

# Karakteristike i iskoristivost centralnog grijanja

---

Ivček, Sandra

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:251842>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Sandra Ivček

# **KARAKTERISTIKE I ISKORISTIVOST CENTRALNOG GRIJANJA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional under graduate study of Safety and Protection

Sandra Ivček

# **CHARACTERISTICS AND UTILIZATION OF CENTRAL HEATING**

FINAL PAPER

Karlovac, 2016.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Sandra Ivček

# **KARAKTERISTIKE I ISKORISTIVOST CENTRALNOG GRIJANJA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Slaven Lulić, dipl.ing.

Karlovac, 2016.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

## **ZAVRŠNI ZADATAK**

Student: Sandra Ivček

Naslov teme: Karakteristike i iskoristivost centralnog grijanja

Opis zadatka:

U završnom radu bit će govora o osnovnoj podjeli, karakteristikama i iskoristivosti centralnog grijanja.

Zadatak zadan:

5/2016

Rok predaje rada:

7/2016

Predviđen datum obrane:

21.09.2016.

# PREDGOVOR

Zahvaljujem mentoru dipl. ing. Slavenu Luliću koji je pratio cijeli proces nastajanja završnog rada i svojim savjetima usmjeravao me kako da prevladam probleme koji bi se pojavili prilikom izrade završnog rada.

## SAŽETAK

Tema završnog rada je karakteristike i iskoristivost centralnog grijanja. Potreba za grijanjem je jedna od osnovnih čovjekovih potreba. Zadatak grijanja je zagrijavanje prostorija u kojima se zadržavaju ljudi, te održavanje ugodne temperature koja osigurava da toplina ljudskog tijela bude jednaka normalnom fiziološkom održavanju topline tijela

Na početku govorim općenito o grijanju, njegovoj ulozi u životu čovjeka te glavnim podjelama i sustavima za grijanje.

U nastavku o osnovnim uređajima centralnog grijanja, te grijanje toplom vodom, parno grijanje i daljinsko upravljanje grijanjem.

## SUMMARY

The main topic of this work is . Need for heat is one of the primary human needs. The main task of heating is to heat up the room where people live and maintaining a comfortable temperature which provides that the temperature of human body is equal to the normal physiological maintenance of body heat.

At the beginning I'm talking generally about heating, it's role in the human life, main divisions and heating systems.

In addition, I will talk about basic devices of central heating, heating with hot water, steam heating and heating with remote control.

## KLJUČNE RIJEČI

Centralno grijanje, konvektor, peć, cjevovod, toplinsko opterećenje

## KEYWORDS

Central heating, convector, furnace, ductwork, heat stress

# SADRŽAJ

ZAVRŠNI ZADATAK	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ.....	IV
<b>1.UVOD.....</b>	<b>1.</b>
<b>2.SUSTAVI ZA GRIJANJE.....</b>	<b>2.</b>
2.1.PEĆI ZA KRUTA GORIVA.....	3.
2.1.1. Kamini.....	3.
2.1.2. Peći s velikom akumulacijom energije.....	3.
2.1.3. Peći s malom akumulacijom energije.....	3.
2.2.PEĆI ZA LOŽENJE PLINOM.....	4.
2.2.1. Plinske peći sa zračenjem topline.....	4.
2.2.2. Plinske peći s konvekcijom topline.....	5.
2.2.3. Sigurnosni uređaji.....	5.
2.3. PEĆI ZA LOŽENJEM ULJEM.....	5.
2.4. ELEKTRIČNE PEĆI.....	5.
<b>3. UREĐAJI CENTRALNOG I DALJINSKOG GRIJANJA.....</b>	<b>6.</b>
3.1. UREĐAJI ZA GRIJANJE PROSTORIJE.....	6.
3.1.1. Grijala.....	6.
3.1.2. Paneli.....	7.
3.1.3. Etažno (plinsko) grijanje.....	9.



3.2. KOTLOVI.....	10.
3.2.1. Kotlovi na kruta goriva i kombinirani kotlovi.....	11.
3.2.2. Pirolitički kotlovi s rasplinjavajućim izgaranjem.....	11.
3.2.3. Kotlovi na tekuće gorivo.....	13.
3.3. IZMJENJIVAČI TOPLINE.....	15.
<b>4. CENTRALNO GRIJANJE TOPLOM VODOM.....</b>	<b>16.</b>
4.1. VOĐENJE VODE KROZ CJEVOVODE.....	17.
4.1.1. Jednocjevni sustavi.....	17.
4.1.2. Dvocjevni sustavi.....	18.
4.1.3. Ekspanzijska posuda.....	18.
4.1.4. Gornja razdioba.....	18.
4.1.5. Donja razdioba.....	18.
4.1.6. Odzračivanje sustava.....	18.
4.2. GRAVITACIJSKO GRIJANJE.....	19.
4.3. GRIJANJE PRISILNOM CIRKULACIJOM.....	19.
<b>5. PARNO GRIJANJE.....</b>	<b>20.</b>
5.1. GRIJANJE PAROM NISKOGL TLAKA.....	22.
5.2. GRIJANJE PAROM VISOKOGL TLAKA.....	23.
5.3. VAKUUMSKO GRIJANJE.....	23.
<b>6. DALJINSKO UPRAVLJANJE GRIJANJEM.....</b>	<b>24.</b>
6.1. REGULACIJA.....	24.
<b>7. TEHNIKE CENTRALNOG GRIJANJA.....</b>	<b>26.</b>
<b>8. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>27.</b>

## POPIS SLIKA

Slika 1. Užarena infracrvena grijalica.....	4
Slika 2. Cijevna grijala.....	6
Slika 3. Pločasta grijala.....	7
Slika 4. Konvektor.....	7
Slika 5. Paneli (ogrjevne površine).....	8
Slika 6. Kombinirani kotlovi.....	10
Slika 7. Pirolitički kotao.....	11
Slika 8. Kotlovi za grijanje u kućanstvima.....	12
Slika 9. Sigurnosna hidrostatska cijev.....	14
Slika 10. Jednocjevni sustav sa serijskim spajanjem radijatora.....	16
Slika 11. Dvocijevni sustav spajanja radijatora.....	17
Slika 12. Dvocijevni sustav grijanja.....	18
Slika 13. Jednocjevni sustav grijanja.....	19
Slika 14. Parni kotlovi.....	22
Slika 15: Regulacija grijanja.....	25

## POPIS TABLICA:

Tablica 1. Financijska usporedba energenata s obzirom na energetske vrijednosti goriva i iskoristivost kotla.....	13
Tablica 2. Sigurnosni uređaji potrebni za zatvorene generatore pare na plin ili naftu s temperaturama = 120 °C.....	16

# 1 UVOD

Kroz povijest su se koristili mnogi načini grijanja, a danas se za grijanje najčešće koriste plin, električna energija, solarna energija, loživo ulje, kruta goriva, drva i ugljen. Zadatak grijanja je zimsko zagrijavanje prostorija u kojima se zadržavaju ljudi, te održavanje ugodne temperature koja osigurava da toplina ljudskog tijela bude jednaka normalnom fiziološkom generiranju topline tijela.

U pogledu sigurnosti i zaštite od požara svi uređaji za grijanje moraju ispunjavati neke standardne uvjete ili djelovanje uređaja mora biti tipski ispitano kako ne bi ugrožavali život i zdravlje ljudi. Kod lokalnog grijanja ložište (element za generiranje topline) nalazi se u samoj prostoriji koja se grije.

Grijanje parom omogućava prienos topline na veće udaljenosti, para ima manju specifičnu toplinu i gustoću mase, investicijski troškovi su manji, ali je otežana centralna regulacija. Kod Centralnog grijanja toplina za cijelu zgradu generira centralno, u zajedničkoj kotlovnici. Na taj način postiže se učinkovitije izgaranje, te automatska regulacija izgaranja i odavanja topline grijala, a instalacija ukupno zahtjeva manje mjesta.

## 2 SUSTAVI ZA GRIJANJE

Sustav za grijanje označava sve elemente (izvor topline, ogrjevna tijela, razvod cijevi, regulacija, opskrba energentom ) koji u kući, stanu ili zgradi služe za grijanje prostorija, odnosno za ostvarivanje osjećaja toplinske ugodnosti kod osoba koje u njima borave. Takvi sustavi često zagrijavaju i potrošnu toplu vodu pa se onda nazivaju kombinirani (npr. kombi bojler). Sustavi grijanja se mogu podijeliti prema energentu, načinu zagrijavanja i vrsti grijaćeg tijela.

Kod ovog sustava grijanja radi se o jedinstvenom toplinskom izvoru za niz prostora ili za čitavu građevinu. Toplinski izvor (kotao) nalazi se izvan grijanih prostora, s kojima je povezan cijevnom ili kanalskom mrežom kroz koju struji ogrjevni medij (voda, para, zrak). Toplina se predaje preko ogrjevnih tijela postavljenih unutar prostora.

Karakteristike centralnog grijanja su:

1. Niska temperatura ogrjevnih površina te dominira izmjena topline konvekcijom
2. Bolja tj. ravnomjernija razdioba temperature po širini i visini grijanog prostora
3. Bolja učinkovitost i manje zagađenje okoliša
4. Rukovanje gorivom izvan grijanog prostora
5. Problem određivanja utroška topline po stanovima
6. Veći troškovi pogona i održavanja te toplinski gubici cijevnog i kanalskog razvoda

Prema radnom mediju dijele se na:

1. grijanje toplom vodom
  2. grijanje parom
  3. grijanje zrakom
- a) Daljinsko

Prema mediju za prijenos topline na daljinu dijeli se na:

1. grijanje toplom vodom niskog tlaka
2. grijanje toplom vodom visokog tlaka
3. grijanje parom

Grijanje se dijeli prema izvoru energije za grijanje, a ti izvori mogu biti:

- a) drvo
- b) ugljen
- c) loživo ulje
- d) plin
- e) električna energija

Prema načinu odavanja topline razlikuju se:

- a) visoko temperaturno grijanje
- b) nisko temperaturno grijanje
- c) klasično grijanje
- d) grijanje zagrijanim zrakom

## **2.1 Peći za kruta goriva**

### **2.1.1 Kamini**

Klasični kamini imaju otvoreno ložište pa se toplina prenosi zračenjem. Imaju niski stupanj iskoristivosti (10-20%), rijetko se koriste, uglavnom za dekoraciju ili za dodatno grijanje.

### **2.1.2 Peći s velikom akumulacijom energije**

Grade se od keramičkih pločica i šamotne opeke. Zbog velike mase imaju veliku toplinsku tromost, pa iz tog razloga nije moguća kvalitetna regulacija grijanja. Drvo, smeđi ugljen ili lignit koriste se kao gorivo, a česte su izvedbe ili adaptacije na loženje plinom. Stupanj iskoristivosti iznosi 65-75% i više.

### **2.1.3 Peći s malom akumulacijom energije**

Peći s plaštem od lijevanog željeza ili čeličnog lima koji je s unutrašnje strane obložen šamotom. Toplina se izmjenjuje zračenjem zbog površinske temperature koja je izrazito visoka (200-250 °C). postoje željezne peći s gornjim i donjim izgaranjem. Nazivna snaga je 4-10 kW uz stupanj korisnog djelovanja oko 70%

## 2.2 Peći za loženje plinom

U odnosu na kruta goriva, loženje plinom ima sljedeće prednosti:

- male dimenzije
- jednostavno posluživanje
- visok stupanj korisnog djelovanja
- nema odvoza pepela
- pogonska i ekološka čistoća
- moguća automatska regulacija temperature prostorije

### 2.2.1 Plinske peći sa zračenjem topline

Peći sa zračenjem topline nisu pogodne za trajno grijanje prostorija, zbog nehigijenskih previsokih površinskih temperatura, pa se koriste za povremeno grijanje. One uključuju plinske radijatore, žarne peći i peći s infracrvenim zračenjem. Stropne plinske grijalice su užarene peći s infracrvenim zračenjem koje se koriste za visoke dvorane i hale. Snaga grijalice iznosi 5-42 kW, uz stupanj korisnog djelovanja grijalice 60-95%. Plin potpuno izgara u posebnoj poroznoj masi koja se zagrije na temperaturi 800-900 °C.



Slika 1: Užarena infracrvena grijalica

### **2.2.2 Plinske peći s konvekcijom topline**

Predviđene su za smještaj ispod prozora ili uz vanjski zid, pa se kroz otvor u vanjskom zidu dovodi zrak, a odvođe dimni plinovi. Snaga tih peći ne prelazi 12 kW. One imaju zaštitni plašt od čeličnog ili aluminijskog lima, a ponekad od šamota i keramičkih pločica.

### **2.2.3 Sigurnosni uređaji**

Ako se gasi plamen plinske peći moraju imati osigurač koji zatvara plin koji sprečava ulaz sirovog plina u napravu i prostoriju. Oni se izvođe kao bimetalni ili termoelektrični osigurači. Bimetalni osigurač ima bimetalnu polugu koja, kada se ugrije, otvara ventil za dovod plina. Termoelektrični osigurač ima termo element u toplom stanju generira istosmjernu struju, pa se pomoću elektromagneta za dovod plina održava u otvorenom položaju.

## **2.3 Peći za loženjem uljem**

Imaju iste prednosti kao i peći ložene plinom. Kao gorivo se koristi loživo ulje. One imaju spremnik za ulje, a plamenik je vrlo osjetljiv na neodgovarajući uzgon u dimnjaku, pa je kod jačih peći potrebno ugraditi ventilator za dovod zraka. Toplina se odaje pretežno konvekcijom što uvjetuje temperatura vanjskog plašta, a u manjoj mjeri zračenjem.

Snaga uljnih peći je 4-20 kW, uz stupanj iskoristivosti oko 70-80%.

## **2.4 Električne peći**

Koriste se za dodatno grijanje prostora koji se zagrijavaju nekim drugim sustavom grijanja, najčešće u prijelaznim razdobljima.

Vrste električnih peći uključuju:

- električnu grijalicu
- kalorifer
- električni radiator
- termo-akumulacijsku peć
- infracrvenu grijalicu

### 3 UREĐAJI CENTRALNOG I DALJINSKOG GRIJANJA

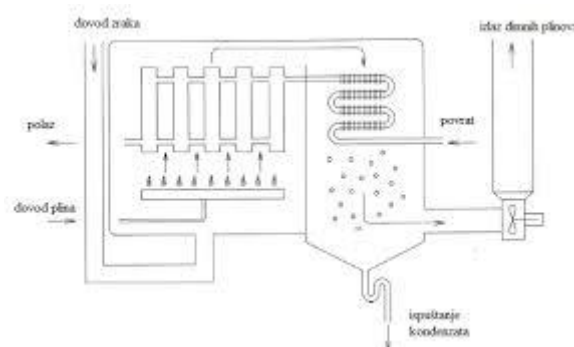
Osnovni dijelovi uključuju kotao (s dovodom goriva i dimnjakom), pumpu, razvodni cjevovodni sustav (s ekspanzijskom posudom i armaturom), uređaje za grijanje prostorije, te mjernu, regulacijsku i sigurnosnu opremu. Izmjenjivači topline su kotlovi i uređaji za grijanje, kroz koja struja dva fluida različite temperature dijeljena čvrstom stjenkom koja provodi toplinu. Njihov zadatak je predaja topline od jednog fluida na drugi.

#### 3.1 Uređaji za grijanje prostorije

Koriste se cijevna, rebrasta, pločasta i radijatori, te konvektori i podni konvektori. Uređaji za grijanje dijele se na grijala (ogrjevnna tijela) i panele (ogrjevne površine). Grijala se izrađuju od aluminijskog, čeličnog lima ili lijevanog željeza. Postavljaju se ispod prozora čime se sprečava nelagodno strujanje i zadržavanje hladnog zraka u blizini poda.

##### 3.1.1 Grijala

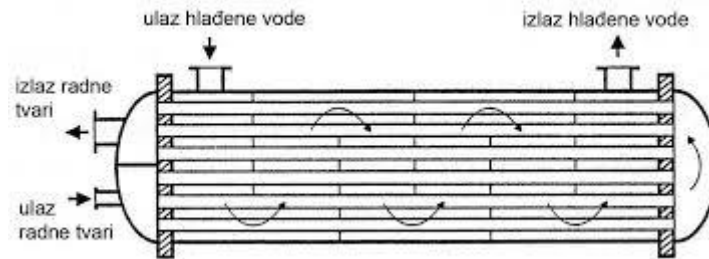
Radijatori su naprave za prijenos topline, često s toplom vodom ili zrakom. Sastavljeni su od istovrsnih članaka od lijevanog željeza, čeličnog lima ili aluminijskog. Cijevna grijala se upotrebljavaju za grijanje prostorija npr. u obliku sušila za ručnike, brže zagrijavaju vodu te je veća iskorištenost topline. Izrađena su od glatkih cijevi a izvode se jednostruko. Zbog što učinkovitijeg prijelaza topline postavljaju se rebrasta cijevna grijala ili lamele postavljene okomito na cijev.



Slika 2: Cijevna grijala



Pločasta grijala izrađuju se od profiliranog čeličnog lima, a pločasti konvektori nalik su pločastim radijatorima, ali imaju sa stražnje strane dodane vertikalne lamele. Izrađuju se od čeličnog lima ili aluminija, male dubine, s glatkom ogrjevnom površinom, koja velik dio topline predaje zračenjem.



Slika 3: Pločasta grijala

Konvektori su grijala od bakrenih cijevi s aluminijskim lamelama ili od rebrastih čeličnih cijevi. Konvektori su manji, jeftiniji i brže se zagrijavaju nego radijatori.

Postoje dvije glavne vrste konvekcije:

1. Toplina se prenosi pasivno, gibanjem fluida koje bi se dogodilo i bez procesa grijanja. Ovaj slučaj konvekcije se najčešće naziva prisilna konvekcija.
2. Toplina sama izaziva kretanje fluida (putem širenja i sile uzgona), dok se u isto vrijeme izaziva prijenos topline ovakvim skupnim gibanjem fluida. Ovaj proces se naziva prirodna konvekcija.



Slika 4: Konvektor

### 3.1.2 Paneli

Paneli su velike ogrjevne površine koje obuhvaćaju ploče za zračenje i nisko temperaturno grijanje (podno, stropno i zidno). Podno grijanje ostvaruje se putem plastičnih, čelični ili bakrenih cijevi ugrađenih u glazuru ili ispod nje. Zbog kontakta sa stopalima ne smije prelaziti 26 °C, a u dijelovima po kojima se manje hoda 29 °C. Zbog ovakvih temperatura toplinski učinak podnog grijanja je ograničen i ono se često koristi kao dodatno grijanje. Kod nisko temperaturnog grijanja ogrjevne cijevi ugrađene su u zidove, tako da su neprimjetne, a temperature površine su niske i iznose 25-45 °C. Usijane ploče za stropno grijanje su tvorničke hale i visoke prostorije koje se sastoje od registra cijevi s lamelama ili dvostrukim limenim pločama smještenih uz sam strop. Glavno obilježje je dobro zagrijavanje podne površine, a prilikom razmještaja ploča može se prilagoditi predviđenim aktivnostima ljudi. Temperatura površine ploča iznosi do 145 °C, uz maksimalnu polaznu temperaturu vode od 180 °C. Stropno grijanje ostvaruje se pomoću cijevi s lamelama smještenih u međuprostor spuštenog stropa ili cijevi ulivenih u beton. Temperatura iznosi do 35 °C, a vode do 75 °C, kako bi se izbjegao utjecaj zračenja.



Slika 5: Paneli (ogrjevne površine)

### 3.1.3 Etažno (plinsko) grijanje

Spada u kotlovske sustave grijanja tipične za obiteljske kuće i stanove. Voda se zagrijava plinskim bojlerom, i pomoću pumpe kruži kroz grijaća tijela (radijator, cijevi podnog grijanja, konvektori). Istovremeno se može zagrijavati i potrošna topla voda. Kod ovakvog grijanja prednost je individualna kontrola potrošnje i naplata prema potrošenom energentu. Moguće su razne izvedbe, pa primjerice podno grijanje niskotemperaturnog režima rada od 30 - 40°C umjesto 70 - 90°C kao kod radijatorskog, znači da je potrebna manje energije za zagrijavanje vode, što se može postići plinskim kotlovima. Efikasnije iskorištenje izgaranja plina kao energenta imaju kondenzacijski kotlovi koji dodatno iskorištavaju toplinu kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova u posebnom izmjenjivaču topline kojim se predgrijava ogrjevni medij (voda) iz povratnog voda sustava grijanja. Time se postižu mnogo bolja iskoristivost goriva (plina) i povećanje stupnja iskoristivosti, jer iskorištavaju i latentnu toplinu isparavanja.

Naime, gornja ogrjevna moć goriva predstavlja oslobođenu toplinu pri potpunom izgaranju jedinične količine goriva, kada vodena para u dimnim plinovima nakon ohlađivanja kondenzira i prelazi u kapljevito stanje. Donja ogrjevna moć goriva predstavlja oslobođenu toplinu pri potpunom izgaranju jedinične količine goriva, kada para u dimnim plinovima nakon ohlađivanja ostaje u plinovitom agregatnom stanju. Iskoristivost bilo kojeg kotla se računa s donjom ogrjevnom moći i zato je i kod kondenzacijskog preuzet isti način izračuna.

S obzirom na to da ponajviše služe i za pripremu potrošne tople vode, kondenzacijski kotlovi najčešće su izvedeni kao kombinirani. Uštede naspram starijih standardnih kotlova su od 10 do 25%, ovisno o starosti. Glavni preduvjet je da kuća ili stan ima plinske instalacije. Zamjena konvencionalnog plinskog bojlera kondenzacijskim isplatit će se za 5 do 7 godina kroz uštede na energentu. Danas se standardni (atmosferski) plinski kotlovi polako izbacuju iz upotrebe u većini EU zemalja, i ne smiju se više ugrađivati.

## 3.2 Kotlovi

Kotao je velika posuda koja služi za zagrijavanje vode, proizvodnju vodene pare, destilaciju i slično. U njima se kemijska energija goriva izgaranjem transformira u toplinu (u ložištu kotla), tada se ta toplina predaje radnom fluidu (vodi ili pari). Postoje kotlovi od lijevanog željeza i kotlovi od čeličnog lima. Prema vrsti goriva, postoje kotlovi na kruto, tekuće i plinovito gorivo, te električni kotlovi. Parni kotlovi su kotlovi koji služe za proizvodnju vodene pare, koju kasnije koriste potrošači, bilo za grijanje, u grijačima ili za pogon u parnim strojevima. Postoji više vrsta parnih kotlova, različitih po izgledu, namjeni, tlaku, temperaturi, a zbog sigurnosti podliježu čitavom nizu propisa i standarda. Svaki parni kotao mora imati sigurnosne uređaje: sigurnosni ventil ili sigurnosnu hidrostatsku cijev, alarmni signal, vodokazno staklo i manometar. Termometar za polazni vod, sigurnosne cijevi i ekspanzijsku posudu moraju imati sustavi vodenog grijanja. Na najvišoj točki postrojenja nalazi se ekspanzijska posuda, koja ima zadatak preuzeti višak vode koji se stvara radi povećanja volumena vode pri zagrijavanju. Kotlovi od lijevanog željeza koriste kruto gorivo, te su otporni na koroziju. Izrađeni su spajanjem niza istovrsnih članaka u širokom rasponu snage do najviše 700 kW. Kombinirani kotlovi koriste se kad su potrebne manje snage (do 100 kW) za grijanje i toplu vodu koja se troši. Kotlovi od čeličnog lima izrađuju se u velikom rasponu snage, od bojlera za pojedine stanove od 3500 kW. Kotao za centralno grijanje može biti napravljen za zagrijavanje vode, ili za dobivanje pare niskog ili visokog tlaka. Visokotlačno parno grijanje izvodi se rijetko, to jest samo onda kada je potrebna veća temperatura ogrjevnih tijela. Niskotlačni kotlovi proizvode paru s najvećim tlakom od 0,3 do 0,4 bara.

Podjela prema vrsti goriva:

- Kotlovi na plinska goriva
- Kotlovi na tekuća goriva
- Kotlovi na kruta goriva
- Kombinirani kotlovi (za više vrsta goriva)

### 3.2.1 Kotlovi na kruta goriva i kombinirani kotlovi

Danas postoje konstrukcije kotlova na kruta goriva visokog koeficijenta iskoristivosti i stupnja automatizacije loženja. U slučaju kombiniranih, prikladnih na loženje krutim i tekućim , pa čak i plinom ili peletima, neminovno je da svaki način loženja ima svoj stupanj iskoristivosti. Za svako pojedino gorivo u ložištu se razlikuju strujanja i procesi i ono mora biti tome prilagođeno ako se želi dobro iskoristiti. Stupanj iskoristivosti kod kotlova na kruta goriva kreće se od 74 do 82 posto, ovisno o kapacitetu kotla. Najsigurniji vodič za odabir kotla je znanje, odnosno poznavanje različitih konstrukcija i njihovih osobina.



Slika 6: Kombinirani kotlovi

### 3.2.2 Pirolitički kotlovi s rasplinjavajućim izgaranjem

Piroliza je jedna od faza izgaranja drva. Na temperaturama iznad 100 °C toplinskim zagrijavanjem iz drva se počinju oslobađati tzv. pirolitički plinovi. Kod pirolitičkih kotlova, faza pirolize je naglašena zahvaljujući posebnoj konstrukciji kotla, regulaciji i ugrađenom ventilatoru. Kotlovi na pirolizu najčešće imaju dvodjelno ložište i ventilator s promjenjivim brojem okretaja koji dobavlja potrebnu količinu zraka. U gornjem dijelu ložišta dolazi do sušenja drva, njegove toplinske razgradnje i stvaranja žara. Ventilator u gornji dio ložišta dovodi zrak pri čemu u području oko žara dolazi do rasplinjavanja, odnosno intenzivnog stvaranja drvnog plina. Količina dovedenog primarnog zraka u gornji dio ložišta dovoljna je samo za rasplinjavanje ali ne i za

potpuno izgaranje. Zbog podtlaka/predtlaka (ovisno o mjestu ugradnje ventilatora) nastali drveni plin prelazi u donji dio ložišta. Potpunost izgaranja osigurana je dovođenjem sekundarnog zraka kroz sapnicu. Kvaliteta i izgled plamena podsjeća na izgaranje ulja ili plina na klasičnim plamenicima.

Kotlovi koji rade naglašenim postupkom pirolize imaju stupnjeve iskoristivosti oko 90%. Ovako visoki stupanj iskoristivosti odgovarao bi približno plinskom kotlu loženom na zemni plin. Iz navedenog slijedi da kotlovi na pirolizu mogu godišnje uštedjeti i do 25 % ukupnih potreba za drvom. Kotlove odlikuje obično dulje vrijeme između dva punjenja (8-12 sati), a navedeno je ovisno o veličini kotla, spremniku topline, vlažnosti drva i sl. Zbog visoke kvalitete izgaranja količina nastalog pepela je vrlo mala. Temperature dimnih plinova kreću se u rasponu od 160-200 C. Većina novih dimnjaka koji se danas ugrađuju, otporni su na prisutstvo kondenzata, a kod starih dimnjaka njegovu pimjenjivost na ovu vrstu kotlova najbolje je usaglasiti sa lokalnim dimnjačarom. Promjer dimnjaka tj. njegova visina određuje se na osnovu tehničkih grafikona ili proračunom. Rukovanje kotlom je jednostavno, a automatska regulacija daje visoki komfor korištenja.



Slika 7: Pirolitički kotao

### 3.2.3 Kotlovi na tekuće gorivo

Iako je tekuće gorivo zbog cijene sve manje atraktivno i vrijeme grijanja na lož ulje je iza nas, mnogi postojeći sistemi još uvijek rade na lož ulje, a zbog dostupnosti energenta grade se i novi sistemi. Prednosti potpuno automatiziranog loženja, jednokratne nabavke goriva i praktično nikakvog posla s njime, malog potrebnog prostora za skladištenje, dostava na kućnu adresu razlog su što veliki broj potrošača nalazi svoju računicu u tekućem gorivu. Kao gorivo se koristi ekstralako loživo ulje, zbog kvalitete izgaranja i sigurnosti od smrzavanja u zimskim uvjetima. Crpka za cirkulaciju vode za centralno grijanje, ekspanziona posuda, razne druge potrebne armature u kotlovnici i automatika nabavljaju se i ugrađuju posebno.

Stupanj iskorištenja energije redovno je vrlo visok, što zahvaljujući samoj konstrukciji kotla, a što činjenici da je kod pretlačnih ložišta općenito bolje sagorijevanje, pa time i iskorištenje goriva. Za pravilan izbor kotla potrebno je elementarno poznavanje svih raspoloživih rješenja, jedan je zajednički element , a to je snaga kotla. Proizvođači deklariraju stupanj iskoristivosti i snagu kotla za pojedine tipove i oni moraju biti što bliži, ali iznad izračunatih gubitaka topline. U tom pogledu najmanje su osjetljivi plinski uređaji, a najviše kotlovi na kruto gorivo. Ipak kod kotlova na kruta goriva razumna rezerva snage treba biti malo veća nego kod ostalih, s obzirom na velike varijacije ogrjevnih vrijednosti različitih vrsta drva i ugljena.



Slika 8: Kotlovi za grijanje u kućanstvima

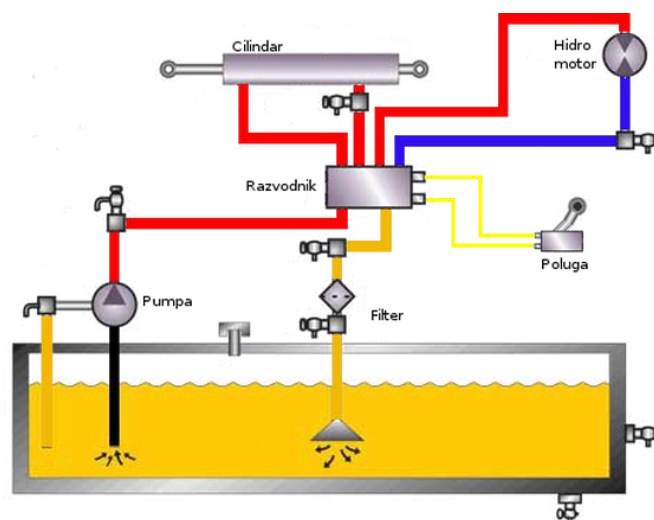
Tablica 1. Financijska usporedba energenata s obzirom na energetska vrijednost goriva i iskoristivost kotla

GORIVO	Jedinica mjere	Energetska vrijednost	Korisnost kotla (%)	Cijena kn/mj	Cijena kn/kWh	Cijena kWh/kn
Prirodni plin klasični kotao	m <sup>3</sup>	9,26	92	3,90	0,42	0,46
Prirodni plin kondenzacijski kotao	m <sup>3</sup>	9,26	97	3,90	0,42	0,43
UNP (LPG) plin u spremnicima	kg	12,82	92	5,61	0,44	0,48
Električna energija	kWh	1	99	VT 1,06 NT 0,53	70/30% 0,90	0,90
Ekstra lako ulje (Lož ulje)	L	9,96	92	3,42	0,34	0,37
Posušeno drvo <20% vlage	m <sup>3</sup>	1.800	70	398,00	0,22	0,32
Pelet	kg	5	92	1,5	0,30	0,33



### 3.3 Izmjenjivači topline

Izmjenjivači topline su naprave namijenjene prijelazu topline s jednog medija na drugi, a može biti izveden da se mediji dodiruju, ili da su odvojeni pregradom koja sprječava njihov izravni kontakt. U njima se može vršiti hlađenje, zagrijavanje, isparavanje ili ukapljivanje fluida. Oni se sastoje od snopa cijevi kroz koje prolazi jedan fluid, dok drugi potječe s vanjske strane cijevi kroz taj snop. S obzirom da postoji mnogo vrsta, izbor optimalnog izmjenjivača topline nije lagan. Zbog toga se izmjenjivači topline najčešće biraju kompjuterskim programima na kojima rade ili konstruktori izmjenjivača ili prodavači opreme. Kako bi izabrali odgovarajući izmjenjivač topline prvo se uzima u obzir ograničenja za konstrukcije za svaki tip.



Slika 9: Sigurnosna hidrostatska cijev

## 4 CENTRALNO GRIJANJE TOPLOM VODOM

Grijanje toplom vodom prikazuje se jednostavnim posluživanjem i velikom pogonskom sigurnošću, mogućnošću centralne regulacije i dugotrajnošću zbog spore korozije.

Kao radni medij sustavi centralnog grijanja koriste toplu vodu (do 100 °C) ili vrelu vodu (do 120 °C). U kotlu se ugrije voda koja se kroz cjevovod razvodne mreže dovodi do ogrjevnih tijela, tamo se ohladi i sabirnim cjevovodom vraća u kotao. Sustavi za grijanje toplom vodom najpogodniji su za grijanja stambenih, javnih i drugih zgrada u kojima ljudi borave veći dio dana zbog niske površinske temperature ogrjevnih tijela. Toplinska tromost i masa vode su znatni, veliki investicijski troškovi, te opasnost od zamrzavanja prilikom isključivanja pogona ili tek pojedinih ogrjevnih tijela.

Grijanje toplom vodom prema sili koja uzrokuje cirkulaciju dijeli se na:

- grijanje s prirodnom cirkulacijom
- grijanje s prisilnom cirkulacijom

Grijanje toplom vodom s obzirom na kontakt s okolnom atmosferom dijeli se na:

- Otvoreno grijanje
- zatvoreno grijanje

Prema vođenju vode kroz cjevovod sustavi grijanja dijele se na:

- jednocjevne sustave
- dvocijevne sustave

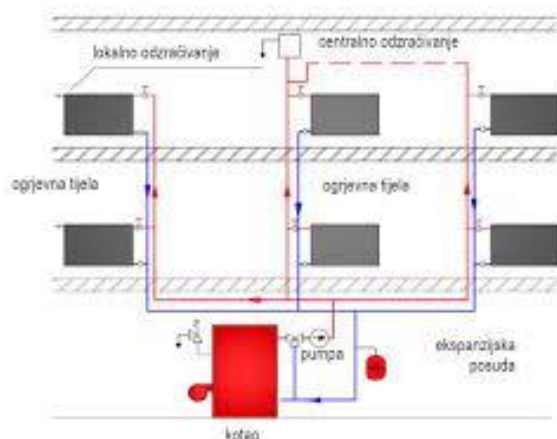
Prema položaju cjevovoda dijele se na:

- sustavi s gornjim razvodom
- sustavi s donjim razvodom

## 4.1 Vođenje vode kroz cjevovode

### 4.1.1 Jednocjevni sustavi

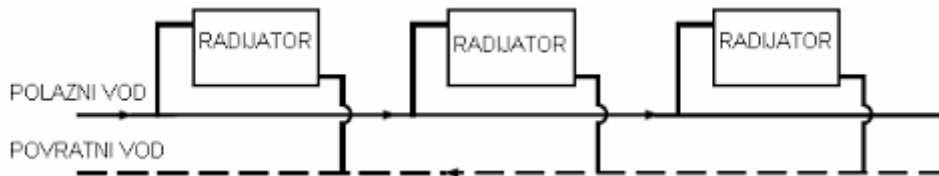
Predstavljaju izvedbu gornje razdiobe u kojoj se razdjelni dovodni vod vertikalnim silaznim ograncima neposredno spaja sa donjom sabirnom mrežom, a radijatori se serijski priključuju na silazni vod, tako da voda može prolaziti kroz sva priključena grijala. Kod jednocjevnih sustava sa serijskim spajanjem ogrjevnih tijela voda prolazi kroz kružni cjevovod od kotla kroz sva ogrjevna tijela i vraća se natrag u kotao. Za veće zgrade može se koristiti isti tip grijanja s nekoliko paralelnih kružnih cjevovoda. Pri prolasku kroz svako ogrjevno tijelo dolazi do opadanja vode u krugu, te su tada potrebne veće ogrjevne površine. Može se voditi horizontalno ili vertikalno. Glavno unapređenje kod jednocjevnog sustava donosi jednocjevni sustav s paralelnim spajanjem radijatora. Regulaciju toplinskih učinka nekih od ogrjevnih tijela omogućavaju regulacijski ventili. Smanjenje temperature vode u glavnomvodu izaziva ohlađena voda iz ogrjevnog tijela koja se miješa na spoju glavnog razdjelnog i povratnog voda. Pravilna raspodjela vode između glavnog voda i grijala obavlja se priključivanjem ogrjevnog tijela pomoću elemenata.



Slika 10: Jednocjevni sustav sa serijskim spajanjem radijatora

#### 4.1.2 Dvocijevni sustavi

Predstavlja sustav za razdiobu i dovod topline priključenim toplinskim potrošačima. Razlikuju se donja i gornja razdioba tople vode. Ista polazna temperatura dobiva se priključenjem ogrjevnog tijela na odvojeni dovodni i odvodni vod.



Slika 11: Dvocijevni sustav spajanja radijatora

#### 4.1.3 Ekspanzijska posuda

Služi za preuzimanje viška vode prilikom povećanja volumena vode uslijed zagrijavanja. Razlikuju se otvoreni i zatvoreni sustavi. U otvorenim sustavima ekspanzijska posuda smještena je na najvišem mjestu postrojenja te je otvorena prema atmosferskom tlaku, za razliku od zatvorenih sustava koji moraju imati posebne sigurnosne naprave i ekspanzijska posuda se može postaviti na najviše ili najniže mjesto postrojenja i nema veze s atmosferom.

#### 4.1.4 Gornja razdioba

Ugrijana voda iz kotla vodi se dovodnim vodovima, a ohlađena voda iz radijatora povratnim vodovima, te se vodi natrag u kotao. Razdjelni vod obično je smješten na tavanu, a sabirni vod u podrumu. Takav sustav se centralno odzračuje.

#### 4.1.5 Donja razdioba

Za razliku od gornje razdiobe kod donje razdiobe za centralno grijanje primjenjuje se dvocijevni sustav s donjom razdiobom. Razdjelni i sabirni vodovi se polažu uz strop podruma a kotao se nalazi u podrumu. U ulaznim polaznim ograncima zagrijava se topla voda preko vodova, zatim prilikom prolaska kroz grijala voda se ohlađuje, te se kroz silazne povratne ogranke vraća u kotao.

#### 4.1.6 Odzračivanje sustava

Poremećaje u cirkulaciji vode, koroziju i buku uzrokuje zrak u cijevima ili ogrjevnim tijelima. Postrojenja mogu imati centralno ili lokalno odzračivanje. Kod

postrojenja s gornjim razvodom razdjelne cijevi moraju biti postavljene pod malim nagibom, dok na najvišem mjestu mora se predvidjeti odzračivanje. Kod donje razdiobe odzračivanje se vrši kroz polazne i odzračne vodove koji su spojeni na ekspanzijsku ili na odzračnu posudu.

## 4.2 Gravitacijsko grijanje

Sustavi toplo vodnog gravitacijskog grijanja su:

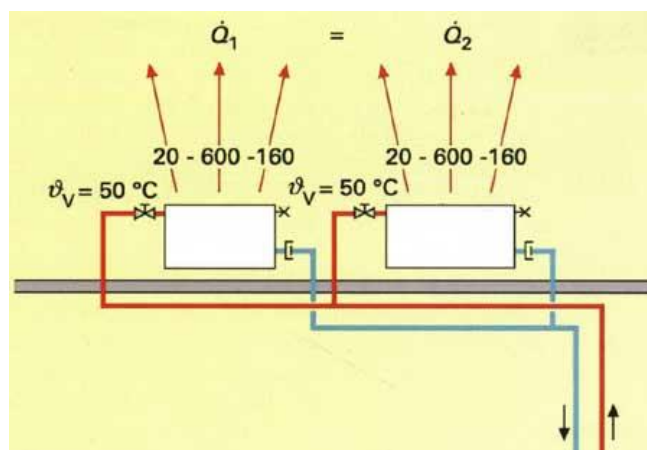
- Dvocijevni sustav (s gornjom ili donjom razdiobom)
- Jednocijevni sustav (s gornjom razdiobom)
- Etažno grijanje (s gornjom razdiobom)

## 4.3 Grijanje prisilnom cirkulacijom

Danas se za toplo vodno grijanje koriste isključivo sustavi s prisilnom cirkulacijom koja se vrši zbog dobre cirkulacije vode, malih promjera cjevovoda, i bolje mogućnosti cirkulacije grijanja.

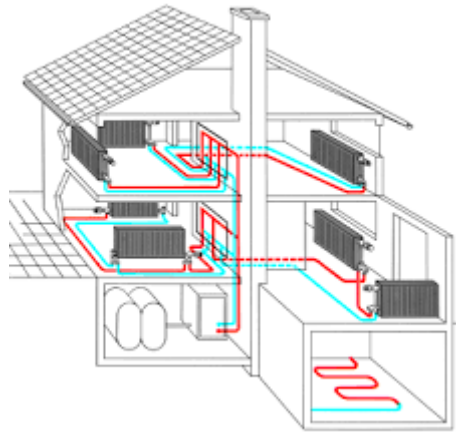
Toplovodno grijanje s prisilnom cirkulacijom izvodi se kao:

- dvocijevni sustav



Slika 12: Dvocijevni sustav grijanja

b) jednocjevni sustav



Slika 13: Jednocjevni sustav grijanja

Posebnu pažnju potrebno je posvetiti problemu odzračivanja, zbog relativno velike brzine strujanja vode. Pumpa se ugrađuje se u polazni ili povratni vod. Često se ugrađuju paralelno tri pumpe, svaka s 50% potrebnog kapaciteta, tako da pumpa služi kao rezerva.

## 5 PARNO GRIJANJE

Koristi se voda (preko 100 °C) koja se prilikom zagrijavanja pretvara u paru i koristi za grijanje. Takva para se rijetko koristi za grijanje stambenih ili uredskih prostorija. Para proizvedena u kotlu dovodi se parnim vodovima do ogrjevnih tijela, u njima kondenzira, pa se kao kondenzat vraća kondenzacijskim vodovima u kotao.

Parni kotlovi su kotlovi koji služe za proizvodnju vodene pare, koju kasnije koriste potrošači, za grijanje u grijačima ili za pogon u parnim strojevima i turbinama. Postoji više vrsta parnih kotlova, različitih po izgledu, namjeni, tlaku i temperaturi.

Prva podjela kotlova je prema radnom tlaku na:

- niskotlačne (do 7 bara),
- srednjetačne (do 22 bara),
- visokotlačne (preko 22 bara)

Toplina i toplinska tromost su mali zbog relativno male mase pare. Centralna regulacija je otežana, moguć je transport na veće udaljenosti, temperature ogrjevnih površina su visoke, te postoji opasnost od korozije.

Prema tlaku pare grijanje parom dijeli se na:

- a) niskotlačno
- b) visokotlačno
- c) vakuumsko

Grijanje parom s obzirom na kontakt s okolnom atmosferom dijeli se na:

- a) otvoreno
- b) zatvoreno

Prema vođenju vode kroz cjevovod sustavi grijanja dijele se na:

- a) jednocjevne
- b) dvocijevne

Prema položaju glavnog razvoda dijeli se na:

- a) sustave s gornjim razvodom
- b) sustave s donjim razvodom

Prema položaju kondenzacijskog cjevovoda dijeli se na:

- a) sustavi s gornjim povratom kondenzata
- b) sustavi s donjim povratom kondenzata

Prema načinu povrata kondenzata dijeli se na:

- a) sustavi s prirodnim povratom kondenzata
- b) sustavi s prisilnim povratom kondenzata

Tablica 2. Sigurnosni uređaji potrebni za zatvorene generatore pare na plin ili naftu s temperaturama = 120 °C

Mjerna veličina	Sigurnosni uređaj		Napomena
	Tip	Pozicija	
Radni tlak	manometar	GP	
	sigurnosni ventil	GP, polazni ventil	
	ekspanzijski lonac	sigurnosni ventil	>350 kW, >100 °C za >350 kW, =100 °C dovoljni su ograničavaći temp. i maks. tlaka
	ograničavač maks. tlaka		
	ograničavač min. tlaka	ekspanzijski vod	
	ekspanzijska posuda s održavanjem tlaka sustava	ekspanzijski vod	
Razina vode	osigurač za potrebnu razinu vode	GP, polazni vod	ispod 350kW dovoljno spriječiti pregrijavanje
Polazna temp.	termometar kotla	GP	
	regulator temperature	GP	
	uređaj za nadzor temperature	GP	za posredno grijanje GP
	ograničavač temperature	GP	

## 5.1 Grijanje parom niskog tlaka

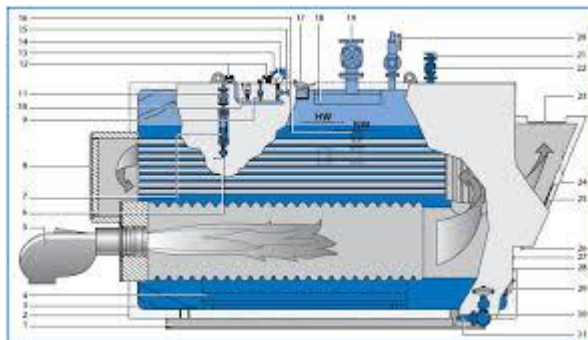
Para se proizvodi u niskotlačnim parnim kotlovima ili se reducira tlak pare oduzete iz visoko tlačnih kotlovskih postrojenja. Najviši dozvoljeni radni tlak iznosi 1 bar. Tlak pare ispred radijatora iznosi oko 0,02 bar. Ovisno od horizontalne duljine zgrade, odnosno od duljine najdužeg ogranka cijevi, radni tlakovi su od 0,0 do 0,2 bar. Budući da je zrak teži od pare, odzračivanje se vrši putem kondenzatnih vodova.



Iz tog razloga se kondenzata cjevovod mora spojiti s atmosferom preko odzračnog voda.

## 5.2 Grijanje parom visokog tlaka

Grijanje parom visokog tlaka koristi se za tvornice koje u svom radnom procesu trebaju paru visokog tlaka, iz razloga što je temperatura ogrjevnih tijela visoka, a mogućnost regulacije slaba. Pred tlak pare iznosi 1-3 bara, ovisno od spoja na dovod pare i duljine cjevovoda. Iza svakog trošila ili grupe trošila postavlja se odvajač kondenzata, kako para ne bi došla u kondenzatni vod.



Slika 14: Parni kotlovi

## 5.3 Vakuumsko grijanje

U odnosu na grijanje parom niskog tlaka, temperatura ogrjevnih tijela ovisi od odabira tlakova u uređaju, te je iz tog razloga niža. U parnim vodovima može vladati i podtlak i pretlak, a u kondenzatnim vodovima prevladava podtlak koji se održava vakuumskom pumpom. Dva su tipa vakuumnog parnog grijanja: jednostavno grijanje s konstantnim tlakom u kondenzacijskom vodu od 0,2 do 0,3 bara i diferencijalno grijanje s konstantnom razlikom tlaka oko 0,1 bar između parnog i kondenzatnog voda.

## 6 DALJINSKO UPRAVLJANJE GRIJANJEM

Kod daljinskog grijanja pojavljuje se predajna stanica, odnosno kućna toplinska stanica u koju toplina dolazi iz gradske toplane ili termoelektrane. One su vidljivo manje od kotlovnica. Izvedba stanice ovisi od fluida za transport topline i ubraja se u mreže daljinskog grijanja. One mogu biti niskotlačne i visokotlačne. Daljinsko grijanje dijeli se na dvije cjeline: parovodna mreža daljinskog grijanja i toplovodna mreža daljinskog grijanja.

Parovodna mreža centralnog grijanja sastoji se od jednog parnog i jednog kondenzacijskog voda. Tlak pare niskotlačne mreže iznosi do 2 bar, a u visokotlačnoj do 12 bar. Kućna toplinska stanica mora sadržavati izmjenjivač topline zbog predaje topline sustavu toplovodnog grijanja, te razdjelni i sabirni vod s cirkulacijskom pumpom. Kod toplovodne mreže daljinskog grijanja transport koriste dalekovodi tople vode s temperaturom vode 130/70 °C ili s temperaturom 180/50 °C i to s 2 ili 3 cijevi. Direktno ili indirektno se priključuje kućna toplinska stanica. Dalekovodi tople vode imaju centralnu regulaciju, što znači da se polazna temperatura prilagođuje meteorološkim uvjetima. U nisko tlačnim mrežama polazna temperatura iznosi do 110 °C, a povratna je 70 °C. Minimalna polazna temperatura dvocijevnog dalekovoda iznosi 70 °C zbog zagrijavanja potrošne vode, dok trocijevni dalekovodi imaju jednu polaznu cijev za grijanje i jednu s konstantnom temperaturom od 90 °C do 100 °C.

### 6.1 Regulacija

Kod etažnog grijanja sastoji se od sobnog termostata s upravljačkom elektronikom. Termostati su temperaturno osjetljivi uređaji koji upravljaju sustavom grijanja tako što

pojačavaju ili smanjuju grijanje kada temperatura vode (medija u sustavu grijanja) ili zraka u prostoru padne ili poraste u odnosu na unaprijed određenu temperaturu u boravišnom prostoru koju sami određujemo. Programski termostati imaju mogućnost vremenskog podešavanja automatskog paljenja i gašenja sustava grijanja, što znači da će se grijanje automatski smanjiti kada ga ne trebamo. Tako na jednostavan način možemo uštedjeti energiju u sezoni grijanja ako se termostat postavi na višu temperaturu (oko 21°C) preko dana kada smo kod kuće, odnosno na par stupnjeva nižu temperaturu (oko 18°C) kada smo izvan doma ili kad spavamo. Ako snizimo postojeću temperaturu na termostatu za samo 1°C, potrošnja energije smanjit će se i do 6%, što u sezoni grijanja nisu mali novčani izdaci. Isto vrijedi i ako imamo termostat za klima uređaj za postizanje niže temperature u kući. Mjesto gdje se postavlja termostat treba biti tamo gdje očekujemo prosječnu temperaturu u kući stanu, što može utjecati na njegove performanse i efikasnost. Termostate treba staviti na mjesto gdje neće biti izloženi direktnim sunčevim zrakama, pored vrata i prozora. Termostat je uređaj za održavanje stalne temperature u zatvorenom prostoru ili sustavu. Napravljen je na bazi termometra.

Sadržava uređaj osjetljiv za grijanje ili hlađenje koji automatski uključuje ili isključuje sustav grijanja ili hlađenja čim temperatura prekorači dopuštenu gornju ili donju predviđenu graničnu vrijednost. Stalne se temperature održavaju upravljajući protokom goriva koje izgara ili drugih sustava gdje se nalazi. Primjenjuje se u sustavima grijanja zatvorenih prostora, u sustavima grijanja zatvorenih uređaja i sl.



## 7 TEHNIKE CENTRALNOG GRIJANJA

Grijanje ima za svrhu stvaranje odgovarajuće razine ugodnosti boravka u prostorima zimi. Prvotni sustavi grijanja podrazumijevali su korištenje pojedinačnih izvora topline (peći, kamini). Moderni sustavi grijanja podrazumijevaju korištenje nisko temperaturne i kondenzacijske tehnike.

Postoji više vrsta različitih podjela grijanja. Najčešće su podjela prema korištenom energentu i položaju izvora grijanja. Podjela prema korištenom energentu za grijanje:

- Električno grijanje
- Grijanje na kruto gorivo
- Grijanje na tekuće gorivo
- Grijanje na plinsko gorivo
- Solarno grijanje

Podjela prema ogrjevnom mediju:

1. Vodeno
  - toplovodno (do 100°C)
  - vrelovodno (do 130°C)
2. Parno
  - niskotlačno (do 1,5 bar)
  - visokotlačno (od 2 bar)
3. Toplozračno

Za pravilan izbor sustava grijanja bitno je razmotriti sljedeće elemente:

- Klimatski uvjeti (geografsko područje)

- Namjena građevine (stambena, poslovna, škola, sportska dvorana...)
- Vrijeme korištenja (stalno, povremeno)
- Raspoloživi energenti (električna energija, prirodni plin, loživo ulje)
- Investicijski i pogonski troškovi
- Zakonska regulativa i propisi
- Ekološki standardi

## **8 ZAKLJUČAK**

Centralno grijanje je dio toplinske energije bez kojeg bi ljudi teško preživjeli u zimskom periodu. Dijeli se na nekoliko vrsta i podvrsta grijanja, ovisno o stupnju razvijenosti područja gdje se živi, što znači da može biti na kruta goriva, tekuće gorivo, plinsko gorivo i parno grijanje. U najnovije doba se upotrebljava sunčeva energija i toplina zemljine kore, što znači iskorištava se toplina iz zemlje i ugrađuju se toplinske pumpe. Iskoristivost grijanja na kruta goriva je vrlo velika u domaćinstvima i povoljna je u ekonomskoj situaciji u kojoj se nalazimo, međutim u velikim industrijama je sve manje zastupljeno zbog ekološke situacije uništavanja šuma, te se prelazi na druge vrste ogrjevnog goriva kao što je lož ulje, plin, parno grijanje i drugi izvori energije. Međutim sve se manje koristi ogrjevno gorivo lož ulje i tekući derivati (mazut) zbog zagađenja atmosfere kojom smo okruženi.

U današnje vrijeme relativno je najisplativije grijanje domaćinstva i industrije prirodnim resursima (sunce, zemljina kora), ali je zbog financijske situacije ljudi još uvijek slabo zastupljeno u državi. Pravilnim postavljanjem svih sustava grijanja relativno su male mogućnosti da dođe do nekih situacija koji bi mogli ugroziti život i zdravlje ljudi, no nestručnim rukovanjem aparatima za centralno grijanje može doći do ozljeda i materijalne štete.

## LITERATURA

[1] **Korbar Radoslav**, "Grijanje, ventilacija i klimatizacija", Karlovac, siječanj 2002.

[2] **Zavod za istraživanje i razvoj**, "Grijanje, klimatizacija, ventilacija", Zagreb

[3] **Društvo za oblikovanje održivog razvoja**, "Moja energija", Zagreb  
<http://www.mojaenergija.hr/index.php/me>, pristupljeno 13.09.2016.