

PROIZVODNJA U ZAŠTIĆENOM PROSTORU NA BAZI BIOMASE KAO ENERGENTA

PRODUCTION IN THE GREENHOUSE ON THE ENERGY BASE OF BIOMASS

Babić, M., Babić, Ljiljana *

REZIME

U poljoprivredi Vojvodine proizvode se velike količine biomase, pre svega u ratarstvu.. Ta biomasa može da se koristi u znatno većoj meri nego što je to sada. Biomasa je odlično gorivo za zagrevanje zaštićenog prostora, ako je na raspolaganju u blizini. Količina i struktura proizvodnje u zaštićenom prostoru zavise od količine i strukture biomase koja se koristi za sagorevanje. U ovom radu je modelovan jedan poseban primer u Vojvodini. Rezultati modelovanja za proizvodnju povrća i ostalih kultura u zaštićenom prostoru su konceptualna podrška za korišćenje biogoriva i u ostalim mestima Srbije. Ovakav model proizvodnje utiče na povećanje nivoa energetske nezavisnosti u poljoprivredi uopšte.

Ključne reči: zaštićeni prostor, biomasa, energetske bilans

SUMMARY

Agricultural farms in Vojvodina region have been producing a large quantity of biomass thanks to predominate field crops production. This biomass, among others, can be used as biofuel in larger scale than it is usual at the present. Biofuel is an excellent base for the heating greenhouses, if it is on disposal in farms surroundings. Greenhouse production quantity and structure depends of quantity and structure of biomass, which is used for burning. General analisis presented in this paper, is evaluated by model for one specific example in Vojvodina. The results of modeling for vegetables and other field crops productions in greenhouses conceptually solved on biofuel heating can be used for other cases in Serbia. Such model productions are conduce to increase of energy independence level of agriculture generally.

* Dr Mirko Babić, vanr. prof., dr Ljiljana Babić, red. prof, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Key words: Greenhouse, Biomass, Energy Balance.

LISTA SIMBOLA - LIST OF SIMBOLS

A (m²) - površina - surface

$k \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$ - koeficijent prolaza toplote - overall coefficient of heat transfer

Q (kW) - količina toplote za zagrevanje - heat quantity for heating,

Q₁ (kW) - količina toplote koja prolazi kroz nadzemne granice zaštićenog prostora - heat quantity transfer across upground border of greenhouse,

Q₂ (kW) - količina toplote koja se razmeni ventilacijom - heat quantity change with ventilation air,

Q₃ (kW) - količina toplote koja dolazi od Sunca - heat quantity solar radiation

Q₄ (kW) - količina toplote koja prolazi kroz zemljište - heat quantity transfer across ground border of greenhouse,

t (°C) - temperatura - temperature,

t_{in} (°C) - temperatura spoljnog vazduha - inside air temperature

t_{out} (°C) - temperatura unutrašnjeg vazduha - outside air temperature

Δt (°C) - razlika temperatura između spoljnog i unutrašnjeg vazduha - temperature difference of air (inside minus outside)

T(h) - vreme - time

UVOD

Vojvodina, kao deo Jugoslavije, tokom 80-tih godina intenzivno je razvijala i gradila tehničke sisteme konverzije biomase u toplotnu energiju. Ovaj razvoj je u Vojvodini podsticala država različitim merama. Kasnije je, kao što je poznato, nastupio period stagnacije i nazadovanja u ovoj oblasti. Nekolicina domaćih naučnika i manji broj preduzeća sada pokušavaju da ovaj program reanimiraju. Grupa istraživača, koji su autori ovog rada, istražuju model proizvodnje povrća i cveća u zaštićenom prostoru, na bazi biomase kao energetskog izvora. Model se postavlja za proizvodne uslove u Vojvodini.

Predviđa se gradnja plastenika veličine 0,8 ha. Pored energetskog aspekta istraživanja ispitaće se različiti savremeni modeli proizvodnje povrća i cveća u definisanim uslovima mikroklimе. Predviđa se da će ovaj model proizvodnje biti ekonomski uspešan, te da će doprineti povećanju korišćenja biomase kao izvora energije. Ovakvi sistemi proizvodnje doprineće ispunjenju uslova iz protokola iz Kjota u pogledu smanjenja emisije CO₂ u atmosferu. Evropska komisija predviđa da do 2010. bioenergija postane dominantni obnovljivi energetski izvor (BioGen, 2001). Jugoslavija, kao budući član EU, mora voditi računa o ovim planovima i zahtevima. Direktno sagorevanje u kotlovima i ložištima je najjednostavniji tehnički sistem konverzije biomase u energiju. Veliki broj istraživača smatra da izgradnja manjih toplotnih jedinica (do cca 1 MW) ima najveći strateški i ekonomski

značaj (Babic at al. 1996) u ovom trenutku razvoja korišćenja biomase kao energenta.

MATERIJAL

U poljoprivredi Vojvodine dominantna je ratarska proizvodnja. Model proizvodnje u zaštićenom prostoru zasnovan je na energiji iz biomase iz ratarstva. Preduzeće, u kome se postavlja model proizvodnje ima razvijenu ratarsku i povrtarsku proizvodnju (oko 5.500 ha) i delimično voćarsku proizvodnju (106 ha). Proizvodnja u zaštićenom prostoru biće baza za povećanje proizvodnje povrća u otvorenom prostoru. Planirani lokalitet plastenika je u blizini grada. Postojeća infrastruktura je solidna (putevi, električna energija i voda).

Energetski potencijal

U analizi energetske resursa uzeta je mogućnost korišćenja slame strnih žita, biljne mase soje i granjevina iz voćarstva (tabela 1). Ove tri vrste biomase su najinteresantnije u počecima primene ovog energetske izvora u konkretnom poljoprivrednom preduzeću ("Dijamant agrar", Zrenjanin). Od ostalih kultura proizvode se kukuruz, suncokret lucerka, suncokret, šećerna repa i dr. Biljna masa ovih kultura, takođe, predstavlja značajan energetske potencijal. On će biti razmatran u budućem razvoju korišćenja obnovljivih izvora energije u ovom preduzeću.

Tabela 1: Primarni energetske potencijal preduzeća

Table 1: Primary energy potential of firm

Vrsta biomase Sort of biomass	Proizvodna površina Production area (ha)	Specifična količina, godišnje Specific harvest per year* (t/ha)	Ukupna količina Total harvest (t/god) (t/year)	Energetski potencijal GJ/god Energy potential** (GJ/god) (GJ/year)
Pšenična slama Wheat straw	2000	2,5	5.000	70.000
Sojina slama Soyabean straw	1100	2,2	2.420	36.300
Granjevina voća Wood waste (fruit)	106	3,0	318	5.088
Ukupno (Total)				111.388

*izvor - source: Nenić i sar, 1994

**računato na bazi izvora - calculate used source: Babić i sar, 1994.

Energetske potrebe zaštićenog prostora

a) *Nominalne potrebe - projektni zadatak za kotlovnici*

Termoenergetski sistem mora da nadoknadi količinu toplote, koja iz zaštićenog prostora prelazi u okolinu. Ukupna količina toplote koju treba dovesti je (Babić, Ljiljana i Babić, M., 1984):

$$Q = Q_1 + Q_2 - Q_3 \pm Q_4 \quad (1)$$

Toplotni fluks kroz nadzemne granice zaštićenog prostora izračunava se po poznatoj jednačini:

$$\dot{Q}_1 = k \cdot F \cdot \Delta t \quad (\text{W}) \quad (2)$$

gde je

$$\Delta t = t_{in} - t_{out} \quad (3)$$

Za zaštićeni prostor izračunava se nominalna potrebna količina toplote radi dimenzionisanja izvora toplote. Ova veličina izračunava se na osnovu projektnih uslova. Maksimalna razlika temperatura spoljnog i unutrašnjeg vazduha iznosi $\Delta t = 23^\circ\text{C}$. To je tzv. "zaštitna temperaturna razlika". Ova vrednost proističe iz klimatskih uslova i zahtevane temperature vazduha u zaštićenom prostoru. Koeficijent prolaza toplote k zavisi od vrste materijala. Za dvoslojni polietilen je $k = 6,5 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ (Babić, Ljiljana i M. Babić. 1984. and Fowler, P. A. et al. 1997). Površina plastične folije je $A = 10.400 \text{ m}^2$. Na

osnovu ovih podataka dobija se toplotni fluks $\dot{Q}_1 = 1.554.800 \text{ W}$.

b) *Sezonske potrebe - količina biomase za sezonu*

Energetske potrebe za zagrevanje zaštićenog prostora zavise od klimatskih uslova lokaliteta, zahtevane mikroklimе, agrotehničkih rokova, termotehničkih karakteristika zaštićenog prostora i energetske efikasnosti termoenergetskog sistema. Planiranje potrebnih količina toplote za ovako složen sistem nosi u sebi određene rizike jer je zasnovan na statističkim pokazateljima. Najveći deo potrebne toplotne energije nadoknađuje gubitke kroz granice sistema, pre svega kroz nadzemni deo.

Ukupna godišnja količina toplote koja se razmeni kroz granice nadzemnog dela je:

$$Q_1 = \int_0^{24324 \text{ h}} \Delta t(\tau) \cdot k \cdot A \cdot d\tau = k \cdot A \int_0^{24324 \text{ h}} \Delta t(\tau) \cdot d\tau \quad (4)$$

Za određivanje prethodnog integrala treba poznavati funkciju $\Delta t (T)$. Ova funkcija može se predviđati na osnovu višegodišnjih statističkih podataka o vrednosti temperature okolnog vazduha t_{out} . Prikaz promena temperature spoljnog vazduha t_{out} tokom vremena dat je na slici (sl.1). Temperatura unutrašnjeg vazduha t_{in} zavisna je od agrotehničkih zahteva proizvodnje u zaštićenom prostoru. Model proizvodnje predviđa ranu jesenju proizvodnju "toploljubivih" kultura (paradajz, parika, krastavac i sl), odnosno dovršetak letnje-jesenje proizvodnje. Početkom novembra zasniva se proizvodnja "hladnoљubivih" kultura (zelena salata i kupusaste kulture). Početkom marta zasniva se, ponovo, proizvodnja "toploljubivih" kultura. Ovakav terminski plan proizvodnje zasnovan je na iskustvu koje je proisteklo iz navika u potrošnji kod domaćeg stanovništva, količini energije koja je potrebna za proizvodnju i intenzitetu zračenja Sunca (zbog potrebne fotosinteze i pigmentacije proizvoda). Ako se poznaje dijagram (sl. 1) tada se može obaviti grafičko integraljenje aproksimujući ga sumom niza:

$$Q_1 = A \cdot k \sum_{\Delta\tau=1}^{5832} \Delta t(\tau) \cdot \Delta\tau \quad (5)$$

Sabirajući niz iz jednačine (5) na bazi dijagrama (sl.1) dobija se:

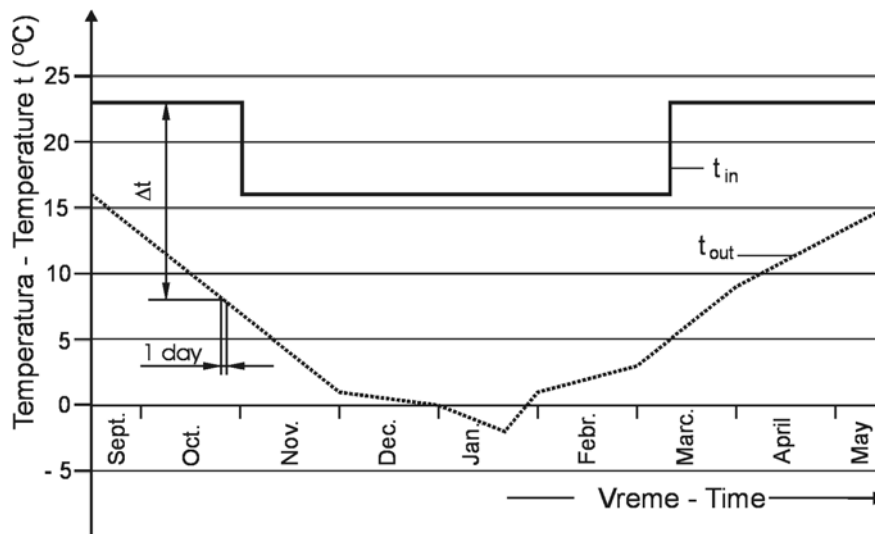
$$Q_1 = 18.500 \text{ GJ/god}$$

Količine toplote Q_2 , Q_3 i Q_4 ispitaće se u eksperimentu, a procenjuje se da one umanjuju potrebnu količinu toplote za grejanje za oko 25 % (Babić, Ljiljana i M. Babić. 1984). Prema tome, godišnje potrebe toplotne energije su:

$$Q = 13.875 \text{ GJ/god}$$

Uzimajući u obzir koeficijent korisnog dejstva termoenergetskog sistema od 65% (Babić, M. i sar. 2001) potrebna količina primarne energije je:

$$Q_{\square} = 23.125 \text{ GJ/year}$$



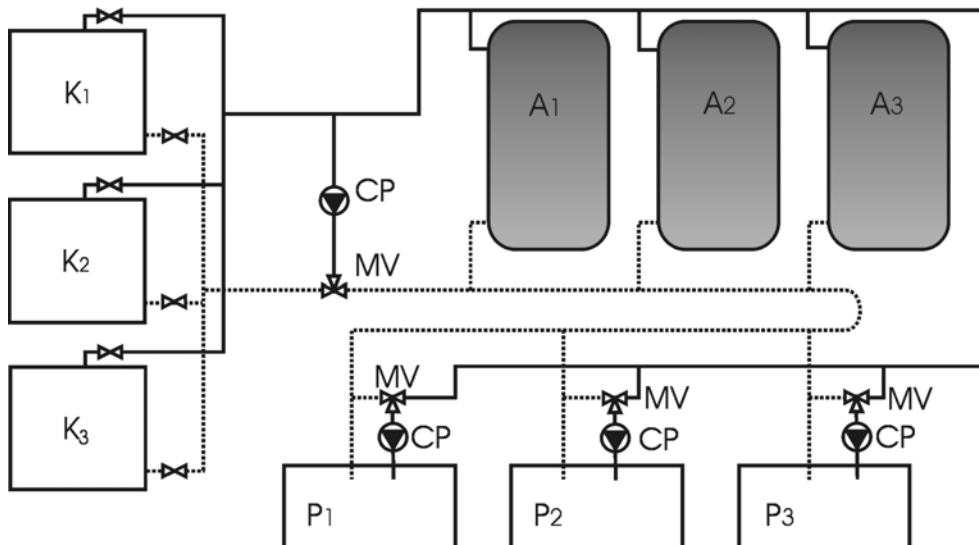
Sl. 1. Dijagram $t - T$ za zaštićeni prostor

Fig. 1 Diagram $t - T$ for greenhouse

Tokom eksperimenta ispitaće se: različiti sistemi postavljanja grejnih cevi, različiti agrotehnički rokovi za pojedine kulture, različiti sistemi uzgajanja (tradicionalni i hidrofonski) i noćno zastiranje spoljnih površina u cilju smanjenja razmene toplote. Kada se sve ovo uzme u obzir može se očekivati i manja količina potrebne toplotne energije za godinu. Ako bi se upotrebila samo sojina slama kao biogorivo tada bi bila dovoljna produkcija sa 700 ha. Dominantno gorivo biće sojina slama mada će se koristiti i pšenična, jer će se voditi računa da transport biogoriva od njive do mesta korišćenja bude što kraći.

Termoenergetski sistem

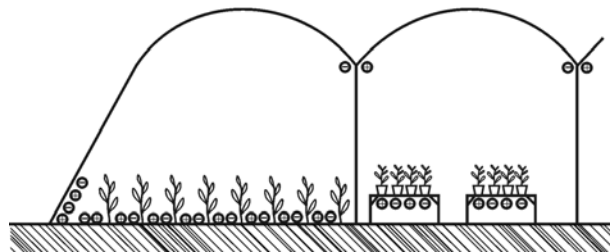
Eksperimentom se proverava efikasnost termoenergetskog modela. Model se sastoji od toplovodnih kotlova, akumulatora toplote i zagrevanja pomoću toplovodnih cevi (sl. 2). U Jugoslaviji postoje veoma dobra iskustva u gradnji manjih kotlova (do 1000 kW) na slamu (Babić, M. i sar. 2001). Zbog ove činjenice, ali i zbog potrebe rada pri različitim toplotnim opterećenjima (fleksibilnost) opredeljenje je termoenergetski sistem koji sadrži tri toplovodna kotla učinka po 520 kW. Kotlovi se paralelno sprežu, a u sistemu su i tri akumulatora toplote sa vodom ($3 \times 20 \text{ m}^3$). Zaštićeni prostor biće podeljen u nekoliko nezavisnih mikroklimastkih celina. Sistemom parcijalne regulacije održavaće se zadati uslovi mikroklimе u posebnim celinama.



Sl. 2. Opšta šema kotlovnice (K - kotao, CP - cirkulaciona pumpa, A - akumulator toplote, MV - mešni ventil, P - platenik)

Fig. 2 General scheme of boiler room (K - boilers, CP - circulation pumps, A - heat energy accumulators, MV - mixed valves, P - parts of greenhouse)

U zaštićenom prostoru biće proverena efikasnost različitih sistema postavljanja toplovodnih cevi za zagrevanje. Očekuje se da sistem prikazan na slici (sl.3) obezbedi najravnomernije temperaturno polje vazduha u unutrašnjosti zaštićenog prostora. Veliki broj američkih kompanija koje se bave inženjeringom u oblasti zaštićenog prostora



Sl. 3. Položaj toplovodnih cevi u zaštićenom protoru
Fig. 3. Position heating tubes into greenhouse

instališu sisteme kao što je to pokazano na slici 4.



Sl. 4. Cevna mreža za zagrevanje u zaštićenom prostoru (SAD)
Fig. 4. Tube net into greenhouse (USA)

Ekonomičnost

Procena efekata ekonomičnosti sledi iz upoređenja troškova energije zagrevanja na bazi sojine slame, drveta i ekstra lakog ulja za loženje (tab. 2). Iz tabele se zaključuje da postrojenje kotlovnice već posle jedne sezone postaje najekonomičnije.

Tabela 2: Upoređenje troškova grejanja
Table 2: Comparison costs of heating

Gorivo Fuel	Donja toplotna moć Energy value (under)	Potrošnja goriva - godišnje Spending of fuel per years	Specifična cena Specific price of fuel	Troškovi grejanja - godišnje Heating costs per year(€)	Procena visine investicije za kotlovnicu Evaluation of investment costs for boiler room (€)
Sojina slama Soyabean straw	15.000 (kJ/kg)	1.542 (t) ($\eta=65\%$)	20 (€/t)	30.840	75.000
Drvo Wood	15.000 (kJ/kg)	1.542 (t) ($\eta=65\%$)	41,7 (€/t)	64.301	65.000
Prirodni gas Natural gas	32.000 kJ/nm ³	722.656 nm ³	0,183 (€/nm ³)	132.487	50.000
EL ulje za loženje EL light oil	42.000 (kJ/kg)	481 (t) ($\eta=80\%$)	500 (€/t)	240.500	50.000

ZAKLJUČAK

- Na osnovu interdisciplinarnе analize proizvodnje u zaštićenom prostoru, koja je u glavnim crtama izložena u ovom radu zaključuje se da je predviđeni model proizvodnje u zaštićenom prostoru održiv.
- Razvoj ovakvih sistema korišćenja biomase kao izvora energije doprinosi povećanju udela obnovljivih izvora energije i smanjenju efekta staklene bašte.
- Ispitivanja koja će se obaviti u narednom periodu doprineće decidnom određivanju relevantnih parametara proizvodnje.
- Očekuje se da će rezultati ispitivanja i sam proizvodni model podstaći proizvodnju u zaštićenom prostoru u severnim delovima Srbije, posebno u Vojvodini.

***Napomena:** Ovaj rad je deo istraživanja na projektu "Revitalizacija proizvodnje u zaštićenom prostoru korišćenjem alternativnih izvora energije" (projekt broj BTR.5.03.0413.B), koje finansira Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije.*

LITERATURA

- /1/ Babić, Ljiljana. and M. Babić. 1984. Objedinjavanje relevantnih faktora na energetske bilans zaštićenog prostora zagrevanog niskopotencijalnim radnim fluidom. 5. Jugoslovensko savetovanje Pla - Sta 84, proseedings, 140-147.
- /2/ Babić, M. and Ljiljana Babic. 1984. Energetske pretpostavke povećanja proizvodnje u zaštićenom prostoru individualnog sektora. 5. Jugoslovensko savetovanje Pla - Sta 84, proseedings, 148-155.
- /3/ Babić, M. et al. 1994. Stanje i mogućnosti korišćenja biomase kao goriva u poljoprivredi. Savremena poljoprivredna tehnika, XX-4, 171-178.
- /4/ Babić, M, et al. 1996. Pravci razvoja procesne tehnike i energetike Jugoslavije, TOSS 06 Jugoslovensko društvo za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Novi Sad, 15 .
- /5/ Babić, M. et al. 2001. Program korišćenja biomase kao goriva u Vojvodini. PTEP- Journal on processing and energy in agriculture, Novi Sad. V-3, 57-61.
- /6/ Babić, M, Babić, Ljiljana: energetske bilans zaštićenog prostora na bazi zagrevanja biomasom
- /7/ Fowler, P. A. et al. 1997: Comparison of energy needed to heat and insulated frame buildings used in agriculture. University of Florida, Cooperative Extension service, CIR 1198, 4.
- /8/ Latimer, J. G. 2001. Dealing with the High Cost of energy for greenhouse operations, Virginia cooperative extension, publication 430-101, 8.
- /9/ Nenić, N. et al. 1994. Energetski potencijal biljnih ostataka u Srbiji. Jugoslovensko društvo termičara, Beograd, 55.
- /10/ ...British BioGen, 2001: Changing Priorities in Energy Markets. British BioGen - Trade Association to the UK Bioenergy Industry, www.britishbiogen.co.uk

Primljeno: 23.01.2003

Prihvaćeno: 4.02.2003.