

9.1 UREĐAJI I OPREMA SISTEMA ZA GREJANJE

9.1.1 UREĐAJI ZA GREJANJE

Potrebna količina toplote za grejanje se u prostoriju dovodi preko uređaja za grejanje (ili sistemom za grejanje, ukoliko je u pitanju centralno snabdevanje toplotom). Trenutni toplotni gubici prostorije se nadoknađuju radaom uređaja za grejanje.

Osnovna podela grejnih uređaja za grejanje zgrada je na:

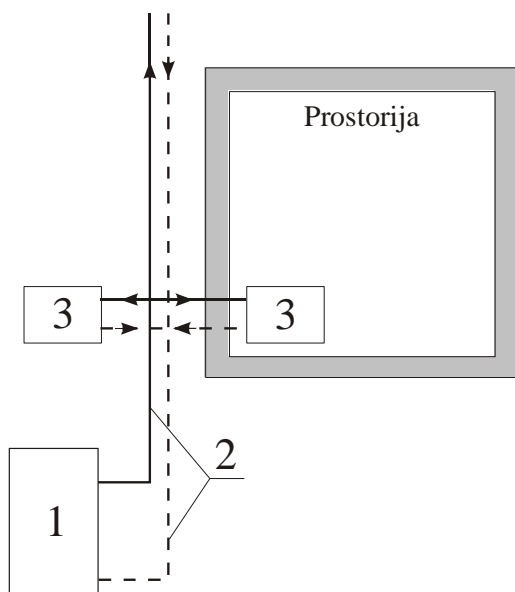
- POJEDINAČNE (lokalne) uređaje za zagrevanje pojedinačnih prostorija i
- POSTROJENJA ZA CENTRALNO GREJANJE.

Kada su u pitanju podele sistema centralnog grejanja, onda se one mogu napraviti prema:

1. Nosiocu toplote (grejnom fluidu) na vodene, parne ili vazdušne sisteme;
2. Vrsti goriva na sisteme na čvrsto, tečno ili gasovito gorivo;
3. Načinu odavanja toplote na konvektivno, zračno i kombinovano;
4. Vrsti izvora toplote na konvencijalne i nekonvencijalne sisteme.

Osnovna karakteristika **lokalnih grejnih uređaja** je da se nalaze u samoj prostoriji koja se greje. U grejnom uređaju se odvija proces sagorevanja goriva (čvrstog, tečnog ili gasovitog) ili pretvaranje nekog drugog oblika energije u toplotu. Nastala toplota u grejnom uređaju predaje se prostoriji u kojoj se uređaj nalazi. Postoje i rešenja kada se jedan lokalni uređaj može koristiti i za grejanje dve prostorije (npr. kada se uređaj postavi u zidu dve susedne prostorije), ali je kod uređaja za lokalno zagrevanje ipak uobičajeno: jedan uređaj – jedna prostorija.

Kod **postrojenja za centralno grejanje** je karakteristično to što se na jedan **izvor toplote** vezuje veći broj **grejnih tela**. Pošto se loženje odvija na jednom mestu – centralizovano – onda se i takvi sistemi nazivaju sistemi za centralno grejanje. Postrojenje za centralno grejanje ima tri osnovna elementa (i veći broj pomoćnih uređaja bez kojih ne bi moglo da radi), a to su: izvor toplote, distribucija toplote i grejna tela (slika 1)



Osnovni elementi sistema za centralno grejanje:

- 1 – IZVOR TOPLOTE (kotao na čvrsto, tečno ili gasovito gorivo; obično toplovodni, a može i parni kotao)
- 2 – DISTRIBUCIJA TOPLOTE (ili razvod toplote, cevni razvod, cevna mreža koja služi da se grejni fluid razvede od izvora toplote do grejnih tela i da se obezbedi povratak grejnog fluida u kotao – zatvoreni sistem)
- 3 – GREJNA TELA (čija je funkcija odavanje toplote i zagrevanje prostorije; postoje različite vrste i konstrukcije grejnih tela)

Slika 1 Osnovni elementi sistema za centralno grejanje zgrada

Danas je u upotrebi veliki broj različitih sistema za centralno grejanje. Svaki od sistema ima određene prednosti i nedostatke i stvar je korisnika, da uz pomoć projektanta i izvođača radova odabere onaj sistem koji najbolje odgovara njegovim potrebama i mogućnostima.

Kada se govori o kvalitetu uređaja za grejanje, poređenje se može izvršiti prema različitim kriterijumima. Kriterijumi na snovu koji se ocenjuje kvalitet grejnog uređaja mogu se svesti na šest osnovnih kategorija i to su:

1. Funkcionalnost (najvažniji kriterijum)
2. Ekonomičnost
3. Higijenski uslovi
4. Estetika
5. Bezbednost i
6. Ekologija

Funkcionalnost grejnog uređaja podrazumeva da uređaj može da zadovolji toplotne potrebe objekta u svim eksploatacionim uslovima. Pod dobrom funkcionalnošću se takođe smatra i dobra regulacija toplotnog učinka na način da odavanje toplote uređaja odgovara trenutnim gubicima toplote u cilju održavanja konstantne zadate temperature vazduha u prostoriji.

Ekonomičnost je karakteristika koja se uvek uzima u obzir. Grejanje je trošak za korisnika koji teži da taj trošak bude što manji, pri čemu se smatra da je zadovoljena funkcionalnost. Troškovi grejanja se dele na investicione i eksploatacione. Investicioni troškovi podrazumevaju cenu izgradnje samog postrojenja za grejanje, dok se eksploatacioni troškovi odnose na cenu utrošenog goriva/energije (radne snage, održavanja, osiguranja...) tokom grejne sezone. Razvijene su veoma složene metode za ocenu **rentabilnosti** investicije, koje mogu biti statičke i dinamičke. Često se radi i tehno-ekonomska analiza koja pokazuje **isplativost** određene investicije. Isplativost se ocenjuje preko **perioda otplate** konkretne investicije (npr. ukoliko se želi unapređenje sistema za grejanje ugradnjom opreme koja će doprineti uštedi u potrošnji energije sistema, onda se period otplate računa kao količnik cene godišnje uštede energije i cene koštanja dodatne opreme koja omogućuje uštedu. Smatra se da je investicija isplativa ukoliko je period otplate manji od 5 godina).

Higijenski uslovi obuhvataju:

- postizanje zone ugodnosti za ljude koji borave u prostoriji – ravnomerno zagrevanje prostorije po visini i dubini;
- povoljan odnos toplote predate zračenjem i konvekcijom;
- kvalitet (čistoća) vazduha u prostoriji (podrazumeva da je u prostoriji osim termičkih parametara, obezbeđeno i provetravnje, da nema produkata sagorevanja i da nema podizanja prašine usled intenzivnijeg strujanja vazduha).

Prva dva navedena uslova mogu se podvesti i pod funkcionalnost grejnog uređaja.

Estetika podrazumeva da se uređaji za grejanje dobro uklapaju u enterijer. Smatra se da uređaji za grejanje nisu „ukras“ prostorije, već „nužno zlo“, tako da što manje traba da remete unutrašnji izgled prostorije. Od uređaja za grejanje se, u tom smislu zahteva da zauzimaju što manje korisnog prostora u prostoriji i da se uklapaju u unutrašnju arhitekturu objekta (po izgledu, boji, a ponekad se i maskiraju ukoliko se ne mogu uklopiti u enterijer).

Estetski izgled uređaja za grejanje ponekad može biti odlučujući parametar pri izboru. Maskiranje grejnih uređaja, u načelu je termički loše rešenje i primenjuje se samo kada su estetski razlozi dominantni. U slučajevima strogih zahteva u izgledu prostorije, kada se uobičajeni grejni

uređaji ne uklapaju u enterijer, bolje je orijentisati se na klimatizaciju (vazdušno grejanje), koja se može odlično maskirati (kanali vođeni u spuštеноj tavanici) i elementi za ubacivanje vazduha se lepo uklapaju u enterijer.

Bezbednost uređaja za grejanje jeste njihova odlika koja se odnosi na odsustvo opasnosti koje se mogu javiti prilikom njihovog korišćenja. Opasnosti su: požar, prodor dimnih gasova u prostoriju, eksplozija sudova pod pritiskom (kotla, peći, rezervoara), pucanje instalacije (izlivanje vode). Današnji uređaji za grejanje su na takvom tehničkom nivou da pružaju izuzetno dobru bezbednost. Pri projektovanju svih centralnih sistema za grejanje postoje posebni propisi koji se odnose na zaštitu od požara i koji se moraju primeniti u projektu. Pre izvođenja instalacije, projekat obavezno, pored ostalih saglasnosti, mora dobiti saglasnost protivpožarne policije.

Ekologija, odnosno ekološki aspekti uređaja za grejanje podrazumevaju da uređaj što manje narušava životnu sredinu. Elementi važni za ekologiju su:

- izbor goriva,
- kvalitet sagorevanja i kontrola rasejavanja produkata sagorevanja,
- filtriranje produkata sagorevanja pre izbacivanja u atmosferu,
- lokacije deponija šljake, itd.

Imajući u vidu svih 6 navedenih kriterijuma, generalni stav je da u urbanim sredinama (gusto naseljenim) centralno grejanje zgrada ima niz prednosti u odnosu na pojedinačne uređaje za grejanje. Prednosti su:

- bolji (ravnomerniji) raspored temperature vazduha po prostoriji;
- mogućnost grejanja sporednih prostorija;
- veći kotlovi imaju bolji stepen korisnosti – bolje iskorišćenje goriva i bolju regulaciju rada kotla, što rezultuje ujedno i manjim zagađenjem okoline;
- rad velikih kotlova nadgleda kvalifikovano osoblje;
- manje prljanje stanova i zgrade;
- manja opasnost od požara;
- manji broj dimnjaka u zgradi;
- manji transportni troškovi goriva;
- manje angažovanje korisnika prostorija...

Nedostaci centralnog grejanja u odnosu na lokalne uređaje za grejanje su:

- veći investicioni troškovi;
- lošija lokalna regulacija, pogotovu ukoliko se isključi grejanje u pojedinim stanovima.

Zbog svih navedenih prednosti sistema centralnog grejanja u odnosu na lokalne uređaje za grejanje, danas je primena postrojenja za centralno grejanje (uključujući i daljinsko grejanje kao najširi pojam centralnog grejanja) veoma rasprostranjena, naročito u većim gradovima.

9.1.2 POJEDINAČNI (LOKALNI) UREĐAJI ZA GREJANJE

Osnovna podela lokalnih uređaja za grejanje je prema vrsti goriva/energije:

- peći na čvrsto gorivo;
- peći na tečno gorivo;
- peći na gasovito gorivo;
- uređaji za grejanje koji koriste električnu energiju.

PEĆI NA ČVRSTO GORIVO

- Kamini,
- Zidane peći,
- Metalne peći (bunkerske i trajnožareće)

Kamin predstavlja ognjište koje je otvoreno prema prostoriji (slika 2) što dovodi do povećane opasnosti od pojave požara i prodora dimnih gasiva u postoriju. Toplota se predaje uglavnom zračenjem otvorenog plamena visoke temperature. Akumulaciona sposobnost kamina nije velika, tako da ubrzo po gašenju plamena prestaje i grejanje. U kaminima se kao gorivo koristi drvo, pa je stepen korisnosti jako mali ($\eta = 10-30\%$). Kamini zadovoljavaju estetski kriterijum – jako se lepo mogu uklopiti u prostor, čak mogu biti i ukras u prostoriji. U našim klimatskim uslovima klasični kamini se mogu koristiti samo kao dopunski izvor grejanja. Međutim, kao i većina uređaja, i kamini su tehnički unapređivani, tako da moderni kamini imaju veći stepen korisnosti, kontrolu intenziteta sagorevanja, veće akumulacione seposobnosti kroz izradu masivnih livenih ložišta, povećano odavanje toplote konvekcijom, itd. Takođe se konstruišu „kotlovski“ kamini, čije je ložište sa spoljne strane obloženo cevnim zmijama kroz koje struju grejni fluid, i koji se koristi u drugim grejnim telima.



Slika 2 Izgled različitih konstrukcija kamina

Zidane peći su bile jako rasprostranjene tokom 60-ih i 70-ih godina prošlog veka.

Najpoznatije su kaljeve peći (slika 3). Ove peći imaju znatnu sposobnost akumulacije toplote. Sa unutrašnje strane su obložene šamotnim pločama, tako da mogu grejati i veći broj sati (12-16h) nakon što se prekine loženje. Kao gorivo u ovim pećima se može koristiti drvo i ugalj. Stepenn iskorišćenja goriva se kreće oko 50% (max 80%). Karakteristika ovih peći je da imaju povoljan odnos odavanja toplote konvekcijom i zračenjem. Estetski uslovi su takođe zadovoljeni i ove peći mogu jako lepo izgledati i biti izrađene od kaljeva različitih boja i teksture.



Slika 3 Izgled kaljevih peći

Metalne peći su kod nas uglavnom poznate kao „bubnjare“ ili „kraljice peći“ (slika 4). Ove peći umesto akumulacije toplote imaju akumulaciju goriva – mogu se napuniti gorivom, koje će postepeno sagorevati – sloj po sloj. Sagorevanje je uglavnom potpuno. Stepenn iskorišćenja goriva kod ovih peći se kreće u granicama od 60-70%. Mana ovih peći je njihova visoka temperatura površine, koja može dostići i 200°C, što je nepovoljno iz više razloga: bezbednost (ljudi se mogu opeći), sagorevanje materija koje se nalaze na površini peći i veoma intenzivnu razmenu toplote zračenjem, koja je nugalna za čoveka.



Slika 4 Izgled metalnih peći

Trajnožareće peći su kod nas uglavnom bile Kreka Vesso peći (slika 5). Ove peći ispod metalnog kućišta imaju šamotni ozid, pa je na taj način povećana akumulacija toplote i snižena temperatura površine peći. Na taj način je značajno poboljšan odnos količine toplote odate konvekcijom i zračenjem. Akumulacija goriva je takođe prisutna kod ovih peći, tako da njihovo loženje ne zahteva veliko angažovanje – dovoljno je ubaciti gorivo u peć jednom do dva puta u toku dana. Imaju dobro i potpuno sagorevanje, pa se stepenn iskorišćenje goriva kod njih reće od 75 do 85%.



Slika 5 Trajnožareće peći

Svaka peć mora biti vezana za dimnjak. Pravilo je: jedna peć – jedna dimna cev. Dimnjaci odu biti zidani ili montažni. Zidani dimnjaci su uglavnom od opeke i poželjni je da njihova nutrašnjost bude glatka (jer je manji otpor strujanju gasova i manje prljanje površina pepelom) li neomalterisana, jer se malter kruni i otpada na visokim temperaturama. Montažni dimanjaci se zrađuju od šamota – obično su kružnog poprečnog preseka ($\phi 12$, $\phi 14$, $\phi 16$, $\phi 18$, $\phi 20$...)

PEĆI NA TEČNO GORIVO se kod nas često nazivaju „nafta peći“, mada ustvari koriste kstra lako ulje za loženje. Odavanje toplote se pretežno odvija kovektivnim putem, jer je metalno ložište obavijeno i metalnim kućištem (uglavnom iz higijenskih i estetskih razloga). Kod ovih peći

je, za razliku od uređaja koji koriste čvrsto gorivo, mnogo bolja regulacija. Stepenn korisnosti se kreće oko 80%. Mana ovih peći je prisutnost nepoželjnih mirisa koji se javljaju usled isparenja iz rezorvoara, prodiranja dimnih gasova ili usled prosipanja goriva pri punjenju.

PEĆI NA GASOVITO GORIVO mogu da koriste prirodni (zemni) gas ili tečni gas (propan-butan) iz boca (Slika 6). Kod ovih peći odnos odate toplote konvekcijom i zračenjem može biti veoma različit, u zavisnosti od konstrukcije peći (reflektorske, sa usijanim elementima, sa cevnim grejačima vazduha...). Zajednička karakteristika je visok stepen iskorišćenja goriva od oko 85%, kao i dobra regulacija. Pri potpunom sagorevanju prirodnog gasa produkti sagorevanja su CO₂ i vodena para. Zbog toga se dozvoljava da se peći manjeg kapaciteta (2-3,5 kW) mogu postaviti u prostoriju bez povezivanja na dimnjak. Za peći većeg kapaciteta obavezno je povezivanje na dimnjak. Osnovna funkcija dimnjaka je prvo dovodenje vazduha potrebnog za sagorevanje, pa tek onda odvođenje produkata sagorevanja. Prednosti ovih uređaja su: čistoća u radu, jednostavnost rukovanja, dobra regulacija. Nedostaci su: opasnost od požara i eksplozije i opasnost od trovanja gasom.



Slika 6 Gasne peći

UREĐAJI ZA GREJANJE KOJI KORISTE ELEKTRIČNU ENERGIJU su:

- grejalice,
- kaloriferi,
- termoakumulacione peći,
- klimatizeri (split sistemi, toplotne pumpe).

Električni uređaji se bitno razlikuju u mnogim elementima od uređaja za grejanje koji rade sagorevanjem konvencionalnog goriva. Prednosti su:

- mogu se postaviti na termički povoljnije mesto u prostoriji,
- mogu da greju i sporedne prostorije,
- laka je regulacija odavanja toplote,
- veoma komforno korišćenje sa aspekta korisnika,
- ekološki prihvatljivo za urbane sredine...

Nedostaci:

- visoka cena energije (kod nas nije toliko koliko je to izraženo u razvijeni zapadnim zemljama)
- sa aspekta društva u celini, veoma je neracionalno koristiti električnu energiju za grejanje:

$\eta_{\text{peći}} \sim 50 - 80\%$, $\eta_{\text{kotla}} \sim 70 - 85\%$

$\eta_{\text{TE, max}} \sim 25 - 35\%$

gorivo \rightarrow toplota \rightarrow vodena para \rightarrow meh. rad

$\eta_{\text{el. en}} \rightarrow \text{toplota} = 1$

el. energija \rightarrow toplota

Racionalno korišćenje električne energije za svrhu grejanja je jedino pomoću toplotne pumpe, koje imaju koeficijent grejanja $\epsilon_g = 2,5 - 3$. Tada je:

$$\eta = (2,5 - 3) \times (25 - 30\%) \sim 70 - 90\%.$$

Električne grejalice koriste efekat zagrevanja provodnika (usled otpora provođenju električne energije). Toplota se pretežno odaje zračenjem i ovi uređaji nemaju nikakvu sposobnost akumulacije toplote, tako da iz mreže „vuku“ struju onda kada je grejanje potrebno, a špicevi potrošnje električne energije i toplote se često podudaraju, što je nepovoljno (visoka tarifa). Izgled različitih tipova električnih grejalica i kvarčnih peći je prikazan na slici 7.



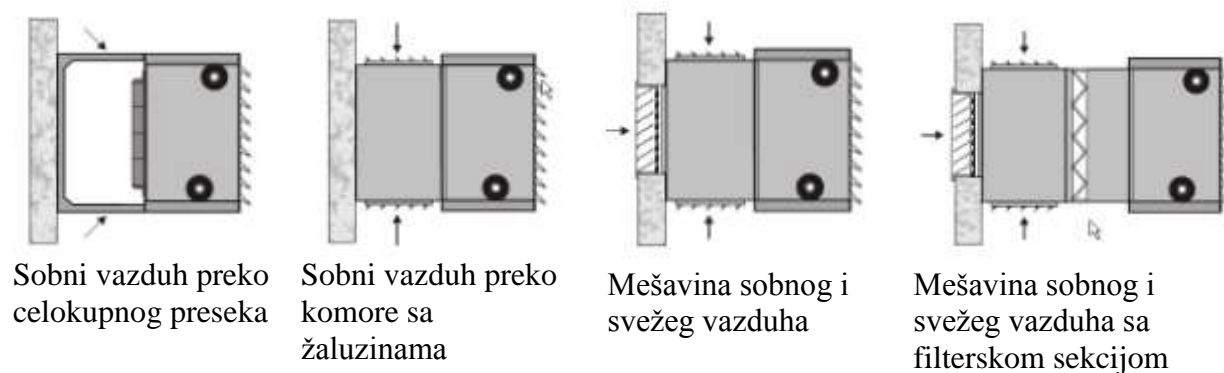
Slika 7 Električne grejalice

Kaloriferi su uređaji za grejanje koji imaju ugrađen ventilator kojim se ostvaruje prinudno strujanje sobnog vazduha preko električnog grejača, i time se pospešuje prelaz toplote (Slika 8). Odaju toplotu konvektivnim putem. Nemaju mogućnost akumulacije toplote. U odnosu na grejalice imaju nepovoljnije higijenske aspekte, je usled prinudnog strujanja vazduha dolazi do podizanja prašine u prostoriji.



Slika 8 Kaloriferi

Osim električnih, kaloriferi mogu imati i toplovodne grejače. Kaloriferi mogu da rade i sa udelom svežeg vazduha, ako se montiraju na spoljni zid prostorije, što je povoljnije sa aspekta kvaliteta vazduha, ali nepovoljnije sa aspekta instalisanog kapaciteta grejača. Načini montaže kalorifera su prikazani na slici 9.



Slika 9 Različiti načini postavljanja kalorifera

Termoakumulacione peći (Slika 10) imaju ispunu od magnezijumskih opeka između električno grejača i metalnog kućišta, tako da imaju veliku moć akumulacije toplote. Peć se „puní“ tokom noći, u doba jeftinije tarife električne energije, a toplotu odaje preko dana, kada postoje potrebe za grejanjem.



Slika 10 Izgled termoakumulacione peći

U sebi sadrže i ventilatore, kojima se pospešuje odavanje toplote konvektivnim putem. Osim pretežnog odavanja toplote konvekcijom, jedan deo se predaje i zračenjem, koje veoma povoljno utiče na čoveka koji boravi u prostoriji.

Klimatizeri (toplotne pumpe) kao prvenstvenu ulogu imaju zadatak hlađenja tokom leta, ali mogu da rade i u režimu toplotne pumpe tokom hladnijih dana, kada greju (slika 11).



Slika 11 Klimatizer – „split“ sistem

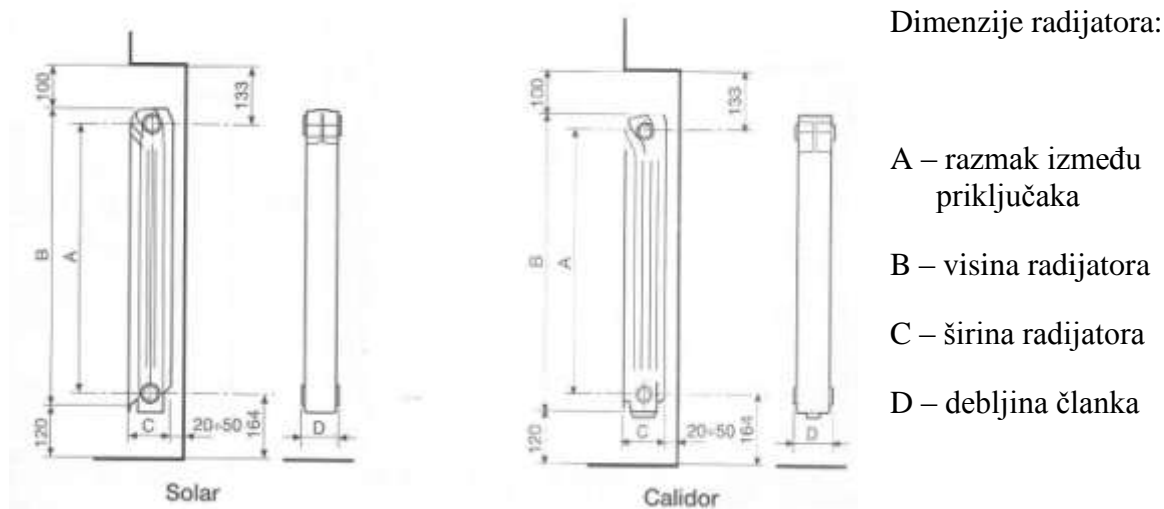
Naziv „split“ sistem potiče od engleske reči sa značenjem „podeljen“, jer se uređaj sastoji iz dve jedinice: spoljne i unutrašnje. Po svojoj koncepciji – to je rashladni uređaj koji se sastoji od kompresora, kondenzatora, isparivača i prigušnog ventila. Radni fluid je freon. Kompresorsko-kondenzatorska jedinica je spoljna jedinica, dok se isparivač nalazi u unutrašnjoj jedinici. Kondenzator je vazduhom hlađeni kondenzator. U režimu hlađenja, tokom leta, freon se kondenzuje u kondenzatoru predajući toplotu spoljnom vazduhu, a isparava u isparivaču i toplotu isparavanja oduzima od vazduha u prostoriji. Vazduh iz prostorije se uvodi u unutrašnju jedinicu sa čeonu strane, a ubacuje nazad u prostoriju sa donje strane uređaja. U režimu grejanja, kondenzator i isparivač menjaju uloge – u unutrašnjoj jedinici se vrši kondenzacija freona i toplota kondenzacije se predaje vazduhu u prostoriji, dok se isparavanje odvija u spoljnoj jedinici. Ovi uređaji ne mogu da rade pri jako niskim temperaturama spoljnog vazduha (nižim od -5°C), jer dolazi do stvaranja inja na spoljnoj jedinici i sprečavanja razmene toplote. S obzirom da su potrebe za grejanjem najveće tokom najnižih spoljnih temperatura, ovi uređaji se mogu koristiti za dogrevanje u prelaznim periodima, na početku i na kraju grejne sezone. Klasični klimatizeri rade tako što zagrevaju ili hlade sobni vazduh. Dakle, nije u pitanju kompletna klimatizacija jer se u prostorije ne uvodi svež spoljni vazduh. Međutim, ima i izvedbi ovih uređaja koji mogu raditi sa delom svežeg vazduha. Takođe su razvijeni i tzv. Multi split sistemi, kada se želi klimatizovati više prostorija u zgradi, pa se na jednu spoljnu jedinicu povezuje veći broj unutrašnjih jedinica.

9.1.3 GREJNA TELA – VRSTE I NAČINI ODAVANJA TOPLOTE

Grejna tela predstavljaju jedan od osnovnih elemenata postrojenja za centralno grejanje. Zadatak grejnog tela je da prostoriji preda određenu količinu toplote, koja je jednaka trenutnim gubicima toplote. Toplota koja se proizvodi u kotlu, sistemom cevi se razvodi do prostorija, a grejno telo zatim dovedenu toplotu predaje prostoriji. Ima više vrsta grejnih tela, od kojih su u sistemima centralnog grejanja najviše zastupljeni radijatori.

9.1.3.1 Radijatori

Radijatori su člankasta grejna tela, čija konstrukcija omogućava postizanje željene površine grejnog tela kroz spajanje određenog broja članaka. Spajanje članaka se vrši pomoću posebnih elemenata – nazuvica. Označavanje radijatora se obično vrši na sledeći način: n-A/C, gde je n – broj članaka, A – razmak između priključaka i C – širina radijatora (slika 12)



Slika 12 Dimenzije radijatora i način postavljanja u prostoriji

Kada se radijatori postavljaju u nišu ispod prozora, tada je neophodno ostaviti od 70 do 120 mm slobodnog vazdušnog prostora iznad radijatora, kao i ispod radijatora, kako bi se

obezbedilo opstrujavanje radijatora sobnim vazduhom. Ukoliko nema niše ispod prozora, tada visina radijatora ne sme prelaziti visinu parapetnog zida. Takođe je potrebno ostaviti 20 do 50 mm praznog prostora između radijatora i spoljnog zida.

Maskiranje radijatora – postavljanje maske preko njega zbog estetskih ili zaštitnih razloga – loše je termičko rešenje, jer je u tom slučaju odavanje toplote radijatora smanjeno za 10 do 30%.

Oblik članaka zavisi od materijala od koga se radijator izrađuje, a to mogu biti:

- liveno gvožđe,
- čelični lim i
- Al – legure.

Kada se govori o kvalitetu radijatora, poređenje se može izvršiti prema različitim kriterijumima. Kriterijumi na osnovu kojih se ocenjuje kvalitet radijatora su sledeći:

1. Trajnost (otpornost na koroziju) LG, Al, Č ➔
2. Inertnost (veća masa i veći sadržaj vode – veća inertnost) LG, Č, Al ➔
3. Veličina (specifično odavanje toplote – W/č) Al, Č, LG ➔
4. Težina (veća težina – skuplja montaža) LG, Č, Al ➔
5. Izgled (estetski kriterijum – individualno – stvar ukusa pojedinca) Al, LG, Č ➔
6. Cena Č, Al, LG ➔

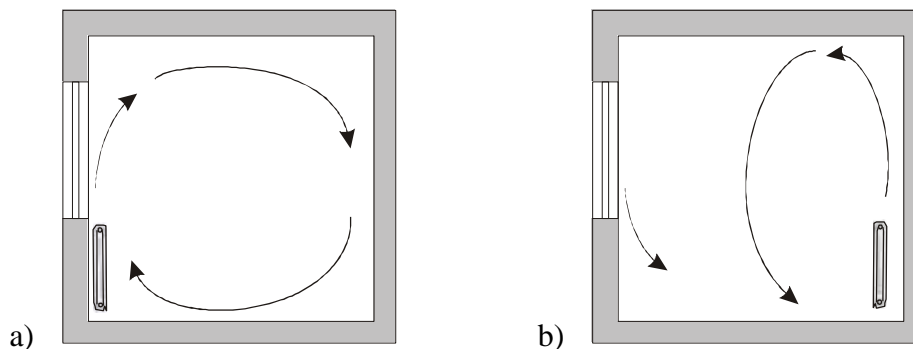
Način odavanja toplote

Radijatori su dobili naziv po želji konstruktora da odaju toplotu zračenjem. Međutim, oni mnogo više odaju toplotu konvekcijom zbog oblika članaka, dok se odavanje toplote zračenjem kreće u granicama od 10 – 30%. Radiator predstavlja dobro rešenje sa aspekta uslova ugodnosti, pogotovo kada je niži temperaturski režim grejanja i ukoliko su dobro postavljeni u prostoriji.

Položaj radijatora u prostoriji

Najbolje je postaviti radijator uz hladnu površinu (slika 13) – na mestu gde su najveći gubici toplote u prostoriji, a to su mesta:

- ispod prozora,
- uz spoljni zid.
-



Slika 13 Položaj radijatora u prostoriji – a) dobri termički uslovi, b) loši termički uslovi

Fiksiranje (vešanje) radijatora može biti:

- na konzole i držače (češće primenjivano rešenje) i
- na nožice (ređe se primenjuje, npr. kada se radijator postavlja uz staklenu površinu).

9.1.3.2 Pločasta grejna tela

Pločasta grejna tela se uglavnom izrađuju od čeličnog lima. Njihova osnovne karakteristike su mala debljina i velike glatke ili profilisane grejne površine.

Po pitanju toka vode i načinu odavanja toplote slični su radijatorima, pa ih često zbog toga nazivaju pločastim radijatorima. Međutim, pločasta grejna tela nemaju članke kao radijatori, pa samim tim ni mogućnost dobijanja željene površine za odavanje toplote – sklapanjem na samom objektu, već se isporučuju u fiksним dimenzijama. Izrađuju se u standardnim veličinama – dužina x visina x debljina – i u zavisnosti od toga zavisi njihov toplotni učinak – odavanje toplote.

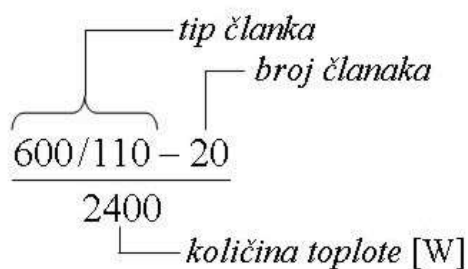
Po pitanju dimenzija, trajnosti, montaže i inertnosti pri odavanju toplote gotovo su identični kao i radijatori od čeličnog lima (slika 14). Njihova prednost u odnosu na čelične radijatore je estetika – lepše izgledaju, a zbog svoje male debljine skoro da ne zauzimaju koristan prostor u prostoriji.



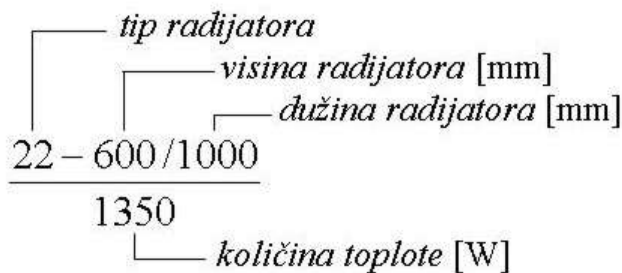
Slika 14 Pločasti radijator

Označavanje radijatora:

ČLANKASTI RADIJATORI



PLOČASTI RADIJATORI



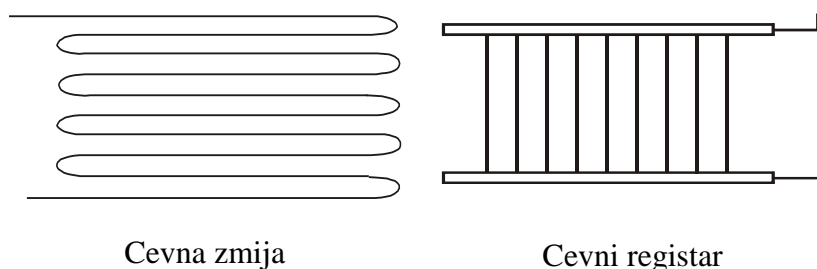
9.1.3.3 Cevna grejna tela

Cevna grejna tela su sastavljena od više redova cevi, koje su slobodno izložene sobnom vazduhu, kome predaju toplotu pretežno konvektivnim putem.

Cevna grejna tela se koriste u prostorijama koje imaju male gubitke toplote, ako što su kupatila, WC, hodnici, blokirane prostorije (bez spoljnih zidova i prozora)...

Materijal za izradu cevnih grejnih tela je uglavnom čelik, odnosno sama grejna tela se izrađuju spajanjem čeličnih cevi, na različite načine (slika 15).

Prednosti cevnih grejnih tela je lako održavanje čistoće (higijenski uslovi), kao i lep izgled površine: mogu da se farbaju, nikluju, plastificiraju...



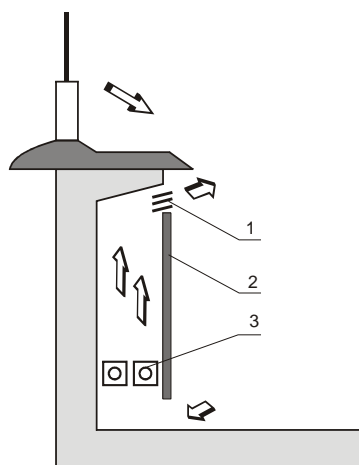
Slika 15 Različite konstrukcije cevnih grejnih tela

U cilju **povećanja** odavanja toplote cevna grejna tela mogu da se **orebravaju**: s obzirom da koeficijent prelaza toplote sa čvrstih tela na vazduh ima nižu vrednost od koeficijenta prelaza toplote sa vode na čvrsto telo (zid cevi), povećanjem spoljne površine cevi putem orebranja postiže se bolje odavanje toplote. Međutim, kod orebrenih površina se javlja problem čišćenja, pa su narušeni higijenski uslovi u prostoriji.

9.1.3.4 Konvektori

Konvektori su lamelasti zagrejači vazduha koji se izrađuju od orebrenih cevi (čeličnih cevi sa čeličnim rebrima ili bakarnih cevi sa aluminijumskim rebrima). Sam zagrejač vazduha (razmenjivač toplote) je smešten u posebno kućište, koje je konstruisano tako da se pospešuje **prirodna** konvekcija (slika 16). Visina kućišta, odnosno razmak između gornjeg i donjeg otvora na kućištu direktno utiče na uzgonsku silu koja ostvaruje cirkulaciju vazduha kroz konvektor. Odavanje toplote se odvija isključivo konvekcijom (pa su tako i dobili naziv).

Toplotni učinak konvektora, odnosno odavanje toplote, zavisi kako od broja osnovnih cevi razmenjivača toplote, tako i od visine kućišta. Podešavanja grejnog kapaciteta se može vršiti i sa „vodene“ i sa „vazdušne“ strane. Regulacija sa „vodene“ strane se ostvaruje preko regulacionog ventila obično kvalitativno – promenom temperature vode koja struji kroz zagrejač (regulacija može biti i kvalitativna – ostvaruje se promenom protoka grejnog fluida). Sa „vazdušne“ strane regulacija se vrši pomoću žaluzina koje se nalaze na izlaznom otvoru za vazduh (na ovaj način se ne menja hidraulički režim u cevnoj mreži).



Elementi konvektora:

- 1 – Kanal za strujanje vazduha sa žaluzinama i uspostavljanje uzgonskog efekta
- 2 – Kućište konvektora
- 3 – Konvektorsko telo – zagrevač vazduha izrađen od orebrenih cevi

Slika 16 Konstrukcija konvektora

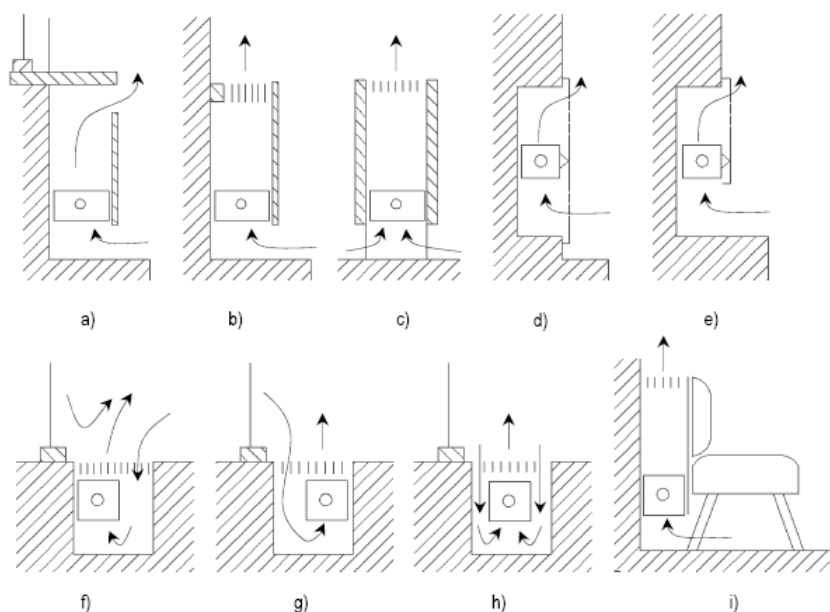
Prednosti konvektora u odnosu na radijatore:

1. Kompaktniji su (lakši, manje materijala, jeftiniji)
2. Estetski lepši (lepa maska koja se može uklopiti u svaki enterijer)
3. Manja inercija (brže stupaju u dejstvo od radijatora)
4. Pored centralne regulacije sa „vodene“ strane postoji i lokalna regulacija u samoj prostoriji – sa „vazdušne“ strane
5. Mogu da izdrže veće pritiske (što se javlja u visokom zgradama gde je velika vrednost statičkog pritiska)

Nedostaci konvektora:

1. Loši higijenski uslovi (teško održavanje čistoće – taloženje prašine i njeno podizanje pri radu konvektora)
2. Nema odavanja toplote zračenjem

Najviše iz higijenskih razloga se konvektori danas više ne koriste za stambene objekte, a vrlo retko i za poslovne objekte i objekte opšte i javne namene. Njihova primena se danas javlja samo u objektima koji se povremeno greju, kada je potrebno ostvariti brzo zagrevanje prostora. Međutim, i u tom segmentu ih ima sve manje jer ih potiskuju kaloriferi i vazdušno grejanje.



Slika 17 Mogući načini postavljanja konvektora: a) ispod prozora; b) pored zida; c) slobodno postavljen; d), e) ugrađen u zidu; f), g), h) u podu; i) iza klupe

9.1.3.5 Panelna grejna tela

Panelna grejna tela (ili samo paneli) su grejna tela sastavljena od neorebrenih cenih zmija, koje se postavljaju u građevinsku konstrukciju prostorije. Cevi se mogu postaviti slobodno u podnoj ploči (oko njih je manji sloj vazduha koji se zgreva) ili ulivene u beton. Ukoliko se cevi panela ulivaju u beton važno je da koeficijent temperaturskog širenja cevi i betona bude približno isti, kako ne bi dolazilo do pucanja građevinske konstrukcije i samih cevi.

Cevi od kojih se izrađuju paneli mogu biti čelične (što je jako retko), bakarne i plastične (polietilenske, polipropilenske...). U zavisnosti od toga u koji građevinski element prostorije se ugrađuju paneli razlikuje se: podno (najčešće), zidno i plafonsko grejanje.

Panel prekriva ceo građevinski element ili njegov veći deo, pa tako kod podnog grejanja – pod predstavlja grejno telo.

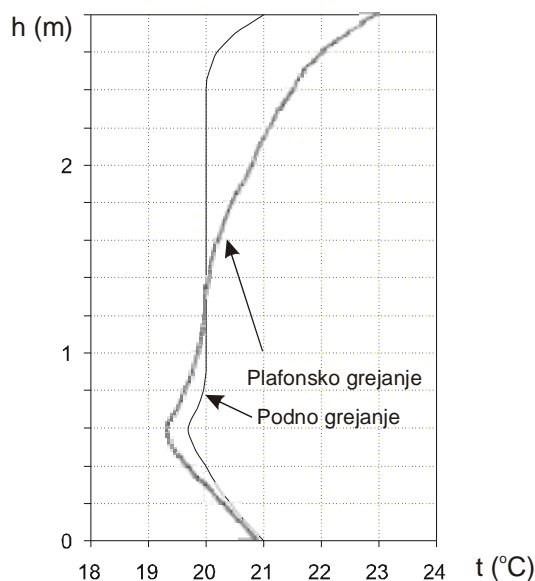
Panelna grejna tela odaju toplotu:

- zračenjem na okolne površine u prostoriji (kod podnog grejanja oko 55%, dok kod plafonskog grejanja može dostići i 90%) i
- konvekcijom na sobni vazduh (kod podnog oko 45%, a kod plafonskog znatno manje).

Panelna grejanja se uvek izvide kao niskotemperaturna grejanja – pošto je povećana površina za razmenu toplote, onda se može ići na nižu temperaturni razliku između grejnog fluida i vazduha u prostoriji.

Podno grejanje je najčešće primenjivano panelno grejanje. Kod ovog sistema je znatno bolja raspodela temperatura vazduha po visini prostorije u odnosu na plafonsko grejanje (slika 18) zbog težnje da zagrejan vazduh struji naviše. Udeo konvektivnog prenosa toplote je veći nego kod plafonskog i kreće se u granicama od 40-45%. Koeficijent prelaza toplote pri konvekciji kreće se u granicama $\alpha = 3,2 - 4,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Slično kao i kod plafonskog grejanja, zbog veličine panela, kapacitet ovakve vrste grejanja je limitiran površinom poda prostorije u čijem se delu postavlja panel. Za razliku od plafonskog grejanja, za podno grejanje se ne može uvek koristiti cela površina poda, već samo onaj deo koji nije pokriven nameštajem.

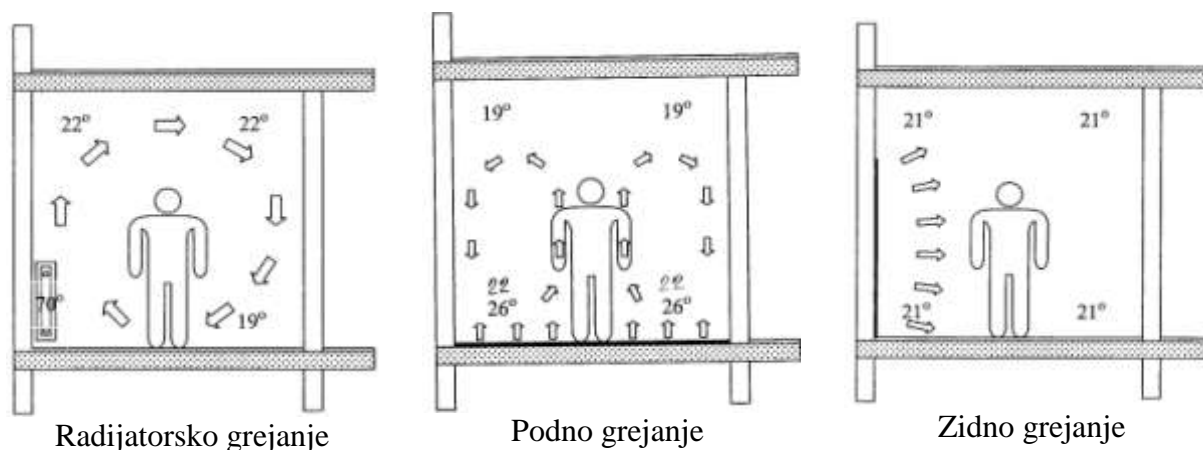


Slika 18 Raspodela temperatura vazduha po visini prostorije

Temperatura poda diktirana je higijenskim uslovima i zaštite nogu od preteranog zagrevanja. Na osnovu iskustva limitirane su maksimalne temperature poda za podno grejanje:

- 25°C – u radnim prostorijama u kojima se dugo boravi stojeći;
- 28°C – u stambenim i kancelarijskim prostorijama;
- 30°C – u izložbenim i sličnim halama;
- 32°C – u kupatilima i plivačkim bazenima;
- 35°C – u prostorijama u kojima se kratko boravi ili kroz koje se samo prolazi.

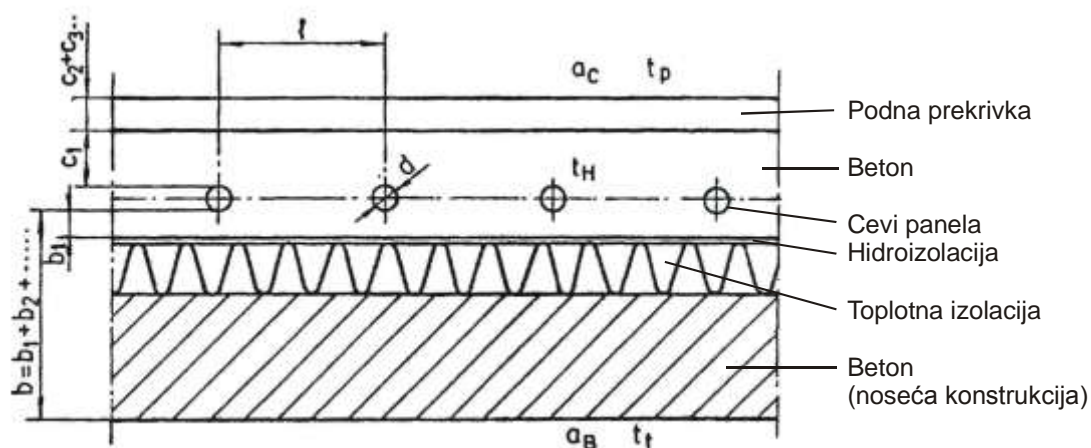
Na slici 19 prikazano je poređenje rasporeda temperatura po zapremini prostorije za radijatorsko i panelno grejanje.



Slika 19 Rasporeda temperatura po zapremini prostorije

9.1.3.5.1 Podni paneli

Na slici 20 prikazan je izgled tipičnog podnog panela. Prilikom zalivanja cevi veoma je važno da materijal cevi i materijal kojim se cev zaliva imaju približno isti koeficijent temperaturnog širenja, kako ne bi došlo do pucanja prilikom temperaturnih dilatacija.



Slika 20 Tipični podni panel

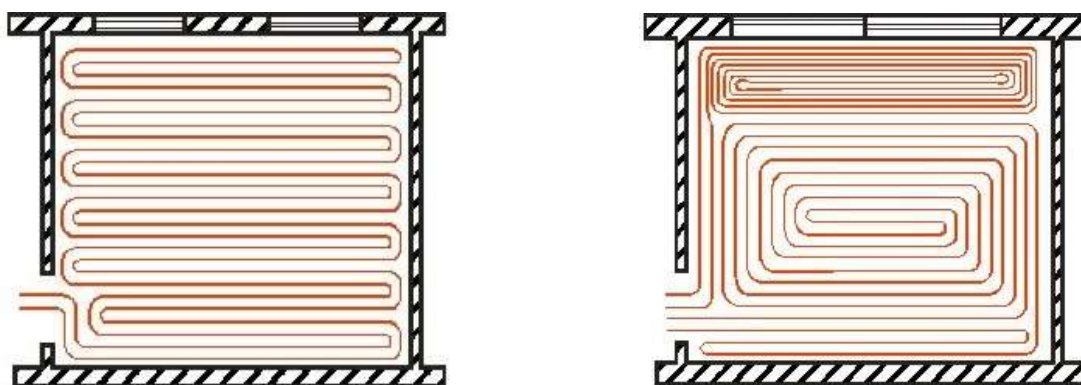
9.1.3.5.2 Načini izvođenja panelnog grejanja

Postoji veliki broj tehničkih rešenja za izvođenje panelnog grejanja. neka od tih rešenja su patentirana, ali se generalno sva rešenja mogu podeliti u dve grupe:

1. Cevi su zalivene u beton i direktno predaju toplotu kondukcijom građevinskom elementu;
2. Cevi su unutar građevinskog elementa, ali su slobodne – oko njih je sloj vazduha. Na taj način zagreva se vazduh, a toplota se građevinskom elementu predaje posredno – konvekcijom i zračenjem.

Načini polaganja cevi su takođe različiti i prikazani su na slici 21. Dva osnovna tipa su:

- u vidu serpentina (cevnih zmija – sl. 21 levo) – prednost: viša temperatura panela u spoljnoj zoni;
- u vidu puža (spiralno – sl. 21 desno) – prednost: ravnomernija temperatura panela.



Slika 21 Načini polaganja cevi u panelu

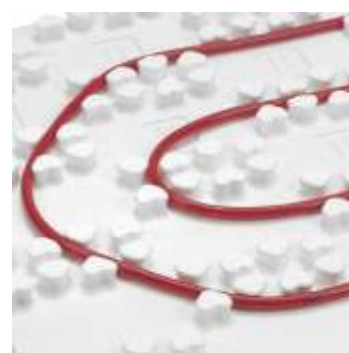
Cevi koje se polažu u građevinsku konstrukciju moraju biti učvršćene.

Fiksiranje cevi se vrši:

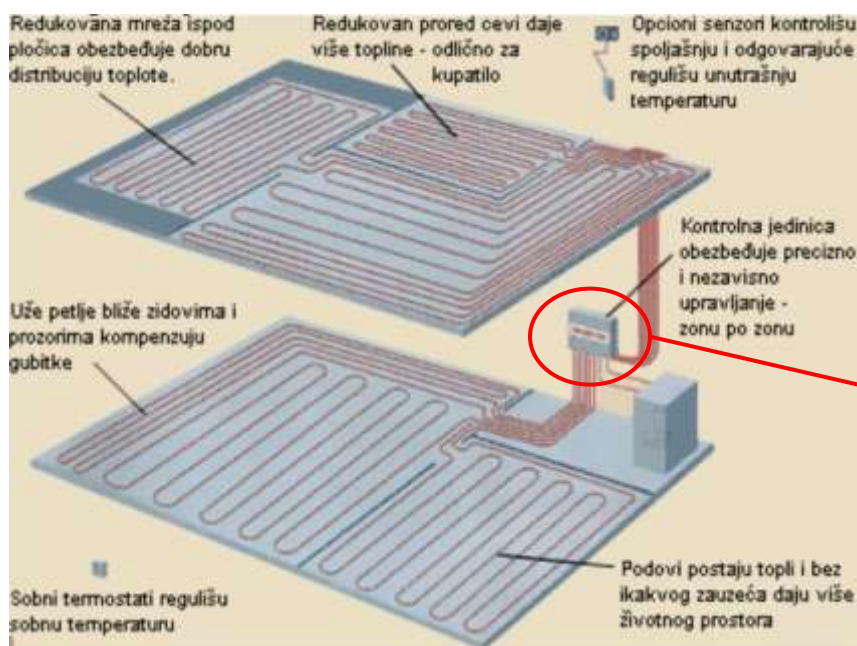
- pomoću vešaljki (kod plafonskog grejanja),
- pomoću armature od čelične žice (slika 22),
- pomoću specijalnih plastičnih držača (slika 23).



Slika 22 Armatura od čelične žice



Slika 23 Plastični držači



Slika 24 Načini povezivanja panelnog grejanja (levo) i izgled razdelnika i sabirnika

Prednosti panelnog grejanja u odnosu na radijatorsko grejanje:

1. Povoljnija raspodela temperatura po zapremini prostorije (podno grejanje).
2. Povoljniji uslovi ugodnosti za boravak ljudi zbog niskotemperaturnog zračenja.
3. Nema podizanje prašine.
4. Mogućnost korišćenja alternativnih izvora energije (OIE – solarne i geotermalne).
5. Niža temperatura vazduha za iste uslove ugodnosti – ušteda energije.
6. Nema vidnih grejnih tela u prostoriji – nema narušavanja enterijera.
7. Mogućnost korišćenja za hlđenje tokom leta (plafonski paneli).

Nedostaci panelnog grejanja u odnosu na radijatorsko grejanje:

1. Inertan sistem, pa je otežana regulacija.
2. Visoki investicioni troškovi, ukoliko se instalacija ne izvodi tokom građenja objekta.
3. Velika materijalna šteta ukoliko dođe do pucanja cevi.

9.1.4 UTICAJ TEMPERATURE GREJNOG FLUIDA NA TOPLOTNI UČINAK

Kada su u pitanju sistemi toplovodnog grejanja izbor *temperaturnog režima* je jako bitan sa aspekta uslova ugodnosti, toplotnog učinka grejnih tela i ekonomičnosti postrojenja. Zahtevi za postizanje odgovarajućih higijenskih i uslova ugodnosti i izvođenje ekonomičnog postrojenja često su u suprotnosti, pa je potrebno naći kompromis, tj. optimalno rešenje. Povišenje temperature grejnog fluida nepovoljno je sa aspekta uslova ugodnosti, jer visoka temperatura grejnog tela male površine izaziva neprijatan osećaj dovodeći do “asimetričnog zračenja”, uzrokuje pojačano strujanje vazduha i podizanje prašine u prostoriji, a takođe može doći do sagorevanja načistoća na površini grejnog tela i stvaranja neprijatnih mirisa. S druge strane, visoka temperatura grejnog tela znači manju potrebnu površinu (manji broj članaka radijatora) za isti grejni učinak, što rezultuje nižom cenom postrojenja (niži investicioni troškovi).

Radijator predstavlja vrstu razmenjivača toplote, mada malo specifičan razmenjivač. Sa jedne strane, unutar radijatora, imamo GREJNI fluid - vodu, a sa druge strane GREJANI fluid - vazduh u prostoriji, kome se predaje toplota radi neutralisanja gubitaka toplote. Grejni fluid ima temperaturu koja se kreće u opsegu od θ_{raz} na ulasku u grejno telo do θ_{pov} na izlazu iz grejnog tela. Nominalnim temperaturnim režimom smatra se režim 90/70°C, tj. temperatura grejnog fluida se kreće u granicama od 70 do 90°C u projektnim uslovima; primenjuju se i drugi temperaturni režimi, kao što su npr. 80/60°C ili 75/55°C. Temperatura vazduha u prostoriji se smatra konstantnom i jednakom po celoj zapremini prostorije.

Razmenjena količina toplote u radijatoru može se izraziti na dva načina:

$$Q_{RAD} = U \cdot A \cdot \Delta\theta_m, \quad (3.1)$$

gde su:

- U - koeficijent prolaza toplote kroz radijator, koji zavisi od tipa grejnog tela, visine i širine grejnog tela (karakteristične dimenzije),
- A - površina grejnog tela i
- $\Delta\theta_m$ - srednja temperaturna razlika između grejnog i grejanog fluida.

Srednja temperaturna razlika, termodinamički gledano, za suprotnosmerno strujanje u razmenjivaču toplote izražava se na sledeći način:

$$\Delta\theta_m = \frac{\Delta\theta_{ul} - \Delta\theta_{iz}}{\ln \frac{\Delta\theta_{ul}}{\Delta\theta_{iz}}}, \quad (3.2)$$

ali se iz praktičnih razloga gornji izraz daje u pojednostavljenoj formi:

$$\Delta\theta_m = \frac{\theta_{raz} + \theta_{pov}}{2} - \theta_{vaz}, \quad (3.3)$$

što je moguće, jer je $\Delta\theta_w$ mala razlika temperatura, a temperatura vazduha, kao grejanog fluida se smatra konstantnom, $\theta_{vaz} = \text{const.}$

Bilans toplote izražen sa "vodene" strane je:

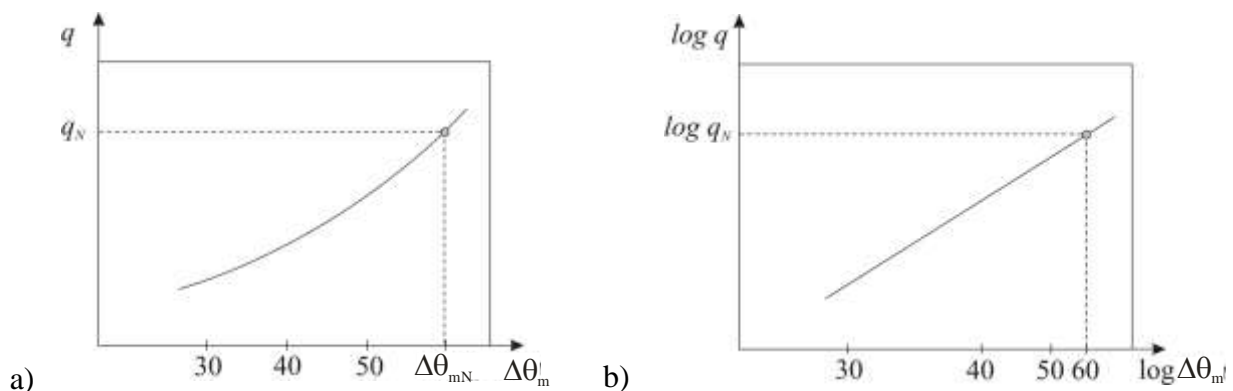
$$Q_{RAD} = \dot{m}_w \cdot c_w \cdot (\theta_{raz} - \theta_{pov}), \quad (3.4)$$

gde su:

- \dot{m}_w - maseni protok vode kroz radijator,
- c_w - specifični toplotni kapacitet vode (srednji - zadati opseg temperatura),
- θ_{raz} - temperatura razvodne vode i
- θ_{pov} - temperatura povratne vode.

Prilikom dimenzionisanja radijatora zapravo se određuje njihova grejna površina. To podrazumeva da je prvo potrebno usvojiti određeni tip i visinu radijatora, koji odgovara konkretnoj zgradi (visina parapeta u sobama, namena), npr. aluminijumski radijator sa rastojanjem između priključaka 800 mm. Zatim se bira konkretan proizvođač i iz kataloga proizvoda se uzimaju podaci o izabranom modelu radijatora. **Cilj dimenzionisanja** radijatora je **određivanje broja članaka** svakog grejnog tela u zgradi na takav način da svako grejno telo u projektnim uslovima može da nadoknadi gubitke toplote za koje je predviđeno.

Odavanje toplote grejnog tela u zavisnosti od srednje razlike temperatura prikazano je na slici 25. Dijagram na slici levo (a) dat je u formatu gde su vrednosti na osama linearne, dok je dijagram na slici desno (b) dat u dvostrukom logaritamskom dijagramu, kako bi se eksponencijalna kriva odavanja toplote svela na linearnu karakteristiku: $\log q = C + m \cdot \log \Delta t_m$



Slika 25 Odavanje toplote grejnog tela u zavisnosti od srednje razlike temperatura – a) dijagram sa linearnim osama i b) dijagram u dvostrukom logaritamskom sistemu

9.1.5 CENTRALNA I LOKALNA REGULACIJA TOPLOTNOG UČINKA

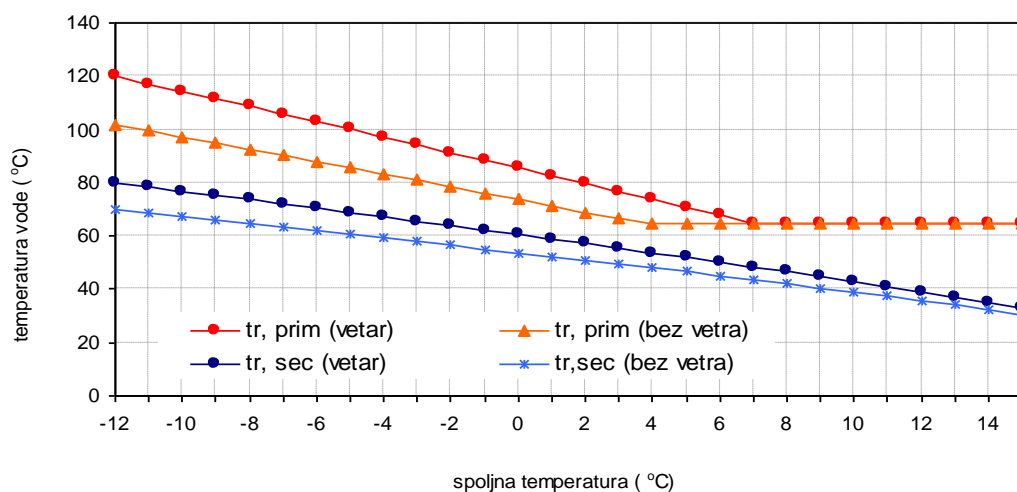
Tokom rada centralnih sistema grejanja, zbog promene klimatskih uticaja (prevashodno temperature spoljnog vazduha i brzine vetra) toplotne potrebe se stalno menjaju. Isporuka toplote iz kotla stalno mora da se prilagođava trenutnim toplotnim potrebama potrošača. Toplotne potrebe se menjaju i u toku dana i u toku grejne sezone. Postavlja se pitanje: Kako sistem centralnog grejanja treba da prati te potrebe?

Usled dnevnih i godišnjih promena u potrebama za toplotom potrošača u sistemu daljinskog grejanja potrebno je uskladiti dinamiku isporuke toplote iz toplane. Centralna regulacija količine toplote koja se isporuči u jedinici vremena može se ostvariti na sledeće načine:

1. Promenom temperature razvodne vode $\theta_r \neq \text{const}$, pri konstantnom protoku $\dot{m} = \text{const}$;
2. Promenom protoka vode $\dot{m} \neq \text{const}$, pri konstantnoj temperaturi razvoda $\theta_r = \text{const}$;
3. Kombinovano, promenom oba parametra $\theta_r \neq \text{const}$ i $\dot{m} \neq \text{const}$.

Prvi način regulacije omogućava smanjenje isporučene količine toplote snižavanjem temperature razvodne i povratne vode, što je povoljno sa aspekta smanjenih gubitaka toplote u transportu (cevovodu). Osim toga, pri održavanju konstantnog protoka povoljna je raspodela toplote u sistemu (pod uslovom da je cevna mreža dobro izbalansirana) - svaki potrošač dobija onu količinu toplote koja mu je potrebna, u skladu sa trenutnim gubicima (Klizini dijagram promene temperature razvodne vode u funkciji spoljne temperature i vetra dat je na slici 26. Po ovom dijagramu vrši se centralna regulacija toplotnog učinka). Nedostatak ovog načina regulacije je što kroz sistem cirkuliše nepotrebno velika količina vode tokom cele sezone, pa su veći troškovi za pogon cirkulacionih pumpi. Ovaj način regulacije se primenjuje kod nas i u velikom broju evropskih zemalja.

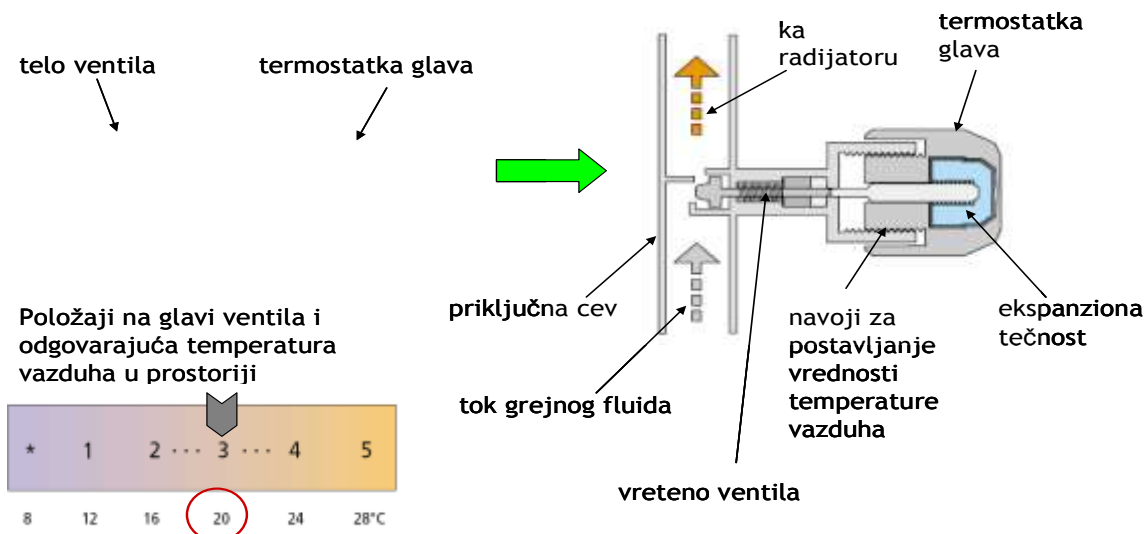
Smanjenjem protoka vode takođe je moguće ispratiti smanjenje toplotnog konzuma. Primenom ovog načina regulacije dolazi do smanjenja brzina strujanja cevovodu, pa je pad pritiska usled trenja i lokalnih otpora manji, što dovodi do manjeg napora pumpe i značajno manje potrošnje električne energije za pogon pumpi (električna snaga pumpe se menja sa trećim stepenom u odnosu na promenu protoka). S druge strane, nedostatak ovakvog načina regulacije su povećani gubici toplote u transportu.



Slika 26 Klizni dijagram

Kombinovana regulacija promenom protoka i temperature razvodne vode je najpovoljniji način regulacije - nedostaci prva dva načina su umanjeni.

Lokalna regulacija podrazumeva održavanje željene unutrašnje temperature vazduha u pojedinim prostorijama u zgradi. Zbog svojih međusobnih razlika u orijentaciji, nameni, broju ljudi koji u njima boravi i dobitaka toplote od osvetljenja i drugih električnih uređaja, prostorije koje se greju iz istog izvora toplote imaju različite potrebe za isporučenom toplotom. Kada ne postoji lokalna regulacija toplotnog učinka, prostorije orijentisane ka jugu i velikim dobicima od unutrašnjih izvora se "pregrevaju", pa korisnici često primenjuju "regulaciju" čestim provetravanjem otvaranjem prozora. Najčešći način primene lokalne regulacije je postavljanje sobnog termostata ili radijatorskih ventila sa termostatskim glavama. Na slici 27 je prikazan princip rada termostatskog radijatorskog ventila.



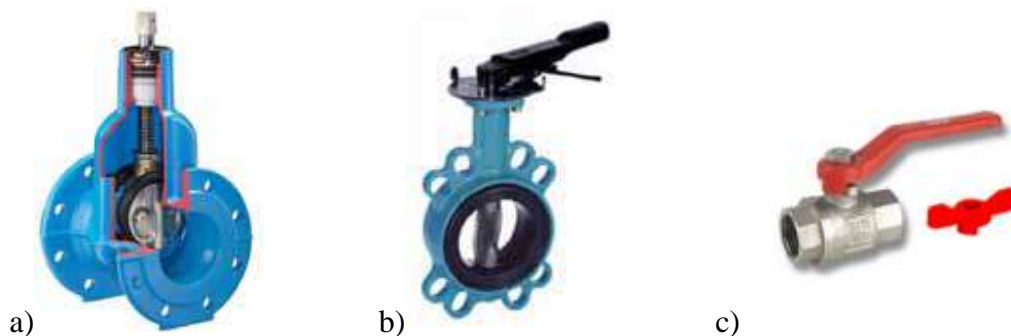
Slika 27 Radijatorski ventil sa termostatskom glavom - princip rada

9.1.6 ARMATURA U SISTEMIMA CENTRALNOG GREJANJA

U zavisnosti od funkcije koju treba da obavlja u sistemu, postoji sledeća podela armature:

- **zaporna** (ima funkciju ON/OFF, tj. postavlja se u položaj otvoreno/zatvoreno;
- **balansna** (ima funkciju pri balansiranju sistema prilikom puštanja u rad)
- **regulaciona** (ima funkciju regulacije toplotnog učinka tokom grejne sezone) i
- **sigurnosna** (ima zaštitnu funkciju – obično štiti elemente sistema od previsokog pritiska).

Zaporna armatura mogu biti različite vrste zasuna i slavina (slika 28)



Slika 28 Zaporna armatura: a)Zasun, b) leptir slavina, c)kuglasta slavina

Balansna armatura su različite vrste ventila, najčešće sa kosim sedištem zbog oprega prigušenja koji se postužu (slika 29). To su ventili na kojima se preko priključaka za merni instrument može meriti protok i koji se može postaviti na projektnu vrednost.



Slika 29 Balansni ventili za regulaciju protoka

Regulaciona armatura ima ulogu podešavanja određenih parametara sistema na osnovu signala o uticajnoj izmerenoj veličini. Na primer, na osnovu izmerene temperature u razvodu i postavljene vrednosti u regulatoru, šalje se signal pogonu ventila koji pokreće vreteno i po potrebi zatvara ili otvara ventil. Pogoni ventila mogu biti ručni, magnetni, pneumatski ili elektro-motorni.



Slika 30 Ventili: a) ručni regulacioni ventil, b) regulator protoka sa motornim pogonom, c) sigurnosni ventil sa oprugom