW dis,ls,nc (kWh)	184,04	166,23	184,04	178,10	184,04	178,10	184,04	184,04	178,10	184,04	178,10	184,04		
QW dis,ls,col (kWh)	1,220625	1,1025	1,220625	1,18125	1,220625	1,18125	1,220625	1,220625	1,18125	1,220625	1,18125	1,220625		
V (m3/h)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
Phydr (W)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
tuk,w (h)	3,23	2,92	3,23	3,13	3,23	3,13	3,23	3,23	3,13	3,23	3,13	3,23		
Ww, dis, aux (kWh)	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03		
Qw,dis,aux,rvd(kWh)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
Qw,dis,aux,rbl(kWh)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
QW dis,rbl (kWh)	185,26	167,33	185,26	179,28	185,26	179,28	185,26	185,26	179,28	185,26	179,28	185,26		
QW dis,in (kWh)	803,54	725,78	803,54	777,62	803,54	777,62	803,54	803,54	777,62	803,54	777,62	803,54		
QW st,ls (kWh)	93,54	88,47	104,72	108,51	119,52	120,70	127,71	126,14	116,73	111,96	99,97	95,90		
tw, gen, nom (h)	24 kW	33,48	30,24	33,48	32,40	33,48	32,40	33,48	33,48	32,40	33,48	32,40		
27 kW	29,76	26,88	29,76	28,80	29,76	28,80	29,76	29,76	28,80	29,76	28,80	29,76		
30 kW	26,78	24,19	26,78	25,92	26,78	25,92	26,78	26,78	25,92	26,78	25,92	26,78		
QW, p, ls (kWh)	24 kW	0,94	0,85	0,94	0,91	0,94	0,91	0,94	0,91	0,94	0,91	0,94		
27 kW	0,83	0,75	0,83	0,81	0,83	0,81	0,83	0,83	0,81	0,83	0,81	0,83		
30 kW	0,75	0,68	0,75	0,73	0,75	0,73	0,75	0,75	0,73	0,75	0,73	0,75		
QW, p, in(kWh)	804,48	726,63	804,48	778,53	804,48	778,53	804,48	804,48	778,53	804,48	778,53	804,48		
QHW, gen, out (kWh)	90/70	8328,70	5251,86	3088,15	1234,18	809,69	783,57	809,69	783,57	809,69	783,57	1527,23		
70/55	7685,50	4884,69	2919,85	1205,74	809,69	783,57	809,69	783,57	809,69	783,57	1480,24	4130,15		
55/45	7261,27	4642,40	2808,67	1186,91	809,69	783,57	809,69	783,57	809,69	783,57	1449,16	3942,27		
φh, gen out (kW)	90/70	11,19	7,82	4,15	1,71	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	2,05	6,13		
70/55	10,33	7,27	3,92	1,67	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,99	5,74	9,54		
55/45	9,76	6,91	3,78	1,65	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,95	5,48	9,03		
βgnr	24 kW	90/70	0,47	0,33	0,17	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,09	0,26	
		70/55	0,43	0,30	0,16	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,24	0,40	
		55/45	0,41	0,29	0,16	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,23	0,38	
	27 kW	90/70	0,41	0,29	0,15	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08	0,23	
		70/55	0,38	0,27	0,15	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,21	0,35	
		55/45	0,36	0,26	0,14	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,20	0,33	
	30 kW	90/70	0,37	0,26	0,14	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,20	0,34	
		70/55	0,34	0,24	0,13	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,19	0,32	
		55/45	0,33	0,23	0,13	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,18	0,30	
θgnr,w,x (°C)	90/70	36,46	29,93	23,72	20,51	20,00	20,00	20,00	20,00	20,88	26,94	34,71		
	70/55	31,07	26,68	22,50	20,34	20,00	20,00	20,00	20,00	20,59	24,67	29,90		
	55/45	27,54	24,55	21,71	20,23	20,00	20,00	20,00	20,00	20,40	23,18	26,74		
ηgnr, pn, corr (%)	24 kW	90/70	101,09	102,39	103,64	104,28	104,38	104,38	104,38	104,38	104,20	102,99	101,44	
		70/55	102,17	103,04	103,88	104,31	104,38	104,38	104,38	104,38	104,26	103,45	102,40	
		55/45	102,87	103,47	104,04	104,33	104,38	104,38	104,38	104,38	104,30	103,74	103,03	
	27 kW	90/70	101,14	102,45	103,69	104,33	104,43	104,43	104,43	104,43	104,26	103,04	101,49	
		70/55	102,22	103,10	103,93	104,36	104,43	104,43	104,43	104,43	104,35	103,50	102,45	
		55/45	102,92	103,52	104,09	104,38	104,43	104,43	104,43	104,43	104,35	103,80	103,08	
	30 kW	90/70	101,19	102,49	103,73	104,37	104,48	104,48	104,48	104,48	104,30	103,09	101,53	
		70/55	102,26	103,14	103,98	104,41	104,48	104,48	104,48	104,48	104,36	103,54	102,50	
		55/45	102,97	103,57	104,14	104,43	104,48	104,48	104,48	104,48	104,40	103,84	103,13	
φgnr,ls, Pn,corr (kW)	24 kW	90/70	-0,26	-0,56	-0,84	-0,98	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-0,97	-0,70	
		70/55	-0,51	-0,71	-0,90	-0,99	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-0,98	-0,80	
		55/45	-0,67	-0,80	-0,93	-1,00	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-0,99	-0,87	
	27 kW	90/70	-0,30	-0,64	-0,96	-1,12	-1,15	-1,15	-1,15	-1,15	-1,15	-1,10	-0,80	
		70/55	-0,59	-0,81	-1,02	-1,13	-1,15	-1,15	-1					

