

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA EFIKASNOST

Priručnik za profesore i učenike mašinske struke

Adem Karić, ing.maš.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC



GOVERNMENT
PRINCIPALITY OF LIECHTENSTEIN

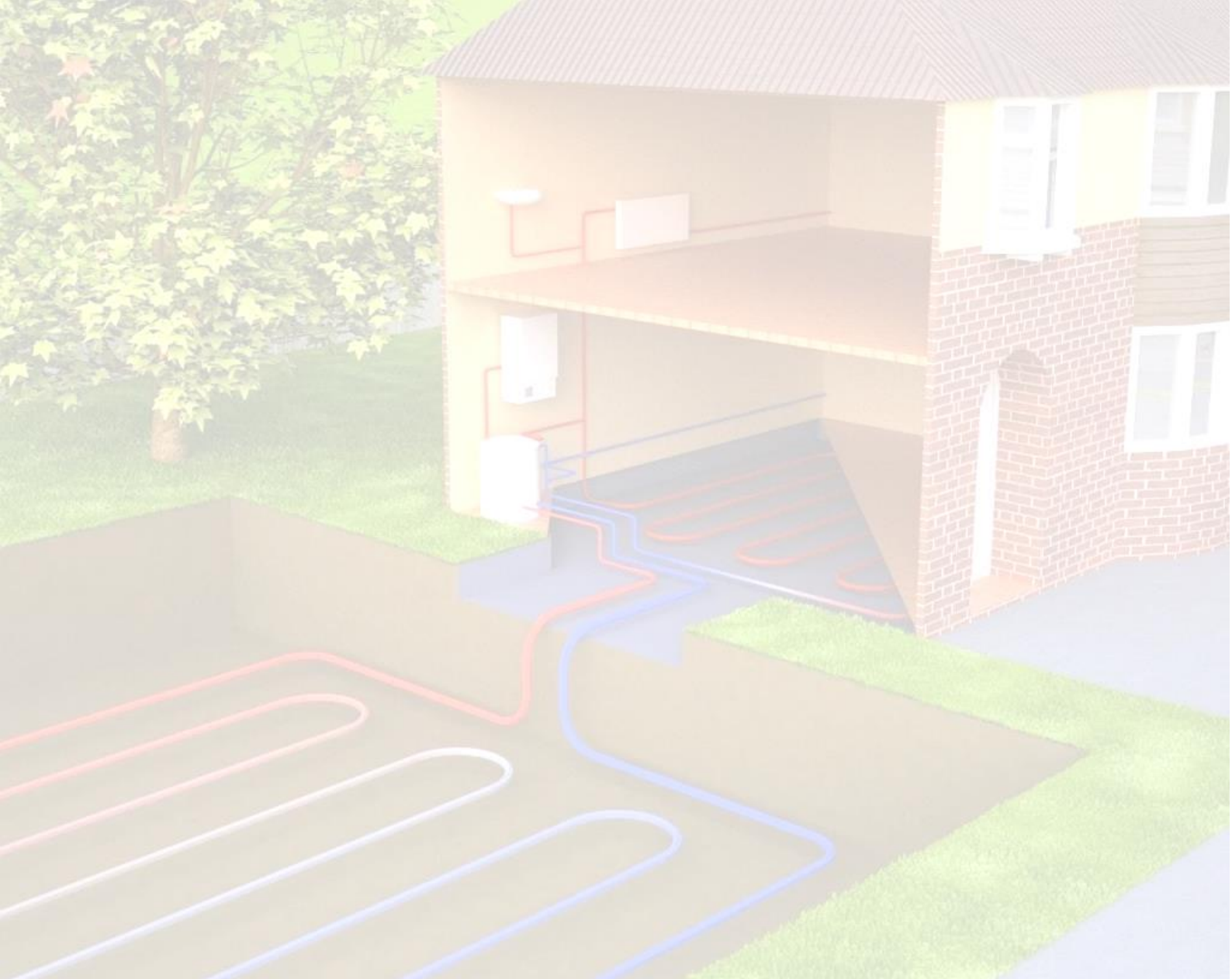
CARITAS

Schweiz
Suisse
Svizzera
Svizra

cee
centar za ekologiju i energiju



BOSNA I HERCEGOVINA
FEDERACIJA BOSNE I HERCEGOVINE
FEDERALNO MINISTARSTVO PROSTORNOG
UREĐENJA



OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA EFIKASNOST
Priručnik za profesore i učenike mašinske struke

Adem Karić, ing.maš.

Tuzla, novembar 2021.

Izdavač:

Centar za ekologiju i energiju

Autor:

Adem Karić, ing.maš.

Lektor:

Nermin Bukvar, prof. bosanskog jezika i književnosti

Stručna i tehnička pomoć:

Abdulah Čatović, dipl.ing.maš.

Dragan Čolaković, dipl.ing.maš.

Dr.sc. Džemila Agić, dipl.ing.tehn.

Mr.sc. Vanja Rizvić, dipl.ing.tehn.

Fuad Imamović, dipl.ing.arh.

Zlatan Ibrišimović, dipl.ing.maš.

SADRŽAJ

UVOD.....	5
1. UPOREDBA ZAGRIJAVANJA OBJEKTA RAZLIČITIM VRSTAMA ENERGENATA	6
1.1. Podjela sistema za grijanje	6
1.2. Analiza troškova	7
1.2.1. Početni troškovi u sistem grijanja	7
1.2.2. Troškovi za energente	10
1.2.3. Troškovi za hlađenje objekta	14
1.3. Zadatak I za učenike	14
2. PRIMJER PRORAČUNA GRIJANJA ZA JEDAN STAMBENI OBJEKAT	14
2.1. Primjer projektnog zadatka	15
2.2. Koeficijent prolaza topline	16
2.2.1. Proračun koeficijenta prolaza topline EN ISO 6946	16
2.2.2. Primjer proračuna koeficijenta prolaza topline EN ISO 6946	17
2.3. Proračun gubitaka topline EN 12831	19
2.3.1. Transmisioni toplotni gubici	19
2.3.2. Ventilacioni toplotni gubici	20
2.3.3. Dodatak na prekid grijanja	21
2.4. Postupak popunjavanja tabele B	22
2.5. Približna metoda proračuna gubitaka topline	24
2.6. Izbor radijatora	24
2.7. Izbor kotla	25
2.8. Proračun dobitaka topline	25
2.9. Ventilacija stambenih prostorija sa rekuperacijom i bez rekuperacije	27
2.10. Zadatak II za učenike	28
3. TOPLOTNE PUMPE – PRIMJENA	29
3.1. Pojam toplotna pumpa-dizalica topline	29
3.2. Glavni dijelovi toplotne pumpe	29
3.3. Princip rada toplotne pumpe	30
3.4. Vrste toplotnih pumpi i karakteristike	31
3.5. Projektovanje toplotne pume zrak – voda	33
3.6. Izbor ogrijevanih/ rashladnih tijela i toplotne pumpe	34
3.7. Projektovanje geotermalne toplotne pumpe	35
3.7.1. Primjer proračuna za jednu područnu školu u Zeničko- dobojskom kantonu	35
3.7.2. Dimenzioniranje izvora topline zemlja	36
3.7.3. Proračun površine kolektora i dužine cijevi	37
3.7.4. Hidrauličko podešavanje	38
3.7.5. Odabir međuspremnik	38
3.7.6. Provjera kapaciteta radijatora za niskotemperaturni režim rada 45°C/35°C	39
4. SOLARNI SISTEMI-PRIMJENA	39
4.1. Vrste solarnih kolektora	40
4.2. Vrste kolektorskih sistema	41
4.3. Implementacija solarnih kolektora na kući	42
4.3.1. Određivanje dimenzija spremnika	42
4.3.2. Vezivanje solarnih kolektora	44

4.3.3.	Termodinamički proračun potrošača tople vode	45
4.4.	Zadatak III za učenike	45
5.	KALORIMETRI - ULTRAZVUČNA MJERILA TOPLOTNE I RASHLADNE ENERGIJE ..	45
6.	LITERATURA	41
7.	PRILOZI	42

Zahvala

Ovaj priručnik ne bi bilo moguće napisati bez podrške i pomoći porodice, kolega i prijatelja, kojima se ovom prilikom želim zahvaliti.

U prvom redu, želim se zahvaliti projektantu Abdulahu Čatoviću, dipl.ing.maš, na pruženoj pomoći i korisnim savjetima, Draganu Čolakoviću, dipl.ing.maš, direktoru firme Hanibalsoft doo, na ustupljenim programima za termotehičke instalacije "HANIBALsoft".

Zatim, zahvaljujem dr.sc. Džemili Agić, dipl.ing.tehn. i mr.sc. Vanji Rizvić, dipl.ing.tehn, uposlenicama Centra za ekologiju i energiju Tuzla i Fuadu Imamoviću, dipl.ing.arh, uposleniku Caritasa, oko tehničke pomoći i uputstava za pisanje priručnika.

Također, zahvaljujem se Zlatanu Ibrišimoviću, dipl.ing.maš, savjetniku za Srednje stručno obrazovanje TK, oko odabira tema, a zahvala i Bukvar Nerminu, profesoru bosanskog jezika i književnosti, uposleniku JU MSŠ "Kalesija", koji je lektorisao tekst.

Autor

UVOD

Postoje različite tehnologije koje koriste obnovljive izvore energije. Iako čovječanstvo stotinama godina koristi energiju vode i vjetra, tek modernizacijom njihove tehnologije ona se počela koristiti za proizvodnju električne energije. Kako bi se počele iskorištavati Sunčeva i geotermalna energija bile su neophodne neke tehničke inovacije, jer savremena tehnologija iskorištava raspoložive resurse na najefikasniji i najekonomičniji način. Moderan sistem grijanja sastoji se od različitih komponenti koje međusobno komuniciraju kako bi se postigla što veća iskoristivost. Prilikom ugradnje sistema koji koriste obnovljive izvore energije, često postoji mogućnost da se iskoriste državna poticajna sredstva (subvencije).

Ovaj priručnik obrađuje nekoliko tema vezanih za projektovanje termotehničkih instalacija, poređenja raznih energenata i odabira onih koje su sa ekološkog i ekonomskog aspekta najpovoljnije. Teme koje se obrađuju su: uporedba zagrijavanja objekata različitim vrstama energenata, primjer proračuna grijanja za jedan stambeni objekat, toplotne pumpe i primjena, solarni sistemi i primjena i kalorimetri - ultrazvučna mjerila toplotne i rashladne energije.

Kao prilog, uz priručnik su date tabele A, B, C, D, E, F i G u excel programu u elektronskoj formi (<https://drive.google.com/drive/folders/16-I572it2Bt0d8xPnEpN9hlaa30-Lygd?usp=sharing>) koje će korisnici moći koristiti u svom radu. Pomenute tabele služe za:

TABELA A (Proračun koeficijenata prolaza topline „U“ vrijednosti)- Pomoću ove tabele računaju se koeficijenti prolaza topline za pojedine građevinske elemente prema EN ISO 6946 standardu.

TABELA B (Uprošćen proračun gubitaka topline prema EN 12831 normi)- Ova tabela služi za proračun gubitaka topline prema EN 12831.

Tabela C (Približna metoda proračuna gubitaka topline)- Namijenjena je instalaterima grijanja za proračun gubitaka topline i odabir cijevne mreže za manje objekte.

Tabela D (Proračun pada pritiska u cjevovodima)- Tabela služi za proračun pada pritiska u instalacijama centralnog grijanja.

Tabela E. (Analiza grijanja objekata različitom vrstom energenata)- Tabela se sastoji iz tri dijela. U prvom dijelu data je analiza utroška raznih energenata prije izolacije objekta, u drugom poslije toplotne izolacije, a treći prikazuje ostvarene uštede.

Tabela F (Toplotni učinak pločastih radijatora)- Tabela služi za odabir radijatora jednostavnim unosom temperature polaznog i povratnog voda, temperature grijanog prostora.

Tabela G (Proračun zagrijavanja vode u bojleru, solarnim sistemima i bazenima)- Pomoću ove tabele može se izračunati potrebna snaga grijača za zagrijavanje vode u bazenu, bojleru ili solarnim sistemima.

Rad s tabelama ne zahtijeva posebnu vještinu. Za neke od njih dato je detaljno pojašnjenje u ovom priručniku. Iz praktičnih razloga, tabele su zaključane. U slučaju potrebe password je 1 (ukucati broj1). Priručnik je namijenjen profesorima i učenicima srednjih škola mašinske struke, instalaterima centralnog grijanja i mašinskim tehničarima energetskog smjera, ali može poslužiti studentima i inženjerima u njihovom radu, kao i svima onima koji se bave poslovima vezanim za grijanje klimatizaciju i ventilaciju. Kod odabira i pripreme tema uzet je u obzir postojeći Nastavni plan i program za srednje mašinske škole.

1. UPOREDBA ZAGRIJAVANJA OBJEKTA RAZLIČITIM VRSTAMA ENERGENATA

Kako izabrati vrstu energenta i sistem rada koji će se dugoročno pokazati kao najisplativije grijanje, pitanje je do čijeg odgovora nije lako doći. Međutim, da bi došli do tog odgovora potrebno je poznavati faktore koji utiču na efikasnost grijanja, a koji bi se mogli podijeliti na slijedeći način:

1. toplotna izolacija objekta;
2. klimatski faktor, odnosno lokacija prostora;
3. karakteristike sistema grijanja, energenata i automatske regulacije;
4. sistem korištenja i održavanja;
5. cijene energenata;

1.1. PODJELA SISTEMA ZA GRIJANJE

Podjela prema energentu koji koriste:

- Plin, lož ulje, električna energija, kruta goriva, solarna, toplina okoline.

Podjela prema načinu zagrijavanja:

- Lokalni (kamini, peći, grijači zraka, grijalice, električno podno grijanje)
- Centralni (radijatorsko toplovodno centralno grijanje, toplovodno podno grijanje).

Centralno grijanje je vrsta grijanja kod kojeg se toplina proizvodi centralno u zajedničkom uređaju (kotlovnici), te pomoću nekog prenosnika topline (topla voda, para ili zrak) dovodi u pojedine prostorije. Kod klasičnoga centralnog sistema temperatura vode polaz/povrat je 90°C/70°C.

Topla voda cijevima pomoću cirkulacione pumpe se vodi do radijatora, koji odaju toplinu prostoriji. Ohlađena voda 70°C se ponovo vraća u kotao dogrijava i tako se ciklus ponavlja. Prema novom propisu EN 442, ove temperature su 75°C/65°C, tj. sistem radijatorskog grijanja projektuje se s nešto nižim temperaturama vode i srazmjerno većim površinama. To je moguće provesti, jer je zbog poboljšane izolacije građevina došlo do smanjenja specifične potrošnje energije. Razvod tople vode do radijatora može biti jednocijevni i dvocijevni. Kod dvocijevnog sistema u svaki radijator ulazi voda iste polazne temperature, dok se kod jednocijevnog sistema temperatura, s kojom voda ulazi u radijator, snižava od prvog do posljednjeg radijatora u nizu. Za svaki od ovih razvoda potrebno je na odgovarajući način dimenzionisati ogrjevne površine. Razvod tople vode od kotla do razdjeljivača, odnosno razdjelnih ormara vodi se čeličnim ili bakarnim cijevima. Od razdjelnog ormara može se provesti vidljivo, ili u zidovima, odnosno podu. Najčešće se koriste Al-plastične ili bakrene cijevi. Uz svaki radijator ugrađuju se po dva radijatorska ventila na polaznom i povratnom vodu. Ventil na povratnom vodu koristi se za balansiranje protoka kroz cijevni razvod, dok je za ventil na polaznom vodu poželjno da bude termostatski, kako bi se osigurala ušteda energije.

Podjela prema izvedbi ogrjevnih tijela:

- Direktni (kamini, peći, grijalice, itd.)
- Radijatorski
- Ventilokonvektorski,
- Površinski (podni, zidni, stropni).

Ventilokonvektori sistemi se koriste za grijanje i hlađenje u dvocijevnom ili četvorocijevnom sistemu, a kao izvor topline najpovoja je toplotna pumpa.

Kod površinskih grijanja, na toplotno izolovanu površinu poda ili zida polaže se, na odgovarajućim nosačima cijevni registar kroz koji protiče topla voda, zatim se na cijevi postavlja betonski estrih i konačno završni sloj poda. Postoje različite izvedbe, s cijevima, registrima, gotovim pločama, te različite tehnologije postavljanja. Temperature vode održavaju se niskima kako bi se površina poda ili zida držala u granicama od 29° C do 35° C, koja osigurava komforne uslove boravka, te sigurnost osoba u prostoru. Temperature poda više od 29°C ne preporučuju se radi nelagodnosti u donjim extremitetima, izuzev u kupatilima gdje temperatura pod može biti do 32°C

Odabir sistema zavisi od geografske lokacije, odnosno vremenskih uslova, raspoloživih energenata, položaja i tipa zgrade, vremena korištenja zgrade, investicijskih i pogonskih troškova, zakona, propisa, normi, preporuka, te uticaja na okolinu. Kako bi se postigla i održala toplotna ugodnost u kući, te kako bi se mogli koristiti obnovljivi izvori energije, preporučljiva je ugradnja sistema centralnog toplovodnog grijanja.

1.2. ANALIZA TROŠKOVA

Kad se govori o troškovima grijanja, treba razlikovati početne troškove od troškova za energente i troškove održavanja.

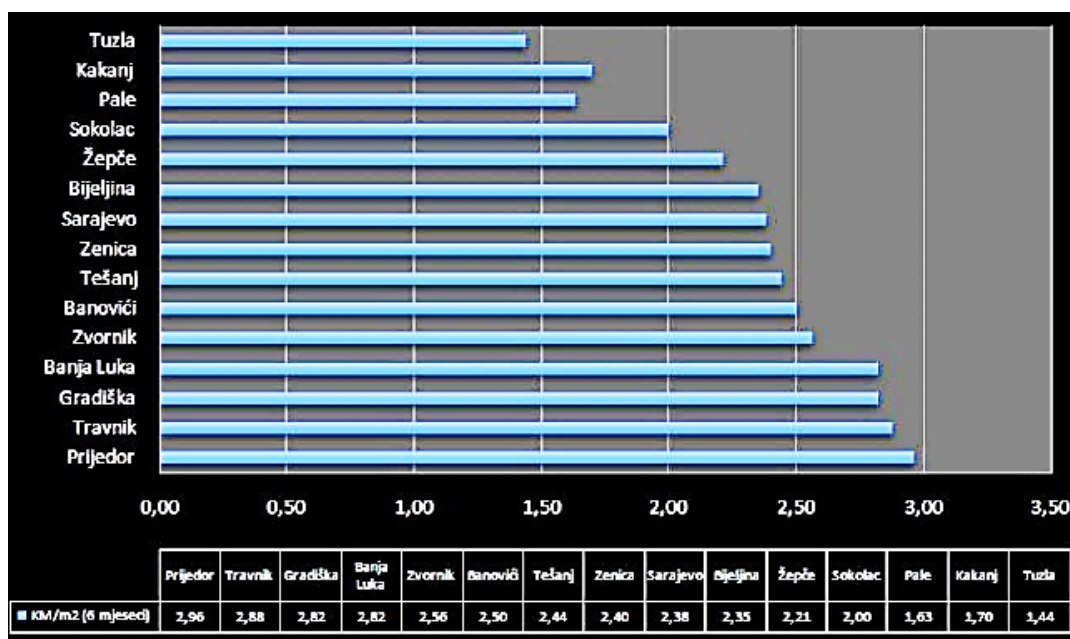
1.2.1. Početni troškovi u sistemu grijanja

Centralno grijanje - gradski toplotni sistem

Centralno grijanje je najčešći oblik grijanja u BiH u gradovima.

Prednost centralnog grijanja: mala početna ulaganja, plaća se taksa za priključenje na sistem koja je dosta manja od kupovine kotla.

Nedostaci ovakvoga grijanja: uglavnom nije moguće samostalno kontrolisati temperaturu u stanu i relativno su visoki računi za mali toplotni komfor.



Slika 1. Grafički prikaz cijene grijanja po gradovima BiH

Izvor: <https://balkangreenenergynews.com/category/news/energy-efficiency/>

Grijanje na čvrsto gorivo-ugalj

Grijanje na ugalj je jedan od najčešćih oblika grijanja u BiH, kako ruralnim tako u urbanim sredinama. Prednost grijanja na ugalj: mala početna ulaganja, kotao na čvrsto gorivo od 20-30 kW, u zavisnosti od proizvođača, košta od 1.600 KM do 1.900 KM. Cijena uglja je povoljna u poređenju sa ostalim energentima.

Nedostaci grijanja na ugalj: potreban je dodatni prostor za smještaj uglja i loži se više puta na dan. Ugalj pri sagorijevanju oslobađa velike količine štetnih polutanata, čime veoma šteti zdravlju i ekološki je neprihvatljiv.

Grijanje na drva-lokalno i centralno

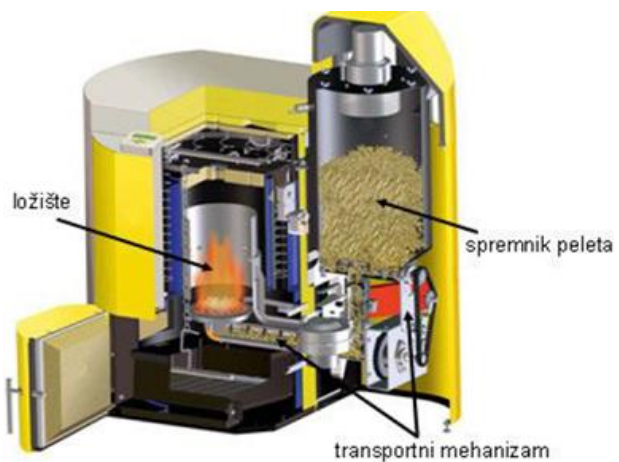
Grijanje na drva najčešći je oblik grijanja u BiH u ruralnim sredinama. Na drva se po pravilu uvijek griju porodične kuće.

Prednost grijanja na drva: mala su početna ulaganja (200-500 KM), često se peći koriste i za kuhanje i zagrijavanje, ekološki je prihvatljivo i najmanje šteti zdravlju. Kotao na čvrsto gorivo od 20 kW, u zavisnosti od proizvođača, košta od 1.600 KM do 1.900 KM.

Nedostaci grijanja na drva: teža kontrola temperature, loženje se vrši više puta u toku dana i potrebno je imati dodatni prostor za smještaj drva.



Slika 2. Peć na drva



Slika 3. Peć na pelet

Grijanje na pelet

Peleti su standardizovano oblikovani štapići proizvedeni od drvenog otpada i piljevine. Rade se pod visokim pritiskom presovanja i smatraju se apsolutno prirodnim, sigurnim i zdravim energentom. Prednost grijanja na pelet: lakše je rukovanje i ekološki prihvatljivo.

Nedostatak grijanja na pelet: velika početna ulaganja (oko 3.200 KM za kotao od 20kW).

Grijanje na struju

Među čestim načinom grijanja, pogotovo na području gdje nije dostupan plin ili gradski toplotni sistem centralnog grijanja, koristi se grijanje na struju.

Prednosti grijanja na struju: početna investicija samog kotla je niska (1.500 KM za kotao od 20kW), grijanje na struju je vrlo komotno.

Nedostaci: relativno veliki troškovi tokom sezone grijanja.

Toplotne pumpe

Toplotne pumpe kao i kotlonice na plin i struju, mogu brzo postići temperaturu u prostoru, a rukovanje nije zahtjevno. Ovaj način grijanja, u poređenju sa grijanjem na struju, je 3-4 puta jeftiniji, ali su početni troškovi veliki.

Prednosti grijanja pomoću toplotnih pumpi: ne traži skoro nikakvo održavanje, grijanje pomoću toplotne pumpe je vrlo komotno.

Nedostaci: velika početna ulaganja (10.000 - 15.000 KM za toplotnu pumpu od 8-12kW).

Centralno grijanje na plin najviše se koristi u zgradama i kućama koje imaju mogućnost spajanja na plinovod, posebno zbog svoje jednostavnosti. Za sada u BiH, tu mogućnost imaju Sarajevo i Zvornik. Ovaj tip grijanja se izvodi tako što se voda, koja se zagrijava u plinskom kotlu, šalje u radijatore ili u podno grijanje, gdje posebno dolazi do izražaja iskoristivost kondenzacijskih plinskih kotlova.

Predosti: relativno niska početna ulaganja (2.500 KM za kotao od 20 kW).

Nedostaci: plin u vrlo niskim koncentracijama može uzrokovati eksploziju, jednom godišnje stručnjak mora izvršiti kontrolu nad plinskim uređajima, a najmanje svakih dvanaest godina se moraju pregledati vodovi.

Biomasa kao gorivo

Biomasa u kontekstu goriva je materija, biljnog ili životinjskog porijekla, koja se može koristiti kao gorivo. Na zemlji tokom godine nastaju velike količine suhe biomase. Od toga se manji dio koristi za hranu, papir ili gorivo, veći dio se raspada ili povećava zalihe obnovljivih izvora energije. U poljoprivrednoj proizvodnji postoje velike količine neiskorištene biomase.

Što se tiče uticaja na okolinu, biomasa je vrlo prihvatljivo gorivo, jer ima mali sadržaj štetnih tvari, kao što su sumpor i ostale tvari koje se nalaze u fosilnim gorivima. Glavna prednost biomase u poređenju s fosilnim gorivima je ta što je ona obnovljiva. Emitovanje ugljen dioksida tokom sagorijevanja biomase jednaka je količini apsorbovanog ugljen dioksida tokom rasta biljke.

Prednosti upotrebe biomase: smanjena ovisnost o fosilnim gorivima, smanjena količina smoga, stakleničkih plinova i sveukupnog zagađenja okoline, rješava se odlaganje otpada, podstiče se razvoj poljoprivrede i otvaranje novih radnih mjesta i energija je dostupna svima.

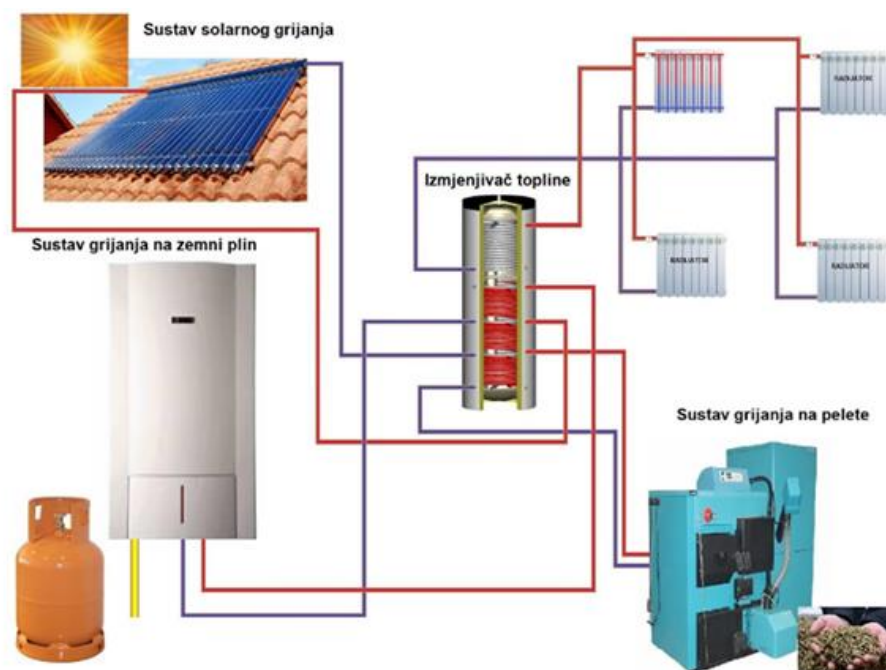
Solarni sistem grijanja

Solarni sistem može se kombinovati i s kondenzacijskim kotlom, kotlom na pelet ili s nekim drugim izvorom grijanja. U našoj zemlji najpovoljniji uslovi su na području Mostara, Neuma, Tebinja i okoline, gdje su zime blaže.

Solarni sistemi se vrlo često koriste za pripremu tople sanitarne vode i podrška grijanju kojeg odlikuje:

- visoka iskoristivost sistema,
- jednostavna instalacija,
- dug vijek trajanja,
- visoki stepen iskoristivosti kolektora.

Solarni sistem grijanja je ekološki najprihvatljiviji način grijanja, iako zahtijeva visoku početnu investiciju, ali dugoročno se isplati.



Slika 4. Solarni sistem grijanja

1.2.2. Troškovi za energente

Na primjeru jedne prosječne kuće od 120m² su prikazani troškovi grijanja prije i poslije toplotne izolacije. Kuća se nalazi u kontinentalnom dijelu BiH, regija Tuzla, ali približni rezultati su i za: Bijeljina, Sarajevo, Zenicu i Banju Luku.

Trenutno stanje objekta - podaci:

- spoljna projektna temperatura: zima -15°C, ljeto +34 °C
- korisna površina objekta P=120m²
- površina omotača grijanog dijela objekta P= 198m²
- površina spoljašnjih otvora P_o=20m²
- vanjski zidovi urađeni od opeke d=25cm, obostrano omalterisani , U=1,6W/m²K
- koeficijent za prozore i vrata U_p=1,7 W/m²K, propustljivost Sunčevih zraka stakla K_f=0,81%
- unutrašnja projektna temperatura +20 °C

Formule za proračun:

$$Q_{Hnd} = b_{VH} \cdot Q_N \text{ ili } Q_{Hnd} = Q''_{Hnd} \cdot P \text{ [kWh/god]}$$

$$Q''_{Hnd} = Q_{Hnd}/P \text{ ili } Q''_{Hnd} = Q_N \cdot b_{VH}/P \text{ [kWh/m}^2\text{god]}$$

$$Q_N = Q''_{Hnd} \cdot P / b_{VH} \quad \text{[kW]}$$

gdje su:

Q_{Hnd} - Godišnja potreba topline za objekat [kWh/god]

b_{VH} - Sati grijanja [h/god]

Q_N - Toplotna potreba (prosjeak) [kW]

Q''_{Hnd} - Godišnja potreba po jedinici grijane površine [kWh/m²god]

P - Površina [m²]

Tabela 1 (E). Usporedba energenta za zagrijavanje stambenog prostora prije izolacije objekta

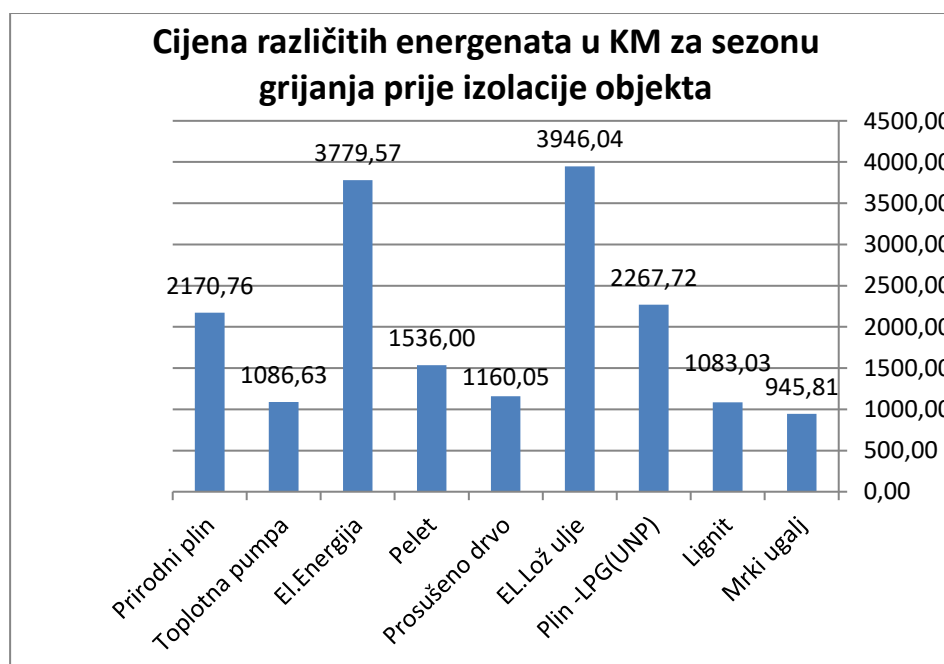
UPOREDBA ENERGENATA ZA ZAGRIJAVANJE STAMBENOG PROSTORA-PRIJE IZOLACIJE OBJEKTA							
RB	GORIVO	Jed.mjere	kWh/Jed.mjere	Cijena KM/Jed.mjere	Ukupno za sezonu grijanja	Cijena KM/za sezonu grijanja	kgCO ₂ /za sezonu grijanja
1	Mrki ugalj	kg	4.06	0.16	5911.33	945.81	8472.00
2	Lignit	kg	2.77	0.125	8664.26	1083.03	9072.00
3	Plin -LPG(UNP)	kg	12.70	1.20	1889.76	2267.72	6240.00
4	EL.Lož ulje	kg	11.86	1.95	2023.61	3946.04	6456.00
5	Prosušeno drvo	m ³	1839.00	80.00	14.50	1160.05	507.12
6	Pelet	kg	5.00	0.32	4800.00	1536.00	720.00
7	El.Energija	kWh	1.00	0.157	24000.00	3779.57	14136.00
8	Toplotna pumpa	kWh	1.00	0.157	6900.00	1086.63	4064.10
9	Prirodni plin	m ³	10.06	0.91	2385.45	2170.76	5040.00

TAB.E.1		* važi za monoenergetski režim rada (vidi bivalentnu tačku)	
Sati grijanja b_{vH}	h/god	1600	b_{vH} -Sati punog korištenja [1500-2100 h/god.]
Površina grijanja	m ²	120	
Toplotna potreba Q_N	kW	15	
God.potreba topline Q_{Hnd}	kWh/god	24000	
God.potreba po jed. grijane površine Q''_{Hnd}	kWh/m ² god	200	

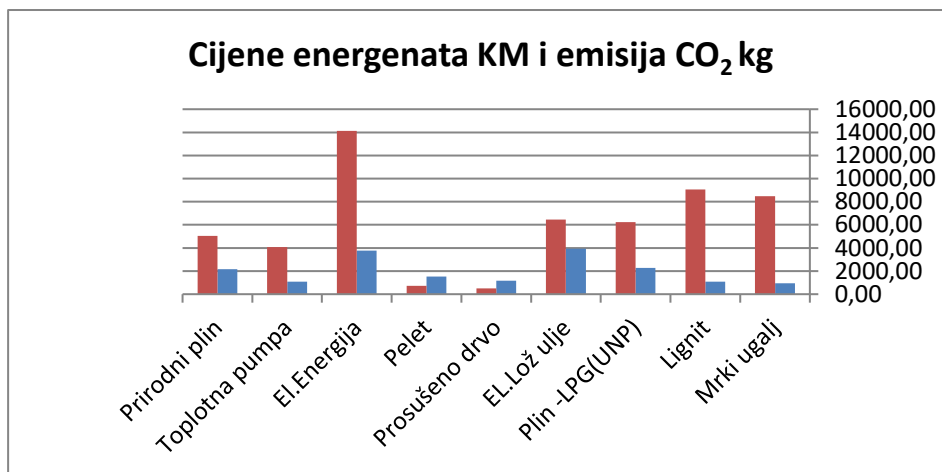
Klasa	Granica
A*	< 15
A	< 45
B	≤ 95
C	≤ 135
D	≤ 180
E	≤ 225
F	≤ 270
G	> 270

Zelena polja se popunjavaju

Godišnja potreba prije izolacije po jedinici grijane površine $Q''_{Hnd} = 200 \text{ kWh/m}^2 \text{ god}$, objekat je energetski neefikasan, spada u klasu „E“.



Slika 5. Grafički prikaz cijena energenata



Slika 6. Grafički prikaz cijena energenata i emisije CO₂

Iz grafičkog prikaza se može zaključiti slijedeće:

- Najviše novca za sezonu grijanja treba izdvojiti ako se grije na lož ulje, zatim električnu energiju, plin..., najmanje za ugalj, zatim toplotnu pumpu, drvo, pelet.
- Najviše emisije CO₂ - električna energija, ugalj, lož ulje.

Ovdje se uzelo u obzir da se električna energija dobija iz termoelektrana.

Investicija u objekat

Investicija obuhvata izvedbu nove fasade koja iznosi 30 KM/m², odnosno 5.340 KM za 178m².

Sa termoizolacijom zida d=10cm, koeficijent prolaza topline iznosi U=0,34W/m².

Tabela 2 (E2). Uporedba energenta za zagrijavanje stambenog prostora poslije izolacije objekta

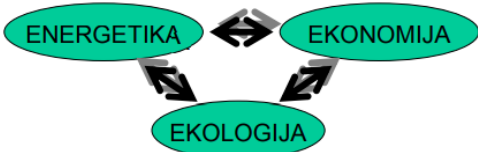
UPOREDBA ENERGENATA ZA ZAGRIJAVANJE STAMBENOG PROSTORA-POSLE IZOLACIJE OBJEKTA							
RB	GORIVO	Jed.mjere	kWh/Jed.mjere	Cijena KM/Jed.mjere	Ukupno za sezonu grijanja	Cijena KM/za sezonu grijanja	kgCO ₂ /za sezonu grijanja
1	Mrki ugalj	kg	4.06	0.16	3546.80	567.49	5083.20
2	Lignit	kg	2.77	0.125	5198.56	649.82	5443.20
3	Plin -LPG(UNP)	kg	12.70	1.20	1133.86	1360.63	3744.00
4	EL.Lož ulje	kg	11.86	1.95	1214.17	2367.62	3873.60
5	Prosušeno drvo	m ³	1839.00	80.00	8.70	696.03	304.27
6	Pelet	kg	5.00	0.32	2880.00	921.60	432.00
7	El.Energija	kWh	1.00	0.157	14400.00	2267.74	8481.60
8	Toplotna pumpa	kWh	1.00	0.157	4140.00	651.98	2438.46
9	Prirodni plin	m ³	10.06	0.91	1431.27	1302.46	3024.00

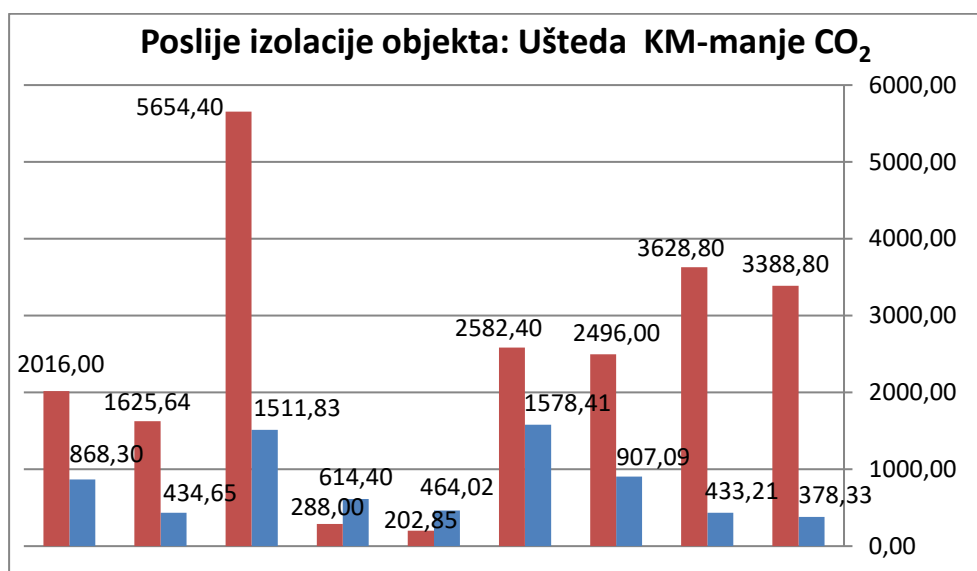
TAB.E.2		* važi za monoenergetski režim rada (vidi bivalentnu tačku)
Sati grijanja b _{VH}	h/god	1600
Površina grijanja	m ²	120.00
Toplotna potreba Q _N	kW	9.00
God.potreba topline Q _{Hnd}	kWh/god	14400.00
God.potreba po jed. grijane površine.Q ["] _{Hnd}	kWh/m ² god	120.00

Zelena polja se popunjavaju

Godišnja potreba poslije izolacije po jedinici grijane površine $Q_{Hnd} = 120 \text{ kWh/m}^2\text{god}$, Klasa „C“.
Uštede za sezonu grijanja su date u Tabeli 3.:

Tabela 3 (E3). Uštede

UŠTEDE	TAB.E.3			
	GORIVO	Ušteda po Jed.mjere /za sezonu grijanja	Ušteda KM/za sezonu grijanja	manje kgCO_2 /za sezonu grijanja
	Mrki ugalj	2364.53	378.33	3388.80
	Lignit	3465.70	433.21	3628.80
	Plin -LPG(UNP)	755.91	907.09	2496.00
	Lož ulje	809.44	1578.41	2582.40
	Prosušeno drvo	5.80	464.02	202.85
	Pelet	1920.00	614.40	288.00
	El.Energija	9600.00	1511.83	5654.40
	Toplotna pumpa	2760.00	434.65	1625.64
	Prirodni plin	954.18	868.30	2016.00



Slika 7. Grafički prikaz ušteta u KM i emisije CO_2 poslije izolacije objekta

Uštede u novcu i manje CO_2 vidljivi su za sve energente, a povrat investicije je za:

- prirodni plin 6,14 god.
- električna energija 3,53 god.
- pelet 8,69 god.
- plin –LPG(UNP) 5,88 god.
- prosušeno drvo 11,5 god.

Pored ušteta toplotnom izolacijom, moguće uštede su: zamjenom stare novom stolarijom, ugradnjom automatske regulacije rada kotla i cirkulacione pumpe u zavisnosti od vanjske temperature, ugradnjom termostatskih ventila na radijatore. Redovan pregled i pravilna eksploatacija može da produži vijek trajanja instalacija grijanja i hlađenja. Analiza troškova data je u prethodnim tabelama i grafičkim prikazima. Analizu troškova objekta po želji moguće je uraditi u tabeli "E" koja je data u prilogu. Cijena energenata i opreme uzeti su na dan 11.08.2020.godine.

1.2.3. Troškovi za hlađenje objekta

U praksi se obično ne hladi cijela kuća ili stan, hladi se dnevi boravak sa trpezarijom i eventualno još jedna prostorija - spavaća soba. Postoje INVERTER klime rashladne snage 3,5kW pogodne za površinu do 50m². Cijena ovakvog uređaja kreće se od 900 do 1.500 KM. Potrošnja energije pri hlađenju 184 kWh/godišnje.



Slika 8. Izgled jednog klima uređaja

1.3. ZADATAK I ZA UČENIKE

Pomoću excel tabele „tabela E”, koja je data u prilogu u elektronskoj formi uraditi:

1. Instalateri cetralnog grijanja

- a) Za porodičnu kuću odrediti uštede u KM za sve energente date u tabeli prije i poslije toplotne izolacije objekta.

2. Mašinski tehničari

- a) Za porodičnu kuću analizirati troškove grijanja prije i poslije toplotne izolacije,
- b) Analizirati emisije CO₂ za sve energenate date u tabeli prije i poslije toplotne izolacije.

2. PRIMJER PRORAČUNA GRIJANJA ZA JEDAN STAMBENI OBJEKAT

Termoregulacija kod zdravog čovjeka omogućava da se temperatura njegovog tijela ne mijenja, tj. da je praktično konstantna 37°C. Ova regulacija se postiže kad spoljna temperatura i drugi uslovi (odijevanje, provođenje topline i dr.) to omogućavaju. Međutim, kad ovi uslovi više to ne dozvoljavaju, tada se moraju preduzeti druge mjere u smislu zagrijavanja prostorija na potrebne temperature, a u rijetkim sličajevima i u smislu rashlađivanja prostorija. Ponekad je važno vršiti izmjenu zraka, ali na način da se ne remeti regulacija topline, već da se to odvija sinhronizovano.

Prenošenje topline na prvi pogled izgleda jednostavno, budući da se toplina prenosi sa predmeta više, na predmet niže temperature. U stvarnosti taj proces je vrlo složen. Postoje tri načina prenošenja topline:

Kondukcija (provođenje topline) jeste prelaz topline između dva tijela u dodiru (čvrsta tijela).

Konvekcija (strujanje topline) jest usmjereno kretanje, odnosno strujanje fluida (tečnosti i plinova), u kojem se topliji fluid kreće prema hladnijem i predaje toplinu okolini.

Radijacija (toplinsko zračenje) je prelaz topline koji se odvija energijom zračenja, bez direktnog dodira. Prilikom izrade projekta termotehničkih instalacija, redoslijed je slijedeći:

- definisanje projektnog zadatka;
- proračun koeficijenta prolaza topline;
- proračun gubitaka i dobitaka topline;
- izbor ogrijevanih/rashladnih tijela i opreme;
- iscrtavanje šema i crteža;
- tehnički opis;
- specifikacija materijala sa troškovnikom.

Fundamentalni korak u projektovanju termotehničkih instalacija je definisanje projektnog zadatka. Od njega zavisi kvalitet svih ostalih faza u izradi projekta, kao i kvalitet samog projekta. Naručilac projekta često nije u stanju da sagleda potrebe i mogućnosti sistema termotehničkih instalacija. Njegovi zahtjevi su često uopšteni, zato projektant treba da učestvuje u izradi projektnog zadatka.

2.1. PRIMJER PROJEKTOG ZADATKA

OPŠTE

Za "Individualni stambeni objekat Suteran+Prizemlje dimenzija 8,15x8,20m, Investitora "X", lociran u "Z", potrebno je uraditi „Glavni projekat mašinskih instalacija: instalacija centralnog grijanja i hlađenja". Namjena objekta je – individualni stambeni objekat. Objekat se sastoji od:

- suteran–podrumska prostorija ispod kuhinje;
- prizemlje - hodnik , spavaća soba, dnevni boravak, kuhinja, kupatilo.

ULAZNI PODACI I PODLOGE:

Podloge za izradu projektne dokumentacije koju je investitor stavio na raspolaganje projektantu ove faze su arhitektonsko-građevinske osnove objekta. Na osnovu građevinsko-arhitektonskih podloga projektom instalacija centralnog grijanja obuhvatiti slijedeće:

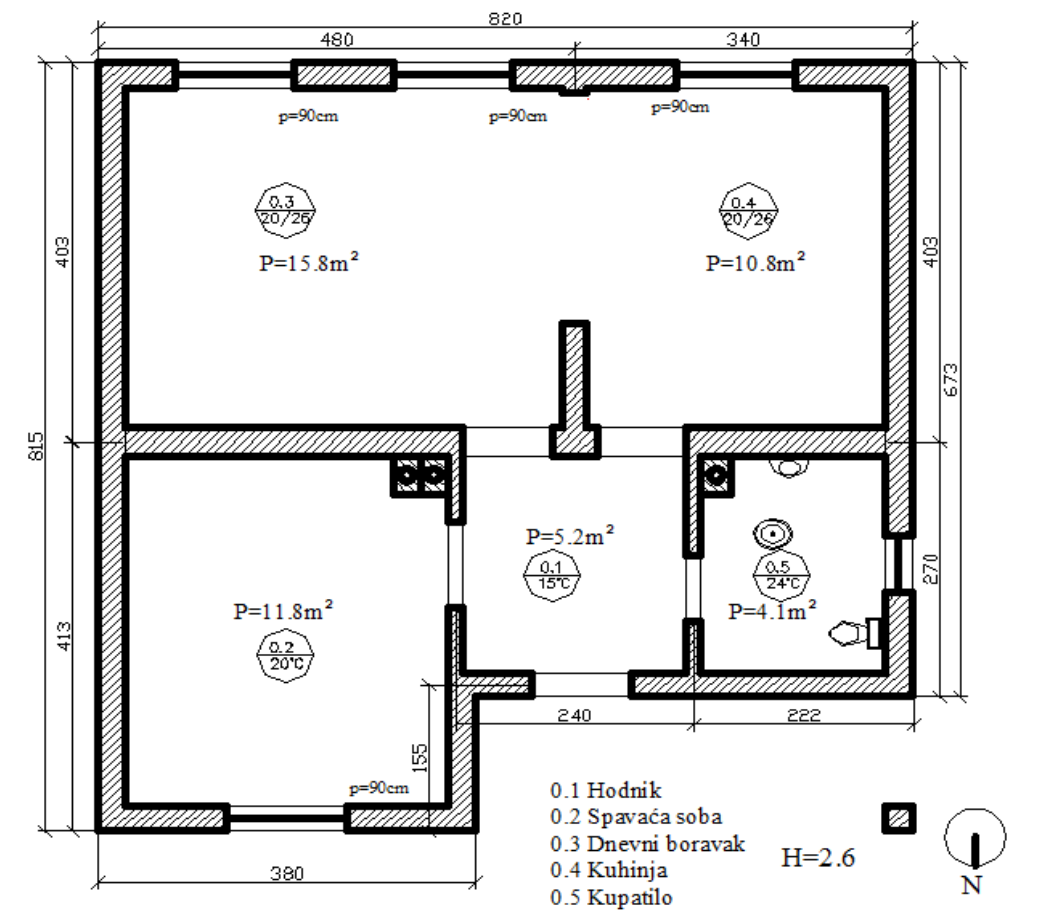
- projektovati instalaciju grijanja tako da obezbijedi zagrijavanje objekta na 20°C (18⁰ C) nadoknađujući sve transmisivne gubitke topline, kao i gubitke zbog infiltracije spoljnog zraka;
- proračun potrebne količine topline izvesti prema BAS EN 12 831;
- vrijeme rada instalacije je 16 sati, sa redukcijom u toku noći;
- vanjska projektna temperatura - 15 °C. (Grad Tuzla);
- instalaciju grijanja projektovati kao dvocijevni sistem grijanja prema EN 442 75°C/65°C;
- predvidjeti radijatorsko grijanje sa termostatskim ventilima;
- izvor topline treba da bude etažna peć koju treba smjestiti u kuhinju;
- hlađenje dnevnog boravka;

Za sve ostalo pridržavati se važećih propisa i normativa za ovu vrstu instalacija.

Kalesija, avgust 2020. godine

PROJEKTANT:

ZA INVESTITORA:



Slika 9. Tlocrt prizemlja

2.2. KOEFICIJENTI PROLAZA TOPLINE

2.2.1. Proračun koeficijenta prolaza topline prema EN ISO 6946

Koeficijent prolaza topline “U” je količina topline koju građevinski element gubi u 1 sekundi po m² površine, kod razlike temperature od 1 K, izraženo u W/m²K. Koeficijent U je bitna karakteristika vanjskog elementa konstrukcije i igra veliku ulogu u analizi ukupnih toplotnih gubitaka (kWh/m²), a time i potrošnji energije za grijanje. Što je koeficijent prolaza topline manji, to je toplotna zaštita zgrade bolja. $\Phi = A \cdot U \cdot (\Theta_{int} - \Theta_e)$, gdje je:

Φ - količina prenesene topline u 1 sekundi (W);

U - koeficijent prolaza topline (W/m²K);

Θ_{int} - viša temperatura s jedne strane strukture (K);

Θ_e - niža temperatura s druge strane strukture (K);

A - površina kroz koju toplina prolazi (m²);

Koeficijent prolaza računa se po formuli:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum \frac{\delta}{\lambda} + R_e} \leq U_{doz}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s}} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

α_u [W/m²K]-koeficijent prelaza topline sa unutrašnje strane posmatrane površine;

α_s [W/m²K]-koeficijent prelaza topline sa spoljašnje strane posmatrane površine;

δ_i [m]-debljina i-tog sloja zida;

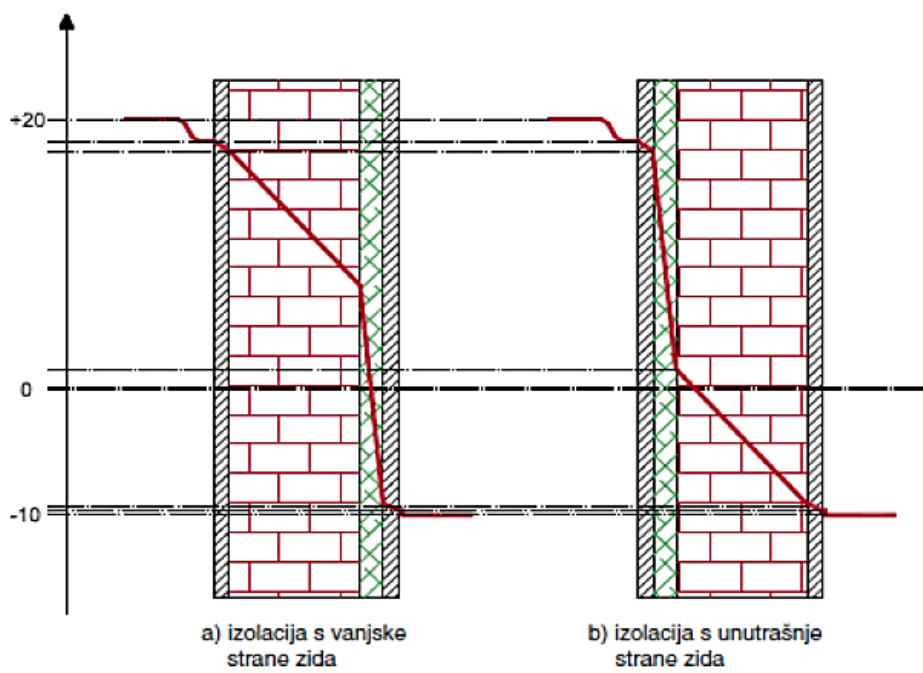
λ_i [W/mK]-toplotna provodljivost i-tog sloja;

$1/\lambda$ [m²K/W]-otpor prolazu topline kroz vazdušni sloj(prazninu između zidova);

R_i-otpor prelazu topline sa unutrašnje strane posmatrane površine;

R_e-otpor prelazu topline sa vanjske strane posmatrane površine;

R- je recipročna vrijednost α ;



Slika 10. Izolacija zida

2.2.2. Primjer proračuna koeficijenta prolaza topline EN ISO 6946

Primjer proračuna koeficijenta prolaza topline za vanjski zid u excelu dat je u tabeli A, tabela se sastoji iz dva dijela, a prvi dio je proračunski.

Ćelije sa žutom bojom se ne popunjavaju, jer se u njima nalaze formule. Popunjavaju se samo **Materijal** **d** **p** **λ** dovoljno je samo selektovati materijal sloja koji se nalazi u drugom dijelu tabele, (kao što je to prikazano na tabeli 5 (A.2) i kopirati u tabelu 4 (A.1), sloj po sloj: krečni malter, šuplja opeka, termoizolacija, krečni malter. Naravno, debljinu sloja materijala treba staviti prema crtežu, prilogu koji se dobije od arhitekta ili ličnim uvidom na terenu.

Na isti način potrebno je izračunati sve koeficijente (podovi, zidovi, plafoni). Za prozore i vrata koeficijenti se obično usvajaju prema katalogu proizvođača, za plastičnu stolariju oni se kreću u rasponu $U=1.1-1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pregled izračunatih i usvojenih koeficijenata vidljiv je u tabeli 6.

Tabela 4 (A.1). Proračun koeficijenta prolaza topline

Vanjski zid					
kratkotka oznaka zida			VZ		
debljina [cm]					
Znak sloja	Materijal	d	ρ	λ	R_{λ}
		m	kg/m ³	W/mK	m ² K/W
1	k. malter	0.020	1000	0.81	0.025
2	šuplja opeka	0.250	1400	0.610	0.410
3	termoizol.	0.100	20	0.041	2.439
4	k. malter	0.025	1000	0.81	0.031
5					
6					
Ri					0.125
Re					0.043
Σ					3.072
Proračunski koeficijent prolaza toplina U [W / m ² K] =					0.33
Usvojeni koeficijent prolaza toplina U [W / m ² K] =					0.34
Standardni koeficijent prolaza toplina U [W / m ² K] =					

Tabela 5 (A.2). Materijal sloja zida, poda ili plafona

Znak sloja	Materijal	d	ρ	λ
		m	kg/m ³	W/mK
	I Zidovi			
1	puna opeka	0.380	1800	0.760
1	puna opeka	0.380	1600	0.920
1	puna opeka	0.380	1400	0.580
1	puna opeka	0.380	1200	0.470
2	šuplja opeka	0.380	1400	0.610
2	šuplja opeka	0.380	1200	0.520
3	sil. šuplja opeka	0.380	1400	0.700
3	sil. šuplja opeka	0.380	1200	0.560

Tabela 6. Usvojene "U" vrijednosti za proračun gubitaka topline

"U" VRIJEDNOSTI EN ISO 6946- REKAPITULACIJA				
Rb.	Naziv građevinske konstrukcije	Oznaka	Prorač.	Usvojena
			U _k ¹ W/m ² K	U _k W/m ² K
1.	Pod hodnik, kupatilo	PD1	0,39	0,40
2.	Pod sobe	PD2	0,38	0,39
3.	Vanjski zid	VZ	0,33	0,34
4.	Unutrašnji zid	UZ	1,41	1,42
5.	Plafon	PL	0,27	0,28
6.	Vanjski prozori	VP	1,80	1,80
7.	Unutrašnja vrata	UV	2,00	2,00
8.	Vanjska vrata	VV	1,9	1,90

Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta U date su u tabeli 25. u prilogu priručnika.

2.3. PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE EN 12831

Za proračun gubitaka topline potrebni su slijedeći podaci:

- tlocrt objekta sa jasno definisanim otvorima, geografska orijentacija objekta, visina sprata ili presjeci;
- koeficijenti prolaza topline za sve elemente zgrade;
- spoljnja projektna temperatura mjesta u kom se objekat nalazi;
- unutrašnje projektne temperature za sve prostorije

Prema EN12831 postoje dva postupka proračuna toplotnog opterećenja (toplotnih gubitaka) prostorija i cijele zgrade:

- pojednostavljen (uprošćen);
- detaljan;

Primjena pojednostavljenog proračuna → za stambene zgrade do tri stana.

Pojednostavljeni postupak proračuna gubitaka topline prema EN12831:

- u obzir se uzima samo prolaz topline (tj. toplotni gubici) kroz vanjske zidove;
- ne proračunavaju se unutrašnji gubici topline;
- za korekciju toplotnih gubitaka služi temperaturni korekcijski faktor f_k ;
- ukoliko se uzima u obzir uticaj toplotnih mostova dodaje se još $\Delta U_{WB}=0.10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Toplotni gubici:

1. transmisioni toplotni gubici (provođenje topline kroz okolne zidove prema okolini i tlu, te prema okolnim prostorima s različitim opterećenjem);
2. ventilacioni toplotni gubici (posljedica strujanja zraka kroz omotač zgrade i između pojedinih njezinih dijelova, odnosno prostorija);
3. Dodatak na prekid grijanja

2.3.1. Transmisioni toplotni gubici

Transmisioni toplotni gubici Φ_T u pojednostavljenom postupku proračuna:

$$\Phi_T = H_T \cdot (\Theta_{int} - \Theta_e)$$

$$H_T = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k$$

$$\Phi_T = H_T \cdot (\Theta_{int} - \Theta_e) = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot (\Theta_{int} - \Theta_e) \cdot f_k$$

gdje je:

Φ_T - transmisioni gubici topline [W];

H_T -koeficijent transmisionih toplotnih gubitaka [W/K];

Θ_{int} -unutrašnja projektna temperatura, °C tabela u prilogu;

Θ_e -vanjska projektna temperatura, °C tabela u prilogu;

A- površina ravni (zid, prozor, vrata, plafon, pod) kroz koju prolazi toplina [m²];

U-koeficijent prolaza topline [W/m².K];

ΔU_{WB} - dodatak na toplotne mostove [W/m².K];

f_k -temperaturni korekturni faktor;

Razlika temperature između unutrašnje i vanjske strane zida ($\Theta_{int} - \Theta_e$) svodi se na korekturni faktor f_k . Vrijednosti f_k prema određenim elementima date su tabelarno, a njegova primjena vidljiva je na tabeli B kolona 12 i 14.

Tabela 7. f_k korekturni temperaturni faktor

Toplotni gubici		f_k [-]
direktno prema okolini (tj. na vanjski zrak)	za izolovane toplotne mostove	1.00
	za neizolovane toplotne mostove	1.40
	za prozore i vrata	1.00
prema negrijanim prostorijama	za izolovane toplotne mostove	0.80
	za neizolovane toplotne mostove	1.12
prema tlu	za izolovane toplotne mostove	0.30
	za neizolovane toplotne mostove	0.42
preko krova	za izolovane toplotne mostove	0.90
	za neizolovane toplotne mostove	1.26
za ovješeni pod	za izolovane toplotne mostove	0.90
	za neizolovane toplotne mostove	1.26
prema susjednoj zgradi	za izolovane toplotne mostove	0.50
	za neizolovane toplotne mostove	0.70
prema susjednom stanu	za izolovane toplotne mostove	0.30
	za neizolovane toplotne mostove	0.42

2.3.2. Ventilacioni toplotni gubici

Usljed izmjene zraka u prostoriji doazi do gubitka topline koji se mogu izraziti sljedećim izrazom:

$$\Phi_V = H_V (\Theta_{in} - \Theta_e) [W]$$

gdje je:

H_V - koeficijent ventilacionih toplotnih gubitaka [W/K];

Θ_{int} - unutarašnja projektna temperatura grijanog prostora [°C];

Θ_e - spoljna projektna temperatura [°C];

$V_{min} = V_R \cdot n_{min}$ [m³/h];

$H_V = V_{min} \cdot \rho \cdot c_p$ [W/K];

$H_V = V_{min} \cdot 0,34$ [W/K];

$\rho \cdot c_p = 0,34$ - konstanta. $\gg 1,2 \cdot \frac{1010}{3600} = 1,2 \cdot 0,28 = 0,34$ gdje je:

V_R - zapremina prostorije [m³];

n_{min} - minimalni higijenski broj izmjena zraka [h⁻¹];

V_{min} - minimalni higijenski protok zraka [m³/h];

ρ - gustina zraka pri Θ_{in} [kg/m³];

c_p - specifični toplotni kapacitet zraka pri Θ_{in} [J/kgK];

$\Phi_V = V_{min} \cdot 0,34 \cdot (\Theta_{in} - \Theta_e) [W]$;

Tabela 8. Minimalni broj izmjena zraka

Tip prostorije	n_{min}
Prostor za boravak (default)	0.5
Kuhinja ili kupatilo sa prozorom	1.5
Kancelarijski prostor	1.0
Soba za sastanke, učionica	2.0

NAPOMENA: pored važećeg standarda EN 12831 postoji i DIN 4701 za proračun gubitaka topline.

2.3.3. Dodatak na prekid grijanja

Kao posljedica pada temperature usljed noćnog prekida grijanja, dodaje se faktor f_{RH} [W/m^2]

težina građevinske konstrukcije:

- visoka: betonski podovi i tavanice, zidovi od cigle ili betona;
- srednja: betonski podovi i tavanice i laki zidovi;
- niska: spuštene tavanice i podignuti podovi i laki zidovi;

Vrijednosti faktora za ponovno zagrijavanje f_{RH} , stambene zgrade

(noćni prekid grijanja maksimalno 12 h)

Tabela 9. Vrijednost f_{RH} stambene zgrade

Vrijeme ponovnog zagrijavanja [h]	f_{RH} [W/m^2]								
	Očekivani pad unutrašnje temperature tokom prekida grijanja								
	2 K			3 K			4 K		
	težina građ. konstrukcije			težina građ. konstrukcije			težina građ. konstrukcije		
	niska	srednja	visoka	niska	srednja	visoka	niska	srednja	visoka
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

Nestambene zgrade

(noćni prekid grijanja maksimalno 8 h)

Tabela 10. Vrijednost f_{RH} nestambene zgrade

Vrijeme minim. ponovnog zagrijavanja [h]	f_{RH} [W/m^2]					
	Očekivani pad unutrašnje temperature tokom prekida grijanja					
	1 K		2 K		3 K	
	težina građ. konstrukcije visoka		težina građ. konstrukcije visoka		težina građ. konstrukcije visoka	
1	11		22		45	
2	6		11		22	
3	4		9		16	
4	2		7		13	

Za dobro izolovane i zaptivene zgrade očekivani pad temperature tokom prekida grijanja je 2 do 3 K.

Vrijednost pada temperature zavisi od klimatskih uslova i težine građevinske konstrukcije.

2.4. POSTUPAK POPUNJAVANJA TABELE B.

Uprošćen proračun gubitaka topline prema EN 12831 normi

U slijedećem tekstu je objašnjen postupak proračuna gubitaka topline i popunjavanja tabele B. koja je data u excel programu u elektronskoj formi, za sprat kuće Tlocrt prizemlja sl. 9.

Kao i kod tabele A. ne popunjavaju se ćelije sa žutom bojom, jer su u njoj formule. Također, i ove tabele su zaključane, u slučaju potrebe password je 1.

- Upisuju se osnovni podaci: broj projekta, datum, naziv prostorije.
- Unutrašnja i vanjska projektna temperatura biraju se iz tabele u prilogu. U tabelama 23 i 24, koje se nalaze u prilogu na kraju priručnika, odabrano je 15°C hodnik, -15°C grad Tuzla.
- Minimalni broj izmjena uzet je također iz tabele u zavisnosti od namjene prostorije, odabrano 0.5 default.
- Faktor ponovnog zagrijavanja (dodatak na prekid grijanja Vrijednost f_{RH} stambene zgrade. Odabrana vrijednost je 9 [W/m²] (Vidi tabelu 9).
- Drugi dio tabele ima 15 kolona 1. Orijehtacija, 2. Oznaka, 3. Broj (komada), 4. Širina 5. Visina/Dužina, 6. Bruto površina, 7. Odbitak (površina zida se umanjuje za površinu vrata, odnosno prozora), 8. Neto površina, u kolonu 9. unosimo odgovarajući koeficijent U-vrijednost, kolona 10. je dodatak za toplotne mostove, 11. Korigovani koeficijent, kolona 12. korekturni faktor f_k , 13. Koeficijent gubitaka 14. Temperaturna razlika ($\Theta_{int} - \Theta_e$), 15. Transmisioni toplotni gubici. (sve nabrojano se odnosi na prostoriju).
- Iz praktičnih razloga unosimo prvo otvore na zidu, zatim zid. U tabeli 11 (B) ovog priručnika, unesena vanjska vrata (VV) koja se nalaze na sjevernoj strani vanjskog zida (VZ) za prostoriju 0.01. hodnik, zatim VZ, pod (PD1), plafon (PL).
- Korekturni faktor temperature f_k se bira iz tabele, u zavisnosti sa kojom površinom se graniči element za koji se vrši proračun.
- Rezultate proračuna transmisionih gubitaka za pojedine elemente vidimo u koloni 15, ostale gubitke, te ukupne gubitke topline.
- Da bimo uradili slijedeću prostoriju, potrebno je kursor miša postaviti u donji lijevi, ugao desni klik i kopiramo sheet (opcija Move or Copy). Ukoliko je tabela zaključana (password je 1), izvršimo izmjene koje se odnose na drugu prostoriju 02. spavaća soba. Isti postupak ponovimo za prostorije, 0.3 dnevni boravak, 0.4 kuhinja i 0.5 kupatilo.
- Po završetku proračuna svih prostorija pravimo novi sheet za rekapitulaciju tj. pregled i zbir svih prostorija. Da bi sve tabele stavili u funkciju rekapitulacije potrebno je izvršiti kopiranje ukupnih gubitaka topline Φ_{HL} , a koji se nalaze u donjem desnom uglu svake prostorije (koristimo i biramo funkciju *paste link*). Rekapitulacija gubitaka topline prikazani su tabelarno. Help je također sastavni dio tabele B kao poseban sheet .
- *Primjer on line* <http://www.bosy-online.de/> daje više informacija o proračunu gubitaka topline.

2.5. PRIBLIŽNA METODA PRORAČUNA GUBITAKA TOPLINE

Specifično opterećenje grijanja objekta [W/m^2] može se odrediti približnom metodom. Za grubu procjenu toplotnog opterećenja objekta mogu se koristiti karakteristične vrijednosti iz slijedeće tabele. Međutim, primjena ovih karakterističnih vrijednosti ne zamjenjuje tačan proračun opterećenja grijanja.

Tabela 13. Iskustvene vrijednosti za specifično opterećenje i procjenu opterećenja grijanja

Stanje objekta	Specifično toplotno opterećenje q [W/m^2]
Neizolovan	120...180 W/m^2
Srednje izolovan 5-8cm	80...120 W/m^2
Dobro izolovan 10-15cm	50...80 W/m^2

$$q=Q/P$$

q -specifični toplotni gubici [W/m^2],

Q -gubici topline [W],

P - površina [m^2].

Manji objekti i porodične kuće za koje investitir ne zahtijeva izradu projekta, proračun gubitaka može se odrediti približnom metodom.

U prilogu ovog priručnika data je tabela "C": PRIBLIŽNA METODA PRORAČUNA.

Popunjavaju se polja plave boje. U polje "Odabir" upiše se specifično toplotno opterećenje W/m^2 (uzima se iz tabele).

U drugom redu se za svaku prostoriju unese površina (npr. 10, 20, 15, 30 m^2) ili se može upisati površina za cijeli objekat ili sprat (treći red npr 75 m^2).

Zatim se unese temperatura vode u polazu i povratu (npr. 75°C/ 65°C).

Proračun ukupnog toplotnog opterećenja koji služi za odabir kotla, zapreminskog protoka vode za odabir cirkulacione pumpe, kao i odabir cijevi polaznog i povratnog voda, mogu se vidjeti u kvadratićima žute boje.

Naravno, odabir opreme zahtijeva ozbiljniji pristup i detaljniji proračun, za što je potrebno više vremena i prostora. U slučaju potreba za nekim izmjenama u tabeli *password je 1*.

U drugoj *sheet* tabeli dati su preporučeni brzine tečnosti u cjevovodu.

Ova metoda je povoljna za Instalatore centralnog grijanja kako za učenike tako za one koji se bave izradom instalacija centralnog grijanja.

2.6. IZBOR RADIJATORA

Izbor radijatora se vrši na osnovu gubitaka topline Φ_{HL} za prostoriju i visinu parapeta p .

U tabeli Rekapitulacija gubitaka topline prostorija spavaća soba nalazimo $\Phi_{HL}=1022 W$, na slici 9. tlocrt prizemlja, vidi se da je parapet $p=90 cm$. Radijatori se postavljaju 15 cm od poda. Da bi se prozori mogli otvarati potrebno je odabrati radijatore visine 600 mm ili niže.

U tabelu „F“, koja služi za izbor radijatora, potrebno je samo unijeti temperaturu polaznog i povratnog voda i temperaturu prostora. Uneseni podaci 75°C, 65°C, 20°C. Odabrani radijator 21K, 600x800, Q=1088 W.

2.7. IZBOR KOTLA

Potrebna snaga kotla računa se po obrscu:

$$Q_k = Q_i \cdot (1+a+b) = 4671 \cdot (1+0,1+0,2) = 6072,3 \text{ W.}$$

Q_i -[W]-instalirana snaga radijatora;

a-dodatak na toplotne gubitke kotla i vodova;

b-dodatak na brže zagrijavanje vode i mase postrojenja;

Instaliranu snagu može podmiriti:

- etažna peć na čvrsto gorivo (drvo), nazivnog učinka 12,5 kW, moć grijanja zračenjem 5 kW, toplotna moć predata vodi 7,5 kW, max.radni pritisak 2,5 bar, max.radna temperatura 90°C, prečnik dimovodnog nastavka 120 mm, masa 160 kg. Pored funkcije grijanja, peć služi i za pečenje i kuhanje.

Pojedini proizvođači kotlova uz peć isporučuju:

- termički ventil sa automatskim punjenjem-zaštita od pregrijavanja;
- dimovodnu cijev;
- ekspanzionu posudu;
- sigurnosni ventil;
- cirkulacionu pumpu.

Ukoliko cirkulaciona pumpa nije integrisana, odabir se vrši iz kataloga proizvođača pumpi na osnovu zapreminskog protoka za cijeli sistem Q (m³/h) i pada pritiska p (kPa) za najnepovoljniju granu. Za to služi „Tabela D“ (prilog u elektronskoj formi). Primjer odabira za prosječnu porodičnu kuću:

- Radijatorsko grijanje cirkulaciona pumpa Grundfos UPS 20-40, -kuća sa jednom etažom.
- Podno grijanje cirkulaciona pumpa Grundfos UPS 20-60, -kuća sa jednom etažom.
- Radijatorsko grijanje cirkulaciona pumpa Grundfos UPS 25-40, -kuća sa dvije etaže.
- Podno grijanje cirkulaciona pumpa Grundfos UPS 25-60, -kuća sa dvije etaže.

Ekspanziona posuda takođe se bira iz kataloga proizvođača tako što se izračuna ukupno zapreminsko širenje vode, dobijeni rezultat u litrima se uveća dva puta. Za sprat kuće se bira ekspanziona posuda (V=8l-10l), a za dva sprata (V=15l-20l). Pojednostavljeno u praksi za svaki kW snage kotla ide 1l zapremine posude. Npr. za kotalo Q=20kW, bira se minimalna zapremina ekspanziona posude V=20l. Ventili se biraju na osnovu prečnika cijevi.

2.8. PRORAČUN DOBITAKA TOPLINE

Izvori topline u ljetnom periodu:

1. unutrašnji izvori topline Q_i (dobici topline od ljudi, rasvjete, mašina, susjednih prostorija,...);
2. vanjski izvori topline Q_E (dobici topline kroz zidove i staklene površine transmisijom i zračenjem);

Proračun je nešto složeniji nego proračun gubitaka topline i nije predviđen nastavnim planom i programom, iskustveno za stambene objekte dobici topline se kreću $Q_D = 80 \text{ W/m}^2 - 120 \text{ W/m}^2$. Za veće objekte (trgovinske centre, sportske hale, restorane, industrijske objekte), gdje su staklene površine velike i gdje su prilivi topline od unutrašnjih izvora veliki, treba uraditi tačan proračun. O dobicima topline biće riječi u poglavlju o toplotnim pumpama. Ovdje je dat primjer proračuna dobicima topline za dnevni boravak i kuhinju, pošto su one fizički spojene prostorije (vidi sliku 9. Tlocrt prizemlja).

Tabela 14. Proračun dobicima topline za dnevni boravak i kuhinju

Sprat: 2 PRIZEMLJE		0.03.DNEVNI BORAVAK										SEPTEMBAR 13 h					
Tun=30 C	h=2.6 m	P=15.8 m ²	V _e =41.08 m	Nivo: Srednji sprat						Qos=1547 W							
TIPsun B	TIPij C	TIPmaš C	TIPsve C	q ² =112 W/m ²						Qlat=220 W							
Pregrade i otvori											Quk=1767 W						
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	K	CLTD/CLTD	M	dt	SCLd	SCL	Qzr	Qprol	Quk	
VZ1	J	180	0		9.6			0.34	7.9	8.5	6				28	28	
VP1				2	1.44	1.3	0	1.8				0	96.6	531	1101	13	1114
VZ1	I	90	0		10.48			0.34	16	8.6	-2				31	31	
UZ					3.12			1.42			0				0	0	
PNT2					15.8			0.39			-15				-92	-92	
PL					15.8			0.28			6				27	27	
Opterećenja od unutrašnjih izvora											Qun uk=661 W						
Ljudi			Mašine			Svetiljke			Tehnološki procesi								
Br.oj	4	Kom.	Qins:	150	W	Qins	80	W	qos:		W/h						
qos:	65	W/Cov.	k.e.m.	0.9	[-]	f1:	1	[-]	qlat:		W/h						
qlat:	55	W/Cov.	k.o.m.	1	[-]	f2:	1	[-]	CLF:	0	[-]						
CLF:	0.86	[-]	k.u.m.	1	[-]	CLF:	0.92	[-]	Qos:	0	W						
Qos:	224	W	CLF:	0.86	[-]	Qos:	74	W	Qlat:	0	W						
Qlat:	220	W	Qos:	143	W												
Qlj uk= 444 W			Qmaš uk= 143 W			Qsve uk= 74 W			Qtp uk= 0 W								

Sprat: 2 PRIZEMLJE		0.04.KUHINJA										SEPTEMBAR 13 h					
Tun=30 C	h=2.6 m	P=10.8 m ²	V _e =28.08 m	Nivo: Srednji sprat						Qos=1101 W							
TIPsun B	TIPij C	TIPmaš C	TIPsve C	q ² =107 W/m ²						Qlat=55 W							
Pregrade i otvori											Quk=1156 W						
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	K	CLTD/CLTD	M	dt	SCLd	SCL	Qzr	Qprol	Quk	
VZ1	Z	270	0		10.48			0.34	7	-0.4	-2				-1	-1	
VZ1	J	180	0		7.48			0.34	7.9	8.5	6				22	22	
VP1				1	1.44	1.3	0	1.8				0	96.6	531	550	6	557
PL					10.8			0.28			6				18	18	
UZ					3.12			1.42			-15				-66	-66	
UZ					5.9			1.42			-1				-8	-8	
PD					10.8			0.39			-2				-8	-8	
Opterećenja od unutrašnjih izvora											Qun uk=644 W						
Ljudi			Mašine			Svetiljke			Tehnološki procesi								
Br.oj	1	Kom.	Qins:	500	W	Qins	60	W	qos:		W/h						
qos:	65	W/Cov.	k.e.m.	0.9	[-]	f1:	1	[-]	qlat:		W/h						
qlat:	55	W/Cov.	k.o.m.	1	[-]	f2:	1	[-]	CLF:	0	[-]						
CLF:	0.86	[-]	k.u.m.	1	[-]	CLF:	0.92	[-]	Qos:	0	W						
Qos:	56	W	CLF:	0.86	[-]	Qos:	55	W	Qlat:	0	W						
Qlat:	55	W	Qos:	478	W												
Qlj uk= 111 W			Qmaš uk= 478 W			Qsve uk= 55 W			Qtp uk= 0 W								

Tabela 15. Maksimalno jednovremeno opterećenje

SEPTEMBAR											
Sat	Qcltd	Qscl	QljOs	QljLat	Qmaš	Qsve	QtpOs	QtpLat	Qos	Qlat	Quk
1	-38	46	127	275	282	39	0	0	456	275	731
2	-60	29	101	275	224	28	0	0	322	275	597
3	-81	23	81	275	181	22	0	0	226	275	501
4	-96	20	68	275	152	18	0	0	162	275	437
5	-110	4	55	275	123	17	0	0	89	275	364
6	-126	20	46	275	101	15	0	0	56	275	331
7	-129	96	36	275	79	14	0	0	96	275	371
8	-128	373	29	275	65	13	0	0	352	275	627
9	-113	762	221	275	491	108	0	0	1469	275	1744
10	-94	1129	240	275	534	119	0	0	1929	275	2204
11	-75	1422	257	275	571	125	0	0	2299	275	2574
12	-53	1599	270	275	599	127	0	0	2543	275	2818
13	-33	1651	280	275	621	129	0	0	2648	275	2923
14	-8	1544	289	275	643	130	0	0	2598	275	2873
15	8	1304	296	275	657	130	0	0	2395	275	2670
16	22	944	299	275	664	132	0	0	2061	275	2336
17	38	574	306	275	679	133	0	0	1730	275	2005
18	69	366	309	275	686	133	0	0	1563	275	1838
19	41	241	312	275	693	133	0	0	1420	275	1695
20	43	179	312	275	693	134	0	0	1362	275	1637
21	30	125	315	275	701	134	0	0	1305	275	1580
22	21	88	318	275	708	136	0	0	1272	275	1547
23	5	70	318	275	708	136	0	0	1236	275	1511
24	-14	56	318	275	708	136	0	0	1204	275	1479
Maksimalno opterećenje iznosi: 2923 W Mjesec: SEPTEMBAR Sat: 13											

Na osnovu maksimalnog jednovremenog opterećenja se vrši odabir klima uređaja kao Fujair klima 3,5kW Invert, Yacuza Model unutarnjeg uređaja IDU AX YACUZA 12000 Rashladno sredstvo R32. Razred energetske učinkovitosti pri hlađenju A+. Godišnja potrošnja energije pri hlađenju 184 kWh/y.

Projektno opterećenje uređaja pri hlađenju 3,2 kW, COP 4,8. Detaljan proračun gubitaka i dobitaka topline, izbor ogrijevanih/rashladnih tijela i proračun cijevne mreže, proračun ventilacionih kanala možete pogledati na slijedećim linkovima:

<https://hanibalssoft.com/> <https://www.youtube.com/channel/UC6cJTcQskKlJy5dufB2VDLQ>

a pravilnike i propise:

<http://www.ee-infos.ba/dokumenti>

2.9. VENTILACIJA STAMBENIH PROSTORIJA SA REKUPERACIJOM I BEZ REKUPERACIJE

Uloga ventilacije je zamjena "istrošenog" zraka iz prostorije svježim zrakom iz atmosfere. Takođe uloga ventilacije je zagrijavanje zraka, ako je potrebno odstranjivanje suvišne vlage i štetnih gasova iz prostora, te rashlađivanje zraka u ljetnom periodu. Za ugodno stanovanje i očuvanje zdravlja i pune radne sposobnosti osoba, važne su sljedeće preporuke:

- Temperatura zraka zimi u stambenim prostorijama 18°C do 22°C, ljeti 24°C do 26 °C;
- Optimalna vlažnost zraka između 40% i 60 %.
- Previše suh/vlažan zrak negativno utiču na zdravlje. Suh zrak pogoduje razvijanju astme, bronhitisa, isušivanju kože, te može uzrokovati dehidraciju tijela.
- Povećana vlaga pogoduje stvaranju plijesni, grinja i gljivica.
- U prostorijama za stanovanje vlaga ne bi trebala biti manja od 30% niti veća od 80%, posebno ukoliko je sobna temperatura visoka (iznad 22°C).
- Prevelika vlaga znači i veću potrošnju energije.
- Brzina strujanja zraka u zoni boravka osoba trebala bi biti od 0,1 do 0,3 m/s.

Prirodna ventilacija podrazumijeva izmjenu zraka u prostoriji bez korištenja ventilatora, to jest kroz otvore prozora i vrata.

Infiltracija podrazumijeva prodor zraka kroz zazor na prozorima i vratima te malim dijelom kroz vanjske zidove uslijed razlike pritiska između atmosfere i unutrašnjosti zgrade, koji je obično 50Pa. Prodor svježeg zraka u prostoriju procesom infiltracije zvisi od veličine zazora na vanjskim prozorima i vratima.

Mehanička ventilacija je prinudna izmjena zraka u zatvorenom prostoru kroz ventilacione kanale na mehanički pogon pomoću ventilatora. Takva ventilacija se izvodi u području s jakim vrtlogom vjetrova ili u prostorijama gdje boravi veći broj osoba na malom prostoru (restorani, sportske hale), prostorima gdje uslijed radnog i tehnološkog procesa dolazi do zagađivanja zraka, proizvodnim pogonima kuhinjama, toaletima. Prednosti ovakve ventilacije su: ne zavisi o vremenskim uslovima, mogućnost regulacije. Nedostaci su: veliki investicijski troškovi, veća potrošnja energije, problem buke.

U novije vrijeme razvijena je tehnologija bezkanalske ventilacije te rekuperacije zraka, tj. povrata toplote i do 70%.

Rekuperacija zraka je iskorištavanje topline otpadnog zraka za zagrijavanje novog svježeg zraka pomoću rekuperatora. Rekuperatori rade i obrnuto, tako da se mogu koristiti i za hlađenje. Postoje različite izvedbe rekuperatora zraka i u zavisnosti od namjene mogu biti:

- za male prostorije,
- za stanove ili za višestambenu zgradu.

Konstruktivski, rekuperatori mogu biti:

- pločasti,
- sa rotorom,
- sa zavojnicom i sl.



Slika 11. Princip rada rekuperatora

Izvor: https://grijanje-hladjenje.hr/hr_HR/blog/rekuperacija-ventilacija-zraka

Novije generacije rekuperatora imaju i automatsku regulaciju pomoću koje se mijenja intenzitet provjetravanja. Postoje i proizvođači koji nude i upravljanje putem PC-a ili smartphone-a, te nude mogućnost regulacije temperature, protoka zraka, dojave smetnje i sl.

2.10. ZADATAK II ZA UČENIKE

1. Instalateri cetralnog grijanja

- Nacrtati sprat porodične kuće u tlocrtu.
- Približnom metodom proračuna "Tabela C", izračunati gubitke topline za zadati objekat, prvi put ako je specifično toplotno opterećenje $q=120 \text{ W/m}^2$, drugi put za $q=80 \text{ W/m}^2$.
- Izvršiti izbor radijatora "Tabela F", temperatura vode polaz/povrat $70^\circ\text{C}/55^\circ\text{C}$, temperatura prostora 20°C .

2. Mašinski tehničari

- Nacrtati sprat porodične kuće u tlocrtu.
- Izračunati koeficijente prolaza topline "Tabela A".
- Uprošćenim proračunom "Tabela B", izračunati gubitke topline za zadati objekat:
 - prvi put ako je koeficijent prolaza topline za vanjski zid $U=1.6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, (prije izolacije),
 - drugi put $U=0.34 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (poslije izolacije).
- Izvršiti izbor radijatora "Tabela F", temperatura vode polaz/povrat $70^\circ\text{C}/55^\circ\text{C}$, temperatura prostora 20°C .

3. TOPLOTNE PUMPE - PRIMJENA

3.1. POJAM TOPLOTNA PUMPA- DIZALICA TOPLINE

Toplotna pumpa ili dizalica topline je uređaj pomoću kojeg se toplotna energija iz jedne sredine prenosi u drugu. Za taj prenos toplotne energije troši se mnogo manja energija od prenijete. Ovakav vid grijanja se upotrebljava više decenija u svijetu. U Japanu, Tokiju, 1932. godine instalirana je jedna od prvih toplotnih pumpi na svijetu. Gradska kuća u Cirihi se od 1938. godine grije toplotnom pumpom, a danas milioni toplotnih pumpi zagrijavaju stanove i kuće širom Zapadne Evrope, Kanade i SAD-a.

3.2. GLAVNI DIJELOVI TOPLOTNE PUMPE

Toplotna pumpa je složen uređaj sastavljen iz sljedećih dijelova:

1. Električni klipni kompresor naizmjenično usisava i sabija radni medij, čiji se ulaz i izlaz reguliše automatskim ventilima. Kompresor i elektromotor su zavareni u zajedničkom kućištu, tako da pristup elementima nije omogućen. Prilikom kvara na nekom elementu mijenja se kompletan kompresor.
2. Automatika, koja reguliše rad kompresora.
3. Kondenzator, u kojem se kondenzuje radni medij koji je prethodno sabijen u kompresoru.
4. Sušionik sa filterom, koji se postavlja između kondenzatora i kapilarne cijevi. Na ulazu i izlazu su postavljeni mehanički filteri, a unutrašnjost je ispunjena materijalom koji apsorbuje vlagu.
5. Kapilarna cijev je najjednostavniji prigušni i regulacioni element, koji se pravi od bakarnih cijevi malog unutrašnjeg prečnika 0,4 mm do 2 mm i dužine do 2 m.
6. Isparivač - evaporator, čija je funkcija suprotna funkciji kondenzatora. U njemu radni fluid isparava pod uticajem toplote unutrašnjosti prostorije.
7. i 7.1. Termomanometri na kojima se prate promjene pritiska i temperature



Slika 12. Model toplotne pumpe kao edukativno nastavno sredstvo

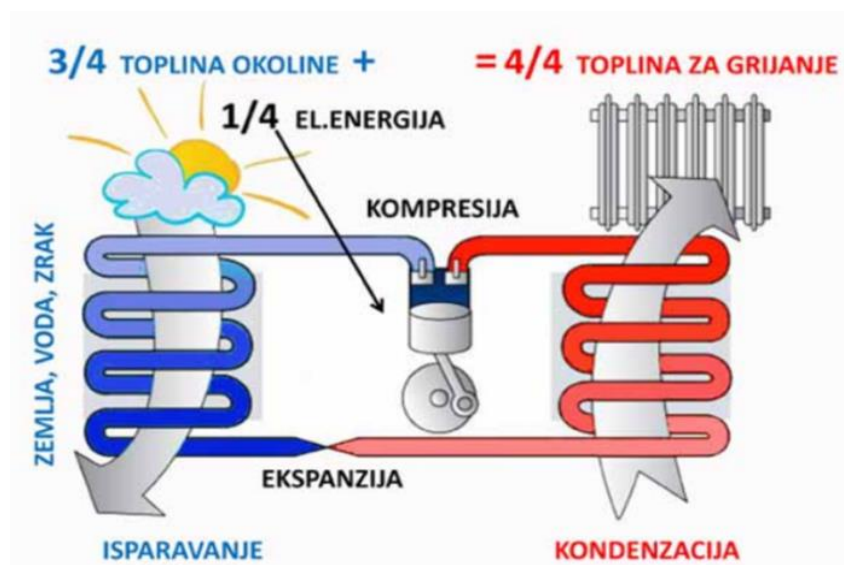
3.3. PRINCIP RADA TOPLLOTNE PUMPE

Da bismo bolje razumjeli princip rada toplotne pumpe, potrebno je pojasniti neke pojmove.

Važni pojmovi i definicije:

- Kondenzacija - prelaz iz gasovitog u tečno stanje,
- Isparavanje (evaporacija) - prelaz iz tečnog u gasovito stanje. Voda isparava na 100°C, a plin R134a isparava na -26,3°C. (Plin R-134a ili HFC-134a je haloalkansko rashladno sredstvo koje nema negativan uticaj na ozonski omotač, kao što ga imaju Freon R-12 (CCl₂F₂) i Freon 22 ili R-22 (CHClF₂), čije korištenje je 1987. godine zabranjeno Protokolom iz Montreala. Plin R-134a spada u grupu haloalkana koji nemaju hlora u svom sastavu, nego je hlor kompletno zamijenjen atomima vodonika)
- Carnotov kružni ciklus je fizički proces u kojem se primjenjuje drugi zakon termodinamike, koji upućuje na na smijer kretanja energije (energija sama od sebe prelazi sa toplijeg na hladije tijelo). Svaki termodinamički sistem postoji u određenom stanju. Kad sistem prođe kroz niz različitih stanja, te se vrati u početno, kaže se da je obavio kružni proces. Tokom kružnog procesa sistem može predati rad okolini, te tako djelovati kao toplotni motor.

Princip rada toplotne pumpe je prikazan na slikama 12. i 13. U jednom kružnom ciklusu (Carnotov kružni ciklus) radni medij gas R134a, krećući se kroz cijevnu mrežu, prolazi kroz isparivač 6. (spiralno savijena bakarna cijev prikazana na slici 12.), uzima toplinu od okoline (zrak, zemlja ili voda) i ulazi u kompresor 1. U kompresoru se radni medij komprimira, čime mu se povećava pritisak. Povećanjem pritiska raste i temperatura na 40°C - 50°C. Prolaskom kroz kondenzator 3, radni medij odaje toplinu prostoru i tako djelimično ohlađen dalje nastavlja kroz filter 4, a zatim kroz kapilarnu cijev 5 (tanka spiralno savijena cijev), čime mu se naglo smanjuje pritisak, a time i temperatura. Dalji tok kretanja radnog medija je isparivač 6 (evaporator), gdje radni medij prelazi u gasovito stanje i sposoban je da ponovo oduzime toplinu iz okoline, pa se kružni ciklus nastavlja. Promjene pritiska i temperature mogu se pratiti na termomanometrima 7 i 7.1.

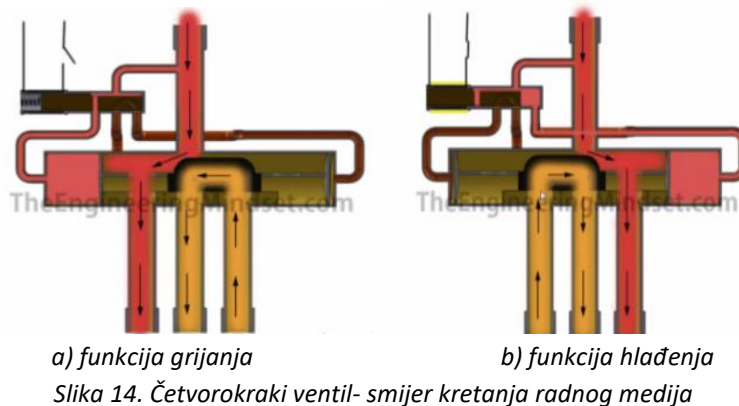


Slika 13. Princip rada toplotne pumpe

Izvor: http://www.eko-puls.hr/Toplinske_pumpe.aspx

Najekonomičnija primjena toplotne pumpe, svakako je u dobro izolovanim objektima sa toplotnim gubicima $\leq 50 \text{ W/m}^2$ i sa sistemom niskotemperaturnog grijanja (podno/zidno) uz temperaturu polaznog voda od $35 \text{ }^\circ\text{C}$. (tj. što je manja ΔT između izvora topline i temperature polaznog voda, COP je veći).

Toplotne pumpe su pogodne za konvektorsko i podno grijanje, mogu se koristiti i za hlađenje prostorija pomoću konvektora ugradnjom četvorokrakog ventila u sistem.



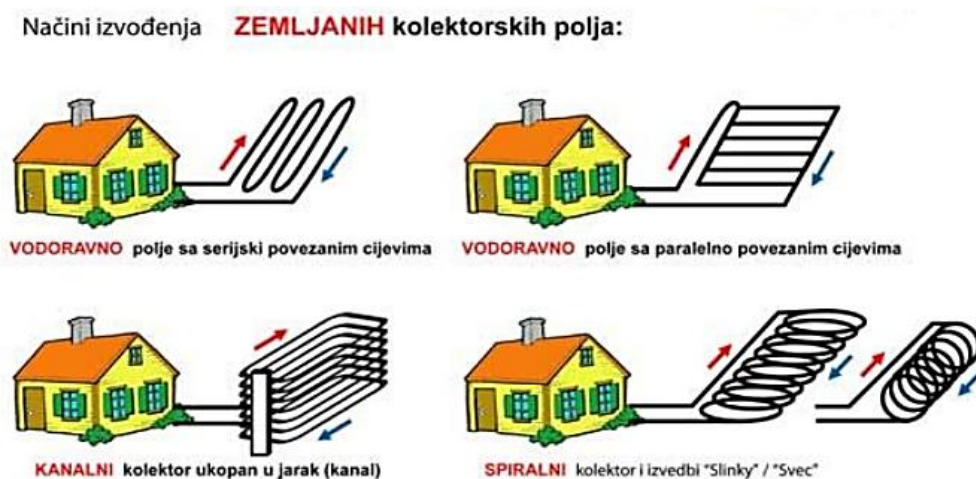
Slika 14. Četvorokraki ventil- smijer kretanja radnog medija

COP (koeficijent učinkovitosti) i EER (koeficijent energetske učinkovitosti) pokazatelji su učinkovitosti grijanja i hlađenja uređaja. Oni označavaju omjer grijanja ili hlađenja koje isporučuje jedinica u odnosu na količinu električne energije potrebne za stvaranje te energije grijanja/ hlađenja. Dakle, ako uređaj stvara 5 kW topline iz 1 kW ulazne električne energije, njegov COP iznosi 5.0 . Slično tome, ako klimatizacijski uređaj stvara 5 kW hladnog zraka iz 1 kW ulazne električne energije, njegov EER iznosi 5.0 . Što je veći COP ili EER, to je oprema energetske učinkovitija.

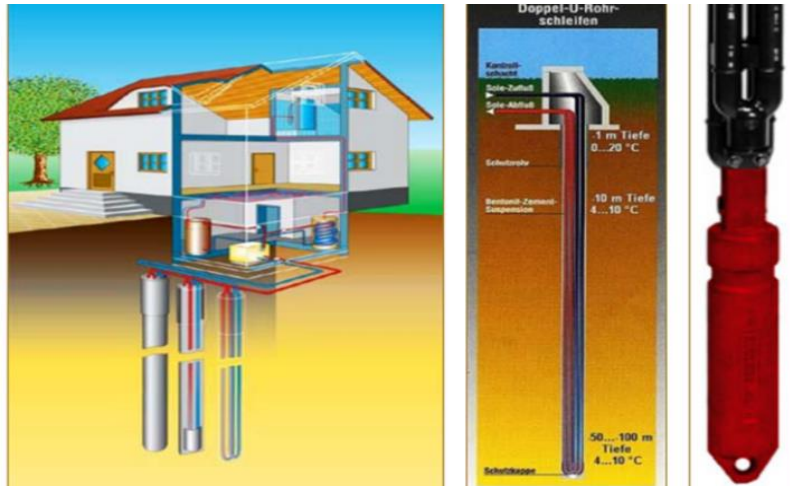
3.4. VRSTE TOPLLOTNIH PUMPI I KARAKTERISTIKE

Izvor topline: zemlja- teško dostupna, skupi radovi bušenja, dobre performace u eksploataciji. Postoje dvije varijante:

1. zemljana kolektorska polja (slika 15)
2. zemljane sonde (slika 16)

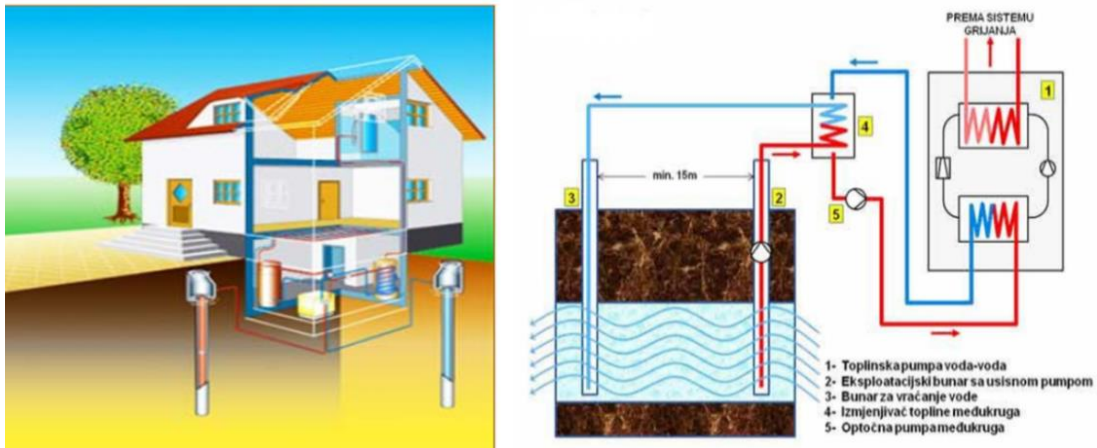


Slika 15. Zemljana kolektorska polja



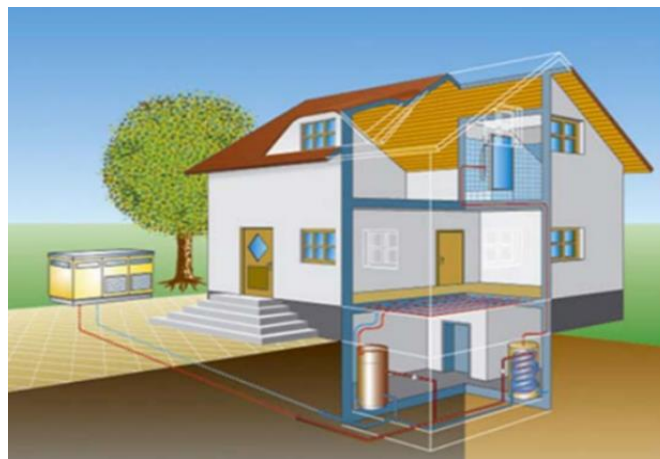
Slika 16. Zemljane sonde

Izvor topline: voda- nije uvijek dostupna, potrebno je usisavanje i pražnjenje, moraju se ispoštovati svi zakonski uslovi i okviri.



Slika 17. Dubinski bunari

Izvor topline: zrak- neograničena dostupnost, jednostavan za instalaciju i varijabilna izvedba ovisno o vanjskim uslovima.



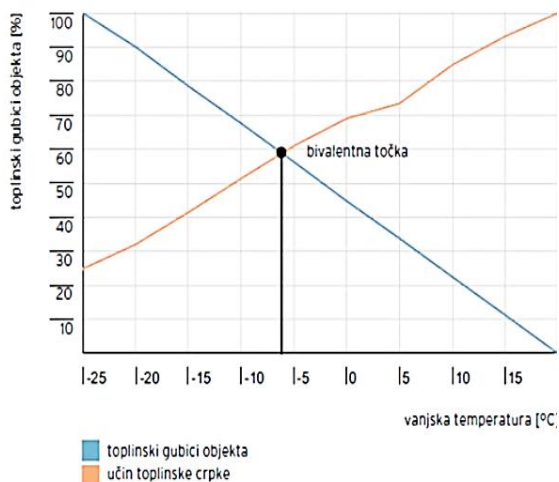
Slika 18. Vanjski zrak kao izvor topline

Izvor: http://www.eko-puls.hr/Toplinske_pumpe.aspx

3.5. PROJEKTOVANJE TOPLLOTNE PUMPE ZRAK - VODA

Režimi rada toplotne pumpe zrak/voda:

1. monovalentni - toplotna pumpa jedini proizvođač energije,
2. monoenergetski- kombinacija sa dodatnim električnim grijačem,
3. bivalentni-pored toplotne pumpe instaliran još jedan izvor topline, npr. kotao na pelet. Tada toplotna pumpa radi dok ne postigne tačku bivalentencije a ona je obično oko -6°C .



Slika 19. Bivalentna tačka



Slika 20. Kuća koja se grije i hladi toplotnom pumpom zrak/voda

Na osnovu bivalentne tačke se utvrđuje hoće li toplotna pumpa zrak/voda pokretati monoenergetski ili bivalentno. Na slici 20. je kuća u Ljubuškom:

[https://drive.google.com/drive/folders/1B5BEWNNPHFVxs3HL4dKKm --13CgMMb?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1B5BEWNNPHFVxs3HL4dKKm--13CgMMb?usp=sharing)

Gubici i dobici su dati tabelarno i moguć je monoenergetski režim rada, kompletan projekat dat je u prilogu pod nazivom "Primjer 3. Toplotna pumpa Planinić- Ljubuški".

Tabela 16. Tabelarni prikaz ukupnih gubitaka topline za objekat Planinić

PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE (ZBIRNI IZVJEŠTAJ) EN 12831

Klimatski podaci						
Opis	Oznaka	Jedinica	Vrednost			
Vanjska projektna temperatura	Tsp	C	-6			
Glavna godišnja vanjska temperatura	Tg,sp	C	7.8			
Parametar B' za cijeli objekt	B'	m	5.6			
Za toplotne mostove korištene su	Vanjske mjere					
UKUPNO						
	Pov [m ²]	Visina [m]	Qt [W]	Qvent [W]	Qrh [W]	Quk [W]
Ukupno:	189.45		7227	2805	1945	11977

ZA CIJELI OBJEKT:

$$Q_{uk} = \text{Sum}(Q_t) + \text{Sum}(Q_{vent}) + \text{Sum}(Q_{rh}) = 7227 + 2805 + 1945 = 11977 \text{ W}$$

str_Pri čemu je $Q_v = 0.34 \times V \times (T_{un} - T_s)$, gde se V racuna prema:

str_Prostorije bez vent. sistema : $V = \max(0.5 \times V_{inf}, V_{min})$

str_Prostorije sa vent. sistemom : $V = 0.5 \times V_{inf} + (1 - N_v) \times V_{su} + V_{mech}$

Tabela 17. Tabelarni prikaz ukupnih jednovremenih dobitaka topline za objekat Planinić

JULI											
Sat	Qcltd	Qscl	QljOs	QljLat	Qmaš	Qsve	QtpOs	QtpLat	Qos	Qlat	Quk
1	-1378	45	450	1045	644	299	0	0	61	1045	1106
2	-1604	41	350	1045	502	200	0	0	-510	1045	535
3	-1847	24	279	1045	401	150	0	0	-993	1045	52
4	-2064	21	229	1045	332	118	0	0	-1363	1045	-318
5	-2141	187	183	1045	264	107	0	0	-1400	1045	-355
6	-2282	707	149	1045	217	95	0	0	-1115	1045	-70
7	-2309	823	118	1045	171	90	0	0	-1107	1045	-62
8	-2156	971	96	1045	138	79	0	0	-873	1045	172
9	-1736	1104	682	1045	1072	671	0	0	1792	1045	2837
10	-1239	1184	748	1045	1175	749	0	0	2618	1045	3663
11	-620	1205	777	1045	1232	783	0	0	3378	1045	4423
12	46	1201	833	1045	1313	801	0	0	4194	1045	5239
13	592	1153	859	1045	1358	809	0	0	4772	1045	5817
14	1140	1129	883	1045	1399	811	0	0	5362	1045	6407
15	1503	1088	902	1045	1431	815	0	0	5738	1045	6783
16	1745	1025	912	1045	1446	820	0	0	5948	1045	6993
17	1813	961	1082	1045	1572	1036	0	0	6464	1045	7509
18	1606	1002	1112	1045	1601	1064	0	0	6385	1045	7430
19	1253	581	1138	1045	1626	1076	0	0	5674	1045	6719
20	820	303	1148	1045	1633	1091	0	0	4994	1045	6039
21	238	195	1168	1045	1655	1094	0	0	4350	1045	5395
22	-223	136	1182	1045	1672	1102	0	0	3869	1045	4914
23	-605	98	1190	1045	1677	1105	0	0	3466	1045	4511
24	-1051	69	1195	1045	1680	1112	0	0	3005	1045	4050
Maksimalno opterećenje iznosi: 7654 W Mjesec: SEPTEMBAR Sat: 17											

3.6. IZBOR OGRIJEVNIH/ RASHLADNIH TIJELA I TOPLLOTNE PUMPE

Izbor ogrijevni i rashladni tijela izveden je na osnovu proračuna gubitaka i dobitaka topline, za ogrijevni medij topla voda 45°C/ 40°C, te rashladni medij 7°C/ 12°C.

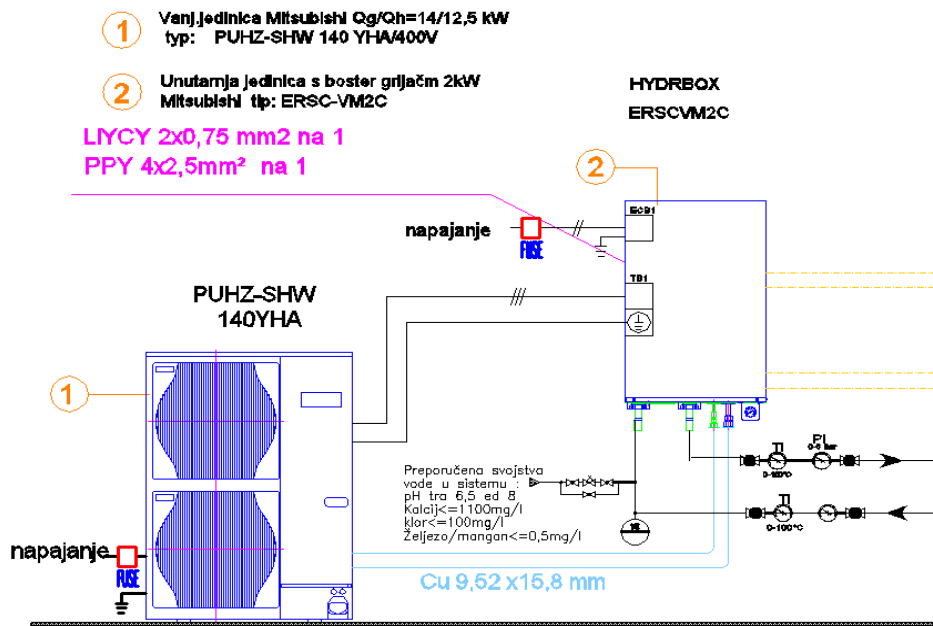
Tabela 18. Izbor ogrijevni/ rashladni tijela

Prostorija	Model	Qg [kW]	Qh [kW]	Gubici/dobici [W]
Dnevni boravak	Bi2 SL 600	3,12	2,54	Qg= 2147
	Bi2 SL 600	3,12	2,54	Qh= 1367
Kuhinja	Bi2 SL 400	2,31	1,72	Qg/Qh= 1080 / 916
Spavaća soba (1)	Bi2 SL 400	2,31	1,72	Qg/Qh= 949 / 740
Spavaća soba (2)	Bi2 SL400	2,31	1,72	Qg/Qh= 857 / 621
Spavaća soba (3)	Bi2 SL 400	2,31	1,72	Qg/Qh= 871 / 693
Hodnik	Bi2 SL 400	2,31	1,72	Qg/Qh= 572 / 353

Ventilokonvektori su birani na srednjoj brzini.

Odabrana toplotna pumpa zrak/voda, serije POWER INVERTER Mitsubishi tip: PUHZ-SW140YHA/400V, nazivne snage grijanja $Q_G=14\text{kW}$, nazivne snage hlađenja $Q_H=12,5\text{kW}$. Uređaj je predviđen vanjskoj

ugradnji, unutar objekta nalazi se *hidrobox* za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne vode sa uronjenim grijačem P=2kW.



Slika 21. Šematski prikaz toplotne pumpe zrak/ voda

Upravljanje i regulacija grijanjem omogućava komfor i uštedu energenata.

Automatizirano grijanje izvodi se na više načina:

- grijanje prema vanjskoj temperaturi,
- grijanje prema željenoj temperaturi,
- grijanje prema ostalim režimima rada (noćni režim, dnevni režim, itd.).

3.7. PROJEKTOVANJE GEOTERMALNE TOPLOTNE PUMPE

Pravilno dimenzioniranje i proračun su preduslovi za dugotrajan i efikasan rad toplotne pumpe. Ovo se odnosi na izvor topline, toplotnu pumpu, ali i na toplotni ponor. Najčešći problemi koji se javljaju u vezi sa toplotnim pumpama su u nepravilnom dimenzioniranju na strani izvora topline ili na strani toplotnog ponora, odnosno pogrešno hidrauličko povezivanje toplotne pumpe. Zbog toga je veoma važno da nema ni prekomjernog, ni nedovoljnog dimenzioniranja sistema. Prekomjernim dimenzioniranjem nastaju nepotrebno visoki troškovi investicije. Toplotna pumpa prevelike snage ne može konstantno raditi, pa počinje raditi u impulsima. To negativno utiče na životni vijek toplotne pumpe. Nedovoljno dimenzioniranje sistema, sa druge strane, dovodi do smanjenja stepena komfora i vremenom do neefikasnog rada toplotne pumpe.

Projektovanje treba izvesti prema VDI 4640.

3.7.1. Primjer proračuna za jednu područnu školu u Zeničko- dobojskom kantonu

Osnove za primjer proračuna su sljedeće veličine i trenutno stanje:

- Objekat područne škole je u blizini Maglaja, u Bosni i Hercegovini,
- Spoljna projektna temperatura (za lokaciju): -15 °C,
- Grijana površina: 250 m²,

- Objekat u kojem boravi i radi veći broj osoba,
- U objektu instaliran kotao na čvrsto gorivo 80°C/60°C, Q=70kW,
- Radijatorsko grijanje sa Al radijatorima, instalirani učin 66255W.

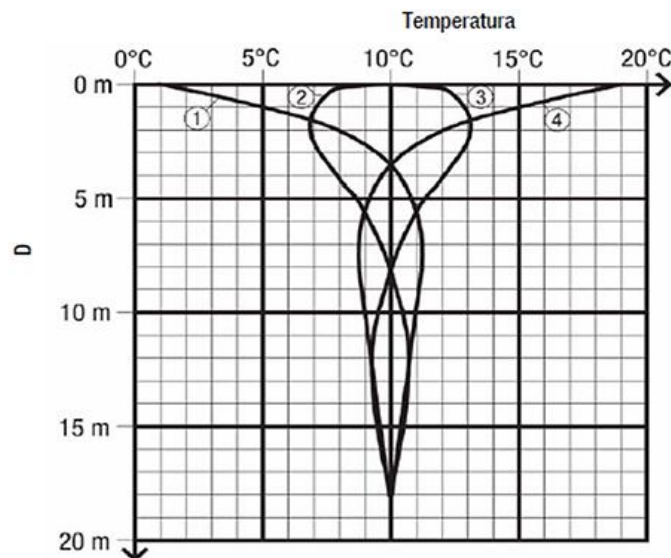
Novoprojektovano stanje:

- Objekat je utopljen prema prema propisima o energetskej efikasnosti objekata,
- Za objekat je urađen detaljan energetski audit,
- Energetskim auditom je predviđena ugradnja geotermalne pumpe zemlja/voda 20kW.

3.7.2. Dimenzioniranje izvora topline zemlja

Na slici 22. su prikazane temperature zemljišta na različitim dubinama u određenim mjesecima:

- linija 1 za februar,
- linija 2 za maj,
- linija 3 za novembar,
- linija 4 za august.



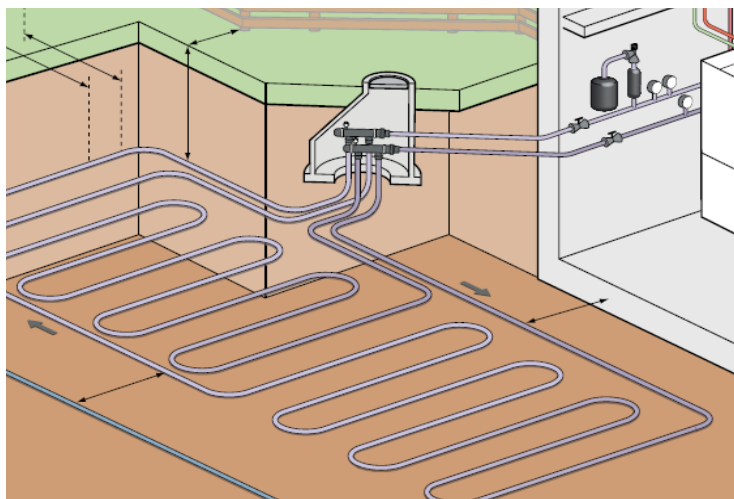
Slika 22. Godišnji nivo temperature na različitim dubinama zemljišta

Kod ovih sistema, toplina se uzima iz zemlje preko posrednog cirkulacionog kruga od plastičnih cijevi. U ovim cijevima cirkuliše rasolina kao radni medij (mješavina vode i sredstva za zaštitu od zamrzavanja). Razmjena topline između rasoline i rashladnog sredstva se odigrava u isparivaču (izmjenjivaču topline sa pločama od plemenitog čelika) u toplotnoj pumpi. Polazna tačka za izbor sistema je uvijek snaga isparivača, tj. toplina koja se izvlači iz zemlje, odnosno u slučaju hlađenja toplina koja se odvodi u zemlju.

Dva najčešća sistema su:

- Horizontalni prenosnik topline tla (geotermalni kolektor) koji se postavlja na 120 cm, to jest 30 cm dublje od dubine smrzavanja vode za naše podneblje.
- Vertikalni prenosnik topline tla (geotermalna sonda koja se postavlja na minimalno 100 m dubine).

Zbog raspoložive površine školskog dvorišta, ovdje je odlučeno da se uzme prvi sistem, horizontalni prenosnik topline tla (geotermalni kolektor).



Slika 23. Primjer postavljanja podzemnih kolektora

Da bi se spriječila oštećenja od zamrzavanja na strani izvora topline, primarna strana se mora napuniti rastvorom vode i sredstva za zaštitu od zamrzavanja (rasolina). Razmjer za miješanje medija rasoline treba odabrati tako da je obezbijedena zaštita od zamrzavanja do $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ako se sipa previše sredstva za zaštitu od zamrzavanja, dolazi do smanjenja specifične entalpije rasoline-medija i do prevelikog gubitka pritiska. Površina iznad postavljenih kolektora ne smije biti nadograđena objektima i drvećem sa dubokim korijenom. Sađenje biljaka se može normalno sprovesti.

Na najvišoj tački kruga postaviti ozrake.

Snaga grijanja: 20 kW,

Koeficijent učinka toplotne pumpe (COP): 4,1

$$\text{Snaga isparivača} = \frac{Q_{\text{toplotna pumpa}} \cdot (\text{COP} - 1)}{\text{COP}} = \frac{20 \cdot (4,1 - 1)}{4,1} = 15,1 \text{ kW},$$

Ovo je snaga koji se mora preuzeti preko geotermalnog kolektora, tj. iz izvora topline iz okruženja. Specifična izdašnost iz tla zavisi od godišnjeg broja radnih sati toplotne pumpe i strukture tla u skladu sa sljedećom tabelom. Kada se zagrijavanje pitke vode **realizira** toplotnom pumpom, godišnji broj radnih sati je veći nego što je to slučaj samo kod režima rada grijanja.

Tabela 19. Specifična izdašnost tla Izvor VDI 4640

Tlo	Specifična izdašnost tla	
	kod 1800 h	kod 2400 h
Nekoherentno zemljište	10 W/m ²	8 W/m ²
Koherentno zemljište, vlažno	20 - 30 W/m ²	16 - 24 W/m ²
Zemljište zasićeno vodom	40 W/m ²	32 W/m ²

3.7.3. Proračun površine kolektora i dužine cijevi

Potrebna površina kolektora se izračunava na slijedeći način:

$$\text{Površina kolektora} = \frac{\text{Snaga isparivača}}{\text{specifična izdašnost tla}} = \frac{15100 \text{ W}}{25 \text{ W/m}^2} = 604 \text{ m}^2,$$

Odabrana PHD cijev 32 x 2,9 mm.

U normi VDI 4640, preporučeni razmak polaganja između cijevi kolektora iznosi 50-80 cm. Kod odabranog razmaka polaganja od 80 cm.

$$\text{Dužina cijevi} = \frac{\text{Površina geotermalno kolektora}}{\text{Razmak polaganja}} = \frac{604\text{m}^2}{0,8\text{m}} = 755 \text{ m.}$$

Iz hidrauličkih razloga, dužina kruga kolektora se usvaja prema karakteristikama cirkulacione pumpe Q (m³/h) i H (kPa) na primarnom krugu. Razni proizvođači geotermalnih pumpi ugrađuju cirkulacionu pumpu H – visine dizanja (napor) 40 kPa-90 kPa. Također, bitna karakteristika cirkulacione pumpe je Q (m³/h), koja treba biti zadovoljena. Za 15,1 kW, koje treba preuzeti od kolektora pri prosječnoj temperaturi polaz/povrat = 10°C/5°C protok je Q = 2,59 (m³/h), iz hidrauličkih razloga krug kolektora ne bi trebalo da bude duži od 100 m-150 m. Prema tome, za ovaj primjer dobija se ukupno 8 krugova po 100 m, ili 5 krugova po 150 m, zavisno od karakteristika toplotne pumpe i njenih sastavnih elemenata. U tabeli 20. su date vrijednosti za postavljanje geotermalnih pumpi od 5 kW do 37 kW.

Tabela 20. Orjentacione vrijednosti pri ugradnji geotermalnih pumpi, Izvor REHAU TEHNIČKA INFORMACIJA

Tip GEO	5	7	8	10	12	15	17	19	22	26	30	37
COP kod S 0 °C/ W 35 °C ¹	4,1	4,1	4,2	4,1	4,2	4,3	4,4	4,4	4,2	4,0	4,0	4,1
Broj cevnihi krugova	3	3	4	5	6	7	7	8	9	11	13	15
Ukupna dužina cevi u m	300	300	400	500	600	700	700	800	900	1.100	1.300	1500
Potrebna površina u m ^{2,2}	240	240	320	400	480	560	560	640	720	880	1.040	1200
Prečnik vodova za pov- ezivanje u mm	32	32	40	40	40	50	50	50	50	65	65	65
Preporučena, odn. ugrađena cirkulaciona pumpa	Grundfos 25-60			Grundfos 25-80			Grundfos 32-80		Wilo TOP S 40/10		Wilo Top S50/10	
Rastvor rasoline u litrima ³	105	105	140	175	210	245	245	280	315	385	455	525

1 U skladu sa EN14511

2 Navedena potrebna površina se odnosi na prosečan kvalitet tla

3 Rastvor rasoline (30% udeo sredstva za zaštitu od zamrzavanja), bez zapremine sabirnog i priključnog voda

3.7.4. Hidrauličko podešavanje

Broj radnih sati instalacije znatno zavisi od hidrauličnog podešavanja i regulacije. Međuspremnik ugrađen u instalaciju centralnog grijanja dodatno povećava efikasnost sistema. Pomoću međuspremnika se hidraulički razdvaja proizvodnja topline (toplotna pumpa) od eksploatacije topline (radijatori). Nul-tačka pritiska se nalazi u spremniku i time se postiže minimalna količina optoka vode, te se smanjuje uključno/isključno vrijeme toplotne pumpe.

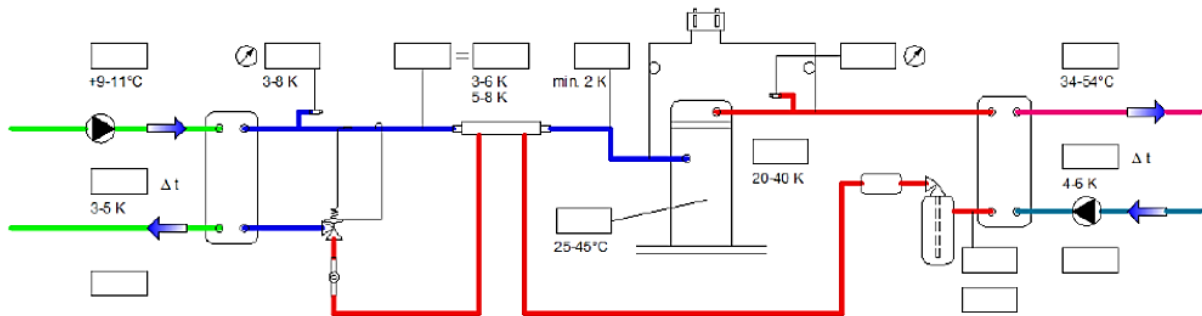
3.7.5. Odabir međuspremnika

Preporuke za odabir međuspremnika su 12l/kW-20l/kW ukupne snage izvora topline. Usvojeno je 15l/kW. $V_{MS} = 15\text{l/kW} \cdot 20\text{kW} = 300\text{l}$.

Odabran je međespremnik zapremine 300 litara.

3.7.6. Provjera kapaciteta radijatora za niskotemperaturni režim rada 45°C/35°C

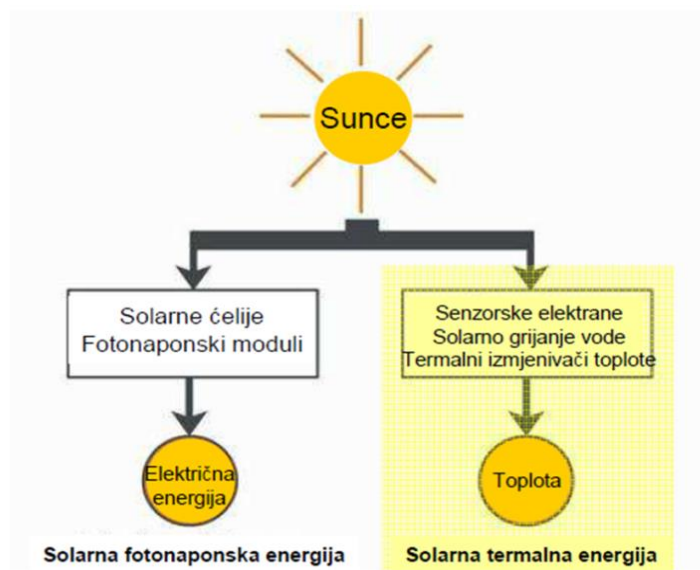
Instalirani učin 80°C/60°C je 66255 W, koeficijent za pretvaranje 0,24 $Q = 66255 \text{ W} \cdot 0,24 = 15901 \text{ W}$. U objektu istovremeno boravi 45 osoba $\times 100 \text{ W/osoba} = 4500 \text{ W} + 15910 = 20410 \text{ W}$. Iz proračuna se može zaključiti da postojeći radijatori mogu zadovoljiti niskotemperaturni režim rada. Ukoliko se u praksi pokaže drugačije, potrebno je dodati potreban broj članaka na postojeće radijatore.



Slika 24. Načelna šema povezivanja geotermalne toplotne pumpe

4. SOLARNI SISTEMI - PRIMJENA

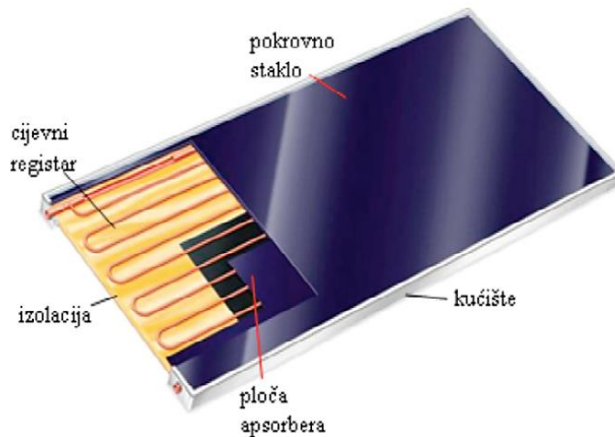
Sunce milijardama godina proizvodi energiju i jedan je od najvažnijih izvora energija za čovječanstvo. Bez Sunca život na Zemlji ne bi bio moguć. Sunčeva energija je obnovljiv izvor energije, za razliku od fosilnih goriva koji spadaju u kategoriju neobnovljivih izvora energije. Pomoću tehnologija koje koriste Sunčevu energiju, moguće je zagrijavati vodu i koristiti je kao energiju za grijanje ili dobijanje električne energije. Glavna prednost Sunčeve energije je što ne proizvodi nikakve zagađivače koji su štetni za okolinu i zbog toga je jedan od najčišćih izvora energije. Osim toga, Sunčeva energija je besplatan izvor energije, koje ima u nedogled. Nedostatak je to što se ova energija ne može koristiti preko noći, te što ovisi o tome na kojem dijelu zemlje se nalazimo, jer nisu svi dijelovi Zemlje jednako osvijetljeni.



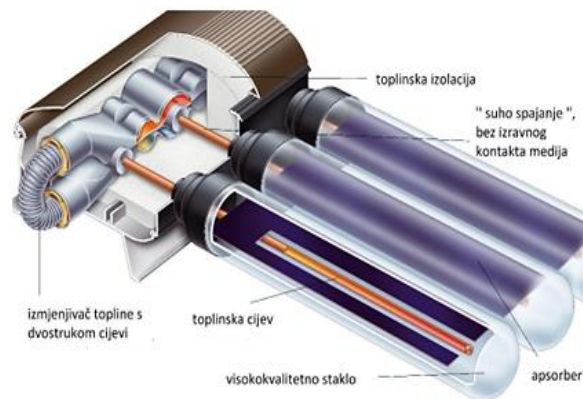
Slika 25. Transformacija Sunčeve energije

4.1. VRSTE SOLARNIH KOLEKTORA

Solarnu energiju možemo transformisati u električnu i toplotnu energiju. Predmet dalje obrade je transformacija solarne energije u toplotnu putem solarnih kolektora, koji mogu biti: vakumski cijevni i pločasti ravni.



Slika 26. Pločasti solarni kolektor



Slika 27. Vakuumski solarni kolektor

Pločasti kolektori su se prvi put počeli koristiti 1950. godine u Australiji. Pločaste/ ravne kolektore svrstavamo u sisteme za pripremu potrošne tople vode i grijanje prostora. Njihova se instalacija izvodi tako da se na krov zgrade postave okrenuti prema jugu i nagnuti prema horizontali. Ugao nagiba kolektora prema horizontali izabire se na način tako da kolektor bude najefikasniji u onom dijelu godine kad je najpotrebnija energija koju kolektor daje.

U Bosni i Hercegovini je uobičajeno korištenje nagiba kolektora od 35 do 45° koji omogućuje da od proljeća do jeseni kolektor prima Sunčevo svjetlo prosječno 7 do 8 sati dnevno. Ukoliko težimo za opcijom da kolektor bude efikasniji zimi, a manje efikasan ljeti, onda ga postavljamo strmije. Kada je u pitanju izbor vrste kolektora nikako se ne smije zaboraviti ekonomičnost, stoga je potrebno naći kompromis između efikasnosti i cijene kolektora. U tom slučaju potrebno je promatrati cijenu kolektora i cijenu čitavog sistema.

Solarni kolektor se smatra jednim od najvažnijih dijelova solarnog sistema za pripremu potrošne tople vode i/ili grijanje. Solarni kolektor je najjednostavniji uređaj za pretvaranje Sunčeve energije u toplotnu.

Cijevni vakumski kolektori imaju isti princip djelovanja kao i pločasti, ali su apsorberi smješteni u pojedinačne, međusobno paralelne staklene cijevi u kojima je vakuum. Na taj način se smanjuje gubitak topline. U sredini svake staklene cijevi nalazi se jedna tanja cijev kroz koju medij (glikol ili voda) teče prema sabirniku, a iz njega prema spremniku PTV. Ovi kolektori imaju vakumirane cijevi čime su im toplotni gubici prema okolini svedeni na minimum. Efikasniji su od ravnih pločastih kolektora za 25-30 %. Način izrade je složeniji i skuplji su od pločastih kolektora, pa su manje u upotrebi.

Što se tiče same tehnologije izrade kolektora, ona je već potpuno usvojena, automatizirana i kolektori se proizvode u velikim serijama širom svijeta.

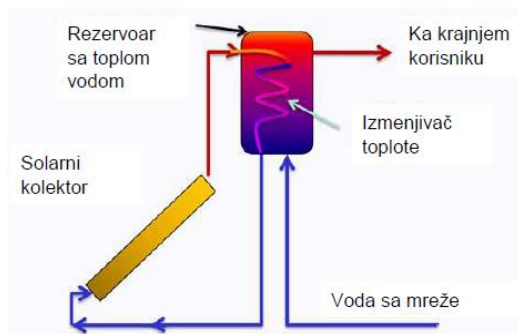
4.2. VRSTE KOLEKTORSKIH SISTEMA

U zavisnosti od tečnosti u kolektorima postoje:

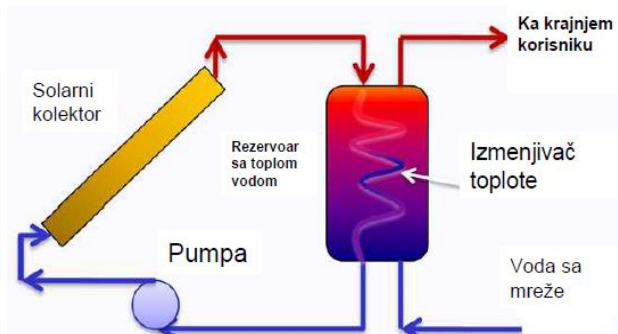
- otvoreni ciklusi,
- zatvoreni ciklusi.

U zavisnosti od vrste cirkulacije tečnosti, kolektori mogu biti sa:

- prirodnom cirkulacijom, gdje se protok tečnosti samoreguliše usled konvekcije,
- prinudnom cirkulacijom, gdje su potrebne pumpa i kontrolni uređaj.



Slika 28. Zatvoreno kolo, prirodna cirkulacija



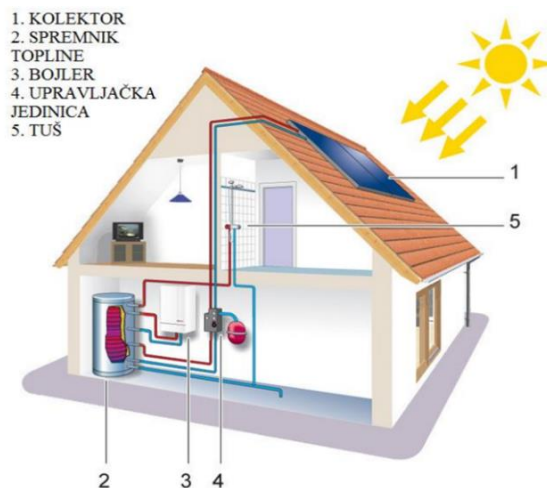
Slika 29. Zatvoreno kolo prinudna cirkulacija

Tečnosti koje se koriste u solarnim kolektorima su:

- voda (nedostaci: kalcifikacija, smrzavanje),
- voda i etilen glikol (nedostatak - toksičnost),
- voda i propilen glikol.

Elementi jednog solarnog sistema sa prinudnom cirkulacijom su:

- solarni kolektori,
- spremnik tople vode,
- dodatni izvor energije, obično električno bojler,
- upravljačka jedinica solarnog sistema,
- potrošači sanitarne vode.



Slika 30. Izgled instalacije solarnih kolektora na kući

4.3. IMPLEMENTACIJA SOLARNIH KOLEKTORA NA KUĆI

Najjednostavniji kućni solarni sistemi za dobijanje tople vode sastoje se od: solarnih kolektora, spremnika topline, cijevi, pumpe i fluida za prijenos topline.

Dimenzionisanje solarne instalacije (srednje - male) provodi se u pet faza:

1. individualno određivanje zone Sunčevog zračenja na mjestu instaliranja;
2. određivanje dimenzija spremnika;
3. procjena maksimalno potrebne površine kolektora;
4. izračunavanje uticaja usmjerenosti i nagiba kolektora;
5. tačno izračunavanje broja kolektora.

4.3.1. Određivanje dimenzija spremnika

Dimenzija spremnika treba iznositi 1,2 - 1,8 x dnevna potrošnja tople vode.

Minimalna dimenzija = 1,2 x broj osoba x dnevna potrošnja vode po osobi.

Maksimalna potrošnja = 1,8 x dnevna potrošnja po osobi.

Dimenzije spremnika zavise od broja osoba i potrošnje tople vode po osobi dnevno.

PRIMJER: Porodična kuća sa četiri člana i prosječnom dnevnom potrošnjom potrošne tople vode:

- Minimalna dimenzija spremnika = 1,2 x 4 osobe x 50 lit./osobi = 240 litara, odabire se spremnik od 300 litara; 4 m² solarnih kolektora, tj. 2 kom.
- Maksimalna dimenzija spremnika = 1,8 x 4 osobe x 50 lit./osobi = 360 litara, odabire se spremnik od 400 litara; 6 m² solarnih kolektora, tj. 3 kom.

Ako nisu dostupni tačni podaci o potrebama potrošne tople vode, za procjenu se može koristiti donja tabela:

Tabela 21. Potrebe za toplom vodom za razne objekte

Objekat	litara/dnevno po osobi	kWh/dnevno po osobi	NAPOMENA litara/dnevno po osobi
Porodični stan	50	1,92	-
Bolnica	60	2,30	po ležaju
Kuća za odmor	40	1,53	-
Škola	5	0,192	-
Kasarna	30	1,15	-
Industrija	20	0,767	-
Kancelariski prostori	5	0,192	-
Kamp	30	1,15	Po osobi
Hotel visoke kategorije	160	6,14	Po sobi
Hotel niske kategorije	100	3,84	Po sobi
Gimnastičke dvorane	35	1,34	Po korisniku
Restorani	10	0,38	Po obroku
Barovi	2	0,076	Po potrošnji

Pretpostavlja se da je temperatura vode na ulazu 12°C i temperatura vode na izlazu 45°C

Prečnik cijevi solarnog kruga dimenzionirati tako da brzina strujanja bude od 0,4 do 0,7 m/s. Ako bi

brzina strujanja bila veća, pad pritiska u cijevima će biti preveliki i mogu nastati šumovi, a počevši od 1 m/s može doći do skidanja materijala u bakarnoj cijevi.

Proračun pada pritiska i brzine strujanja tečnosti može se izračunati u tabeli "D", koja je data u elektronskoj formi, a link se nalazi u Uvodu ovog priručnika.

Tabela 22. Proračun pada pritiska i brzine strujanja tečnosti u cjevovodu

PRORAČUN PADA PRITISKA U CJEVOVODU										Datum:			
Objekat:					Projektant:								
k =		0.045 mm			t _v =		80 °C			R _m = 253 Pa/m			
ρ =		985.7 kg/m ³			t _R =		70 °C						
v =		0.000000512 m ² /s											
Dionica	Toplotni fluks	Maseni protok	Zapreminski protok	Dužina dionice	Vanjski prečnik	Debljina stijenke	Unutrašnji prečnik	w	R	I*R	Σξ	Z=Σξ*ρw ² /2	Primjedba
Br.	kW	kg/h	m ³ /h	m	mm	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	
1	4.2	360.00	0.365	10	18	1	16	0.5	253.2	2532	6	754	
2	4.2	360.00	0.365	10	18	1	16	0.5	253.2	2532	6	754	

Upravljačku jedinicu čine pumpna grupa i solarna automatika i izručuju se u paketu. Moguće ih je i pojedinačno dimenzionirati i naručiti, što donekle otežava projektovanje, a posebno izvođenje instalacije solarnih kolektora.

Solarna pumpna grupa je "srce" solarnog sistema, a sastoji se od sljedećih komponenti:

- Solarna pumpa
- Ventili s termometrima na polaznom i povratnom vodu
- Sigurnosna grupa (sigurnosni ventil, manometar, ispusni ventil i priključak za spoj ekspanzione posude)
- Odzračni ventil
- Mjerač protoka s mogućnošću regulacije protoka (0-24l/min)
- Priključna dimenzija 1, razmak priključaka 125mm
- Radni uslovi: max 6bar, max 110°C

Solarna automatika je "mozak" solarnog sistema i upravlja radom sistema putem informacija prikupljenih putem senzora i programski (pred) definiranih pravila i funkcionalnosti.



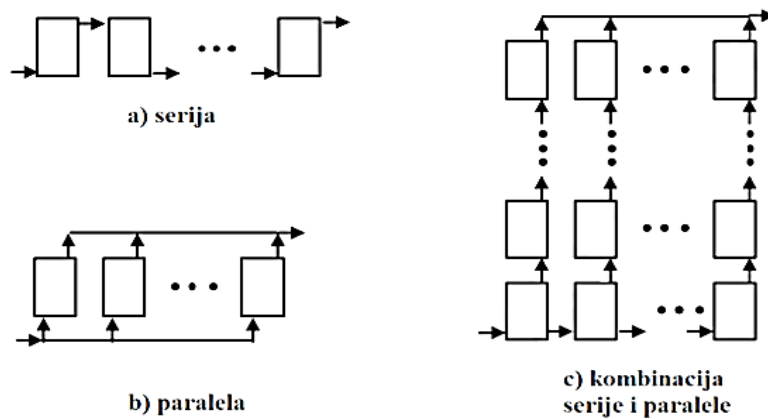
Slika 31. Pumpna grupa



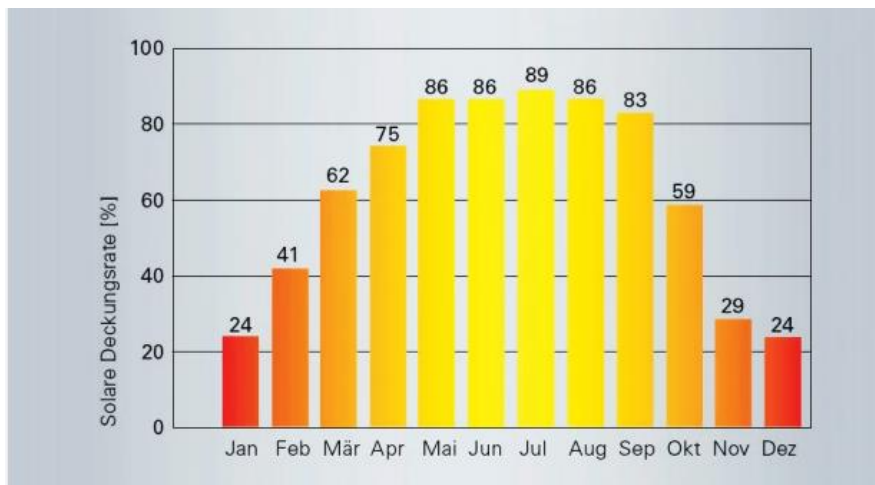
Slika 32. Solarna automatika

4.3.2. Vezivanje solarnih kolektora

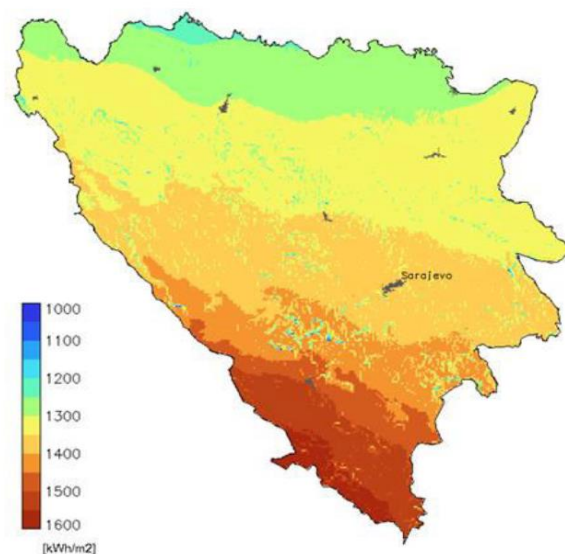
Kolektore možemo vezati paralelno, u seriju ili kombinovano.



Slika 33. Način vezivanja solarnih kolektora



Slika 34. Mogućnost pokrivenosti potreba za toplom vodom tokom godine



Slika 35. Potencijal sunčeve energije u BiH

Izvor: <http://sendo.ba/solarne-elektreane/>

4.3.3. Termodinamički proračun potrošača tople vode

Potrebna količina topline za zagrijavanje vode se računa po formuli $Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$ [J], gdje je:

m - masa kg

c - specifična toplota 4186,8 J/kgK- voda;

t_2 - temperatura tople vode;

t_1 - temperatura hladne vode;

1Wh = 3600 J=3,6 kJ;

Primjer: Količinu od 50 l vode, koja se nalazi u kućnom bojleru, treba za 1h zagrijati sa 12°C na 45°C.

Izračunati: a) potrebnu količinu topline za zagrijavanje vode i b) snagu grijača.

a) $Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$ [J]; $Q = 50 \cdot 4186,8(45 - 12) = 6908,22$ J

b) $N = 6908,22/3600 = 1918,95$ W. Usvaja se snaga grijača 2 kW.

U Tabeli "E" se može izračunati zagrijavanje bilo koje količine vode za vrijeme od 1, 2, 6, 12 ili 24 h. Potrebno je popuniti zelena polja, a to su: količina vode i temperatura hladne i tople vode.

4.4. ZADATAK III ZA UČENIKE

1. Odrediti snagu grijača za kućni bojler $V = 80$ l. Vodu treba zagrijati sa 15°C na 50°C.
2. Dimenzionirati bakarnu cijev koja treba da prenese količinu topline $Q = 15$ kW. Temperatura vode polaz/povrat je 70°C/55°C.

*Zadatak pod 1. uraditi kao u prethodnom primjeru i pomoću tabele "E".

*Zadatak pod 2. uraditi pomoću tabele "D", tako da brzina vode ne prelazi 0,7 m/s, ili 200 Pa/m.

5. KALORIMETRI - ULTRAZVUČNA MJERILA TOPLOTNE I RASHLADNE ENERGIJE

Za mjerenje potrošnje toplotne i rashladne energije (u kWh) služe mjerila toplotne (rashladne) energije, tzv. kalorimetri. Kalorimetar mjeri potrošnju toplotne (rashladne) energije na način da mjeri razliku temperatura polaza i povrata te vrijednost protoka ($P = V \cdot \Delta T \cdot k$).

Sastoji se iz tri dijela: mjerač protoka, računarska jedinica i temperaturni osjetnici(senzori).

Mjerač protoka



Računska jedinica



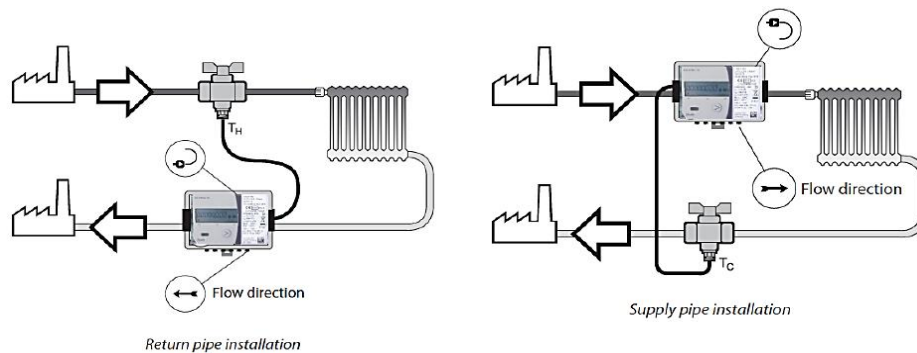
Temperaturni osjetnici



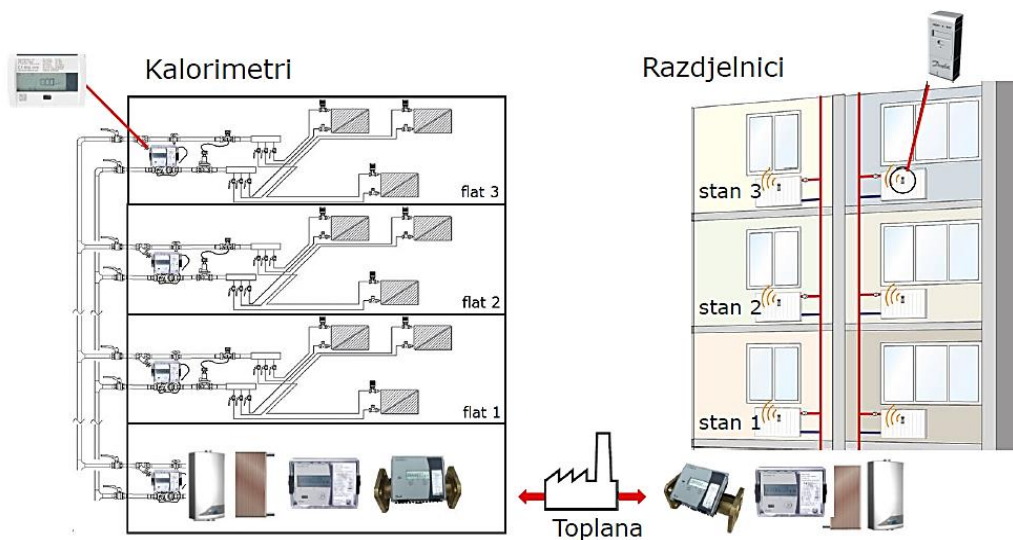
Slika 36. Oprema za mjerenje utroška toplotne energije

Centralni kalorimetri se koriste u podstanicama sistema daljinskog grijanja, postavljaju ih toplane odnosno javna komunalna preduzeća.

Individualni kalorimetri postavljaju se ispred svakog stana, – mjere individualnu potrošnju grijanja. Također, koriste se i u sistemima podnog grijanja kada je tehnički nemoguće instalirati djelatelje troškova topline.



Slika 37. Instalacija opreme za mjerenje utroška toplotne energije



Slika 38. Mjesta za postavljanje mjeraca za utrošak toplotne energije- horizontalni i vertikalni razvod

Očitavanje toplotne i rashladne energije moguće je direktno, klasičnim načinom očitavanja. Putem mobilne aplikacije je izvodljivo očitavanje energije sa kalorimetrima koji na sebi imaju ugrađen rado modul za daljinsko očitavanje.



Slika 39. Očitavanje utroška toplotne energije preko mobilne aplikacije

Kalorimetre je potrebno baždariti svakih pet godina, ili zamijeniti novim uređajima, ako je to povoljnije po cijeni nego baždarenje.

6. LITERATURA

1. Recknagel, Sprenger: *Priručnik za grijanje i klimatizaciju*, IRO građevinska knjiga, Beograd, 1982./Dopunjeno izdanje 2005/6.
2. *Pravilnik o minimalnim zahtjevima za energijskim karakteristikama zgrada*, Službene novine Federacije BiH br. 81 od 1.1.2019.
3. Jurinjak Bojan, Mirilović Ljubomir: *Ultrazvučna mjerila toplotne i rashladne energije*, Danfoss Webinar 04.06.2020.
4. Kos, Igor: *Usporedba različitih energenata i tehnologija za potrebe grijanja*, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek 2017.
5. Kulić, Emin: *Priručnik za projektovanje sistema grijanja sa riješenim primjerima* (IV dio). KGH – Klimatizacija, grejanje, hlađenje, [S.l.], v. 11, n. 3, p. 43-62, oct. 2016. ISSN 2560-340X. Dostupno na: <<https://izdanja.smeits.rs/index.php/kg/article/view/174> [pristup: 01.08.2020.]
6. Vaillant, *Projektantske podloge - dizalice topline I dio*, URL: <https://www.vaillant.ba/downloads-1/dokumenti-2018/201705-projektantske-podloge-dizalice-topline-finalni-preview-1058569-1165655.pdf> [pristup: 05.08.2020.]
7. Hanibalsoft, URL: <https://hanibalsoft.com/>, [pristup: 25.08.2020.]
8. Recknagel, URL: <https://www.recknagel-online.de/recknagel/taschenbuch-f%C3%BCr-heizung-und-klimatechnik.html> [pristup: 11.09.2020.]

7. PRILOZI

Tabela 23. Unutrašnja projektna temperatura

Namjena prostorije	t_u [°C]
1. Stambene zgrade	
Dnevna, spavaća soba, kuhinja, zahod	20
Kupatilo	24
Hodnici i pomoćne grijane prostorije	15
Stepeništa	10
1. Administrativne zgrade	
Sve prostorije osim sporednih i zahoda	20
Sporedne prostorije, zahod	15
2. Prodavnice	
Prodajne prostorije, manje prodavaonice	20
Prodaja prehrambenih proizvoda, opšta skladišta	18
Skladišta suhomesnatih proizvoda	15
Skladišta sira	12
Sporedne prostorije i stepeništa	15
3. Hoteli	
Hotelske sobe, dvorane, sobe za sastanke	20
Ostale prostorije	15
4. Školske zgrade	
Učionice, biblioteka, višenamjenske prostorije, hodnici, gimnastička dvorana	20
Kuhinja	18
Ostale prostorije	15
5. Bolnice, ambulante	
Operaciona dvorana, sobe za novorođenčad	25
Ostale prostorije	22
6. Pozorišta, koncertne dvorane	
Najmanje	15
Pri radu uz sjedenje	20
7. Vojne kasarne	
	20
8. Bazeni	
Bazenski prostor (najmanje 2 °C iznad temp. vode)	28
Tuševi	24
Garderobe	22
9. Muzeji, galerije, aerodromi	
	20
10. Željezničke stanice – prostorije za prijem i ispraćaj, prodaja karata	
	15
11. Prostorije sa zahtjevom za sprečavanjem mogućnosti smrzavanja	
	5

Tabela 24. Vanjska projektna temperatura nekih gradova u BiH
(za nepopunjena polja, podaci trenutno nisu dostupni)

MJESTO	Vanjska projektna temperatura zima [°e]	Vanjska projektna temperatura ljeto [°e]	MJESTO	Vanjska projektna temperatura zima [°e]	Vanjska projektna temperatura ljeto [°e]
Bihać	-15	35	Bileća	-10	-
Bugojno	-17	33	Trebinje	-4	-
Gradačac	-12	35	Doboj	-17	-
Livno	-15	33	Gacko	-19	-
Mostar	-4	38	Sokolac	-21	-
Sarajevo	-15	33	Prijedor	-16	-
Sanski Most	-15	34	Mrkonjić Grad	-15	-
Tuzla	-15	34	Višegrad	-14	-
Zenica	-15	35	Foča	-14	-
			Srebrenica	-14	-
			Novi grad	-15	-
			Banja Luka	-17	-

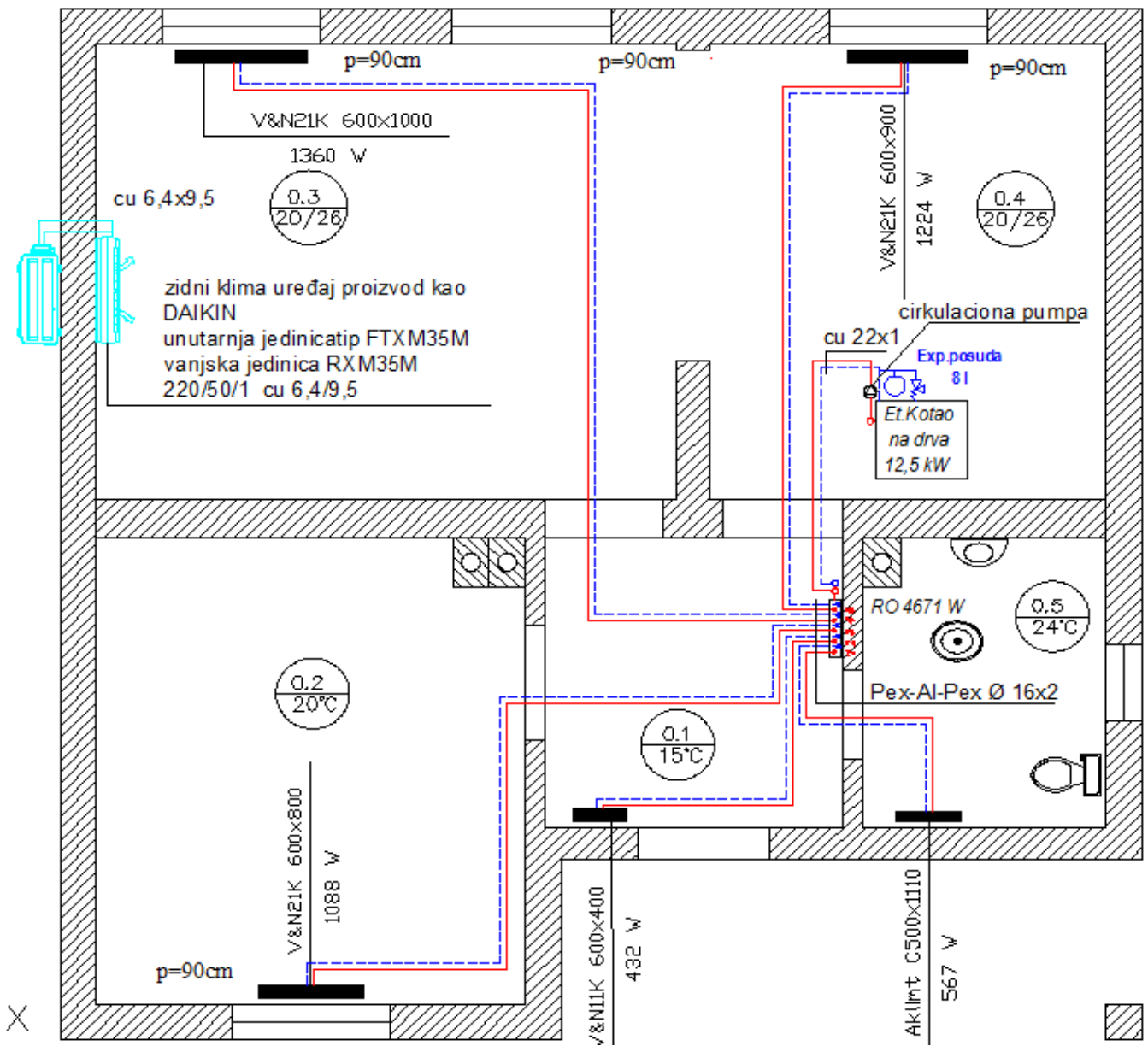
Tabela 25. Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaza topline U ($W/(m^2 \cdot K)$),
Građevinskih dijelova novih malih zgrada ($AK < 50 m^2$) i nakon zahvata na postojećim zgradama

Redni broj	Građevni dio	U ($W/(m^2 \cdot K)$)			
		$\vartheta_i \geq 18^\circ C$		$12^\circ C < \vartheta_i < 18^\circ C$	
		$\vartheta_{e,mj}, \min > 3^\circ C$	$\vartheta_{e,mj}, \min \leq 3^\circ C$	$\vartheta_{e,mj}, \min > 3^\circ C$	$\vartheta_{e,mj}, \min \leq 3^\circ C$
1.	Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, tavanu	0,45	0,35	0,60	0,50
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, transparentni elementi omotača zgrade (U_w)	1,60	1,40	2,80	2,50
3.	Ostakljeni dio prozora, balkonskih vrata, krovnih prozora, transparentnih elemenata omotača zgrade (U_g)	1,10	1,10	1,40	1,40
4.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, plafoni prema tavanu	0,30	0,25	0,50	0,40
5.	Plafoni iznad vanjskog zraka, plafoni iznad garaže	0,30	0,25	0,50	0,40
6.	Zidovi i plafoni prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od $0^\circ C$	0,60	0,40	1,20	0,90
7.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	0,50 ¹⁾	0,40 ¹⁾	0,80 ¹⁾	0,65 ¹⁾
8.	Vanjska vrata, vrata prema negrijanom stubištu, s netransparentnim vratnim krilom i ostakljene pregrade prema negrijanom prostoru	2,40	2,00	2,90	2,90
9.	Stijenke kutija za rolete	0,80	0,60	0,80	0,80
10.	Plafoni i zidovi između stanova, plafoni između grijanih radnih prostorija različitih korisnika	0,80	0,60	1,20	1,20
11.	Kupole i svjetlosne trake	2,5	2,5	2,5	2,5
12.	Vrata vjetrobrana	3,0	3,0	3,0	3,0

Napomena: $\vartheta_{e,mj,min}$ je srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade.

¹⁾ Kod podova na tlu zahtjev vrijedi do dubine poda prostorije 5 m od vanjskog zida, zida prema tlu ili negrijanog prostora.

Tablica 2. Računske vrijednosti stepena propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje, g (-), za slučaj okomitog upada sunčevog zračenja



Slika 40. Raspored grejnih tijela i klima uređaja

Ovaj Priručnik je nastao kao aktivnost projekta: **“Inovacije u EE i OIE za bolje prilagođavanje klimatskim promjenama i smanjenje siromaštva“ (EE – FAZA II)** koji realizira Caritas Švicarske, u partnerstvu sa Centrom za ekologiju i energiju, podpomognuti od strane Federalnog ministarstva prostornog uređenja. Projekat se realizira na području Federacije BiH.

Cilj projekta je da se podizanjem nivoa znanja o energetskej efikasnosti (EE) i obnovljivim izvorima energije (OIE) kroz predavanja, radionice i prezentacije u školama, poveća upotreba OIE i tehnologija EE i da se doprinese smanjenju emisija stakleničkih plinova i boljem prilagođavanju klimatskim promjenama.

Edukacija o ovim temama je prvenstveno u školama gdje će nova znanja, koja će mentorstvom edukatora iz Caritasa i Centra za ekologiju i energiju, biti prenošena profesorima pa zatim učenicima koji će dalje širiti svoje stečeno znanje.

Osim škola, edukacija je i za sve zainteresirane predstavnike javnih institucija, kao i predstavnike nevladinog sektora na području Federacije BiH.

Predavanja i radionice su obogaćeni demonstracijom prikaza rada na modelima solarnih sistema, modelima toplotnih pumpi i putem posebno rađenih brošura i materijala za obuku, kao i studijskim posjetama objektima koji primjenjuju OIE i imaju implementirane mjere EE.

