

TEHNIČKA I EKONOMSKA OPRAVDANOST ZAMENE POSTOJEĆIH KOTLOVA NA MAZUT NOVIM KOTLOM NA BIOMASU U OKVIRU SISTEMA GREJANJA INSTITUTA „VINČA“

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF REPLACING THE EXISTING
HEAVY FUEL BOILERS WITH NEW BIOMASS BOILER WITHIN THE HEATING
SYSTEM OF THE INSTITUTE “VINČA”

Dejan ĐUROVIĆ,

Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za termotehniku i energetiku, Univerzitet u Beogradu, Mihaila Petrovića Alasa 12-14, 11351 Beograd, dejan2004@vinca.rs

Dragoljub DAKIĆ,

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, dakicdr@vinca.rs

Branislav REPIĆ,

Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za termotehniku i energetiku, Univerzitet u Beogradu, Mihaila Petrovića Alasa 12-14, 11351 Beograd, brepic@vinca.rs

Milijana PAPRIKA,

Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za termotehniku i energetiku, Univerzitet u Beogradu, Mihaila Petrovića Alasa 12-14, 11351 Beograd, milijana@vinca.rs

Institut „Vinča“ se greje iz centralne kotlarnice toplom vodom u primarnom krugu. U kotlarnici su instalisana četiri mazutna vrelovodna blok kotla ukupne snage od 9,65 MW. To je veoma zastareo sistem grejanja koji ima niz nedostataka. Međutim, promena tog sistema i eventualno prelazak na dvostepeni (primarni i sekundarni vrelovodni/toplovodni krugovi sa ugradnjom podstanica) je veoma skup poduhvat i u ovom trenutku se ne razmatra. U radu je sagledana mogućnost supstitucije postojećeg goriva (mazut) biomasom. Za tu svrhu bi se morao izgraditi novi kotao koji će sagorevati biomasu. Analiza sprovedena u ovom radu je pokazala da li je i u kojoj meri to isplativo, ekološki prihvatljivo, energetske efikasnije, kao i koliko je naučno istraživački korisno. U radu je prikazana i analiza angažovane snage kotlarnice za dve izabrane grejne sezone, što može pomoći u određivanju potrebne instalisane snage novog kotla na biomasu. Takođe, u radu je prikazana i kompletna logistika neophodna za realizaciju korišćenja biomase kao goriva u sistemu centralnog grejanja instituta Vinča.

Ključne reči: *Biomasa; energetska efikasnost; ekonomska isplativost*

"Vinca" Institute is heated from a central boiler station using a hot water in the primary circuit. In the boiler room a four heavy fuel oil hot water block boilers were installed with total capacity of 9.65 MW. It is very outdated heating system which has a number of disadvantages. However, the change of the system and eventually change to a two-stage (primary and secondary hot water/hot water circuits with installation of substations) is a very expensive proposition and at this time is not considered. In the paper is investigated the possibilities of substitution of the existing fuel (heavy fuel oil) with biomass. For this purposes a new boiler which will burn biomass would be built. The analysis conducted in this paper has shown whether and to what extent is cost-effective, environmentally friendly, energy efficient, and how is useful from scientific and research point of view. In the paper has been presented the analysis for two selected heating season, which may help in determining the installed capacity of the new biomass boiler. Also, in the paper are presented a complete logistics system required for implementation of biomass usage as a fuel in heating system of the Vinca Institute.

Key words: *Biomass; energy efficiency; economic viability*

I. Uvod

Jedno od najpovoljnijih mesta za korišćenje biomase u energetske svrhe su sistemi centralnog grejanja čije se kotlarnice nalaze van centralnih gradskih sredina i koje su do sada koristili uvozna fosilna goriva kao što su prirodni gas i neka od tečnih goriva [1-3]. To se posebno odnosi na one kotlarnice koje raspolažu sa:

- Izgrađenom infrastrukturom u potpunosti (spoljni i unutrašnji prilazni putevi, toplovodna mreža itd.)
- Raspoloživim slobodnim prostorom za skladištenje biomase,
- Raspoloživim prostorom za smeštaj kotla na biomasu,
- Raspoloživim prostorom za postavljanje akumulatora toplote,
- Mogućnošću korišćenja postojeće toplane za dogrevanje pri ekstremno niskim temperaturama i kao rezerva u havarijskim slučajevima ili u slučaju otežanog snabdevanja biomasom,
- Stručnim kadrom za rukovanje postrojenjima na biomasu,
- Iskustvom u radu,
- Mogućnošću supstitucije dela goriva iz sopstvenih izvora,
- I drugim pogodnostima (primena novih mernih metoda, obuka mladih kadrova itd.).

Tako gledajući institut Vinča je idealno mesto za primenu biomase u svom sistemu grejanja. U početnim godinama funkcionisanja Institut se grejao na ugalj tako da u okviru Instituta već postoje svi prilazni putevi, koji su se ranije koristili za dovoz uglja. Pored toga postoji čak i definisan skladišni prostor koji je ranije bio predviđen za skladištenje uglja i koji je ranije bio pokriven. Sada bi taj isti prostor mogao da se pokrije i ponovo koristi za skladištenje, ovog puta biomase.

Pogodnosti primene biomase u institutu Vinča treba dodati i naučno istraživačke aspekte. Institut Vinča je najveći naučni institut u Republici Srbiji i jedini koji je u potpunosti multidisciplinarnan. U okviru Instituta rade istraživačke laboratorije koje se bave sledećim tematikama: fizikom, biologijom, hemijom, fizičkom hemijom, energetikom, materijalima, elektronikom itd. Kako u Republici Srbiji nema puno podataka o radu takvih postrojenja na biomasu ono bi moglo da bude i izvrsna eksperimentalna baza svim pomenutim laboratorijama jer bi dugotrajnim praćenjem rada jednog takvog postrojenja mogao da se ima uvid na njegov stvarni uticaj na životnu sredinu. Na njemu bi mogle da se primenjuju najnovija saznanja iz oblasti razvijene opreme i tehnologija kojima se utiče na smanjenje zagađenja životne sredine. Jedan takav kotao bi mogao da služi kao eksploatacioni, demonstracioni i eksperimentalni i kao podloga za učešće na domaćim i međunarodnim istraživačkim projektima.

II. Trenutna situacija

Institutu „Vinča“ se greje iz centralne kotlarnice toplom vodom u primarnom krugu. U kotlarnici su instalirana četiri mazutna vrelovodna blok kotla i to:

Kotao	snaga (MW)	Potrošnja kg/h	gorivo
Kotao 1	1,86	186	mazut
Kotao 2,	1,86	186	mazut
Kotao 3.	1,86	186	mazut
Kotao 4.	4,07	400	mazut

Grejanje u primarnom krugu znači da se institut greje vodom koja protiče kroz kotlove. To je veoma zastareo sistem grejanja koji ima niz nedostataka. Međutim promena toga sistema i eventualno prelazak na dvostepeni (primarni i sekundarni vrelovodni/toplovodni krugovi sa ugradnjom podstanica) je veoma skupo i u ovom trenutku se ne razmatra. Razmatra se samo sagledavanje mogućnosti susstitucije postojećeg goriva (mazut)

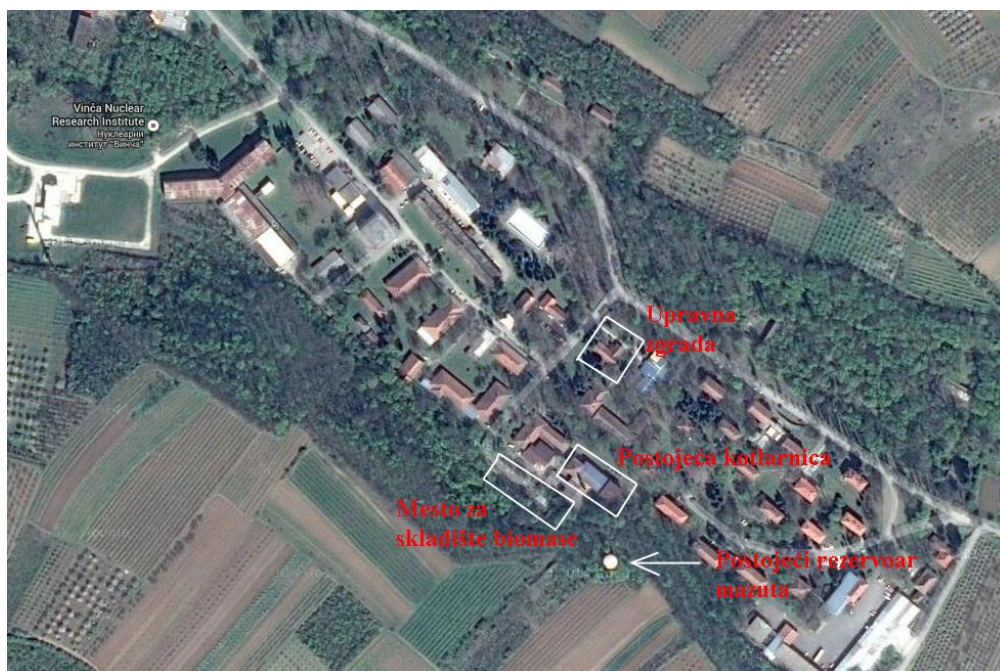
biomasom. Za tu svrhu sigurno bi se morao izgraditi novi kotao. Analiza treba da pokaže da li je to isplativo, ekološki prihvatljivije i koliko, energetski efikasnije, naučno istraživački korisno.

Zgrada kotlarnice se nalazi u središnjem delu Instituta. Na slici 1 je dat položaj kotlarnice i potencijalnog skladišta biomase u odnosu na položaj ostalih objekata u Institutu.

Rad kotlarnice u Institutu je, kao i u većini sličnih kotlarnica koje rade na tečno gorivo a zadovoljavaju grejanje sličnih institucija, organizovan u jednoj smeni. To znači da kotlovi ne rade tokom celog ili u većini dana, kao ni subotom i nedeljom. Izuzeci su samo ekstremno hladni dani kada kotlovi moraju duže raditi, da bi održavali sistem na funkcionalnom minimumu, da se slučajno ne bi zamrzle neke instalacije grejanja ili vodovoda u objektima koji se greju. Kotlovi na čvrsta goriva manje su fleksibilni u mogućnosti regulacije snage. Obično se kod kotlova na čvrsta goriva preporučuje raspon snage u opsegu 50(60)% do 100%, dok kotlovi na tečna goriva mogu, bez većih problema, raditi i u opsezima snaga 20-100%. Pored toga regulacija kotlova na tečna i čvrsta goriva može biti i pomoću sistema „on/off” jednog ili dva gorionika na kotlu ili jednog ili dva stepena jednog gorionika.

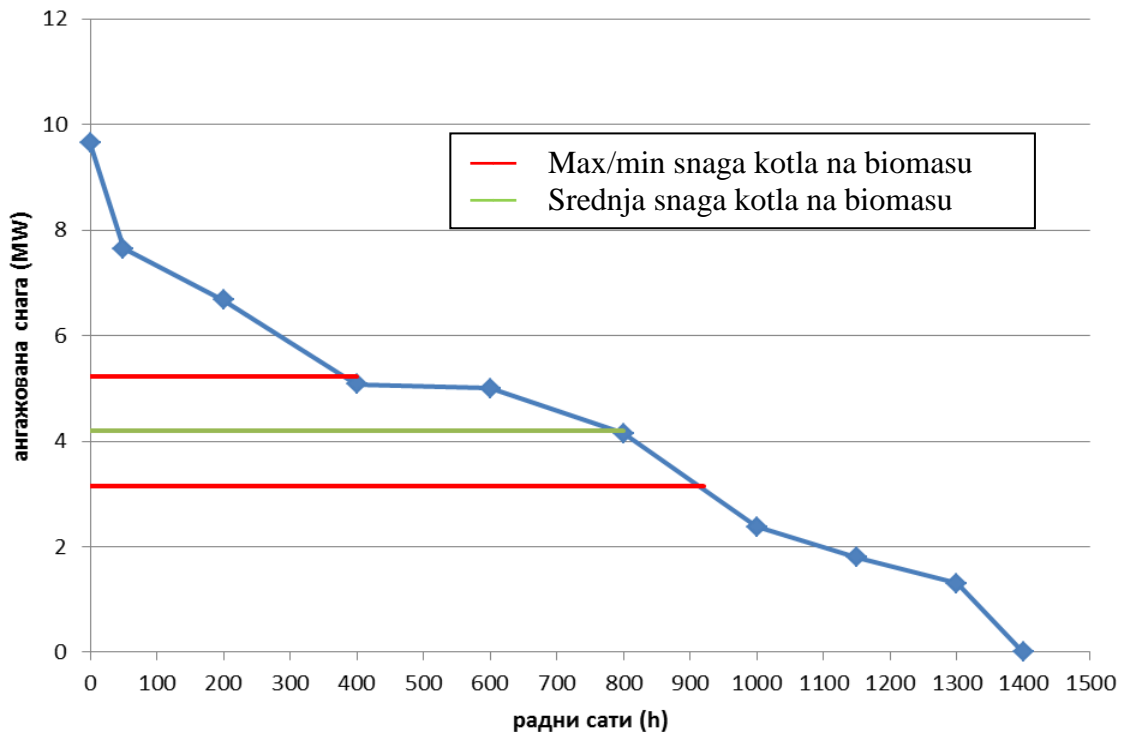
Zbog toga treba planirati izgradnju kotla prilagođenog za sagorevanje na niskim temperaturama goriva sa velikom količinom volatila i relativno niskotopivim pepelom, koji bi radio u opsegu snage 60-100%. Kotao bi radio 24 časa na dan u većem delu grejne sezone.

Postavljeni cilj se može postići samo ukoliko se što tačnije snimi kriva toplotnog opterećenja sistema grejanja u Institutu i ukoliko se ugradi akumulator toplote. Kriva toplotnog opterećenja može pokazati optimalnu snagu kotla za 24-voro časovni rad kotla u toku grejne sezone. 24-voro časovni rad kotla podrazumeva i rad kotla tokom vikenda i posle završetka rada. Znači ukoliko kotao nastavi da radi i u tom periodu onda se negde mora akumulirati proizvedena toplota i kasnije trošiti u periodu kad postoji potreba za grejanjem.

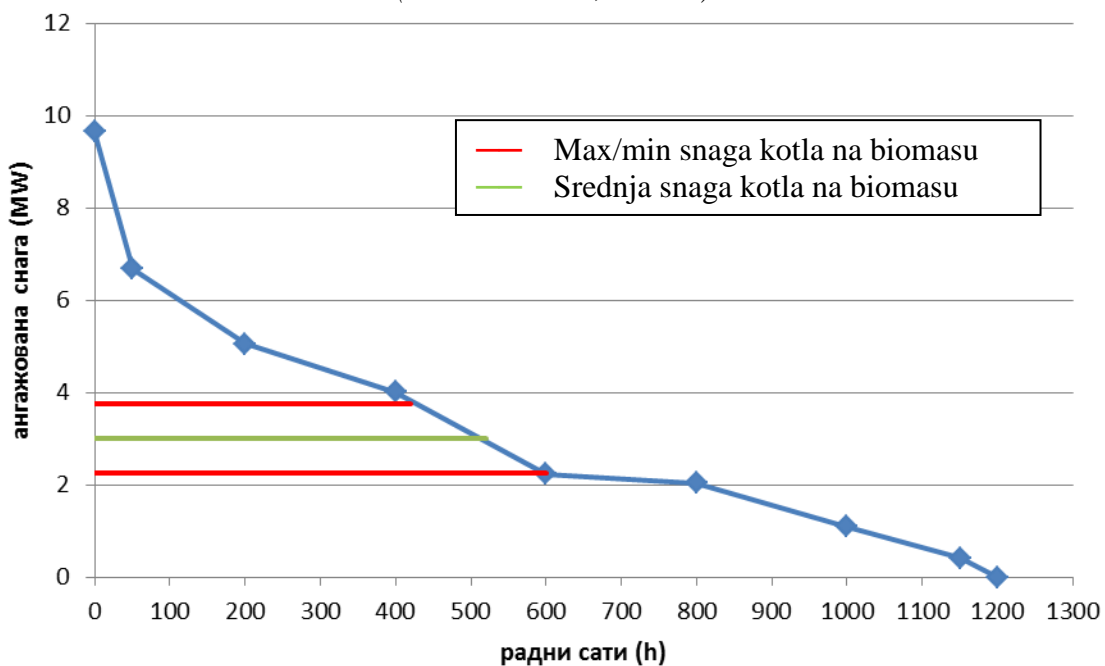


Slika 1. Položaj kotlarnice i potencijalnog skladišta biomase

Dijagrami opterećenja za dve izabrane grejne sezone su dati na slikama 2 i 3.



Slika 2. Dijagram opterećenja (angažovana snaga) za sezonu 2011/2012 (22 radna dana, 9h/dan)



Slika 3. Dijagram opterećenja (angažovana snaga) za sezonu 2013/2014 (22 radna dana, 9h/dan)

Ukoliko bi se prema datim podacima gradio kotao na čvrsto gorivo (biomasu) i ukoliko bi radio u opsegu snage 60-100% on bi imao sledeće radne parametre:

$P_{sr} = 4.19 \text{ MW}$, $P_{max} = 5,23 \text{ MW}$, $P_{min} = 3,14 \text{ MW}$

Ukupno predata energija kotlarnice na mazut je: 5863 MWh.

Kotlom, sa datim parametrima rada, na biomasu moguće bi bilo zameniti:

4153 MWh, zamena 71 %

Kotao bi radio svega $\approx 920 \text{ h}$ i palio bi se i gasio svaki dan.

Ukoliko bi se prema datim podacima gradio kotao na čvrsto gorivo (biomasu) i ukoliko bi radio u opsegu snage 60-100% on bi imao sledeće radne parametre:

$P_{sr} = 3 \text{ MW}$, $P_{max} = 3,75 \text{ MW}$, $P_{min} = 2,25 \text{ MW}$

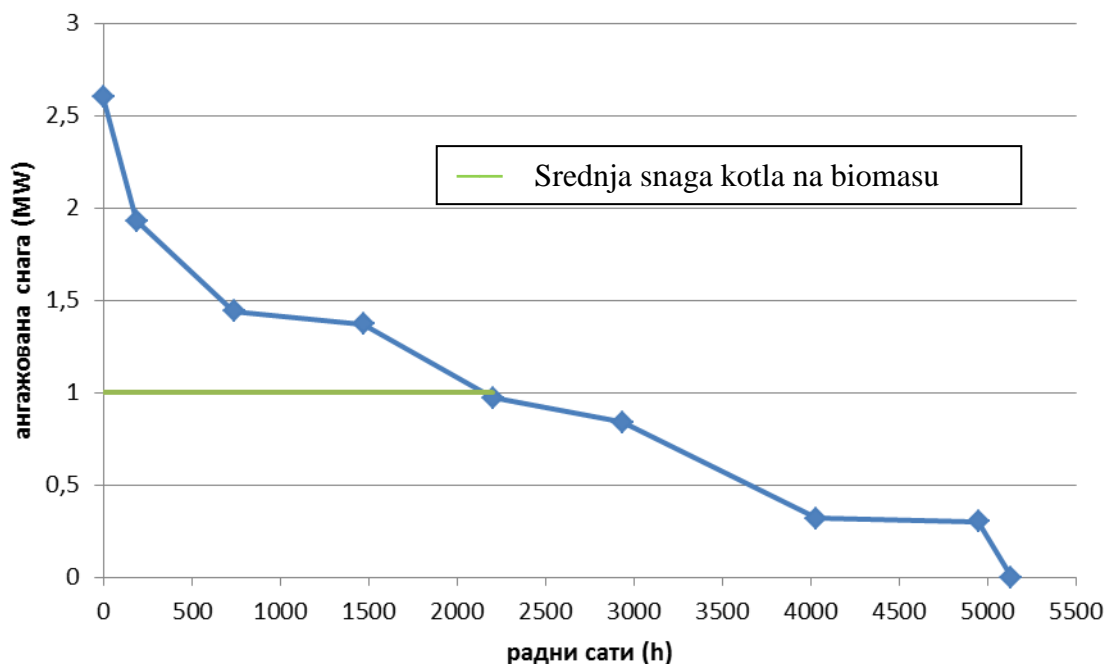
Ukupno predata energija kotlarnice na mazut je: 3600 MWh.

Kotlom, sa datim parametrima rada, na biomasu moguće bi bilo zameniti:

2389 MWh, zamena 66 %

Kotao bi radio svega $\approx 600 \text{ h}$ i palio bi se i gasio svaki dan.

Krive toplotnih opterećenja za navedene dve grejne sezone su karakteristične jer se grejna sezona 2011/2012 može smatrati jednom od oštrijih, dok se za grejnu sezonu 2013/2014 može reći da je blaža. Usvojeno je da se predmetni kotao na biomasu razmatra u odnosu na srednje vrednosti toplotnih opterećenja dve razmatrane grejne sezone.



Slika 4. Usrednjeni dijagram opterećenja (angažovana snaga) za sezone 2011/2012 i 2013/2014 (30,5 radna dana, radno vreme: 24h/dan)

Kriva toplotnog opterećenja prikazana na slici 4 predstavlja hipotetičku krivu toplotnog opterećenja rada kotlarnice Instituta Vinča u režimu rada od 24 sata na dan svo vreme grejne sezone, sem za vreme godišnjeg odmora. Na osnovu te krive vrši se izbor kotla na biomasu. Optimalna varijanta kotla na biomasu je ona koja obezbeđuje maksimalnu zamenu tečnog goriva biomasom. Kotao na biomasu sigurno ne može u potpunosti zameniti primenu tečnog goriva. Primena tečnog goriva je neizbežna u ekstremnim uslovima za rad kotlarnice. Ekstremni uslovi rada kotlarnice su oni kada se javljaju minimalne ili maksimalne projektne temperature u kojima je predviđen rad kotlarnice.

Na osnovu podataka prikazanih na slici 4 može se izračunati: maksimalna, minimalna i srednja snaga kotla na biomasu, broj dana rada u maksimalnom režimu rada i broj dana rada sa promenljivom snagom.

Prema podacima sa slike 4 razmatrane su tri varijante mogućeg rešenja kotla na biomasu i to:

Varijanta 1

$P_{sr1} = 0,8 \text{ MW}$ Stvarna srednja snaga kotla na biomasu

$P_{max1} = 1 \text{ MW}$

$P_{min1} = 0,6 \text{ MW}$

Ovakav kotao bi radio 65 % radnog vremena i njegovim radom bi moglo da se smanji upotreba tečnog goriva za 78%.

Varijanta 2

$P_{sr2} = 1 \text{ MW}$ Usvojena srednja snaga kotla na biomasu

$P_{max2} = 1,25 \text{ MW}$

$P_{min2} = 0,75 \text{ MW}$

Ovakav kotao bi radio 60 % radnog vremena i njegovim radom bi moglo da se smanji upotreba tečnog goriva za 85%.

Varijanta 3

$P_{sr1} = 1,2 \text{ MW}$ Usvojena srednja snaga kotla na biomasu

$P_{max1} = 1,5 \text{ MW}$

$P_{min1} = 0,9 \text{ MW}$

Ovakav kotao bi radio 52 % radnog vremena i njegovim radom bi moglo da se smanji upotreba tečnog goriva za 83%.

Iz prikazane analize moguće snage kotla na biomasu zaključeno je da **varijante 2 i 3** daju približno istu mogućnost zamene tečnog goriva biomasom. Optimalno rešenje kotla može se dati samo u sprezi sa analizom veličine akumulatora toplote.

Kapacitet akumulatora računat je na osnovu sledeće formule:

$$G_{acu} * 4,18 * (t_{max} - t_{min}) = Q_{Msr} * 9 * 5 * 3600 - Q_{Bmmax} * 9 * 5 * 3600$$

G_{acu} – Masa akumulatora /t/ (približno m^3)

$(t_{max} - t_{min})$ – razlika maksimalne temperature vode u akumulatoru i temperature povratne vode u kotlarnicu u vremenu najhladnijih dana / $^{\circ}C$ /

Q_{Msr} – Srednja snaga kotlarnice pri radu na mazut /MW/

9 – devetočasovno radno vreme kotlarnice

5 – petodnevna radna nedelja

3600 – sekundi

Veličina akumulatora

Za **varijantu 2** $G_{acu} = 1650 \text{ t (m}^3\text{)}$

Za **varijantu 3** $G_{acu} = 1450 \text{ t (m}^3\text{)}$

Kako u sistemu kotlarnice Instituta Vinča postoji rezervoar mazuta približne, ili nešto manje zapremine ($V_{rez} \approx 1000-1200 \text{ m}^3$), od proračunate potrebne zapremine akumulatora, prema varijanti 3, on bi se najverovatnije mogao prepraviti u akumulator toplote. U slučaju prepravke postojećeg rezervoara mazuta najprihvatljivija bi bila izgradnja kotla po **varijanti 3**, jer ona zahteva manji akumulator toplote.

III. Uslovi za rad sistema

Da bi jedan sistem centralnog grejanja koristio biomasu kao osnovno gorivo moraju se obezbediti sledeći uslovi [1]:

- Snabdevanje gorivom,
- Izgraditi skladište,
- Definisati internu manipulaciju gorivom,
- Odgovarajući prostor za smeštaj kotla i prateće opreme (kotlarnica),
- Akumulator toplote,
- Priključenje novog kotla sa pratećom opremom i akumulatorom u postojeći sistem,
- Definisati manipulaciju pepelom,
- Obezbediti spoljni transport (odnošenje) pepela i njegovo odlaganje.

Snabdevanje gorivom

Pri analizi mogućnosti korišćenja biomase (u ovom slučaju drveni čips i usitnjena granjevina) prvo i osnovno je ustanoviti mogućnost redovnog i sigurnog snabdevanja gorivom. Potrebna količina drvene biomase računata je po formuli:

$$G_{BM} = G_{srM} * (H_{dM} / H_{dBM}) * (\eta_M / \eta_{BM}) * 0,83$$

G_{BM} – procenjena godišnja potreba za biomasom /t/god/,

G_{srM} – Godišnja potrošnja mazuta (usrednjena vrednost nabavljene količine mazuta u dve razmatrane grejne sezone) /t/god/,

H_{dM} – Donja toplotna moć mazuta 42.000 kJ/kg,

H_{dBM} – Donja toplotna moć biomase (usvojena prosečna vrednost) 12.000 kJ/kg,

η_M – Stepen iskorišćenja kotlova na mazut (usvojena vrednost) 0,87,

η_{BM} – Stepen iskorišćenja kotla na biomasu (usvojena vrednost) 0,83,

0,83 – Mogućnost zamene mazuta biomasom prema **varijanti 3**.

$$G_{srM} = 500 \text{ t/god}$$

$$G_{BM} = 1.522 \text{ t/god}$$

Ukoliko se potrebna količina biomase svede na dnevnu potrošnju, radi lakšeg sagledavanja količine biomase, ona bi iznosila $\approx 8,4$ t/dan, odnosno oko 13 m^3 / dan.

Pored potrebne količine biomase koja se mora ugovoriti sa snabdevačem mora se ugovoriti i forma biomase koja bi se isporučivala kao i tempo isporuke. Ukoliko bi se biomasa isporučivala u formi drvenog čipsa onda bi bilo pogodno da se isporuka vrši na nivou dvonedeljnih potreba. Ukoliko se ugovori isporuka biomase u formi cepanica dužine 1 m, što je uobičajena forma za domaće tržište, onda bi se moralo ugovoriti isporuka drveta za najmanje 3-mesečnu potrošnju.

Skladište biomase

U prethodnom delu rada navedene su dve varijante nabavke goriva. Jedna se odnosi na nabavku drvenog čipsa i seckane granjevine, a druga se odnosi na nabavku drveta u formi dužih cepanica. U obe varijante je potrebno izgraditi novo skladište.

Interna manipulacija gorivom

Za internu manipulaciju gorivom mora se u svakom slučaju predvideti nabavka jednog univerzalnog traktora, srednje ili manje snage, sa više priključnih uređaja (utovarna kašika, viljuške i dr.).

Odgovarajući prostor za smeštaj kotla i prateće opreme (kotlarnica)

U sklopu postojeće kotlarnice Instituta postoji jedan deo u kome se ranije nalazio mazutni kotao snage 9,3 MW. Taj prostor je već opremljen određenim instalacijama i dovoljno je velik, u svakom pogledu (površina i visina) da se u njega smesti kotao na biomasu sa sve komandnom sobom. Međutim koliko god je prostor za kotao i prateću opremu obezbeđen mora se očekivati da će biti neophodne određene adaptacije tog prostora.

Priključenje novog kotla sa pratećom opremom i akumulatorom u postojeći sistem

Kako je kotlarnica u Institutu opremljena svom uobičajenom pretećom opremom (pumpna stanica, sistem za omekšavanje i pripremu vode, sabirni i razdelni kolektori itd.) procenjeno je da priključivanje novog kotla na biomasu zajedno sa akumulatorom toplote ne bi bio komplikovan zahvat.

Definisati manipulaciju pepelom

Manipulacija pepelom može biti jedan od najvećih problema prilikom zamene tečnog ili gasovitog goriva nekim čvrstim gorivom. Prilikom upotrebe tečnih ili gasovitih goriva problema sa manipulacijom pepela nema ili je zanemarljiv. Zbog toga se u ovom slučaju predviđa primena vlažnih transportera pepela koji bi bili ugrađeni ispod svih delova sistema (dno ložišta, multiciklon, vrećasti filter) gde bi se pepeo izdvajao. Tako izdvojen pepeo prikupljao bi se u, specijalno za to konstruisanim, kontejnerima. Kontejneri bi bili mobilnog tipa. Morala bi se napraviti najmanje dva kontejnera. Kad se sadržaj jednog odvozi u funkciji bi bio drugi. Vlažni pepeo bi se odnosio na gradsku deponiju „VINČA“.

Zadovoljenje ekoloških propisa

Ovako koncipirano postrojenje u svemu zadovoljava zakonske propise u vezi zaštite vazduha od zagađujućih materija uskladu sa propisima [4].

IV. Ekonomska analiza

Na osnovu dosadašnjih iskustava sa ovakvom vrstom projekata [5-9] urađena je odgovarajuća ekonomska analiza projekta. Potrebna finansijska sredstva za realizaciju analiziranog projekta prikazana su u tabelama 1 do 5.

Tabela 1. Investicije u osnovna sredstva

Naziv	Ukupan iznos (€)
1. Varijanta 1 drveni čips (nov AT)	424.000
2. Varijanta 1 drveni čips (prepravka rezervoara mazuta)	329.000
3. Varijanta 2 cepanice (nov AT)	489.000
4. Varijanta 2 cepanice (prepravka rezervoara mazuta)	394.000

Tabela 2. Investicije u obrtna sredstva

Vrsta investicije	Ukupan iznos (€)
Gorivo – biomasa (varijanta 1 drveni čips)	90.000
Gorivo – biomasa (varijanta 2 cepanice)	60.000

Tabela 3. Obračun ukupnih troškova

Trošak	Ukupan iznos (€)
Gorivo – biomasa (varijanta 1 drveni čips)	90.000
Gorivo – biomasa (varijanta 2 cepanice)	60.000
Režijski troškovi (struja, voda...)	3.000
Troškovi tekućeg održavanja	1.500
Troškovi investicionog održavanja	4.000
Troškovi za plate zaposlenih	14.400
Manipulacija pepelom (odvoženje na deponiju)	450
UKUPNO (varijanta 1)	113.350
UKUPNO (varijanta 2)	83.350

Tabela 4. Obračun ukupnih prihoda/ušteda

Prihod/ušteda	Ukupan iznos (€)
Ušteda u potrošnji mazuta	207.500
Korišćenje taloga iz rezervoara mazuta (samo u prvoj godini)	56.000

Tabela 5. Pregled svih varijantnih rešenja sa ekonomskim parametrima

Varijanta	Rok vraćanja (god)	NSV (NPV) (€)	ISR (IRR) (%)
Varijanta 1 (nov AT)	4,5	719.179	27
Varijanta 1 (prepravka rezervoara mazuta)	3,2	807.142	14
Varijanta 2 (nov AT)	3,9	996.727	10
Varijanta 2 (prepravka rezervoara mazuta)	2,9	1.084.690	11

NSV-neto sadašnja vrednost; ISR-interna stopa rentabilnosti

V. Zaključak

Na osnovu sprovedene analize nedvosmisleno se nameće zaključak da je ideja o zameni starih mazutnih kotlova novim kotlom na biomasu u potpunosti opravdana. Izgradnja novog kotla ne isključuje rad starih mazutnih kotlova i gašenje tog dela kotlarnice. Ovim projektom je planirano da ti kotlovi rade u vršnim opterećenjima, kao i u slučaju klvara kotla na biomasu. Opravdanost izgradnje kotla na biomasu se ogleda u veoma brznoj ekonomskoj isplativosti ovog projekta, od 2,9 do 4,5 godina, što je za projekte iz oblasti energetike impozantan podatak. Pored direktnih koristi koje bi imao Institut implementacijom ovog projekta, a koje se ogledaju u smanjenju troškova za grejanje, treba navesti i indirektno koristi koje daju dodatnu težinu samom projektu kao što su upošljavanje dodane radne snage u Institutu, smanjenje zagađenja životne sredine usled redukcije emisije ugljen-dioksida (CO₂ 3000 t/god) kao gasa sa efektom staklene bašte, korišćenje obnovljivog goriva, prilika za usavršavanje mladih kadrova, angažovanje domaće industrije, primer dobre prakse supstitucije fosilnog goriva obnovljivim, povećano angažovanje svih zaposlenih u lancu korišćenja biomase, otvaranje novih radnih mesta, poboljšanje imidža Instituta i slično.

VI. Zahvalnost

Rad je realizovan u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije „Razvoj i unapređenje tehnologija za energetske efikasno korišćenje više formi poljoprivredne i šumske biomase na ekološki prihvatljiv način, uz mogućnost kogeneracije“, Ev. br. projekta III42011.

VII. Literatura

- [1] Đurović, D., D. Dakić, B. Repić, M. Paprika, *Biznis plan – Kotao na biomasu u sistemu grejanja Instituta za nuklearne nauke „Vinča“*, Beograd, 2014.
- [2] Repić, B., D. Dakić, D. Đurović, A. Erić, M. Paprika, *Small scale plant for combined heat and power generation utilizing local biomass, 15th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, SIMTERM 2011, Sokobanja, Serbia, October 18-21, 2011, Proceedings*, pp. 283-292. ISBN 978-86-6055-018-9.

- [3] **Dakić, D., B. Repić, A. Erić, D. Đurović, M. Mladenović**, Possibilities of using biomass in the slaughter-house industry for heat production, *15th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, SIMTERM 2011*, Sokobanja, Serbia, October 18-21, 2011, Proceedings, pp. 362-368. ISBN 978-86-6055-018-9.
- [4] ***, Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vazduhu, *Službeni glasnik RS, broj 71/2010, 6/2011 - ispr*, 2010/11.
- [5] **Dakić, D., D. Đurović, D., B. Repić, S. Nemoda, G. Živković, D. Cicognani**, Ekonomska analiza mogućnosti proizvodnje toplotne i električne energije korišćenjem poljoprivredne biomase, *14 Simpozijum termičara Srbije „Energija, ekologija, efikasnost“*, Sokobanja, 13-16 oktobar 2009, Zbornik radova na CD ROM-u, str.514-519., ISBN 978-86-80587-96-7.
- [6] **Đurović, D., D. Dakić, B. Repić, S. Nemoda, G. Živković, A. Erić**, Ekonomska opravdanost izgradnje postrojenja za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije korišćenjem poljoprivredne biomase, *Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 36, No. 4*, pp. 373-381., 2010.
- [7] **Repić, B., D. Dakić, T. Janić, D. Đurović, A. Erić**, Ekonomska opravdanost izgradnje postrojenja za proizvodnju toplotne energije u klaničnoj industriji korišćenjem biomase, *Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 37, No. 2*, str. 145-152., 2011.
- [8] **Dakić, D., M. Paprika, B. Repić, A. Erić, D. Đurović**, Isplativost korišćenja poljoprivrednih ostataka radi zadovoljenja energetske potrebe, *Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 38, No. 2*, str. 87-96., 2012.
- [9] **Mihić M., D. Petrović, A. Vučković, V. Obradović, D. Djurović**, Application and importance of cost-benefit analysis in energy efficiency projects implemented in public buildings: The case of Serbia, *Thermal Science, Vol. 16, Issue 3*, pp. 915-929., 2012.