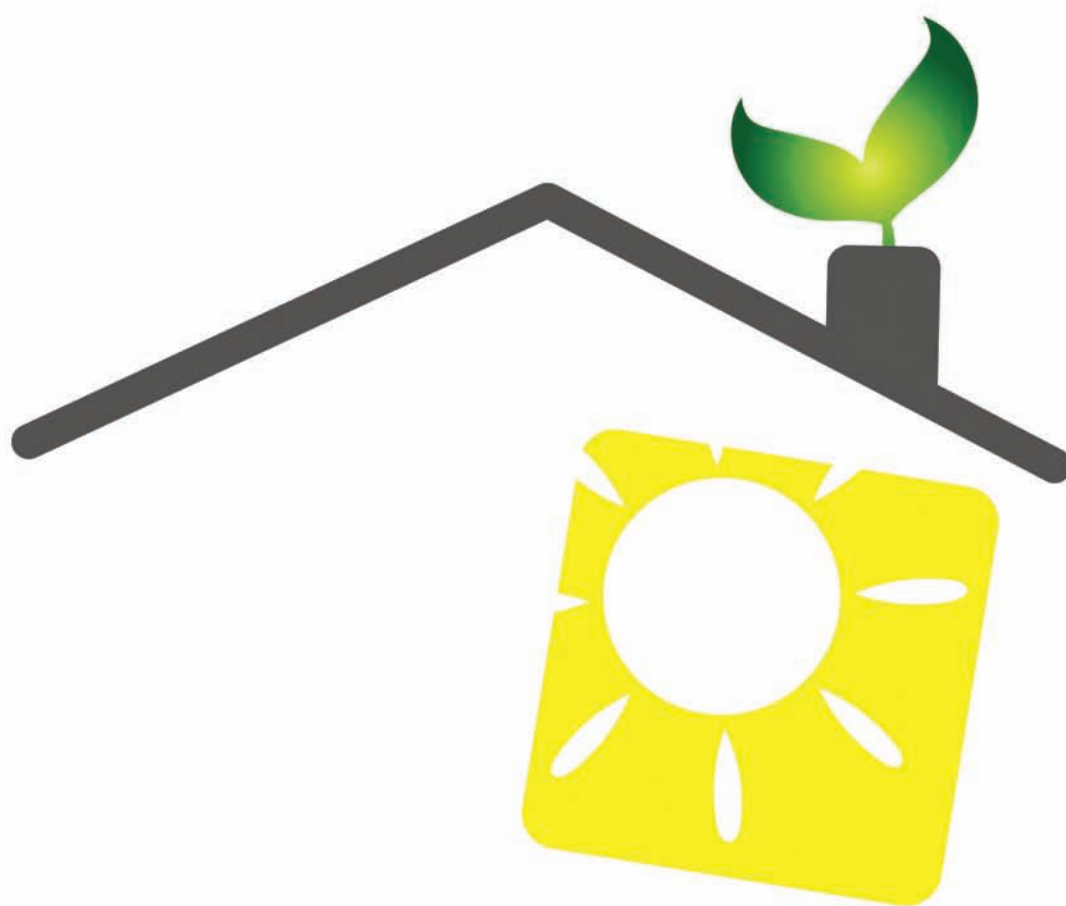


SMJERNICE ZA UPRAVLJANJE I ODRŽAVANJE TERMO-ENERGETSKIH SYSTEMA U JAVNIM OBJEKTIMA



SMJERNICE ZA UPRAVLJANJE I ODRŽAVANJE TERMO-ENERGETSKIH SISTEMA U JAVNIM OBJEKTIMA



MAJ 2014. GODINE

SADRŽAJ

PREGOVOR	7
I. UVODNA TEORIJA I OSNOVE TERMODINAMIKE	8
I.1. ENERGIJA, TEMPERATURA I TOPLOTA	8
I.2. PRENOS TOPLOTE	11
I.3. ZAKONI TERMODINAMIKE	12
I.4. TEORIJA I PROCES SAGORIJEVANJA	13
2. VRSTE GORIVA I KALORIČNE VRIJEDNOSTI	15
2.1. PREGLED I VRSTE GORIVA ZA PROIZVODNJU TOPLOTNE ENERGIJE	15
2.2. TOPLOTNA MOĆ GORIVA	18
3. KOTLOVI / TERMO-ENERGETSKI SISTEMI ZA GRIJANJE.....	21
3.1. KOTLOVI NA ČVRSTA GORIVA	22
3.2. KOTLOVI NA GASNA I TEČNA GORIVA	25
3.3. KOTLOVI NA TEKUĆA GORIVA	28
3.4. STEPEN EFIKASNOSTI KOTLOVA	29
4. PREGLED ELEMENATA TERMO-ENERGETSKIH SISTEMA ZA GRIJANJE	30
4.1. GORIONICI	30
4.2. PUMPE	32
4.3. SIGURNOSNA I REGULACIJSKA OPREMA	34
5. SISTEMI GRIJANJA NA BIOMASU	37
6. OPTIMIZACIJA EFIKASNOSTI RADA/KORIŠTENJA KOTLOVA NA BIOMASU	46
7. ODRŽAVANJE I PRAVILNO RUKOVOĐENJE KOTLOVA NA BIOMASU	49
8. CHECK-LISTA I INDIKATORI ZA PRAĆENJE POTROŠNJE ENERGIJE	53
LITERATURA	55

PREDGOVOR

Smjernice za upravljanje i održavanje termo-energetskih sistema u javnim objektima, sa fokusom na kotlove na biomasu, imaju za cilj da podignu svijest široj javnosti i upoznaju osobe koje direktno ili indirektno rukovode i održavaju ove sisteme sa praktičnim informacijama i savjetima za pravilan, siguran i efikasan rad sistema.

Smjernice su napisane na razumljiv način, pokušavajući minimizirati tehnički riječnik, u cilju što šire upotrebe. Budući da sve više javnih objekata prelazi sa fosilnih goriva na goriva na biomasu, u cilju zadovoljavanja svojih toplotnih potreba, ovaj dokument može doprinjeti povećanju efikasnosti sistema grijanja kroz pravilno rukovođenje, opsluživanje i održavanje sistema opisanih u Smjernicama.

Smjernice za upravljanje i održavanje termo-energetskih sistema u javnim objektima nastoje čitaocu upoznati sa cjelokupnim spektrom termo-energetskih sistema, od teorije sagorijevanja i podjele energenata do opisa kotlovskih postrojenja, optimizacije efikasnosti rada i pravilnog održavanja, te rukovođenja kotlova i sistema grijanja na biomasu. Obrađena su slijedeća poglavlja:

- 1. UVODNA TEORIJA I OSNOVE TERMODINAMIKE**
- 2. VRSTE GORIVA I KALORIČNE VRIJEDNOSTI**
- 3. KOTLOVI / TERMO-ENERGETSKI SISTEMI ZA GRIJANJE**
- 4. PREGLED ELEMENATA TERMO-ENERGETSKIH SISTEMA ZA GRIJANJE**
- 5. SISTEMI GRIJANJA NA BIOMASU**
- 6. OPTIMIZACIJA EFIKASNOSTI RADA/KORIŠTENJA KOTLOVA NA BIOMASU**
- 7. ODRŽAVANJE I PRAVILNO RUKOVOĐENJE KOTLOVA NA BIOMASU**
- 8. CHECK-LISTA I INDIKATORI ZA PRAĆENJE POTROŠNJE ENERGIJE**

Ipak, ovdje se svjesno navodi i skreće pažnja da osobe koje upravljaju i održavaju termo-energetske sisteme trebaju da pročitaju i slijede uputstva proizvođača kotlovnica i elemenata termo-energetskih sistema grijanja (gorionici, pumpe, sigurnosna oprema, regulaciona oprema, dimovodni sistemi) sa kojima vrše svakodnevni rad, odnosno onih sistema sa kojima rukovode u javnim objektima. Predmetne Smjernice za upravljanje i održavanje termo-energetskih sistema u javnim objektima pružaju opću sliku najznačajnijih faktora sistema grijanja i mogu odlično poslužiti za stvaranje općeg znanja o termo-energetskim sistemima.

Smjernice za upravljanje i održavanje termo-energetskih sistema u javnim objektima, sa fokusom na kotlove na biomasu, su napisane uz pomoć Fonda za zaštitu okoliša FBiH, Fonda za zaštitu životne sredine i energetske efikasnost RS i Razvojnog programa Ujedinjenih nacija u BiH (UNDP) i nastoje da doprinesu aktivnostima ovih organizacija/institucija na polju smanjenja emisije CO₂ u Bosni i Hercegovini.

Sanjin Avdić
voditelj Sektora energije i okoliša, UNDP

I. UVODNA TEORIJA I OSNOVE TERMODINAMIKE

I.I. ENERGIJA, TEMPERATURA I TOPLOTA

Energija

Energija (engl. energy) je fizička veličina koja se ne može ni vidjeti ni osjetiti, nego samo izračunati iz zakona fizike. Ona je ujedno i roba na tržištu. Bitno je razlikovati i uočiti da energija nije nikome potrebna, već da su potrebni efekti energije (pokretanje mašina i uređaja, grijanje prostorije, hlađenje prostorije, osvjetljivanje prostorije itd.), a isti efekat je moguće ostvariti sa različitim količinama energije.

Dakle, bitno je razlikovati oblike energije i učinke energije. Oblici energije se dijele na:

- **toplotnu energiju**
- **mehaničku energiju**
- **kinetičku energiju**
- **potencijalnu energiju**
- **električnu energiju**
- **hemijsku energiju**
- **nuklearnu energiju**

Učinci energije su npr.:

- **toplota**
- **kretanje**
- **svjetlost**
- **zvuk, itd.**

Osnovna jedinica za energiju je J (joule), a jedan joule jednak je jednom Watt-sekundu ($1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$). Najčešće korištena mjera za potrošnju energije u zgradama je kWh!

Temperatura

Temperatura je fizikalna veličina kojom se izražava toplotno stanje neke tvari i jedna je od osnovnih veličina u termodinamici. Ona zavisi o tome koliko unutrašnje energije sadrži neko tijelo određene mase i pritiska. Temperatura ne može prelaziti s tijela na tijelo, nego prelazi toplota, a temperature se izjednačavaju.

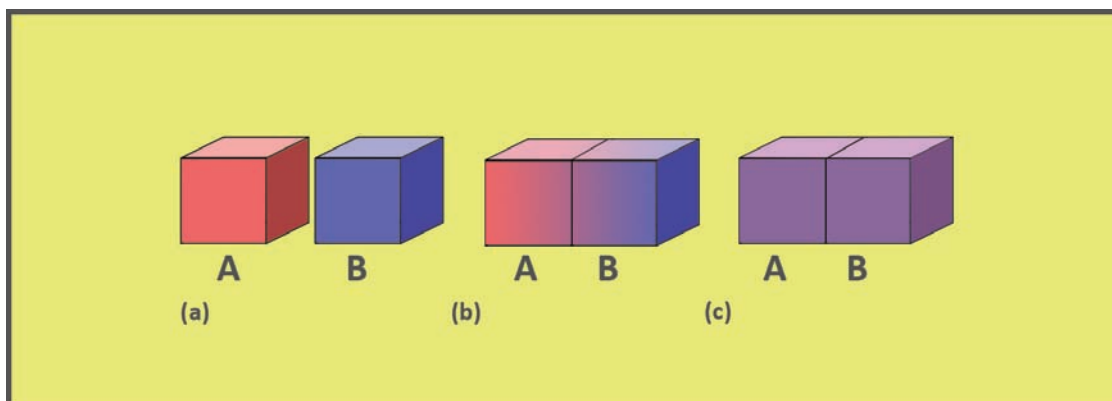
Prema molekularnoj teoriji temperatura je u direktnoj vezi sa prosječnom brzinom kretanja molekula i rastom te brzine, raste i temperatura i obratno. U SI sistemu mjera su u upotrebi dvije temperaturne skale:

- **Kelvinova temperaturna skala, *i***
- **Celzijeva temperaturna skala.**

Odgovarajuće su mjerne jedinice 1 K odnosno 1°C.

Toplota

Toplota, ili toplotna energija, je ona energija koja se izmjenjuje između dva tijela ili unutar samoga tijela samo uslijed temperaturnih razlika!

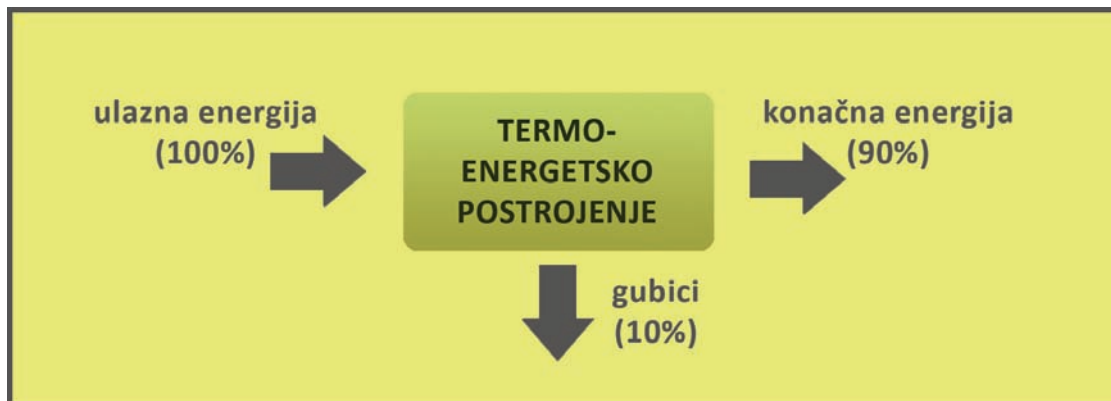


Slika 1. Prenos toplote i izjednačavanje temperature usljed temperaturnih razlika dva tijela

Mjerna jedinica za toplotu (toplotnu energiju) je J (Joule), oznaka za toplotu u literaturi je „Q“. Toplota izmijenjena u jedinici vremena naziva se toplotni tok, označava simbolom Φ , a mjerna je jedinica $J/s = W$ (Watt).

Energetska iskoristivost

Energetska iskoristivost nekog procesa definira se kao omjer iskorištene izlazne energije (rad i iskoristiva toplota) i utrošene ulazne energije u proces (gubitak energije).



Slika 2. Proces energetske iskoristivosti termo-energetskih postrojenja

Energetska iskoristivost, odnosno stepen korisnog dejstva (energetske efikasnosti) jednaka je odnosu konačne energije i ulazne energije.

$$\text{Stepen efikasnosti sistema} = \frac{\text{konačna energija}}{\text{ulazna energija}}$$

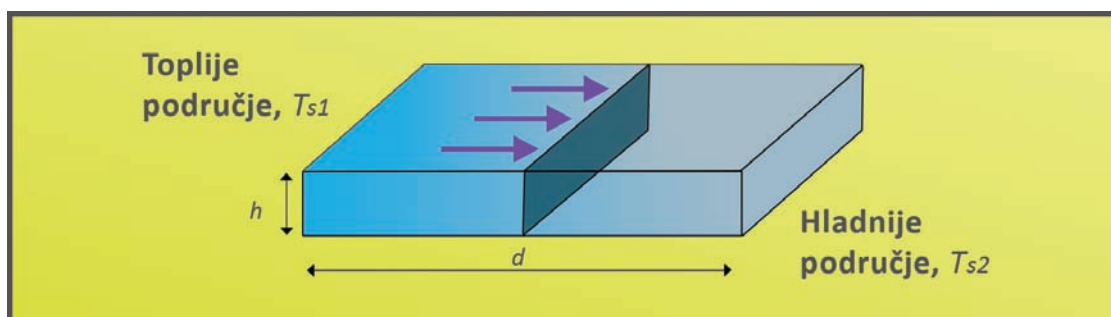
I.2. PRENOS TOPLOTE

U osnovi se razlikuju tri načina prenosa toplote:

- ***kondukcija ili provođenje***
- ***konvekcija***
- ***radijacija ili zračenje.***

Kondukcija

Provođenje toplote je način izmjene toplote koji se događa u tijelima čije su osnovne čestice (molekule, atomi) vezane na položaj u kojem se nalaze u samom tijelu i ne mogu se znatnije pomaknuti. Strogo gledajući, provođenje se odvija u krutim tijelima iako se može pojaviti i kod tečnosti (kapljevina ili plinova) kada se one nalaze u vrlo malom prostoru tako da ne može doći do znatnijeg kretanja njihovih makroskopskih dijelova.



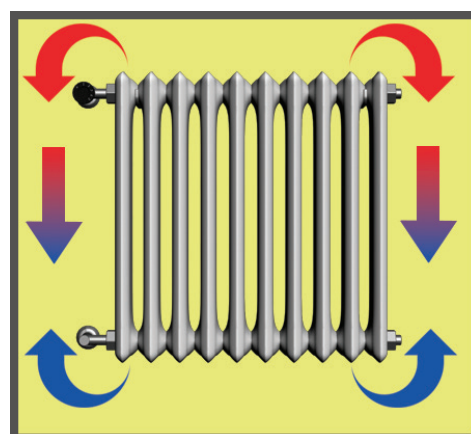
Slika 3. Prenos toplote kondukcijom

Konvekcija

Konvekcija je naziv za prenos toplote koji se odvija između krutog tijela (npr. površina građevinskog elementa) i tečnosti u kretanju. Pod tečnosti se podrazumijeva stanje tvari koje nije kruto, stanje plina i kapljevine.

Kretanje tečnosti može biti pobuđeno na dva načina:

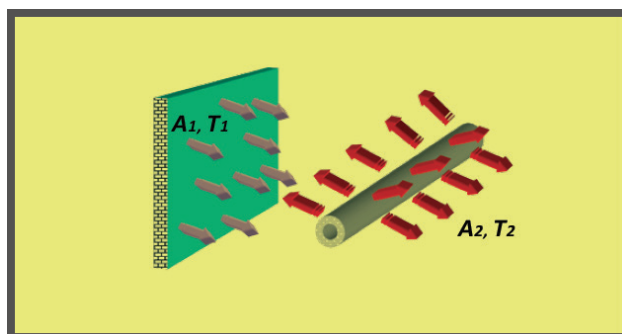
- ***prirodnom (slobodnom) konvekcijom, i***
- ***prisilnom (prinudnom) konvekcijom.***



Slika 4. Prenos toplote konvekcijom

Zračenje

Zračenje je mehanizam izmjene toplote koji se odvija u formi elektromagnetskih valova između tijela različitih temperatura, između kojih je proziran (propustan) medij. Širenje elektromagnetskih valova se odvija bez materijalnog posrednika i to je osnovna razlika između zračenja i prethodna dva načina prenosa toplote (i kondukcija i konvekcija zahtijevaju materijalnog posrednika!). Zračenje se može odvijati i u vakuumu.



Slika 5. Prenos toplote zračenjem

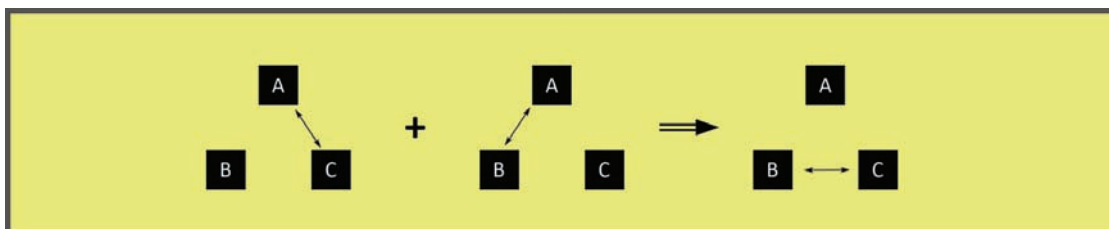
1.3. ZAKONI TERMODINAMIKE

Termodinamika je grana fizike koja se bavi proučavanjem pretvorbe energije. Naziv dolazi iz grčkog jezika gdje thermos znači topao, a dinamis znači silu i kretanje. Termodinamika proučava veze između toplotne energije i ostalih oblika energije koje se u tvarima izmjenjuju u uvjetima ravnoteže. Naime, gotovo svaki oblik energije u svojoj pretvorbi prelazi na kraju u energiju toplotnog kretanja. Tako npr. trenje, električna energija, energija hemijske reakcije, svjetlosna energija i druge vrste energije pretvorbama prelaze u toplotu.

Termodinamika se, kao i klasična mehanika ili kvantna mehanika, temelji na iskustvom izvedenim zakonitostima koje se zovu zakoni ili stavke termodinamike. Zovu se Nulti, Prvi, Drugi i Treći zakon termodinamike!

Nulti zakon termodinamike

Temperatura je skalarna veličina svojstvena termodinamičkim sistemima u ravnoteži, na takav način da je jednakost temperatura nužan uvjet za termodinamičku ravnotežu. Nulti zakon termodinamike kaže da više sistema prepušteni sami sebi teže u postizanju ravnoteže: toplotne, hemijske, mehaničke, nakon nekog vremena.



Slika 6. Ilustrovani prikaz Nultog zakona termodinamike

Prvi zakon termodinamike

Prvi zakon termodinamike kaže da se energija ne može stvoriti ni iz čega niti se može uništiti, već se može samo prenijeti iz jednog oblika u drugi, ili sa jednog tijela na drugo.

Alternativna formulacija glasi: nemoguće je napraviti stroj (perpetuum mobile) koji bi stvarao energiju ni iz čega. Odnosno, kako bi dobili energiju (npr. ugrijali neki prostor) moramo uložiti neku energiju (npr. sagorijevanje goriva u svrhu grijanja, proizvodnja električne energije te pretvorba iste u toplotnu energiju).

Drugi zakon termodinamike

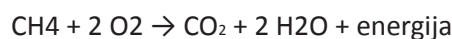
Drugi zakon termodinamike kaže da je nemoguć proces u kome bi toplota spontano prelazila sa tijela niže temperature na tijelo više temperature. Alternativno se govori o gubicima rada zbog nepovratnosti procesa, tj. u realnim procesima je za povratak u početno stanje potrebno uložiti energiju. Ta nepovratnost se mjeri porastom entropije.

I.4. TEORIJA I PROCES SAGORIJEVANJA

Sagorijevanje ili izgaranje je hemijski proces, kod kojeg dolazi do oksidacije gorivih sastojaka nekog goriva. To je proces između goriva i oksidansa, u kojem se stvara toplota zbog promjene hemijskih sastojaka. Uz oslobađanje toplote može se pojaviti svjetlost, u obliku žarenja ili plamena. Goriva su najčešće organske materije (posebno ugljovodonici) u gasovitom, tečnom ili čvrstom stanju.

Potpuno sagorijevanje

Kod potpunog sagorijevanja, gorivi sastojci reaguju sa oksidansima, kao što su kiseonik ili fluor, i proizvode jedinjenja hemijskih elemenata goriva sa oksidansima. Na primjer:



Ipak, bitno je napomenuti da je potpuno sagorijevanje gotovo nemoguće postići! U stvarnosti, sagorijevanjem dolazi do hemijske ravnoteže, gde je prisutan velik broj različitih hemijskih jedinjenja, u većem ili manjem udjelu, kao recimo ugljen monoksid ili čisti ugljenik (čad ili pepeo), uz proizvode gorenja.

Ključne varijable koje utiču na proces sagorijevanja su:

- **temperatura**
- **vrijeme zadržavanja** (pri većem vremenu zadržavanja toplotna konverzija može se provoditi i pri nešto nižim temperaturama i obrnuto)
- **turbulencija** (dobar kontakt faza, dobro miješanje goriva i zraka)
- **kisik** (ako ga nema dovoljno - nepotpuno sagorijevanje i emisija crnog dima; da bi izgaranje bilo efikasno potrebno je više od stehiometrijske količine O₂, tj. višak kisika)

Nepotpuno sagorijevanje

Nepotpuno sagorijevanje će se pojaviti samo onda kada nema dovoljno kisika da omogući gorivu potpunu reakciju pri stvaranju ugljikovog dioksida i vode.

Za većinu goriva, kao što su dizel, uglj ili drvo, prije sagorijevanja se odvija piroliza. Kod nepotpunog sagorijevanja, proizvodi pirolize ostaju neizgoreni i pojačavaju dim sa štetnim tvarima i plinovima! Djelomična oksidacija može stvoriti i opasne tvari - djelomična oksidacija etanola stvara štetni etanal (acetaldehid), a ugljik stvara otrovni ugljikov monoksid.

Kvalitet sagorijevanja se može povećati sa konstrukcijom uređaja za sagorijevanje, kao što su plamenici ili motori s unutrašnjim sagorijevanjem. Daljnja poboljšanja se mogu postići sa katalizatorima ili jednostavnim djelomičnim vraćanjem ispušnih plinova u postupak sagorijevanja. Takve uređaje zahtijevaju i zakoni o zaštiti okoliša (za automobile na razini država), a potrebni su i za velike uređaje za sagorijevanje, kao što su kod termoelektrana, da bi se postigli dozvoljeni nivoi dimnih plinova.

Sagorijevanje tečnih goriva

Sagorijevanje tečnih goriva u atmosferi kisika se u ustvari događa sa plinskim stanjem goriva. Pare su te koje gore, a ne tečnost. Zbog toga, tečnost će se zapaliti samo iznad određene temperature, koja se zove temperatura zapaljenja.

Temperatura zapaljenja je najniža temperatura na kojoj para tečnosti stvara zapaljivu tvar sa zrakom. Pri temperaturi zapaljenja, pare blizu površine tečnosti se zapale kada se izlože plamenu.

Sagorijevanje krutih goriva

Sagorijevanje krutih goriva se sastoji od procesa od tri sljedeća koraka, koja se i preklapaju:

1. Faza predgrijavanja - gorivo se zagrijava do temperatura zapaljenja, a zatim i do temperature gorenja. Zapaljive pare se uključuju u proces sličnom kao suha destilacija.
2. Faza destilacije ili plinska faza - mješavina zapaljivih para i kisika se zapali. Stvorena energija se oslobađa u obliku toplote i svjetlosti. Često je vidljiv i plamen. Prenos toplote od mjesta sagorijevanja na čvrste tvari omogućuje da se razvijaju opet zapaljive pare.
3. Faza ugljena ili kruta faza - izlazni zapaljivi plinovi sa materijala imaju prenisku temperaturu da održavaju stalan plamen, pa gorivo pougljeni. Gorivo ne gori dovoljno brzo, samo žari, a kasnije i dimi.

Kruta goriva prije sagorijevanja prolaze prvo čitav niz pirolitičkih reakcija, koje daju oksidirano i plinovito gorivo. Ako nema dovoljno kisika, javljaju se štetni i kancerogeni pirolitički proizvodi, koje prepoznamo po jakom i crnom dimu.

2. VRSTE GORIVA I KALORIČNE VRIJEDNOSTI

2.1. PREGLED I VRSTE GORIVA ZA PROIZVODNJU TOPLOTNE ENERGIJE

Neobnovljivi i obnovljivi izvori energije

Po definiciji koja objedinjuje sve oblike energije, energija predstavlja sposobnost obavljanja rada. Ipak, pitanje koliko će se pojedinog oblika energije utrošiti za neku radnju ovisi o njejoj sposobnosti da se transformira u rad, odnosno zavisi od tipa energenta i kalorične vrijednosti!

Energija se često dijeli prema izvorima, i to na konvencionalne i nekonvencionalne izvore energije. Konvencionalni izvori energije su oni koji se za određenu namjenu najčešće upotrebljavaju, te se u ove izvore ubrajaju:

- **ogrjevno drvo**
- **fosilna goriva – ugalj, lož ulje i prirodni plin**
- **nuklearna goriva**

Nekonvencionalni izvori energije, koji se rijede upotrebljavaju, su:

- **energija sunčevog zračenja**
- **energija vjetra**
- **energija valova**
- **energija plime i oseke**
- **potencijalna energija vodotoka i toplotna energija mora.**

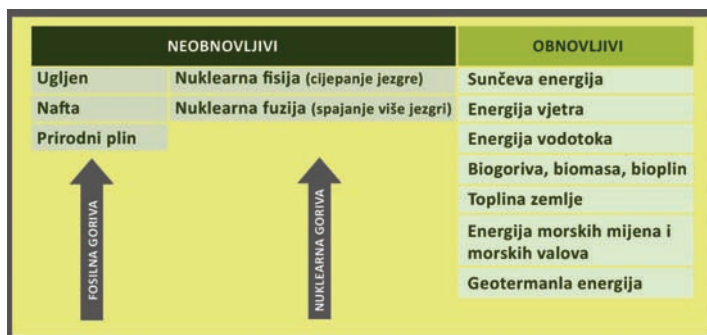
Ipak, najčešće korištena podjela energenata jeste na obnovljive i neobnovljive izvore energije. Za jedan izvor energije možemo reći da je obnovljiv ako se njegova izdašnost ne smanjuje za ljudsko poimanje vremena, tj. ako je povećanje raspoložive energije veće ili jednako njejoj potrošnji u istom vremenskom razdoblju.

Dakle, prema navedenoj definiciji neobnovljivi prirodni izvori energije su:

- **fosilna goriva (ugalj, lož ulje, prirodni plin)**
- **nuklearna goriva**

Obnovljivi prirodni izvori energije su:

- **biomasa (ogrjevno drvo, sječka, briket, pelet)**
- **bioplin**
- **geotermalna energija**
- **energija sunčevog zračenja**
- **energija vjetra**
- **energija vodotoka i valova**
- **toplota zraka, mora i zemlje.**



Slika 8. Raspodjela obnovljivih i neobnovljivih izvora energije

Vrste goriva

Gorivima se nazivaju gorive tvari koje pri sagorijevanju razvijaju određenu količinu toplote (koje, između ostalog, koristimo za zagrijavanje objekata). Odnosno, tvari koje dovedene na temperaturu zapaljenja, uz prisustvo kisika iz zraka uz stvaranje plamena ili žara, prelaze u plinovite spojeve i nesagorive ostatke te razvijaju određenu količinu topline.

Kategorizacija goriva se dijeli na tri vrste, i to:

- **tečna goriva (lož ulje)**
- **plinovita goriva (prirodni plin, ukapljeni naftni plin)**
- **čvrsta goriva (ugalj, ogrjevno drvo, sječka, briket, pelet)**

Lož ulje

Lož ulje je tečno gorivo koje se dobiva frakcijskom destilacijom sirove nafte. Hemijski sastav lož ulja čini 86% C, 11-13% H, ostatak čine O+N+S.

Osnovne i najčešće korištene vrste lož ulja su:

1. ekstra lako loživo ulje – EL loživo ulje (za sisteme grijanja i pripreme PTV)
 - blago viskozno fluid – koristi se bez predgrijavanja
 - minimalni zahtjevi propisani su normom DIN 51603–1 (gustoća kod 15 °C, donja ogrjevna vrijednost, plamište, kinematička viskoznost kod 20°C, sadržaj sumpora, vode, pepela ...)
2. teško loživo ulje – S loživo ulje (za velika energetska postrojenja)
 - viskozno fluid – koristi se s predgrijavanjem (max. temperatura ulja mora biti barem za 20 °C niža od plamišta)

Prirodni plin i ukapljeni naftni plin

Plinovita goriva koja se najčešće koriste za potrebe centralnih grijanja su prirodni plin i ukapljeni naftni plin. Dok sastav prirodnog plina čini uglavnom metan, ukapljeni naftni plin je najvećim dijelom smjesa propana i butana.

Prirodni plin se transportira sistemom cjevovoda od izvorišta do krajnjih potrošača, dok se ukapljeni naftni plin skladišti u proizvodnji i kod potrošača, te transportira u posudama pod pritiskom.

Ovi plinovi sadrže u svom sastavu znatan udio vodika i stoga su pogodni za korištenje u kondenzacijskim kotlovima. Ne sadrže sumpor te su produkti njihovog sagorijevanja slobodni od sumpor dioksida, što ih čini ekološki prihvatljivim gorivima.

Karakteristike prirodnog plina:

- **smjesa plinovitih ugljikovodika, pretežno metana (CH₄)**
- **neotrovan je, bez boje, okusa i mirisa, lakši od zraka ($d < 1$)**
- **sagorijeva plavim plamenom**
- **ODORIZACIJA – obilježavanje plina, namijenjenog potrošnji**

Karakteristike ukapljenog naftnog plina:

- **smjesa ugljikovodika propana (C₃H₈) i butana (C₄H₁₀)**
- **pri normalnim uvjetima je plinovit i teži od zraka ($d > 1$)**
- **skladišti se i prevozi u tečnom stanju, a koristi u gasovitom stanju**
- **neotrovan je, bez boje i mirisa (dodaje se odorant)**

Ugalj – čvrsto gorivo

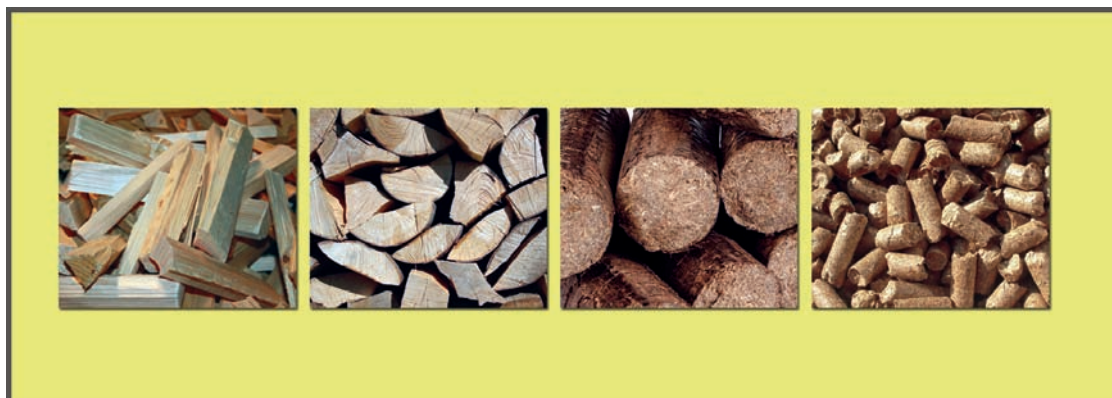
Ugalj nastaje karbonizacijom biljaka prije više miliona godina u različitim geološkim razdobljima. Veći sadržaj ugljika u uglju doprinosi većoj moći predaje toplotne energije. Sadržaj ugljika raste sa geološkom starošću goriva, te na osnovu toga razlikujemo i vrste uglja (lignit, mrki i kameni ugalj).

Problem primjene u lokalnim ložištima je relativno veliko zagađenje zraka uslijed njegovog sagorijevanja.

Biomasa – čvrsto gorivo

Kruto gorivo korišteno u termo-energetskim sistemima grijanja je, pored uglja, i biomasa u obliku drvenih cjepanica, briketa, peleta i sječke.

Za biomasu kao gorivo u termo-energetskim sistemima, tj. u toplovodnim kotlovima na biomasu, najčešće se koristi biomasa iz šumarstva, ali i iz industrije (drveni otpad koji se dalje prerađuje u energente). Šumska biomasa od sječe stabala iz prirodne šume ili plantaže i biomasa kao otpad iz drvne industrije, na tržištu se pojavljuje u obliku sječke, cjepanica, briketa ili peleta.



Slika 9. Različite vrste energenata biomase (sječka, cjepanica, briket i pelet)

Sječka se proizvodi na samom mjestu sječe. Sječka se, nakon sušenja na zraku, skladišti ili odmah koristi u termo-energetskim sistemima s kotlovima na biomasu, prilagođenim za prihvata sječke. Vlažnost sječke može biti visoka, od 15 do 50%.

Briketi se proizvode procesom presanja (zgušnjavanja) drvene biomase mašinama za briketiranje klipnom ili pužnom izvedbom. Briketi su obično cilindričnog oblika promjera od 20 do 120 mm i dužine do 400 mm.

Peleti se proizvode zgušnjavanjem sitnijih komadića drvene biomase (piljevine, blanjevine i bruševine) bez dodatka sredstava za vezivanje ili kemijskih sintetskih primjesa. Proizvode se u visokotlačnim presama, a imaju oblik malog cilindra promjera od 4 do 40 mm i dužine do 100 mm. Postupak izrade peleta obuhvaća proces usitnjavanja drvene biomase, sušenje u sušari do vlažnosti od 8 do 10%, komprimiranje sirovine (peletiranje), hlađenje gotovih peleta zrakom te pakiranje. Peleti su naročito pogodni za automatsko loženje kotlova za centralno grijanje uz odgovarajuće skladištenje. Korištenjem suvremenih kotlova i poboljšanim vođenjem procesa sagorijevanja, postiže se mala emisija CO i pepela. S obzirom da ne sadrže puno vlage, njihova donja toplotna moć je oko 5,1 kWh/kg (količina topline koja nastaje izgaranjem 1 kg peleta približno je jednaka toploti koja nastaje izgaranjem 0,5 l loživog ulja).

2.2. TOPLOTNA MOĆ GORIVA

Poznavanje toplotne moći jednog goriva je bitno jer:

- Od toplotne moći zavisi količina energije koju energent može da preda u sistem grijanja
- Različite vrste goriva (energenti) daju različitu količinu energije
- Cijena energije u većini slučajeva zavisi od vrste energenta
- Emisije od goriva zavise od vrste energenta (njegovog hemijskog sastava)
- Toplotna moć jednog energenta zavisi od njegovog hemijskog sastava

Dakle, ukoliko poredimo dva ili više energenta, osnova za njihovo ekonomsko (cijena), okolinsko (emisije) i tehničko (energija) poređenje je toplotna moć koja se razlikuje od energenta do energenta.

Razlikujemo donju toplotnu moć i gornju toplotnu moć goriva.

Donja toplotna moć goriva "H_d"

Donja ogrjevnost goriva H_d je toplota oslobođena procesom sagorijevanja goriva bez dodatnog iskorištavanja topline kondenzacije vodene pare (dimni plinovi su svedeni na standardno stanje, a vodena para u njima ne kondenzira).

Za poznati hemijski sastav goriva vrijedi slijedeći izraz za izračunavanje donje ogrjevnosti:

$$H_d \cong 34,8 c + 93,9h + 10,5s + 6,3n - 10,8o - 2,5w \text{ [MJ/kg]}$$

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| • c - sadržaj ugljika [kg/kg] | • n - sadržaj dušika [kg/kg] |
| • h - sadržaj vodika [kg/kg] | • o - sadržaj kisika [kg/kg] |
| • s - sadržaj sumpora [kg/kg] | • w - sadržaj vode [kg/kg] |

Gornja toplotna moć goriva "H_g"

Gornja toplotna moć goriva je najveća moguća energija koja se može dobiti sagorijevanjem nekog goriva. Odnosno, gornja toplotna moć je toplota oslobođena procesom sagorijevanja goriva sa dodatnim iskorištenjem toplote kondenzacije vodene pare (dimni plinovi su svedeni na standardno stanje, **a vodena para u njima kondenzira**).

Veća je od donje toplotne moći za količinu toplote kondenzacije vodene pare sadržane u gasovima izgaranja.

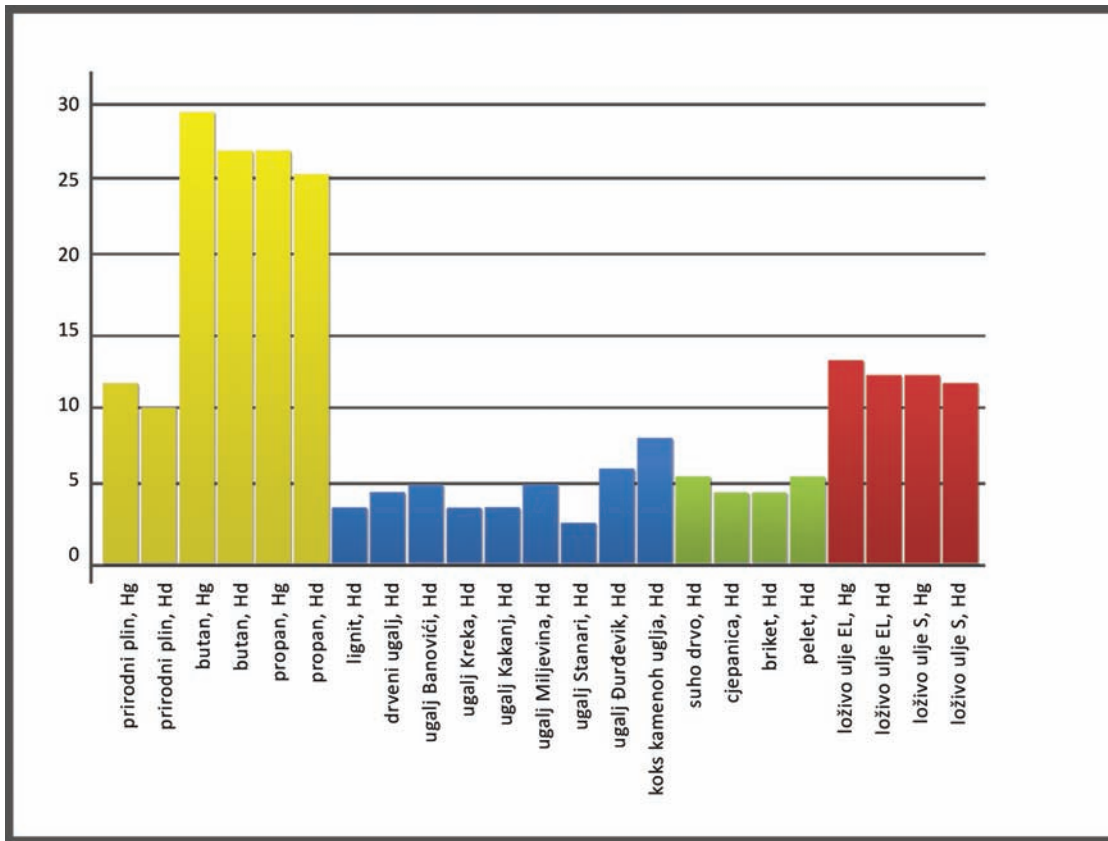
$$H_g = H_d + r \frac{9h + w}{100}$$

- h - sadržaj vodika [kg/kg]
- w - sadržaj vode [kg/kg]
- r - toplota isparivanja vode (r = 2,5 [MJ/kg])

Pored vode nastale sagorijevanjem vodika, i vlaga (sadržana npr. u krutim gorivima) znatno utiče na toplotnu moć. Iskorištenje toplote kondenzacije moguće je i opravdano kod goriva koja sadrže vodik (npr. plinovita goriva), ali povezano je s problemima sumporne korozije u slučaju da goriva sadrže i sumpor (loživo ulje).

Pregled toplotne moći različitih goriva

		kJ/m ³ , kJ/kg	kWh/m ³ , kWh/kg
PLINOVITA GORIVA	prirodni plin, H _g	40,152	11.15
	prirodni plin, H _d	36,218	10.06
	butan, H _g	101,808	28.28
	butan, H _d	93,564	25.99
	propan, H _g	94,356	26.21
	propan, H _d	88,200	24.5
	lignit, H _d	12,600	3.5
VRSTA GORIVA	drveni ugalj, H _d	15,300	4.25
	ugalj Banovići, H _d	18,400	5.11
	ugalj Kreka, H _d	12,500	3.47
	ugalj Kakanj, H _d	12,250	3.40
	ugalj Miljevina, H _d	18,000	5
	ugalj Stanari, H _d	9,100	2.52
	ugalj Đurđevik, H _d	22,100	6.13
	koks kamenoh uglja, H _d	29,000	8.06
	suho drvo, H _d	19,975	5.55
	cjepanica, H _d	15,764	4.38
	briket, H _d	16,500	4.58
	pelet, H _d	19,500	5.42
	TEČNA GORIVA	loživo ulje EL, H _g	45,400
loživo ulje EL, H _d		42,700	11.86
loživo ulje S, H _g		42,300	11.75
loživo ulje S, H _d		40,200	11.17



Slika 10. Poređenje količine energije po jedinici energenta (m³, t)

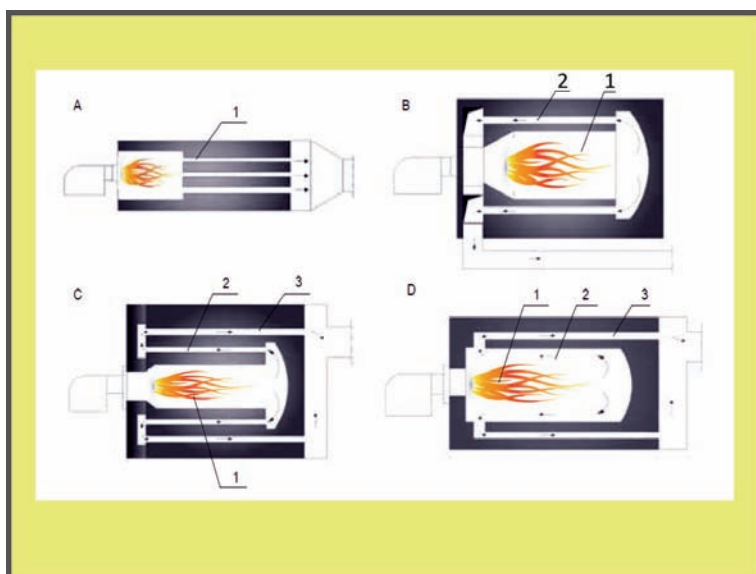
3. KOTLOVI / TERMO-ENERGETSKI SISTEMI ZA GRIJANJE

Toplovodni sistemi za grijanje sa izlaznom temperaturom vode do 110°C su najčešće korišteni sistemi u stambenim i poslovnim prostorima. Vrelvodne i parne kotlove u sistemima za grijanje obično možemo naći u većim ili industrijskim sistemima, gdje je potrebna voda ili para na višim temperaturama, tako da će kroz ove Smjernice fokus biti na toplovodnim sistemima odnosno toplovodnim kotlovima sa izlaznom temperaturom vode do 110°C.

Kotlovi predstavljaju neizravne izvore toplote u kojima se vrši sagorijevanje goriva pri čemu dolazi do transformacije hemijske energije goriva u toplotnu energiju, koja se dalje pomoću ogrjevnog medija (voda, para ili vazduh) dovodi dalje do mjesta korištenja.

Postoji više osnovnih načina podjele kotlova za grijanje:

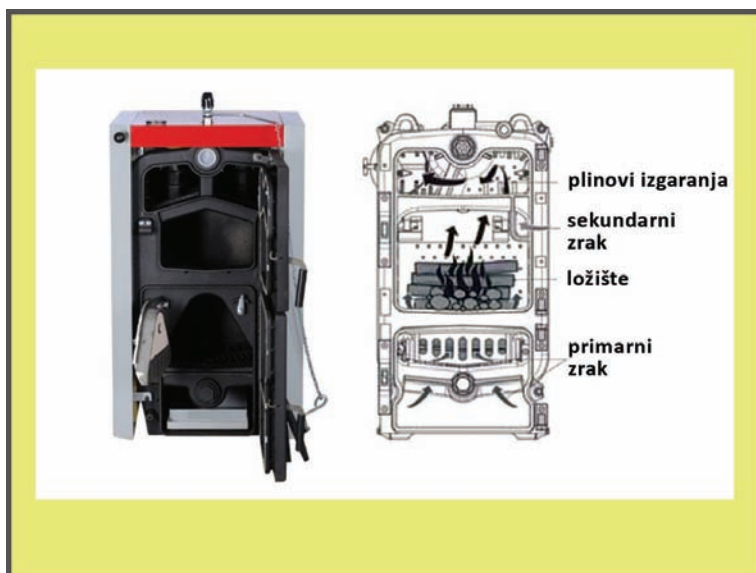
- Podjela prema vrsti goriva:
 - Kotlovi na čvrsta goriva
 - Kotlovi na plinska goriva
 - Kotlovi na tekuća goriva
 - Kombinirani kotlovi (za više vrsta goriva)
- Podjela prema efikasnosti korištenja energije odnosno prema temperaturama ogrjevnog medija i dimnih plinova na izlazu iz kotla:
 - standardni (s tzv. standardnim temperaturama polaznog i povratnog voda najčešće 90/70 °C)
 - niskotemperaturni (sa sniženim temperaturama polaznog i povratnog voda, npr. 70/50, 60/40 °C)
 - kondenzacijski (s mogućnošću iskorištavanja toplote kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova).
- Podjela prema načinu uzimanja zraka za izgaranje, odnosno izvedbi gorionika:
 - Kotlovi koji uzimaju zrak iz prostorije (s atmosferskim ili ventilatorskim gorionikom)
 - Kotlovi neovisni o zraku iz prostorije
 - Kotlovi u posebnoj izvedbi
- Prema materijalu izrade:
 - Lijevani
 - čelični i kotlovi od plemenitih čelika
 - aluminijski
 - kotlovi od kombinacije materijala.
- Podjela toplovodnih i vrelvodnih kotlova prema načinu vođenja dimnih gasova (slika 4.1.):
 - kotlovi s jednim prolazom
 - kotlovi s dva prolaza
 - kotlovi s tri prolaza
 - kotlovi s povratnim strujanjem u ložištu.



Slika 4.1. Kotlovi s jednim prolazom (A), kotlovi s dva prolaza (B), kotlovi s tri prolaza (C), kotlovi s povratnim strujanjem u ložištu (D) [1]

3.1. KOTLOVI NA ČVRSTA GORIVA

Kotlovi na čvrsta goriva (Slika 4.2.) svojom su konstrukcijom prilagođeni izgaranju uglja ili različitih oblika biomase (cjepanica, briketa, peleta, sječke i sl). Gorivo sagorijeva na rešetkama različitih oblika i položaja, u fluidiziranom sloju, u specijalnim plamenicima konstruisanim za različite oblike biomase. Prema vrsti ložišta mogu biti sa donjim ili gornjim sagorijevanjem. Jedina razlika u odnosu na obične peći je što se kod peći teži što većim odavanjem toplote okolini dok se kod kotlova toplota na što efikasniji način pokušava dovesti do ogrijevnog medija tj. na kraju do ogrijevnih tijela.



Slika 4.2. Lijevano željezni kotao na cjepanice ili ugalj [2]

Kada govorimo o podjeli kotlova na goriva iz obnovljivih izvora energije i na fosilna goriva, **kotlove na biomasu** koje danas susrećemo možemo podijeliti u dvije osnovne izvedbe:

- sa ručnim punjenjem i
- sa automatiziranim punjenjem goriva.

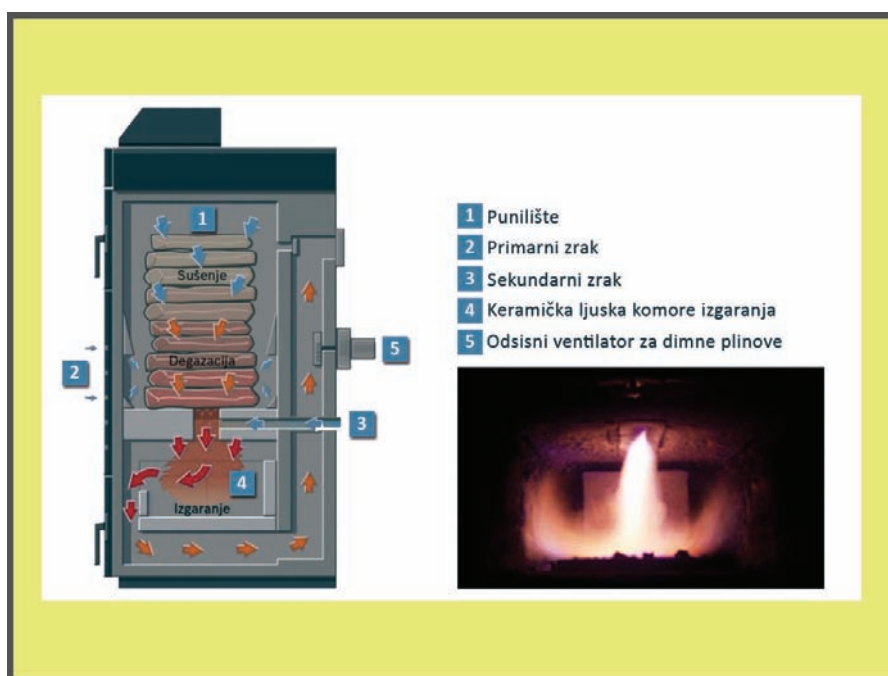
U posljednjih desetak godina provedena su brojna poboljšanja izvedbi kotlova na biomasu, najviše u cilju povećanja efikasnosti i smanjenja emisija prašine i CO. Efikasnost kotlova sa ručnim punjenjem povećana je sa manje od 50% na čak 75-90%, a sa automatskim punjenjem sa 60% na 85-92%.

Kotlovi na biomasu sa ručnim punjenjem imaju potrebu za punjenjem kotla s trajanjem gorenja od 2 do 10 sati. Danas kotlovi na biomasu sa ručnim punjenjem imaju ugrađen spremnik (Slika 4.3.) iz kojeg gorivo drvo samo upada u prostor ložišta, čime se smanjuje potreba za stalnim ubacivanjem goriva (već npr. jednom dnevno), povećava kvalitet sagorijevanja jer se promjene temperature dimnih gasova, a time i ogrjevnog medija svode na najmanju moguću mjeru pa se smanjuje i mogućnost pojave temperaturne korozije.



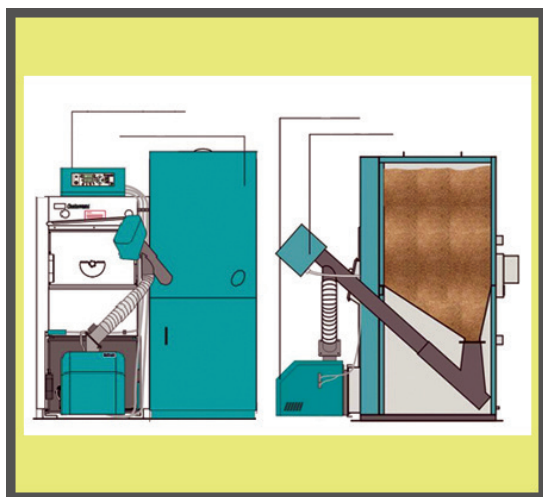
Slika 4.3. Kotao na biomasu sa ručnim punjenjem (na cjepanice) sa spremnikom [3]

Pirolitički kotlovi s rasplinjavajućim izgaranjem razlikuju se od standardnih kotlova na drvo u posebnoj konstrukciji kotla, regulaciji i ugrađenim ventilatorom (Slika 4.4.). Kotlovi na pirolizu najčešće imaju dvodijelno ložište i ventilator s promjenjivim brojem okretaja koji reguliše potrebnu količinu zraka za sagorijevanje. U gornjem dijelu ložišta dolazi do sušenja drva, njegove toplotne razgradnje i stvaranja žara. Ventilator u gornji dio ložišta dovodi zrak pri čemu u području oko žara dolazi do rasplinjavanja, odnosno intenzivnog stvaranja drvnog gasa. Količina dovedenog primarnog zraka u gornji dio ložišta dovoljna je samo za rasplinjavanje ali ne i za potpuno sagorijevanje drveta. Nastali drveni gas dalje prolazi kroz područje žara i kroz sapnicu, dolazi do njegovog paljenja a njegovo potpuno sagorijevanje osigurano je dovođenjem sekundarnog zraka kroz sapnicu. Kvaliteta i izgled plamena podsjeća na sagorijavanje lož ulja ili gasa na klasičnim gorionicima, a stepen efikasnosti pirolitičkih kotlova je oko 90 %. Ove kotlove odlikuje obično duže vrijeme između dva punjenja (8-12 sati), a navedeno zavisi o veličini kotla, spremniku, vlažnosti drva i sl.



Slika 4.4. Pirolitički kotao na biomasi sa ručnim punjenjem (na cjepanice) sa spremnikom [4]

Kotlovi na biomasu sa automatskim punjenjem omogućavaju gotovo potpun automatiziran rad. Kako bi se osigurala što veća efikasnost ovih kotlova potrebno je osigurati da oni rade blizu punog opterećenja dok nazivni učinak kotla pri punom opterećenju ne bi trebao prelaziti najveću vrijednost toplotnih potreba objekta za grijanje. U prelaznom periodu potrebe za toplotnom energijom kreću se od 20-40% nazivnog učinka kotla, gdje kotao u takvom režimu radi sa mnogo manjom efikasnosti. Na slici 4.5. prikazan je automatiziran kotao na pelet. Sistem za automatsko sagorijevanje biomase sastoji se od kotla, gorionika, spremnika, transportera za pelet i regulacije sa automatskim punjenjem potrebne količine peleta. Veličina spremnika zavisi od snage kotla i potrebi za skladištenje peleta od nekoliko dana do nekoliko mjeseci.



Slika 4.5. Kotao na biomasu sa automatskim punjenjem (na pelete) i spremnikom [5]



Slika 4.6. Kotao na sitni ugalj sa automatskim punjenjem i spremnikom [6]

Pored automatiziranih kotlova na biomasu na tržištu se mogu naći i automatizirani kotlovi na sitni ugalj (Slika 4.6.). Automatska regulacija nadzire promjene temperature vode u kotlu te na osnovi promjena pali i gasi dozator kotla. Ova fleksibilnost omogućava optimalno iskorištenje energenta i jednostavnost grijanja. Uz pomoć ventilatora ugalj potpuno sagorijeva u ložištu, te se nastali pepeo obrušava u lugaru, koja se nalazi neposredno ispod ložišta. Stepenn efikasnosti ovih kotlova se kreće oko 80 % .

3.2. KOTLOVI NA GASNA I TEČNA GORIVA

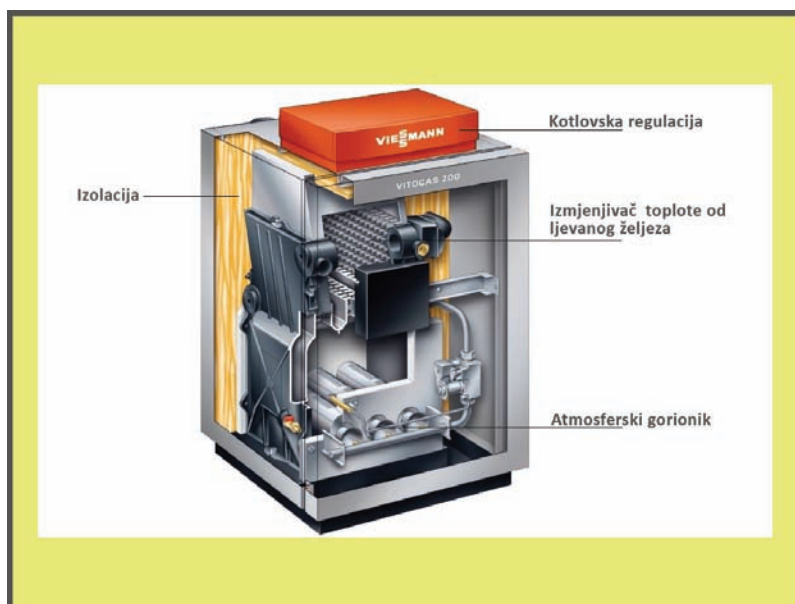
Pored već opisanih kotlova na čvrsta goriva u sistemima za grijanje i zagrijavanje potrošne tople vode koriste se i kotlovi na gasna i tečna goriva. Kod ovih kotlova uprošteno je rukovanje i posluživanje, dovod goriva je mnogo jednostavniji, veća je čistoća, omogućeno je lakše puštanje u rad i zaustavljanje kotla, jeftinija i sigurnija regulacija čak i kod manjih kotlova.

Gasni kotlovi

Gasni kotlovi kao primarni izvor energije koriste neku vrstu gasovitog goriva (zemni gas, ukapljeni naftni gas ili biogas). Gasni kotlovi se prema stepenu efikasnosti korištenja toplotne energije najčešće dijele na: standardne, niskotemperaturne i kondenzacijske.

Standardni gasni kotlovi su izvori toplote sistema grijanja čija je radna temperatura ograničena izvedbom i utvrđena pri projektovanju pa je cijelo vrijeme njihovog rada konstantna. Inače, takvim se kotlovima smatraju oni čije temperature polaznog i povratnog voda imaju tzv. standardne vrijednosti (90/70 °C) i u skladu s tim više temperature dimnih gasova i manje stepene efikasnosti. Ovi kotlovi obično imaju izmjenjivač toplote od ljevanog željeza i koriste atmosferske gorionike (gorionici će biti detaljnije obrađeni u slijedećoj tački), koji neophodan zrak za sagorijevanje uzimaju iz okoline. Takvi kotlovi su uglavnom većih dimenzija od modernih kotlova. Neki od standardnih kotlova imaju gorionike sa ventilatorom, koji im omogućavaju prisilno usisavanje zraka u ložište. Ovaj tip gorionika omogućava kontrolu dotoka količine zraka neophodnog za sagorijevanje. Kotlove koji koriste gorionike sa ventilatorom lako je uočiti po ventilatoru i upravljačkom sklopu smještenom van kućišta kotla. Pojam „standardni“ odnosi na „standarde“ koji su u većini europskih zemalja vrijedili prije dvadesetak godina, a takvi su kotlovi i sistemi grijanja uglavnom napušteni (npr. u Njemačkoj se više ne smiju ugrađivati nakon 1.1.1998. godine), iako su kod nas još česti.

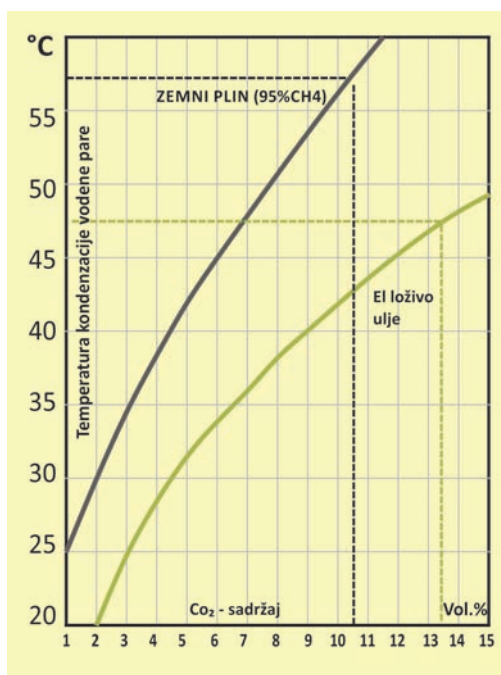
Niskotemperaturni gasni kotlovi su izvori toplote sistema grijanja koji imaju mogućnost regulacije učinka sagorijevanja prema zahtjevima koji se postavljaju, a godišnji stепен efikasnosti kreće se od oko 91 do 95%. Veći kotlovi s dvostepenim ili modulirajućim gorionicima ostvaruju stepene efikasnosti 94 do 96%. Stalni pogon takvih kotlova, ovisno o konstrukciji, moguć je i do temperature povratnog voda 40 °C pa i niže, ali se pri nižim temperaturama povratnog voda ne bi smjela pojaviti kondenzacija. Niskotemperaturni kotlovi su u primjeni u najvećem broju europskih zemalja, iako ih u posljednje vrijeme sve više potiskuju kondenzacijski kotlovi. Pojavljuju se u svim područjima toplotnog učinka, odnosno u svim veličinama, u podnim ili zidnim izvedbama, za postavljanje i u stambene prostore i u kotlovnice, a vrlo su česti kombinovani kotlovi sa mogućnošću pripreme PTV-a.



Slika 4.7. Niskotemperaturni lijevanoželjezni kotao s atmosferskim plamenikom na plin
Vitogas 200, Viessmann, efikasnost 84% (Hd) / 93% (Hg) [7]

Kondenzacijski kotlovi su kotlovi u kojima se iskorištava latentna toplota sadržana u dimnim gasovima putem kondenzacije vodene pare. Čak i u modernim visoko efikasnim kotlovima otpadna toplota sadržana u dimnim gasovima se nepovratno gubi u atmosferi. Kondenzacijski kotlovi imaju dodatnu površinu za razmjenu toplote kako bi se dio otpadne toplote vratio nazad u sistem. Na ovaj način dolazi do smanjenja temperature izlaznih dimnih gasova i stvaranja kondenzata kojeg je onda potrebno odvojiti. Kako pri tome nastaju agresivni spojevi, primjena kondenzacijske tehnike postala je moguća tek sa razvojem novih materijala koji su visokootporni na koroziju. Veća efikasnost goriva u kondenzacijskim kotlovima nije posljedica samo dodatnog iskorištenja latentne toplote, već i smanjenja gubitaka toplote putem dimnih gasova jer je njihova temperatura niža pa su i gubici toplote zračenjem sa kotlovskih površina manji.

Kondenzacijski kotlovi su najefikasniji koltovi koji se mogu naći na tržištu i iz tog razloga bi trebali svakako biti prvi izbor kod ugradnje novih ili zamjene postojećih kotlovskih postrojenja. Naravno u tom slučaju potrebno je obratiti pažnju na njihovu mogućnost ugradnje s obzirom na moguće zahtjeve, a naročito postojećih sistema, za većim temperaturama i većim ogrijevnim površinama neophodnih kod prelaska sa većih na niže temperaturne sisteme. Kako bi se osigurala kondenzacija vodene pare u dimnim gasovima, temperature na površinama kondenzatora dimnih gasova moraju biti ispod temperature rošenja. Goriva imaju različite sastave i stehiometrijske odnose kod saorijevanja, te su i temperature kod kojih dolazi do kondenzacije vodene pare u dimnim gasovima različite za različita goriva. Kod prirodnog gasa ta je temperatura oko 57°C, dok je za loživo ulje niža i iznosi oko 47°C (slika 4.8.).



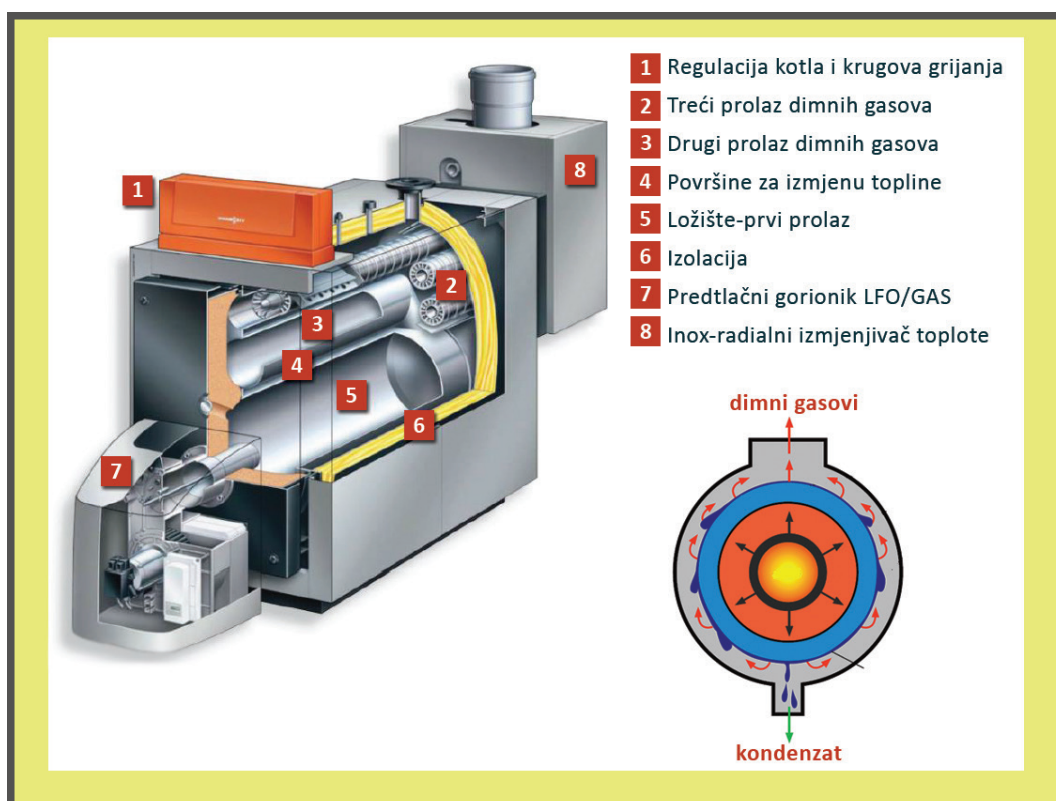
Slika 4.8. Temperatura rošenja za prirodni gas i lož ulje

Dakle, kondenzacijski kotao je efikasniji što je nastala količina kondenzata veća, odnosno što je temperatura dimnih gasova na izlasku iz kotla niža. Iskorištenje latentne toplote može se poboljšati:

- povećanjem kvaliteta sagorijevanja sa visokim udjelom CO₂ u dimnim gasovima, tj. sa visokom tačkom rošenja (Slika 4.8.)
- Nižom temperaturom radnog medija
- Izvedbom sistema koji sprječava porast temperature povratnog voda.

3.3. KOTLOVI NA TEKUĆA GORIVA

Kotlovi na tekuća goriva su izvori toplote sistema grijanja koji kao primarni izvor energije koriste neko tečno gorivo, odnosno lož ulje koje može biti mineralnog ili biološkog porijekla (tzv. biogorivo). Kao i gasni kotlovi, moderni kotlovi na tečna goriva javljaju se u standardnoj, nisko-temperaturnoj i kondenzacijskoj izvedbi. Mogu se postavljati na pod ili na zid, a isto tako mogu služiti samo za grijanje ili imati dodatnu mogućnost pripreme PTV-a. Kotlovi na tekuća goriva isporučuju se i u kompaktnoj (za manje toplotne učine), jediničnoj (sa ugrađenim gorionikom) ili izvedbi sa mogućnošću naknadne ugradnje gorionika (može biti i kombinovana verzija sa prirodnim gasom). U zadnje vrijeme moguće je naći i kondenzacijske kotlove na lož ulje, pri čemu se postavljaju visoki zahtjevi na kvalitet lož ulja s obzirom na sadržaj sumpora, a naročitu pažnju potrebno je obratiti na odvajanje kondenzata iz dimnih gasova jer sadrže mnogo više agresivnih tvari nego u poređenju prirodnog gasa kao goriva.



Slika 4.9. Kondenzacijski uljno - plinski kotao s pretlačnim gorionikom Vitoradial 300-T, Viessmann, efikasnost 98% (Hd) / 104% (Hg) [7]

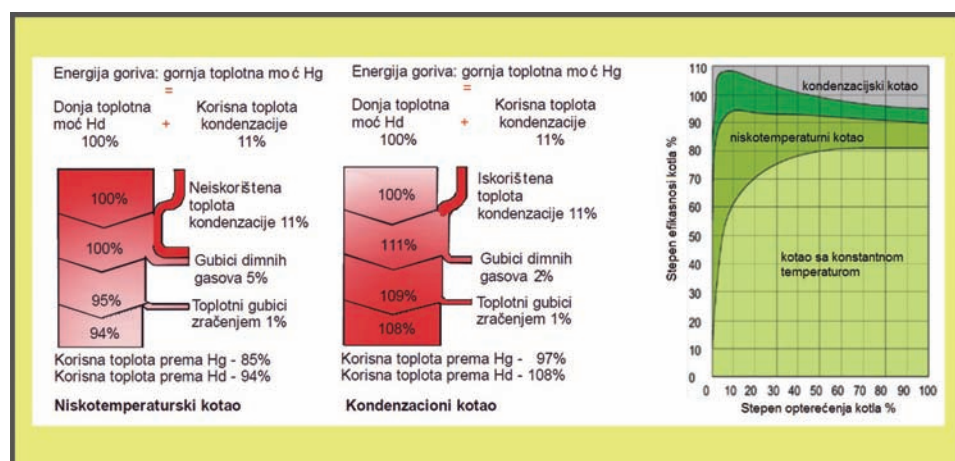
3.4. STEPEN EFIKASNOSTI KOTLOVA

Zbirni informativni pregled učinkovitosti različitih kotlova i peći dan je u Tabeli 4.1., gdje su stepeni efikasnosti iskazani u odnosu na donju ogrjevnu moć goriva (Hd).

Tabela 4.1. Pregled stepena efikasnosti različitih kotlova

Gorivo	Kotlovi	Efikasnost (Hd)
Čvrsta goriva	Kotlovi bez regulacije	65%
	Kotlovi do 50 kW sa ručnom regulacijom	68%
	Kotlovi preko 50 kW sa dobrom ručnom regulacijom	72%
	Kotlovi do 175 kW sa mehaničkom regulacijom	75%
	Kotlovi preko 175 kW sa dobrom mehaničkom regulacijom	83%
	Kotlovi na različitu biomasu	82 do 92%
Tekuća goriva	Kotlovi do 50 kW sa ručnom regulacijom	81 do 85%
	Kotlovi preko 50 kW sa automatskom regulacijom	83 do 90%
Plinska goriva	Kotlovi do 100 kW sa prirodnom promajom	80 do 88%
	Kotlovi preko 100 kW sa prinudnom promajom	88 do 94%
	Niskotemperaturni kotlovi	95 do 98%
	Kondenzacioni kotlovi	do 108%

Donja toplotna moć goriva Hd je toplota oslobođena procesom sagorijevanja goriva bez dodatnog iskorištenja toplote kondenzacije vodene pare. Kod goriva koja u sastavu sadrže vodik, prilikom sagorijevanja dolazi do vezivanja vodika sa kisikom u ložištu, pa u dimnim gasovima dolazi do pojave vodene pare. Gornja toplotna moć predstavlja toplotu oslobođenu procesom sagorijevanja goriva s dodatnim iskorištenjem toplote kondenzacije vodene pare, odnosno latentne toplote sadržane u dimnim gasovima. Gornja toplotna moć veća je od donje za količinu toplote kondenzacije vodene pare sadržane u dimnim gasovima. Usporedba stepena efikasnosti niskotemperaturnih i kondenzacijskih kotlova u odnosu na donji i gornju toplotnu moć data je na slici 4.10.



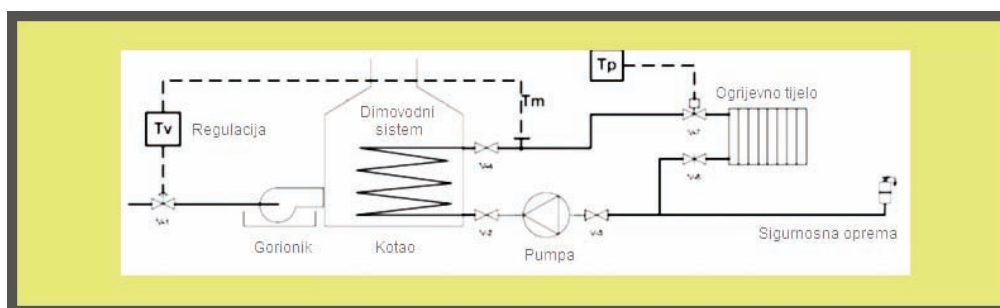
Slika 4.10. Stepener efikasnosti niskotemperaturnog i kondenzacijskog kotla

Iz slike 4.10 desno, koja predstavlja stepener efikasnosti (iskazan u odnosu na donju ogrjevnu moć goriva) različitih izvedbi kotlova kod parcijalnih opterećenja, vidi se važna činjenica da niskotemperaturni i kondenzacijski kotlovi bolje koriste toplotu goriva kod parcijalnih opterećenja. To je vrlo važno, jer projektanti često radi sigurnosti (ili nesigurnosti u odnosu na rezultate proračuna) odabiru kotlove većeg ogrjevnog učinka od nominalno potrebnog.

4. PREGLED ELEMENATA TERMO-ENERGETSKIH SISTEMA ZA GRIJANJE

Kada govorimo o različitim sistemima za grijanje, odnosno sistemima centralnog grijanja kao jednog od najčešće korištenih sistema za zagrijavanje stambenih i poslovnih prostora u današnje vrijeme, njih možemo podijeliti u osnovne grupe uređaja i opreme prikazane na slijedećoj slici:

- Gorionike (za lož ulje i gas)
- Pumpe
- Ogrijevna tijela
- Sigurnosni i regulacijski uređaji i oprema
- Dimovodni sistem



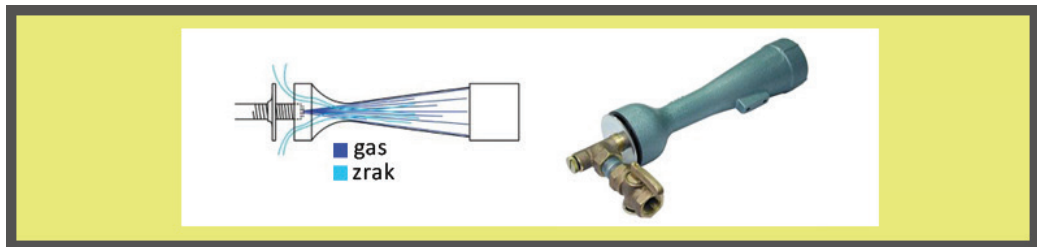
Slika 5.1. Osnovni elementi sistema grijanja

Neki od nabrojanih osnovni elementi sistema grijanja biće detaljnije obrađeni u narednom dijelu.

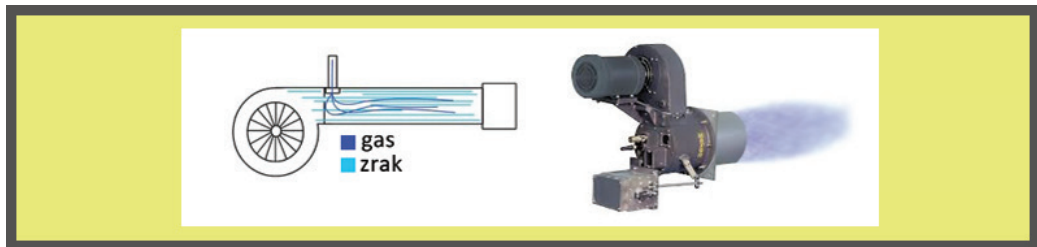
4.1. GORIONICI

Gasni gorionici čine dio gasnog izvora toplote u kojem dolazi do mješanje gasa sa zrakom, a zatim do njegovog sagorijevanja pri čemu nastaje toplota. Gasni gorionici mogu se podijeliti na nekoliko osnovnih načina. Prema načinu dovoda zraka na atmosferske i ventilatorske gorionike. Prema vrsti gasa na gorionike za gradski gas, za prirodni gas, za ukapljeni gas, za više vrsta gasova i za više vrsta goriva. Prema pritisku gasa mogu biti niskopritisni gorionici (za pritiske <100 mbar) i visokopritisne gorionike (za pritiske >100 mbar). Prema načinu rada mogu se razlikovati gasni gorionici sa ručnim uključivanjem, poluautomatski gasni gorionici kod kojih se glavni plamen pali pomoću inicijalnog plamena koji stalno gori ili se pri puštanju u rad pali inicijalni plamen koji dalje ima termoelektrično upravljanje, te potpuno automatski gasni gorionici. Kod automatskog gorionika plamen se pali direktno, električno ili se paljenje vrši na mlaznici za gorivo. Inicijalni plamen, koji trajno gori, ovdje nije potreban. Za male atmosferske gorionike danas se uglavnom primjenjuje potpuno automatsko paljenje.

Atmosferski gorionici zrak za sagorijevanje dobijaju prirodnim putem i prije procesa sagorijevanja dolazi do njegovog mješanja sa gasom (Slika 5.2.). Gas se pod visokim pritiskom ubrizgava u cijev za miješanje preko mlaznice. Zbog velike brzine stvara se na ulazu cijevi za miješanje podpritisak uslijed kojega se usisava zrak, dolazi do mješanja i paljenja. Paljenje je električno ili preko inicijalnog plamena. Materijal za izradu gorionika su čelik i ljevano željezo.



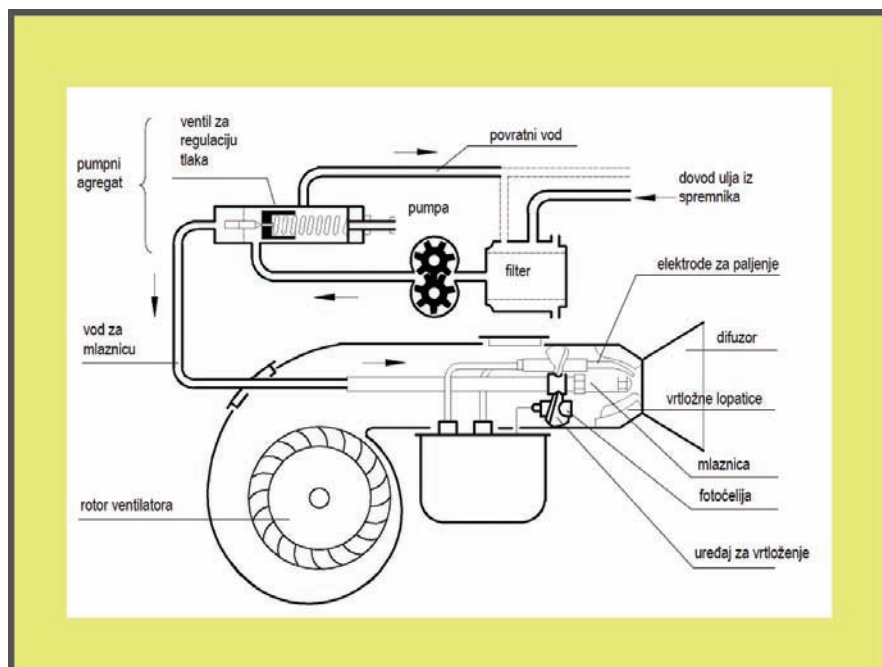
Slika 5.2. Gasni atmosferski gorionik



Slika 5.3. Gasni gorionik sa ventilatorom

Uljni gorionici trebaju da u ložištu kotla što finije rasprše i ispare kapljice ulja, pomiješaju ih sa zrakom te da takva mješavina u ložištu potpuno izgori. U slučaju sagorijevanja lož ulja, ulje i zrak su u različitim agregatnim stanjima, pa ulje prije sagorijevanja treba ispariti. Zato gorivo treba preko što veće površine biti u kontaktu s toplim gasovima sagorijevanja.

Prema pripremi zraka postoje gorionici s ventilatorom, bez ventilatora, s kompresorom i s predgrijavanjem zraka. Prema pripremanju gorive smjese postoje gorionici s pripremom smjese prije paljenja (difuzioni gorionici), gorionici s miješanjem ispred plamena i gorionici s djelomičnim miješanjem ispred plamena. Gorionici s raspršivanjem ulja (Slika 5.4.): ovi gorionici se najčešće koriste i izrađuju u svim veličinama.



Slika 5.4. Shematski prikaz gorionika s raspršivanjem ulja pod pritiskom [1]

4.2. PUMPE

Pumpe su uređaji koji služe za prenos mehaničke energije na tečnost i time se ostvaruje strujanje fluida. Prema načinu rada pumpe mogu biti volumetrijske (stapne i rotacijske), turbo pumpe (centrifugalne) i mlazne pumpe (ejektori). U sistemima grijanja koriste se gotovo isključivo centrifugalne pumpe. Prema izvedbi kućišta u odnosu na prenos snage od motora do rotora mogu biti podvodne (sa odvojenim kućištima motora i rotora) i uronjene (sa zajedničkim kućištem motora i rotora).

Pumpu određuje nekoliko osnovnih karakteristika:

- Visina dobave
- Protok
- Broj obrtaja
- Snaga i efikasnost

Visina dobave H (ili napor pumpe) je karakteristika pumpe koja je jednaka razlici pritisaka na ulazu i izlazu iz pumpe, odnosno pokazuje koliki pritisak pumpa može postići. Izražava se u jedinicama za pritisak (Pa) ili visini vodenog stuba (mH₂O).

$$\Delta p = \rho g H, \text{ Pa}$$

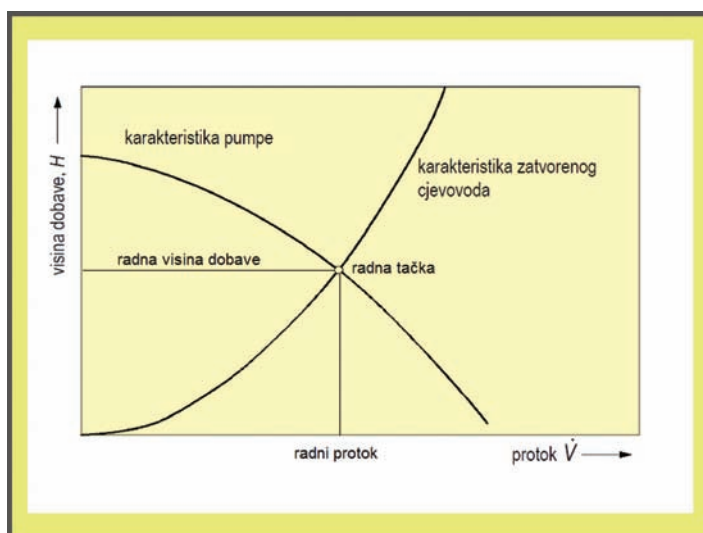
Protok kroz pumpu zavisi od ukupnog toplotnog učinka sistema grijanja, specifičnog toplotnog kapaciteta ogrijevnog medija i razlike temperature polaznog i povratnog voda ogrijevnog medija. Izražava se obično u jedinicama volumetrijskog ili masenog protoka m³/s, kg/s i sl.

Broj obrtaja pumpe je veličina koja je određena njezinom izvedbom, a pri čijoj promjeni dolazi do poporcionalnih promjena protoka, napora i snage pumpe.

$$Q = Q_N \cdot \left(\frac{n}{n_N}\right) \quad H = H_N \cdot \left(\frac{n}{n_N}\right)^2 \quad P = P_N \cdot \left(\frac{n}{n_N}\right)^3$$

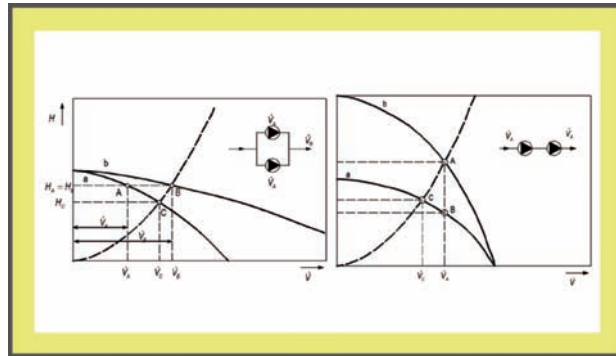
Regulacijom broja obrtaja pumpe omogućava se tačno prilagođavanje trenutnim potrebama sistema.

Snaga i efikasnost pumpe pokazuju kolika je potrošnja električne energije neke pumpe, odnosno koliko je efikasan proces pretvaranja električne energije u mehaničku.



Slika 5.5. Tipične V –H karakteristike cirkulacijskog cjevovoda i centrifugalne pumpe

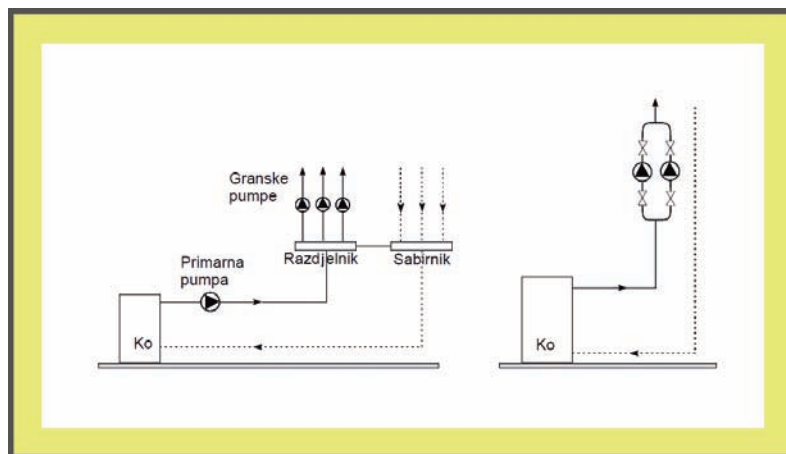
Djelovanje pumpe u instalaciji prikazuje se u dijagramu karakteristika krivih pumpe i cjevovoda, koji pokazuje zavisnost visine dobave o volumnom protoku (Slika 5.5.). U presjeku ove dvije karakteristične krive nalazi se radna tačka pumpe u kojoj postoji ravnoteža visine dobave koja se ostvaruje pumpom i padom pritisa u instalaciji.



Slika 5.6. Dvije pumpe jednakih V-H karakteristika u paralelnom (lijevo) i serijskom radu (desno)

Ukoliko u sistemu imamo dvije pumpe koje rade paralelno radi povećanja kapaciteta datog postrojenja ili radi fleksibilnosti pogona u sistemima s varijabilnim protokom (slika 5.6. lijevo), ako je u pogonu samo jedna pumpa, tada je radna tačka prema slici 26 lijevo u tački C. Veći protoci se mogu postići paralelnim radom objiju pumpi. Zajedničkom paralelnom radu dviju pumpi odgovara sumarna karakteristika pumpi (b). Sumarna karakteristika dviju pumpi dobit će se tako da zbrojimo protoke jedne i druge V-H krivulje pri konstantnoj visini dobave. Sumarna V-H krivulja dviju pumpi (b) siječe karakteristiku cjevovoda u tački B, i protok je veći od slučaja kad radi jedna pumpa, ali treba napomenuti da je ukupni protok dviju pumpi u paralelnom radu uvijek manji od zbroja protoka tih pumpi u odvojenom radu.

Na slici 5.6. desno prikazane su karakteristike dviju jednakih pumpi povezanih u seriju (krivulja a) i ukupna karakteristika (krivulja b). Ukupna karakteristika dobit će se tako da se za isti protok zbroje visine dobave. Radna tačka pri radu jedne pumpe je C, a pri radu dvije jednake pumpe je A.

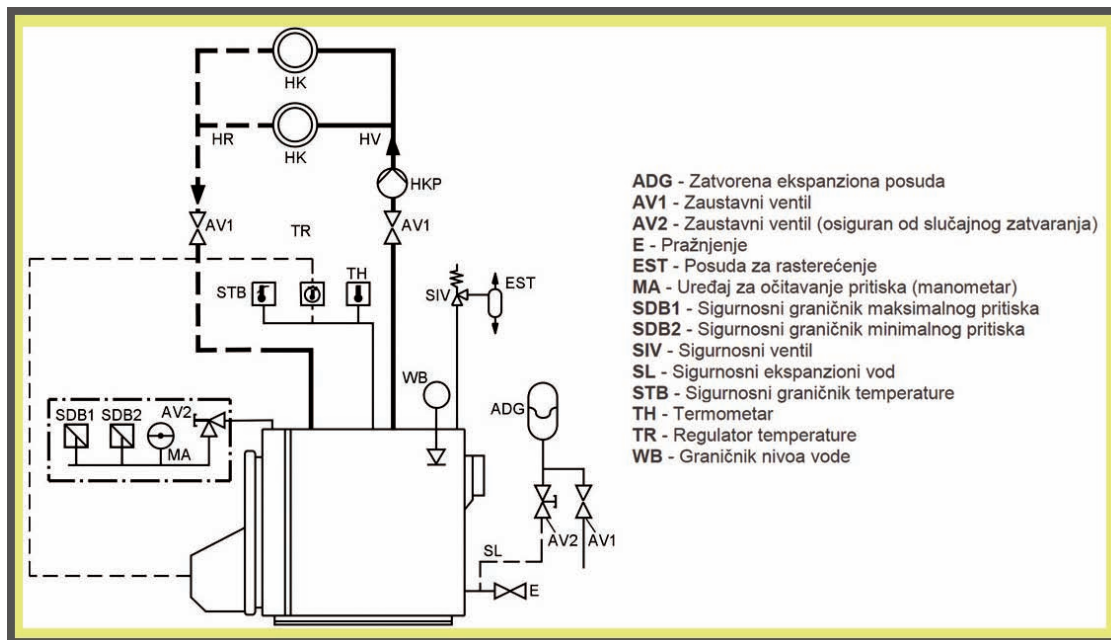


Slika 5.7. Primarna i sekundarne pumpe (lijevo) i način postavljanja radne i rezervne pumpe (desno)

Na slici 5.7. prikazana su dva česta primjera iz prakse povezivanja pumpi kao primarnih i sekundarnih u većim sistemima, gdje su sekundarne pumpe tzv. granske pumpe za svaku granu cijevne mreže (Slika 5.7. lijevo). Ukoliko je jedna od granskih pumpi predimenzionisana može doći do prekida strujanja kroz drugu granu, ili čak do strujanja u suprotnom smjeru. Na slici 5.7. desno prikazan je jedan čest slučaj povezivanja dvije pumpe, jedne radne a druge rezervne.

4.3. SIGURNOSNA I REGULACIJSKA OPREMA

Sigurnosna oprema sistema centralnog grijanja uključuje sve elemente kojima se onemogućava prekoračenje najvećih dopuštenih vrijednosti radne temperature i pritiska, dok se regulacijsko-nadzornom opremom osigurava pouzdanost i ekonomičnost rada sistema (Slika 5.8. i Tabella 5.1.). Na slici 5.8. prikazana je uobičajena sigurnosna oprema sistema centralnih toplovodnih grijanja (prema BAS EN 12828) sa dozvoljenom sigurnosnom temperaturom do 110 °C.



Slika 5.8. Uobičajena sigurnosna oprema sistema centralnih toplovodnih grijanja (prema BAS EN 12828) [7]

Tabela 5.1. Osnovna sigurnosna i regulacijsko –nadzorna oprema (prema BAS EN 12828)

Oprema	Izvedba kotla			
	Sa direktnom izmjenom toplote	Sa indirektnom izmjenom toplote	Bez automatske regulacije	Na čvrsta goriva
Graničnik temperature	Da ¹	Da ²	Da ³	Da ⁴
Sigurnosni regulator temperature	-	Da	-	-
Posebni cijevni razvod za sprječavanje pregrijavanja	-	-	-	Da
Sigurnosni ventil	Da	Da	Da	Da
Posuda za rasterećenje	Da ⁵	Da ⁵	Da ⁵	Da ⁵
Graničnik maksimalnog pritiska		Da ⁶	-	Da ⁷
Graničnik nivoa vode	Da ⁸	-	-	Da ⁹
Ekspanziona posuda	Da	Da	Da	Da
Termometar	Da	Da	Da	Da
Manometer	Da	Da	Da	Da
Regulator temperature	Da	Da	Da	Da

Legenda:

- ¹ ugrađuje se u izvor toplote ili u polazni vod u njegovoj neposrednoj blizini
- ² ugrađuje se na primarnu stranu izmjenjivača toplote za temperature manje od 105°C, a umjesto njega se može ugraditi regulator temperature na sekundarnoj strani
- ³ u posebnoj izvedbi za slučaj izvanrednog hlađenja
- ⁴ u posebnoj izvedbi za slučaj izvanrednog hlađenja kod izvora bez automatske regulacije
- ⁵ ugrađuje se u toplotne izvore učinka većeg od 300 kW, a nije potrebna u slučaju ugradnje dodatnog graničnika temperature i pritiska
- ⁶ ugrađuje se u toplotne izvore učinka većeg od 300 kW
- ⁷ ugrađuje se u toplotne izvore učinka većeg od 300 kW sa regulacijom
- ⁸ nije potreban za električne kotlove
- ⁹ ugrađuje se samo za izvore toplote sa regulacijom

Sigurnosna oprema sistema grijanja sastoji se od raznih elemenata, a projektuje se, izvodi i montira u skladu sa energentom koji se koristi, tipom sistema ekspanzije (otvorena ili zatvorena), regulacije rada (ručna ili automatska) i nazivnog učinka.

1. Za zatvorene sisteme:

- Elementi za zaštitu od prekoračenja najvećeg dopuštenog pritiska:
 - Sigurnosni ventil
 - Graničnik pritiska
- Elementi za zaštitu od prekoračenja najveće dopuštene radne temperature:
 - Graničnik temperature
- Elementi za zaštitu od smanjenja količine vode u sistemu:
 - Graničnik nivoa/količine vode

2. Za otvorene sisteme:

- Otvorena ekspanziona posuda
- Sigurnosni polazni i povratni vod

Sigurnosni ventil služi za zaštitu sistema grijanja i svih njegovih dijelova od prekoračenja najvećeg dopuštenog radnog pritiska. Izvedba ventila mora odgovarati odredbama PREN 1268-1, a najmanja priključna veličina je DN 15. Do njegovog djelovanja, u vidu otvaranja i ispuštanja određene količine medija, treba doći do pritisaka koji nije veći od maksimalnog projektnog pritiska sistema, pri čemu se mora spriječiti prekoračenje najveće vrijednosti radnog pritiska za više od 10%.

Sigurnosni graničnik pritiska služi za zaštitu sistema grijanja koji su opremljeni kotlovima toplotnog učina većeg od 300 kW. Može biti fabrički ugrađen u kotao ili se ugrađuje naknadno što bliže izvoru toplote. Djeluje tako da u slučaju neočekivanog prekoračenja pritiska ili prestanka napajanja sistema pomoćnom energijom automatski prekida izmjenu toplote ili dovod goriva do kotla i sprječava ponovno uključivanje sistema, pri čemu mora biti usklađen sa sigurnosnim ventilima.

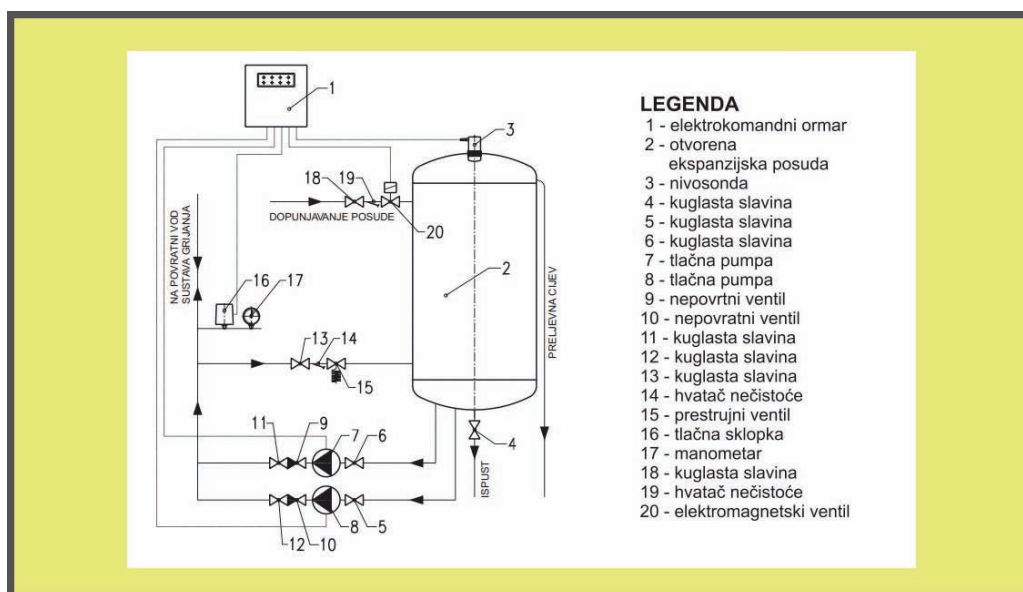
Sigurnosni graničnik temperature služi za zaštitu sistema grijanja od prekoračenja najveće dopuštene radne temperature. Može biti ugrađen u kotao ili se može ugraditi naknadno u polazni vod sistema, što bliže izvoru toplote. Sistemi koji imaju indirektnu izmjenu toplote (tj. opremljeni su sa izmjenjivačem toplote) trebaju imati ugrađen graničnik koji će djelovati preko odgovarajućeg vaporenog ventila na primarnoj strani izmjenjivača i na taj način smanjiti prenos toplote na sekundarnog izmjenjivača kako bi se spriječilo stvaranje pare. Ukoliko su temperature na primarnoj do 105°C, dovoljno je na sekundaru regulator radne temperature. Dakle graničnik temperature prekida rad izvora kako ne bi došlo do prekoračenja maksimalne dopuštene radne temperature, a nakon što se ponovo uspostave normalni radni uslovi u sistemu, sistem može nastaviti sa radom.

Sistemi sa kotlom na čvrsta goriva moraju biti opremljeni sa cijevnim razvodom koji se ne može zatvoriti ili koji u slučaju prekoračenja radne temperature za više od 10°C automatski se može otvoriti kako bi se spriječilo pregrijavanje.

Osigurač nivoa/količine vode služi za zaštitu zatvorenih sistema toplovodnog grijanja i djeluje na taj način da u slučaju neočekivanog smanjenja količine ogrijevnog medija u sistemu zaustavlja dalju izmjenu toplote čime sistem štiti od prekoračenja temperature. Njegova ugradnja nije obavezna za sisteme čiji je učinak manji od 300 kW, ako je osigurano da ne može doći do pregrijavanja u slučaju smanjenja količine ogrijevnog medija.

Zatvorena ekspanziona posuda služi za preuzimanje toplotnih rastezanja ogrijevnog medija u zatvorenim sistemima. Ugrađuju se u povratni vod ili na najniže mjesto u sistemu, pri čemu treba voditi računa o preporukama proizvođača i moraju biti na adekvatan način zaštićene od smrzavanja. Između njih i izvora toplote ne smije se nalaziti zaporni element, osim ako postoji potreba za revizijom, ali se u tom slučaju mora spriječiti njegovo neovlašteno zatvaranje.

Otvorena ekspanziona posuda ima istu ulogu kao i zatvorena ekspanziona posuda u zatvorenim sistemima, preuzimanje toplotnih rastezanja ogrijevnog medija. Ugrađuje se na najviše mjesto u sistemu. Opremljena je odzračnim i preljevnim vodovima koji se ne mogu zatvarati.



Slika 5.9. Uređaj za automatsko održavanje pritiska u sistemu [8]

U posljednje vrijeme kao povoljnije rješenje koriste se nisko smještene otvorene ekspanzijske posude s pumpnim agregatima za održavanje pritiska u sistemu. Takav ekspanzioni modul prikazan je na slici 5.9., pumpe se uključuju temeljem signala presostata, te održavaju željeni pritisak u sistemu.

5. SISTEMI GRIJANJA NA BIOMASU

Kontrola termalnog okruženja je osnovni preduslov za sve korisnike objekata. Ukoliko u objektu nije predviđeno hlađenje, sistem grijanja je jedini sistem koji zadovoljava ovaj preduslov za zdravlje, zadovoljstvo i produktivnost korisnika objekata.

Korisnik sistema grijanja, mora da razumije sistem zbog četiri bitna razloga.

- Sistem grijanja zauzima znatnu površinu i zapreminu objekta za opremu i distributivne elemente koji moraju biti locirani tokom procesa projektovanja, izvođenja radova i korištenja objekta,
- Sistem grijanja predstavlja veliku budžetsku stavku za uobičajene vrste objekata,
- Sistem grijanja treba posmatrati kao dio šireg sistema, jer uspjeh ili neuspjeh stanja termalnog komfora se obično direktno odnose na uspjeh ili neuspjeh objekta, i
- Održavanje odgovarajućeg termalnog komfora putem sistema grijanja je najveći potrošač energije u objektu.

Sistemi grijanja se generalno mogu podijeliti na **lokalne ili centralne**.

Lokalni sistemi grijanja tretiraju jedan prostor, a većina osnovnih komponenti sistema je locirana unutar zone ili na granici termalne zone i vanjskog okruženja. Potrebna toplotna energija uglavnom ne prolazi kroz druge zone. Sistem vrši zahtijevanu funkciju bez obzira na izvedbu i rad drugih lokalnih sistema. Lokalni sistemi (ukoliko imaju regulaciju) imaju samo jednu tačku kontrole, najčešće senzor temperature koji daje signal regulatoru.

Centralni sistemi grijanja tretiraju jedan ili više prostora, a većina osnovnih komponenti je locirana izvan zona, uglavnom u namjenskim prostorima ili izvan objekta. Potrebna toplotna energija od centralnog sistema mora prolaziti kroz druge zone.

Komponente centralnog sistema grijanja se mogu grupisati u tri funkcionalne kategorije: komponente izvora, transporta i isporuke energije za grijanje.

Komponente izvora energije za grijanje

Izvori energije za grijanje objekta dijele se na lokalne uređaje za grijanje pojedinačnih prostora i postrojenja za centralno grijanje.

Lokalne uređaje za grijanje pojedinačnih prostora (kamin, peć na drva, trajnožareća peć, peć na tečno gorivo, peći na gasovito gorivo, električne grijalice, električni kaloriferi, termoakumulacione peći, električni podni radijatori, sobni klima uređaji – toplotne pumpe...). Osnovna karakteristika lokalnih uređaja za grijanje je da se nalaze u prostoriji koja se tretira. U samom uređaju se odvija proces pretvaranja nekog oblika energije u toplotu. Nastala toplota u uređaju se predaje u prostor.

Za postrojenja za centralno grijanje je karakteristično da se sa jednog izvora energije snabdjeva veći broj pojedinačnih uređaja u prostorima objekta. Različiti tipovi izvora toplote mogu se primijeniti u sistemima centralnog grijanja: toplota generisana sagorijevanjem goriva, transformacija električne energije u toplotu, sunčevo zračenje ili drugi obnovljivi izvori energije pretvoreni u toplotu, transfer toplote iz okoline u objekat pomoću toplotne pumpe. Izbor izvora toplote za određene objekte je zasnovan na dostupnosti, potrebnom kapacitetu sistema, troškovima opreme i energenata i budžetu investitora/korisnika.

Najzastupljeniji izvori toplotne energije za grijanje su toplovodni kotlovi. Uobičajeno je da se transformacija energije vrši sagorijevanjem goriva u kotlu (gas, lož ulje, biomasa...).

Komponente transporta energije za grijanje

Centralni sistemi proizvode toplotnu energiju na jednom mjestu. Ovu energiju treba transportovati do grijanih prostora u objektu. Uobičajeni mediji za transport energije je voda. U instalacijama gdje se očekuje mogućnost zamrzavanja vode, instalacija se može napuniti sredstvom protiv mržnjenja, u skladu sa preporukama proizvođača opreme. Centralni sistemi koriste cjevovode za transport vode od izvora do komponente za isporuku energije u prostor.

Tipičan sistem sadrži i brojnu cijevnu armaturu. Razne izvedbe ventila se koriste za: kontrolu protoka i podešavanje projektnih parametara (balansirajući ventili), regulaciju protoka i temperature vode u zavisnosti od trenutne potrebe za energijom (regulacioni ventili), zaustavljanje cirkulacije vode pri servisiranju i održavanju (stop ventili), sprječavanje cirkulacije u suprotnom smijeru (nepovratni ventili), kao i za prebacivanje sa jednog izvora energije na drugi (prekretni ventili). Za funkcionalan rad i moguću dijagnostiku pri nastanku eventualnih problema, cjevovod je opremljen nizom mjernih instrumenata koji vrše mjerenja pritiska i temperature vode na ključnim mjestima.

Za cirkulaciju vode u cjevovodima koriste se cirkulacione pumpe, pomoću kojih se unosi energija u sistem, neophodna da se savladaju gubici usljed pada pritiska uzrokovanog trenjem (linijski gubici cjevovoda i lokalni gubici od opreme i cijevne armature). U zavisnosti od sistema, mogu se koristiti cirkulacione pumpe sa konstantnim brojem obrtaja radnog kola i sa frekventno regulisanim brojem obrtaja radnog kola.

Komponente isporuke energije za grijanje

Energija za grijanje, proizvedena u primarnom ili sekundarnom izvoru, distribuirana centralnim sistemom do pojedinih prostora, treba se korektno predati u prostor preko komponenti isporuke. U vodenim sistemima ugrijan medij, najčešće voda, se ne može samo ubaciti u prostor, nego se zahtjeva upotreba elemenata za prenos toplote. Elementi za prenos toplote se dijele na sobna grijaća tijela i grijaće površine integrisane u građevinskim elementima. Prenos toplote na prostoriju se odvija konvekcijom i zračenjem. Udio zračenja i konvekcije zavisi od elementa za prenos toplote. Grijaće površine imaju visok udio zračenja, a toplozračna grijanja prenose toplotu konvekcijom. Udio zračenja i konvekcije najviše zavisi od srednje temperature grijaćeg tijela. Neki od elemenata koji se koriste za prenos toplote iz distributivnog sistema u prostor su opisani u nastavku.

Pločasta grijaća tijela se izrađuju od čeličnog lima i zauzimaju mali prostor. Izrađuju se sa ravnim ili profilisanim pločama, te sa ili bez konvektorskih limova. Prenos toplote se odvija većim dijelom konvekcijom. Povećanjem broja konvektorskih limova povećava se udio konvektivnog prenosa toplote.

Člankasta grijaća tijela se izrađuju od livenog gvožđa, čelika ili aluminijuma. Željena površina koja utiče na kapacitet grijanja se dobija spajanjem određenog broja članaka. Prenos toplote se odvija većim dijelom konvekcijom.

Konvektori se najčešće izrađuju od bakarnih cijevi sa alumunijumskim lamelama. Prenos toplote se odvija konvekcijom. Osnovna podjela konvektora je u zavisnosti od načina strujanja zraka: prirodno ili prinudno.

Konvektori sa prirodnom konvekcijom imaju male kapacitete grijanja i inertnu regulaciju temperature. Zbog malih dimenzija pogodni su za razne mogućnosti ugradnje, ali se uglavnom ugrađuju u pod ili na zid (sa ili bez kućišta). Usljed strujanja sobnog zraka između lamela, lako dolazi do taloženja prašine na lamelama. Kapacitet grijanja se povećava sa povećanjem strujanja zraka.

Konvektori sa ventilatorom imaju višestruko veći kapacitet grijanja u odnosu na konvektore bez ventilatora. Ovi uređaji su obavezno opremljeni sa filterom zraka koji sprječava taloženje prašine na lamelama izmjenjivača. Pored ugradnje u pod ili na zid, moguća je ugradnja na strop ili u spuštenu strop. Zbog korištenja višebrzinskih ventilatora, regulacija temperature prostora je sa brzim odzivom.

Površinsko grijanje može biti podno, zidno ili stropno. Kao ogrjevna tijela koriste se građevinske površine prostora u koje se postavljaju cijevi uglavnom izrađene od umreženog polietilena, te sa dodacima polipropilena i polibutena. Prenos toplote se odvija većim dijelom zračenjem (60-70%) i konvekcijom. Površinsko grijanje se zbog prenosa toplote zračenjem generalno smatra izuzetno ugodnim.

Toplotni kapacitet se određuje u odnosu na kvadratni metar grijaće površine, a zavisi od temperatura polaznog i povratnog voda, rastojanja između cijevi, otpora provođenja toplote na podnoj oblozi, temperature prostora i drugih. U zavisnosti od navedenih faktora, specifični kapacitet podnog grijanja iznosi 40 – 100 W/m², a u rubnim zonama može da iznosi do 175 W/m².

Parametri koji utiču na definisanje sistema grijanja na biomasu

Osnovni parametar koji definiše sistem grijanja na biomasu je vrsta goriva. Izbor vrste goriva zavisi od niza parametara kao što su: cijena goriva, lokalna raspoloživost goriva, mogućnost izgradnje novog postrojenja i rekonstrukcije postojećeg, raspoloživost adekvatnog prostora za smještaj goriva, mogućnost transporta goriva do skladišta. Nakon izbora vrste goriva, koja direktno utiče na izbor konstrukcije kotla, sistem grijanja na biomasu definiše vrsta kotla za sagorijevanje biomase, način loženja i dopreme goriva u ložište, broj kotlovskih jedinica, vrsta ekspanzije sistema i sl.

Vrste i karakteristike drvnih goriva

Uobičajena goriva iz biomase koja se koriste za energente kotlovnica su: ogrijevno drvo (cjepanice), drvna sječka, drvni briketi i drvni peleti.

Ogrijevno i cijepano drvo

Ogrijevno drvo predstavlja tradicionalno gorivo koje se koristi za različite potrebe. Najčešće dimenzije u kojima se danas proizvodi i distribuira za sisteme grijanja su: 33 cm i 25 cm. Za efikasno sagorijevanje poželjno je da sadržaj vlage u ogrijevnom drvetu bude ispod 25%, što se postiže najčešće njegovim adekvatnim skladištenjem.

Jednom m³ kompaktnog drveta odgovaraju 1,43 prn ogrijevnog drveta složenog u red sa šuplinama ili oko 2,0 nm³ (nasipna metra kubna) drveta u nasipnom stanju. Količine i potrošnja zavise od brojnih faktora od kojih su najznačajniji: klimatske karakteristike, površina koja se grije, intenzitet grijanja, karakteristike uređaja za sagorijevanje, izolacija objekata koji se zagrijavaju, vrsta i vlažnost drveta.

Prilikom izbora vrste drvnog goriva važne su slijedeće karakteristike: vrsta drveta, dimenzije i sadržaj vlage. Određene vrste drvnih goriva se prodaju po zapremini, a druge po težini. Ogrijevno drvo se prodaje najčešće po zapremini dok se briketi i pelete prodaju po težini. Sadržaj vlage je od izuzetne važnosti prilikom kupovine drveta za ogrijev. U drvetu u svježe posječenom stanju učešće vode u ukupnoj težini iznosi od 35-60%. Pri tome je sagorijevanje drveta koje ima veliki sadržaj vlage otežano, a zagađivanje vazduha dimom povećano.

Ogrijevno drvo se najčešće prodaje po zapremini, a rjeđe po težini zbog toga što između 35% i 60% od ukupne težine tek posječenog drveta sačinjava voda. Prilikom nabavke cijepanog (ogrijevnog) drveta treba imati na umu da se kupovinom drveta kupuje energija, a važno je obratiti pažnju na slijedeće:

- vrstu drveta,
- cijenu i jedinicu mjere vodeći računa da li se cijena odnosi na kompaktno drvo, drvo složeno u redove ili drvo u nasipnom stanju. U zavisnosti od jedinice mjere i faktora za konverziju potrebno je izvršiti preračunavanje na metre kubne kompaktnog drveta, jer se na taj način najlakše može izvršiti upoređivanje sa ostalim gorivima.
- da li cijena uključuje isporuku,
- sadržaj vlage. Poželjno je saznati podatak koliko je vremena proteklo od sječe do momenta kada se drvo kupuje. Svježe posječeno drvo ima znatno manju toplotnu moć u odnosu na toplotnu moć zračno sušenog drveta,
- dimenzije, posebno ako se vrši kupovina cijepanog drveta namjenski za određenu vrstu kotla za sagorijevanje.

Ogrijevno drvo se najčešće prodaje u dužini od 1,0 m ili pripremljeno za direktnu upotrebu u dimenzijama od 25 cm i 33 cm. Količina se obračunava u prostornim metrima (prm).

Za proizvodnju toplotne energije sagorijevanjem ogrijevnog drveta koristi se veliki broj različitih sistema. Svi oni se međusobno razlikuju po kapacitetu, dizajnu, dimenzijama, cijeni, efikasnosti maksimalnog iskorištenja energije...

Savremeni toplovodni kotlovi za centralno grijanje su opremljeni odgovarajućim automatskim sistemima. Kotlovi se najčešće pune ručno dok su ostale funkcije automatizovane. Karakteriše ih visoka efikasnost koja se kreće u granicama od 85-95%. Uz kotao se instalira niz uređaja (akumulator toplote, pumpe, mjerači pritiska i temperature i drugo) koji omogućavaju funkcionalan i siguran rad sistema.

Drvena sječka

Drvena sječka predstavlja drveno gorivo koje se dobija usitnjavanjem drveta na sitne komade tako da može biti korištena u automatskim sistemima za grijanje većih individualnih kuća, stambenih zgrada, javnih ustanova ili ustanova društvene namjene. Dobija se usitnjavanjem drveta, krupnog i sitnog ostatka iz šume, drvnog ostatka koji nastaje u procesu prerade drveta, drveta iz sektora građevinarstva, ambalažnog drveta kao i drveta izvan šume (parkovi, drvoredi i sl.)

Drvena sječka predstavlja ekonomičan način korištenja drveta kao energenta jer se može koristiti kao gorivo sa relativno visokim sadržajem vlage, od 20-30%. Manipulacija drvnom sječkom je relativno jednostavna i ne zahtjeva ozbiljnija ulaganja u opremu i uređaje za njen transport od mjesta skladištenja do mjesta gde se nalaze kotlovi. Zbog svojih karakteristika može se koristiti kao energent za kotlove u opsegu od 40 kW do nekoliko megavata za proizvodnju toplotne ali i za kogeneraciju - proizvodnju toplotne i električne energije.

Osnovna sirovina za proizvodnju drvene sječke potiče iz:

- Šumarstva - cijela stabla, granje, ostaci prilikom sječe i izrade drvnih asortimenata, panjevi i korjenje.
- Prerade drveta - ostaci iz pilanske prerade drveta, kao i ostaci iz finalne prerade drveta.
- Reciklirano drvo - ponovnim korištenjem drvene ambalaže, predmeta od drveta iz domaćinstava kao i drveta iz građevinarstva.

Prilikom upotrebe ovog drveta mora se voditi računa da je očišćeno od metalnih i plastičnih ostataka, da ne sadrži ljepila i da nije tretirano lakovima.

Za pouzdan rad kotlova od velike važnosti je kvalitet drvene sječke. Parametri koji određuju kvalitet drvene sječke su: vrsta materijala, dimenzije i vlažnost.

Za proizvodnju drvene sječke u šumarstvu poželjna sirovina je zračno sušeno oblo drvo. Granje takođe predstavlja podesan polazni materijal, ali njegovom upotrebom nastaje nešto veći postotak učešća pepela u odnosu na sječku dobivenu iz oblog drveta.

Dimenzije drvene sječke su od velike važnosti za pouzdan rad kotlova. Problemi u radu kotlova su uglavnom prouzrokovani neodgovarajućim dimenzijama drvene sječke ili njenim lošim kvalitetom. Za male kotlove dužina drvene sječke ne bi trebala da prelazi 50 mm, a učešće sitnih komada (< 1mm) ne bi trebalo da bude veće od 5% u ukupnoj masi (provjeriti sa isporučiocem kotla). Optimalna dužina drvene sječke se kreće u rasponu od 8-30 mm.

Vlažnost drvene sječke ima dominantan uticaj na njenu toplotnu moć. Veća vlažnost prouzrokuje i veću potrošnju energije jer je potrebno prvo zagrijati vodenu paru da ispari. Povećan sadržaj vlage utiče na optimalne uslove pri kojima se postižu najveći energetske efekti pri sagorijevanju drveta i dovodi do značajnih gubitaka. Zbog toga je od velike važnosti za korisnika precizirati prihvatljiv opseg vlažnosti drvene sječke. Ukoliko je drvna sječka proizvedena od polaznog materijala čija je vlažnost bila ispod 25%, skladišti se u zatvorenim skladištima uz povremeno miješanje i provjetravanje, a ako je proizvedena od polaznog materijala čija je vlažnost bila iznad 25% skladišti se u poluzatvorenim skladištima.

Razvoj sistema za automatsko sagorijevanje drvene sječke traje više decenija, tako da su to danas veoma pouzdani sistemi. Koriste se za snabdijevanje toplotnom energijom domaćinstava u gradovima i na selima, javnih ustanova i gradskih toplana. Generalno se ovi sistemi dijele na:

- kotlove snage do 100 kW koji se najviše koriste u individualnim domaćinstvima;
- kotlove snage od 100 – 1000 kW sa pokretnom rešetkom koji se koriste za grijanje većih pojedinačnih objekata i za gradske toplane.
- kotlove snage iznad 1000 kW koji se koriste se za proizvodnju industrijske energije ili za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije (CHP).

Prilikom izrade projekata kotlovnica sa drvnom sječkom potrebno je uzeti u obzir raspoloživost drvene sječke, transportnu udaljenost i cijenu koštanja.

Drvni briketi

Drvni briketi predstavljaju kompaktne forme drvnih goriva koji se dobijaju sabijanjem usitnjelog drvnog materijala u odgovarajućim mehaničkim i hidrauličnim presama. Za proizvodnju kvalitetnog drvnog briketa potrebno je obezbijediti nekoliko ključnih uslova: dovoljnu količinu i odgovarajuću granulaciju drvnog ostatka, zadovoljavajući nivo vlažnosti i odgovarajuću opremu za proizvodnju briketa. Za jednu tonu drvnog briketa cilindrične forme potrebno je oko 1,5 m³ drvnog materijala.

Da bi se mogao proizvoditi briket, nivo vlažnosti drvnog ostatka ne smije biti niži od 6% niti viši od 16% ukupne unutrašnje vlage. Konačna vlažnost gotovih drvnih briketa kreće se od 7-10% i pri toj vlažnosti energetska vrijednost briketa je takva da jedna tona ovog goriva zamjenjuje oko 3 prm ogrijevno drveta vlažnosti 35%, odnosno oko 2 kg briketa imaju istu energetska vrijednost kao 1 l lož ulja.

Najčešće dimenzije cilindričnih drvnih briketa su: prečnik od 5-9 cm, a dužina 25-33 cm. Pojedini proizvođači, drvnom materijalu iz koga proizvode prizmatične brikete, dodaju vosak sa ciljem povećanja njegove energetske vrijednosti. Za domaćinstva briket se pakuje u papirnu i kartonsku ambalažu i termoskupljajuće folije. Za velike potrošače briketi se isporučuju u džambo vrećama.

Mjesta na kojima se odlažu ili skladište drvni briketi ne smiju biti vlažna, jer primanjem dodatne vlage iznad fabričkih 10% nastaju problemi u pogledu koherentnosti, efikasnosti sagorijevanja i smanjenja energetske vrijednosti.

Pored značajnih prednosti u odnosu na ogrijevno drvo u smislu energetske vrijednosti i prostora za skladištenje, drvni briketi imaju nedostatak u odnosu na peleti jer se peći za sagorijevanje moraju puniti ručno.

Drvni peleti

Drvni peleti predstavljaju prefinjene homogene forme goriva proizvedene od drvnog ostatka koji nastaje u procesima prerade drveta njihovim sitnjenjem do nivoa drvnog brašna, a zatim njegovim sabijanjem u posebnim presama. Njihove postojeće osobine čine ih idealnim gorivom za automatizovane sisteme za grijanje.

Drvni peleti su cilindričnog oblika čiji se prečnik kreće od 6 do 12 mm, a dužina od 10 do 30 mm. Sadržaj vlage se kreće od 8- 10%, a energetska vrijednost je izuzetno visoka što ih svrstava među najbolja goriva na bazi drveta. Pored visokog sadržaja energije peleti su gorivo koje zahtjeva najmanje skladišne prostore u odnosu na ostala drvena goriva.

Kvalitet drvnih peleta zavisi od više faktora među kojima se posebno izdvajaju vrsta drveta, oprema za proizvodnju, vlažnost i druge karakteristike polazne sirovine.

U poređenju sa ostalim drvnim gorivima kao što su cijepano drvo, drvena sječka i briketi, peleti imaju brojne prednosti od koji se posebno izdvajaju:

- manji prostor potreban za transport i skladištenje (veća specifična gustoća),
- manji broj isporuka za potrošače u toku sezone grijanja,
- stalne dimenzije i sadržaj vlage,
- potpuno automatizovan i jednostavan dovod iz skladišta do kotlova,
- jednostavno rukovanje i potpaljivanje.

Za proizvodnju toplotne energije i zagrijavanje prostorija koriste se posebno konstruisani kotlovi i peći na drvni pelet. Pojedini postojeći sistemi na čvrsta goriva ili mazut mogu biti preuređeni da koriste drvni pelet kao gorivo.

Kotlovi na drvni pelet su potpuno automatizovani sistemi isto kao kotlovi na gas ili lož ulje. Imaju ugrađene mikroprocesore koji kontrolišu količinu peleta u jedinici vremena, kao i količinu zraka neophodnog za njihovo efikasno sagorijevanje u ložištu kotla, što omogućava visoku efikasnost sagorijevanja (čak i preko 90%) i veoma nisku emisiju dima.

Centralno grijanje sa kotlovima na drvene pelete je isto tako udobno kao i grijanje na tečna goriva. Nije neophodno stalno nadgledanje i kontrola rada s obzirom da tu funkciju obavlja mikroprocesor, a snabdijevanje kotla peletima se obavlja automatski iz skladišta za pelete. Kotlovi imaju mogućnost automatskog potpaljivanja i mogu se programirati za početak i završetak rada. Izuzetno su pouzdani i omogućavaju vrlo visok nivo fleksibilnosti. Zbog visoke efikasnosti sagorijevanja ostaju male količine pepela koje zahtijevaju čišćenje kotla jedanput mjesečno.

Posebno se izdvajaju slijedeće karakteristike kotlova na drvni pelet:

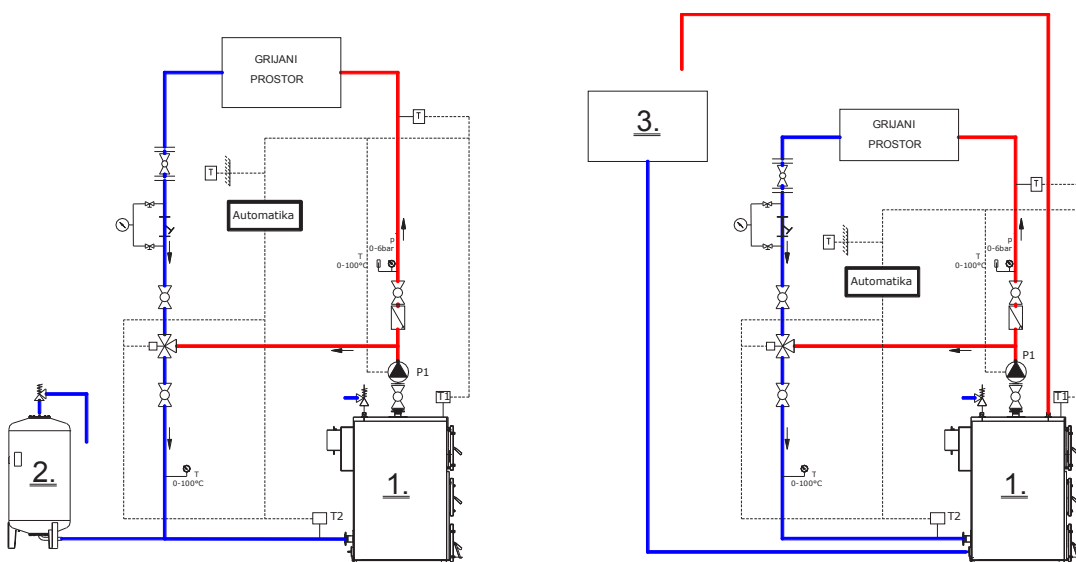
- jednostavno snabdijevanje drvnim peletima. Drvni peleti se mogu nabaviti u PVC vrećicama u pakovanju od 16 kg ili isporukom od strane proizvođača ili distributera u cisternama, ako se kupuje u velikim,
- automatizovana kontrola sagorijevanja,
- visoka pouzdanost i bezbjednost u zaštiti od požara i problema u elektroinstalacijama,
- visoke performanse u pogledu smanjenja zagađenja životne sredine,
- jednostavno održavanje i čišćenje,
- prosječna emisija ugljendioksida (CO₂) je ispod 12%, a CO ispod 0.1% (1000 ppm) i
- automatsko puštanje u rad sa bezbjednim isključivanjem u slučaju prekida napajanja električnom energijom i ponovno pokretanje nakon otklanjanja nastalih problema.

Skladišta za pelete zavise od toga kako se vrši snabdijevanje istim. U kotlovima manjih kapaciteta se nalazi ugrađeno skladište u koje se može smjestiti pakovanje peleta u PVC vrećicama od 15-16 kg. Ova količina peleta je dovoljna za grijanje povezanih prostorija ukupne površine od oko 80 m² za jedan dan uz stalno održavanje temperature u uobičajenim granicama. Punjenje skladišta kotla i pražnjenje pepela se vrši ručno. U pogledu skladišnog prostora za skladištenje PVC vrećica najznačajniji zahtjev je da taj prostor bude izolovan od uticaja kiše i vlage, a njegova veličina zavisi do toga koliko su potrošači opredjeljeni da kupe manju ili veću količinu peleta. Kupovinom većih količina, cijene drvnih peleta su niže u odnosu na pakovanja u PVC vrećicama.

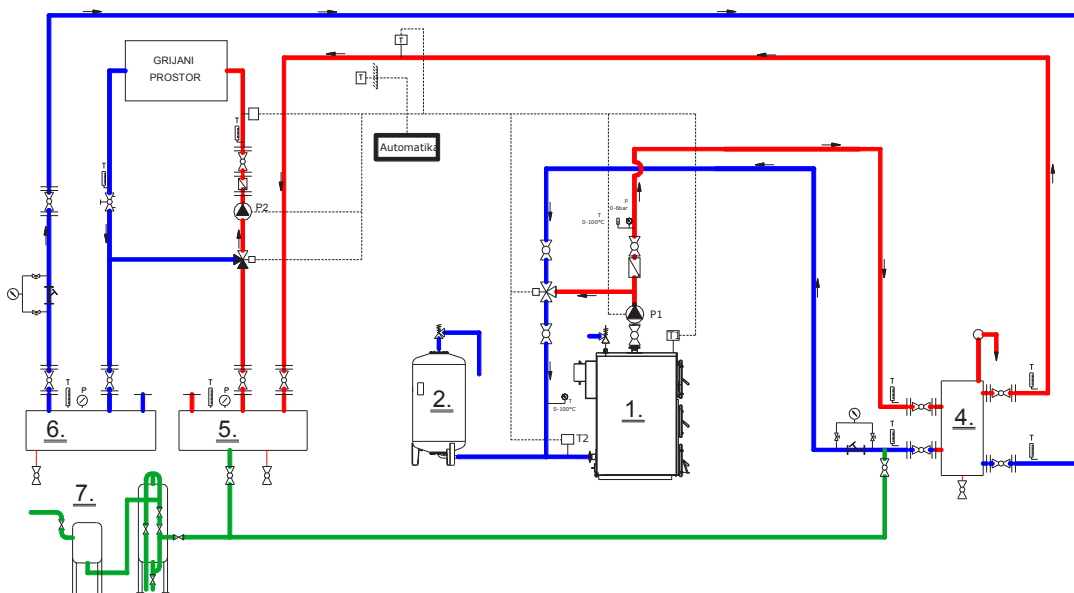
Za kotlovske sisteme na drvene pelete neophodna su skladišta u koja je moguće smjestiti oko 1-2 tone peleta za nesmetan i kontinuiran rad sistema u trajanju od najmanje jednog mjeseca. U tom slučaju potrebno je organizovati nabavku peleta 2-3 puta u toku sezone grijanja. Ukoliko potrošači imaju mogućnost izgradnje većeg skladišnog prostora za pelete npr. za 5-6 tona, onda se organizovanje nabavke vrši samo jedanput za cijelu sezonu grijanja. Isporuka peleta za veće skladišne sisteme vrši se cisternama, a cijeli postupak prebacivanja peleta iz cisterni u skladište obavlja se crijevima i u potpunosti je automatizovan. Ovako velika skladišta za pelete mogu biti unutar ili izvan objekta kao posebne jedinice. U oba slučaja skladišta su povezana sa kotlom distributivnim cjevovodom.

Dizajn kotlovnice

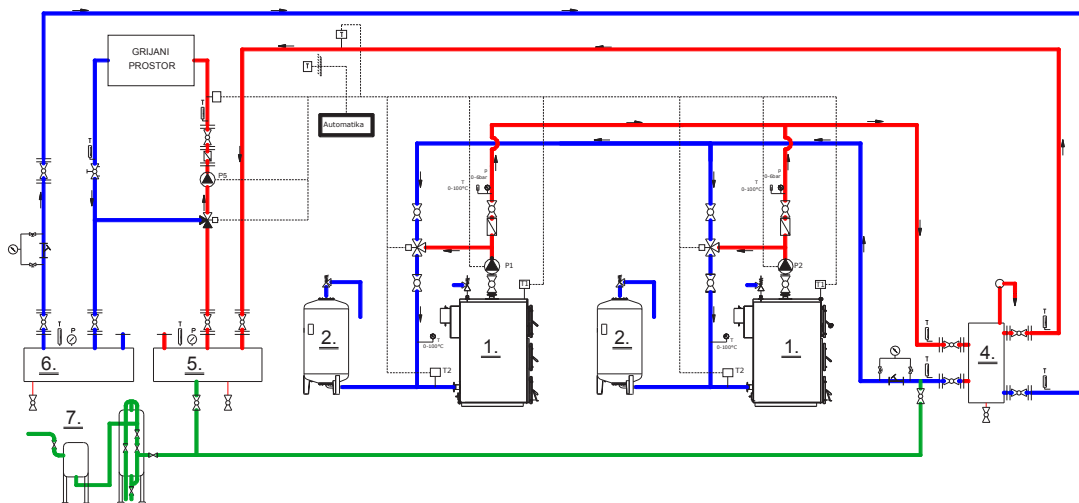
U zavisnosti od vrste goriva, raspoloživog prostora i projektantskog rješenja, moguće su razne kombinacije dizajna kotlovnice. Na sljedećim slikama su shematski prikazane najčešće aplikacije kotlovnica na biomasu.



Slika 5.1. Shema toplovodne instalacije sa jednom pumpom, bez akumulatora toplote
 a) sa zatvorenom ekspanzionom posudom
 b) sa otvorenom ekspanzionom posudom



Slika 5.2. Shema toplovodne instalacije sa primarnom i sekundarnom pumpom, instalacija sa akumulatorom toplote



Slika 5.3. Shema toplovodne instalacije sa primarnim i sekundarnom pumpom, instalacija sa akumulatorom toplote i dva kotla

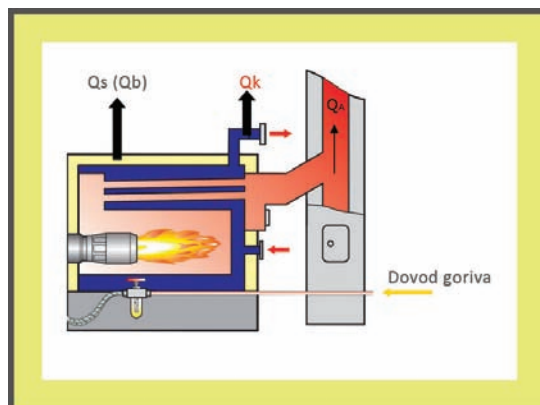
U prikazanim shemama korištena je sljedeća legenda i simboli:

1. Toplovodni kotao
2. Zatvorena ekspanziona posuda
3. Otvorena ekspanziona posuda
4. Akumulator toplote
5. Razdjelnik tople vode
6. Sabirnik tople vode
7. Ionski omekšivač vode

	Troputi miješajući ventil		Balans ventil
	Kugl ventil, navojni		Sigurnosni ventil
	Kugl ventil, prirubnički		Ozračni lonac
	Hvatač nečistoća		Termometar
	Nepovratni ventil		Manometar
	Topla voda (polaz)		Senzor temperature
	Topla voda (povrat)		
	Voda iz gradskog vodovoda		
	Signalni kablovi		

6. OPTIMIZACIJA EFIKASNOSTI RADA/KORIŠTENJA KOTLOVA NA BIOMASU

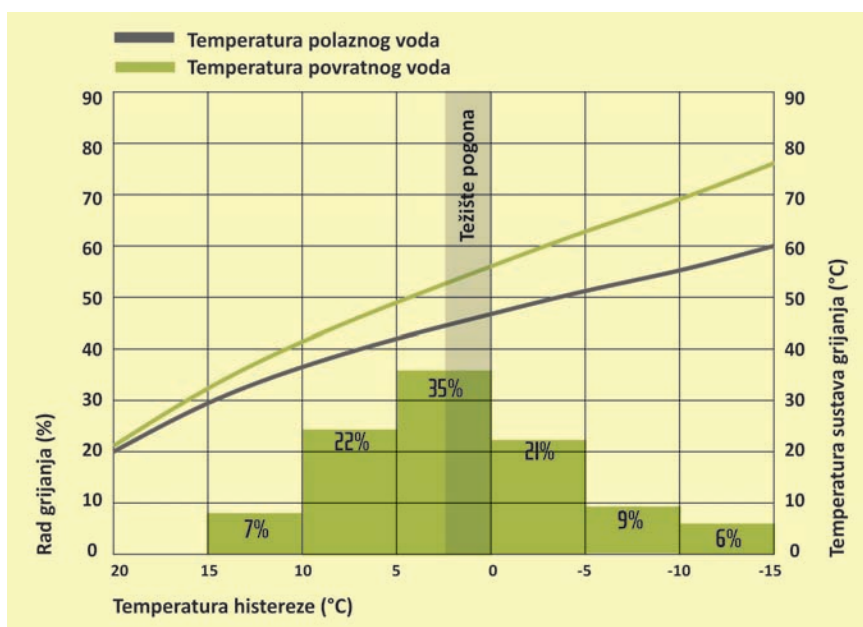
Nakon konverzije energije goriva sagorijevanjem u toplotu, kotao treba da toplotu iz ložišta prenese na ogrijevni medij. Dominantni gubici koji pri tome nastaju su: gubici odvođenjem toplote sadržane u dimnim gasovima u atmosferu (QA), te površinski gubici kotla tokom pogona kotla (QS) i kod stanja mirovanja(Qb), a prikazani su na slici 6.1.



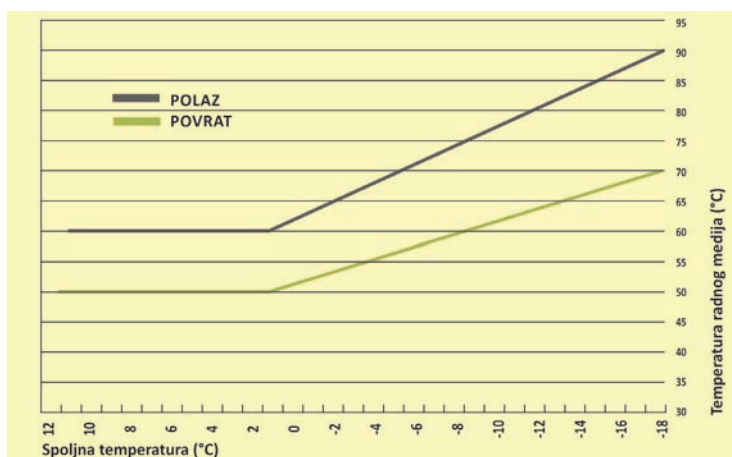
Slika 6.1. Gubici toplovodnog kotla

Spoljne projektne temperature za naše geografsko podneblje se kreću od -12 do -18°C , i rijetko se dostižu. Kotao se dimenzioniše da potpuno pokrije potrebe za toplotom pri spoljnoj projektnoj temperaturi, tako da samo nekoliko dana u godini ima potrebu da radi sa punim, projektovanim kapacitetom. Ostatak sezone grijanja kotao radi sa djelimičnim opterećenjem, što omogućava snižavanje temperature polaznog (i povratnog) voda.

Na slici 6.2. je prikazan godišnji rad grijanja podijeljen na intervale spoljnih temperatura sa prikazanim potrebnim temperaturama polaznog i povratnog voda za temperaturni režim 75/60°C. Slika je prikazana informativno, da pokaže procentualnu zastupljenost dnevnih temperatura u sezoni grijanja. Sa dijagrama se vidi da 6% rada grijanja otpada na dane kada je hladnije od -10°C , a 64% rada grijanja pri spoljnim temperaturama iznad 0°C . Na slici 6.3. je prikazana poželjna kriva loženja kotlova sa ručnim loženjem. Zbog niskotemperaturne korozije je potrebno polaznu temperaturu ne spuštati ispod 60°C (konsultovati proizvođača kotla za konkretan slučaj).



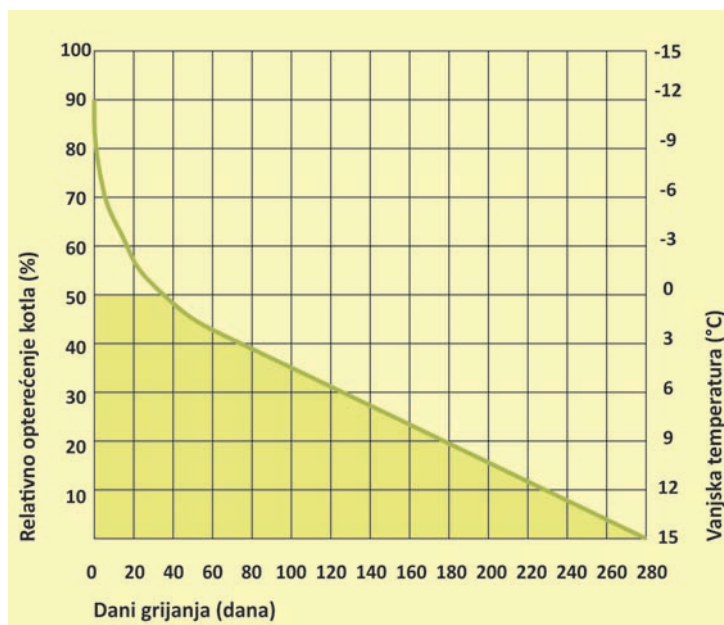
Slika 6.2. Podjela godišnjeg rada grijanja na različite spoljne temperature



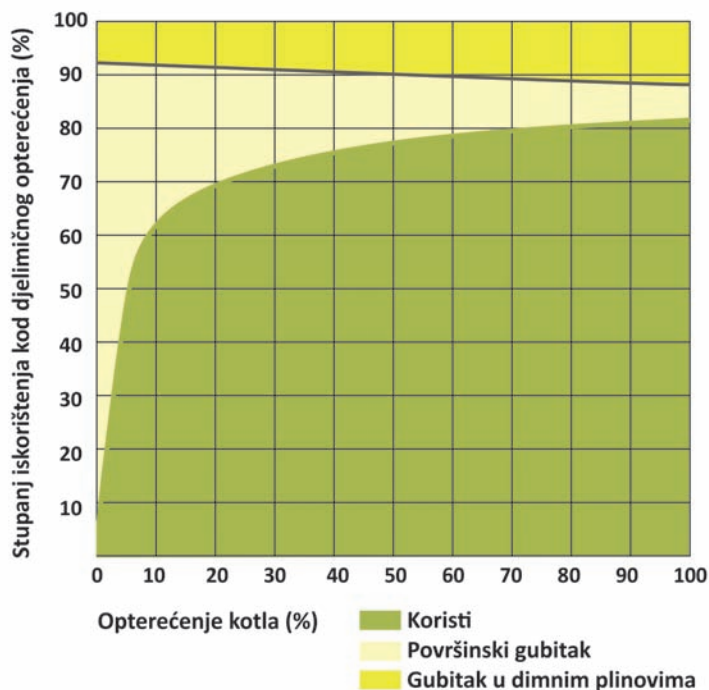
Slika 6.3. Kriva loženja kotlova sa ručnim loženjem

Opterećenje kotla zavisi od spoljne projektne temperature i promjene spoljne temperature svakog dana tokom sezone grijanja. Na slici 6.4. je prikazano relativno opterećenje kotla tokom sezone grijanja u zavisnosti od spoljne temperature, sa kojeg se može očitati broj dana u godini kada kotao treba da radi sa određenim opterećenjem. Dijagram opterećenja kotla se treba izraditi za svaki sistem posebno i pri konkretnim statističkim meteorološkim podacima. Sa prikazanog dijagrama se vidi da se sa relativnim opterećenjem kotla od 50% ostvaruje 85 do 90% godišnjeg rada grijanja.

Karakteristična opterećenja za standardne kotlove sa konstantnom temperaturom polaznog voda su prikazana na slici 6.5. Udio gubitaka od spremnosti za rad je utoliko veći što je manje godišnje opterećenje kotla. Ukoliko je postrojenje predimenzionisano, uobičajeno opterećenje iznosi 10 do 15%, te je vidan visok procenat gubitaka tokom perioda spremnosti za rad. Najviše pominjana mjera povećanja energetske efikasnosti je "utopljanje" objekata ugradnjom toplotne izolacije. Ukoliko se zadrži postojeći sistem grijanja sa standardnim kotlom, usljed smanjene potrebe za grijanjem, smanjuje se i opterećenje kotla. Ovo dovodi do djelimičnog poništavanja efekta uštede uslijed povećanog gubitka tokom perioda spremnosti za rad.



Slika 6.4. Relativno opterećenje kotla tokom sezone grijanja u zavisnosti od spoljne temperature



Slika 6.5. Relativno opterećenje kotla tokom sezone grijanja u zavisnosti od spoljne temperature

Iz prikazanih dijagrama se vidi da je poželjno imati što veće opterećenje kotla da bi površinski gubici bili što manji. Sa druge strane, povećanje opterećenja kotla pri smanjenim potrebama dovodi do pregrijavanja prostora i što opet dovodi do znatnih gubitaka. Opterećenje kotla ne bi trebalo da bude niže od 30%, jer se ispod te vrijednosti površinski gubici znatno povećavaju. Za povećanje efikasnosti sistema treba računati i sa akumulatorima tople vode, koji su gotovo standardna komponenta sistema grijanja na biomasu. 1 m³ tople vode omogućava akumulaciju cca 25 kWt pri razlici temperatura polaznog i povratnog voda od 20°C.

7. ODRŽAVANJE I PRAVILNO RUKOVOĐENJE KOTLOVA NA BIOMASU

Rukovaoc sistemom na biomasu mora da bude obučen od strane proizvođača kotla za rukovanjem sistemom i zahtjevima bezbjednosti. Kada korisnik želi da mijenja rukovaoca sistemom dužan je da izvrši obuku novog rukovaoca. Svaka osoba koja na bilo koji način učestvuje u rukovanju i održavanju sistema mora da pročita i primjenjuje uputstvo za upotrebu od proizvođača kotla.

Nepravilna upotreba i nepridržavanje sigurnosnih uputa može da prouzrokuje povrede, ozljede ili čak smrt i može dovesti do oštećenja postrojenja i drugih materijalnih dobara u neposrednom okruženju.

Sistemi grijanja na biomasu se po konstrukciji i gorivu uglavnom dijele na:

- Kotlove za sagorijevanje čvrstih goriva,
- Kotlove za sagorijevanje peleta i
- Kotlove (sisteme) za automatsko sagorijevanje drvene biomase (sječka, pelet)

Kotao za sagorijevanje čvrstih goriva (cjepanica, drvnih briketa, drvnog otpada, lignita, koksa, kamenog uglja) je predviđen da radi u temperaturnom režimu 90/70°C. Zbog svoje konstrukcije omogućava loženje većih komada drveta. Loženje vlažnim gorivom smanjuje vijek trajanja kotla. Loženje i doziranje goriva se vrši ručno.

Automatski rad kotla za sagorijevanje peleta pruža korisniku zavidan komfor s obzirom na to da treba da vodi računa samo o napunjenosti rezervoara peletom, te ga čini pogodnim za široku primjenu. Rukovanje kotlom je veoma jednostavno i svodi se na uključivanje rada preko glavne sklopke i podešavanja željene temperature. Dozirni puž iz rezervoara sa peletom dozira pelet u ložište kotla. Električni grijač koji je smješten u ložištu služi za potpaljivanje peleta. Ovo se odvija samo u početnoj fazi puštanja kotla u rad i nakon duže stanke. Ventilator potpomaže gorenje peleta na taj način da u ložište dovodi potrebnu količinu kiseonika za sagorijevanje.

Sistem za automatsko sagorijevanje drvene biomase je namijenjen za automatsko sagorijevanje drvene biomase i proizvodnju tople vode temperature do 90 °C. Korisniku nije dozvoljeno da se sistem koristi za sagorijevanje drugih materijala osim drvene piljevine i sječke granulacije i vlažnosti prema preporukama proizvođača kotla. Sistem se sastoji od: toplovodnog kotla, gasifikatora, rezervoara sa dozatorom, multiciklona sa dimnim cijevima i ventilatorom dimnih gasova, automatske regulacije i dimnjaka. Gorivo dolazi u rezervoar iz silosa i transportuje se u gasifikator pomoću pužnog ili hidrauličnog dozatora. U gasifikatoru se odvija proces gasifikacije i djelimičnog sagorijevanja biomase, što dovodi do stvaranja gasne faze koja se zajedno sa neizgorjelom čvrstom masom upuhuje u ložište kotla. Proces u gasifikatoru se odvija uz oslobađanje velike toplote što omogućava njegovu samoodrživost. Nakon sagorijevanja goriva u kotlu, dimni gasovi se transportuju u multiciklon, gdje se vrši odvajanja krupnijih čestica iz dimnih gasova. Ovim se smanjuje zagađenje okoline i sprječava izlazak varnica koje bi mogle izazvati požar. Ventilator dimnih gasova preko dimovodnih cijevi transportuje dimne gasove do dimnjaka. Funkcionisanje sistema je potpuno automatizovano i vodi se na osnovu potreba za toplotom potrošača.

Za siguran i pouzdan rad kotlovnica na biomasu mora da ispunjava sljedeće uslove:

- temperatura u prostoriji kotlovnice: +5 do + 40°C,
- vlažnost u prostoriji do 90% pri 20°C,
- svjetlost u prostoriji ne manje od 500 lux,
- moraju biti preduzete mjere dovođenja svježeg zraka za sagorijevanje. Otvori sa vanjske strane treba da budu zaštićeni spoljnim fiksnim žaluzinama radi sprječavanja prodora atmosferskih padavina. Potrebni presjek smije biti podijeljen na najviše dva otvora ili voda. Otvori za dovod i odvod zraka moraju stalno biti otvoreni, punim poprečnim presjekom. Dovod zraka mora biti direktno spolja. Otvori za odvod zraka ne smiju imati rešetku.
- prostor mora biti siguran od smrzavanja,
- vrata kotlovnice moraju se otvarati u pravcu izlaza,
- zidovi, plafoni i pod kotlovnice moraju biti izrađeni od negorivog materijala,
- kotlovnica mora biti fizički odvojena od drugih prostorija, prije svega od prostorija u kojima borave ljudi.

Uslovi za skladištenje goriva:

- gorivo mora biti tako uskladišteno da onemogući nastanak opasnosti od požara, eksplozije i povreda,
- uskladištenje goriva nije dozvoljeno unutar prostora kotlovnog postrojenja, osim u uređajima za miješanje i doziranje, za snabdijevanje gorivom, dozatoru i uređaju za ubacivanje,
- biomasa se skladišti unutar komora i silosa, koji se po pravilu pune sa gornje strane, a prazne sa donje strane (sistemi za automatsko sagorijevanje drvene biomase),
- za uskladištenje biomasa mora se izvesti vatrootporna zaštita 60 minuta prema prostoru kotlovnog postrojenja.
- prostori u kojima je uskladišteno gorivo moraju biti dobro zaptiveni sa gornje strane radi sprječavanja ulaska atmosferskih padavina i raznih stranih otpada. Povećana vlaga u gorivu smanjuje snagu postrojenja i izaziva znatnu zaprljanost gasifikatora. Strana tijela koja se pomiješaju sa gorivom i krupni komadi drveta koji zbog gabarita ne mogu proći kroz pužni transporter, mogu izazvati oštećenja na dozirnom sistemu (sistemi za automatsko sagorijevanje drvene biomase),

Za pravilan rad kotla potrebno je obezbijediti sljedeće uslove:

- montaža sistema može biti izvršena samo od strane osposobljenog lica,
- kotao se mora smjestiti na stabilnu i ravnu podlogu i poštovati sigurnosne udaljenosti od zapaljivih materijala,
- obezbijediti minimalnu promahu u dimnjaku što se postiže odgovarajućim presjekom i visinom dimnjaka,
- na sigurnosnim vodovima iz kotla ne smije se montirati nikakav ventil ili bilo koja druga zaporna armatura.
- u zatvorenom sistemu grijanja obavezna je ugradnja atestiranog sigurnosnog ventila sa projektovanim pritiskom otvaranja i ugradnja ekspanzione posude.

Puštanje kotla u rad

Prije puštanja kotla u rad potrebno je:

- provjeriti da li je instalacija urađena po projektu,
- sistem napuniti vodom, a punjenje kotla se ne vrši ako je temperatura ambijenta ispod 5°C,
- za punjenje kotla iz sistema preporučuje se omekšana voda. Na vijek trajanja sistema kao i čitave instalacije grijanja utiče kvaliteta vode. Kvalitet vode utiče i na sigurnost rada i stepen iskorištenja kotla.
- izvršiti odzračivanje sistema,
- provjeriti pritisak vode u kotlu i instalacijama,
- provjeriti stanje dimovodnih cijevi i njihovu zaptivenost,
- provjeriti da li je regulator promahe ispravno instaliran i podešen,
- cirkulacionu pumpu uključiti i pustiti vodu iz kotla u instalaciju tek kada temperatura vode u kotlu dostigne 60°C,
- potpuno otvoriti klapnu na dimnjači.
- provjeriti da se kablovi kotla ne naslanjaju na tople (vrele) dijelove kotla ili da kablovi nisu fizički oštećeni;
- provjeriti da li je šamot u ložištu pravilno postavljen;
- provjeriti da nema mehanički čvrstih predmeta koji bi smetali radu puža (pelet i sječka).
- provjeriti smjer kretanja svakog trofaznog elektromotora (sistemi za automatsko sagorijevanje drvene biomase),
- nakratko pokrenuti elektromotore od transportnog puža dozatora, mješača dozatora, ventilatora dimnih gasova, ventilatora gasifikatora i ventilatora kotla i da se prekontroliraju njihova ispravnost (sistemi za automatsko sagorijevanje drvene biomase).

Kada je izvedena gore navedena provjera, može se pristupiti loženju vatre u kotlu i njegovom puštanju u rad. Kotao je namijenjen samo za sagorijevanje goriva koje je proizvođač kotla definisao. Korištenje bilo kog drugog goriva nije dozvoljeno. Prilikom loženja vatre u kotlu, ne smiju se koristiti lako zapaljive materije (benzin, ulje, gas...).

U toku rada kotla potrebno je poštovati slijedeće mjere bezbjednosti:

- pri početku eksploatacije ne preopteretiti sistem,
- smanjiti opterećenje ako se čuju hidraulički udari,
- odmah zaustaviti sistem ako se uoče neke nepravilnosti u radu (udari, dim, šum, vibracije)
- obavezno koristiti zaštitne rukavice pri pomjeranju poklopca gasifikatora, otvaranja vrata na kotlu i tokom čišćenja
- vrata kotla i poklopac gasifikatora se ne smiju otvarati za vrijeme eksploatacije,
- ako se osjeti miris gasova zabranjuje se radnja koja dovodi do pojave iskre,
- obratiti pažnju da vrata za loženje i vrata za čišćenje imaju mehanički zatvarač. Kod provjere količine goriva ili kod punjenja, vrata je prvo potrebno lagano otvoriti, kako bi se omogućila izmjena gasova u gorivu, pa tek onda vrata potpuno otvoriti (cjepanice, briket),
- regulaciju snage koju daje kotao vršiti preko regulatora promahe (cjepanice, briket),
- kotao ložiti i regulator promahe podesiti tako da njegova radna temperatura ne padne ispod 55°C (cjepanice, briket).

Održavanje i čišćenje kotla

Da bi se sistemu omogućio dug radni vijek bez zastoja, potrebno je preduzeti određene radnje redovnog čišćenja i održavanja. Održavanje čistoće ložišta osnovni je uslov za dobar rad kotla. Na stijenkama ložišta nataloži se sloj čađi i katrana, zbog čega je potrebno mehanički čistiti ložište. Čišćenje kotla se može izvoditi samo onda kada je gorivo potpuno sagorjelo, a temperatura vode u sistemu je ispod 35°C. Naslage čađi znatno utiču na potrošnju goriva. Debljina čađi od 1 mm na stijenkama ložišta kotla povećava utrošak energije za 5 - 10%.

Kod čišćenja ložišta kotla od pepela i naslaga čađi usisavanjem, bitno je da je pepeo ohlađen na sobnu temperaturu, kako bi se izbjegla opasnost od samozapaljenja usisivača kojim se vrši usisavanje pepela.

Kod čišćenja dimnjače, dimovodnog kanala i koljena postoji opasnost od nastajanja opekotina jer ove površine mogu da imaju temperaturu i do 200°C u radnom režimu. Potrebno je prije čišćenja ostaviti dovoljno vremena da se površine ohlade.

Kod svih radova čišćenja postoji opasnost od gušenja sa ugljen monoksidom, ako proces gorenja još nije završen. U tom slučaju ugljen monoksid se emituje kroz otvore na kotlu. Vrata kotla ne ostavljati otvorena duže nego što je to neophodno.

Metalna ložišta provode struju, pa se prilikom održavanja i čišćenja smije koristiti samo sigurnosna svjetiljka koja radi na niski napon.

Periodičnost pojedinih radnji vezanih za čišćenje i održavanje sprovoditi u skladu sa preporukama proizvođača kotla. Sve intervencije, kontrole i dopune potrebno je evidentirati u dnevnik rada postrojenja.

8. CHECK-LISTA I INDIKATORI ZA PRAĆENJE POTROŠNJE ENERGIJE

Check-lista sigurnog i pouzdanog rada sistema grijanja

U cilju sigurnog i pouzdanog rada sistema grijanja rukovaoc kotlovnice je dužan voditi brigu o sveobuhvatnom stanju kotlovnice, što uključuje start kotlovnice, kontrolu režima rada i funkcionalno stanje kompletnog sistema. Radnje koje je potrebno konstantno provoditi i/ili ih imati u vidu su:

- Prije početka loženja vizuelno provjeriti otvore za dovod i odvod zraka, koji moraju stalno biti otvoreni punim poprečnim presjekom;
- Prije početka loženja provjeriti temperaturu unutar kotlovnice. U slučaju niske temperature, oko +5°C, vizuelno provjeriti da tokom prekida loženja nije došlo do zamrzavanja vode u instalaciji i fizičkih oštećenja usljed smrzavanja vode. Vizuelnu kontrolu nastaviti tokom prvih sati rada;
- Prije početka loženja provjeriti da vrata kotlovnice nisu blokirana fizičkim preprekama;
- Prije početka loženja provjeriti da je gorivo tako uskladišteno da je onemogućen nastanak opasnosti od požara, eksplozije i povreda;
- Prije početka loženja provjeriti da li se na stijenkama ložišta nataložilo čađi i katrana (ukoliko ima naslaga, organizovati čišćenje kotla kada gorivo potpuno sagori i temperatura vode u sistemu opadne ispod 35°C);
- Prije početka loženja provjeriti stanje sigurnosne i zaštitne opreme (PP aparati, zaštitne rukavice...);
- Pri startu sistema voditi računa da se sistem ne preoptereći (ručno loženje). Voditi računa da satno unesena količina goriva u kotao, koja zavisi od kalorične moći goriva, nije veća od kapaciteta kotla. Za ispravno doziranje potrebno je kontaktirati proizvođača kotla i isporučioaca goriva. Način doziranja kotla evidentirati u dnevnik rada postrojenja ili formirati poseban dokument koji treba biti svakodnevno dostupan;
- Svakodnevno voditi dnevnik rada postrojenja i evidentirati sve kontrole, intervencije, potrošenu količinu goriva, vrijednosti spoljne temperature;
- Svakodnevno provjeravati da je prostor u kojem je uskladišteno gorivo dobro zaptiven sa gornje strane radi sprječavanja ulaska atmosferskih padavina;
- Svakodnevno provjeravati pritisak i temperaturu vode u kotlu i instalaciji;
- Svakodnevno provjeravati stanje dimovodnih cijevi i njihovu zaptivenost;
- Svakodnevno provjeravati da se kablovi kotla ne naslanjaju na tople dijelove kotla i da kablovi nemaju fizička oštećenja;
- Svakodnevno provjeravati da nema čvrstih predmeta koji bi smetali radu dozirnog sistema (pelet i sječka);
- Svakodnevno provjeravati i podešavati regulator promahe tako da radna temperatura vode ne padne ispod 55° (cjepanice, briket);
- Kotlovsku cirkulacionu pumpu (ukoliko se vodi ručno) uključiti i pustiti vodu iz kotla u instalaciju tek kada temperatura vode u kotlu dostigne 60°C;
- Kotlovsku cirkulacionu pumpu ne isključivati dok gorivo u ložištu nije u potpunosti izgorilo;

- Sekundarne cirkulacione pumpe ne isključivati dok temperatura u kotlu ili akumulatoru tople vode nakon prestanka loženja ne opadne ispod 35°C;
- Temperaturu vode u instalaciji održavati u intervalu od 60-90°C, u zavisnosti od krive loženja;
- Periodično čišćenje i održavanje sprovoditi u skladu sa preporukama proizvođača opreme ili po potrebi. Ukoliko proces izgaranja nije završen, postoji opasnost od gušenja ugljen monoksidom. Prostor kotlovnice mora biti dobro ventiliran tokom čišćenja kotla;
- Tokom svih fizičkih kontrola i intervencija na instalaciji, obavezno koristiti zaštitne rukavice.

Indikatori za praćenje potrošnje energije toplovodnih sistema na biomasi

Potrošnja energije u toplovodnim sistemima na biomasi se generalno izražava u količini energije potrebne za grijanje na godišnjem nivou [kWh/a] ili po specifičnoj količini energije potrebne za grijanje po jedinici korisne površine objekta - na godišnjem nivou [kWh/m²a]. Potrošnja energije zavisi od niza faktora:

- Količine potrošenog goriva;
- Kvalitete potrošenog goriva (kalorične moći i sadržaja vlage);
- Efikasnosti sistema grijanja;
- Kvalitete toplotne izolacije omotača objekta;
- Načina i perioda loženja;
- Spoljne temperature u periodu grijanja;
- Prosječne unutrašnje temperature grijanog prostora;
- Načina ventilacije prostora (prirodno - kroz fuge, povremenim otvaranjem prozora ili mehaničkom ventilacijom sa ili bez rekupearcije)...

Rukovaoc kotlovnice na neke faktore nema uticaja (kvalitet goriva, efikasnosti sistema grijanja, kvalitet toplotne izolacije omotača objekta, spoljna temperatura, ventilacija prostora), ali načinom loženja, rukovanjem sistema i održavanjem unutrašnje temperature direktno utiče na termalni komfor i potrošnju goriva.

Da bi se pratila potrošnja energije, u cilju implementacije eventualnih dodatnih mjera za smanjenje potrošnje energije, služba nabavke korisnika objekta i rukovaoc kotlovnicom trebaju voditi evidenciju o slijedećem:

- Količina goriva nabavljena tokom sezone grijanja;
- Kvalitet (kalorična moć) goriva;
- Spoljne temperature, dnevno potrošene količine goriva i period loženja (iz dnevnika rada postrojenja);
- Unutrašnje temperature, sa naglaskom na specifične prostore (prostori velikih zapremina, prostori koji su pothlađeni ili pregrijani);
- Cijena goriva i cijena električne energije (sistemi sa više cirkulacionih pumpi sa konstantnim brojem obrtaja mogu imati znatnu potrošnju električne energije potrebne za rad pumpi - objekti sa starim pumpama na kojima je izvršena sanacija fasade i/ili prozora troše znatno više električne energije nego što je potrebno).

Nakon svake sezone grijanja potrebno je napraviti analizu potrošnje energije za grijanje i sagledati mogućnost smanjenja godišnjih troškova grijanja implementacijom mjera povećanja energetske efikasnosti ili promjenom načina loženja.

LITERATURA

- [1] Recknagel, Sprenger, Schramek: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, Oldenbourg Industrieverlag, 2008
- [2] www.newhorizoncorp.com
- [3] www.euroheat.co.uk
- [4] www.bosch-climate.com
- [5] Centrometal
- [6] Kompanija Thermo Flux d.o.o. iz Jajca
- [7] www.viessmann.com
- [8] Pireko
- [9] Topling



*Empowered lives.
Resilient nations.*

**Razvojni program Ujedinjenih nacija
u Bosni i Hercegovini**

**United Nations Development Programme
in Bosnia and Herzegovina**

Zmaja od Bosne b.b., 71000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina/Bosnia and Herzegovina
Tel: (387 33) 293 400, Fax: (387 33) 552 330
www.ba.undp.org

©2014