

**Bibliid:** 0350-2953 (2008) 34: 3-4, p. 212- 219  
**UDK:** 631.17

Pregledni rad  
Review paper

## **TERMOENERGETSKI SISTEMI SA BIOMASOM KAO GORIVOM** **THERMOENERGETIC SYSTEMS WITH BIOMASS AS FUEL**

Janić T\*, Brkić M\*, Igić S\*\*, Dedović N.\*

### **REZIME**

Očekuje se da se u energetskej politici Srbije iskoriste pogodnosti otpadne biomase i energetske zasada. Biomasa može da se koristi direktno ili uz pomoć raznih tehnologija.

Eksploatacija termoenergetskih sistema koji kao pogonsko gorivo koriste biomasu ima niz specifičnosti. Takva postrojenja su gabaritno veća od postrojenja slične snage koji rade na konvencionalna goriva, potreba za njihovim održavanjem je obimnija (čišćenje i dr.), a u objektu gde se nalaze je neophodno obezbediti i veći prostor za manipulaciju gorivom, zbog češćeg loženja, zapaljivosti goriva i specifičnosti „hranjenja“. Osim toga i oprema koja se koristi u okviru takvih sistema ima niz specifičnosti.

U ovom radu biće ukazano na smernice kod projektovanja, izgradnje i eksploatacije termoenergetskih sistema na baliranu biomasu sa krajnjim ciljem da se navedene smernice uvažavaju i primene kod instalisanja novih postrojenja na biomasu u poljoprivrednom kombinatu AD „Mitrosrem“ u Sremskoj Mitrovici.

**Ključne reči:** energija, biomasa, termoenergetski sistemi

### **SUMMARY**

Serbian energy policy supply is expected to benefit from the biomass residues and energy crops. Biomass can be used directly or via multiple technology routes.

Exploitation of biomass - thermoenergy plants has a number of specific features. Such facilities are dimensionally larger than their conventional counterparts of similar thermal power; they require more maintenance (cleaning, etc.) and the plant room in this case must be fitted with larger space for fuel manipulation, due to more frequent stoking, flammable fuel and specific feeding demands. Furthermore, the equipment used in such facilities has a number of specific traits.

In this paper, a general point is made of recommendations for design, building and exploitation of thermoenergetic systems with baled biomass. The recommendations pertain to installation and exploitation of new biomass-fired plants at AD „Mitrosrem“ agricultural company from Sremska Mitrovica.

**Key words:** energy, biomass, thermoenergetic systems

---

\* Dr Todor Janić, vanredni profesor, dr Miladin Brkić, redovni profesor, mr Nebojša Dedović, asistent, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad.

\*\* Mr Saša Igić, JP „Srbija gas“, Narodnog fronta 78, Novi Sad.

## **DISKUSIJA**

### **BIOMASA KAO ENERAGENT**

U okviru ratarske proizvodnje, u odnosu na primarni proizvod dobijaju se i velike količine tzv. nusproizvoda, tj. sekundarnih i tercijalnih proizvoda, čija namena u najvećem broju slučajeva nije tehnološki definisana. U praksi se svako na svoj način „oslobađa” od takvih proizvoda, najčešće njihovim nenamenskim spaljivanjem na mestu nastanka (Janić, 2000). Na nivou države ne postoji ni jedna preciznija odrednica kojom bi se na organizovan način upravljalo tim ogromnim resursima.

Procene su da se ukupna produkcija biomase od poljoprivrednih kultura u Srbiji kreće preko 12,5 miliona tona godišnje (Brkić i sar, 2006). Stručna mišljenja o načinu korišćenja tih tzv. nusproizvoda ratarske proizvodnje, koju nazivamo biomasom su podeljena, ali se u jednom gotovo svi slažu, ne bi se smelo dozvoliti njeno nenamensko spaljivanje.

Osim tradicionalnog korišćenja biomase u ratarstvu, gde se ona zaoravanjem vraća u ciklus biljne proizvodnje ili u stočarstvu, gde se koristi kao hrana ili prostirka, svakodnevno povećanje cene konvencionalnih energenata korišćenje biomase, kao energenta u celom svetu, čini sve aktuelnijim. Ako bi se od navedenih količina biomase za dobijanje energije koristilo samo 25%, u Srbiji bi se na godišnjem nivou moglo supstituisati oko 1,3 miliona tona ekvivalentnog lož-ulja.

Iako se u našoj zemlji za dobijanje energije od raspoloživih resursa biomase iz primarne poljoprivredne proizvodnje ne koristi ni 1% treba svakodnevno raditi na definisanju, realizaciji i unapređenju tehnologija i tehničkih sistema u kojim bi se biomasa koristila kao energent.

### **TEHNOLOŠKO-TEHNIČKA REŠENJA TERMOENERGETSKIH SISTEMA**

Današnje tehnologije korišćenja čvrste biomase u energetske svrhe usmerene su ka njenom direktnom sagorevanju ili na prethodnu gasifikaciju, pa sagorevanju (Mesarović, 2007). Takođe, iz čvrste biomase određenim tehnologijama mogu da se proizvedu tečna goriva (bio-dizel, bio-etanol i dr.), kao i bio-gas, koji se dobija anaerobnom ili aerobnom fermentacijom biomase (Brkić i sar, 2006).

Primenjena tehnologija kojom se stvaraju uslovi za korišćenje biomase u energetske svrhe umnogome zavisi od njene vrste, dostupnosti, načina pripreme i primene, kao i od namene dobijene energije.

Energija dobijena iz biomase, nastale u procesima primarne poljoprivredne proizvodnje u Srbiji, najčešće se koristi u okviru agrokomplesa. Tako dobijenom energijom u termoenergetskim postrojenjima najčešće se zagrevaju radni medijumi koji imaju zadatak da prenesu energiju do krajnjih korisnika, gde će se ona iskoristiti za zagrevanje objekata ili u nekim procesnim delatnostima, kao što su: sušenje, uparavanje, isparavanje i dr.

Kao radni medijumi kojim se produkovana toplota prenosi do krajnjih korisnika najčešće se koriste vazduh ili voda. Radni medijum u termoenergetskim sistemima može biti i vodena para, ali se zbog njene manje primene u agrokomplesu (ne uzimajući u obzir prehrambenu industriju) u ovom radu neće navoditi.

Oba medijuma u svojoj primeni imaju određene prednosti ili nedostatke i kao takvi definišu elemente kojim će termoenergetski sistemi biti opremljeni.

Zajedničke osobine navedenih medijuma ogledaju se u tome, što su lako dostupni, neškodljivi po zdravlje, jeftini i ako sa sobom nakon korišćenja ne nose nikakve primese ni u kojem pogledu ne zagađuju okolnu sredinu.

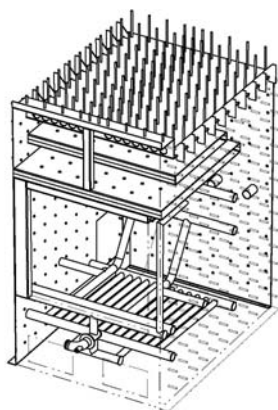
Uopšteno posmatrano vazduh se koristi u slučajevima: kada je krajnji korisnik u blizini termoenergetskog postrojenja (Radonjić, 1979), kada se može medijum prenositi na nižim pritiscima, kada se želi izbeći inertnost u samozagrevanju sistema, kada nije problematično variranje temperature radnog medijuma, kada nema potrebe za „skladištenjem“ energije u radnom medijumu, kada se želi izbeći mogućnost smrzavanja radnog medijuma u vremenu kada postrojenje ne radi i ako se želi jeftinije i pouzdanije postrojenje.

Primena vazduha kao radnog medijuma u odnosu na vodu ima značajnih prednosti, ali se voda (ili neka druga pogodna tečnost) mora koristiti: kada se želi omogućiti prenos toplotne energije na veće udaljenosti, pogotovo ako istovremeno postoji više korisnika (Reknagel, 1995), kada se mora prenositi veća količina toplotne energije, manjim vodovima, kada se želi raditi na većim pritiscima bez promena zapremine, kada je poželjna inertnost sistema, efikasija i ravnomernija raspodela energije.

Iako se većina opreme i uređaja kod termoenergetskih postrojenja koja koriste vazduh ili vodu razlikuju, zajednički element im je ložište za sagorevanje biomase.

U Srbiji se uglavnom primenjuju termoenergetska postrojenja u kojima se biomasa direktno sagoreva u ložištima sa ravnom nepokretnom rešetkom. Iako je bilo uspešnih pokušaja da se takva postrojenja osavremene, pri čemu su građena postrojenja kod kojih su primenjivane tehnologije sagorevanja na kosoj i vertikalnoj rešetki, u ciklonskim ložištima ili u fluidizovanom sloju, nijedno od takvih rešenja nije našlo širu primenu u praksi. Objašnjenje za to može da se naći u činjenici da su to bila termoenergetska postrojenja velikih snaga, da im je fleksibilnost u radu bila ograničena, a cena za njihovu realizaciju izrazito veća od onih sa ravnom nepokretnom rešetkom.

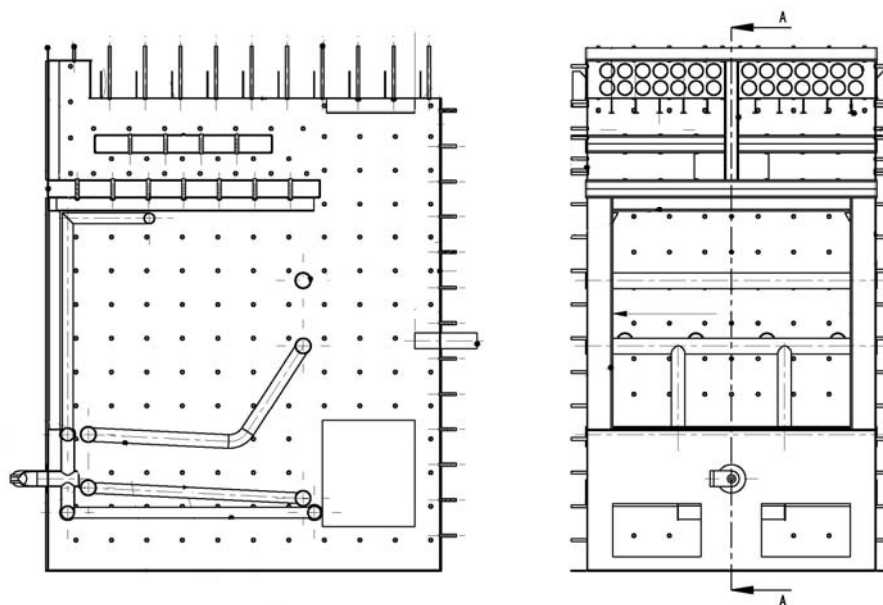
Karakteristika rada ložišta sa ravnom nepokretnom rešetkom nije primerena sadašnjim stremljenjima o visokoj efikasnosti rada i minimalnom narušavanju okoline, ali se mora uzeti u obzir da će se i dalje graditi, pošto su jeftinija od drugih konstrukcija, zahtevaju manje složenu opremu u radu i jednostavnije se opslužuju. Kod takvih ložišta biomasa se sagoreva u sloju, najčešće u obliku malih ili velikih bala (izuzev biomase koja se dobija iz doradnih postrojenja), pošto je to najjeftiniji oblik pripremanja biomase nastale u procesima primarne poljoprivredne proizvodnje za sagorevanje.



*Sl 1 Dvostepena rešetka ložišta kotla termičke snage 300 kW*  
*Fig. 1 Twostage grate of firebox boiler with thermic power of 300 kW*

Pošto snaga ložišta najviše zavisi od količine sagorele biomase u njemu i od energetske efikasnosti njegovog rada, neophodno je da se u ložištu ispune svi uslovi koji će omogućiti da se predviđena količina goriva u njemu sagori na energetski, ekološki i ekonomski efikasan način. Iz tog razloga se prilikom konstrukcija ložišta, između ostalog, mora obezbediti da se u ložište može pravovremeno ubacivati dovoljna količina adekvatno pripremljene i raspoređene biomase, okolnog vazduha (najbolje po zomana sagorevanja) i da uvek postoji dovoljna količina energije za aktivizaciju procesa sagorevanja.

Jedna od modifikacija klasičnog ložišta za sagorevanje velikih rol bala biomase na ravnoj nepokretnoj rešetki je, radi poboljšanja rada klasičnih sistema, urađena na kotlovskom postrojenju koje je izgradila firma „Ekoprodukt“ u Novom Sadu, u okviru poljoprivrednog dobra „Mitrosrem“ u Sremskoj Mitrovici, radna jedinica „Lačarak“. U ložište je postavljena dvostepena rešetka, kao što je prikazano na slici 1 ili u ortogonalnim projekcijama na slici 2.



Sl 2 Ortogonalne projekcije dvostepene rešetke kotla termičke snage 300 kW

Fig. 2 Ortogonale projection of twostage grate boiler with thermic power of 300 kW

Navedenom konstrukcijom dvostepene rešetke dobijene su neke mogućnosti koje su poboljšale rad ložišta, pa i kotlovskog postrojenja u celini. U najkraćem mogu da se navedu:

- izbegavanje sabijanja (gašenja) žara od prethodne bale prilikom ubacivanja nove – velike (i teške) rol bale u ložište,
- mnogo brža, lakša i ravnomernija potpala novoubačene bale,
- značajno smanjena produkcija ugljen-monoksida na početku ciklusa sagorevanja bale,
- omogućavanje samorasipanja bale u procesu njenog sagorevanja, pri padanju delova bale sa gornje na donju rešetku,
- lakše probijanje vazduha za sagorevanje kroz deo sloj sagorevane bale,
- povećane mogućnosti za regulisanje temperature u ložištu,
- potpunije dogorevanje bale biomase i dr.

Postignutim poboljšanjima omogućeno je približavanje postavljenom cilju, a to je sagorevanje biomase na energetski, ekološki i ekonomski efikasan način.

Za osnovne smernice, pri čemu se težilo ka modifikaciji rešetke ložišta, poslužili su određeni pravilnici i standardi u navedenoj oblasti (kojih u našoj zemlji za navedenu oblast ima malo) od kojih je u tabeli 1 naveden Pravilnik o graničnoj vrednosti emisije gasova iz termoenergetskih postrojenja.

Tab. 1 Granične vrednosti emisije za ložišta na drvo, drveni briket i otpatke poljoprivrednih kultura (“Službeni glasnik” R. Srbije, br. 30/1997 i 35/1997).

Tab. 1 Emission limits for wood, wood briquette and plant residues fireboxes (“Službeni glasnik” R. Srbije, br. 30/1997 i 35/1997).

Vrsta materije, Type of matter	Toplotna snaga ložišta (MW), Firebox thermal power (MW)		
	1–50	50–300	> 300
	GVE* (mg/m <sup>3</sup> )	GVE* (mg/m <sup>3</sup> )	GVE* (mg/m <sup>3</sup> )
Praškaste materije, Powdery matter	50	50	50
Ugljen–monoksid (CO), Carbon–monoxide (CO)	250	250	250
Azotni oksidi (izraženi kao NO <sub>2</sub> ), Nitrogen-oxides (expressed as NO <sub>2</sub> )	500	400	200
Organske materije (izražene kao ukupan ugljenik), Organic matter (expressed as total carbon)	50	50	50

\* - GVE – Granične vrednosti emisije

\* - GVE – Emission limits

U prikazanom ložištu radi njegovog efikasnijeg rada i povoljnije emisije gasova omogućeno je dodavanje primarnog, sekundarnog i tercijalnog vazduha za sagorevanje i to ispod donje rešetke, iznad gornje rešetke (duvaljkama) i na ulasku u gornju komoru za sagorevanje gasovitih produkata sagorevanja i čađi. Osim toga na mestima ubacivanja primarnog i sekundarnog vazduha za sagorevanje omogućeno je ubacivanje recikliranih produkata sagorevanja, koji se po potrebi iz taložne komore u određenom procentu vraćaju u ložište. Na takav način omogućen je veći kvalitet rada postrojenja za sagorevanje biomase, kao i veće mogućnosti za regulisanje njegovog režima rada.

Osim ložišta kod postrojenja za sagorevanje biomase u najvećem broju slučajeva (izuzev direktnog uvođenja produkata sagorevanja u tehnološki proces) je važno adekvatno dimenzionisanje gasnog trakta da bi se omogućila efikasna razmena toplote između produkata sagorevanja i radnog medijuma, a da se pri tome ne stvori značajniji otpor strujanju fluida (Bogner, 1992).

U zavisnosti od toga da li je radni medijum u termoenergetskom sistemu voda ili vazduh zavisice i oprema koju sistem mora da sadrži.

Kod onih sistema kod kojih je radni medijum za prenos toplotne energije vazduh iza ložišta se postavljaju razmenjivači toplote vazduh-vazduh u kojima sa obavlja razmena toplote između produkata sagorevanja i vazduha, koji se dalje odvodi i dodatnim elementima raspoređuje prema potrebama. Najčešće, sistem je opremljen ventilatorom za produkte sagorevanja, odvajačima pepela i nesagorelih delova biomase (ciklonoma ili taložnicima), dimnjakom, ventilatorom za obezbeđivanje definisanog protoka vazduha – radnog medijuma, a po potrebi i primarnim prečistačima tog vazduha na ulasku u sistem i na njegovom izlasku. Osim navedenog, za efikasan rad takvih sistema potrebno je da su opremljeni adekvatnom merno-regulacionom opremom kojom se u svakom trenutku mogu pratiti važniji parametri u radu sistema i automatski regulisati njegov rad.

Termoenergetski sistemi kod kojih je radni medijum voda po svojoj opremljenosti i načinu rada su složeniji. Poseban zahtev kod njihovog rada ogleda se u tome da svi elementi i njihovi spojevi moraju biti vodonepropusni za zadate pritiske rada.

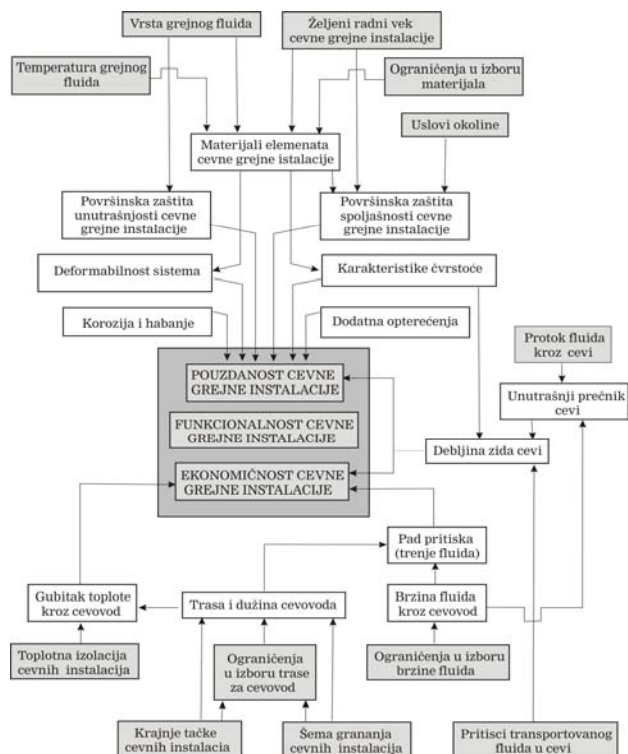
Osnovno je da se kod ovakvih sistema razmena toplotne energije između vrelih produkata sagorevanja i vode, kao radnog medijuma, obavlja u kotlovima do graničnih temperatura od 110° C (radni pritisak do 3 bara) za toplovodne sisteme i 130° C (radni pritisak do 8 bara) za vrelovodne sisteme (Todorović, 2000). Takvi uređaji su u odnosu na sisteme kod kojih je radni medijum vazduh za iste toplotne snage manji, pošto je proces razmene toplote između vode i vazduha znatno efikasniji.

Osnovna oprema kojom moraju biti snabdevena kotlovska postrojenja (Kulić, 1990) je: priključak za punjenje i pražnjenje na najnižoj tački postrojenja, termometar i manometar za vodu, koji su postavljeni na razvodnom vodu, i regulator sagorevanja kod kotlova na čvrsto gorivo.

Osim osnovnih elemenata, u zavisnosti da li je reč o toplovodnim ili vrelovodnim kotlovima, a prema standardima JUS M.E7.201 i JUS M.E7.203, kotlovska postrojenja moraju biti snabdevena i dodatnom merno-regulacionom i sigurnosnom opremom, kao što su: ekspanzioni otvoreni ili zatvoreni sudovi (čija zapremina je definisana zapreminom vode u termoenergetskom sistemu), sigurnosni vodovi povratnog i razvodnog voda (kod otvorenih ekspanzionih sudova), sigurnosne „U“ cevi ili sigurnosnog i ventila za ispuštanje vazduha sa najviše tačke (kod zatvorenih ekspanzionih sudova) i uređaja za dobavljanje napojne vode (kod vrelovodnih termoenergetskih sistema).

Pored navedenog kao oprema termoenergetskih sistema mogu da se navedu uređaji za prečišćavanje i omekšavanje vode na napojnom vodu, cirkulacione pumpe, po potrebi i mešni ventili, filteri za vodu koja je u sistemu, nepovratni ventili, uređaji koji obezbeđuju da se u kotao ne uvodi hladna voda (da bi se sprečila niskotemperaturna korozija, tj. brzo propadanje kotla), posude za izdvajanje vazduha iz sistema, uređaji za održavanje radnog pritiska u sistemu, sabirni i razdelni kolektori i druga merno-regulaciona oprema. Takođe, kod termoenergetskih sistema preporučuje se i ugradnja akumulacionih rezervoara toplote, čime će se umnogome ujednačiti temperatura vode u sistemu i povećati efikasnost rada kotlovske postrojenja.

Važan segment termoenergetskih sistema je pravilno izvođenje cevne mreže kojim se topla voda razvodi do potrošača. Za funkcionalan, ekonomičan i pouzdan rad cevnih mreža važno je da se kod njenih projektovanja posveti pažnja elementima, koji su sažeto predstavljani na slici 3 (Janić i Brkić, 1995).



Sl. 3 Postupak projektovanja cevne grejne instalacije termoenergetskih sistema

Fig. 3 Methodology for design of thermoenergetic heating pipe installation

Osim navedenog, za efikasan rad termoenergetskih sistema važan je i pravilan izbor i način postavljanja razmenjivača u kojima će topla ili vrela voda iz sistema, kao radni medijum, predavati toplotnu energiju krajnjem potrošaču. U agokompleksu je veoma različita primena toplotne energije, tako da se zbog obima ovog rada neće preciznije navoditi načini za korišćenje energije i moguće konstrukcije razmenjivača toplotne.

### ZAKLJUČAK

Potrebe za toplotnom energijom u agrokomeksu naše zemlje su velike. Veliki deo te energije može da se nadomesti korišćenjem biomase koja je nastala kao sekundarni ili tercijalni produkt primarne poljoprivredne proizvodnje ili kod dorade tih proizvoda.

Uprkos tome što sagorevanje biomase predstavlja njen najniži kvalitet upotrebe, takva njena upotreba ima ogroman relativan i apsolutan značaj kako za privredu, tako i za društvo naše zemlje u celini.

Termoenergetski sistemi kod kojih se toplotna energija dobija iz biomase imaju niz specifičnosti, koje moraju da se uzmu u obzir kod njihovog projektovanja, izbora opreme i eksploatacije.

Zbog znatnog razvoja u elektronici i njenim sve pristupačnijim cenama treba težiti ka tome da se regulacija rada termoenergetskih sistema automatizuje u što većoj meri, čime bi bio omogućen njihov energetski, ekonomski i ekološki efikasan rad.

#### LITERATURA

1. Bogner M. 1999. Termotehničar. Poslovna knjiga, Beograd, s.797.
2. Brkić M, Janić, T, Somer D. 2006. Procesna tehnika i energetika, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, s, 288.
3. Janić T. 2000. Kinetika sagorevanja balirane pšenične slame, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, s. 120.
4. Janić T, Bekić, M. 2005. Modelovanje cevne grejne instalacije objekata zaštićenog prostora, Revija – agronomska saznanja, JNDPT, Novi Sad, 15(5): 1-5.
5. Janić T, Brkić M, Igić S. 2006. Dobijanje toplotne energije sagorevanjem balirane biomase, Revija – agronomska saznanja, JNDPT, Novi Sad, 16(5): 34-37.
6. JUS M.E7.201 Postrojenja za centralno grejanje. Sigurnosno-tehnička oprema postrojenja za grejanje toplom vodom, sa temperaturom razvodne vode do 110° C.
7. JUS M.E7.203 Postrojenja za centralno grejanje. Sigurnosno-tehnička oprema postrojenja za grejanje toplom vodom, sa temperaturom razvodne vode iznad 110° C.
8. Kulić E. 1990. Principi projektovanja sistema grejanja, SMEITS, Beograd, s. 325.
9. Mesarović M. 2007. Strategija korišćenja biomase kao obnovljivog izvora energije, Revija – agronomska saznanja, JNDPT, Novi Sad, 17(6): 1-3
10. Pravilnik o graničnim vrednostima emisije, načinu i rokovima merenja i evidentiranja podataka. Službeni glasnik R. Srbije, br. 30/1997 i 35/1997
11. Radonjić M. 1979. Grejanje i vetrenje, Građevinska knjiga, Beograd, s. 284
12. Reknagel H, Špranger A, Šramek R, Čeperković Zagorka. 1995. Grejanje i klimatizacija, Interklima, Vrnjačka banja, s. 1894
13. Todorović B. 2000. Projektovanje postrojenja za centralno grejanje. Mašinski fakultet, Beograd, s. 441.

NAPOMENA: Rad je deo istraživanja na projektu energetske efikasnosti zaveden pod brojem NP EE 273021 „Unapređenje materijalno-energetskog bilansa i razvoj preduslova za primenu ekološki korektnih energetskih sistema zasnovanih na sopstvenim energetskim resursima (biomasi) u AD „Mitrosrem“ u Sremskoj Mitrovici“, koje finansira Ministarstvo nauke Republike Srbije.

Primljeno: 17.01.2008.

Prihvaćeno: 19.01.2008.