

**KOMORA MAŠINSKIH INŽENJERA**

**OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE**



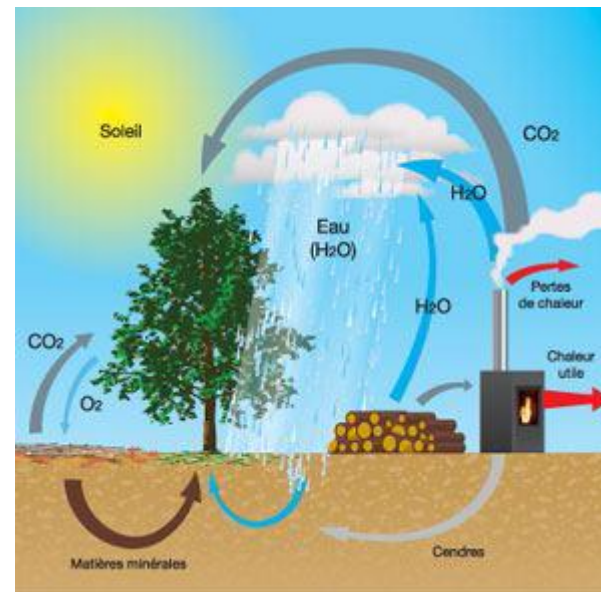
***KOTLOVI NA BIOMASU***

*Prof. dr Vladan Ivanović*

*Podgorica, 06.03.2025. godine*

# Prednosti upotreba biomase kao izvora energije

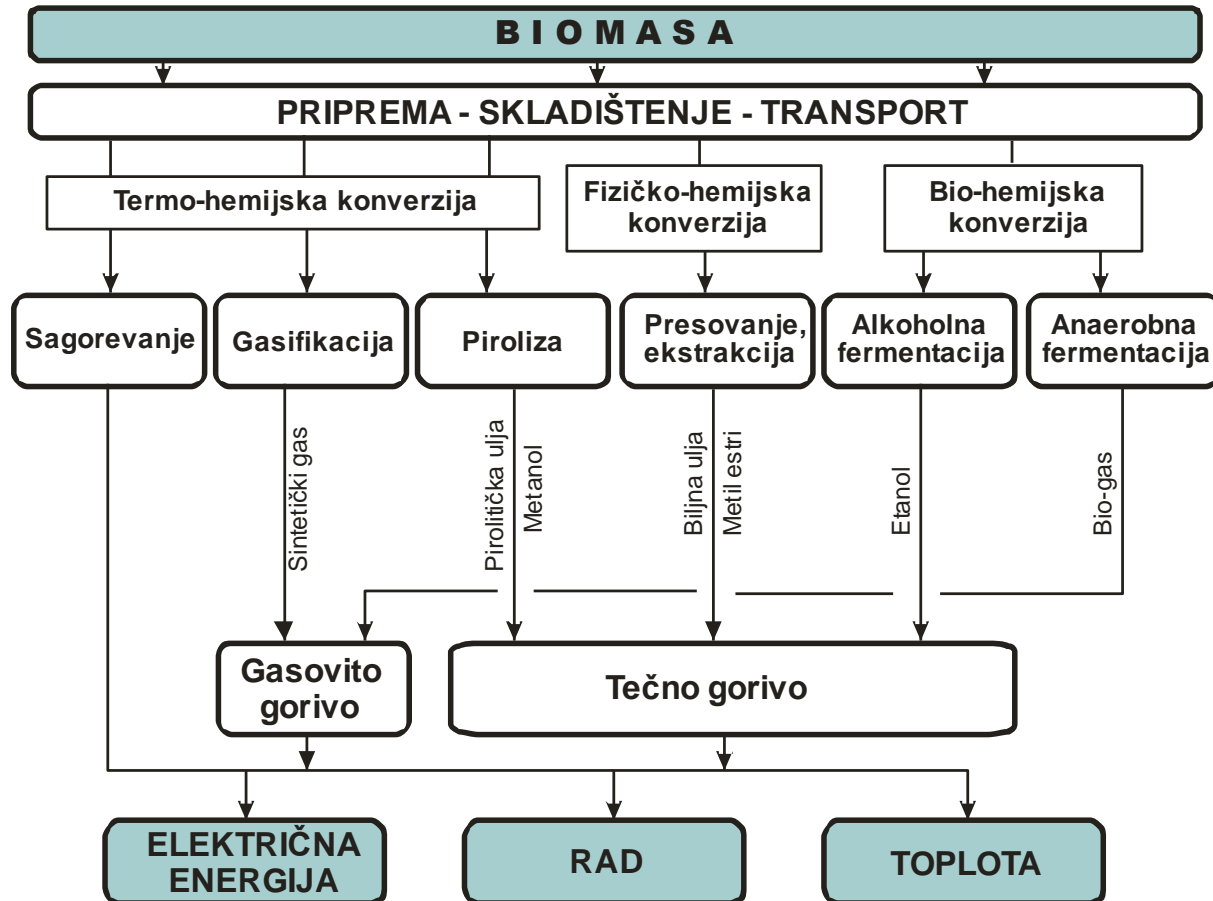
- Biomasa je obnovljiv, **potencijalno** održiv i **relativno** ekološki prihvatljiv izvor energije.



## *Zatvoreni ciklus CO<sub>2</sub> u prirodi*

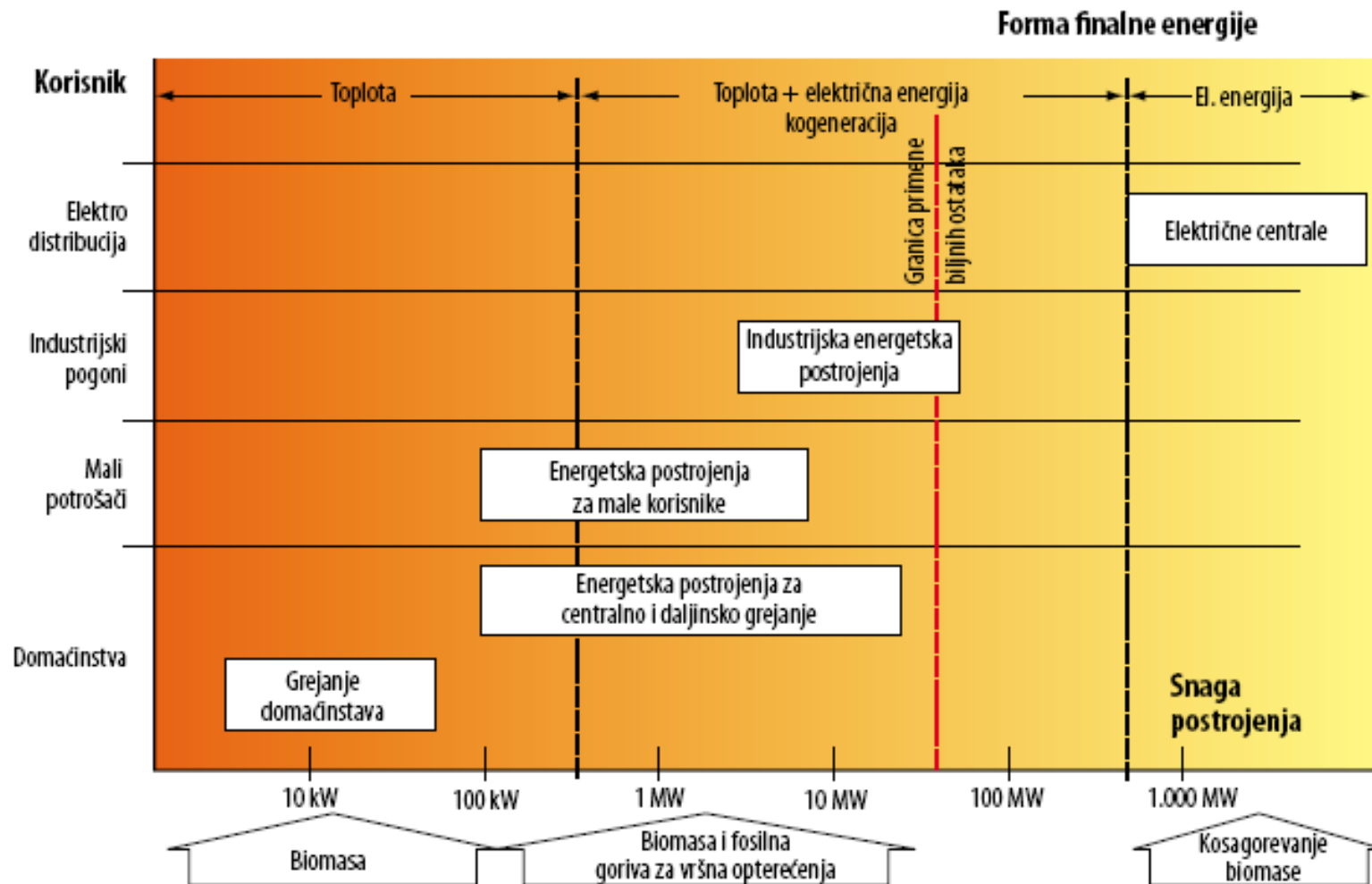
količina drvne mase koja se troši kao gorivo, mora biti kontinuirano nadomještana istom količinom rastuće biomase

# Tehnologije obrade biomase



- Osnovni problem u preradi biomase je velika vlaga, a nedostatak je mala energetska vrednost po jedinici mase. Prerada biomase se vrši sa ciljem dobijanja pogodnijeg oblika za transport, skladištenje i upotrebu.

# Primenljivost čvrste biomase kao goriva, odnosno oblasti primenljivosti



# Za razmišljanje ?



- Istraživanja u Švajcarskoj, Austriji i Nemačkoj su pokazala da mnoga od projektovanih postrojenja na biomasu (uglavnom drvo) koja su napravljena za potrebe daljinskog grijanja imaju mnogo više troškove proizvodnje nego što je očekivano.
- U zavisnosti od veličine postrojenja predviđeno 5-10 €ct/kWh a stvarni troškovi proizvodnje su od 13-25 €ct/kWh.
- Glavni razlog je **neprofesionalno rukovodjenje projektom** i slabo planiranje.





- Glavni tehnički nedostaci su:
  - Zahtevi potrošača za toplotom su preuveličani
  - Rezerve u kapacitetu i strujnim krugovima u toplani koje nikada nisu potrebne
  - Veličine silosa su mnogo veće nego što je potrebno
  - **Mali stepen korisnosti kotla, zbog niskog kapaciteta**
  - Kvalitet goriva ne odgovara zahtevanim karakteristikama goriva postrojenja
  - Zastoji u hidrauličkom i kontrolnom sistemu dovode do velikih operativnih troškova.
- Investicioni troškovi su realno proračunati.

# Sistem grijanje na biomasu

Implementacija rešenja za grijanje na biomasu za određenu lokaciju je potencijalno složena procedura.

Kod sistema grijanja na biomasu postoji mogućnost izbora i kotlova i goriva, pa iako se oni često mogu integrisati sa postojećim distributivnim sistemom, potrebne su brojne dodatne komponente da bi sistem radio optimalno. **Ne može se samo jednostavno zamjeniti kotao.**

To uključuje probleme oko skladištenja i rukovanja gorivom, dodatne kotlove, opcije za akumulatore toplote i postrojenje za odvodjenje pepela.

Iz tog razloga retko govorimo o kotlu na biomasu kao pojedinačnom uređaju i radije ga nazivamo sistem na biomasu.

# Sistem grijanje na biomasu - sistem sistema



- Projektovanje kompletnog sistema grijanja na biomasu zahteva dubinsko poznavanje svake od komponenti sistema. Uspješne instalacije na biomasu zavise od pažljivog proračunavanja toplotnog opterećenja i moraju da vode računa o mnoštvu karakteristika same lokacije, tako da je svaki sistem na biomasu različit.



# Životni ciklus projekta sistema na biomasu

- Korisno je razmotriti faze realizacije projekta izgradnje postrojenja na biomasu i istaći aktivnosti koje treba da se odvijaju tokom svake faze ciklusa.
- Ovo se može rezimirati kao:
  - Idejno rešenje - pitanje predizvodljivost
  - Glavni projekat – pitanje izvodljivosti
  - Implementacija – izgradnja postrojenja
  - Predaja postrojenja korisniku
  - Rad postrojenja

# Pitanja pred izvodljivosti

Da li je toplotno opterećenje i način potrošnje na lokaciji pogodan sistemu biomase?

Kotlovi na biomasu rade najefikasnije kada duže rade oko svog nominalnog kapaciteta. Lokacije sa niskom potrebom za toplotom ili na kojima su opterećenja veoma promenljiva treba pažljivije razmatrati.

Da li u tom području postoji odgovarajući dobavljač goriva?

Pristup visokokvalitetnom gorivu, po mogućnosti od više dobavljača, je od vitalnog značaja. Postoje sveobuhvatni standardi goriva kako bi se osiguralo pravilno napajanje kotlova. Loš kvalitet ili pogrešno određeno gorivo je čest uzrok grešaka u sistemima biomase.

Da li postoji prostor za smeštaj kotla, akumulatora toplote i skladišta goriva?

Kotlovi na biomasu znatno su veći od sličnih kotlova na fosilna goriva, a akumulatori i pomoćna oprema takođe zahtevaju prostor. Drvna goriva su manje energetske gustine pa takođe traže dovoljno prostora za skladištenje.

Da li postoji dobar pristup mestu za dostavna vozila i prostor za njihovo okretanje i manevrisanje?

Veličina i vrsta vozila zavisice od goriva koje će biti određeno, dok će broj isporuka zavisiti od energetske gustine goriva i veličine skladišta.

# Pitanja izvodljivosti

Koliki će biti kapacitet kotla?

Veličina kotla je kritična u odlučivanju i ima posledice na svaki drugi element u sistemu. Predimenzionisani kotlovi rade manje efikasno i imaju veće nivoe emisija i znatno će doprineti troškovima projekta.

Koliko prostora je potrebno za smeštaj kotla?

Upotreba postojećih zgrada može pomoći da se smanje troškovi projekta, ali treba voditi računa o akumulatorima toplote, dodatnim cevovodima i, u nekim slučajevima, dodatnom kotlu za pokrivanje vršnih opterećenja. Oprema kotla za biomasu se takođe mora redovno održavati, tako da se mora ostaviti dovoljno prostora za rutinske zadatke, kao što su rukovanje pepelom i čišćenje.

Koliko prostora je potrebno za skladištenje goriva?

To će zavisiti od veličine kotla, vrste goriva, kapaciteta dostavnih vozila kao i potrebe za toplotom postrojenja koje se zagreva. Niže zalihe goriva sa otežanim pristupom mogu ograničiti mogućnosti snabdevanja gorivom i povećaće učestalost isporuka na lokaciju.

Dimnjak?

Propisi u skladu sa lokacijom definišu veličinu i visinu dimnjaka. Treba da osiguraju slobodno rasprostiranje dimnih gasova i osiguraju da nema opasnosti od požara.

# Predaja postrojenja korisniku

- Moderni sistemi za biomasu su čisti i efikasni, ali obuka za nove korisnike može da bude teška naročito tamo gde nije bilo prethodnog iskustva sa biomasom ili čvrstim gorivima.
- Važno je osigurati da rukovaoci prođu obuku o svim aspektima rada i osnovnog održavanja, kao što su pražnjenje pepela, čišćenje i pronalaženje jednostavnih grešaka.
- Kada se sistem prepusti investitoru, neizbežno dolazi period upoznavanja sa sistemom. Operativci će steći uvid u način na koji sistem reaguje pod različitim opterećenjima ili na male varijacije u kvalitetu goriva.

# Finansije ?

- Investicioni troškovi kotlova na biomasu uglavnom su veći od kotlova na fosilna goriva, a projektni troškovi mogu brzo da eskaliraju dodatnom opremom za upravljanje gorivom i skladištenjem goriva.
- Međutim, ovi kotlovi mogu trajati i više od 20 do 25 godina, a niže cene drvnog goriva mogu značiti da ceo životni vek sistema biomase **može** biti generalno jeftiniji.



Toplana 3,2 MW

Tehnologije grijanja sa niskim udjelom ugljenika, poput biomase, mogu biti prihvatljive za čitav niz finansijskih podsticaja, kao i za životnu sredinu i društvene dobrobiti, koji takođe mogu uticati na odluku o izgradnji postrojenja. Savremeni sistemi na biomasu su čisti i efikasni.

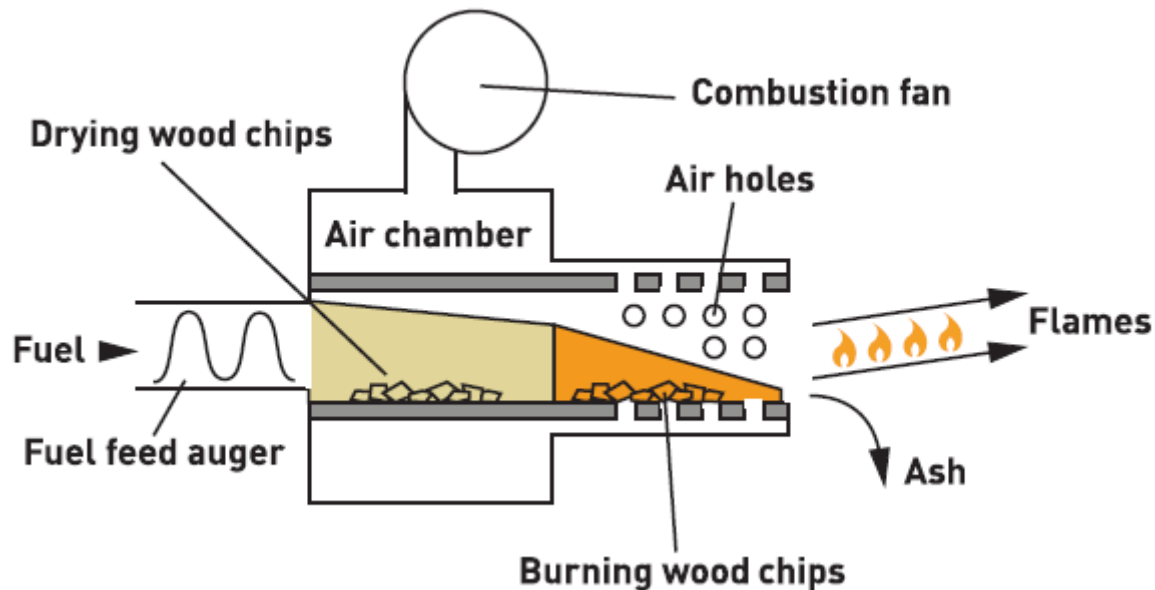


# Sistemi za sagorevanje biomase

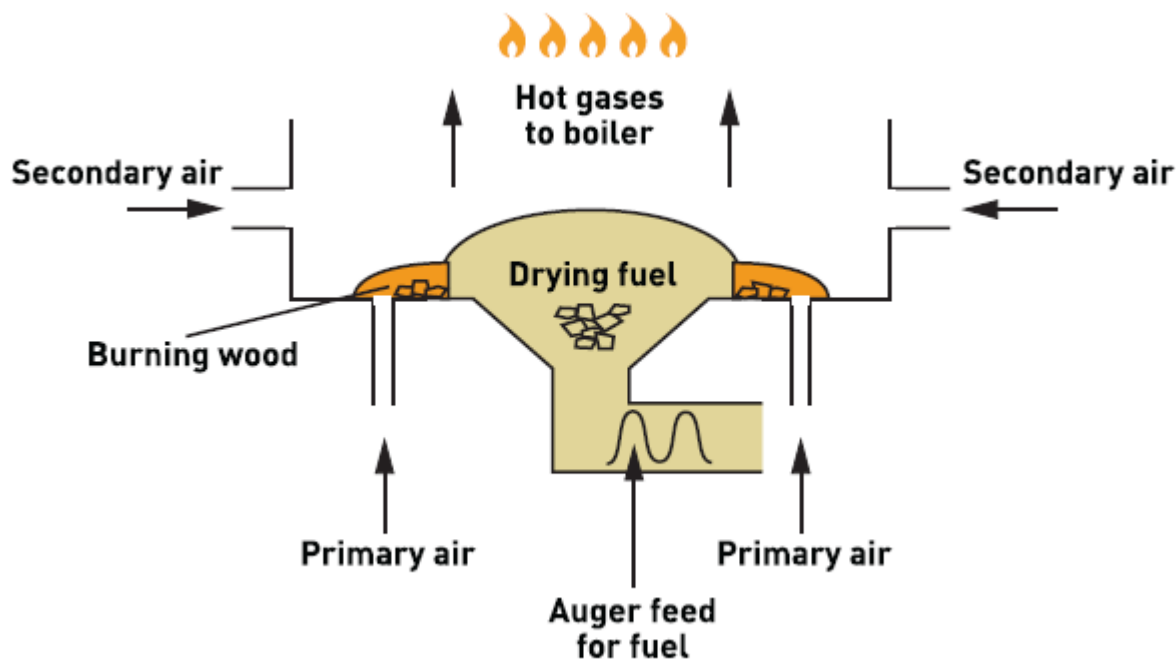
- Sagorevanje biomase je glavni tehnološki način korišćenja i odgovoran je za preko 90% globalnog doprinosa bioenergiji.
- U sistemima grejanja na biomasu gorivo se transportuje od skladišta do komore za sagorevanje, gde se sagoreva.
- Ventilator je po pravilu instaliran da poboljša prenos toplote i obezbedi dovoljno vazduha za optimalno sagorevanje.

- Savremeni sistemi koriste dvostepeni proces sagorevanja kako bi gorivo sagoreli što je moguće potpunije. U primarnoj zoni sagorevanja, koja se nalazi na rešetki, odvija se sušenje i sagorevanje čvrstog ostatka. Isparljivi gasovi se oslobađaju i sagorevaju sa vazduhom u zoni sekundarnog sagorevanja.
- Dvostepeni proces sagorevanja dovodi do potpunog sagorevanja i veoma niske emisije čestica zbog odsustva nesagorelih ugljovodonika u dimnom gasu. Čestice iz sistema su prvenstveno neorganske, dok su emisije iz peći niže tehnologije uglavnom nesagorele organske materije.

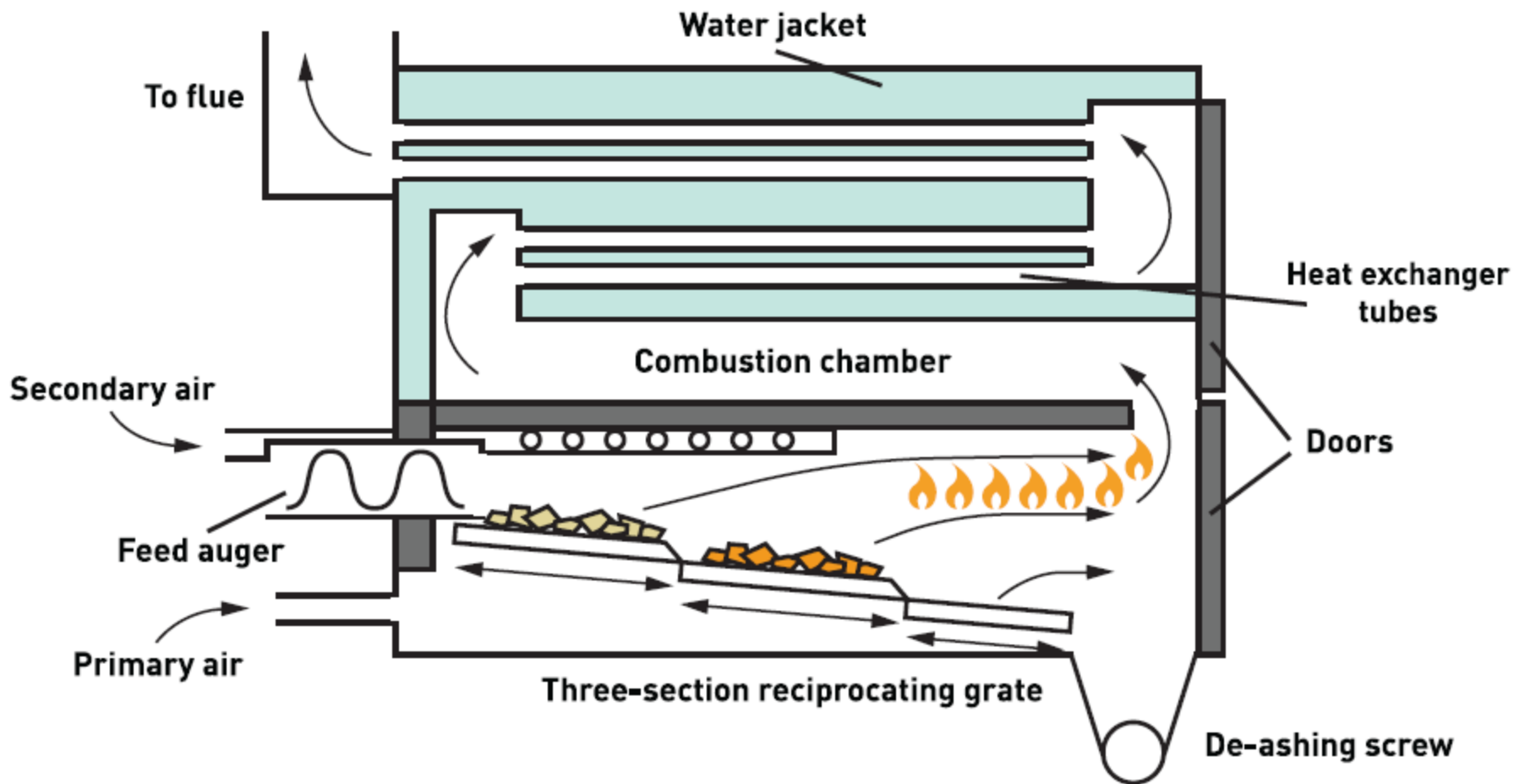
- Postoje uglavnom tri tipa gorionika koji se razlikuju u zavisnosti od orijentacije njihovog dovoda goriva:
- **Horizontalni gorionici:** komora za sagorevanje je opremljena rešetkom ili pločom gorionika. Gorivo se uvodi horizontalno u komoru za sagorevanje. Tokom sagorevanja, gorivo se gura ili pomera horizontalno od zone za napajanje do ploče gorionika ili rešetke. Mogu se koristiti i sječka i peleti.



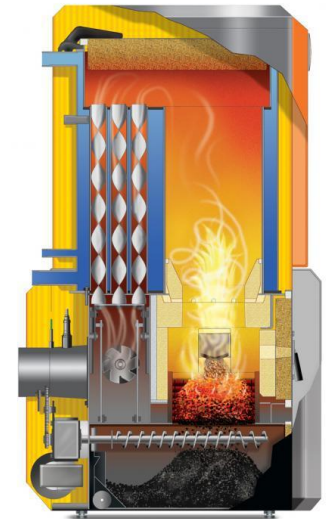
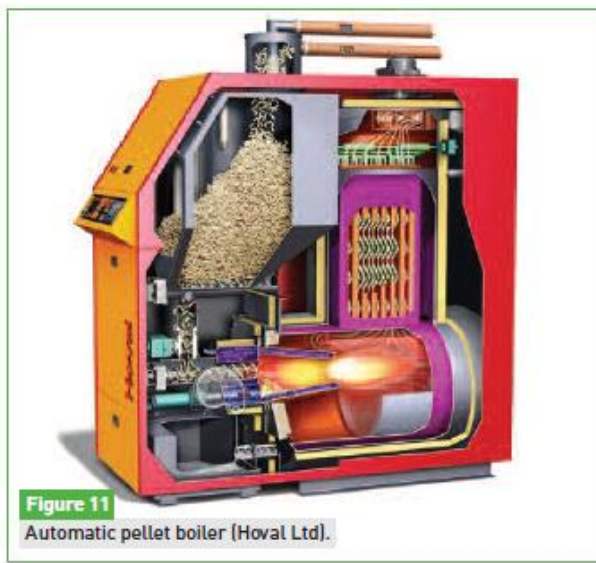
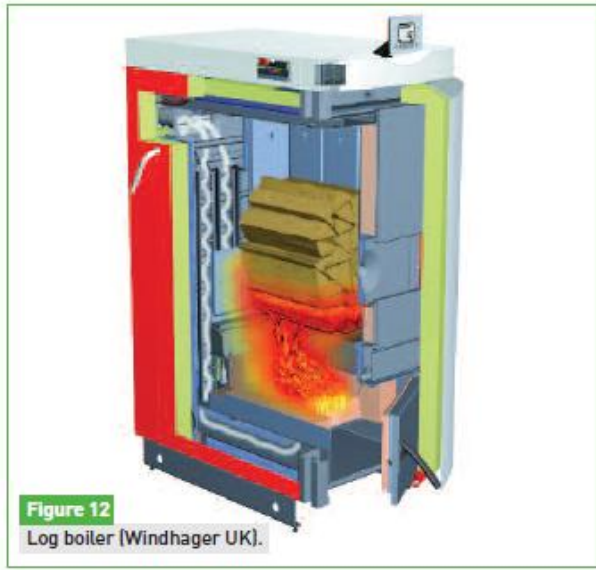
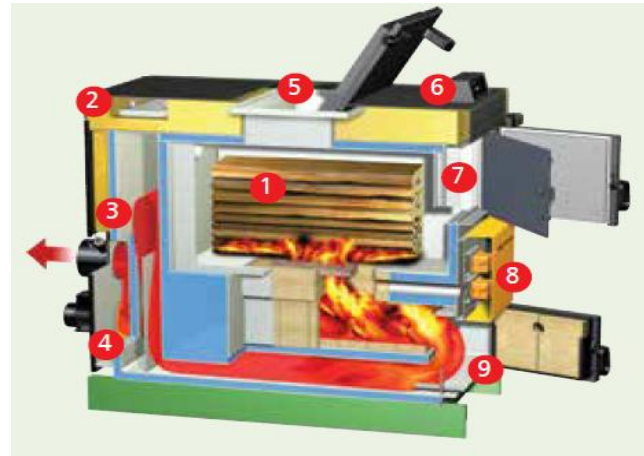
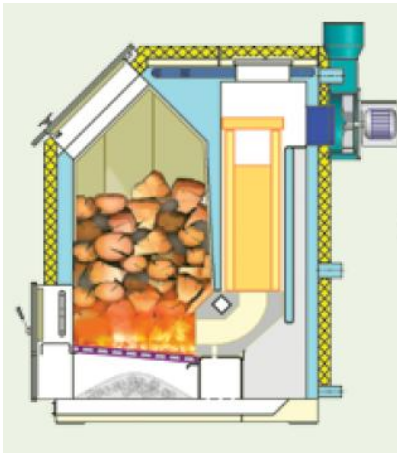
- **Gorionici sa donjim dovodjenjem** (ispod napojnog ložišta ili gorionici sa retortom): gorivo se ubacuje u dno komore za sagorevanje ili retorte. Ovi gorionici su najpogodniji za goriva sa niskim sadržajem pepela, kao što su sečka sa niskim sadržajem vlage ili drveni peleti.



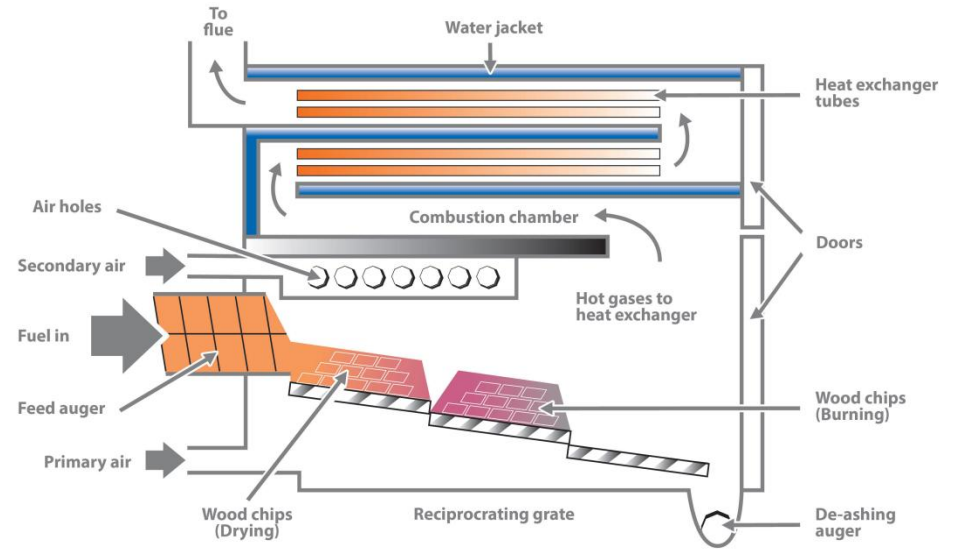
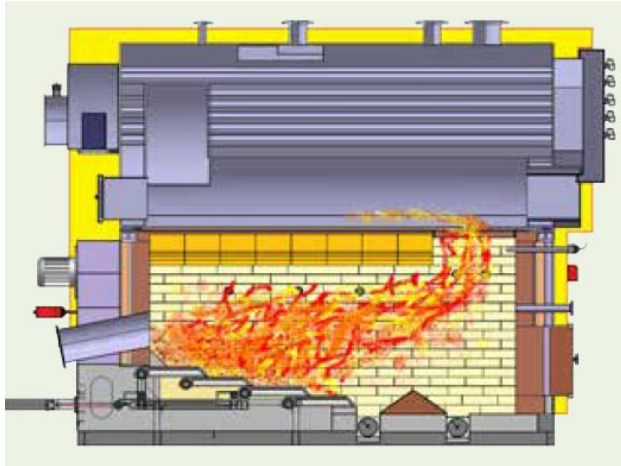
- **Stepenasta ili pokretna rešetka:** dizajnirana za veće kotlove i gorivo niskog kvaliteta i visoke vlažnosti. Mokro gorivo stiže na vrh nagnute, klipne rešetke i premešta se prema zoni sagorevanja, postajući sve suvlje kako se spušta.



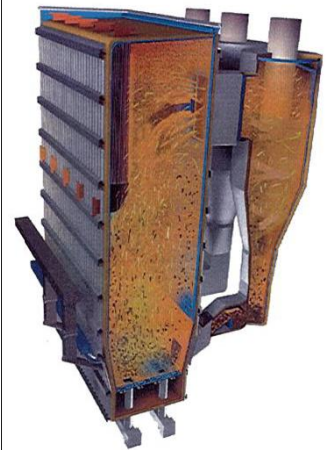
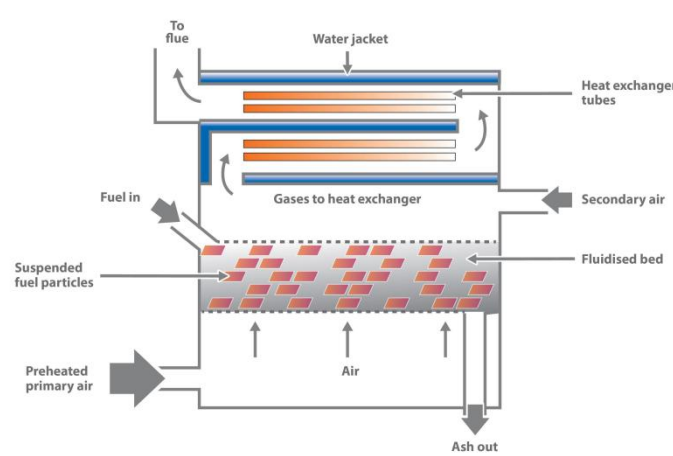
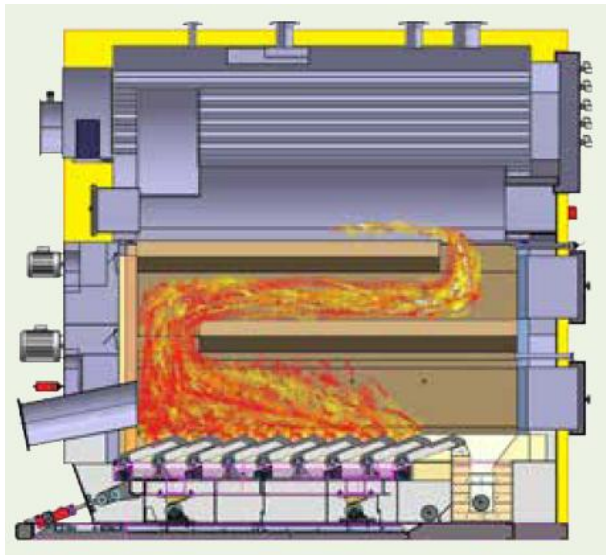




**Underfed stoker**



### Moving-grate boilers



### Fluidised-bed combustion

- Izbor i projektovanje sistema za sagorevanje biomase je određen nizom faktora, od kojih su najvažniji:
  - Karakteristike goriva koje se koristi;
  - Kapacitet postrojenja i obrazac potrošnje;
  - Troškovi i performanse opreme



# Izbor pravog goriva



- Najvažnije fizičke karakteristike goriva:
  - Toplotna moć;
  - Sadržaj vlage;
  - Nasipna gustina;
  - Energetska gustina;
  - Veličina čestica/komada;
  - Sadržaj pepela;

- Uopšteno, goriva niskog kvaliteta pokazuju nehomogene karakteristike, uključujući visok sadržaj vlage, promenljivu veličinu čestica i loše topljenje pepela.
- Takva goriva se obično koriste u sistemima velikog kapaciteta, dok su za manje sisteme potrebna goriva višeg kvaliteta. To je prvenstveno zbog složenosti i robusnosti sistema za dovodjenje goriva, tehnologije sagorevanja i upravljanja emisijama.
- Drvna sječka (iver, čips) niskog kvaliteta može imati sadržaj vlage od 50% ili više i imaće relativno nisku energetska gustinu (630-860 kWh/m<sup>3</sup> zavisno od vrste), dok ce se očekivati da sječka visokog kvaliteta budu sa oko 30% vlage (690- 930 kWh/m<sup>3</sup>).







Očekuje se da će drvene pelete visokog kvaliteta imati manje od 10% vlage i da će imati energetska gustinu od oko 3100 kWh/m<sup>3</sup>.

Proizvođači kotlova će odrediti koja goriva su pogodna za svaki uređaj prema unapred definisanim standardima. Korišćenje neispravnog goriva ili goriva izvan specifikacije može dovesti do lošeg rada sistema i na kraju će dovesti do kvara sistema.

Ključna razmatranja će stoga biti koliko je potrebno skladište goriva na lokaciji i kako će gorivo biti isporučeno.

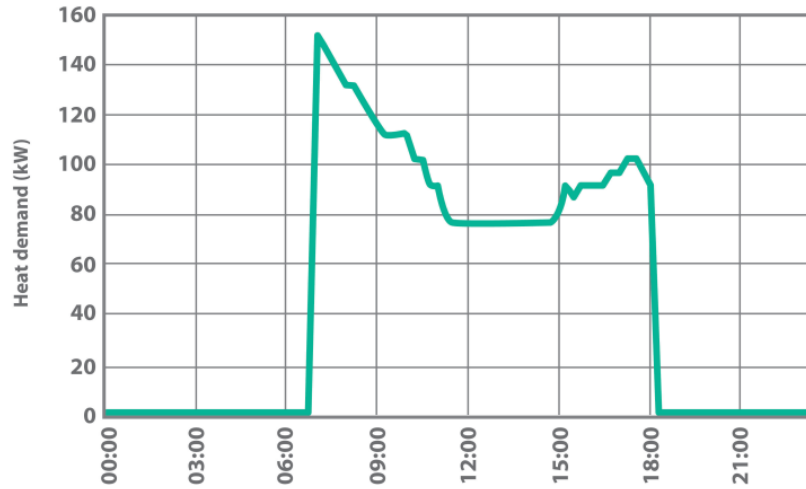
.

# Odredjivanje kapaciteta kotla

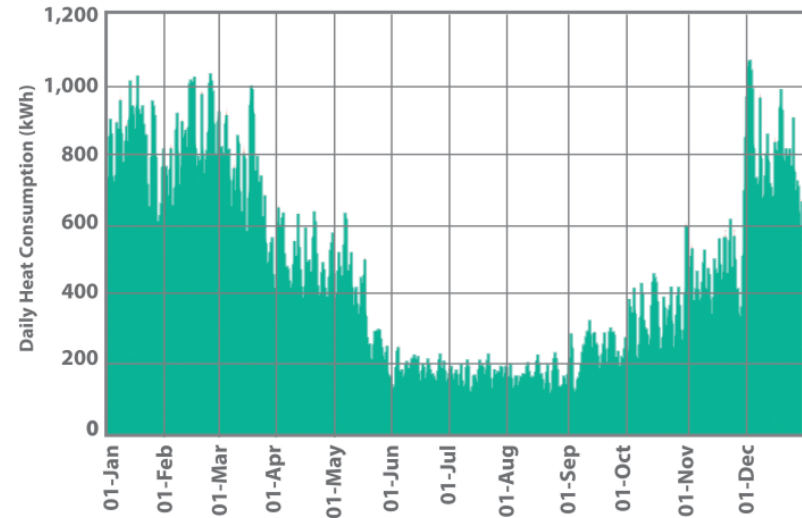
- Pri projektovanju postrojenja na biomasu potrebno je blisko saradivati sa proizvođačem ili dobavljačem opreme za biomasu kako bi se koordiniralo projektovanje sa zahtjevima opreme.
- Kotlovi na biomasu su manje elastični u pogonu i ako se predimenzionišu često se uključuju ili isključuju u procesu koji se naziva ciklični pali-gasi režim.
- Ovo je loše iz više razloga i može dovesti do:
  - Lošeg kvaliteta sagorevanja;
  - Niže efikasnosti;
  - Veće emisije;
  - Dodatnog habanja komponenti;
  - Povećane verovatnoće kvarova i zastoja.

# Dijagrami potrošnje

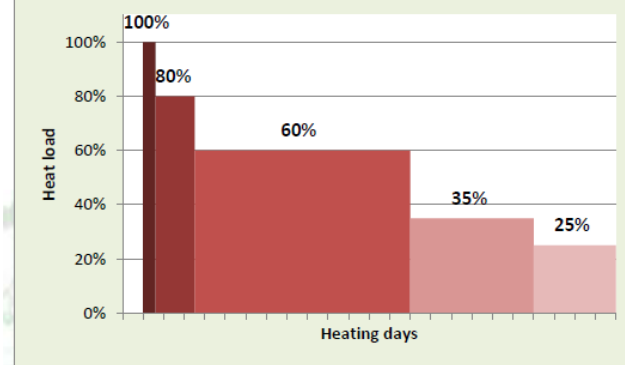
Dnevni dijagram potrošnje

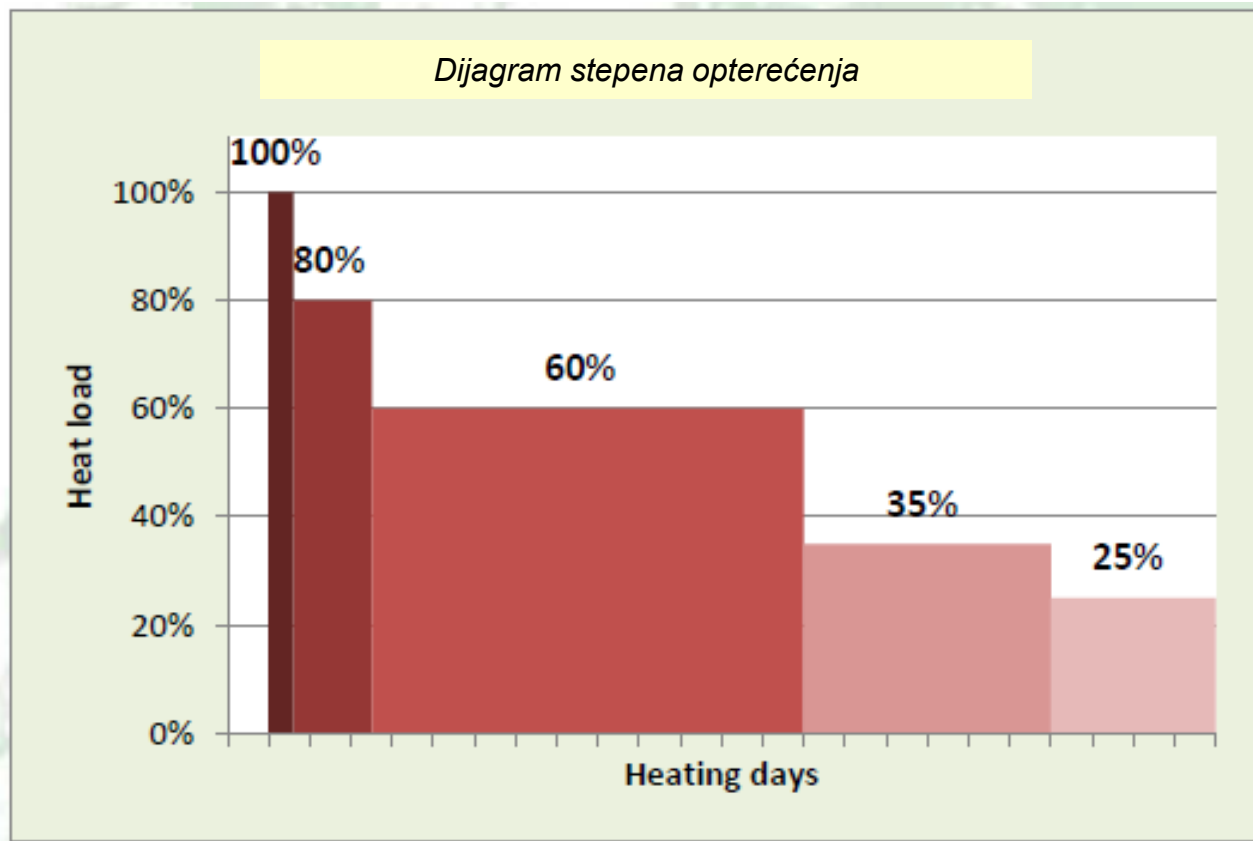


Godišnji dijagram potrošnje



Dijagram stepena opterećenja





- Pri odabiranju kapaciteta kotla mora praviti razlika između baznog i vršnog opterećenja, a kotlovi su često dimenzionisani tako da zadovoljavaju samo deo vršnog opterećenja.
- U gornjem primeru, broj sati koji rade u punom kapacitetu biće maksimalizovan pomoću kotla kapaciteta 50% -60% vršnog opterećenja. Ovaj kotao bi bio mnogo jeftiniji za kupovinu i nikada ne bi bilo potrebno da radi sa manje od 50% njegovog kapaciteta.

- Tamo gde je potrebna procesna toplota ili potražnja ne varira značajno tokom grejne sezone, profil će izgledati mnogo ravnomernije i kotao može biti veličine pri ili blizu vršnog opterećenja.
- Preostala potreba za toplotom može se zadovoljiti dodatnim kotlovima, često manjim kotlovima na fosilna goriva, ali i drugim kotlovima na biomasu ili akumulatorima toplote - termičkim skladištima. Nije neobično da kotao veličine oko 50% vršnog opterećenja može da ispuni 85% ukupne potrebe za toplotom u kombinaciji sa odgovarajućim akumulatorom toplote.
- Treba istaći da određivanje kapaciteta sistema zavisi od mnogih varijabli koje se odnose na namjenu i način na koji se troši toplota. To je posao stručnjaka.

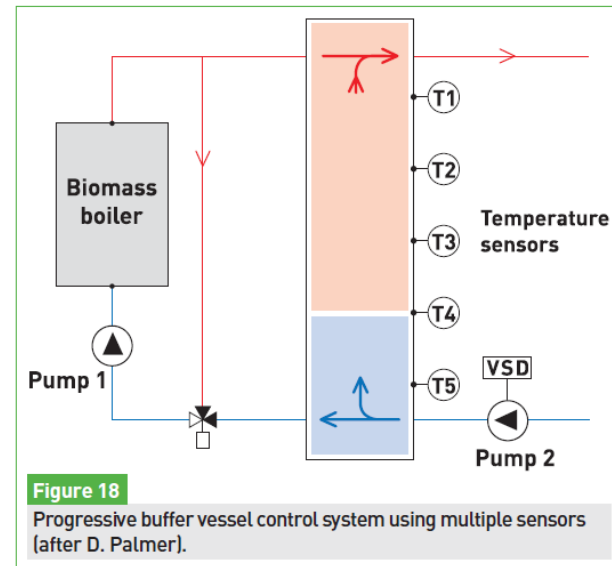
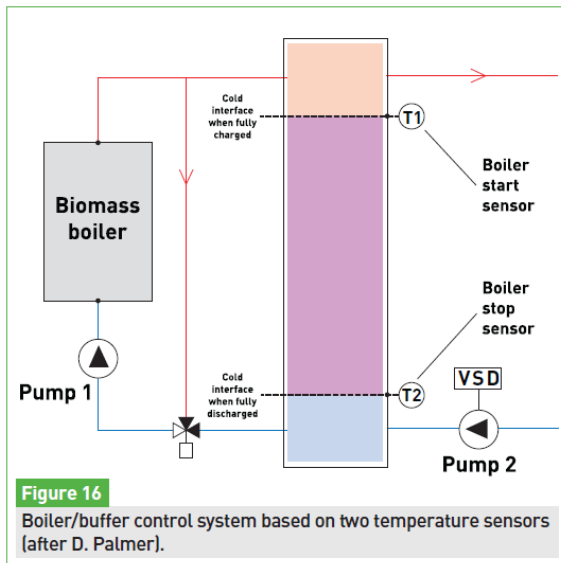


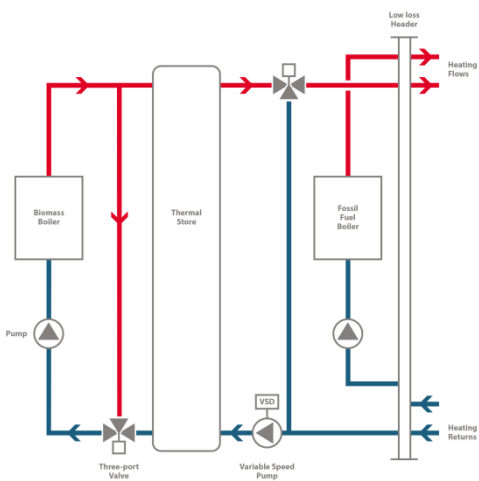
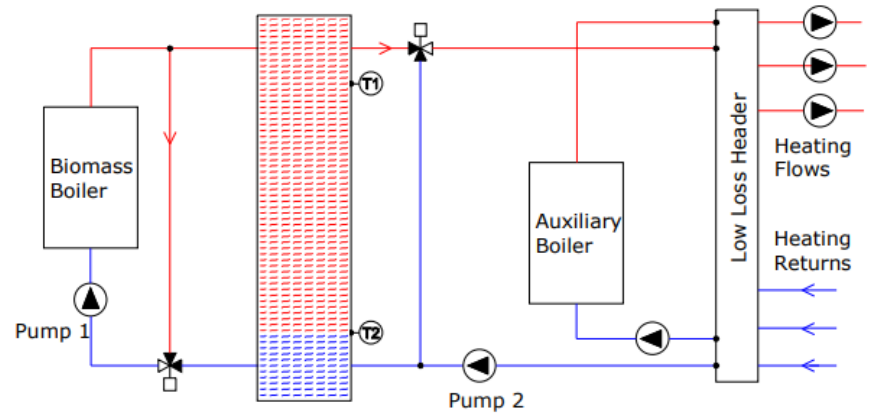
# Akumulatori toplote

- Kotlovi na biomasu reaguju sporije od kotlova na fosilna goriva i u većini slučajeva sistemi grijanja na biomasu moraju uključiti i akumulatore toplote. (**accumulator tank or buffer tank**)
- Pravilno projektovani i integrisani toplotni sistem za skladištenje maksimalno će povećati broj sati koje će bojler moći da radi pod punim opterećenjem i povećava udio opterećenja koje zadovoljava kotao na biomasu. To će smanjiti ukupne troškove proizvodnje toplote i poboljšati stepen ukupne emisije CO<sub>2</sub>.
- Akumulatori toplote su visoko izolovani čelični rezervoari koji obezbeđuju dve glavne funkcije. Kao tampon posude, one mogu zaštititi sistem tako što deluju kao rezervoar toplote kada se kotao isključi i pomažu da se izgube pikovi potražnje i zaštiti hladni start kotla.

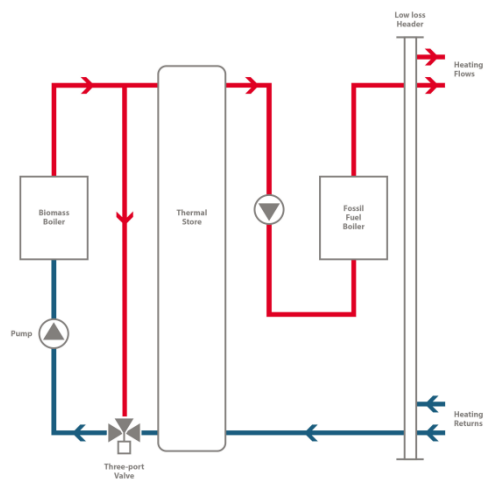


- Najjednostavniji sistemi će imati samo dva senzora, jedan pri vrhu i jedan na dnu. Oni nude samo grubu kontrolu, dok će rafiniraniji sistemi imati pet ili više senzora tako da je moguća progresivna kontrola.

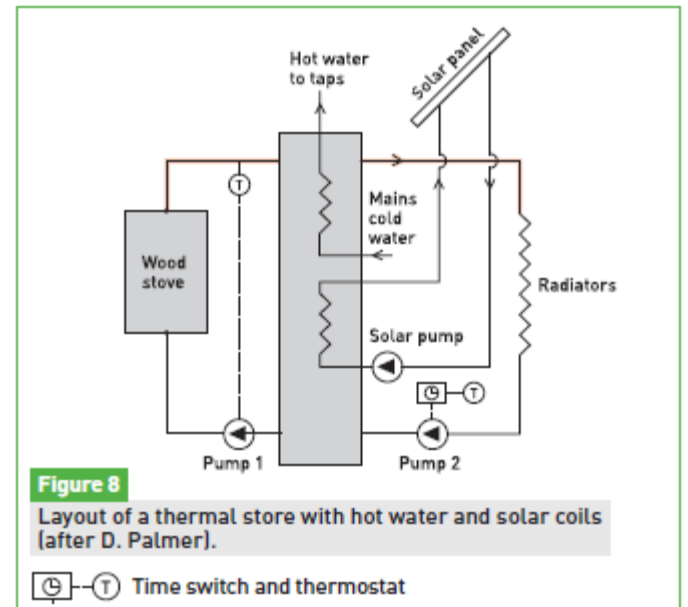




Paralelna veza



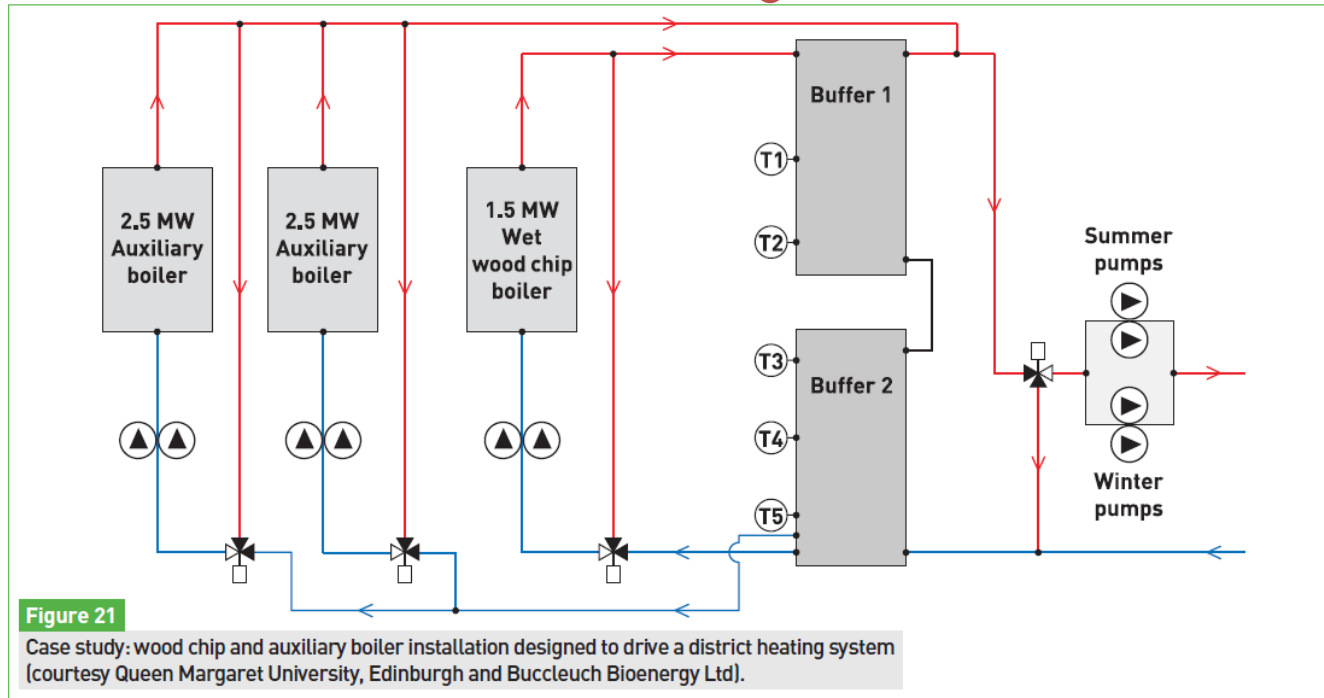
Serijska veza





Na veličinu rezervoara akumulatora utiču faktori kao što su nazivni kapacitet i veličina kotla, kao i raspoloživi prostor u prostoriji postrojenja. Mali rezervoari ili akumulatori neće moći da obezbede isti stepen fleksibilnosti ili zaštite sistema i trebalo bi ozbiljno razmotriti kompromis u vezi sa skladištenjem toplote. Brojke između 20 i 60 litara po kW instaliranog kapaciteta često se mogu predstaviti kao „preporuke“, ali nijesu pravilo jer je svaki sistem drugačiji.

# Primjer



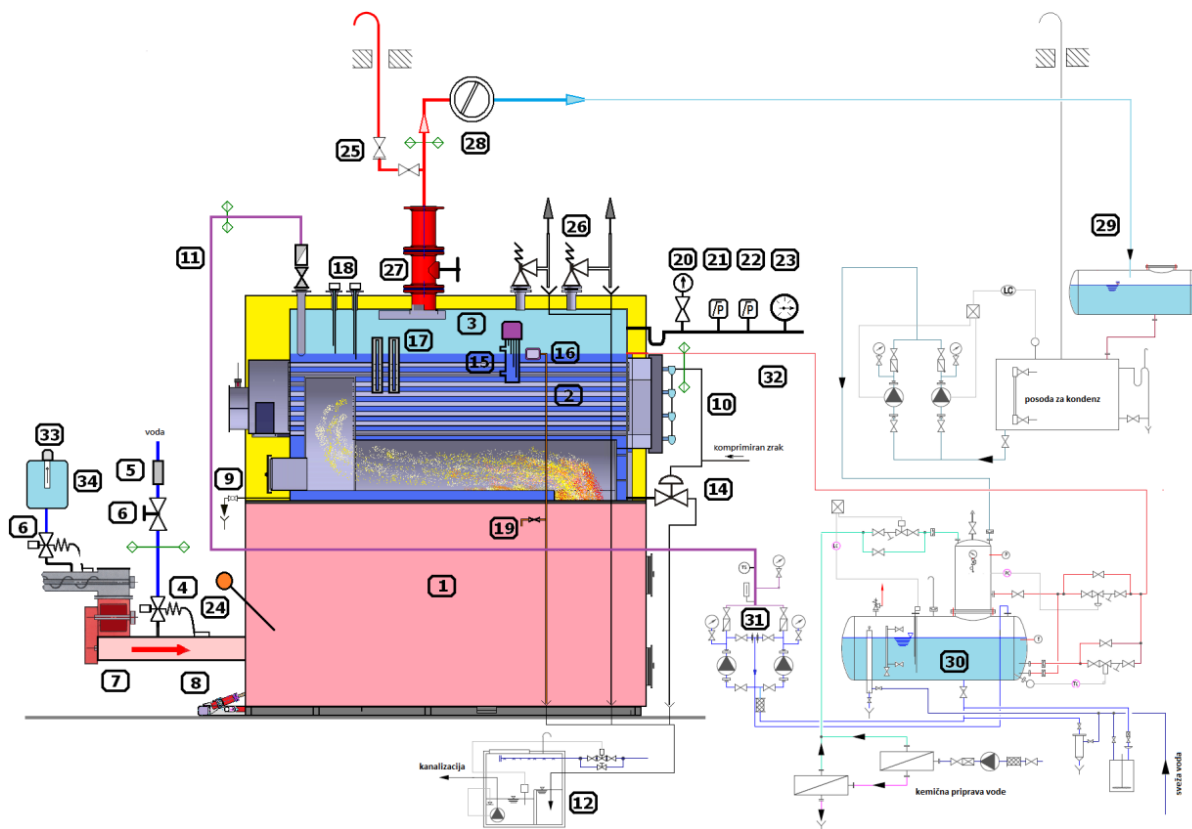
Kontrola je progresivna i veliki prostor je ostavljen na vrhu prve tampon posude kako bi se omogućilo kotlu na biomasu da doprinese dnevnim potrebama za zagrevanjem zajedno sa tampon posudama.

Tampon posude se nalaze jedna pored druge u kotlarnici, ali efekat je veoma visoke tampon posude zbog načina na koji su spojeni.

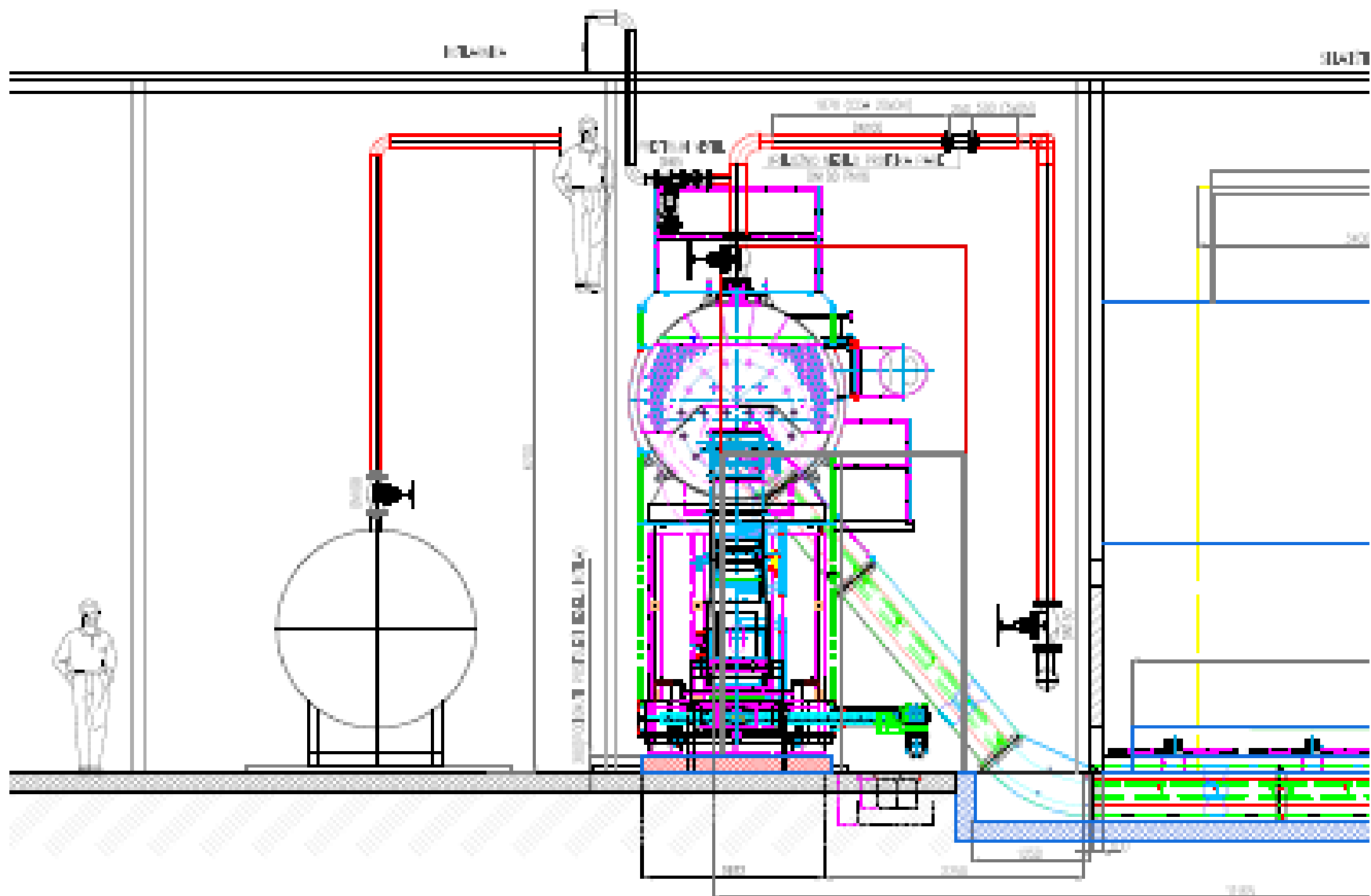
Sistem radi na temperaturnoj razlici od 40 °C što, sa 60 000 litara tamponskog kapaciteta, daje skladište energije od 2800 kWh što je ekvivalentno kotlu na biomasu koji radi za skoro 2 sata. Kotao na biomasu je dimenzionisan na 30% vršnog opterećenja sistema od 4,8 MW, a ova kombinacija kapaciteta kotla i tampon posuda je u stanju da obezbedi 95% godišnje potražnje za toplotom.

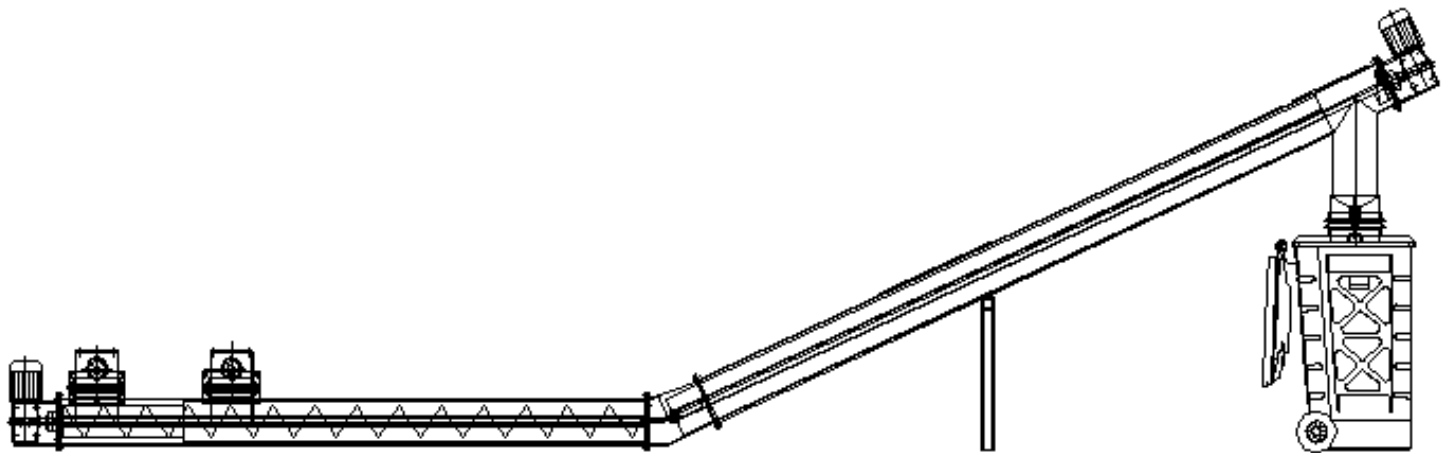
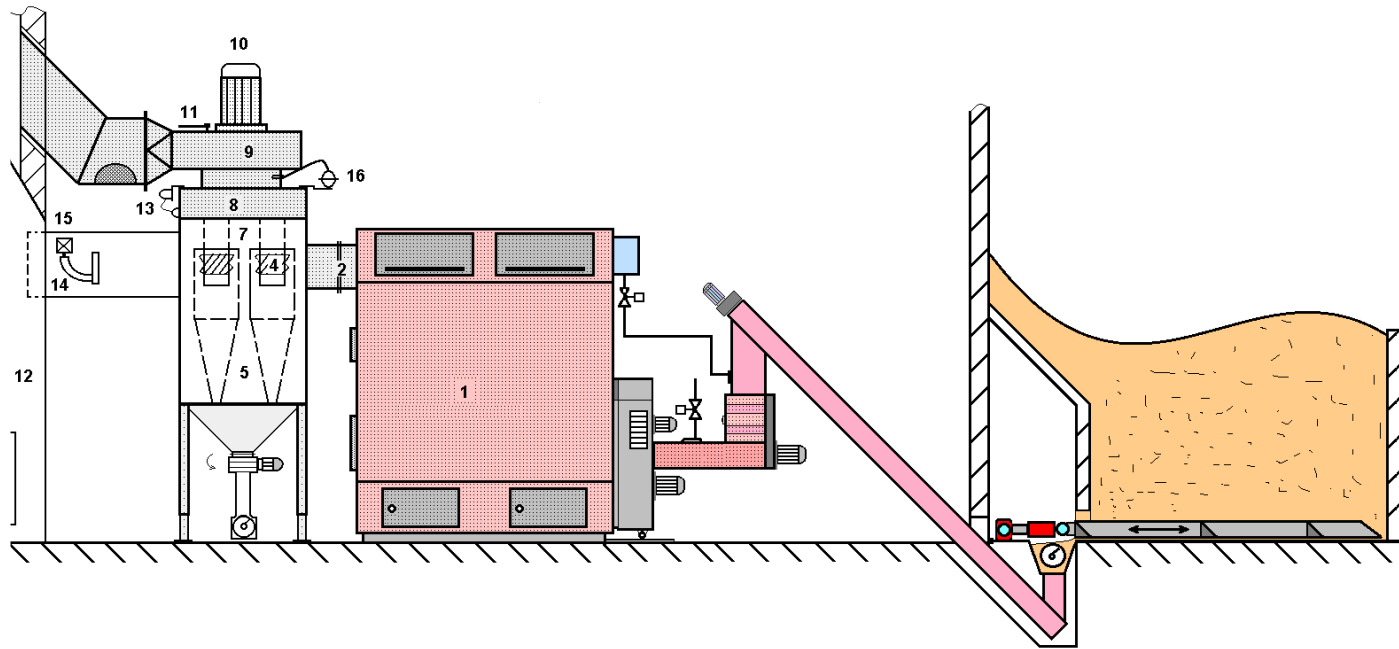


# Kotao u Plantažama 2MW



1. Stepenasto ložište
2. Parni kotao
3. Parni domom stvaranje suhe pare
4. Termostatski ventil za gašenje
5. Filter
6. Ventil
7. Dovod goriva
8. Cilindar za pokretanje rešetke
9. Dimovod sa lambda sondom
10. Pneumatsko čišćenje cijevi
11. Punjenje kotla
12. Odvod u rashladno jamu
13. Običajne granice isporuke
14. Stepenasto ložište
15. Parni kotao
16. Parni domom stvaranje suhe pare
17. Termostatski ventil za gašenje
18. Filter
19. Ventil
20. Dovod goriva
21. Cilindar za pokretanje rešetke
22. Dimovod sa lambda sondom
23. Pneumatsko čišćenje cijevi
24. Punjenje kotla
25. Odvod u rashladno jamu
26. Običajne granice isporuke
27. Kalužni ventil
28. Regulator nivoa vode
29. Razsoljavanje
30. Pokazno staklo 2 kom
31. Elektrode za kontrolu nivoa vode





















# Pitanja?

