

**IZVEDBE SUSTAVA ZA KLIMATIZACIJU, GRIJANJE I HLAĐENJE**

**CONSTRUCTION OF AIR CONDITIONING, HEATING AND  
COOLING SYSTEMS**

*Stručni rad*

*Kaldžija Edim, bch. ing. term.\**

**Sažetak**

*Sustavi za klimatizaciju, grijanje i hlađenje ili tzv. KGH sustavi bave se postizanjem i održavanjem parametara toplinske ugodnosti za osobe koje borave u zatvorenom prostoru tokom cijele godine. Kao komponenta zgrade, KGH sustav košta mnogo novaca, troši puno energije, ima veliki utjecaj na ugodnost i veliki potencijal da poboljša ili naruši zdravlje osoba koje borave u zgradi. Zadatak sustava grijanja je dovođenje dovoljne količine topline za pokrivanje toplinskih gubitaka zgrade te osiguravanje toplinskih uvjeta pri kojim se korisnici u prostoriji osjećaju ugodno.*

*Ključne riječi: grijanje, hlađenje, ventilacija, toplina, sustav.*

**Abstract**

*Air conditioning, heating and cooling systems or so-called KGH systems deal with achieving and maintaining thermal comfort parameters for people who stay indoors throughout the year. As a component of a building, the KGH system costs a lot of money, consumes a lot of energy, has a great impact on comfort and has a great potential to improve or impair the health of the people staying in the building. The task of the heating system is to supply a sufficient amount of heat to cover the heat losses of the building and to ensure thermal conditions in which the users feel comfortable in the room.*

*Key words: heating, cooling, ventilation, heat, system.*

---

\* E-mail: svireedim@gmail.com

## **1. GRIJANJE**

Prema normi ISO 7730 toplinska ugodnost je stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo s toplinskim stanjem okoliša. Osjećaj ugodnosti nužno je individualan i ne postoji određeni skup stanja okoliša u kojem bi baš svaka osoba iskazala zadovoljstvo. Toplinska ugodnost je određena s nekoliko osnovnih faktora: temperaturom zraka u prostoriji, temperaturom ploha u prostoriji, vlažnošću zraka, brzini strujanja zraka, razini odjevenosti, razini fizičke aktivnosti, ostalim faktorima (kvaliteta zraka, buka, namjena prostora, dob, spol, rasa...). Toplinska ravnoteža između tijela i njegove okoline, rezultat će promjenom temperature tijela. Ljudsko tijelo ima vrlo učinkovit mehanizam za održavanje temperature tijela koja se održava na približno 37°C. Kako bi održala stanje toplinske ravnoteže, osoba mora proizvedenu toplinu predati okolini. Izmjena topline s ljudskog tijela može biti osjetna i latentna. Ljudsko tijelo osjetnu toplinu izmjenjuje konvekcijom (izmjena topline sa zrakom), zračenjem (izmjena topline s plohama u prostoru bez kontakta) i provođenjem (izmjena topline s čvrstim predmetima s kojima je tijelo u kontaktu, kao npr. pod), dok latentnu transpiracijom (ishlapljivanje vlage) preko kože i disanjem. [3]

### **1.1. Sustavi grijanja**

Općenito sustave grijanja možemo podijeliti na: lokalno grijanje, centralno grijanje i daljinsko grijanje. Lokalno grijanje predstavlja najstariji način grijanja koji omogućava izravno zagrijavanje prostorije iz izvora topline koji je u njoj smješten. Izvori topline za lokalno grijanje mogu biti kamini, štednjaci, peći, grijalice, električno podno grijanje itd.

Centralno grijanje može biti toplovodno, parno ili zračno. Kod centralnog grijanja, ogrjevni medij (voda, zrak, para) zagrijava se na jednom mjestu (kotlu smještenom u kotlovnici) i uz pomoć pumpi (rjeđe se koriste gravitacijski sustavi) preko razvoda distribuira u ogrjevna tijela smještena u prostorijama kuće ili zgrade. Sustavi centralnog toplovodnog grijanja su prema HRN EN 18282 određeni kao sustavi grijanja kod kojih temperatura ogrjevnog medija (tople vode) nije viša od 105 °C i danas predstavljaju najčešću izvedbu sustava grijanja u stanovima, obiteljskim kućama i zgradama. Sustav centralnog parnog grijanja koristi kao radni medij vodenu paru koja se proizvodi u kotlu i dovodi parnim vodovima do ogrjevnih tijela gdje

kondenzira i kondenzacijski vodovima vraća u kotao. Para se koristi kod zagrijavanja velikih dvorana koje se povremeno griju ili u slučajevima kada se koristi i za druge svrhe kao na primjer u tvornicama. Kod zračnog centralnog grijanja koristi se zrak koji se zagrijava u izmjenjivaču topline i distribuira kanalima u prostorije.

Kod daljinskog grijanja izvor topline je u toplani iz koje se toplinom snabdijeva jedna ili više grupa građevina, stambeni blokovi ili gradske četvrti. Često su ova postrojenja građena kao termoelektrane – toplane, tj. kogeneracijska postrojenja s istovremenom proizvodnjom električne i toplinske energije. Kao distribucijske pozicije služe toplinske podstanice. [3]

## **1.2. Ogrjevna tijela**

Ogrjevna tijela su dijelovi sustava grijanja koji služe za izmjenu topline s prostorijom (tj. zrakom, osobama i objektima u njoj), kako bi se u njoj ostvarili uvjeti toplinske ugodnosti, odnosno zadovoljile potrebe radnog procesa. Kod centralnih su sustava grijanja izvedeni kao zasebni elementi i do njih se pomoću cijevnog razvoda dovodi prikladan ogrjevni medij zagrijan u izvoru topline smještenom na jednom mjestu za cijeli objekt, odnosno za više prostorija. Za razliku od toga, kod lokalnih su sustava grijanja s izvorom topline objedinjena u jedinstveni element, pri čemu dodatni prijenosnik topline i njegov razvod nisu potrebni jer se toplina izmjenjuje izravno. S obzirom na izvedbu, način izmjene topline i korišteni ogrjevni medij, postoji nekoliko osnovnih vrsta ogrjevnih tijela: radijatori (npr. člankasti, pločasti, cijevni i sl.), konvektori, kaloriferi i zračni paneli, površinski sustavi grijanja (podno, zidno i stropno grijanje), toplozračna, s izravnom izmjenom topline (peći, grijalice, kamini i sl.) i u posebnim izvedbama. [4]

## **2. VENTILACIJA**

Zadaća ventilacije u zgradama je stalna zamjena onečišćenog zraka iz prostorije, svježim zrakom iz slobodne atmosfere radi održavanja potrebnih higijenskih uvjeta neophodnih za zdrav i ugodan boravak ljudi. Uloga ventilacije je također zagrijavanje zraka ukoliko je potrebno, odstranjivanje suvišne vlage i štetnih plinova iz prostora, te rashlađivanje zraka u ljetnom razdoblju. Za ugodno stanovanje i očuvanje zdravlja i pune radne sposobnosti osoba, važne su sljedeće preporuke: temperatura zraka zimi u stambenim bi

prostorijama trebala bit  $21 \pm 1$  °C. Ljeti su ugodne temperature između 24 i 26 °C; odstupanja srednje temperature obodnih površina (zidovi) od temperature zraka, ne smije iznositi više od 2 do 3 °C; zimi je udobna relativna vlažnost zraka od 40% do 50%, a ljeti  $50 \pm 5\%$ . Vrijednosti ispod 30% medicinski su nepoželjne, jer imaju za posljedicu isušivanje dišnih puteva; brzina strujanja zraka u zoni boravka osoba trebala bi biti od 0,1 do 0,3 m/s.

Ventilaciju možemo podijeliti na: prirodnu ventilaciju i mehaničku ventilaciju. [6] Prirodna ventilacija podrazumijeva izmjenu zraka u prostoriji bez korištenja ventilatora, to jest iskorištava prirodne zakone pri izmjeni zraka u nekoj zatvorenoj prostoriji. Zrak u zatvorenoj prostoriji se izmjenjuje zbog efekta dimnjaka (uzrok strujanja). Efekt dimnjaka je pojava koja uzrokuje strujanje toplijeg zraka kroz zgradu prema gore zbog razlike u temperaturi, tj razlike gustoća toplijeg i hladnijeg zraka. Ona se odvija putem infiltracije zraka kroz zatore prozora i vrata, te zidova, otvaranjem prozora i vrata te izmjenom zraka kroz ventilacijske kanale. Prednosti ovakvog tipa ventilacije su mali investicijski troškovi, jednostavno održavanje, jeftina pogonska energija, mala brzina strujanja zraka, niska razina buke i smanjenje emisija stakleničkih plinova. Nedostaci su slaba učinkovitost, slaba mogućnost upravljanja te ovisnost o vremenskim uvjetima. Infiltracija kroz zatore podrazumijeva prodor zraka kroz zatore na prozorima i vratima te malenim dijelom kroz vanjske zidove. Prodor svježeg zraka u prostoriju procesom infiltracije ovisi o veličini zatora na vanjskim prozorima i vratima. Uvjet za ovakvu izmjenu je razlika tlaka između unutarnjeg i vanjskog zraka kao posljedica razlike temperature i energije vjetra. Zimi je u stambenim prostorijama broj izmjena zraka od 0,3 do 0,8 h-1. Noviji prozori koji imaju manji koeficijent prijelaza topline često imaju izmjenu zraka samo 0,1 h-1 pa prostorije koje imaju takve prozore ili bi trebale otvarati prozore ili koristiti mehaničku ventilaciju. Minimalni broj izmjena zraka u jednom satu u stambenoj prostoriji ne smije biti manji od 0,5 h-1. Ovakav tip ventilacije nije dovoljan i treba se koristiti u kombinaciji sa otvaranjem prozora i vrata. Otvaranjem prozora i vrata postiže se najintenzivnija izmjena zraka u prostoriji. Ona ovisi o brzini vjetra, razlici između temperatura unutarnjeg i vanjskog zraka, vrsti prozora i roleta te rasporedu prozora u zgradi. Približan broj izmjena zraka koji se može postići u uporabi pri zatvorenom prozoru i balkonskim vratima, te pri različitim položajima krila prozora i prozorskih roleta prikazani su u tablici. Većina ljudi prozračuje svoje prostorije otvaranjem prozora pri čemu se razlikuje dugotrajno i kratkotrajno prozračivanje. Treba imati na umu da je kratko

prozračivanje potpunim otvaranjem krila prozora i balkonskih vrata osobito s aspekta zaštite od prehlade i uštede toplinske energije za grijanje, bolje od trajnog prozračivanja kroz poluotvorena krila vrata ili prozora. U jednakim vremenskim intervalima na primjer svakih sat vremena otvorim prozor na 5 do 10 minuta i time izmijenimo kompletnu količinu staroga zraka. Na slici 103 su prikazani načini i vremenski period potreban da se cijeli zrak u prostoriji izmjeni. Prirodna ventilacija kroz kanale znači izmjenu zraka u prostoriji bez prozora kroz vertikalne zidane ventilacijske kanale koji se izvode od pripadajuće prostorije do iznad krova zgrade. Pri tome treba imati na umu da ovakav tip ventilacije funkcionira ispravno samo ako je osigurano stalno dovođenje svježeg zraka u odgovarajućim količinama. Zrak se dovodi kroz otvor na zidu ili dnu krila vrata a odvodi iz prostorije kroz otvor ispod stropa s priključkom na ventilacijski kanal. Da bi se mogla regulirati izmjena zraka u prostorijama okomiti kanali imaju zaklopke za podešavanje. [6] Mehanička je ventilacija prisilna izmjena zraka u zatvorenome prostoru kroz vertikalne kanale na mehanički pogon pomoću ventilatora. Takva ventilacija se izvodi u području s jakim vrtlogom vjetrova ili u razdoblju kad nema prirodne ventilacije odnosno kad nije dovoljno djelotvorna. Prednosti ovakve ventilacije su: ne ovisi o vremenskim uvjetima, veliki izbor opreme, mogućnost regulacije te je pojednostavljen proces projektiranja sustava. Nedostaci su veliki investicijski troškovi, velika potrošnja energije, recirkulacija zraka te problem buke. [6] Mehanička ventilacija dijeli se na: odsisnu, tlačnu i odsisno-tlačnu.

### **2.1. Filteri za ventilacijske sustave**

Filter je dio opreme ventilacijskog sustava koji uklanja čestice zagađivača iz ventilacijskog zraka. Korištenjem filtera povećava se razina ugodnosti, ali povećavaju se i troškovi pogona i održavanja sustava. Postavljanjem filtera u ventilacijsku ili klima jedinicu provodi se, ne samo pročišćavanje zraka, nego i zaštita ostalih uređaja ugrađenih u sustav od nakupljanja i taloženja nečistoća. Time se posredno dodatno čuvaju elementi građevine od onečišćenja i oštećenja. Osnovni činilac u filtraciji zraka su filterski materijali tj. filterski ulošci, ili kraće, filteri. Filter kao finalni proizvod sastoji se od jednog, dva ili tri filterska uloška, pri čemu zadnji ugrađen u nizu zovemo filterom, a predhodne prefilterima. Moderni filteri danas omogućuju zadržavanje čestica u širokom rasponu 0,1-500 µm. Filter za čestice treba imati

tri važne osobine: visoka efikasnost - sposobnost uklanjanja čestica iz struje zraka, veliki kapacitet zadržavanja prašine – određena količina prašine koju filter zraka može zadržati u pogonu i mali otpor strujanju zraka – pad statičkog tlaka na filteru. Osnovna podjela filtera po klasama vrši se prema europskim smjernicama i normama: grubi filter – prefilter, fini filter – prvi/drugi stupanj filtracije i apsolutni filter – završni stupanj filtracije. Grubi filteri vrše zadržavanje krupne prašine (čestice promjera 5-100  $\mu\text{m}$ ) i najčešće se koriste u klimatizaciji proizvodnih hala, kompresorskih stanica, za zaštitu električnih uređaja ili kao prefilteri u zahtjevnijim klima komorama (lakirnice, poslovne zgrade...). Fini filteri vrše zadržavanje fine prašine (čestice promjera 0.3-5  $\mu\text{m}$ ) i koriste se u bolnicama, laboratorijima, elektranama, lakirnicama i drugdje. Apsolutni filteri vrše zadržavanje najfinije prašine (lebedeće čestice vrlo malog promjera  $<0.3 \mu\text{m}$ ), te se najčešće koriste u operacijskim dvoranama, medicinskoj i farmaceutskoj industriji, sterilnim punionicama, pogonima za mikrotehnologiju i mikroelektroniku, u prehrambenoj industriji i drugim pogonima u kojima je potrebno ispuniti najviše zahtjeve za čistoću zraka. [2]

### **3. HLAĐENJE**

Rashladna tehnika je ona grana tehnike koja se bavi pojavama i postupcima hlađenja tijela. U tom smislu, hladiti znači nekom tijelu smanjivati unutrašnju energiju odvođenjem energije, što se manifestira sniženjem njegove temperature. Hlađenje je lijevokretni kružni proces snižavanja temperature u nekom prostoru u svrhu, npr., rashlađivanja hrane, očuvanja neke supstance ili stvaranja ugodnog osjetilnog doživljaja. Hladnjaci, strojevi za hlađenje, usporavaju razvoj bakterija koje uzrokuju kvarenje prehrambenih proizvoda kao i kemijskih reakcija koje se događaju u normalnoj atmosferi. Čovjek je već u dalekoj prošlosti shvatio korisnost hlađenja, tako je još pračovjek skupljao snijeg i led i čuvao ga u svojim pećinama. U starom Egiptu, gdje niti zimi nema leda, koristila se tehnika hlađenja vode u poroznim glinenim ćupovima koje su robovi hladili lepezama. U Indiji se za vedrih ljetnih noći ostavljala na slobodnom prostoru u plitkim glinenim posudama i tako se hladila. 1913. godine Escher Wyss po prvi puta upotrebljava monoklormetan kao radnu tvar u rashladnom uređaju. Dvadesetih godina prošlog stoljeća započinje serijska proizvodnja kućanskih hladnjaka sa monoklormetanom ili sumpor-dioksidom kao radnom tvari. 1945. godine freoni postaju najznačajnija radna tvar u rashladnoj tehnici, i to značenje zadržavaju do danas. Konstantan rashladni

učinak kod tehničkog hlađenja je postignut cirkulacijom radne tvari u zatvorenom sustavu, u kojem radna tvar isparava (radna tvar ima nisku temperaturu isparavanja) da bi zatim opet kondenzirala u kontinuiranim ciklusima. Ako ne dođe do curenja radne tvari, radna tvar zadržava svoja svojstva kroz čitav uporabni vijek rashladnog uređaja i nije potrebna njena zamjena. Sve što je potrebno za održavanje rashladnog efekta je stalan dovod energije ili snage u sustav, i mogućnost odvođenja topline iz sustava. Kružni procesi u rashladnoj tehnici su lijevokretni procesi uz utrošak kompenzacijske energije koja se dovodi procesu najčešće kao mehanički rad. Razlikujemo tri vrste takvih procesa. Kada se procesom prenosi toplota od niže na višu okolišnu temperaturu, proces se naziva rashladnim procesom. Kada se kružnim procesom prenosi temperatura s okolišne na neku višu temperaturu, takav proces se naziva ogrjevnim procesom ili dizalicom topline. Treću vrstu lijevokretnih kružnih procesa čine procesi u kojima se uz utrošak mehaničkog rada prenosi toplota od niske na visoku temperaturu grijanja, tkz. ogrjevno-rashladni procesi. Dva osnovna tipa rashladnih sustava su kompresijski rashladni uređaji (koriste mehanički rad za strujanje radne tvari) i apsorpcijski rashladni uređaji (koriste toplinu za strujanje radne tvari).

#### **4. KLIMATIZACIJA**

Klimatizacija prostora je proces pripreme zraka u svrhu stvaranja odgovarajućeg stupnja ugodnosti za boravak ljudi, a u modernom načinu života i ostalih živih bića. Klimatizacija kao grana tehnike obuhvaća tehničke postupke za ostvarivanje željenih parametara zraka i njihovo održavanje u prostoru, pomoću termotehničkih sustava tijekom čitave godine. Željeni parametri su veličine u optimalnim graničnim vrijednostima, a vezani su uz uvjete toplinske ugodnosti (temperatura, vlažnost, brzina strujanja, čistoća zraka, buka...). Klimatizacijski sustavi obavezno uključuju i dovođenje svježeg zraka u prostor koji se klimatizira, tj. uključuje i ventilaciju prostora. U tehničkom smislu, sustavi koji nemaju dovod svježeg nisu sustavi klimatizacije (npr. split sustavi nisu klimatizacijski uređaji jer nemaju mogućnost ovlaživanja niti odvlaživanja zraka, već služe samo za grijanje i hlađenje zraka). [1] Osnovna podjela klimatizacijskih sustava: prema načinu rada: niskotlačni i visokotlačni klimatizacijski sustavi. Klimatizacijski sustavi prema području primjene se dijele na: konformu i industrijsku klimatizaciju.

*Niskotlačni ili niskobrzinski klimatizacijski sustavi.* Kod ove vrste klimatizacijskog sustava brzina strujanja u kanalskom razvodu iznosi 2 do 10 m/s (2-6 m/s za komfornu klimatizaciju, 6-10 m/s za industrijsku klimatizaciju). Vežan za brzinu strujanja je problem buke koju stvara zrak struēći kroz kanale, pogotovo pri strujanju kroz kanale velikih dimenzija. Padovi tlaka iznose od 500 do 2000 Pa. Koriste se kod sustava komforne klimatizacije: hoteli, kazališta, muzeji, itd.

*Visokotlačni ili visokobrzinski klimatizacijski sustavi.* Brzina strujanja u kanalskom razvodu kod ove vrste klimatizacijskog sustava iznosi 10 do 30 m/s, uz padove tlaka od 1500 do 3000 Pa. Kanali su najēešće kružnog presjeka (inaēe kod niskotlačnih sustava mogu i najēešće jesi pravokutnog presjeka, radi izgleda interijera) prvenstveno zbog krutosti stijenki. Koriste se kada je ograniēena mogućnost smještaja kanalskog razvoda, obiēno za urede na izlazima (anemostati – uređaji koji raspršuju mlaz u mnogo smjerova i na taj naēin smanjuju brzinu strujanja). Još jedan konstrukcijski element je rasteretna kutija koja služi za smanjenje brzine strujanja zraka.

*Komforna klimatizacija.* Sustavi koji stvaraju temperaturne uvjete za boravak ljudi. Održavaju temperaturu od 20 do 27°C te relativnu vlažnost od 40 do 60% uz brzinu strujanja zraka u zoni boravka ljudi do 0,3 m/s. Primjenjuje se u stambenim prostorima, trgovinama, bolnicama, komercijalnim zgradama, bazenima, hotelima itd.

*Industrijska klimatizacija.* Sustavi koji stvaraju optimalne uvjete za odvijanje nekog proizvodnog ili tehnološkog procesa, kao što su temperatura, vlaga, ēistoća zraka. Primjenjuju se u pogonima za proizvodnju elektroniēkih ēipova, mlijeka, raēunarskih sustava, vina, šampanjca, itd. Parametre sustava definira tehnologija i zahtjevi proizvodnje, a ne potreba osoba koje borave u industrijskom prostoru. [1]

Osnovni kriteriji za izbor sustava klimatizacije su sljedeēi: funkcionalnost, toplinski i rashladni uēinak, mogućnosti smještaja u prostoru, investicijski troškovi, trošak pogona pouzdanost pogona, fleksibilnost sustava i održavanje. Između navedenih kriterija uspostavlja se međusobna veza, i projektant u dogovoru s investitorom određuje koje je najpogodnije rješenje za projektiranje određenog klimatizacijskog sustava. [1]

Osnovne komponente klimatizacijskog sustava su: sustav pripreme zraka, sustav s vodom, postrojenje za hlađenje (rashladnik vode) i grijanje (kotao), sustav odvođenja viška topline (npr. rashladni toranj) i regulacija.



## **5. SOLARNA ENERGIJA**

U svrhu KGH razmotrit ćemo korištenje sunčeve energije koja se koristi direktno za zagrijavanje vode za grijanje, odnosno grijanje silicijskog gela za klimatizacijske i rashladne sustave pokretane toplinom. Osnovni princip rada ovih sustava je da se sunčeva energija sakuplja u kolektorima u kojima se grije voda. Upotreba takvih sustava za grijanje je najznačajnija u domaćinstvima. Takvi solarni kolektori se obično postavljaju na krovove kuća ili zgrada. Solarni kolektori pretvaraju sunčevu energiju u toplinsku energiju vode (ili neke druge tekućine). Sustavi za grijanje vode mogu biti ili otvoreni, u kojima voda koju treba zagrijati prolazi direktno kroz kolektor na krovu, ili zatvoreni, u kojima su kolektori popunjeni tekućinom koja se ne smrzava (npr. antifriz). Zatvoreni sustavi mogu se koristiti bilo gdje, čak i kod vanjskih temperatura ispod nule. Tijekom dana, ako je lijepo vrijeme, voda može biti grijana samo u kolektorima. Ako vrijeme nije lijepo, kolektori pomažu u grijanju vode i time smanjuju potrošnju struje. Solarni kolektori su vrlo korisni i kod grijanja bazena. U tom slučaju temperatura vode je niska i jednostavnije je održavati temperaturu pomoću otvorenih sustava grijanja. Na takav način optimalna temperatura bazena održava se nekoliko tjedana više u godini nego bez sustava grijanja vode. Postoje i kolektori koji direktno griju zrak. Ti sustavi cirkuliraju zrak kroz kolektore i na taj način prenose velik dio energije na zrak. Taj se zrak kasnije vraća u grijanu prostoriju i na taj način se održava temperatura u prostoriji. Kombinacijom grijanja zraka i grijanja vode može se postići vrlo velika ušteda. [7]

Ovakvi solarni sustavi danas postaju sve isplativiji. Zbog kretanja cijena energenta na svjetskom tržištu ovakvi sustavi omogućavaju sve veće uštede i sve bržu amortizaciju početne investicije. Primjenom sunčanih kolektora za proizvodnju tople vode ostvaruje se značajna ušteda u utrošku goriva ili električne energije, smanjuje onečišćenje zraka, smanjuje ispuštanje ugljičnog dioksida u atmosferu, smanjuje se ovisnost o uvozu fosilnih goriva, smanjuju se troškovi i opasnosti vezani uz prijevoz fosilnih goriva, stvaraju se lokalna radna mjesta i omogućava veća predvidljivost troškova grijanja. Međutim, nedostatak primjene sunčanih kolektora je njihova relativno visoka cijena. Sunce jest besplatno, ali njegovo korištenje nije. Za razliku od električnih bojlera s relativno niskom investicijom i visokim troškovima pogona, sunčani sustavi imaju relativno visoke investicijske troškove, a vrlo male troškove pogona i održavanja.

Solarni sustavi koji se koriste za grijanje vode za korištenje u domaćinstvu ili za grijanje prostorija se sastoje od četiri glavne komponente. To su solarni kolektori, solarna regulacija, solarna stanica i spremnik topline. [8]

Najbitnija karika svakog solarnog sustava je solarni kolektor koji prenosi sunčevu energiju na medij kojime se indirektno zagrijava voda u solarnom spremniku. Preko jednog kvadratnog metra solarnog kolektora možemo dobiti i do 700 W topline za grijanje vode ili prostorija. Kod instaliranja solarnih kolektora vrlo je bitan kut pod kojim će se postaviti jer se tokom mjeseca mijenja kut Sunca pa bi se i s time trebao mijenjati kut kolektora. Ukoliko se kolektori instaliraju pod fiksnim kutom od 37 do 43° u smjeru juga, ukupna godišnja dozračena energija na plohu kolektora će biti samo oko 6% niža od one koja bi se dozračila ukoliko bi se nagib kolektora mijenjao svaki mjesec.

Prema izvedbi, solarni kolektori s vodom mogu se podijeliti u sljedeće vrste:

- ravni (pločasti) kolektori
- vakuum – cijevni kolektori
- apsorberi za zagrijavanje bazenske vode
- kolektori s integriranim spremnikom
- koncentrirajući kolektori .

Pločasti solarni kolektor se općenito sastoji od sljedećih dijelova:

- pokrivna ploča od stakla ili drugog dijatermijskog materijala u jednom ili više slojeva,
- apsorber za apsorpciju toplinskog zračenja Sunca na kojeg su spojene cijevi,
- cijevni registar za protjecanje ogrjevnog medija (npr.vode) priključci s armaturom za punjenje, pražnjenje i odzračivanje kolektora,
- izolacija za smanjenje toplinskih gubitaka kroz bočne i stražnju stranicu kolektora,
- kućište za smještaj sastavnih dijelova kolektora i njihovu zaštitu od prašine i vlage.

Sunčevo zračenje koje prodire kroz pokrivnu ploču apsorbira se u apsorberu, koji se zagrijava i predaje toplinu ogrjevnom mediju koji struji kroz cijevi pričvršćene na apsorber. Kao ogrjevni medij najčešće se koristi voda ili

mješavina voda/etilen-glikol u području gdje se temperatura može sniziti ispod 0 °C. Ovisno o učinku sustava i vanjskoj temperaturi, ravnim kolektorima postižu se temperature ogrjevnog medija do 100°C. U slučaju prestanka cirkulacije ogrjevnog medija, ravni kolektori mogu izdržati temperaturu do 200 °C. Površina jednog kolektora kreće se od 1.5 m<sup>2</sup> do 8 m<sup>2</sup>, no najčešće iznosi oko 2 m<sup>2</sup>. Vijek trajanja im je 25 do 30 godina. Apsorber sa selektivnim slojem je vrlo značajan dio kolektora, jer o optičkim svojstvima, geometriji i materijalu apsorbera najviše ovisi toplinski učinak kolektora. Pokrivna ploča izrađuje se iz jednog ili dva sloja najčešće staklena. Toplinska izolacija smanjuje toplinske gubitke ravnog kolektora kroz bočne i stražnju stranicu. Izolacijski materijali su najčešće kamena ili staklena vuna i poliuretanska ili polistirenska pjena.

Efikasnost kolektora je definirana omjerom korisne topline, prikupljene kolektorom i intenziteta upadnog sunčevog zračenja na plohu kolektora. Na efikasnost kolektora ponajviše utječu svojstva premaza apsorbera te kvaliteta pričvršćivanja cijevi za apsorbersku ploču (tj. veličina toplinskog otpora provođenju topline prema nosiocu topline u cijevima). Efikasnost kolektora pada sa smanjenjem insolacije i temperature zraka te s povećanjem srednje temperature nosioca topline. Stoga je poželjno osigurati da temperatura u kolektoru ne bude previsoka, s obzirom na željenu temperaturu vode u spremniku (oko 50°C). To je moguće postići pravilnim odabirom protoka nosioca topline (tj. pumpe i promjera cjevovoda) te načinom spajanja i brojem kolektora u spoju. Kolektori se mogu montirati u paralelnom i serijskom spoju. Paralelni spoj omogućuje približno jednaku temperaturu na ulazu i izlazu svakog kolektora, dok kod serijskog spoja izlazna temperatura iz jednog kolektora predstavlja zapravo ulaznu temperaturu u drugi. Iz tog razloga serijski spoj omogućuje veći prirast temperature nosioca topline prilikom prolaza kroz grupu, ali i nižu ukupnu efikasnost svih kolektora u spoju zbog znatno viših prosječnih temperatura nosioca topline od temperature vode u spremniku te uz sve to i veći pad tlaka. Iz tih se razloga češće koristi paralelni spoj unatoč tomu što zahtijeva veće protoke, cjevovode većih promjera i dulje vrijeme zagrijavanja vode u spremniku zbog manjeg prirasta temperature nosioca topline u spoju (tj. manje razlike temperature između nosioca topline i vode u spremniku). [8]

Drugi dio takvog sustava je automatska regulacija. Rad solarnog sustava nezamisliv je bez solarnog regulatora. Taj regulator je mozak sustava i osnovna funkcija mu je da uključuje odnosno isključuje cirkulacijsku crpku čim se

temperaturna razlika između kolektora i spremnika prekorači ili smanji ispod zadane vrijednosti. [8]

Treća komponenta ovih sustava je solarna stanica. Solarna stanica s crpkom predstavlja središnji dio cijelog solarnog sustava jer omogućava strujanje solarnog medija, dok automatska regulacija vodi računa o sigurnom pogonu cijelog sustava i usklađivanju njegovog rada sa sustavom grijanja, odnosno uvjetima u okolici kao što su promijenjene potrebe za toplinom, iznimno niske ili visoke vanjske temperature koje mogu oštetiti sustav i sl. Treba napomenuti da postoje i izvedbe solarnih sustava koje ne koriste crpku (tzv. termosifonski sustavi), već se u njima strujanje zasniva na gravitacijskom djelovanju zbog razlike temperatura, odnosno gustoće solarnog medija. [8]

Poslijedna komponenta je spremnik topline. Spremnik je zaštićen od korozije i toplinski izoliran. Njegova je zadaća zagrijavanje vode pomoću prijenosnika topline, čuvanje vode, održavanje različite temperature u različitim slojevima, te sprječavanje brzog gubitka topline. U spremniku tople vode su slojevi vode različite temperature pa su iz tog razloga spremnici uski i visoki kako bi se omogućilo optimalno strujanje topline. Sunčeva energija dovodi se preko donjeg prijenosnika topline u spremniku, a gornji prijenosnik zadužen je za dogrijavanje, najčešće putem kotla za grijanje. Dogrijavanje u dijelu spremnika u kojem se nalazi topla voda u pripravnosti jamči da će korisnici imati na raspolaganju dovoljno tople vode, čak i ako nema dosta sunčeve energije. [8]

Solarni sustavi koji se koriste za zagrijavanja medija koji se kasnije koristi u sustavu za hlađenje predstavljaju zasad još uvijek nove i preskupe tehnologije. Njihova cijena i dosta velik period amortizacije predstavljaju kočnicu u njihovom širem korištenju. Njihova isplativost se povećava ako se takvi sustavi ugrađuju dodatno kao nadogradnja na sustave za grijanje. Također njihova isplativost varira o geografskim klimatskim uvjetima, a najviša se postize upravo tamo gdje ima dovoljno sunčanih sati zimi za grijanje i ljeti za hlađenje.

Osnovni princip rada takvih sustava ja u tome da se toplina koristi za isparavanje rashladnog medija koji se nalazi pod tlakom iz mješavine absorbera i rashladnog medija odnosno dolazi do njihovog odvajanja. Kondenzacija tih para dovodi do istog rashladnog efekta kao i u klasičnim mehaničkim rashladnim sustavima. Iako je i u takvim sustavima potrebna električna energija za pumpe za rashladni medij ušteda u odnosu na klasične kompresore je ogromna. Takvi sustavi se obično projektiraju da zadovolje

cjelokupnu rashladnu potrebu tijekom cijelog toplog perioda, odnosno ne ugrađuju se dodatni klasični rashladni uređaji već se u vrijeme kad nema sunca koristi neki drugi način dovoda topline sustavu (prirodni plin ili lož ulje). [9] Termalni kompresor se sastoji od absorbera, generatora, pumpe i uređaja za povrat mješavine. U ovakvom rashladnom sustavu on zamjenjuje klasični kompresor. Najznačajniji dio ovog sustava je absorber. U njemu se ispareni rashladni medij absorbira u mješavinu. Ta mješavina se zatim uz pomoć pumpe prenosi u generator. Tamo rashladni medij opet isparava koristeći dovedenu mu toplinu, a iskorištena se mješavina potom opet vraća u absorber. Dvije najuobičajnije komponente mješavine su voda-litijev bromid i amonijak-voda. [9]

## **6. ZAKLJUČAK**

Sustavi za klimatizaciju, grijanje i hlađenje su izrazito bitni za naš svakodnevni život, jer nam oni omogućuju ambijent ugodnog življenja i boravka u zatvorenom prostoru po prihvatljivim mikroklimatskim uvjetima. Analizom je zaključeno da se prilikom izbora sustava za klimatizaciju, grijanje i hlađenje treba voditi računa o veličini objekta u kojem treba obezbjediti određene mikroklimatske uvjete i u koju svrhu ih obezbjeđujemo. Također, u odabiru tih sustava treba uzeti u obzir i ekološku osvještenost, pa su tako za jednu od opcija ponuđeni sustavi na principu sunčeve energije, kao i oni na principu energije vode, zraka i tla iz okoline pomoću tzv. dizalica topline. Pri projektovanju tih sustava treba se paziti i na dijelove korištene opreme, kako ne bi došlo do predimenzionisanja, a isto tako i kako bi se odabrala najoptimalnija izvedba.

## **LITERATURA**

- [1] [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/11\\_10\\_2007\\_\\_7911\\_5\\_PODJ\\_KLIM07.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/11_10_2007__7911_5_PODJ_KLIM07.pdf)
- [2] <http://www.energetika-net.com/specijali/izdvajamo/zanimljivi-projekti-sustava-hladenja-ventilacije-i-klimatizacije-23026>
- [3] Donjerković, P., 1996. Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije“, Zagreb
- [4] Zrnić, S., 1978. Grijanje i klimatizacija, Beograd
- [5] <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A1468/datastream/PDF/view>
- [6] Fudurić Jelača, M., 2010. Mikroklima i radna okolina, Zagreb
- [7] <https://regulator.hr/savjeti/kako-funkcioniraju-solarni-sustavi-i-isplate-li-se/>
- [8] <http://www.servoplin.hr/solarni-sustav/>
- [9] [https://ekofondrs.org/sadrzaj/dokumenti/ostalo/jica\\_zelena\\_ekonomija\\_2014\\_02/solarno\\_hladjenje\\_petar\\_gvero.pdf](https://ekofondrs.org/sadrzaj/dokumenti/ostalo/jica_zelena_ekonomija_2014_02/solarno_hladjenje_petar_gvero.pdf)
- [10] Tomašević, I., 2015. Projekat toplinske pumpe, Rijeka
- [11] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/ktfst%3A248/datastream/PDF/view>
- [12] <https://korak.com.hr/korak-035-rujan-2011-radne-tvari-u-rashladnim-uredajima-i-dizalicama-topline/>