

HRVATSKA AKADEMIJA ZNANOSTI I UMJETNOSTI
Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo
CROATIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS
The Scientific Council for Agriculture and Forestry

ZBORNIK
radova znanstvenog skupa
**POLJOPRIVREDA I ŠUMARSTVO KAO PROIZVOĐAČI
OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE**

PROCEEDINGS
of the scientific symposium
**AGRICULTURE AND FORESTRY AS THE PRODUCERS
OF THE RENEWABLE ENERGY SOURCES**



Zagreb, 2007.

**POLJOPRIVREDA I ŠUMARSTVO KAO PROIZVOĐAČI
OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE**

**AGRICULTURE AND FORESTRY AS THE PRODUCERS
OF THE RENEWABLE ENERGY SOURCES**

Urednik/Editor
Akademik Slavko Matić

HRVATSKA AKADEMIJA ZNANOSTI I UMJETNOSTI
Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo
CROATIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS
The Scientific Council for Agriculture and Forestry

ZBORNIK
radova znanstvenog skupa
**POLJOPRIVREDA I ŠUMARSTVO KAO
PROIZVOĐAČI
OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE**

PROCEEDINGS
of the scientific symposium
**AGRICULTURE AND FORESTRY AS THE
PRODUCERS
OF THE RENEWABLE ENERGY SOURCES**



Zagreb, 2007.

Organizator

Organised by

HRVATSKA AKADEMIJA ZNANOSTI I UMJETNOSTI

Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo

CROATIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

The Scientific Council for Agriculture and Forestry

Predsjednik Organizacijskog i uređivačkog odbora

President of the Organising and Editorial Board

Akademik Slavko Matić

Članovi

Members

Akademik Milan Maceljski, prof. dr. sc. Tajana Krička, prof. dr. sc. Franjo Tomić,
mr. sc. Josip Dundović, doc. dr. sc. Igor Anić

Recenzenti

Reviewers

Doc. dr. sc. Igor Anić, izv. prof. dr. sc. Juro Čavlović, prof. dr. sc. Tomislav Ćosić,
prof. dr. sc. Duška Ćurić, doc. dr. sc. Željko Jukić, prof. dr. sc. Tomislav Jurić,
doc. dr. sc. Darko Kiš, prof. dr. sc. Davor Kralik, prof. dr. sc. Tajana Krička, prof.
dr. sc. Sonja Marić, akademik Slavko Matić, doc. dr. sc. Milan Oršanić, dr. sc.
Sanja Perić, doc. dr. sc. Tomislav Poršinsky, prof. dr. sc. Zvonko Seletković, doc.
dr. sc. Zdravko Schauperl, doc. dr. sc. Stjepan Sito, doc. dr. sc. Zlatko Svečnjak,
doc. dr. sc. Marijan Šušnjar, prof. dr. sc. Franjo Tomić, prof. dr. sc. Boris Varga,
dr. sc. Neven Voća

Tajnica znanstvenog skupa

Secretary

Nena Bogdanić

PROSLOV FOREWORD

Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti održalo je 15. studenoga 2006. godine u Zagrebu znanstveni skup *Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije*. Razlog održavanja skupa jest činjenica da se danas nafta u svijetu koristi za dobivanje preko 80% energije, a pored toga što su zalihe toga energenta sve manje cijena mu u zadnje vrijeme progresivno raste. Taj porast cijene nije kratkoročan marketinški pomak već trend koji će se dugoročno nastaviti daljnjim poskupljenjem sirove nafte. Isto tako korištenjem fosilnih goriva (nafte, ugljena i prirodnog plina) dolazi do emisije štetnih plinova (prvenstveno CO₂, SO₂, NO_x) koji ugrožavaju ljudsko zdravlje i okoliš. Rezultat ove opravdane zabrinutosti je i donijeta odluka u Kyotu (1997. godine) prema kojoj emisiju štetnih plinova treba smanjiti.

Za ublažavanje posljedica sve veće nestašice i poskupljenja fosilnih goriva te istodobne emisije štetnih plinova Europska unija je 2006. godine izradila *Strategiju proizvodnje i korištenja biogoriva do 2030. godine*. Strategija predstavlja plan postupnog dugoročnog prelaska s fosilnih goriva na novu vrstu izvora energije, za sada skupog goriva – vodika, prije svega korištenjem jeftinijih i dostupnijih goriva dobivenih iz obnovljivih izvora energije.

Poljoprivreda i šumarstvo u Europskoj uniji glavni su opskrbljivači sirovine za proizvodnju biogoriva, posebice biomase, biodizela, bioetanola i bioplina. Skoro sve zemlje Europske unije opredijelile su se za dobivanje energije iz biogoriva, a neke od njih kao Finska, Danska, Austrija, Slovačka, Švedska i dr. postigle su vrlo zapažene rezultate. One su se pravovremeno uklopile u program Europske unije, prema kojemu će proizvodnja biomase rasti od 69 milijuna tona, koliko je proizvedeno u 2003. godini, na 310 milijuna tona koliko će se proizvesti u 2030. godini.

Republika Hrvatska do danas nije mnogo napravila na planu proizvodnje i uporabe biogoriva, i pored toga što raspolaže s kvalitetnim i produktivnim prirodnim šumama te dobrim stanišnim uvjetima za poljoprivrednu proizvodnju. Zbog toga se ukazala potreba za organiziranjem skupa u svrhu utvrđivanja stvarnog stanja i mogućnosti proizvodnje biomase kao biogoriva te poticanja njegovog korištenja u nas.

U ovom je Zborniku ukupno predstavljeno 19 radova iz Republike Hrvatske. Svim znanstvenicima i stručnjacima zahvaljujemo na iskazanom trudu.

Urednik
Editor

FOREWORD

On 15th November 2006, the Scientific Council for Agriculture and Forestry of the Croatian Academy of Sciences and Arts held a scientific symposium in Zagreb, entitled *Agriculture and Forestry as the Producers of the Renewable Energy Sources*. The reason for organising this symposium was the known fact that today, oil is worldwide used for gaining over 80% of energy; its price is growing constantly, while its supplies are getting more and more reduced. This price increase is no short-term marketing move, but rather a long-term trend, to be continued in proportion with further increase in the price of raw oil. Furthermore, by using fossil fuels (oil, coal and natural gas), noxious gases are emitted (primarily CO₂, SO₂, NO_x); these gases harm the human health as well as the environment. As a result of this justified concern, in 1997 in Kyoto, the decision to reduce the emission of noxious gases was brought.

In order to mitigate the effects of, on the one hand, increasingly inadequate supplies and growing prices of fossil fuels, and, on the other, the emission of noxious fuels, in 2006, the European Union composed the *Strategy for the Production and Utilization of Fossil Fuels until 2030*. This strategy illustrates the plan for a gradual long-term change from fossil fuels to a new energy source, at the moment still too expensive one – the hydrogen; this plan is to be realised through the utilization of less expensive and more available fuels gained from the renewable energy sources.

In the European Union, agriculture and forestry are the major suppliers of the raw materials used for producing biofuels, mostly biomasses, biodiesel, bioethanol and biogas. Almost all the EU Member States have chosen to exhaust energy from biofuels; several among them (Finland, Denmark, Austria, Slovakia, Sweden, *et al.*) have achieved astonishing results. They have timely joined the EU programme, according to which the biomass production will raise from 69 million tons (produced in 2003) to 310 million tons (planned for 2030).

So far, the Republic of Croatia has not achieved a great deal in the context of the production and utilization of biofuels, though its natural riches include high-quality and productive natural forests, and it moreover disposes of good habitat conditions for agricultural production. Hence the need for organising a symposium with the aim of defining the actual status as well as the possibilities for the production of biomass as biofuel and the promotion of its utilization in Croatia.

In these Proceedings, nineteen scientific articles and papers from Croatian scientists are presented. We wish to thank all the scientists and experts for their great effort.

Editor

PROIZVODNJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U EU

THE PRODUCTION OF THE RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE EU

Tajana Krička, Franjo Tomić, Neven Voća, Željko Jukić, Vanja Janušić, Ana Matin

Sažetak

Biogoriva danas predstavljaju jedan od najvrednijih oblika obnovljivih izvora energije zbog brojnih mogućnosti korištenja. Europska unija u proizvodnji bioenergije u 2006. godini prelazi u drugu fazu korištenja obnovljivih izvora energije. To znači da je proces proizvodnje biogoriva, a na temeljima Zelene i Bi-jele knjige, u potpunosti definiran. Dakle, utvrđen je udio biogoriva u potrošnji, način njihove proizvodnje kao i kakvoća te je zakonski i legislativno utvrđen sustav provedbe istih i mogućnosti kontrole provedbe svake pojedine članice Europske unije.

Kako je biomasa jedini obnovljivi izvor energije iz kojeg je moguće proizvesti visokovrijedna tekuća i plinovita goriva, Europski parlament i Vijeće Europe izdali su Direktivu EC 2003/30, koju zemlje članice moraju postaviti kao nacionalni cilj te do 1. srpnja 2006. godine dati izvješće komisiji Europske unije o dosad učinjenom, kao i o mogućim potezima u sljedećih godinu dana. Druga faza korištenja obnovljivih izvora energije radi projekciju za 2020. godinu, gdje za Republiku Hrvatsku vrijedi da u području transporta mora potrošiti minimalno 260.000 t biogoriva. Važno je naglasiti da ovakva proizvodnja, osim pozitivnih energetske učinaka, pozitivno utječe i na poljoprivredu, razvitak sela, otvaranje novih radnih mjesta i zaštitu okoliša.

Ključne riječi: *biogoriva, direktive, prilagodba*

Keywords: *biofuels, directives, adjustment*

Uvod

Osamdesetih godina prošloga stoljeća u poljoprivrednoj proizvodnji Europe pojavljuje se višak žitarica, a poglavito pšenice. Naime, zbog većih prihoda do-

bivenih od pšenice i kukuruza, ove kulture "izgurale" su uljarice te se smatralo da je rješenje ovih viškova u izvozu. Međutim, sve zemlje koje su proizvodile žitarice imale su sličan razvoj, a uz to svjetska tržišna cijena nije više bila poljoprivredno orijentirana, nego je bila rezultat političkog djelovanja. U međuvremenu dolazi do još jednog poražavajućeg rezultata. Nakon opsežnih energetske istraživanja utvrdilo se da će svjetske zalihe nafte (u ovisnosti o lokaciji), ako se nastavi trošiti ovakvim intenzitetom, biti dostatne za 50 do 100 godina. Istovremeno svjetska potrošnja energije nezaustavljivo raste, a s njom i njezina cijena. Trenutni porast cijene fosilne nafte nije kratkoročan marketinški pomak, već trend koji će se i dugoročno nastaviti. Iz tog razloga, Europska unija temeljem različitih uredbi, a kasnije i direktiva, ulazi u prvu fazu proizvodnje biogoriva. Od 1998. godine cijena nafte se s 10 USD popela na današnjih 65 USD po barelu. Danas analitičari predviđaju cijenu od preko 100 USD po barelu sirove nafte. Isto tako, promjene u poljoprivredi i energetici koje se događaju s klimom, kao i s okolišem, rezultirali su povećanim udjelom emisije CO₂. Sve to potaklo je pojačani razvoj i uporabu alternativnih goriva. Tako, samo u Republici Njemačkoj na istraživačkom i razvojnom programu radi 85.000 suradnika (Vorlop, 2005.).

Na temeljima Direktive 30/2003 i udjela biogoriva u 2010. godini od minimalno 5,75% u transportu te poreznim olakšicama, smjernice proizvodnje okrenute su u pravom smjeru. Tako je danas Europska unija u Strategiji o biogorivima (2006.) biogoriva podijelila na biogoriva prve generacije i biogoriva druge generacije. U tablici 1. prikazana su biogoriva prve generacije, a u tablici 2. druge generacije.

Vrsta biogoriva	Specifično ime	Sirovina	Proces proizvodnje
BIOETANOL	Konvencionalni bioetanol	šećerna repa i zrno žitarice	hidroliza i fermentacija
BILJNO ULJE	Čisto biljno sirovo ulje	uljarice	hladno prešanje / Ekstrakcija
BIODIZELSKO GORIVO	RME – metilni ester repičinog ulja FAME/FAEE – metilni/etilni ester masnih kiselina	uljarice	hladno prešanje / ekstrakcija + transesterifikacija
BIODIZELSKO GORIVO	Biodizel iz otpadnog jestivog ulja (FAME/FAEE)	otpadno ulje iz friteza	transesterifikacija
BIOPLIN	Pročišćeni bioplin	biomasa i stajski gnoj	fermentacija
Bio-ETBE	Etil-tert-butil-eter	bioetanol	kemijska sinteza

Tablica 1. Biogoriva prve generacije

Table 1. First generation biofuels

Vrsta biogoriva	Specifično ime	Sirovina	Proces proizvodnje
BIOETANOL	Celulozni bioetanol	lignocelulozni materijal	hidroliza i fermentacija
SINTETSKA BIOGORIVA	BTL – biomasa u gorivo FT – Fischer-Tropsch biodizelsko gorivo Sintetski biodizel Biometanol Bio-DME – biodimetil eter	lignocelulozni materijal	uplinjavanje i sinteza
BIODIZEL (HIBRID IZMEĐU I. I II. GENERACIJE)	NExBTL	biljna ulja i životinjske masti	hidrogenacija
BIOPLIN	SNG (sintetski prirodni plin)	lignocelulozni materijali	uplinjavanje i sinteza
BIOVODIK	-	lignocelulozni materijali	uplinjavanje i sinteza

Tablica 2. *Biogoriva druge generacije*

Table 2. *Second generation biofuels*

VAŽNIJA BIOGORIVA PRVE I DRUGE GENERACIJE

Važnija biogoriva prve generacije

Bioetanol prve generacije je alkohol proizveden iz biomase i/ili biorazgradive frakcije otpada, a koristi se kao biogorivo. Najvažnije sirovine za proizvodnju bioetanola su: šećerna trska, šećerna repa, kukuruz, pšenica, sirak i krumpir. Bioetanol kao zamjena benzina je obnovljivo gorivo s trenutno najvećim svjetskim količinskim potencijalom. On se dobiva fermentacijom sirovina bogatih šećerom ili škrobom. Najveći proizvođači i korisnici bioetanola su Brazil (oko 9,5 milijuna tona godišnje), i SAD (oko 4,8 milijuna tona). U Europskoj uniji, bioetanol kao gorivo koristi se u Španjolskoj, Poljskoj, Francuskoj i Švedskoj. Trenutno su u Njemačkoj u izgradnji postrojenja za proizvodnju bioetanola iz žitarica kapaciteta 650.000 tona, što odgovara otprilike 1% potrošnje goriva u Njemačkoj (Vorlop, 2005.).

Najnovije studije označavaju i bioetanol kao veliki potencijal u smanjenju emisije CO₂, čime i sa stajališta zaštite okoliša mnogo toga govori u prilog uvođenja bioetanola. U prvom koraku može se benzinu, bez ikakvih promjena na motoru, dodati do 5% etanola. Sljedeći korak primjene etanola je povećanje njegovog udjela do 10%. Kod još većih udjela etanola, dolazi se do granice gdje takozvana bivalentna vozila dolaze u upotrebu. Tada će biti potrebna vlastita infrastruktura benzinskih postaja, kakve se danas grade u Švedskoj. U Europi se dotad bioetanol može općenito koristiti u vozilima u promijenjenom obliku

(ETBE) koji se bez problema može miješati do 15% u mineralno gorivo (Krička i sur., 2003.).

Biodizelsko gorivo je po strukturi metilni ester proizveden iz ulja uljarica ili masti životinjskog podrijetla, kakvoće je mineralnog dizelskoga goriva, a koristi se kao biogorivo i može se bez problema dodavati uobičajenom dizelskom gorivu u visini do 5%. Najvažnije sirovine za proizvodnju biodizelskoga goriva su uljana repica, suncokret, soja, palma, otpadno jestivo ulje i goveđi loj (Turk, 1997.).

Njemačka je s proizvodnim kapacitetom od 2 milijuna tona godišnje (2005.) najveći svjetski proizvođač biodizelskoga goriva. Proizvodni kapaciteti su se u zadnjih deset godina udeseterostručili (Lamp, 2005.). Stoga ne čudi da je u Njemačkoj, kao najvećem proizvođaču biodizelskoga goriva, u 2003. udio istog u alternativnim gorivima bio čak 80%.

Biodizelsko gorivo je jedino gorivo iz obnovljivih izvora energije koje se u značajnim količinama danas miješa s mineralnim dizelskim gorivom. Pritom, biodizelsko gorivo igra ključnu ulogu u ispunjenju cilja Europske komisije da se do 2010. godine udio biogoriva u transportu poveća na najmanje 5,75% (Mittelbach i Remschmidt, 2004.).

Biodizelsko gorivo je zaista pravo gorivo dobiveno iz obnovljivih izvora energije. Potencijal smanjenja emisije ugljik (IV) oksida u odnosu na uobičajeno dizelsko gorivo nije velik, jer se pri iskorištavanju uljane repice može iskoristiti samo sjemenka. Velika potražnja za površinama i intenzivna poljoprivreda, koja je neophodna za stvaranje biodizelskoga goriva, negativni su čimbenici u bilanci okoliša. Naprotiv, biodizelsko gorivo se pokazalo učinkovitim kod smanjenja emisija čađi, ugljik (II) oksida i ugljikovodika. Međutim, kod izgaranja biodizelskoga goriva, emisije NO_x nešto su povećane.

Cijena biodizelskoga goriva na benzinskim postajama je oko 90% cijene konvencionalnih goriva. Treba računati s time, da će se biodizelsko gorivo kod nas, prije svega naći kao mješavina s mineralnim dizelskim gorivom. Budući udio biodizelskoga goriva na tržištu može se stoga predvidjeti do 5%.

Bioplin je plinovito gorivo koje se proizvodi iz biomase i/ili iz biorazgradivog dijela organskog otpada, može se pročistiti do kvalitete prirodnoga plina kako bi se koristilo kao biogorivo ili generatorski plin. Najvažnije sirovine za proizvodnju bioplina su: stajski gnoj, pljeva i prašina žitarica, ostaci kruha i tijesta, kvasac ili ostaci slični kvascu, talozi iz proizvodnje jestivih ulja ili masti, škrobni talog, otpaci želatine, otpaci iz kuhinja i kantina, itd.

U većini zemalja EU, bioplin se danas pretežno koristi za proizvodnju struje i topline u toplanama. Bioplin, pročišćen u biometan i skladišten u plinskoj mreži, može se primijeniti kao idealno biogorivo za vozila na plin. S količinom bioplina

od jednog hektara obnovljivih sirovina jedan auto može voziti 70.000 km. Kada bi se ukupni iskoristivi potencijal bioplina Njemačke koristio kao gorivo, mogao bi pokriti jednu trećinu njemačkih prometnih troškova: 241 milijardu kilometara. U Švedskoj i Švicarskoj, bioplin se već dugo koristi kao gorivo za autobuse, teretna vozila i od nedavno u željezničkom prometu (Schulte-Schulze, 2005.).

Važnija biogoriva druge generacije

Zbog ograničavajuće količine šećernih i škrobnih sirovina, daljnja proizvodnja bioetanola bit će iz lignoceluloznih sirovina, odnosno biomase koja uključuje poljoprivredne i šumarske ostatke, kruti komunalni otpad i određene namjenski uzgojene kulture. Za razliku od zrna žitarica, gdje je osnovna ugljikohidratna komponenta škrob, sirovina za proizvodnju bioetanola druge generacije sastoji se od celuloze, hemiceluloze i lignina (Gray i sur., 2006.).

Danas je veoma mala komercijalna proizvodnja bioetanola iz lignocelulozne biomase, međutim u Kanadi, SAD i Europi se provode mnoga istraživanja po pitanju ove problematike. Potreban je daljnji napredak kako bi se tehnologija proizvodnje takvog goriva nametnula tržištu. To uključuje učinkovitije sustave tehnologije proizvodnje kao i iskorištenje dobivenih nusproizvoda s optimalnom integracijom energije. Nadalje, treba osigurati fleksibilnost postrojenja za proizvodnju ovog goriva kako bi se omogućila proizvodnja bioetanola iz različitih lignoceluloznih sirovina.

Pojam BTL (Biomass-to-liquid) opisuje postupak dobivanja ovog goriva. Čvrsta biomasa se u rasplinjaču pod visokim tlakom i visokom temperaturom, dakle termokemijskim postupkom, prevodi u sintetski plin. Ovaj plin se potom može dalje prerađivati u takozvano sintetsko tekuće biogorivo.

Prema sadašnjim saznanjima o biogorivima, BTL nudi potencijal za velike količine, jer je paleta mogućih sirovina jako velika i mogu se upotrijebiti svi dijelovi biljke. Sirovina seže od drveta, npr. od brzorastućih vrsti drveća poput topola ili vrba, preko slame do cijelih biljaka žitarica ili trava. Tako se, primjerice, iz jedne tone drveta može dobiti do 300 L BTL-a.

Odlučujuća prednost ovog goriva je mogućnost da se njegova svojstva izgaranja prilagode zahtjevima motora. Time bi se mogle realizirati povoljne vrijednosti emisija, koje druga biogoriva jedva postižu. S BTL gorivom bi bez preinaka na motorima bilo dostižno smanjenje štetnih tvari za više od 20%. BTL se kod današnjih motora može bez problema koristiti kao mješavina ili u čistom obliku (Rudloff, 2006.).

Proizvodni proces BTL goriva treba intenzivno istražiti. Trenutno postoje demonstrativna postrojenja za proizvodnju takvog goriva s ciljem industrijske

proizvodnje po konkurentnim cijenama. Iz tog razloga, BTL danas još ne predstavlja nikakvu odlučujuću ulogu na tržištu pogonskim gorivima. Međutim, za 2020. godinu predviđen je njegov tržišni udio od 4%, koji bi u narednim godinama trebao rasti, što čini BTL nadolazećim biogorivom s velikim potencijalom.

GTL (Gas-to-liquid) i CTL (Coal-to-liquid) su alternativna goriva na mineralnoj osnovi. Dobivaju se iz zemnog plina ili ugljena od kojih se stvara sintetski plin, koji se nadalje preko Fischer-Tropsch sinteze pretvara u tekuće gorivo. Ovo pogonsko gorivo posjeduje, zbog svoje sintetske proizvodnje, jako dobra goriva svojstva i emisiju štetnih plinova.

CTL gorivo je zanimljivo za tržišta koja raspolažu velikim količinama ugljena u kojima prednjače Južna Afrika i Kina. GTL gorivo posjeduje potencijal za smanjenje CO₂, budući da u ukupnom arapskom naftnom prostoru još ima neiskorištenog zemnog plina za njegovu proizvodnju.

BIOGORIVA – NOVI OSOLONAC ZA POLJOPRIVREDU

Za proizvodnju biogoriva potrebno je definirati biljne vrste iz kojih se moguća kvalitetna i ekonomski isplativa proizvodnja (Lang i sur., 2001.). Danas u svijetu koriste se različite kulture kao nosioci proizvodnje energije. U tablici 3. prikazane su najvažnije kulture te ostali potrebni energetske parametri.

Biogorivo	Sirovina	Iskoristivost (god.)		Output/Input
		L / ha	GJ / ha	
Bioetanol	Šećerna trska	6.000	130	cca. 4:1
	Proso	4.400	94	< 2,5:1
	Šećerna repa	6.000	130	< 2:1
	Kukuruz	3.300	70	< 2:1
	Žitarice	2.800	60	< 2:1
Biodizel	Sirovo palmino ulje	3.200	170	-
	Uljana repica	1.400	54	< 3:1
Bioplin	Kukuruzna silaža	2.750	180	< 5:1

Tablica 3. Važnije sirovine biološkog podrijetla za proizvodnju goriva

Table 3. Main biological raw material utilized in fuel production

U proteklom godinama u Europskoj uniji sjetva kultura za proizvodnju biogoriva, poput uljane repice bio je složen zadatak. Međutim, danas je opseg sjetve uljane repice, u svrhu proizvodnje biodizelskoga goriva dostigao svoj vrhunac, tako da je uljana repica u mnogim državama Europske unije postala jedna od

prioritetnih ratarskih kultura. Kako je ostvaren porast prinosa sjemenki uljane repice po hektaru, odabirom novih sorata i hibrida ostvario se i veći udio ulja u sjemenci, a samim time i povećanje prinosa ulja po hektaru.

Najveći napredak u uzgoju sirovina za proizvodnju bioetanola u Europskoj uniji postignut je na žitaricama i to na pšenici, kukuruzu, raži i triticale. Kako bi se unaprijedila proizvodnja etanola potrebno je utvrditi iskoristivosti etanola po toni sirovine. Sadržaj škroba je pri tome odlučujući čimbenik. Nažalost, udio škroba i sirovog proteina su u negativnoj korelaciji. Veći sadržaj škroba rezultira smanjenim sadržajem sirovog proteina, što negativno utječe na iskoristivost nus-proizvoda kao hrane za životinje.

Proizvodnja BTL goriva nalazi se još u razvoju, stoga su potrebe za sirovinom samo približno definirani. Općenito vrijedi da su za proizvodnju BTL goriva povoljne lignocelulozne sirovine dobrih skladišnih i transportnih svojstava.

Zaključak

Današnja ovisnost o zemljama OPEC-a navela je Europsku uniju pa i svijet, na razvitak alternativnih goriva, naročito goriva dobivenih iz biomase. To je rezultiralo nizom uredbi i direktiva o razvitku takvih goriva, kao i njihovoj obveznoj potrošnji u prometu. Danas, nakon što je prošla prva faza korištenja alternativnih goriva, Europska unija kreće u 2006. godini s drugom fazom još većeg razvitka vrsta goriva kao i povećanja proizvedenih količina s posebnim naglaskom na tekuća goriva iz poljoprivredne biomase. Iz tog razloga, u drugoj fazi Europska unija postavila je za zadatak pravilno koncipiranu politiku o usklađenoj ratarskoj i stočarskoj proizvodnji na području cijele Europe i mogućnošću individualnog razvitka svake pojedine zemlje članice. Kako će na taj izazov odgovoriti Republika Hrvatska, ovisi prije svega o programu koji će razviti te političkim i zakonskim okvirima koje će država postaviti.

Literatura

1. Gray, K.A.; Zhao, L.; Emptage, M. (2006): Bioethanol. *Curr. Opin. Chem. Biol.* 10: 141-146.
2. Krička, T.; Tomić, F.; Voća, N.; Jukić, Ž. (2003): Liquid biofuels in a system of sustainable agriculture. 1st International Ukrainian Conference on Biomass for Energy, Proceedings, Kiev, Ukrajina. 25(4): 87-89.
3. Lamp, H. (2005): Politische Strategien zum Ausbau des Biokraftstoffmarktes. Kraftstoffe der Zukunft Block I, Conference Proceedings, Berlin, Njemačka, str. 1-3.
4. Lang X.; Dalai, A.K.; Bakhshi, N.N.; Reaney, M.J.; Hertz, P.B. (2001): Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils. *Bioresour. Technol.* 8:53-62.

5. Mittelbach, M.; Remschmidt, C. (2004): Biodiesel – the comprehensive handbook, Knjiga, Graz, Austrija.
6. Rudloff, M. (2006): Standortbedingungen für BTL – Anlagen. Kraftstoffe der Zukunft Block VII, Conference Proceedings, Berlin, Njemačka, str. 4-7.
7. Schulte-Schulze A.B. (2005): Stand der Technik zur Nutzung von aufbereitetem Bio- und Klargas in Europa – Anwendungsbeispiele aus Schweden und der Schweiz, Kraftstoffe der Zukunft Block III 1-9, Conference Proceedings, Berlin, Njemačka.
8. Turk, R. (1997): Dezentrale Biodieselanlagen. Energie Pflanzen. 2:23-31.
9. Vorlop, K.D. (2005): Nachwachsende Rohstoffe – Potenziale und Konversionswege zu Biokraftstoffen. Kraftstoffe der Zukunft, Block II 1-14, Conference Proceedings, Berlin, Njemačka.
10. ...(2003): Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport, Official Journal of the EU, Bruxelles, Belgija.
11. ...(2006): Biofuels in the European Union: A vision for 2030 and beyond. Final draft report. Biofuels Research Advisory Council.
12. ...(2006): An EU Strategy for Biofuels - Communication from the Commission. Commission of the European Communities.

Summary

Nowdays, biofuels represent one of the most valuable forms of the renewable energy sources, because of the numerous utilization opportunities. In 2006, the EU is entering the second phase of the utilization of renewable energy sources. The biofuel production is entirely defined due to the EU Green and White paper. Hence, the share of the consumption of biofuels their production and quality as well as the system of application and monitoring by a single member state is determined.

Since biomass is the only renewable energy source from which it is possible to produce valuable liquid and gaseous fuels, the EU Parliament and the EU Commission have issued the Directive EC 2003/30 that needs to be set as a national goal by its member states. Furthermore, the latter need to submit their reports on the previous activities regarding this subject together with the future ones. As concerns the Republic of Croatia, the second phase projection for the year 2020 shows that in the transportation are, a minimum of 260,000 t of biofuels should be spent. It has to be emphasized that this kind of production, besides the positive energetic impacts, positively influences the agriculture, rural development, new workplaces and the environmental protection.

Tajana Krička, Franjo Tomić, Neven Voća, Željko Jukić, Vanja Janušić, Ana Matin

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb

ZAHVATI NJEGE I OBNOVE KAO NAČINI PRIDOBIVANJA DRVA ZA ENERGIJU I POVEĆANJA KVALITETE ŠUMA U HRVATSKOJ

TENDING AND REGENERATION TREATMENTS AS THE METHODS OF OBTAINING ENERGY WOOD AND INCREASING THE QUALITY OF FORESTS IN CROATIA

Slavko Matić

Sažetak

Republika Hrvatska raspolaže s 2 688 687 ha šuma i šumskog zemljišta u kojima se nalazi 397 963 000 m³ drvene zalihe koja se svake godine poveća za 10 526 238 m³, koliko iznosi godišnji tečajni prirast navedene zalihe. Njegujući i pomlađujući šume, po principima održivog razvoja ili potrajnosti, hrvatska šumarska struka zahvatima njege i obnove šuma, u normalnim uvjetima, može godišnje dobiti 6 560 000 m³ različitih drvnih proizvoda za preradu. Od te količine oko 40% odnosi se na prostorno drvo dimenzija od 7 cm na više a koje je pogodno za proizvodnju energije. Od navedene količine jedan značajan postotak, drva tanjih dimenzija, ostaje u šumi zbog do sada ne odgovarajućih cijena, tehnologije prerade i ne prepoznate tržišne vrijednosti. U referatu će se iznijeti rezultati istraživanja o intenzitetima i načinima njege šuma s posebnim naglaskom na njegov negativnim (čišćenje) i pozitivnim odabiranjem (prorede) u regularnim (jednodobnim) šumama.

Isto tako prikazat će se rezultati istraživanja o načinim prirodnog pomlađivanja u istim sastojinama. U prebornim šumama jele i bukve iznjet će se rezultati istraživanja o prebornim zahvatima njege i obnove. Navedeni rezultati istraživanja su važni za pridobivanje drva za primarnu i sekundarnu energiju. Svi ti nužni i do sada obavljani neophodni uzgojni zahvati uz primjenu odgovarajućih i znanstveno potvrđenih intenziteta i načina zahvata, povećavaju kvalitetu i prirodnost šuma te istovremeno daju značajnu količinu drvene mase posebno one koja je namijenjena proizvodnji energije. Iz sastavljenih scenarija o mogućnostima koje nam pružaju šume u Hrvatskoj vidljivo je da nam svake godine na raspolu-

ganju stoji drvo za proizvodnju primarne i sekundarne energije u količinama od 1 312 800 m³ minimalno do 4 173 507 m³ maksimalno.

Ključne riječi: *biomasa, bioenergija, njega, pomlađivanje, intenziteti i načini proreda, preborni zahvati*

Keywords: *biomass, bioenergy, tending, regeneration, thinning intensities and methods, selection treatments*

Uvod

Hrvatsko šumarstvo gospodari s 2 688 687 ha šuma i šumskog zemljišta po principima gospodarenja koji su određeni za prirodne šumske ekosustave a temelje se na dostignućima šumarske znanosti. Sve šume Hrvatske (97%) su prirodne, jer su nastale prirodnim pomlađivanjem na staništu koje je sačuvalo svoje prirodne osobine, a od sjemena matične autohtone sastojine koja se vjekovima razvijala na tom prostoru (Matić 1999., Matić i dr. 1999.). Po prirodnosti i očuvanosti svojih šuma Hrvatska zauzima visoko i značajno mjesto u Europi. Biološka raznolikost, prirodna struktura i stabilnost šuma uz kvalitetne gospodarske zahvate njege i obnove, trajno osiguravaju kvalitetnu proizvodnju kako gospodarskih tako i općekorisnih (ekoloških, socijalnih i socijalno – ekofizioloških) dobara (Prpić i dr. 2005.).

Prirodno gospodarenje održava šumu u stanju prirodnog ekosustava, u kojemu se zahvatima njege i obnove utječe na stanište (tlo, klima) i biocenozu (fitocenoza, zoocenoza, mikrobiocenoza), na način da se podržavaju i unapređuju procesi koji vladaju u prirodnoj šumi. Takvi zahvati, koji osiguravaju i prirodno potpomažu procese kao što je prirodno pomlađivanje, osiguravaju vječnost šuma.

Šume u Hrvatskoj nalaze se u dva različita uzgojna i strukturna oblika, što je uzrokovano biološkim svojstvima i ekološkim zahtjevima vrsta drveća koje se u njima nalaze. Regularne šume, čine više sastojina različite dobi u kojima se nalaze stabla podjednakih debljina, visina i dobi a tvore ih sve naše bjelogorične i crnogorične vrste drveća osim jele. U prebornim šumama je obična jela temeljna vrsta drveća a obična bukva i druge, u glavnom sporedne, vrste su joj primiješane. U njoj su stabla različitih visina i debljina, raspoređena u prebornu strukturu u kojoj je, uz normalnu drvnu zalihu, osigurana maksimalna proizvodnja, optimalno i trajno prirodno pomlađivanje te dobra stabilnost.

U šumama Hrvatske se nalazi 397 963 000 m³ drvene zalihe koja se svake godine povećava za 10 526 238 m³ (Milković 2006.), koliko iznosi godišnji tečajni prirast navedene zalihe.

Njegujući i pomlađujući šume, šumarski stručnjak zahvaća u strukturu sastojina te na taj način ubrzava prirodne procese eliminirajući zrele, prekobrojne i nekvalitetne jedinke. Tako se iz sastojine izlučuje jedan dio od godišnjeg tečajnog prirasta, dok se preostali dio ugrađuje u temeljnu drvenu zalihu, koja se stalno povećava. Na taj način se ispunjava osnovni zadatak potrajnosti ili održivog razvoja u šumarstvu, koji temeljem zakonskih propisa traži, da šume po površini, kvaliteti, stabilnosti i proizvodnji svake godine moraju biti iste ili bolje a nikada lošije (Matić i dr. 2006a).

Prema tome, uzgojni zahvati njege i obnove, koji se stalno provode u gospodarskim šumama, osiguravaju njihov opstanak u optimalnim strukturnim i stanišnim uvjetima, povećavaju njihov temeljni drveni volumen i osiguravaju stalnu i planiranu nazočnost sastojina svih dobnih razreda od najmlađih do najstarijih. To je princip gospodarenja koji šumama osigurava vječnost.

Zasluge za kvalitetu naših šuma, gdje prirodna struktura, prirodno pomlađivanje, potrajnost, stabilnost i produktivnost imaju značajno mjesto, bez dvojbe možemo pripisati šumarskoj struci, koja je na ovim prostorima nazočna preko 240 godina, od kada je i nastalo šumarstvo Europe, kao organizirana struka i znanost (Matić 1999.).

Koncepcija potrajnosti ili održivog gospodarenja, koja je nastala i afirmirana u šumarstvu, doživljava svoju reviziju kao globalno prihvaćena politika (Gračan i dr. 1998.). Godine 1992. dobiva naziv trajno održivi razvoj, u zaključnom dokumentu, Agenda 21, Konferencije za okoliš i razvoj Ujedinjenih naroda (UNCED) u Rio de Janeiru. Dokument je potpisalo 179 zemalja a među njima i Hrvatska. U njemu su pored ostalog ustanovljeni etički principi odnosa spram prirodnih dobara koji obvezuju sve zemlje potpisnice pa tako i Hrvatsku. Zagrebačka škola uzgajanja šuma, imala je značajnu ulogu u održavanju i unapređenju naših prirodnih šuma, razvija se i unapređuje do današnjih dana, te danas doživljava svoju punu afirmaciju i priznanje i izvan granica Hrvatske.

Gospodarenje prirodnim šumama po principima potrajnosti ili održivog razvoja, očuvanje prirodne strukture i raznolikosti, prirodno i umjetno pomlađivanje pod zastorom krošanja po prirodnim načelima, održavanje i unapređenje strukture, stabilnosti i kvalitetnih gospodarskih i općekorisnih funkcija šuma zahvatima njege, uzgojni postupci temeljeni na načelima razvoja iskonske šume ili prašume, uvažavanje mjerila koja proizlaze iz ciljeva gospodarenja - osnovna su obilježja zagrebačke škole uzgajanja šuma (Matić 1986.).

Šumarska je struka tijekom svog dugog postojanja i djelovanja, ovladala svim načinima pridobivanje šumske biomase, bilo da ona služi za potrebe industrije ili za bioenergiju. Šumska biomasa se isključivo pridobiva zahvatima njege i obnove

šuma, koji su nužni za održavanje kvalitete i opstanka šuma u svim ekološkim i stanišnim uvjetima.

Oko 50% šumske biomase dobiva se pomoću zahvata njege šuma a ostalih 50% putem zahvata na obnovi ili pomlađivanju šuma. U toj, na takav način dobivenoj količini šumske biomase, nalazi se industrijsko drvo (trupci i drvo za celulozu) a isto tako i drvo za energiju.

Drvo je uvijek bilo značajan izvor energije u svim fazama razvoja ljudskog društva. Oko godine 1850. drvo je osiguravalo skoro 90% energije za čovjekove potrebe, oko 1900. je blizu 50% svih industrijskih sirovina dobivano iz šume a u posljednjem je desetljeću 20. stoljeća udio drva za energiju u razvijenim zemljama pao ispod 5% (Anić i dr. 1996.). Pojavom energetske krize, udio drva u energetske bilanci najrazvijenijih europskih zemalja u ovo vrijeme svakim danom sve više raste. Potreba za energijom je sve veća, tako da je tijekom prošlog stoljeća deseterostruko povećana.

Postupci pridobivanje drva za energiju svakim danom doživljavaju promjene, u skladu sa sve većom uporabom drva za energetske svrhe. Uočava se sve veći asortiman ogrjevnog drva ili drva kao primarnog ili sekundarnog nositelja energije. Tako imamo višemetarsko i jednometarsko ogrjevno drvo, cijepano gorivo drvo duljine 30 do 60 cm uz ostale dimenzije manje od 15 cm, komadno drvo nastalo cijepanjem u smjeru vlakana duljine 5 do 50 cm i do 10 cm debelo, smrvljeno drvo, goriva sječka duga 5 do 50 mm, razne vrste ugušćenoga drva – briketi, granulati i sl., drvni prah ispod 0,5 mm itd. ali i drvni ugalj, alkohol, upojni plin i dr. (Anić i dr. 1996.).

Radovi na njezi šuma provode se u regularnim šumama putem zahvata čišćenja ili negativnog odabiranja u sastojinama prvoga, najmlađeg, dobnog razreda šuma (dob do 20 g.) visokog, srednjeg i niskog uzgojnog oblika. Njege se provodi i u sastojinama u različitom stupnju degradacije (šikare, makije, šibljaci i garizi) ako za to postoji strukturno, ekološko i gospodarsko opravdanje.

U ostalim, starijim dobnim razredima regularnih šuma provodi se njega proredom, koja traje sve do početka obnove šuma oplodnim sječama.

Prema tome, radovi na njezi i obnovi regularnih šuma traju skoro tijekom cijelog životnog vijeka sastojine s izuzećem relativno kratkog vremena koliko traje obnova.

Radovi na obnovi regularnih šuma provode se oplodnim sječama u nekoliko zahvata (pripremni, naplodni i dovršni sijek) uz prirodno ili umjetno pomlađivanje.

Uzgojni radovi njege i obnove u prebornim sastojinama jele i bukve i ponegdje u raznodobnim sastojinama bukve provode se prebornim sječama putem kojih se njeguju i obnavljaju preborne i raznodobne šume.

Ukupna i planirana godišnja i desetgodišnja sječa naziva se etat i predstavlja bruto volumen krupnog drva iz kojeg se izrađuju šumski proizvodi (iznad 7 cm promjera sortimenta). On je planiran i bilanciran u gospodarskim godišnjim i desetgodišnjim osnovama gospodarenja. Ostvareni ili sječivi etat predstavlja neto volumen proizvedenih drvnih sortimenata posječenog godišnjeg etata.

Razlika između bruto etata krupnog drva stabala iz kojeg se izrađuju drveni proizvodi i ostvarenog neto sječivog etata količine proizvedenih sortimenata godišnje, je drveni materijal koji može dobro poslužiti za pridobivanje energije.

Isto tako, za pridobivanje energije može poslužiti sva biomasa dobivena zahvatima njege čišćenjem u prvim dobnim razredima regularnih šuma kao i biomasa dobivena uzgojnim zahvatima u svim degradacijskim stadijima šuma.

Ta se biomasa do sada nije bilancirala u okvirima godišnjih etata jer se po dimenzijama stabala od kojih nastaje, nalazi ispod taksacijske granice od 10 cm prsnog promjera, za koju do sada tržište nije pokazivalo interes.

U biomasu za pridobivanje energije spada i drvo iz osnovanih energijskih plantaža i kultura kao i drvo od vjetroizvala, ledoloma, opožarenih površina, drvoreda, parkova te drvo uz kanale, vodotoke i dr.

U ovom radu ćemo ukazati na maksimalne količine industrijskog drva a posebno drva za energiju, koje hrvatske šume mogu dati uz primjenu intenzivnog ali i optimalnog gospodarenja te gospodarskih zahvata koje se temelje na šumarskoj znanosti a koji su u funkciji kvalitetne njege i obnove šuma. Pri tome će se koristiti spoznaje do kojih je došla znanost o širokom asortimanu drva za energiju, koji se proizvodi u šumi i danas nalazi sve veću primjenu u razvijenom svijetu, a nažalost, kod nas još uvijek, najvećim dijelom, ostaje neiskorišten u šumi.

Današnje stanje u proizvodnji industrijskog i energetskog drva u šumama Hrvatske

Površina šumskogospodarskog područja šuma u Hrvatskoj iznosi 2 688 687 ha od čega se na obraslu površinu šumama odnosi 89% ili 2 402 782 ha, neobraslo proizvodno tlo zauzima 8% ili 208 467 ha, neobraslo neproizvodno 1% ili 32 952 ha a neplodne površine 2% ili 44 487 ha (Milković 2006.), (Tablica 1.).

S obzirom na namjenu šume se dijele na gospodarske koje zauzimaju 90% ukupne površine šuma i šumskog zemljišta ili 2 416 107 ha, zaštitne s 6% ili 160 640 ha i šume posebne namjene s 4% ili 111 940 ha.

Po vlasničkoj strukturi šumskogospodarskog područja 75% ili 2 018 987 ha je u vlasništvu Republike Hrvatske s kojim gospodare Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, 22% ili 581 770 ha je u vlasništvu privatnih šumoposjednika a 3% ili 87 930 ha je u vlasništvu pravnih subjekata čiji je osnivač Republika Hrvatska.

Namjena šuma Purpose of forests	Površina šuma i šumskog zemljišta Area of forests and forestlands				
	Obraslo Wooded	Neobraslo Unwooded		Neplodno Infertile	Ukupno Total
		Proizvodno <i>Produce</i>	Neproizvodno <i>Unproduce</i>		
	ha				
Gospodarske Commercial forests	2 168 874	181 659	27 038	38 537	2 416 107
Zaštitne <i>Protective forests</i>	130 630	18 781	1 504	3 624	154 539
Šume s posebnom namjenom Special purpose forests	103 278	8 027	4 410	2 326	118 041
Ukupno Total	2 402 782	208 467	32 952	44 487	2 688 687

Tablica 1. *Struktura površine šuma Hrvatske po namjeni*

Table 1. *The structure of forested areas in Croatia by purpose*

Namjena šume <i>Purp of forest</i>	Obrasle površine Forested areas									
	Sjemenjače High forests	Panjače <i>Coppice forests</i>	Degradirane sastojine Degrade forests					Kulture Culture	Plantaze Plantation	Sveukupno <i>Total</i>
			Šikare Brush	Šibljaci Scrubs	Makije Maquis	Garizi <i>Garrique</i>	Ukupno <i>Total</i>			
	ha									
Gospodarske Commercial	1 161 130	499 687	308 045	71 008	47 793	18 987	445 832	60 390	1 835	2 168 874
Zaštitne Protective	46 707	28 750	36 572	4 488	4 557	3 481	49 098	5 696	378	130 630
Šume s posebnom namjenom Special purpose forests	75 724	5 391	14 881	99	2 265	969	18 214	3 934	14	103 278
Ukupno <i>Total</i>	1 283 561	533 828	359 498	75 595	54 614	23 437	513 144	70 021	2 227	2 402 782
%	53	22	15	3	2	1	21	3	0	100

Tablica 2. *Struktura obraslih površina po uzgojnom obliku i načinu postanka sastojina*

Table 2. *The structure of forested areas by silvicultural form and the origin of stands*

Iz tablice 2., koja prikazuje strukturu obraslih površina po uzgojnom obliku i načinu postanka sastojina (Milković 2006.), vidljivo je da šume visokog uzgojnog oblika, regularne i preborne sjemenjače zauzimaju 53% površine ili 1 283 629 ha a šume niskog uzgojnog oblika ili panjače 22% ili 533 828 ha. Degradirane sastojine zauzimaju površinu od 21% ili ukupno 513 144 ha, od čega se na šikare odnosi 15% ili 359 498 ha, makije 2% ili 54 614 ha, šibljake 3% ili 75 595 ha i garige 1% ili 23437 ha. Šikare i makije, blaži stupanj degradacije šuma, zauzimaju površinu od 414 112 ha ili 17% šumom obraslih površina a šibljaci i garizi, kao teži degradacijski oblik šuma, zauzimaju površinu od 99 032 ha ili 4% obraslih površina. Umjetno podignute šume, šumske kulture i plantaže zauzimaju 72 280 ha ili 3% površine.

Vrsta drveća Species	Drvena zaliha Growing stock	Godišnji prirast Increment	Prosječni godišnji etat Yearly allowable cut
		000 m ³	
Hrast lužnjak (<i>Quercus robur</i>)	48 640	1 106	820
Hrast kitnjak (<i>Quercus petraea</i>)	38 410	947	611
Hrast cer (<i>Quercus cerris</i>)	6 182	153	85
Hrast međunac (<i>Quercus pubescens</i>)	4 336	106	10
Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i>)	4 946	128	2
Obična bukva (<i>Fagus sylvatica</i>)	143 345	3 608	2 401
Poljski jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i>)	12 762	405	281
Obični grab (<i>Carpinus betulus</i>)	36 340	1 087	618
Obični bagrem (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	7 998	268	117
Pitomi kesten (<i>Castanea sativa</i>)	3 713	119	59
OTB - Other hard leaf species	18 705	588	275
Malolisna lipa (<i>Tilia cordata</i>)	3 269	120	75
Crna joha (<i>Alnus glutinosa</i>)	7 826	288	129
Domaće topole (<i>Populus</i> sp.)	3 219	122	49
OMB - Other soft leaf species	7 499	346	266
Obična jela (<i>Abies alba</i>)	31 406	565	543
Obična smreka (<i>Picea abies</i>)	8 549	242	118
Crni bor (<i>Pinus nigra</i>)	3 890	98	27
OC - Other conifers	6 929	230	77
Ukupno - Overall	397 963	10 526	6 564

Tablica 3. Drvena zaliha, prirast i etat po vrstama drveća

Table 3. Growing stock, increment and prescribed yield by tree species

U tablici 3. prikazana je drvena zaliha, godišnji prirast i etat po vrstama drveća za cijelo šumskogospodarsko područje u Hrvatskoj. Ukupna drvena zaliha iznosi 397 963 000 m³ godišnji prirast iznosi 10 526 000 m³. Godišnji etat ili drvena zaliha koja će se posjeći izvođeci zahvate njege i obnove šuma iznosi 6 564 000 m³. Hrvatske šume d.o.o. gospodare s 76% navedene drvene zalihe, privatni šumoposjednici s 20% a ostali pravni subjekti s 4%. Najveći dio drvene zalihe čini bukva (36%) zatim hrast lužnjak (12,2%), hrast kitnjak (9,7%), obični grab (9,1%), obična jela (7,9%), poljski jasen (3,2%), obična smreka (2,1%) itd. Relativno učešće pojedinih vrsta drveća u ukupnom prirastu slično je učešću tih vrsta u ukupnoj drvnoj zalihi. Ukupni godišnji etat iznosi 6 564 000 m³ a on će se ostvarivati na prosječnoj

Uredajni razred Management class	Drvena zaliha - Growing stock							Prirast Increment	
	Dobni razredi – Age class						Sveukupno Total		
	II	III	IV	V	VI	VII			
	000 m³								%
Lužnjak (<i>Quercus robur</i>)	2851	3589	9793	14498	22376	9569	62677	27,4	1539810
Kitnjak (<i>Quercus petraea</i>)	1646	5013	13420	10325	7002	1020	38427	16,8	987618
Medunac (<i>Quercus pubescens</i>)	8	25	26	14	100	6	178	0,1	3793
Crnika (<i>Quercus ilex</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0,0	8
Bukva (<i>Fagus sylvatica</i>)	894	15743	28441	26351	10257	1923	88609	38,7	2396304
P. jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i>)	1275	2257	2184	1174	649	69	7609	3,3	263764
O. grab (<i>Carpinus betulus</i>)	2130	3302	3331	481	256	3	9502	4,2	315047
OTB - Other hard leaf species	1697	2537	1828	827	253	223	7364	3,2	268321
C. joha (<i>Alnus glutinosa</i>)	762	1568	1185	327	672	262	4776	2,1	193730
B. vrba (<i>Salix alba</i>)	206	258	253	221	213	386	1538	0,7	77720
Topola (<i>Populus</i> sp.)	41	268	808	300	622	384	2423	1,1	89451
OMB - Other soft leaf species	106	153	128	164	169	459	1180	0,5	34517
Jela i bukva (<i>Abies and Fagus</i>)	35	48	54	79	9	16	240	0,1	7166
Smreka (<i>Picea abies</i>)	430	89	11	13	5	0	549	0,2	52223
Obični bor (<i>Pinus sylvestris</i>)	374	202	215	14	3	0	808	0,4	26073
Crni bor (<i>Pinus nigra</i>)	415	489	120	126	0	65	1215	0,5	28594
Alep. bor (<i>Pinus halepensis</i>)	74	153	150	756	109	191	1432	0,6	37818
OC - Other conifers	149	111	34	15	2	0	311	0,1	16565
Ostalo – Other	9	10	20	23	62	3	128	0,1	3431
Ukupno – Total	18104	35817	62000	55708	42759	14578	228966	100,0	6341953

Tablica 4. Drvena zaliha regularnih šuma po uredajnim i dobnim razredima

Table 4. Growing stock of regular forests by management and age classes

površini šuma od 130 181 ha. U navedenoj količini prosječnog godišnjeg etata, koji će se tijekom godine posjeći, nalazi se industrijsko i ogrjevno koje se izrađuje iz krupnog drva debela, rašlja i grana, čiji je promjer s korom na tanjem kraju preko 7cm. Na taj se način u zrelim sastojinama iskoristi 60% do 70%, a u mladim oko 50% biomase (Anić i dr. 1996., Domac i dr. 1998.). Razlika od 30% do 50% u većini slučajeva je otpad koji ostaje u šumi, zbog velikih troškova sječe, izrade i transporta te nezainteresiranosti tržišta za te sortimente. U današnjim uvjetima veće potražnje biomasa za energiju, s kojom se do sada u klasičnom šumarstvu nije ozbiljno računalo, otpad koji ostaje pri sječi i izradi industrijskog ogrjevnog drva ima svoje mjesto u proizvodnji primarnih i sekundarnih nositelja energije. Količine sitne granjevine s lišćem i iglicama i vrhom stabla koji nakon sječe ostaju u šumi iznose 20%-25% ukupne biomase stabla.

U tablici 4. prikazana je drvna zaliha i prirast regularnih šuma po uređajnim i dobnim razredima, koja iznosi 228 966 000 m³ a prirast 6 341 953 m³. Od ukupne drvne zalihe 83% odnosi se na uređajne razrede hrasta lužnjaka, hrasta kitnjaka i obične bukve. U tablici su manje zastupljeni ovi uređajni razredi: OTB koji predstavlja cer, američki jasen, bagrem, pitomi kesten i ostalu tvrdu bjelogoricu, OMB koji predstavlja lipu, breze, bijelu johu i ostale meke bjelogorice, a OC predstavlja primorski bor i sastojine ostale crnogorice.

U tablici 5. prikazana je drvna zaliha i prirast raznodobnih i prebornih šuma po uređajnim i debljinskim razredima. Raznodobne šume čine sastojine bukve u kojima se još uvijek gospodari po prebornim principima a zauzimaju 25% od ukupne površine raznodobnih i prebornih šuma koja iznosi 258 252 ha. Preborne šume su predstavljene šumama jele i bukve kao i jele i smreke, koje zauzimaju oko 65% od navedene površine. Prema tome raznodobne bukove šume i preborne šume u kojima dominira jela zauzimaju 90% ukupne površine raznodobnih i prebornih šuma. Bukove šume su zastupljene s 20,1% a jelove s 77% od ukupne drvne zalihe.

U tablici 6. iznosimo podatke o drvnj zalihi i prirastu po vrstama drveća u prebornim šumama jele i bukve. U odnosu na ukupnu drvnu zalihi i prirast svih prebornih šuma jele i bukve, obična bukva je zastupljena s 43% u drvnj zalihi a s 47% u prirastu, a obična jela s 45% u drvnj zalihi i 39% u prirastu. Iako je jela u odnosu na bukvu u ukupnoj drvnj zalihi zastupljena s milijun kubika više od bukve, prirast bukve je za 100 000 m³ viši od prirasta jele. To nam ukazuje na već uočeni problem jele u našim šumama koji se manifestira, prija svega, njezinim fiziološkim slabljenjem i sušenjem kao i drugim (biološkim, strukturnim i ekološkim) pokazateljima. Osim toga, smanjeno učešće jele u omjeru smjese prebornih šuma (47% : 43%) u odnosu na normalno učešće (80% : 20%) je još jedan

Uredajni razred Management class	Površina Area ha	Debljinski razred <i>Diameter class</i>						Sveukupno <i>Total</i>					
		10 – 30 cm		31 – 50 cm		> 50 cm							
		Drvena zaliha <i>Growing stock</i>						Drvena zaliha <i>Growing stock</i>			Prirast Increment		
		000 m³	m³/ha	000 m³	m³/ha	000 m³	m³/ha	000 m³	m³/ha	%	m³	m³/ha	%
Bukva (<i>Fagus sylvatica</i>)	63877	4822	75	7179	112	3020	47	15022	235	20,1	309658	4,8	2,1
Bukva i smreka (<i>Fagus</i> , <i>Picea</i>)	1211	109	90	126	104	42	34	277	229	0,4	6419	5,3	2,3
OTB <i>Other hard leaf species</i>	2037	159	78	62	31	7	4	229	113	0,3	8227	4,0	3,6
OMB <i>Othersoft leaf species</i>	1326	11	8	0	0	0	0	12	9	0,0	474	0,4	4,0
Jela i bukva (<i>Abies</i> , <i>Fagua</i>)	175181	10736	61	23932	137	22313	127	56980	325	76,1	1149688	6,6	2,0
Jela i smreka (<i>Abies</i> , <i>Picea</i>)	1685	126	75	180	107	139	82	446	265	0,6	11243	6,7	2,5
Smreka (<i>Picea excelsa</i>)	3385	230	68	340	100	211	62	781	231	1,0	17203	5,1	2,2
OC - <i>Other conifers</i>	882	73	83	113	128	65	74	251	284	0,3	6075	6,9	2,4
UKUPNO SJEMENJAČE <i>Total high forests</i>	249583	16268	65	31932	128	25797	103	73997	296	98,8	1508987	6,0	2,0
UKUPNO KULTURE <i>Total cultures</i>	1186	76	64	34	29	27	23	137	115	0,2	4773	4,0	3,5
UKUPNO PANJAČE <i>Total coppice forests</i>	7483	535	72	163	22	29	4	727	97	1,0	25941	3,5	3,6
SVEUKUPNO <i>Total all</i>	258252	16879	65	32129	124	25853	100	74861	290	100,0	1539701	6,0	2,1

Tablica 5. Zaliha i prirast raznodobnih i prebornih šuma po uređajnim razredima

Table 5. Stock and increment of uneven-aged and selection forests by management classes

pokazatelj da se u tim sastojinama mijenjaju strukturni i stanišni uvjeti u korist bukve a na štetu jele. To nam je značajan pokazatelj da u jelovim šumama moramo intenzivirati zahvate njege i obnove i značajno promijeniti stajalište glede intenziteta i načina gospodarenja s prebornim šumama.

U tablici 7. iznosimo podatke o drvnoj zalihi i prirastu po vrstama drveća u raznodobnim šumama bukve. U tim sastojinama dominira bukva po omjeru smjese (83%) i prirastu (82%) u odnosu na jelu (9% i 8%).

U tablici 8. donosimo prikaz odnosa etata za glavne uređajne razrede raznodobnih i prebornih šuma iz koje je vidljivo da je ukupni 10-godišnji etata raznodobnih i prebornih šuma 12 713 000 m³. Odnos prirasta i etata kod raznodobnih bukovih šuma iznosi 0,9 a kod prebornih šuma jele i bukve je 1,0. Intenzitet sječe kod raznodobnih bukovih šuma iznosi 17,2% a kod prebornih 19,6%.

Iz priloženih tablica, u ovom tekstu, možemo dobiti osnovne informacije o šumama Hrvatske a posebno o vrstama drveća, vlasništvu, stanju šuma s obzirom

Vrsta drveća – <i>Tree species</i>	Drvena zaliha – <i>Growing stock</i>		Godišnji prirast – <i>Increment</i>	
	000 m ³	%	m ³	%
Obična bukva (<i>Fagus sylvatica</i>)	24458	43	541923	47
OTB - <i>Other hard leaf species</i>	2978	5	79850	7
OMB - <i>Other soft leaf species</i>	44	0	1312	0
Obična jela (<i>Abies alba</i>)	25577	45	451469	39
Obična smreka (<i>Picea abies</i>)	3755	7	71250	6
OC- <i>Other conifers</i>	168	0	3884	0
Ukupno- <i>Total</i>	56980	100	1149688	100

Tablica 6. Drvena zaliha i prirast po vrstama drveća prebornih šuma jele i bukve

Table 6. Growing stock and increment in selection forests of fir and beech by tree species

Vrsta drveća <i>Tree species</i>	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>		Godišnji prirast <i>Increment</i>	
	000 m ³	%	m ³	%
Obična bukva (<i>Fagus sylvatica</i>)	12433	83	254167	82
OTB – <i>Other hard leaf species</i>	900	6	23427	8
OMB – <i>Other soft leaf species</i>	18	0	626	0
Obična jela (<i>Abies alba</i>)	1298	9	24152	8
Obična smreka (<i>Picea abies</i>)	329	2	6101	2
OC - <i>Other conifers</i>	44	0	1185	0
Ukupno - <i>Total</i>	15022	100	309658	100

Tablica 7. Drvena zaliha i prirast po vrstama drveća raznodobnih šuma bukve

Table 7. Growing stock and increment in uneven-aged beech forests by tree species

na uzgojne oblike i degradacijske stadije, površine šuma, ukupni drvni volumen, prirast i ukupni sječivi etat za razdoblje od narednih 10 godina kao i godišnji etat.

Iz tablice 3. koja pokazuje vrste drveće, drvnu zalihu, godišnji prirast i etat, možemo vidjeti da se na ukupnoj površini šuma u Hrvatskoj nalazi 397 963 000 m³ drvene zalihe koja godišnje prirašćuje 10 526 000 m³ a da se u godišnjoj vrijednosti etata posiječe 6 564 000 m³. U ukupnoj drvnoj zalihi nije uračunata ona koja se nalazi ispod taksacijske granice od 10 cm, kao ni drvo ispod 7 cm promjera, jer drvo tih dimenzija do sada nije imalo značajniju tržišnu vrijednost. Zbog toga u obračun drvene zalihe nisu uzete sastojine prvog dobnog razreda površine 137 000 ha u kojima se u ovom 10-godišnjem razdoblju obavlja zahvat njege čišćenjem na površini od 62 549 ha. Nije uzeto ni drvo koje se nalazi u različitim degradacijskim stadijima šuma u ukupnoj površini od 513 144 ha, od kojih šikare i

makije imaju površinu 414 112 ha a šiblji i garizi 99 032 ha. Drvena zaliha koja ne ulazi u obračun navedene ukupne drvne zalihe u šumama Hrvatske predstavlja značajnu i vrlo upotrebljivu šumsku biomasu za pridobivanje primarne ili sekundarne energije. U današnjim uvjetima korištenja drvne mase od ukupnog bruto etata u prosjeku se iskoristi 60% i to trupaca (30%) i celuloznog drva (10%) za potrebe industrije te ogrjevnog drva (20%) za dobivanje energije. To znači da se iz navedenog godišnjeg bruto etata, koji se danas koristi, u količini od 6 564 000 m³ dobiva 60% ili 3 938 400 m³ trupaca, celuloznog i ogrjevnog drva. Ostatak od 40% ili 2 625 600 m³ predstavlja otpad koji u glavnom ostaje u šumi neiskorišten ili se u manjim količinama koristi pri prodaji lokalnom stanovništvu. Od navedene količine otpada, ukoliko bi pristupili intenzivnom gospodarenju i iskorištavanju raspoloživog drvnog volumena, 85% može se koristiti kao drvo za energiju a preostali otpad bi iznosio oko 15% i sastojao bi se od dijela panjevine, sitnih grančica, lišća i iglica. U današnjim uvjetima, kad biomasa postaje tržišno vrijedan i tražen proizvod, hrvatsko šumarstvo se mora opredijeliti za intenzivnije gospodarenje, kako bi zahvatima njege i pomlađivanja šuma povećali njihovu kvalitetu a istovremeno dobili tržišno vrijednu biomasu za energiju.

Intenzivno gospodarenje kao preduvjet veće proizvodnje industrijskog i energetskog drva u šumama Hrvatske

Intenzivno gospodarenje u šumarstvu predstavlja skup stručnih radova u šumskom ekosustavu koji se temelje na spoznajama do kojih je došla šumarska znanost na svim znanstvenim područjima unutar šumarske struke i srodnih područja. Cilj intenzivnih radova je osiguranje potrajnosti ili održivog razvoja koji je temeljen na održanju staništa, prirodne strukture sastojine i mogućnosti prirodnog pomlađivanja. Takvoj sastojini je osigurana vječnost i stabilnost što joj omogućava trajnu i najveću proizvodnju gospodarskih i općekorisnih vrijednosti. U intenzivnom gospodarenju stručnjak mora reagirati brzo i temeljito, posebno onda kad se javljaju negativne promjene u staništu i strukturi sastojine, primjenjujući spoznaje uzgajanja, uređivanja, zaštite, iskorištavanja šuma i drugih znanstvenih područja na planiranju i izvođenju zahvata koji će te pojave zaustaviti i sastojinu usmjeriti u pravcu prirodnog razvoja i proizvodnje. Njegujući i obnavljajući šume moraju se uvažavati svi principi prirodnog razvoja šume koji se događaju u najprirodnijoj šumi – prašumi, u njezinom optimalnom stadiju razvoja u kojem je struktura prirodna, proizvodnja maksimalna a mogućnost prirodnog pomlađivanja optimalna (Matić i dr. 2006.a). Uvažavanje navedenih postavki je posebno važno u današnjim ekološkim uvjetima, kad su

nazočne ekološke promjene, koje mijenjaju stanišne uvjete i nepovoljno utječu na klimu i vodni režim u tlu, a s tim u svezi i na strukturu, prirast i stabilnost sastojina. Radovima na njezi i obnovi održavamo sastojine u optimalnoj prirodnoj strukturi koja ublažava i amortizira nepovoljne ekološke učinke i utjecaje. Gospodarske osnove sadržavaju sve značajne podatke koji se najvećim dijelom dobivaju izmjerama na terenu i sustavnim praćenjem svih promjena tijekom cijelog života sastojine.

Za potrebe ovoga rada uzeli smo podatke iz najnovije gospodarske osnove koja je napravljena za razdoblje 2006. – 2015. godine (Milković 2006.). U njoj se nalaze dosta precizni i vrlo kvalitetni podaci koji su dostatni za dodatne analize, temeljene na najnovijim, na terenu potvrđenim, znanstvenim postavkama, kako bi određenim zahvatima dobili veće količine industrijskog drva i drva za energiju uz povećanje kvalitete i stabilnosti šuma.

Analizirali smo propisani etat, odnosno godišnju količinu drva koju možemo dobiti putem zahvata njege i obnove, posebno tehničkog (trupci, celulozno drvo) i ogrjevnog drva, u današnjim uvjetima male ili slabe potražnje drva za energiju.

Isto tako ukazat ćemo na podatke o dostupnim novim količinama drva za energiju, koje do danas nisu imale tržišnu vrijednost, zatim na promjene u zahvatima njege i obnove u sastojinama, prija svega zbog potrebe povećanja njihove kvalitete, stabilnosti i prirasta kao i pridobivanje drva (Matić 1989., Matić i Rauš 1986., Matić i dr. 2006.a, 2006.b).

Analizu i proračun današnjeg propisanog i budućeg planiranog sječivog etata obavili smo na temelju brojnih podataka izmjera, analiza i objavljenih radova o postotnom učešću pojedinih sortimenata u ukupnom etatu (Dekanić 1980., 1986., 1991., Anić i dr. 1996., Domac i dr. 1998.).

Koristeći se stvarnim podacima koji se temelje na dugogodišnjim sveobuhvatnim izmjerama u šumama Hrvatske, kao i saznanjima o dosezima šumarske znanosti u gospodarenju s njima, izradili smo 4 različita scenarija o mogućim količinama pridobivanja drva za industriju i energiju, koje samo ovise o intenzitetu i kvaliteti gospodarskih zahvata.

Prvi scenarij/First scenario

Od propisanog godišnjeg etata za razdoblje 2006. – 2015. godine 6 564 000 m³ dobiva se:

- 30% trupaca za industriju	1 969 200 m ³
- 10% celuloznog drva za industriju	656 400 m ³
- 20% ogrjevnog drva za energiju	1 312 800 m ³

- 40% otpada koji ostaje u šumi 2 625 600 m³

Iz navedenog obračuna vidljivo je da se iz godišnjeg bruto etata danas koristi 60% ili 3 938 400 m³ trupaca, celuloznog i ogrjevnog drva. Ostatak od 40% ili 2 625 600 m³ predstavlja otpad a to je drvo tanjih dimenzija koje uglavnom ostaje u šumi neiskorišteno ili se u manjim količinama prodaje lokalnom stanovništvu.

Od navedene količine otpada, pod uvjetom da se za drvo iz mladih sastojina prsnog promjera ispod taksacijske granice (10 cm) i sortimente tanje od 7 cm pronađu potrošači, moglo bi se, kako smo već naveli, 85% koristiti kao drvo za energiju a otpad bi iznosio oko 15% i sastojao bi se od dijela panjevine, sitnih grančica, lišća i iglica.

Potražnja za takvim i sličnim drvetom, koje se može koristiti za proizvodnju primarne ili sekundarne energije, danas je velika, posebno u europskim razvijenim zemljama kao što su Švedska, Njemačka, Austrija, a i u zemljama koje su u tranziciji (Mađarska, Češka, Slovačka i dr).

Prihvatanje ovakvog načina realizacije etata, što je u današnjim svjetskim energetske trendovima i trendovima koji vladaju u Europi uobičajeno, naša je neminovnost.

Koristeći se našim brojnim istraživanjima i istraživanjima drugih autora o prosječnim udjelima različitih sortimenata u prirodnim sastojinama na području Hrvatske a na temelju izmjera i analiza stabla, dobili smo ove rezultate.

Prosječni udjeli sortimenata u etatu bjelogoričnih šuma/Average participation of assortments in the prescribed yield of deciduous forests (Anić i dr. 1996.)

Drvo za industriju/Wood for industry:

Trupci	30%
Celulozno drvo	10%
Ukupno za industriju/Total for industry	40%

Drvo za energiju/Wood for energy:

Oblice i cjepanice	15%
Sječenice – granjevina	15%
Kora	8%
Panjevina	5%
Tanje granje i lišće	2%
Ukupno za energiju/Total for energy	45%

Otpad u šumi/Wood residue in forests:

Tanje grane i lišće	10%
Panjevina	5%
Ukupno otpad u šumi/ Total wood residue in forests	15%

Ovi podaci predstavljaju prosječne udjele sortimenata za naše bjelogorične listopadne šume. Kod crnogoričnih šuma podaci su slični s tim da je u njima postotak industrijskog drva 55%, drva za energiju 35% a otpada je 10%. S obzirom da su šume u Hrvatskoj pretežno bjelogorične (85%) za potrebe ovog rada možemo se vjerodostojno poslužiti podacima koji se odnose na te šume. Kad bi današnji godišnji etat od 6 564 000 m³ realizirali na navedeni način, koristeći se podacima o prosječnim udjelima sortimenata u etatu bjelogoričnih šuma, sortimentna slika etata izgledala bi ovako:

Drugi scenarij/Second scenario

Od propisanog godišnjeg etata za razdoblje 2006. – 2015. godine 6 564 000 m³ dobivaju se:

Trupci za industriju	30%	1 969 200 m ³
Celulozno drvo za industriju	10%	656 400 m ³
Drvo za energiju	45%	2 953 800 m ³
Otpad	15%	984 600 m ³

Iako je na ovaj način dobivena količina drva za energiju vrlo respektabilna, mišljenja smo da se u prirodnim šumama još nalaze značajne rezerve drva za industriju i energiju, koje treba aktivirati zahvatima njege i obnove.

Zahvate treba izvoditi prije svega iz potrebe za intenzivnijim gospodarenjem, intenzivnijim od onoga koje je danas propisano u gospodarskoj osnovi. To se posebno odnosi na prореde u regularnim šumama i preborne zahvate njege i obnove u prebornim šumama jele i bukve (Matić 2003., Matić i dr. 2006.a).

Potreba za intenzivnijim zahvatima prорedom i prebornim sjećama je temeljena na današnjem stanju tih sastojina a ono je obilježeno:

- poremećenim strukturnim osobinama sastojina,
- povećanim brojem fiziološki oslabljenih stabala koja se permanentno suše,
- ne uključivanjem u zahvate prорedom sastojina onih mlađih dobnih razreda, s tanjim drvnim sortimentima, u kojima su prореde vrlo često izostavljane zbog polučениh negativnih gospodarskih efekata,
- nižim intenzitetima prорeda od potrebnih i mogućih,

- vrlo niskim intenzitetima prebornih sječa i zbog toga izazvanim lošim stanjem prebornih sastojina,
- potrebi formiranja kvalitetne prirodne strukture sastojine koja će biti sposobna za prirodnu obnovu,
- nužnošću zahvata njege kao mjere povećanja kvalitete prirasta i stabilnosti sastojina.

Ovdje je važno istaknuti da zahvati koje predlažemo imaju svoje biološko, ekološko i gospodarsko opravdanje.

Zahvati njege čišćenjem propisani su u gospodarskim osnovama i oni se najčešće korektno izvode, ali kako se radi o mladim sastojinama sa stablima tanih dimenzija, drvo ne ide na tržište nego najčešće ostaje u šumi.

Zahvati čišćenja spadaju među najznačajnije zahvate njege u regularnim šumama jer s njima mladu sastojinu, do dobi od 20 godina, strukturno pripremimo za kvalitetan dugogodišnji rast i proizvodnju. Ti su radovi iznimno skupi jer zahtijevaju neposredni ljudski ručni rad uz slabu mogućnost upotrebe mehanizacije. Zbog toga se do današnjih dana, zbog pomanjkanja financijskih sredstava, nastojalo te radove svesti na najnužniju mjeru. Danas, kada postoji realna mogućnost plasiranja energetskog drva na tržište, radove čišćenja možemo provoditi u punom intenzitetu, jer ćemo s tim postići veliku dobit prije svega u povećanju kvalitete i stabilnosti šuma, koje na taj način negujemo.

Šikare, makije, šiblaci i garizi predstavljaju različite faze degradiranih šuma. Te degradirane šume zauzimaju površinu od 445 832 ha (tablica 2.) i u njima se nalazi respektabilan drveni volumen koji može naći svoju uporabu u proizvodnji energije (Matić i Rauš 1986.). Radovi njege i obnove su u gospodarskoj osnovi propisani u relativno manjem obimu zbog skupog rada i pomanjkanja financijskih sredstava a drvo iz već navedenih razloga nije imalo vrijednost niti je uključivano u godišnji etat.

U novonastalim energetskim i tržišnim uvjetima radove na obnovi i njezi degradiranih šuma treba intenzivirati a dobiveni drveni volumen ponuditi energetskom tržištu.

Hrvatska raspolaže s 181 659 ha neobraslog proizvodnog zemljišta (tablica 1.) na kojem se u jednom dijelu može, nakon pošumljavanja, proizvoditi drvo za energiju u kratkim ophodnjama s visokom produkcijom. U drugom dijelu mogu se podizati šumske kulture brzorastućih vrsta crnogorice i bjelogorice koje bi uz odgovarajuću tehnologiju podizanja i uzgajanja u relativno kratkom roku proizvodile drvo za industriju i energiju.

Prema svemu navedenom razvidno je da raspolažemo s nekoliko scenari-

ja proizvodnje drva za energiju ovisno o intenzitetu gospodarenja i stupnju uključivanja pojedinih sastojina u proces njege i obnove i iskorištavanja drva za energiju.

Analizirajući plan njege proredom u regularnim šumama, prema podacima najnovije gospodarske osnove, desetogodišnji etat prethodnog prihoda (proreda) jednodobnih regularnih šuma iznosi 26,8 milijuna m³ od čega je 19,9 milijuna m³ u državnim šumama kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o., a koji bi se ostvario na površini od 616 241 ha, oko 0,5 milijuna m³ u ostalim državnim šumama i 6,4 milijuna m³ u šumama privatnih šumoposjednika.

Prorede će se tijekom prvih 10 godina obavljati na 980 000 ha od čega su 616 000 ha državne šume kojima gospodare HŠ d.o.o., 17 000 ha državne šume drugih pravnih subjekata i 347 000 ha privatnih šuma.

Prosječni volumen prorede iznosi 27 m³/ha a kreće se između 32 m³/ha koliki je u državnim šumama HŠ d.o.o. i 19 m³/ha u šumama privatnih šumoposjednika.

Imajući u vidu stanje naših regularnih šuma kojima gospodare HŠ d.o.o., sušenja koja su nazočna u njima, pozitivan učinak proreda posebno na odabrana stabla budućnosti i nositelje proizvodnje te znanstveno potvrđena saznanja o intenzitetima proreda koja su vezana za dob sastojine (Matić 1989.), kao i spoznaju da volumen posječen proredom može biti u visini prosječnog dobnog prirasta, mišljenja smo da bi prosječni volumen prorede trebao biti oko 40 m³/ha.

Prema podacima gospodarske osnove prosječna dob naših regularnih šuma se nalazi u IV dobnom razredu (60-80 god.) i iznosi 70 g. Prema istim podacima ta sastojina ima prosječni volumen 270 m³/ha, godišnji tečajni prirast 7,9 m³/ha. Intenzitet prorede prema formuli $I=1/n \times 100$ (Matić 1989.) iznosi 14,3% za tu dob a posječeni volumen proredom je 39 m³/ha. Isto toliki je i prosječni dobnog prirast (39 m³/ha) a on je za 40 m³/ha niži od desetogodišnjeg tečajnog prirasta.

Upravo ta razlika, između prosječnog dobnog prirasta koji je istovremeno i volumen prorede i tečajnog prirasta, a ona je u vrijednosti 50% tečajnog prirasta, ugrađuje se u sastojinu. To je evidentan dokaz da se zadani intenzitet može primijeniti a etat prethodnog prihoda je nužno povećati u korist kvalitete, na taj način proredom njegovanih sastojina.

Uvažavajući navedeno, a u skladu s nužnošću intenzivnog gospodarenja u našim regularnim šumama, etat prorede se povećava za 8 m³/ha, što za cijelu površinu s kojom gospodare HŠ d.o.o. iznosi 4 928 000 m³, a s tom novom vrijednošću bi se povećao današnji etat koji iznosi 65 640 000 m³.

Preborne šume jele i bukve u Hrvatskoj zauzimaju površinu od 162 886 ha (tablica 8.) i u njima je po gospodarskoj osnovi izračunat desetogodišnji etat od 10 624 000 m³. Prosječni drvni volumen od 332 m³/ha, desetogodišnji prirast od

66 m³/ha i intenzitet sječe od 19,6% nam ukazuje da se planira po ha posjeći 65,2 m³.

Poznavajući današnje stanje naših prebornih šuma (Matić i dr. 2006.a) mišljenja smo da je to, u odnosu na dosadašnje stanje vrlo niskih intenziteta, vrlo kvalitetan i nadasve pozitivan korak prema poboljšanju stanja naših prebornih šuma. Predviđeni etat je u vrijednosti tečajnog prirasta (66 m³), što se slaže s temeljnim postavkama pravilnog gospodarenja s prebornim šumama. Međutim, taj princip prije svega vrijedi za preborne šume stabilne strukture, s dobrim rasporedom debljinskih razreda, fiziološkim zdravim stablima koja se masovno ne suše, s dobrim prirodnim pomlađivanjem i dr., a to na žalost danas nije slučaj s našim prebornim šumama.

Mišljenja smo da bi povećanim intenzitetom zahvata od 25%, koji je u granicama normalnog za preborne šume, pristupili intenzivnom poboljšanju stanja prebornih šuma a sječa iznad vrijednosti tečajnog prirasta samo je nužni put k ozdravljenju tih sastojina (Matić i dr. 2006a).

Prema navedenom intenzitetu od 25% bi se sjekao drvni volumen od 83 m³/ha a to je povećanje za 17,8 m³/ha što za ukupnu površinu i desetogodišnje razdoblje iznosi 2 733 000 m³. Ta vrijednost predstavlja novo povećanje današnjeg godišnjeg etata.

Temeljem prethodne analize etata, koji se odnose na etat prethodnog prihoda (proreda) u regularnim šumama i etat u prebornim šumama jele i bukve, došli smo do spoznaje da bi postojeći etat trebalo povećati za iznos od 4 928 000 m³ u regularnim šumama i 2 733 000 m³ u prebornim šumama. Ukupni iznos povećanja je 7 661 000 m³ što znači da bi ukupni, povećani etat za sve šume u Hrvatskoj iznosio 73 301 000 m³. Kad bi takav godišnji etat od 7 330 100 m³ realizirali na navedeni način onda bi sortimentna slika etata izgledala ovako:

Treći scenarij/Third scenario

Od mogućeg godišnjeg etata za razdoblje 2006. – 2015. godine 7 330 100 m³ dobivaju se:

Trupci za industriju	30%	2 199 030 m ³
Celulozno drvo za industriju	10%	733 010 m ³
Drvo za energiju	45%	3 298 545 m ³
Otpad	15%	1 099 515 m ³

Zahvati njege čišćenjem provode se u mladim sastojinama prvog dobnog razreda najčešće do dobi od 20 godina. U tim se zahvatima izluče iz sastojine

nekvalitetne jedinke koji nemaju budućnost tijekom razvoja sastojine. To je negativna selekcije jer se sva pažnja posvećuje onim stabalcima koja su nekvalitetna. Na osnovi dugogodišnjih praćenja i izmjera uočili smo da se na taj način u jednom zahvatu iz sastojine izluči prosječno oko 30 m³ drvnog volumena. Dobiveni sortimenti, koji su tanjih dimenzija, do sada nisu imali neku veću tržišnu vrijednost i troškovi toga zahvata nisu mogli, prodajom dobivenog drveta, ni približno biti pokriveni.

U ovom desetgodišnjem razdoblju planira se provesti njegu čišćenjem na površini mladih šuma od 62 949 ha. To znači da bi se u tom vremenu ostvario drveni volumen od 1 888 470 m³. Kad se od toga odbije otpad od 10% ili 188 847 m³ dobijemo neto 10-godišnji iznos od 1 699 623 m³ ili godišnje 169 962 m³ drvene biomase za energiju.

Gospodarske sastojine u različitom stupnju degradacije kao šikare, makije, garizi i šibljaci, zauzimaju površinu od 445 832 ha (tablica 2.). Njegujući i obnavljajući te sastojine (Matić i Rauš 1986.) istovremeno dobivamo biomase za energiju gdje posebnu pozornost trebamo posvetiti degradacijskom stadiju šikara i makija, površine 355 838 ha.

Sastojine većeg stupnja degradacije, kao što su garizi i šibljaci površine 89 995 ha, moramo, uz intenzivnu zaštitu od požara, stoke i čovjeka, prepustiti prirodnom razvoju i procesima sukcesije, kako sastojine tako i degradiranog staništa. Tijekom vremena oni će prijeći u viši stupanj razvoja u stadije makije i šikare u kojima bi mogli obavljati zahvate njege i pridobivanja biomase.

Prema tome, prema našoj procjeni na 355 838 ha, koliko zauzimaju šikare i makije, nalazi se 17 792 000 m³ drvnog volumena ili prosječno 50 m³/ha. Njegov tih sastojina može se polučiti u 10-godišnjem razdoblju 7 117 000 m³ ili godišnje 712 000 m³ odnosno u prosjeku 20 m³/ha drva za bioenergiju. Kad se od toga odbije otpad od 10% ili 72 200 m³ dobijemo neto 10-godišnji iznos od 7 045 000 m³ ili godišnje 705 000 m³ drvene biomase za energiju.

Ako u obračun uzmemo drvo za energiju koje možemo dobiti obavljajući radove njege čišćenjem u sastojinama prvog dobnog razreda te radove njege i obnove u šikarama i makijama kao i drvo za energiju, koje bi mogli dobiti u okvirima povećanog etata, zbog intenzivnijeg gospodarenja kod njege preredom i u prebornim šumama, dobili bi ove drvene volumene sposobne za dobivanje energije a koje nam danas stoje na raspolaganju u šumama Hrvatske.

Četvrti scenarij/Fourth scenario

Od mogućeg godišnjeg etata za razdoblje 2006.– 2015. godine 7 330 100 m³ dobivaju se:

Trupci za industriju	30%	2 199 030 m ³
Celulozno drvo za industriju	10%	733 010 m ³
Drvo za energiju u uvjetima povećanog etata		3 298 545 m ³
Otpad	15%	1 099 515 m ³
Drvo za energiju iz njege čišćenjem – izvan etata		169 962 m ³
Drvo za energiju iz šikara i makija – izvan etata		705 000 m ³
Otpad – izvan etata	10%	261 047 m ³
Sveukupno drvo za energiju		4 173 507 m ³
Sveukupno otpad		1 360 562 m ³

Pored navedene količine drva za energiju postoji realna mogućnost da se po potrebi i drvo za celulozu u količini od 733 010 m³ uključi u drvo za energiju.

Hrvatsko šumarstvo danas raspolaže s 181 659 ha neobraslog proizvodnog zemljišta koje bi se u jednom dijelu moglo iskoristiti za podizanje energetske šuma, sadnjom brzorastućih vrsta drveća s malim razmacima sadnje i kratkim ophodnjama, na kojima bi se mogla svakih 5 godina obavljati mehanizirana "žetva" drva za energiju.

Na preostalom dijelu mogle bi se podići plantaže i kulture brzorastućih vrsta drveća za proizvodnju drva za industriju i drva za energiju.

Osim navedenog postoji još više mogućnosti za neplansko pridobivanje drva za energiju kao drvo od vjetroizvala, ledoloma, opožarenih površina i drugih izvora.

Navedeni podaci o mogućnostima dobivanja drva za energiju, koje smo sažeto prikazali u četiri različita scenarija naša su realnost temeljena na konkretnim izmjerama u šumama Hrvatske te znanstveno obrađena i prezentirana. Svaki podatak ima svoju čvrstu vezu sa stvarnim stanjem i rezultatima konkretnih istraživanja na terenu.

Iz navedenih scenarija vidljivo je da nam svake godine na raspolaganju stoji drvo za proizvodnju primarne i sekundarne energije u količinama od 1 312 800 m³ minimalno do 4 173 507 m³ maksimalno.

To drvo nam je na dohvat ruka a koliko i na koji način ćemo ga uzeti ovisi isključivo o nama i našoj energetskej, a još više gospodarskoj politici.

Nismo sigurni da ćemo se brzo odlučiti za najbolje varijante, ali smo sigurni da je hrvatsko šumarstvo ovog trena u stanju osigurati toliko energije, koja može pokriti znatan dio današnje proizvodnje električne energije u Hrvatskoj, a isto tako i osigurati više tisuća radnih mjesta.

Zaključci

Hrvatsko šumarstvo gospodari s 2 688 687 ha šuma i šumskog zemljišta u kojima se nalazi 397 963 000 m³ drvene zalihe s godišnjim prirastom 10 526 000 m³, gdje se svake godine u zahvatima njege i obnove šuma sječe bruto volumen (godišnji etat) od 6 564 000 m³.

Skoro sve šume u Hrvatskoj su prirodne (97%), nastale prirodnim pomlađivanjem iz sjemena matične sastojine koja se vjekovima razvijala na tom staništu. To hrvatske šume svrstava među najprirodnije, najstabilnije i najproduktivnije u Europi, koje trajno proizvode općekorisna (ekološka, socijalna i socijalno – ekofiziološka) i gospodarska dobra.

Njegujući i pomlađujući šume, šumarski stručnjak zahvaća u strukturu sastojina te na taj način ubrzava prirodne procese izlučujući zrele, prekobrojne i nekvalitetne jedinke.

Ti se zahvati stalno provode u gospodarskim šumama, oni osiguravaju njihov opstanak u optimalnim strukturnim i stanišnim uvjetima, povećavaju njihov drveni volumen i osiguravaju biološku raznolikost i nazočnost sastojina svih uzgojnih oblika i dobnih razreda.

Drvo je uvijek bilo značajan izvor energije u svim fazama razvoja ljudskog društva. Oko godine 1850. drvo je osiguravalo skoro 90% energije za čovjekove potrebe, da bi u posljednjem desetljeću 20. stoljeća udio drva za energiju u razvijenim zemljama pao ispod 5%. Pojavom energetske krize, udio drva u energetske bilanci najrazvijenijih europskih zemalja u ovo vrijeme svakim danom sve više raste kao i potreba za svim oblicima energije.

Šumarska struka je ovladala i usavršila sve postupke pridobivanja drva kako za potrebe industrije tako i ogrjevnog drva kao primarnog ili sekundarnog nositelja energije.

Ukupna i planirana godišnja i desetgodišnja sječa naziva se etat i predstavlja bruto volumen krupnog drva iz kojeg se izrađuju šumski proizvodi (iznad 7 cm promjera sortimenta). On je planiran i bilanciran u gospodarskim godišnjim i desetgodišnjim osnovama gospodarenja.

Ostvareni ili sječivi etat predstavlja neto volumen proizvedenih drvnih sorti-

menata posječenog godišnjeg etata.

Razlika između bruto etata krupnog drva stabala iz kojeg se izrađuju drvni proizvodi i ostvarenog neto sječivog etata količine proizvedenih sortimenata godišnje, je drvni materijal koji danas kao otpad ostaje u šumi a koji može dobro poslužiti za pridobivanje energije.

Isto tako, za pridobivanje energije može poslužiti sva biomasa dobivena zahvatima njege čišćenjem u prvim dobnim razredima regularnih šuma kao i biomasa dobivena uzgojnim zahvatima u svim degradacijskim stadijima šuma.

Ta se biomasa do sada nije prikazivala u okvirima godišnjih etata regularnih visokih, srednjih i niskih kao i prebornih šuma, jer se po dimenzijama stabala od kojih nastaje nalazi ispod taksacijske granice od 10 cm prsnog promjera, za koju do sada tržište nije pokazivalo interes.

U biomasu za pridobivanje energije spada i drvo iz osnovanih energijskih plantaža i kultura kao i drvo od vjetroizvala, ledoloma, opožarenih površina, drvoreda, parkova te drvo uz kanale, vodotoke i dr.

U današnjim uvjetima, kad biomasa postaje tržišno vrijedan i tražen proizvod, hrvatsko šumarstvo se mora opredijeliti za intenzivnije gospodarenje, kako bi zahvatima njege i pomlađivanja šuma povećali njihovu kvalitetu a istovremeno dobili tržišno vrijednu biomasu za energiju.

Intenzivno gospodarenje u šumarstvu predstavlja skup stručnih radova u šumskom ekosustavu, koji se temelje na spoznajama do kojih je došla šumarska znanost na svim znanstvenim područjima unutar šumarske struke i srodnih područja.

Koristeći se stvarnim podacima koji se temelje na dugogodišnjim sveobuhvatnim izmjerama u šumama Hrvatske, kao i saznanjima o dosezima šumarske znanosti u gospodarenju s njima, izradili smo 4 različita scenarija o mogućim količinama pridobivanja drva za industriju i energiju. Koji će se scenarij primijeniti ovisi o našoj opredijeljenosti za korištenje bioenergije, kao i o intenzitetu i kvaliteti gospodarskih zahvata.

Prvi scenarij predstavlja današnje stanje gdje se od propisanog godišnjeg etata koji iznosi 6 564 000 m³ dobiva 30% trupaca i 10% celuloznog drva što znači ukupno 40% drva za industriju, zatim 20% ogrjevnog drva a ostatak od 40% predstavlja drvo tanjih dimenzija koje kao otpad ostaje neiskorišteno u šumi.

Drugi scenarij temelji se na činjenici da 40% drvnog volumena koji kao otpad ostaje u šumi danas ima veliku tržišnu vrijednost i koristi se za pridobivanje energije. Ako bi prihvatili to drvo i upotrijebili ga za energiju onda bi od istog bruto etata dobili 40% industrijskog drva, 45% ili 2 954 000 m³ drva za energiju a otpad bio iznosio 15%.

Treći scenarij temelji se na mogućnostima povećanja današnjeg etata putem intenzivnijih zahvata njege proredom i povećanjem intenziteta zahvata u pre-

bornim šumama. Na taj način bi dobili mogući etat od 7 330 000 m³. Taj bi nam etat mogao dati 40% industrijskog drva i 45% ili 3 299 000 m³ drva za energiju uz 15% otpada koji ostaje u šumi.

Četvrti scenarij temelji se na povećanom normalnom etatu a zatim i na drvnom volumenu kojeg možemo dobiti, izvan propisanog etata, njegovom mladim šuma čišćenjem u iznosu od 170 000 m³ te drvnim volumenom kojeg je moguće ostvariti radovima njege i obnove u šikarama i makijama u iznosu od 705 000 m³. Na taj bi način pored drva za industriju, kojeg smo odredili na osnovi povećanog etata, mogli dobiti 4 174 000 m³ drva za energiju.

Iz navedenih scenarija vidljivo je da godišnje raspolažemo s drvom za proizvodnju primarne i sekundarne energije u količinama od 1 312 800 m³ minimalno do 4 173 507 m³ maksimalno. Navedeni podaci su naša energetska stvarnost temeljena na konkretnim izmjerama u šumama Hrvatske koja su znanstveno obrađena i prezentirana. To drvo nam je na dohvata ruku a koliko i na koji način ćemo ga uzeti ovisi isključivo o nama i našoj energetskej i gospodarskej politici.

Literatura

1. Anić, I., G. Fabijanić, M. Figurić, I. Hodić, D. Horvat, A. Krpan, S. Matić, Š. Meštrović, M. Oršanić, M. Polacek, T. Poršinsky, S. Puljak, S. Risović, S. Sever, S. Tomljanović 1996: Gospodarenje šumama u Hrvatskoj, Studija u okviru razvojnog istraživačkog projekta PROHES, Razvoj i organizacija hrvatskog energetskog sektora. S. Sever i D. Horvat (ur). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1 - 86. Zagreb.
2. Dekanić, I., 1980: Način i intenzitet proreda u šumi hrasta lužnjaka i običnog graba. Složena šumsko gospodarska organizacija "Slavonska šuma" Vinkovci, str. 1 - 120. Vinkovci.
3. Dekanić, I., 1986: Prirodna obnova sastojina bukve progatnim proredama. U: Krpan A. P. B. (ur.) Kolokvij o bukvi, str. 25 - 36. Zagreb.
4. Dekanić, I., 1991: Utjecaj strukture na njegovu sastojina proredom u šumi hrasta lužnjaka i običnog graba (*Quercus robur-Carpinetum Illyricum* Anić). Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad Vinkovci, str. 1- 153. Vinkovci.
5. Domac, J., M. Beronja, N. Dobričević, M. Đikić, D. Grbeša, V. Jelavić, Ž. Jurić, T. Krička, S. Matić, M. Oršanić, N. Pavičić, S. Pilešić, D. Salopek, L. Staničić, F. Tomić, Ž. Tomšić, V. Vučić 1998: BIOEN. Program korištenja energije biomase i otpada. Predhodni rezultati i buduće aktivnosti. 1. dio-BIOMASA. G. Granić (ur). Energetski institut "Hrvoje Požar" str. 1- 179. Zagreb.
6. Gračan, J., I. Anić, S. Matić, 1998: Potrajno gospodarenje i očuvanje biološke raznolikosti hrvatskih šuma. Šum. list, 9 - 10, 437 - 442. Zagreb.

7. Matić, S. 1986: Sadašnje stanje i povijesni razvoj uzgajanja šuma u šumarskoj praksi i znanosti Hrvatske. Šumarski list 5–6 (CX), 307- 312, Zagreb.
8. Matić, S., Đ. Rauš, 1986 : Prevođenje makija i panjača hrasta crnike u sastojine višeg uzgojnog oblika. Glas. šum. pokuse, posebno izd. br. 2: str. 79 - 86. Zagreb.
9. Matić, S. 1989: Intenzitet prореde i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 25: str. 261 - 278. Zagreb
10. Matić, S. 1999: The forests of Croatia – country report. U: Diaci, J. (ur.), Virgin forests and forest reserves in Central and East european countries, Department of forestry and renewable forest resources, Biotechnical faculty, 17- 24, 1999, Ljubljana.
11. Matić, S., M. Oršanić, D. Bartičević, 1999: Natural regeneration of pendunculate oak in floodplain forests of Croatia. Ecology /Bratislava/. Vol. 19., Supplement 1/1999. p. 111 - 119.
12. Matić, S., 2003: Njega i obnova šuma hrasta lužnjaka. U: D.Klepac, K. Čorkalo Jemrić (ur.), Retrospektiva i perspektiva gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Posebna izdanja – Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad u Vinkovcima, knjiga XV, 143 - 166, Zagreb – Vinkovci.
13. Matić, S., I. Anić, M. Oršanić 2006a : Aktualni problemi gospodarenja običnom jelom (*Abies alba* Mill.) u Republici Hrvatskoj. U Vukelić J. (ur) Glas. šum. pokuse. pos. izd. 5. str.7 - 27, Zagreb.
14. Matić, S., I. Milković 2006b: Strukturna, proizvodna i prostorna obilježja minski sum-njivih šuma i šumskih zemljišta u Republici Hrvatskoj. U Vukelić. J. (ur), Glas. šum. pokuse. pos. izd. 5. str. 29 - 59, Zagreb.
15. Milković, I., 2006: Šumskogospodarsko područje Republike Hrvatske. Šumsko-gospodarska osnova. Uređajni zapisnik. Hrvatske šume d.o.o. str. 1 - 591. Zagreb.
16. Prpić, B., S. Matić, P. Jurjević, H. Jakovac, I. Milković, 2005: Općekorisno i gospodar-sko značenje poplavnih šuma. U: J. Vukelić (ur.). Poplavne šume u Hrvatskoj. Aka-demija šumarskih znanosti, 50 - 68. Zagreb.

Summary

Forests and forestland in the Republic of Croatia, covering an area of 2,688,687 ha, contain 397,963,000 m³ of growing stock. This amount increases by 10,526,238 m³ per year, which is the amount equaling the annual current increment of this stock. Under normal conditions, the application of tending and regenerating treatments in the forests according to the principles of sustainable development, or sustainability, provides the Croatian forestry profession with 6,560,000 m³ of diverse wood products for processing. Of this quantity, about 40% relates to stacked wood with 7 or more cm in diameter, which is suitable for energy production. Of this amount, a considerable percentage of smaller-diameter trees remain in the forest because of inadequate prices, the processing technology and the underestimated market value. The paper will present the results of research on the intensities and methods of tending forests. Special focus will be placed on tending with negative (cleaning) and positive (thinning) selection in regular (even-aged) forests. Research results on the methods of natural regeneration in these stands will also be presented, and so will the results of research on selection treatments of tending and regeneration in selection fir and beech forests. All the necessary silvicultural treatments used so far and the application of suitable and scientifically approved treatment intensities and methods increase the quality and natural status of forests. At the same time, they supply a considerable quantity of wood mass, in particular the wood mass intended for energy production. According to the constructed scenarios on the possibilities provided by the forests in Croatia, the annual supply of wood for the production of primary and secondary energy ranges between a minimum of 1,312,800 m³ and a maximum of 4,173,507 m³.

Slavko Matić

Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
Croatian Academy of Sciences and Arts

STRATEGIJA PROIZVODNJE I KORIŠTENJA BIOGORIVA U EUROPSKOJ UNIJI

THE STRATEGY FOR THE PRODUCTION AND USE OF BIOFUELS IN THE EUROPEAN UNION

Franjo Tomić, Tajana Krička

Sažetak

Na prostoru Europske unije oko 21% otpadnih plinova potječe iz prometa. Budući da je izvor energije u prometu gotovo isključivo nafta, a nafta je uz to sve skuplja, donesena je odluka u EU da se proizvodnjom i korištenjem biogoriva mogu uspješno rješavati ovi ekološki i gospodarstveni problemi. Temeljem te odluke više zemalja EU, u nekoliko zadnjih godina, proizvode biogoriva iz biomase i koriste ga u prometu. Međutim, postojeće tehnologije proizvodnje biogoriva nisu ekonomski isplative za zemlje EU pa je glavna aktivnost Komisije EU za biogoriva, sada, usmjerena na ostvarivanje njegove isplativosti. U skladu s tim, Komisija je upravo donijela i *Strategiju proizvodnje i korištenja biogoriva*. Strategija sadržava sedam dijelova: Stimulacija proizvodnje biogoriva, ostarivanje koristi za okoliš, razvoj proizvodnje i distribucije goriva, širenje opskrbe sirovinama, jačanje trgovačkih mogućnosti, potpora zemljama u razvoju te potpora istraživanjima i razvoju. U svakom dijelu navedene su raznolike mjere koje će Komisija poduzimati u svrhu promicanja, proizvodnje i korištenja biogoriva. U svakom slučaju, u ostvarivanju isplativosti biogoriva, značajnu ulogu imaju nove tehnologije. Zbog toga, ova strategija se temelji na unapređivanju tehnologija proizvodnje i korištenja biogoriva prve generacije i razvoju novih tehnologija druge generacije. Dakako, i naprednije tehnologije biogoriva (sadašnje i nailazeće), također bi mogle biti prijelazni korak u ostvarivanju konačnog cilja – ostvarivanja pogonske energije u prometu koja će biti bezemisijaska. U ovom trenutku misli se na obnovljivu proizvodnju vodika, a možda iskrsnu i druga povoljnija rješenja. U svakome slučaju svaka promjena s pogonskim gorivom u prometu zahtjeva novu tehnologiju motora, kao i velike investicije u tvornice za proizvodnju goriva i novi sustav njegove distribucije.

Stoga, za ovako krupne tehnološke promjene moraju postojati odluke na najvišim razinama, temeljene na odgovarajućim dokazima ostvarenim unutar dugoročnih strategija.

Razvoj proizvodnje i korištenja biogoriva, kao i razvoj goriva općenito, Hrvatska mora pratiti. Trebamo se prilagođavati stvarnosti, iskoristiti naše mogućnosti i nastojati zadovoljiti svoje potrebe.

Ključne riječi: *strategija, tehnologija, biogorivo, biomasa, promet, okoliš*

Keywords: *strategy, technology, biofuel, biomass, transport, environment*

Uvod

U EU oko 21% otpadnih plinova potječe od prometa, a emisiju plinova po Kyoto protokolu treba smanjiti. Uz to, u EU gotovo sva energija u prometu je iz nafte. U svijetu nafte je sve manje, sve je teže njezine preostale rezerve koristiti i postaje skuplja. Stoga u posljednjem vremenskom razdoblju EU intenzivno radi na traženju drugih izvora energije koji bi ujedno i smanjili ovisnost o uvozu ulja i plina. U rješavanju ovih, ne malih, problema često stručno-znanstveni skupovi i objavljeni radovi argumentirano dokazuju da biogoriva u tome mogu značajno pomoći (Schlick, 2005. i Wörgetter, 2005.).

Za korištenja biogoriva postoji više razloga, a najvažniji su: smanjuju emisiju stakleničkih plinova, postoji mogućnost raznolikih izvora sirovina, mogućnost dugoročne zamjene fosilnih goriva, mogućnost ostvarivanja raznolikih prihoda i zapošljavanja u ruralnim područjima, ostvarivanje energetske samodostatnosti i uvozne razmjene, te stalni rast cijene nafte. Upravo su, dakle, ekološki i gospodarski razlozi temeljni zbog kojih Komisija za biogoriva EU intenzivno radi na unapređenju proizvodnje i sve veće upotrebe biogoriva u prometne svrhe. Temeljem toga više zemalja EU, u nekoliko zadnjih godina, proizvode biogoriva iz biomase (obnovljivog izvora energije) i koriste ga u prometu.

Međutim, postojeće tehnologije proizvodnje biogoriva na granici su ekonomske rentabilnosti, za zemlje EU, pa je glavna aktivnost Komisije sada usmjerena na ostvarenje isplativosti biogoriva. U tom cilju Komisija je upravo donijela i *Strategiju proizvodnje i korištenja biogoriva*.

Elementi strategije

Strategija biogoriva sadrži 7 dijelova s raznolikim mjerama koje Komisija već poduzima u svrhu promicanja, proizvodnje i korištenja biogoriva.

Stimulacija potražnje biogoriva

U svrhu stimuliranja potražnje proizvodnje biogoriva Komisija uzima za obvezu, prije svega, sačiniti Izvješće do kraja 2006. godine, u kojemu će analizirati postavljene nacionalne ciljeve, izvršenje obveza i osiguravanje održive proizvodnje, vezano za biogoriva. Naime, 2003. godine usvojena je Direktiva za biogoriva. Po ovoj Direktivi određeno je da svaka zemlja (članica) EU treba imati 2% biogoriva u tržišnom udjelu goriva 2005. godine i 5,75 % udjela u 2010. godini. Međutim, udio od 2 % biogoriva u 2005. godini nije ostvaren, nego je ostvareno u prosjeku 1,4 %. Stoga je Komisija otvorila prekršajne postupke u sedam slučajeva gdje su države članice ostvarile preniske stope bez odgovarajućeg opravdanja. Uz to će Komisija u Izvješću detaljnije analizirati nastavak provedbe ove Direktive i donijeti potrebnu nadopunu o stimuliranju proizvodnje i korištenja biogoriva. Obveze koje budu donesene Izvješćem bit će popraćene uputama za prevladavanje teškoća koje se odnose na oslobađanje od poreza i/ili trošarina biogoriva. Oslobađanjem od poreza ostvarit će se povoljniji položaj biogoriva. Postupke oslobađanja od poreza Komisija će uskladiti s financijskim potporama, državnom pripomoći i principom plaćanja od strane zagađivača. Komisija istražuje do kojeg se opsega mogu potpore za biogoriva poboljšati uz poštivanje međunarodnih trgovačkih pravila. Može se očekivati da će porezne olakšice umanjiti potrebu za financijskom potporom te omogućiti smanjenje na razinama državne pomoći i plaćanju zagađivača.

Budući da veće mogućnosti za povećanje korištenja biogoriva pružaju: vozni parkovi, farme, vozila za teške terete, gradski autobusi, kao i ribolovne flote te brodovi, općenito, Komisija usmjerava oslobađanje od poreza pri korištenju biogoriva u ovim oblicima prometa.

Komisija je, također, već dala prijedlog Europskom parlamentu i Vijeću EU da donese novu Direktivu o promidžbi čistih cestovnih vozila, uključujući i one koji koriste visokokvalitetne mješavine biogoriva.

Ostvarivanje koristi za okoliš

U svrhu ostvarivanja koristi za okoliš Komisija pristupa istraživanjima o korištenju biogoriva u prometu u svrhu smanjivanja emisije CO₂. Istraživanja će biti popraćena kontaktima i izradi sporazuma s proizvođačima vozila, kako bi se proizvedenim novim automobilima smanjila emisija (CO₂). Da bi se ostvario integrirani pristup u smanjivanju emisije CO₂ u prometu, odnosno ostvarivanju koristi za okoliš, činit će se odgovarajući kontakti (sporazumi) i s proizvođačima goriva i njihovih sirovina, kao i s onima koji su odgovorni za trgovinu s njima.

U skladu s tim revidirat će se određene postavke u postojećim Direktivama o biogorivima do kraja 2006. godine. Tako će se revidirati **Direktiva o kvaliteti goriva** (donijeta 1998. godine) koja regulira pitanja graničnih vrijednosti sadržaja etanola, etera i ostalih osigenata, zbog zdravstvenih razloga i razloga okoliša. Isto tako će se razmotriti i korigirati Standard EN 590 koji do sada ograničava sadržaj biodizela u dizel gorivu zbog tehničkih razloga. Komisija će voditi brigu i o izbjegavanju ugrožavanja okoliša proizvodnjom biogoriva i sirovina za biogoriva. Posebno je potrebno voditi brigu u ekološki osjetljivim područjima pri proizvodnji sirovina i korištenju neobrađenog zemljišta. Ne smije se dovesti u pitanje biorazličitost, zagađenje voda i degradacija tla, s tim da se poštuje pravilan sustav rotacije usjeva u kojemu će energetske usjevi imati prednost.

Dakle, Komisija ističe potrebu nastavka istraživanja vezana za ekološka i tehnička pitanja pri proizvodnji i korištenju biogoriva. Time se želi ostvariti mehanizam čistog razvoja, koji zadovoljava i WTO propise.

Razvoj proizvodnje i distribucije biogoriva

U ovoj strategiji Komisija potiče države članice EU i regije da uzmu u obzir stvarne raznolike koristi biogoriva pri izradi svojih strateških i operativnih planova i programa.

Mnoge regije, osobito u ruralnim predjelima središnje i istočne Europe, imaju dobre potencijale proizvodnje i korištenja biomase za stvaranje gospodarskog razvoja i zapošljavanja. Niski radni troškovi i visoka raspoloživost izvora biomase, daju tim regijama komparativne prednosti u proizvodnji sirovina biogoriva. Za programe proizvodnje sirovina i biogoriva postoje fondovi iz kojih se dodjeljuju potpore. Tako se potpora može dobiti za edukaciju poljoprivrednika, opremu za proizvodnju biomase i objekte za proizvodnju biogoriva. Komisija ističe da postojeća politika ruralnog razvoja u EU podupire proizvodnju biomase na farmama, kao i mobilizaciju nekoristene biomase u šumarstvu.

Stoga, Komisija predlaže da članice Unije u svojim strateškim smjernicama za ruralni razvoj više naglašavaju značaj proizvodnje obnovljive energije, uključujući i biogoriva. Osim toga, predlaže formiranje specifičnog tijela za rješavanje biomase i biogoriva u sklopu nacionalnih programa ruralnog razvoja. U skladu s tim potrebno je detaljnije razraditi poreze i oblike potpora za proizvodnju i korištenje biogoriva. Isto tako, Komisija će tražiti od industrije vozila objašnjenje o tehničkim razlozima koji opravdavaju prepreke za uvođenje biogoriva u praksu, te će imati nadzor u svezi rada i ponašanja tih industrija. Dakako, Komisija ističe da će voditi brigu i o utjecaju politike, kao i programa potpore

na proizvodnju i distribuciju biogoriva, na proizvodnju i tržište hrane, kao i na proizvodnju u šumarstvu, te da se njihov međusobni sklad ne smije remetiti.

Širenje opskrbe sirovinama

Poljoprivredna reforma, koju je EU napravila 1992. pomogla je širenju proizvodnje sirovina za biogoriva. Tada je, zbog ravnoteže tržišta žitarica uvedena obveza neobrađivanja jednog dijela zemljišta-ugar. Na tom dijelu zemlja se nije mogla koristiti za poljoprivrednu proizvodnju. Međutim, nakon donesene odluke da se na tom neobrađenom dijelu može proizvoditi biomasa za biogorivo nastale su šire mogućnosti za proizvodnju sirovina, pogotovo što su i potpore usmjerene za poljoprivrednu proizvodnju u korist neprehrambenog lanca. Osim toga, od 2003. godine dodjeljuje se za uzgoj energetskog usjeva na neobrađenom zemljištu posebna premija od 34 eura po hektaru, s tim da je maksimalno zajamčena površina 1,5 milijunu ha. Ako se koristi ukupna površina veća od 1,5 milijuna ha, u tom slučaju se premija proporcionalno smanjuje. Isto tako veća mogućnost opskrbe energetskim sirovinama ostvarena je nedavnim sporazumom o zajedničkom tržištu za šećer. Po tom sporazumu i dalje će uzgoj šećerne repe za bioetanol biti oslobođen kvote. Do kraja 2006. godine Komisija će izraditi shemu s prijedlozima o proizvodnji energetskih usjeva, uzimajući u obzir provedbu postojećih ciljeva o biogorivima. Značaj energetskih usjeva ističe i Vorlop (2005.), a Martin von Lampe (2005.) dokazuje pozitivan utjecaj biogoriva na razvoj poljoprivrede.

Budući da se sirovine biogoriva mogu koristiti i za prehrambene svrhe, mogle bi povoljnije cijene energetskih sirovina izazvati određene poremećaje u ostalim industrijama. Stoga će Komisija razumno nadzirati učinak potražnje za biogorivima i poduzimat će odgovarajuće intervencije. Komisija namjerava mobilizirati neiskorištene potencijale energetskih sirovina, ne samo u poljoprivredi već i u šumarstvu, pa traži način informiranja i financiranja poljoprivrednika i vlasnika šuma o značajkama energetskih usjeva, njihovoj proizvodnji i korištenju za biogoriva. Uz to, Komisija priprema Akcijski plan za šumarstvo u kojemu će proizvodnja bioenergije imati veliku vrijednost. Ovaj Akcijski plan usvojiti će se do kraja 2006. godine i bit će posebno značajan za proizvodnju biogoriva druge generacije.

U svrhu veće opskrbe energetskih sirovina Komisija je nedavno usvojila strategiju za korištenje (reciklažu) otpada i pripremila prijedlog za novi zakonodavni okvir organskog otpada. Pri tome se misli na otpad iz mesne industrije (masti i nusproizvodi), ostatke ulja iz kuhanja, otpad iz tvornice papira i ostali otpadi koji se malo koriste kao energetske sirovine.

Jačanje trgovačkih mogućnosti

Do sada se točne količine uvezene uljane repice, biljnog ulja i etanola u EU nisu mogle odrediti, jer ne postoji specifična carinska klasifikacija za biogoriva. Zbog toga će Komisija razmatrati prednosti i nedostatke, kao i zakonske implikacije prijedloga, za donošenje **zasebnih kodova nomenklature za biogoriva**.

Značajno je što je bioetanol pod tarifnim kodom 2207 oslobođen carinskih pristojbi, za zemlje s kojima je ranije sačinjen sporazum (npr. karipske zemlje, zemlje Pacifika – neke afričke zemlje), kao i neki sačinjeni bilateralni sporazumi (npr. Euro-mediteranski sporazum). Pregovori koji su u tijeku, također će imati utjecaj na daljnje otvaranje tržišta za bioetanol, kao npr. regionalni sporazum o slobodnoj trgovini između EU i zemalja: Brazil, Argentina, Paragvaj i Urugvaj.

Treba istaći da su šećer i bioetanol glavni brazilski interesi i stoga su važan elemenat za pregovore o njihovoj trgovini s EU. Dakle, Komisija se bavi, osim razvojem domaće proizvodnje biogoriva (proizvodnje u državama članicama EU), još i s većom mogućnošću uvoza biogoriva i njihovih sirovina, kao i njihove održivosti. Da bi se zadovoljili interesi domaćih proizvođača i trgovačkih partnera, Komisija će slijediti takozvani **uravnoteženi pristup** u bilateralnim i multilateralnim trgovačkim sporazumima koji su u tijeku sa zemljama koje proizvode bioetanol. Isto tako, Komisija će zadržati iste uvjete u tržišnom pristupu za nove zemlje - proizvođače bioetanola, s kojima će se sklapati trgovački sporazum o njihovom uvozu u EU. Uz to, Komisija drži da bi nadopuna Standarda EN 14214 (koja se odnosi na biodizel) mogla olakšati korištenje šireg asortimana biljnih ulja, s tim da treba imati u vidu isplativost, kvalitetu goriva i standarde održivosti.

Potpora zemljama u razvoju

Europska unija nastoji promicati obnovljive energije unutar Unije, ali istodobno nastoji ojačati međunarodnu suradnju i ulaganja za njezinu proizvodnju, osobito u zemljama u razvoju. Posebno je EU zainteresirana za suradnju sa zemljama koje proizvode šećer. U sklopu ove suradnje EU je spremna poduprijeti prvenstveno razvoj proizvodnih pogona bioetanola ako potrebna istraživanja pokažu ova ulaganja opravdanima.

Suradnja EU sa zemljama u razvoju poduprta je izdanom **Inicijativom za energiju Europske unije** i stvorenom **Koalicijom o obnovljenoj energiji iz Johannesburga**. Inicijativa za energiju usmjerena je na političke razgovore (dijalog), specifična partnerstva, akcije za energiju i ublažavanje siromaštva. Na temelju ove Inicijative EU je u 2006. godini namijenila 220 milijuna eura za proizvodnju

obnovljive energije i to onih sredina u kojima ljudi žive ispod ruba siromaštva. Koalicija o obnovljenoj energiji iz Johannesburga prepoznaje financijske teškoće poslovnih tvrtki koje razvijaju obnovljivu energiju osobito u zemljama u razvoju i usmjeravat će financijsku pomoć ovim tvrtkama. U cilju daljnjeg razvoja biogoriva Komisija će razviti *Paket pomoći za njihovu proizvodnju* u zemljama i regijama gdje projekt biogoriva nude dobru opciju za smanjenje siromaštva. Pri tome će Komisija procijeniti kako može najbolje pomoći u jačanju malih dioničara i privatnog sektora u proizvodnji biogoriva. EU će u svakom slučaju osigurati da navedene mjere razvoja biogoriva budu u potpunosti usklađene s njezinom razvojnom politikom, nacionalnom politikom zemlje koja se podupire i politikom regionalnog razvoja.

U mnogim zemljama u razvoju prethodno je potrebno razviti politiku i strategiju za biogoriva, uzimajući u obzir: nacionalni potencijal, perspektivu nacionalnoga, regionalnog i međunarodnog tržišta, tehničke standarde, infrastrukturu te ekonomske, socijalne i aspekte okoliša. Povezujući navedene elemente i ulagače privatnog i javnog sektora izradit će se temeljni dokument - **nacionalna platforma za biogoriva**, koja će biti ključni korak u procesu razvoja proizvodnje biogoriva. Na regionalnoj razini, regionalne organizacije izradit će **Regionalne akcijske planove za biogoriva**. Oni imaju za cilj razvoj biogoriva i regionalnih tržišta. Dakle, EU uzela je za cilj ispitati kako može najbolje pomoći u razvoju biogoriva na nacionalnim i regionalnim razinama, čiji razvoji će biti održivi u smislu ekologije i ekonomičnosti.

Potpora istraživanjima i razvoju

EU je već odvajala financijska sredstva za istraživanja razvoja industrije i biogoriva. Tako je Projekt EUROBIODIZEL, lansirani 1992. godine pokazao tehničku i ekonomsku isplativost proizvodnje i korištenja za traktore, autobuse i automobile.

Na temelju postojeće platforme za tehnologiju biogoriva financirat će se istraživanja u cilju provedbe zajedničke europske vizije i strategije za proizvodnju i korištenje biogoriva, osobito za primjenu u prometu. Na ostvarenju ovog cilja uključeni su: poljoprivreda, šumarstvo, prehrambena industrija, industrija biogoriva, naftne kompanije, distributeri goriva, proizvođači vozila i istraživački instituti. Pokrenuta je programska suradnja i aktivnosti za istraživanja u svezi proizvodnje i korištenja biomase na europskoj razini, regionalnoj i nacionalnim razinama. Tematika sedmog okvirnog programa istraživanja, (koji će se izvoditi 2007.-2013. godine) daje prioritet istraživanju biogoriva u smislu daljnjeg jačanja

konkurentnosti industrije biogoriva EU. U specifičnom programu, istraživačke aktivnosti usmjerene su na dvije teme: *Energija* s ciljem smanjenja jediničnog troška – goriva, poboljšanjem postojećih tehnologija i razvojem biogoriva druge generacije, te *Hrana, poljoprivreda i biotehnologija* s ciljem poboljšanja proizvodnih sustava biomase. Pri tome koncept **biorafinerija** ima za cilj integralnu uporabu biomase i povećanje konkurentnosti troškova fizikalnih proizvoda, i to glavno usmjerenje u obje teme.

Ostale aktivnosti u razvoju bioenergije uključuju potporu za uvođenje na tržište i širenje dokaznih tehnologija biogoriva pomoću programa *Inteligentna energija – Europa*, izgradnju kapaciteta za unapređenje i demonstraciju, kao i međunarodnu suradnju s razvijenim zemljama, zemljama u razvoju s ciljem daljnjih obostranih koristi i prijenosa tehnologija.

Očekuje se da će istraživački i tehnološki razvoj biogoriva rezultirati smanjenjem troškova njegove proizvodnje za oko 30% poslije 2010. godine.

Zaključak

Temeljni cilj ove *Strategije* je ostvariti ekonomsku isplativost biogoriva. U ostvarivanju isplativosti značajnu ulogu imat će nove tehnologije. Već su počeli procesi novih tehnologija, u ostvarivanju biogoriva druge generacije na postavljenim pilot – projektima. Treba istaći da ova istraživanja imaju značajnu ulogu, jer se očekuje da će razvoj proizvodnje biogoriva druge generacije pridonijeti ostvarenju ekonomske isplativosti.

Napredne tehnologije proizvodnje biogoriva druge generacije također bi mogle biti prijelazni korak u ostvarivanju obnovljivo proizvedenog vodika koji praktično osigurava bezemisijski promet. Međutim, vodik kao gorivo zahtijeva nove tehnologije u proizvodnji motora, velike investicije u tvornice za proizvodnju vodika, ali i nove sustave za distribuciju ovog novog goriva. Zbog tih velikih promjena i ekonomskih ulaganja namijenjena istraživanja trebaju pokazati u kojoj mjeri postoji održivost vodika.

Pristup ovim istraživanjima mora biti strateški a svi procesi proizvodnje i korištenje biogoriva bit će nadzirani. Tako da će razvoj tržišta isplativog i održivog novog goriva (vodika) biti popraćen s odgovarajućim promjenama u Strategiji njegove proizvodnje i korištenja.

Mi u Hrvatskoj moramo ovaj razvoj biogoriva i razvoj goriva općenito pazljivo pratiti. Trebamo se prilagođavati stvarnosti, iskoristiti naše mogućnosti i zadovoljiti svoje potrebe.

Literatura

1. Martin von Lampe (2005): Growing Market Biofuels – Medium – Term Effects on the Agrarian Markets, Kraftstoffe der Zukunft, 3. Internationaler Fachkongress des BBE und der UFOP, Berlin.
2. Schlick, T. (2005): Biokraftstoffe – Sicherung der Mobilität für die Zeit nach dem Öl Kraftstoffe der Zukunft, 3. Internationaler Fachkongress des BBE und der UFOP, Berlin.
3. Vorlop, K.D. (2005): Nachwachsende Rohstoffe – Potenziale und Konversionswege zu Biokraftstoffen, Kraftstoffe der Zukunft 3. Internationaler Fachkongress des BBE und der UFOP, Berlin.
4. Wörgetter, M. (2005): The development of Biofuels for the transport Sector in the View of IEA Bioenergy (IEA), Kraftstoffe der Zukunft, 3. Internationaler Fachkongress des BBE und der UFOP, Berlin.
5. xxxx (2006): An EU Strategy for Biofuels, Commission of the European Communities, COM (2006) 34 final, SEC (2006), Brussels.

Summary

In the European Union, transport is responsible for about 21% of all greenhouse gas emissions. Since oil is almost an exclusive source of energy in transport and the oil prices are constantly rising the decision was made that these ecologic and economic problems in the EU might be successfully solved by the production and use of biofuels. In the light of this decision, several EU countries have been producing biofuel from biomass and using it in traffic in recent years. However, the existing biofuel production technologies are not cost-effective for the EU countries, so that the main concern of the EU Commission for Biofuels is how to achieve the cost-effectiveness of biofuels. Hence, the Commission has recently passed its Strategy for the Production and Use of Biofuels. The Strategy comprises seven sections: Stimulating demand for biofuels, Capturing environmental benefits, Developing the production and distribution of biofuels, Expanding feedstock supplies, Enhancing trade opportunities, Supporting developing countries, and Supporting research and development. Each section describes various measures that the Commission will undertake for promotion, production and use of biofuels. New technologies have an important role in achieving the cost-effectiveness of biofuels. This strategy is therefore based on the improvement of the technologies for the production and use of first-generation biofuels and the development of novel technologies for second-generation biofuels. Naturally, advanced biofuel technologies (both the present and the future ones) might be a step towards the ultimate aim – an emission-free energy for transport. The focus is currently put on the renewable production of

hydrogen; however, the floor is open for better solutions. In any case, each change concerning fuel in transport requires new technological solutions for engines as well as high inputs into fuel production plants and a new system of fuel distribution. Such extensive technological changes require decisions to be made at the highest level, based on appropriate evidence attained as a part of long-term strategies.

Croatia should keep pace with the development of the production and use of biofuels, as well as of fuels in general. We have to adjust ourselves to the reality, make use of our potentials and try to satisfy our needs.

Franjo Tomić, Tajana Krička

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Svetošimunska 25, Zagreb
Faculty of Agriculture, University of Zagreb,
Svetošimunska 25, Zagreb

ENERGETSKA UPORABA ŠUMSKE I POLJOPRIVREDNE BIOMASE U REPUBLICI HRVATSKOJ

THE USE OF FOREST AND AGRICULTURAL BIOMASS IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Josip Dundović, Tajana Krička

Sažetak

Dugoročni cilj hrvatske energetske politike je utrostručiti udio korištenja biomase do 2030. u odnosu na 2000. godinu. U Republici Hrvatskoj, biomasa za termičko korištenje ima velike potencijale. Godišnja proizvodnja ogrjevnog drva Hrvatskih šuma d.o.o. iznosi preko milijun m³, a koristi se za proizvodnju toplinske energije na tradicionalan način. Novom šumskogospodarskom osnovom područja za razdoblje 2006.-2015. god., osim milijun m³ ogrjevnog drva, planira se i proizvodnja daljnjih više od milijun m³ energetskog drva, tzv. šumskog otpada (granjevine, otpad od sječe, kora) za proizvodnju toplinske i/ili električne energije u bioenergana-
ma putem pilot projekata *Energija iz biomase*. Godišnja proizvodnja biomase iz poljoprivrede kreće se oko 1,2 milijuna tona iz ratarske i voćarsko-vinogradarske proizvodnje i 5,6·10⁸ m³ bioplina iz stočarske proizvodnje. Budući da Republika Hrvatska uvozi oko 50% fosilnih energenata (nafta, mazuta, plina), šume te šumska i poljoprivredna biomasa u posljednje se vrijeme promatraju kao značajan energent, posebno što spadaju u skupinu obnovljivih izvora energije. Time se neće potpuno riješiti energetski problem. No, ovim radom htjelo se objasniti da će šumarstvo i poljoprivreda u budućnosti i tu imati veliku ulogu. Hrvatska Vlada dodatnim financiranjem putem poticaja iz Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost potiče, a iz predpristupnog fonda IPARD (2007-2013) poticati će projekte *Energija iz biomase*.

Ključne riječi: biomasa, bioenergija, toplinska energija, bioenergane

Keywords: biomass, bioenergy, thermal energy, bioenergy plants

Uvod

Nedostatak nafte širom svijeta povećao je ovisnost o energiji. Neupitno je da je za zadovoljavanje osnovnih ljudskih potreba važna poljoprivredna, šumarska i industrijska proizvodnja koja je povezana s odgovarajućom potrošnjom određene energije.

Nadalje, porast svjetske potrebe za energijom povezan je porastom broja stanovnika u svijetu. Prognoze UN su da će sa sadašnjih blizu 6 milijarda svjetskog stanovništva, broj stanovnika narasti na 12-13 milijarda u sljedećih 100 godina. Uz to se pretpostavlja da će se početi poduzimati mjere smanjenja porasta stanovništva. Pored samog porasta stanovništva i njihov životni standard utječe na potrebe za većom energijom. Pri tome se pogotovo očekuje i misli na porast stanovništva u zemljama "Trećeg svijeta", čiji stanovnici danas većim dijelom žive na rubu egzistencije. Dakle, jaka industrijska potreba za nadoknađivanjem i za povećanjem životne kvalitete dovodi do znatne potrošnje energenata.

Prema modelu Internacionalnog Instituta za primjenu systemske analize (IIA-SA), računa se da će 2030. god. svjetska energetska potrošnja porasti na $306,6 \cdot 10^{12}$ kWh [2]. Uspoređujući te vrijednosti s 1974. god., svjetska potreba za energijom iznosila je $56,7 \cdot 10^{12}$ kWh (Svjetska energetska konferencija 1974., Detroit) može se uočiti porast za čak 5,5 puta.

Kako bi se izbjegla stvarna ili manipulirana energetska kriza širom svijeta, istraživanja cjelokupnog energetskog potencijala, koji nam stoji na raspolaganju, daje značaj obnovljivim izvorima energije.

Godišnje se na površini zemlje, proizvede 150-170 milijardi tona biomase [5].

U ovom radu prikazani su šumski i poljoprivredni potencijali biomase u Republici Hrvatskoj.

Direktive i regulative u EU i RH

U proteklim se godinama zakonskim direktivama i regulativama, kao i planiranim strategijama u EU nastoji smanjiti uvoz goriva zbog što manje ovisnosti o članicama OPEC-a s jedne strane, kao i smanjenja udjela sumpora, dušika i aromata s druge strane, sve u svrhu poboljšanja kakvoće zraka.

Tako postoji niz direktiva i regulativa u EU, od kojih su značajnije:

- 2001/77/EC – promocija proizvodnje energije iz obnovljivih izvora,
- COM/2001/547 – priopćenje o alternativnim gorivima i o mjerama za promidžbu korištenja biogoriva,
- 2003/96/EC – okvir EU za oporezivanje energenata i električne energije iz obnovljivih izvora,

- | | |
|--------------|---|
| 2004/8/EC | – promocija proizvodnje električne i toplinske energije
putem kogeneracijskih postrojenja, |
| COM(2005)628 | – akcijski plan za biomasu. |

Republika Hrvatska danas troši energije u vrijednosti od 395,94 PJ. Od toga, uvozna energetska ovisnost Republike Hrvatske iznosi 46%. Pri tome je uvozna bilanca:

- 77% nafte,
- 100 % ugljena,
- 25% prirodnog plina,
- 20% električne energije.

Nadalje, od ukupno potrošene energije u Republici Hrvatskoj, najviše se potroši na: 49% tekuća goriva, 25 % prirodni plina, 12% vodne snage, 7% ugljena, 4% ogrjevnog drva te 3% električne energije (MGRP, 2006.).

Iako u zakašnjenju, i u Republici Hrvatskoj se započelo s donošenjem zakonskih regulativa i uredbi o korištenju biomase i bioenergije i to Zakonom o tržištu električne energije (2004.), Zakonom o proizvodnji i distribuciji i opskrbi toplinskom energijom (2005.), Uredbom o kakvoći biogoriva (2005.) te Prijedlogom tarifnog sustava o tzv. zelenoj struji (2006.).

Šumska biomasa kao energent u Republici Hrvatskoj

Danas u Republici Hrvatskoj ima približno 2,5 milijuna ha šuma i šumskog zemljišta koji pokrivaju 44% njezine kopnene površine. Od toga je 2 milijuna ha, odnosno 81%, u državnom vlasništvu, a 0,5 milijuna ha, odnosno 19%, u privatnom vlasništvu.

Od navedenih vrijednosti u državnom vlasništvu, s 1,6 milijuna ha gospodare Hrvatske šume d.o.o.. Na toj se površini prostiru sljedeći gospodarski oblici šuma:

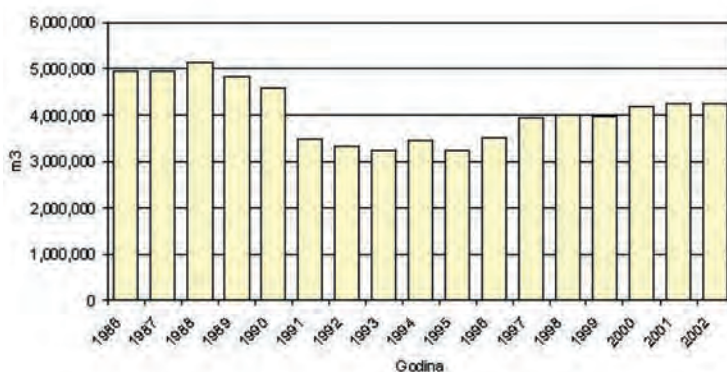
- sjemenjače – 1 milijun ha ili 64%,
- panjače i šikare – 0,5 milijun ha ili 32%,
- ostali degradacijski oblici šuma – 0,1 milijun ha ili 4%.

Udio vrsta drveća je sljedeći:

- bukva, 37%,
- hrast lužnjak, 15%,
- hrast kitnjak, 10%,
- jasen, 4%,
- ostale bjelogorične vrste, 18%,

- jela, 10%,
- smreka, 2%,
- ostale crnogorične vrste, 4%.

Ukoliko se količina šumske mase promatra prosječno po hektaru, tada od ukupno 300 m³/ha (100%), otpadu pripada 17% ili 53 m³/ha, oblovini 58% ili 175 m³/ha, a prostornom drvu 25% ili 74 m³/ha. Drvena zaliha tih šuma iznosi 278 milijuna m³. Godišnji prirast iznosi 8 milijuna m³, a godišnji etat 5 milijuna m³. Svake godine obavi se sječa između 3 i 5 milijuna m³. Na slici 1. prikazane su vrijednosti obavljene sječe u šumama Hrvatske od 1986. do 2002. godine, a na slici 2. podjela drva za energiju prema podrijetlu.



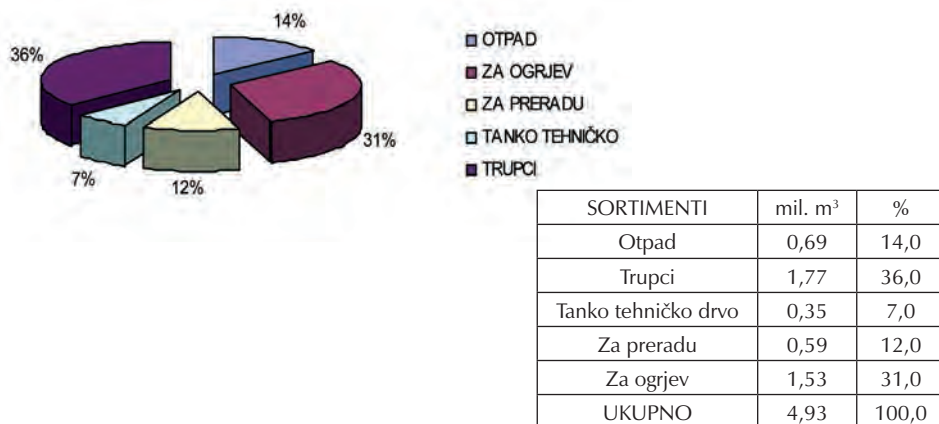
Slika 1. Izvršene sječe u šumama kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o. od 1986. do 2002.

Figure 1. Clearances conducted in the Hrvatske šume d.o.o. forests in the period 1986-2002



Slika 2. Drvo za energiju s obzirom na podrijetlo

Figure 2. Wood for energy according to the origin



Slika 3. Godišnji bruto etat prema ŠGOP 1996. – 2005.

Od 1,9 milijuna m³ prostornog drva, kao ogrjevno drvo koristi se cca. 1,0 milijun m³, a još dio u količini od 150.000 m³ dolazi iz privatnih šuma. Od toga, 400.000 m³ drvnog otpada iz drvne industrije koristi se kao energent u vlastitim sustavima ili lokalnom tržištu. Dakle, 74% ogrjevnog drva dolazi iz šumarstva.

Ako se promatra energetska odnosa obnovljivih i fosilnih energenata, tada možemo uočiti da 1 m² osušene bjelogorice od 450 kg ili 2000 kWh može zamijeniti 262 kg kamenog ugljena, odnosno 210 L lož ulja [7]. Kada se navedene vrijednosti pomnože s gore dobivenim, može se utvrditi da se s trenutno dostupnom šumskom masom godišnje može zamijeniti 200.000 t fosilnih goriva.

Ako se drvo promatra kao energent u sustavu energetskog razvoja, a na temeljima direktiva i regulativa EU do 2010. godine, može se utvrditi da tržište kakvo je danas ne potrebuje sve količine ogrjevnog drva te je temeljem toga novom ŠGOP planirano 1,2 milijuna m³ povećanje etata prethodnog prihoda, uglavnom ogrjeva u razdoblju 2006.-2015. Mogućnost povećanja šumske biomase kao energenta boljim iskorištenjem etata gospodarskih šuma do 2010. godine iznositi će preko 2,6 milijuna m³ i to: 60% ogrjevno drvo (metarsko i višemetarsko te kratko rezano i cijepano drvo – novi proizvod) i 40% sječka (70% iz ogrjeva i 30% iz granjevine i ostataka pri sječi i izradbi – novi proizvod). U izračunu ukupne šumske biomase kao energenta do 2010. godine nisu uzete šume posebne namjene, šume na kršu zahvaćene i degradirane požarima i podizanje novih kultura za energetske potrebe.

Na tim temeljima, na području Hrvatskih šuma napravljeni su *Pilot projekti korištenja energije iz biomase*. U tablici 1. prikazani su navedeni projekti.

a)	NAZIV PILOT PROJEKTA	OGULIN	GOSPIĆ	NAŠICE	ĐURĐEVAC	DELNICE	KRASNO	BELIŠĆE
b)	TRAJANJE PROJEKTA	1994./1995.	2004./2005.	2005./2006.	2005./2006.	2005./2006.	2005.	2005./2006.
c)	SUBJEKTI UKLJUČENI U PILOT PROJEKT	C.A.H.M.E.N. SIKHAUBING Njemačka HRVATSKE ŠUME d.o.o.						C.A.R.M.E.N. Belišće d.d. i HŠ d.o.o.
d)	NOSITELJI / VODITELJI PROJEKTA	HRVATSKE ŠUME d.o.o. USP Ogulin, USP Gospić, USP Našice, USP Koprivnica, USP Delnice, USP Senj Mr.sc. Josip Dundović, Petar Mirković, Slavko Šunjić, Mladen Stunjski						Belišće d.d. i HŠ d.o.o. mr.sc. Željko Duchwald
e)	CILJEVI PROJEKTA	Energetski, ekonomsko-finanacijski, ekološki, promidžbeni i edukativni						energetski, ekonomsko-finanacijski i ekološki
f)	OPIS PROJEKTA	1 MW Dio upravne zgrade, vratarnica, tehnički pregled vozila, (20 obiteljskih kuća 2005./2006.)	1 MW Upravna zgrada USP, gimnazija i osnovna škola	1 MW (2 x 150 Kw Mehanička radionica, USP), dio grada Našice, osnovna škola, srednja škola i bolnica	1 MW Osnovna škola, i dio polovnih zgrada Đurđevac	1 MW Upr. zgrada USP, Osn. Šk., Sport. dvorana, bazen, Dječji vrtić, Ambulanta i banka	150 kW Šumarnja i zgrada za odmor	38 MW Proizvodnja 240.000 tona pare za vli pogone u Belišću

Tablica 1. Pilot projekti korištenja energije iz biomase Hrvatskih šuma
Table 1. Pilot projects of biomass energy utilization from Hrvatske šume

Poljoprivredna biomasa kao energent u RH

Prema Statističkom ljetopisu za 2004. god., u Republici Hrvatskoj ima oko 2,695 milijuna ha poljoprivrednog zemljišta koja pokrivaju 47,62% kopnene površine. Od ukupnog poljoprivrednog zemljišta, 0,89 milijuna ha ili 33% posjeduju pravne osobe i dijelovi pravnih osoba, a 1,805 milijuna ha ili 67% jesu obiteljska poljoprivredna gospodarstva.

Od toga je 1,11 milijun ha za potrebe ratarstva, a 0,116 milijuna ha za potrebe voćarstva i vinogradarstva.

Smatra se da se danas može iskoristiti 30% od ukupno proizvedene količine biomase po ha, a da se ne naruši gospodarenje tlom. U tablicama 2. i 3. prikazana je iskoristiva biomasa važnijih poljoprivrednih kultura, kao i količina bioplina koja se može proizvesti iz raspoložive količine gnoja.

	RATARSTVO	t/god.	VOĆ. I VINOGRADARSTVO	t/god.
1.	Pšenica	305.950	Vinova loza	34.570
2.	Ječam	34.360	Jabuka	33.610
3.	Kukuruz	624.910	Kruška	12.110
4.	Uljana repica	7.820	Breskva	10.900
5.	Suncokret	12.220	Maslina	59.670
6.	Soja	10.460	Šljiva	78.770
7.	Grah	6.690	Višnja	7.510
	UKUPNO	1.002.410	UKUPNO	237.140
ogrijevna vrijednost Hd=11.500-14.500 kJ/kg; Hd=3,19-4,03 kWh/kg			ogrijevna vrijednost Hd=12.600-16.000 kJ/ kg; Hd=3,5-4,4 kWh/kg	

Tablica 2. Iskoristiva poljoprivredna biomasa važnijih poljoprivrednih kultura
Table 2. Usable agricultural biomass of major agricultural cultures

	STOČARSKA PROIZVODNJA	m ³ /god.
1.	Goveda	3,022*10 ⁸
2.	Svinje	2,186*10 ⁸
3.	Konji	0,053*10 ⁸
4.	Ovce	0,198*10 ⁸
5.	Perad	0,151*10 ⁸
	UKUPNO	5,610*10 ⁸
Uz ogrjevnu vrijednost bioplina od 23.000 kJ/kg (6,39 kWh/kg), a čisti metan ima 35.800 kJ/kg (9,94 kWh/kg)		

Tablica 3. Količina bioplina koja se može proizvesti iz raspoložive količine gnoja u RH
Table 3. Biogas quantity producable from the available manure in the Republic of Croatia

Da bi se moglo utvrditi koliki je stvarni energetske kapacitet u navedenoj biomasi, u tablici 4. dat je prikaz energetskog ekvivalenta važnijih kultura.

GORIVO	OGRIJEVNA VR. (kWh/kg)	TEKUĆE ULJE (kg/L)	PRINOS ZRNA (kg/ha)	PRINOS ULJA (kg/ha)
Ječam	4,2-4,8	2,1-1,8	4.000-6.000	1.900-2.800
Pšenica	4,4-4,8	2,0-1,8	4.000-6.000	2.000-3.000
Raž	4,2-4,8	2,1-1,8	4.500-7.000	2.100-3.300
Triticale	4,2-4,8	2,1-1,8	4.500-6.500	2.100-3.300
Uljarice	6,5-7,0	1,4-1,3	3.000-3.500	4.200-4.500
Pogača	6,5	1,4	2.000	2.800

Tablica 4. Energetski ekvivalent važnijih kultura
Table 4. Energetic equivalent of major cultures

Kao što šumska biomasa ima omjer mineralnog goriva i biomase 1:2,5-3,0 u ovisnosti o vlazi, takav isti omjer ima i poljoprivredna biomasa. Na temelju toga i gore navedenih podataka, može se utvrditi da se iz ratarskih, voćarskih i vinogradarskih kultura, kao i iz bioplina može dobiti još 600.000 t ekvivalenta nafte.

Evidentno je da Republika Hrvatska u svojoj biomasi ima velike energetske potencijale.

Zaključci

Može se zaključiti da je u Republici Hrvatskoj u posljednje vrijeme nastupilo:

1. poboljšanje učinkovitosti korištenja energije,
2. povećanje vlastite proizvodnje energije uz smanjenje uvoza,
3. postizanje pozitivnih učinaka na okoliš jer je okoliš neprocjenjiv resurs,
4. stvaranje novih tvrtki i radnih mjesta – prije svega izravno u regiji,
5. otvaranje novih tržišta za domaće gospodarstvo,

6. stvaranje novog tržišta u šumarstvu (posebice tržišta ogrjevnog drva iz proreda čija proizvodnja ostvaruje samo trošak, a drvo ostaje u šumi i time izostaju šumskouzgojne mjere) i poljoprivredi (posebice tržišta energetskeg zrna, biogoriva), ali i proizvodnje toplinske i/ili električne energije,
7. šansa zemljama koje zaostaju u razvoju da si pomognu same u neovisnosti od fosilnih goriva.

Literatura

1. Dundović J. (2004): Šumska biomasa kao energent u Republici Hrvatskoj. Okrugli stol: Dobivanje energije iz biomase, Našice, 1-9.
2. Energija u Hrvatskoj 2004. (2006): Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, Zagreb, 1-223.
3. BIOEN (1998): Program korištenja energije biomase i otpada. Energetski institut Hrvatske, 1998., str. 37-49, 70-81.
4. ...Narodne novine 120/03 (2003): Nacionalna šumarska politika i strategija - Drvena industrija.
5. ... Narodne novine 114/04 (2004): Strategija razvoja industrijske prerade drva i papira.
6. Šumskogospodarska osnova – Uredajni zapisnik (2006), Šumsko-gospodarska područja Republike Hrvatske, Zagreb, 1-626.
7. Energie aus Holz (2005): Informations Broschüre der Landwirtschaftskammer, Landwirtschaftskammer Niederösterreich. 9. überarbeitete Auflage, 1-115.
8. Der Bauer als Energiewirt (2006): Eine Broschüre im Rahmen der EU – Projekte SOLLET, PROGRASS und RECORA, Tulln, Niederösterreich, 1-28.
9. Plank, J. (2006): Versuche mit energiekorn sind erfolg versprechend. Club Niederösterreich, 1: 8-17.
10. Jauschnegg, H. (2006): Heizen mit energiekorn. Club Niederösterreich, 1: 18-57.
11. Nachwachsende rohstoffe, (2001): Neubearbeitung. 2. Auflage, C.A.R.M.E.N.e.V.; Straubing, Deutschland, str. 1-385.

Summary

According to the national long-term energy policy, the biomass utilization should be tripled in 2030 in relation to the year 2000. Biomass for thermal application has great potential in the Republic of Croatia. The annual production of fuelwood by the company Hrvatske šume d.o.o. is over 1 million m³. Fuelwood is used for the traditional production of thermal energy. The new management plan for the area for the period 2006-2015 envisages, apart from 1 million m³ of fuelwood, further production of over 1 million

m³ of energy wood, the so-called forest debris (slash, timber waste, bark) for the production of thermal and/or electrical energy in bioenergy plants via pilot projects "Energy from biomass". Moreover, yearly biomass production in agriculture is approx. 1.2 million tons from crop production and 5.6·10⁸m³ of biogas from livestock production. Since Republic of Croatia imports 50% of fossil energy sources (petroleum, crude oil, gas), forests (and forest biomass) have increasingly been regarded as an important energy source, particularly in view of the fact that they belong to a group of renewable energy sources. This will not bring the final solution to the problem of energy. However, I would like to stress that in future, forestry will play a very important role in this field. The Croatian Government stimulates "Energy from Biomass" projects by additional financing through the Protection and Energy Efficiency Fund incentives and the pre-accession IPARD fund (2007-2013).

Josip Dundović

Hrvatske šume d.o.o., Lj. Farkaša Vukotinovića 2, 10000 Zagreb
Hrvatske šume L.t.d., Lj. Farkaša Vukotinovića 2, Zagreb

Tajana Krička

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb

ŠUME PANJAČE LIČKOG PODRUČJA KAO IZVOR BIOMASE ZA ENERGIJU

COPPICE FORESTS IN LIKA AS A SOURCE OF BIOMASS ENERGY

Igor Anić, Milan Štimac, Slavko Matić, Milan Oršanić

Sažetak

Šume panjače u Lici prostiru se na površini od 96151 ha. U njima je nagomilano 10,1 mil. m³ drvnoga volumena ili u prosjeku 105 m³/ha. Svake godine one prirastu za novih 0,3 mil. m³ drvnoga volumena ili 3 m³/ha. Karakterizira ih raznolika struktura: od normalno sklopljenih, s lijepo oblikovanim, vitalnim stablima među kojima su brojna stabla iz sjemena do onih prekinuta sklopa, s deformiranim i kržljivim izbojcima; od prijelaznih oblika prema sjemenjačama do onih koje su toliko degradirane da ih svrstavamo u šikare. Uzmu li se u obzir površina panjača u Lici, činjenica kako najveći dio sastojina karakterizira izostanak njege te vrste šumskouzgojnih postupaka koji se u panjačama trebaju obavljati, dolazi se do zaključka kako te šume predstavljaju veliki potencijal za proizvodnju biomase za energiju.

Ključne riječi: *Lika, njega panjače, obnova panjače, panjača, šumska biomasa*

Keywords: *Lika, coppice tending, coppice regeneration, coppice, forest biomass*

Uvod

Panjača je šuma koju tvore stabla nastala vegetativnim načinom. Većinom su to izbojci iz panja, rjeđe izdanci iz žilja. Gospodarenje panjačom može se vršiti tamo gdje od prirode pridolaze i dobro uspijevaju vrste drveća koje imaju sposobnost vegetativne regeneracije. U nas su to hrastovi, grabovi, crna joha, jaseni, javori, bukva, vrbe, topole, breza, lipe, pitomi kesten.

Panjača može nastati namjerno i nenamjerno (Matić 1987.). Namjerno, iz gospodarskih potreba kao jedan od uzgojnih oblika šume. Nenamjerno, zbog

pogrešaka prilikom obnove i njege šuma sjemenjača, nekontroliranih sječa ili drugih biotskih čimbenika. Primjerice, ako se sjemenjače u mladosti ne njeguju, posebice u razvojnim stadijima pomlatka i mladika, izbojci iz panja zbog bržega rasta mogu potisnuti biljke iz sjemena. Čista sječa može izazvati nastanak panjače. Neuredno prebiranje uzrokuje postupnu degradaciju sjemenjače u panjaču. Panjače se pojavljuju u nepovoljnim stanišnim prilikama na gornjoj i barskoj granici šume. U nas su najčešće nastajale kao posljedica nešumarskih utjecaja: nekontroliranih intenzivnih sječa u privatnim šumama, brsta stoke, primjerice koza i ovaca u sredozemnome području, nakon požara i sl. Zbog toga Glavač (1962.) panjače dijeli prema načinu postanka na antropogene, zoogene, klimato-gene, hidro-gene i piro-gene.

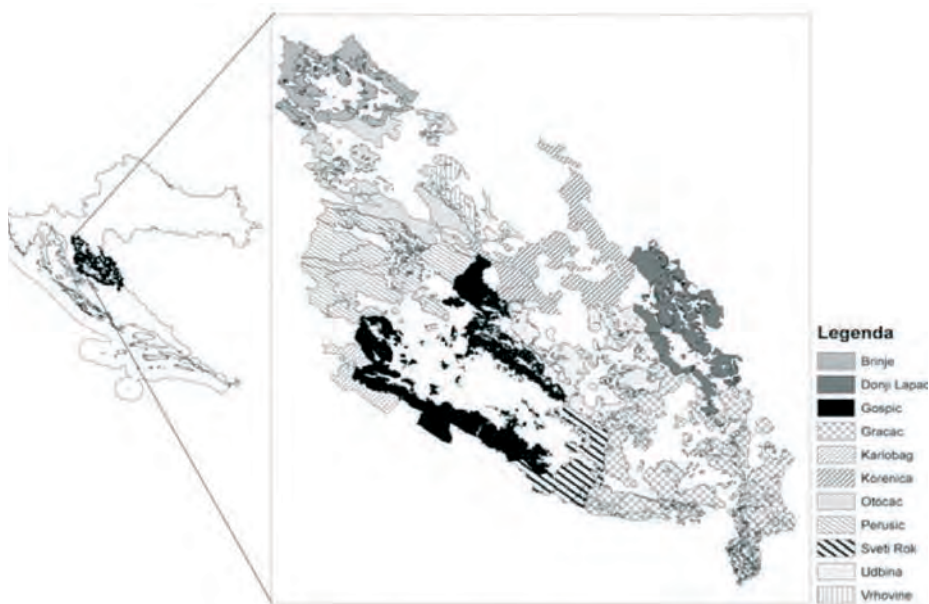
Imajući u vidu da su čiste sječe kao način obnove šuma u nas zakonom zabranjene i da u gospodarenju hrvatskim šumama nikada nisu imale značajnu ulogu, panjače su u nas uglavnom nastajale nenamjerno. Šumu panjaču zbog toga možemo promatrati kao degradacijski oblik šume sjemenjače.

Panjače ličkog područja karakterizira nizak stupanj provedbe njege šuma te slaba otvorenost šumskim komunikacijama (Štimac 2002.). Njegovom šuma uklanjaju se negativnim odabirom izabrana stabla, njeguju pozitivnim odabirom izabrana stabla, preveniraju štete, poboljšava vitalitet sastojine i kvaliteta prirasta. Struktura sastojine oblikuje se na način koji će omogućiti posredno ili neposredno prevođenje panjače u sjemenjaču. S obzirom kako je najveći dio ličkih panjača u dobi 30 – 50 godina, najčešće potrebni postupci njege su čišćenje i prореde. Tim se postupcima njege iz šume panjače ponajprije pridobiva ogrjevno drvo.

Cilj je ovoga istraživanja bio analizirati potencijal šuma panjača u Lici glede proizvodnje biomase za energiju s obzirom na njihovu rasprostranjenost i drvnu zalihu koja bi se iz njih mogla pridobiti provedbom šumskouzgojnih postupaka njege.

Materijal i metode

Šumskim zemljištima ličkoga područja gospodari Uprava šuma podružnica Gospić. Prostiru se na površini od 296 251 ha. Taj prostor omeđuju sjeverni Velebit, Mala Kapela, lička Plješivica, zrmanjski prijevoj s južnim Velebitom te podvelebitsko primorje od Sv. Marije Magdalene do Prizne. U skladu s ciljevima istraživanje je obuhvatilo šume panjače kojima gospodari Uprava šuma podružnica Gospić (Slika 1.).



Slika 1. Područje istraživanja: šumarije Uprave šuma Gospić

Figure 1 Research area: Forest offices of the Forest Administration Gospić

Istraživanje je obavljeno na dvije razine. Prvu razinu predstavlja analiza cjelokupnog prostora Like na kojemu se prostiru panjače. Kao izvor statističkih podataka poslužile su osnove gospodarenja za 79 šumskogospodarskih jedinica. Drugu razinu predstavlja analiza morfoloških i strukturnih značajki karakterističnih sastojina na temelju podataka s trajnih pokusnih ploha postavljenih 2002. godine (Tablica 1.). Na plohama su izmjerene varijable koje daju uvid u morfologiju i strukturu sastojina: totalna klupaža stabala po debljinskim stupnjevima, etažama, vrstama i podrijetlu (generativno ili vegetativno) te uzorak visina. Obavljena je doznaka za njege sastojina proredom. Intenzitet prореde određen je prema Matiću (1989.), a metoda po Dekaniću (1962.). Tom se metodom u proizvodnom dijelu sastojine od ukupnoga volumena prореde doznači najmanje onoliko koliko taj dio sastojine sudjeluje u njenoj ukupnoj drvnoj zalihi. U pomoćnom dijelu sastojine od ukupnoga volumena prореde treba doznačiti najviše onoliko koliko taj dio sastojine sudjeluje u njenoj drvnoj zalihi. Šumskouzgojne preporuke temelje se na rezultatima istraživanja Coppinija i Hermanina (2006.), Ciancija i dr. (2006.), Fabbija i Amorinija (2002.–2004.), Štimca (2002.), Gubke (1996., 1985.), Cantianija i Spinellija (1996.), Čavlovića (1994.) te Matića i Rauša (1986.).

Broj plohe <i>Plot No.</i>	Gospod. jedinica <i>Management unit</i>	Odsjek <i>Dept.</i>	Površina plohe <i>Plot area (m)</i>	Fitocenoza <i>Phytocenosis</i>	N. V. <i>Altitude</i>	Dob <i>Age</i>
1	Risovac-Grabovača	35a	200x50	<i>Lamio orvale-Fagetum sylvaticae</i> Ht. 1938	600-620	47
2	Risovac-Grabovača	14a	200x50	<i>Seslerio-Fagetum sylvaticae</i> / Ht. 1950/ Wraber 1960	600-650	36
3	Risovac-Grabovača	46	100x100	<i>Epimedio-Carpinetum betuli</i> /Ht. 1938/ Borh. 1963	570	37

Tablica 1. Karakteristike pokusnih ploha
Table 1. Properties of the experimental plots

Rezultati istraživanja s raspravom

Šume panjače na istraživanom području prostiru se na površini od 96151 ha (Tablica 2.). Glavne vrste drveća koje ih tvore su obična bukva (*Fagus silvatica* L.), hrast kitnjak (*Quercus petraea* Liebl.), hrast međunac (*Q. pubescens* Willd.), hrast cer (*Q. cerris* L.), obični grab (*Carpinus betulus* L.), bjelograbić (*C. orientalis* Mill.) i crni grab (*Ostrya carpinifolia* Scop.). Najrasprostranjenije su panjače obične bukve. Drvni volumen tih sastojina iznosi 10,1 mil. m³ ili u prosjeku 105 m³/ha. Godišnji prirast drvnog volumena je 0,3 mil. m³ ili u prosjeku 3 m³/ha. Propisani etat za 10-godišnje razdoblje je 1,6 mil. m³ ili 54% prirasta.

Sastojine karakterizira raznolika struktura: od normalno sklopljenih, s lijepo oblikovanim, vitalnim stablima među kojima su brojna stabla iz sjemena do onih prekinuta sklopa, s deformiranim i kržljivim izbojcima; od prijelaznih oblika prema sjemenjačama do onih koje su toliko degradirane da ih svrstavamo u šikare. Tako se na terenu prepoznaju četiri morfološke slike istraživanih panjača koje možemo nazvati prijelaznim panjačama, tipičnim panjačama, panjačama u regresiji i zašikarenim panjačama.

Uredajni razred <i>Management class</i>	Površina <i>Area</i>	Drvena zaliha <i>Wood volume</i>		Godišnji prirast <i>Volume increment per year</i>		10-god. etat <i>10-year felling plan</i>
	ha	m ³	m ³ /ha	m ³	m ³ /ha	m ³
Panjača obične bukve <i>Beech coppice</i>	57078	7664408	134,28	226382	3,96	1328746
Panjača hrasta kitnjaka <i>Sessile oak coppice</i>	11119	711436	63,98	22804	2,05	111305
Panjača hrasta cera <i>Turkey oak coppice</i>	10271	787142	76,64	19507	1,89	109801

Panjača hrasta medunca Pubescent oak coppice	10127	604892	59,73	14719	1,45	27262
Panjača običnoga graba Common hornbeam coppice	3052	106697	35,00	3446	1,13	6448
Panjača crnoga graba Hop hornbeam coppice	2753	105790	38,43	3335	1,21	2928
Panjača ostale bjelogorice Other broadleaves coppice	1719	149390	86,91	4531	2,64	12925
Panjača hrasta lužnjaka Pedunculate oak coppice	32	7429	232,16	201	6,28	1016
UKUPNO – TOTAL	96151	10137184	105,43	294925	3,06	1600431

Tablica 2. Struktura ličkih panjača po uređajnim razredima (Izvor: Odjel za uređivanje šuma, Uprava šuma podružnica Gospić, Hrvatske šume d. o. o. Zagreb)

Table 2. Structure of coppices in Lika by management classes (Source: Department of Forest Management, Forest administration Gospić, Hrvatske šume d.o.o. Zagreb)

Prijelazne panjače. Riječ je o sastojinama prijelazne strukture prema sjemenjačama. Uz izbojke, u njima raste relativno veliki broj stabala generativnoga podrijetla. U najboljem slučaju to su stabla glavne vrste drveća, stablimično raspoređena u sastojinskom prostoru uz okomiti oblik sklopa gdje stabla glavne vrste drveća iz sjemena dominiraju u proizvodnom, a izbojci glavne i sporednih vrsta drveća u pomoćnom dijelu sastojine. Takve sastojine samo nalikuju na one srednjeg uzgojnog oblika, jer u njima nije bilo zavedeno zasebno gospodarenje stablima iz sjemena i stablima iz panja. U nenjegovanim sastojinama može se vidjeti i obrnuta slika gdje su krošnje stabala iz sjemena stisnute između ili potisnute ispod svoda krošnja izbojaka.



Slika 2. Panjača prijelazne strukture neposredno nakon prorede

Figure 2. Coppice of a transitional structure immediately after thinning

Pokusna ploha 1 reprezentira ovaj tip panjače. U toj 47-godišnjoj bukovo-kitnjakovoj panjači s primjesama običnoga graba, brekinje (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) i crnoga jasena (*Fraxinus ornus* L.) rastu ukupno 1403 stabla po hektaru. Od 722 stabla obične bukve i hrasta kitnjaka po hektaru njih 376 ili 52% je generativnoga podrijetla. Gotovo 80% bukovih i 90% kitnjakovih stabala raste u proizvodnom dijelu sastojine. Ukupna drvena zaliha iznosi 228,44 m³/ha od čega je 95% u proizvodnom dijelu sastojine. Temeljnica iznosi 32,84 m²/ha.

Njega proredom u takvoj sastojini ima prvenstvenu zadaću njegovati stabla glavnih vrsta drveća iz sjemena i pomoći oblikovanje optimalne sastojinske strukture. To znači da doznakom treba obuhvatiti izbojke koji ometaju razvoj krošanja dominantnih stabala iz sjemena i najljepših izbojaka. Treba paziti da se ne poremeti stablimičan raspored stabala iz sjemena po prostoru sastojine. Ako to nije slučaj, vitalniji i kvalitetniji izbojci mogu nadomjestiti stabla iz sjemena tamo gdje ih nema, posebice ako je riječ o vrstama koje ubrajamo u skupinu plemenite bjelogorice. Sklop sastojine nakon prorede treba ostati potpun, a vertikalna struktura okomita. Njega ne treba poprimiti karakter niske prorede. U podstojnoj etaži od ukupnoga volumena prorede treba doznačiti najviše onoliko drvene mase koliko ta etaža u postocima sudjeluje u ukupnoj drvnjoj zalihi sastojine. Izbojke koji su jasno izlučeni u podstojnu etažu i ne ometaju razvoj nadstojnih stabala ne treba uklanjati jer čuvaju šumsko tlo i održavaju sastojinsku mikroklimu. Dovoljno je poboljšati njihov vitalitet trijebljenjem.

U skladu s navedenim načelima obavljena je proreda na pokusnoj plohi 1. Njome je ostvaren volumen u iznosu od 44,62 m³/ha ili 19,5% ukupne drvene zalihe (intenzitet prorede). Proreda je najvećim dijelom ostvarena u proizvodnom dijelu sastojine (Tablica 3.).

	Proizvodni dio sastojine <i>Productive part of stand</i>			Pomoćni dio sastojine <i>Auxiliary part of stand</i>		
	Prije prorede <i>Before thinning</i>	Doznačeno <i>Marked</i>	Poslije prorede <i>After thinning</i>	Prije prorede <i>Before thinning</i>	Doznačeno <i>Marked</i>	Poslije prorede <i>After thinning</i>
N (kom/ha)	925	206	719	478	107	371
G (m ² /ha)	29,45	5,48	23,97	3,39	0,88	2,51
V (m ³ /ha)	216,04	40,99	175,05	12,40	3,63	8,77

Tablica 3. Temeljni strukturni elementi sastojine na pokusnoj plohi 1 prije i poslije prorede

Table 3. Basic structural stand elements in experimental plot 1 before and after thinning

Tipične panjače. Riječ je o sastojinama u kojima dominiraju izbojci. Stabla generativnoga podrijetla su malobrojna ili potisnuta. Sastojine su obično potpuno sklopljene, vertikalnoga oblika sklopa gdje izbojci tvore proizvodni i pomoćni dio. U najboljem slučaju izbojci glavne vrste su u proizvodnom, a prijelazne vrste u pomoćnom dijelu sastojine.



Slika 3. Tipična panjača neposredno nakon njege proredom

Figure 3. Typical coppice immediately after thinning

Pokusna ploha 2 predstavlja tipičnu panjaču. U toj 36-godišnjoj bukovo-kitnjakovoj sastojini s primjesama običnoga i crnoga graba, gluhača (*Acer obtusatum* Waldst. et Kit. ex Willd.), breze (*Betula pendula* Roth), divlje kruške (*Pyrus pyrae* Burgsd.), divlje trešnje (*Prunus avium* L.) i topole (*Populus* sp.) raste ukupno 1346 stabala po hektaru. Od 1239 stabala obične bukve i hrasta kitnjaka po hektaru njih 121 ili 10% je generativnoga podrijetla. U proizvodnom dijelu sastojine raste 75% bukovich i 80% kitnjakovih stabala. Ukupna drvena zaliha iznosi 112,81 m³/ha od čega je 94% u proizvodnom dijelu sastojine. Temeljnica iznosi 20,77 m²/ha.

Njega proredom u tipičnim panjačama, pored ostaloga, ima za cilj oblikovati optimalnu strukturu sastojine koja će na kraju ophodnje biti pripravna za prirodnu obnovu te njegovati krošnje i debela najkvalitetnijih izbojaka. S obzirom na to, u sastojinama treba očuvati pravilan raspored vitalnijih izbojaka glavnih vrsta drveća jer će oni poslužiti za prirodno pomlađivanje. Proredom treba zadirati u proizvodni dio sastojine pazeći da se ne poremeti njezina vertikalna struktura.

Proredom na pokusnoj plohi 2 ostvaren je volumen u iznosu od 20,48 m³/ha ili 18,4% ukupne drvene zalihe (intenzitet prorede). Proreda je najvećim dijelom ostvarena u proizvodnom dijelu sastojine (Tablica 4.).

	Proizvodni dio sastojine <i>Productive part of stand</i>			Pomoćni dio sastojine <i>Auxiliary part of stand</i>		
	Prije prореde <i>Before thinning</i>	Doznačeno <i>Marked</i>	Poslije prореde <i>After thinning</i>	Prije prореde <i>Before thinning</i>	Doznačeno <i>Marked</i>	Poslije prореde <i>After thinning</i>
N (kom/ha)	1015	170	845	331	39	292
G (m ² /ha)	18,80	3,37	15,43	1,97	0,31	1,66
V (m ³ /ha)	106,28	19,29	86,99	6,54	1,19	5,35

Tablica 4. Temeljni strukturni elementi sastojine na pokusnoj plohi 2 prije i poslije prореde

Table 4. Basic structural stand elements in experimental plot 2 before and after thinning

U slučajevima pomlađivanja prijelaznih i tipičnih panjača preporuča se obaviti neposrednu konverziju u sjemenjaču. Postupak treba obaviti pod zastorom krošanja starih stabala, oplodnim sječama. Broj sjekova i tempo njihova izvođenja tijekom pomladnoga razdoblja ovisit će ponajprije o šumskouzgojnim svojstvima glavne vrste drveća i razvoju mladoga naraštaja. Ne treba zaboraviti činjenicu kako posljednja proreda može obaviti ulogu pripremnoga sijeka. Pomlađivanje može biti prirodno, kombinirano (prirodno i umjetno) ili umjetno. U posljednja dva slučaja sjetvu ili sadnju sjemena te eventualnu sadnju sadnica treba obaviti pod zastorom krošanja. Postupak neposredne konverzije u sjemenjaču bit će jednostavniji i djelotvorniji ako se obavi na malim površinama, u obliku krugova ili pruga, dio po dio odsjeka ili odjela. Veličina malih površina, tempo oplodnih sječa i pomladno razdoblje ovisit će o vrstama koje se pomlađuju te želi li se u konačnici jednodobna ili raznodobna sastojina (zaštitne šume).

Panjače u regresiji. To su panjače u kojima zbog dugotrajnih degradacijskih procesa izbojci sporednih vrsta drveća dominiraju. Izbojci su slaboga vitaliteta, kratkoga debla, često s rašljom koja počinje već od polovice debla. Sklop sastojine može biti nepotpun. U tom je slučaju sloj grmlja nešto razvijeniji. Vertikalni oblik sklopa još je razvijen. Sastojine se najčešće mogu opisati razvojnim stadijem koljika ili mlade sastojine. Zbog toga su izložene pogibelji brsta, posebice u sredoziemnom dijelu područja.

Pokusna ploha 3 reprezentira ovaj tip panjače. U toj 37-godišnjoj kitnjakovo-grabovoj sastojini s primjesama maklena (*Acer monspessulanum* L.), crnoga jasena, gorskog javora (*Acer pseudoplatanus* L.), divlje trešnje, brekinje, divlje kruške, obične bukve, lipe (*Tilia* sp.) i klena (*Acer campestre* L.) rastu ukupno



Slika 4. *Panjača u regresiji*

Figure 4. *Coppice in regression*

1933 stabala po hektaru. Samo su 94 kitnjakova stabla generativnoga podrijetla. U sastojini dominiraju stabla običnoga graba. Ukupna drvena zaliha iznosi 79,72 m³/ha, a temeljnica iznosi 18,86 m²/ha.

U ovom tipu panjače njega ima za cilj pokrenuti progresijske procese. To znači onemogućiti brst, a od šumskouzgojnih postupaka u obzir dolazi čišćenje (koje s obzirom na stanje sastojine obično ima karakter zakašnjelog čišćenja) i trijebljenje. Postupak se organizira na malim površinama, u obliku pruga koje se planiraju okomito na slojnice ili komunikacije. Drvni materijal može izvrsno poslužiti kao bioenergent jer se lako usitnjava. Prilikom odabira stabala pažnju treba posvetiti očuvanju vitalnijih izbojaka i održanju primjerenog stupnja raznolikosti šumskoga drveća.

Zašikarene panjače. Tu ubrajamo panjače kod kojih su degradacijski procesi uznapredovali do te mjere da sastojine poprimaju značajke degradacijskoga oblika šikare i šikare u progresiji, u kojima je započelo razdvajanje sloja drveća od sloja grmlja, a prostor krošanja se počeo oblikovati.



Slika 5. *Zašikarena panjača*

Figure 5. *Tangled coppice*

Zaštitom od požara, nekontrolirane sječe i brsta postupno će se ostvariti prirodni progresivni pomak ovakvih sastojina prema strukturnoj slici tipične panjače. Po potrebi procesi se mogu pomoći trijebljenjem i čišćenjem.

Provedbom opisanih šumskouzgojnih postupaka njege poboljšala bi se biološka slika prostranoga kompleksa panjača u Lici. Naime, svaka njegovana šuma bolje ispunjava gospodarske i općekorisne funkcije od one koja je prepuštena sama sebi. Istodobno, ostvario bi se prihod drvene biomase za energiju.

Ličke panjače poslužile su samo kao primjer zbog prostranog areala koji obuhvaća kontinentalne panjače i one u Sredozemlju. Uzmu li se u obzir slične površine u ostalim dijelovima Hrvatske, posebice sredozemnom, može se zaključiti o velikom potencijalu panjača i općenito degradiranih šuma u Hrvatskoj glede proizvodnje biomase za energiju. Od strateškog je značenja za državu prepoznati te potencijale i pomoći šumarstvu u njihovu korištenju jer je riječ o ulaganju u poboljšanje strukture šuma u Hrvatskoj uz istodobno širenje uporabe šumske biomase.

Zaključci

Istraživanje potencijala ličkih panjača kao izvora biomase za energiju pokazalo je:

1. Šume panjače u Lici prostiru se na površini od 96150,83 ha. U njima je nagomilano 10,1 mil. m³ drvnoga volumena ili u prosjeku 105 m³/ha. Svake godine one prirastu za novih 0,3 mil. m³ drvnoga volumena ili 3 m³/ha.
2. Uzmu li se u obzir površina panjača u Lici, činjenica kako najveći dio sastojina karakterizira izostanak njege te vrste šumskouzgojnih postupaka koji se u panjačama trebaju obavljati dolazi se do zaključka kako te šume predstavljaju veliki potencijal za proizvodnju biomase za energiju. Njegovom bi se polučila dva cilja: poboljšala bi se struktura, vitalitet i ukupna biološka slika šuma panjača dok bi se istodobno pridobila biomasa za energiju. Od strateškog je značenja za državu prepoznati te potencijale ostvariti ih i tako pomoći šumarstvu.
3. Planirani etat kojim bi se navedeno realiziralo na godišnjoj razini iznosi 160000 m³.
4. Razlikuju se četiri morfološke slike istraživanih panjača: prijelazne panjače, tipične panjače, panjače u regresiji i zašikarene panjače.
5. Njega preredom u prijelaznim panjačama najčešće je potreban uzgojni zahvat. Ima preventivnu zadaću njegovati stabla glavnih vrsta drveća iz sjemena i pomoći oblikovanje optimalne sastojinske strukture.

6. Njega proredom u tipičnim panjačama ima prvenstveni cilj oblikovati optimalnu strukturu sastojine koja će na kraju ophodnje biti pripravna za prirodnu obnovu te njegovati krošnje i debla najkvalitetnijih izbojaka.
7. U panjačama koje su zahvaćene regresijskim procesima prema nižim degradacijskim oblicima njega ima zadatak zaustaviti te procese. Po potrebi, od šumskouzgojnih postupaka u obzir dolaze čišćenje i trijebljenje. Zašikarene panjače treba aktivno zaštititi od požara, brsta i nekontrolirane sječe.

Literatura

1. Cantiani, P., R. Spinelli, 1996: Conversion to high forest of Turkey oak coppices: technical and economical assessment of the first conversion stage. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, 27: 191-200, Arezzo.
2. Ciancio, O., P. Corona, A. Lamonaca, L. Portoghesi, D. Travaglini, 2006: Conversion of clearcut beech coppices into high forests with continuous cover: A case study in Central Italy. *Forest Ecology and Management* 224: 235-240.
3. Coppini, M., L. Hermanin, 2006: Restoration of selected beech coppices. U: *Cultural heritage and sustainable forest management: the role of traditional knowledge*, IUFRO, Proceedings, vol. 1, Florence.
4. Čavlović, J., 1994: Uređivanje šuma niskog uzgojnog oblika (panjača) na području Hrvatskog zagorja. *Glasnik za šumske pokuse* 30: 143-192, Zagreb.
5. Dekanić, I., 1962: Biološki i gospodarski faktori njegovanja sastojina. *Šumarski list LXXXVI*(11-12): 398-402, Zagreb.
6. Fabbio, G., E. Amorini, 2002-2004: Conversion to high forest and natural pattern into ageing *Quercus cerris* coppices. Results from 35 years of monitoring. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, 33: 79-104, Arezzo.
7. Glavač, V., 1962: Prilog definiciji niske šume i tumačenje njenog postanka u našoj zemlji. *Šumarski list LXXXVI*(11-12): 406-407, Zagreb.
8. Gubka, K., 1996: Premeny porastov s nevhodnym drevinovym zloženim. *Vedecke študie*, Technicka univerzita vo Zvolene, 2/1996/A, 43 p., Zvolen.
9. Gubka, K., 1985: Fytotechnika premien hrabovih porastov v slt. *Fageto-Quercetum*. KDP Zvolen, 152 s.
10. Matić, S., 1989: Intenzitet prorede i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka. *Glasnik za šumske pokuse* 25: 261-278, Zagreb.
11. Matić, S., 1987: Gospodarski zahvati u panjačama kao mjera povećanja produktivnosti i stabilnosti šuma. *Šumarski list CXI*(3-4): 143-148, Zagreb.
12. Matić, S., Đ. Rauš, 1986: Prevođenje makija i panjača hrasta crnike u sastojine višeg uzgojnog oblika. *Glasnik za šumske pokuse*, pos. izd. 2, 79-86, 1986., Zagreb.

1. Štimac, M., 2002: Strukturne osobine i uzgojni zahvati u sastojinama niskog uzgojnog oblika na području Like. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 95 str.

Summary

Coppice forests in Lika cover an area of 96,151 ha. They contain 10.1 mil m³ of wood volume, or 105 m³/ha on average. These coppices are characterized by a highly diverse structure that ranges from normally closed forests with nicely shaped, vital trees featuring a number of trees originating from seeds, to forests with a broken canopy and deformed or stunted shoots; from transitional forms towards high forests to forests that are so severely degraded as to be classified as scrub. The size of the area under coppices in Lika and the fact that the majority of the stands are marked by the absence of tending and other types of silvicultural activities required by a coppice allow us to conclude that these forests provide great potential for the production of biomass energy.

Igor Anić, Milan Oršanić

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
Faculty of Forestry, University of Zagreb, Department of Ecology and Silviculture

Milan Štimac

Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Uprava šuma podružnica Gospić
Hrvatske šume L.t.d. Zagreb, Forest Administration Gospić

Slavko Matić

Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
Croatian Academy of Sciences and Arts

BIOMASA NEKIH DOMAĆIH VRSTA ŠUMSKOG DRVEĆA

BIOMASS OF SOME DOMESTIC FOREST TREE SPECIES

Ante P. B. Krpan, Željko Zečić, Igor Stankić

Sažetak

Posebnošću svojih prirodnih značajki Republika Hrvatska zauzima posebno mjesto na karti Europe. Reljefna i klimatska obilježja uvjetovala su pojavu različitih biljnih zajednica na relativno malom prostoru. Očuvanost šumskih ekosustava može se zahvaliti dugoj tradiciji i kvaliteti gospodarenja šumskim resursima. Zbog toga je Hrvatska potencijalni prostor za primjenu mnoštva različitih načina proizvodnje i pridobivanja šumske biomase. Upravo ta složenost jedan je od problema intenzivnijeg korištenja drva kao obnovljivog izvora u energetske svrhe. Do najnovijeg vremena u Hrvatskoj nije bilo tražnje za šumskom biomasom kao novim proizvodom široke namjene i ne postoji tržište u smislu kakvo je poznato u razvijenim zemljama Europe. Od šumske biomase u Hrvatskoj se kao energent tradicionalno koristi samo ogrjevno drvo. Prikazani rezultati istraživanja daju potpuniji uvid u strukturne značajke šumske biomase u prirodnim sastojinama i kulturama. Istraživane vrste drva izabrane su tako da reprezentiraju postojeće stanje potencijala šumske biomase. U radu se prikazuju rezultati istraživanja biomase hrasta lužnjaka, obične bukve, obične jele, jasena i alepskog bora.

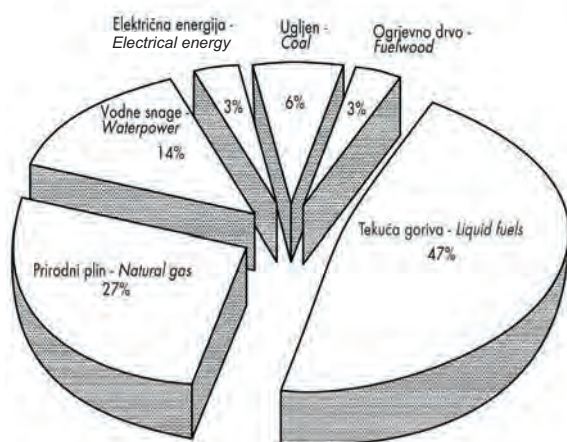
Ključne riječi: *šumska biomasa, hrast lužnjak, jasen, bukva, obična jela, alepski bor*

Keywords: *forest biomass, oak, ash, beech, silver fir, aleppo pine*

Uvod i problem

Tekuća fosilna goriva imaju pretežiti udjel u Hrvatskoj energetske bilanci i čine gotovo polovicu ukupno potrošene energije (47%). Na drugom mjestu nalazi se zemni plin s 27% udjela. Od obnovljivih izvora energije, 14% u ukupnoj

potrošnji čini energija dobivena snagom vode, a ogrjevno drvo sudjeluje sa svega 3% (slika 1.). Poznato je da je drvo, uskladištena energija sunca, od davnina izvor energije za zadovoljavanje ljudskih potreba. Drvo kao izvor energije koristi $\frac{3}{4}$ svjetske populacije. Za stanovnike nekih zemalja u razvoju drvo za energiju još uvijek čini uvjet opstanka. Nije rijetkost da u pojedinim afričkim zemljama drvo čini 90% od ukupno utrošenih energenata.



Slika 1. Potrošnja energije u RH 2002. (Domac, J. i dr., 2001)

Figure 1. Energy consumption in Croatia (Domac, J. et al., 2001)

U Hrvatskoj su 1965. ogrjevno drvo i drvni otpad činili 24,5% od ukupno utrošenih energetske izvora. Od tada se uporaba drva smanjuje ponajviše zbog intenzivnije uporabe obnovljivih fosilnih izvora energije, prije svega nafte. Međutim, aktualni trendovi supstitucije fosilnih goriva s obnovljivim izvorima energije već sada zahvaćaju Hrvatsku, a ulaskom u Europsku uniju to pitanje će se potpuno zaoštriti. Naime, najnovije strateške odluke, donesene s ciljem oslobađanja članica EU od energetske ovisnosti i uvozu energenata (fosilnih) i dosizanja ostalih koristi (staklenički plinovi, socijalna politika i dr.), traže do 2020. godine zamjenu fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije u količini od 20%. Iako su prvi napori na području biomase kod nas učinjeni početkom osamdesetih godina prošlog stoljeća tek su u novije vrijeme vidljivi pomaci u pristupu korištenja biomase za energiju.

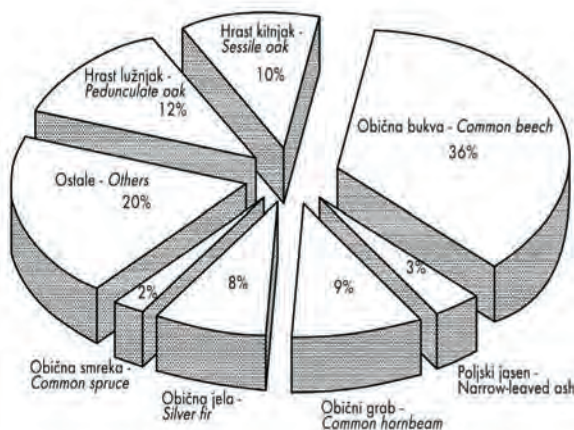
Tako je pri Ministarstvu poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva osnovano Povjerenstvo za biomasu za energiju, Hrvatske šume d. o. o. Zagreb

razvijaju program malih toplana u sjedištima UŠP, doneseni su zakonski akti, prerađivači drva su razvili prvo kogeneracijsko postrojenje pri pilani u Gerovu. Trajno opskrbljivanje energana drvom i drvnim ostacima jedno je od ključnih pitanja s kojim su se susrele mnoge zemlje iz našega okruženja. Stoga je od neprocjenjive važnosti odrediti kapacitete postojećih šuma, a u strategiji razvoja potencijalne proizvodne mogućnosti šumskih (i poljoprivrednih) tala. Poznavanje strukture biomase vrsta drva koje tvore naše šume osnova je za procjenu energetskog potencijala šumske biomase. U smislu biomase za energiju nadzemnog dijela stabala u obzir dolazi obujam ili masa debla ili dijelova debla, krupna i sitna granjevina i kora.

Lisnu masu potrebno je ostavljati u šumi radi održanja njegovih proizvodnih sposobnosti. Udio biomase za energiju u stablima iz neenergetskih šuma, određen je prije svega vrstom drva i njegovim morfološkim značajkama te dimenzijama stabla. Varijacije uzrokovane djelovanjem mnogih vanjskih čimbenika također su prisutne.

Od ukupne kopnene površine Hrvatske (56538 km²), oko 25000 km² (44 %) zauzimaju šume i šumska zemljišta. U državnom vlasništvu je 81% šuma i šumskog zemljišta, a s 19% upravljaju druge fizičke i pravne osobe. Drvena zaliha u državnim šumama iznosi približno 314 mil. m³, ali bez sitne granjevine i stabala ispod taksacijske granice (10 cm). Godišnji prirast procjenjuje se na 9 mil. m³, a etat na 5,5 mil. m³. Za privatne šume ne postoje točni podaci. Važno je napomenuti da su šume u Hrvatskoj, kojima u ime države upravlja trgovačko društvo "Hrvatske šume" d.o.o. Zagreb, certificirane po FSC standardu, što daje poticaj tražnji i uporabi drva iz ovih šuma.

Krupno ogrjevno drvo iz redovite šumarske proizvodnje za sada je najznačajniji izvor energije iz biomase. Ranije (Domac, J. i dr., 2001., Dundović, J., 2005.) su vršene procjene kapaciteta naših šuma s obzirom na biomasu za energiju, od kojih jednu navodimo u daljnjem tekstu. Godišnje se iz šuma u vlasništvu države proizvede oko 1 milijun m³ ovakovog drva. Sakupljanje drvnih ostataka iz sastojine nakon sječe i izrade još nije usustavljeno. Ti ostaci, kao što su otpad, sitna granjevina i kora daju dodatnih 2,2 milijuna m³ potencijalne šumske biomase za energiju. Dodavanjem drvne zalihe šuma niskog uzgojnog oblika, čije se drvo ne može upotrijebiti ni za koje druge svrhe, dobiva se ukupni godišnji potencijal šumske biomase. On iznosi približno 3,92 milijuna m³ na godinu. Kada se tome pribroji i otpad iz drvne industrije vrijednosti su još i veće. Pri kapacitiranju izvora biomase potrebno je razlučiti teoretski potencijal od stvarnog. Potrebno je imati na umu da je kod nas u sadašnjem trenutku uglavnom dostupno ogrjevno drvo iz redovite šumarske proizvodnje te otpad u drveno-prerađivačkim pogonima.

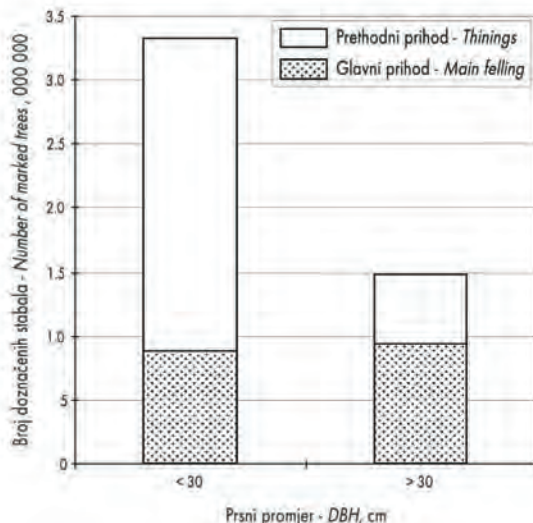


Slika 2. Obujmeni udio vrsta u drvenoj zalihi (Anon., 2006.)

Figure 2. Volume share of tree species in growing stock

Na slici 2. pregled je udjela pojedinih vrsta drva u hrvatskim šumama. Zamjetan je pretežiti udio bjelogoričnih vrsta, među kojima je najzastupljenija bukva. Po zastupljenosti slijede hrastovi, pa zatim skup vrsta pod nazivom ostale tvrde listače (OTL). Skromni udjeli četinjača u nacionalnom šumskom blagu ne umanjuju njihovu gospodarsku vrijednost pa niti u smislu izvora biomase za energiju. Naime, crnogorična stabla u prirodnim šumama nositelji su određene biomase za koju tržište do sada nije imalo interesa, ali koja se u slučaju tražnje (današnja zbilja!) može usmjeriti prema proizvodnji energije. Jelu i smreku, koje su naše najzastupljenije vrste među crnogoricom, u morfološkom smislu obilježava pružanje debla do samoga vrha stabla i tanke grane inserirane u pršljenovima. Kod stabala većine bjelogoričnih vrsta drva deblo se na određenoj visini u krošnji stabala gubi. U krošnjama se pojavljuje krupna i sitna granjevina. U postojećim kulturama primorskih borova, budući da nema tražnje za tehničkim ni za celuloznim drvom sva se biomasa može koristiti za energiju. Energetske šume kratkih ophodnji primorskih borova na neiskorištenim šumskim pa i poljoprivrednim tlima, osim što će pospješiti pripremu tla za pridolazak autohtone vegetacije, trebaju postati trajni izvor biomase za energiju.

Budući da su stabla nositelji biomase za energiju, predložen je broj godišnje doznačenih (i posječenih) stabala u okviru godišnjeg etata prethodnog i glavnog prihoda (slika 3.). Broj se godišnje posječenih bjelogoričnih i crnogoričnih stabala u Hrvatskoj kreće u granicama od 4,5 do 5,5 milijuna jedinki.



Slika 3. Broj doznačenih stabala za sječu u 2003. (Slunjski, M., Bedeković, M., 2003.)

Figure 3. Number of marked trees for felling in 2003

Određivanje kapaciteta stabala s obzirom na biomasu moguće je direktnim izmjerama uzoraka ili procjenom podržanom statističkim metodama. Eckmüller (2006.) udjele iglica i grana smreke i običnog bora procjenjuje alometrijskim funkcijama uz primjenu 3P metode. Gschwantner i Schadauer (2006.) na sličan način procjenjuju biomasu grana debljih od 5 cm bjelogoričnih vrsta drva. Alometrijski model za hrast i grab objašnjava 80%, a za bukvu i jasen 70% varijance. Procjene se temelje na podacima nacionalne šumske inventure.

Tijekom rada na znanstvenoistraživačkim i razvojnim projektima Hrvatskih šuma d. o. o. Zagreb i Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, naša smo istraživanja usmjeravali prema temeljnim spoznajama o strukturi biomase nadzemnih dijelova stabala naših najzastupljenijih vrsta drva u prirodnim sastojinama i kulturama. Svi ovdje prikazani rezultati zasnivaju se na direktnim mjerenjima prema posebno pripremljenim metodama.

Materijali i metode istraživanja

Istraživanja biomase bukve obične (*Fagus sylvatica* L.) provedena su u gospodarskoj jedinici "Bjelovarska Bilogora" (UŠP Bjelovar), hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u gospodarskoj jedinici "Josip Kozarac" (UŠP Zagreb), jele obične (*Abies alba* Mill.) u gospodarskoj jedinici "Belevine" (NPŠO Zalesina, Šumarski fakultet Zagreb) i gospodarskoj jedinici "Milanov vrh" (UŠP Delnice, Šumarija Prezid), a alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) na području Šumarije Zadar (UŠP Split).

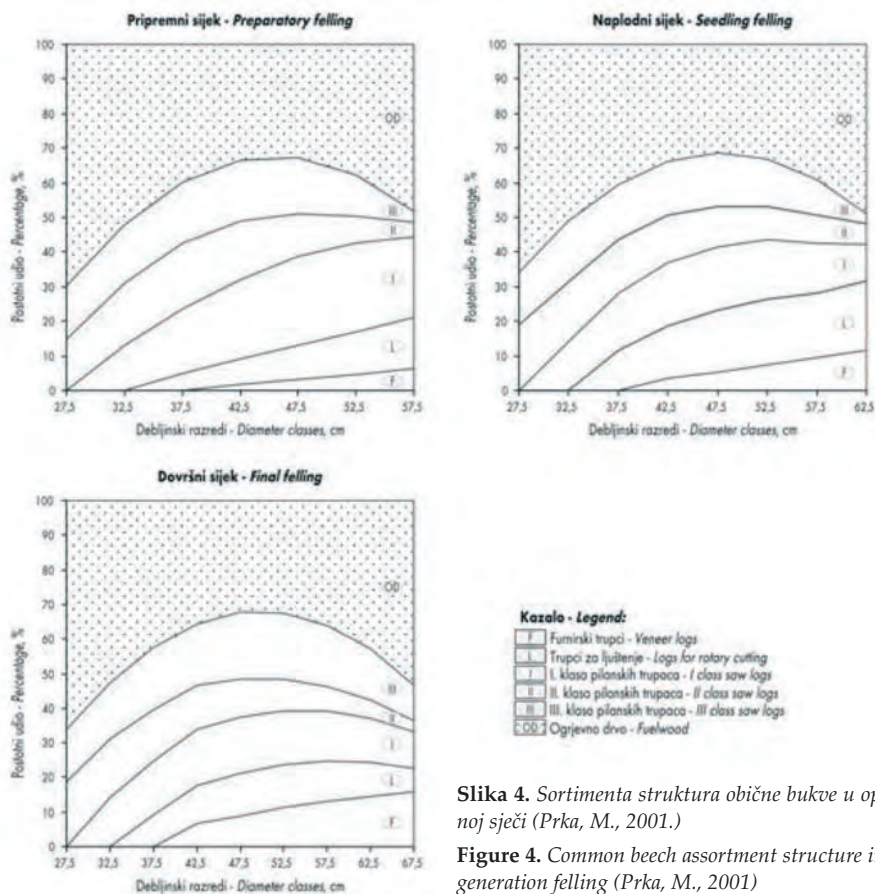
Pri istraživanju obujma krupnoga drva sastavnica nadzemnih dijelova stabala bukve, hrasta lužnjaka i poljskog jasena primijenjena je metoda sekcioniranja. Za utvrđivanje obujma sekcija koristila se Huberova formula.

Ista je metoda primijenjena pri istraživanju jele, s tim da su kod ove vrste obuhvaćene sve grane u krošnji. Pri istraživanju biomase nadzemnog dijela stabala alepskog bora maseno su istražene sve nadzemne sastavnice stabala. Izabrana modelna stabla na plohama su srušena i izrađena, a masa sastavnica nadzemnih dijelova izmjerena je vaganjem. Na svakom je modelnom stablu utvrđena masa krupnoga drva s korom, grana od 3 do 7 cm s korom, grana do 3 cm s korom, izbojaka s iglicama te masa suhih i zelenih češera. Uzorci sastavnica obrađeni su laboratorijski, sušenjem u sušionicima do konstantne težine. Razvrstavanje krupnoga drva stabala na sortimente i razrede (klase) kvalitete unutar sortimentata provedeno je na temelju hrvatskih normi za odnosnu vrstu drva i odnosne sortimente.

Rezultati i rasprava

Šume listača, koje čine 85% drvene zalihe i iz kojih se ostvaruje približno toliko godišnjeg etata, vrlo su važan izvor šumske biomase za energiju. U području krupnoga drva nadzemnog dijela stabala, tj. drva čiji je promjer veći od 7 cm s korom, listače sadrže od 35% do 100% ogrjevnoga drva. U smislu šumske biomase za energiju iskoristivi su i sitniji dijelovi stabala. Poglavitito prema tim dijelovima treba biti usmjerena šumarska pažnja s obzirom na mogućnosti tehnološki svrsishodnije uporabe ili povoljnijega plasmana krupnog ogrjevnog drva na domaćem ili međunarodnom tržištu.

U ukupnom udjelu vrsta po obujmu, obična je bukva zastupljena s 36% te je najčešća vrsta koja tvori čiste ili mješovite šume u Hrvatskoj. Pri sječi bukovih stabala očekuje se od 35% do 100% krupnog ogrjevnog drva. Ogrjevno drvo na svim ispitanim uzorcima oplodnih sijekova zauzima značajan udio (slika 4.). Najmanje ga ima kod stabala prsnog promjera 47,5 cm, a najviše u najtanjem debljinskom razredu, u kojemu zauzima udjel do 70%. S povećanjem debljine stabala iznad 47,5 cm udio ogrjeva se povećava, poprimajući kod najdebljih stabala vrijednosti od oko 50%. Lijevo od najmanjeg debljinskog stupnja sav užiti obujam pripada energetskom drvu, kao i obujam sitne granjevine koji se kod bukovih stabala kreće u visini od 105% do 8% bruto obujma stabla, ovisno o visini stabla i prsnom promjeru (Anon., 1966.). Osim ogrjevnog drva, za proizvodnju energije je važna i kora. Prosječni postotak kore tehničke oblovine, izračunan na uzorku većem od 50 tisuća izmjera, prema drvnom obujmu s korom za kontinentalnu buku iznosi

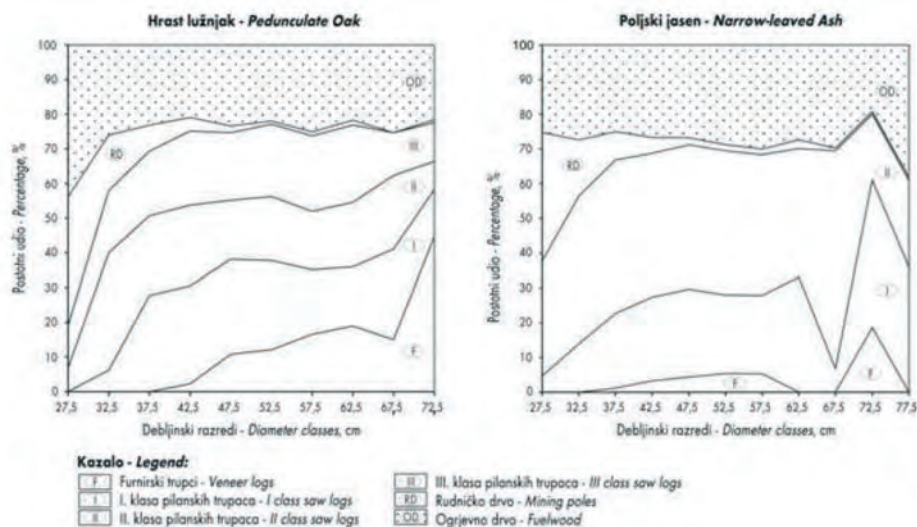


Slika 4. Sortimenta struktura obične bukve u oplodnoj sječi (Prka, M., 2001.)

Figure 4. Common beech assortment structure in regeneration felling (Prka, M., 2001)

4,8% (Prka, 2001.). Tehnička se oblovinu bukve isporučuje s korom. Na taj način kora odlazi u pilane, koje ju, zajedno s pilanskim otpadom, prodaju ili koriste za spaljivanje u vlastitim energanama.

Hrast lužnjak i hrast kitnjak čine 22%, a poljski jasen 6,1% od ukupne drvne zalihe u državnim šumama (slika 2.). Istraživanja su obavljena unazad nekoliko desetaka godina u području nizinskih šuma Hrvatske, prilikom proreda i oplodnih sječa u gospodarskoj jedinici "Josip Kozarac". Udio ogrjevnog drva nije tako velik kao kod bukve i kreće se u rasponu od 25% do 40% (slika 5.) od bruto obujma stabla. Udio kore kod ovih vrsta kreće se u rasponu od 15% do 20% od bruto mase stabla, što će ovisiti o obujmu stabla i debljini same kore. Isto kao kod bukve i drugih bjelogoričnih vrsta tehnička se oblovinu hrastova isporučuje

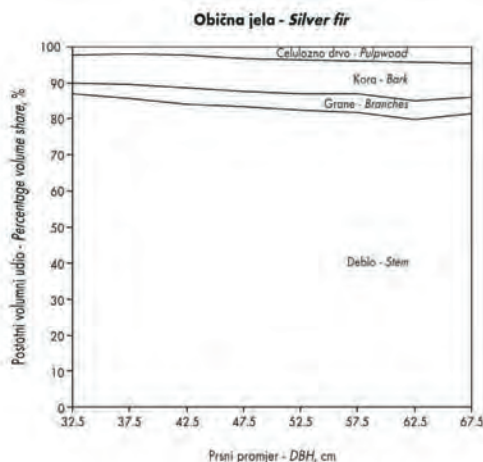


Slika 5. Sortimentna struktura hrasta lužnjaka i poljskog jasena u nizinskim šumama Hrvatske (Anon, 1999.)

Figure 5. Assortment structure of Pedunculate oak and Narrow-leaved ash in Croatian lowland forests (Anon, 1999)

s korom, te kora ulazi na tržište ili u daljnje tehnološke postupke kao sirovinski proizvod drvne prerade.

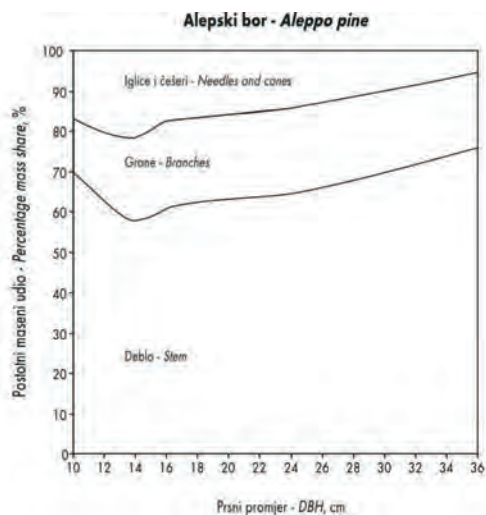
Prema Schwappach-u (Anon., 1966.) postotak sitne granjevine u stablima ovisno o visini i prsnom promjeru stabala kreće se od 190% do 4%. Zrela stabla hrastova s visinama od 30 i više metara sadrže od 4% do 7% sitne granjevine.



Slika 6. Struktura biomase jele obične (Šušnjar, M., 2001.)

Figure 6. Silver fir biomass structure (Šušnjar, M., 2001)

Naše najraširenije četinjače, jela i smreka, zbog velikoga udjela tehničkoga drva u obujmu stabla, nisu tako važni izvori biomase za energiju kao bukva i druge listače. Ipak, stabla tih vrsta sadrže značajnu količinu biomase za energiju. Ispitivanje biomase za energiju obične jele (*Abies alba* Mill.) izvršeno je na 80 stabala u gospodarskoj jedinici "Belevine". Udio kore (od 9% do 12%), šumski ostaci i drveni obujam grana predstavljaju najznačajnije izvore biomase za energiju ove vrste. Zbog sličnih morfoloških značajki vrijednosti za jelu mogu se aplicirati i na smreku iz prirodnih šuma. Ranije su se jelova i smrekova stabla iz šumozaštitnih razloga korala. Otkoravanjem u vrijeme kolanja sokova (ljetna sječa), sva kora otpada s debla te se prirodnim procesom reciklira u šumi. Pri zimskoj sječi (crvena sječa), budući da se izvodi sje kirom tehnikom tesanja, najveći dio kore također ostaje u sječini, ali dio žive crvenkaste kore ostaje na deblovini. U današnjim tehnologijama jelova i smrekova tehnička oblovina se pretežito ne kora već se zajedno s korom isporučuje drvnoj preradbi te kora na taj način ulazi na tržište ili u daljnje tehnološke postupke kao sirovinski proizvod drvne prerade.



Slika 7. Struktura biomase alepskog bora
(Krpan, A. P. B., 2001.)

Figure 7. Aleppo pine biomass structure
(Krpan, A. P. B., 2001)

Područje hrvatskoga krša, posebno njegov otočni i obalni dio sa zaleđem, oskudijeva vlastitom energijom. Alepski je bor iz prirodnih sastojina i kultura, uz ostale šumske vrste mediteranskog područja, izvor biomase za energiju na kojega se u budućnosti može ozbiljno računati.

U Hrvatskoj se alepski bor duž obalnog područja i otoka rasprostire do najsjevernije točke u Istri. Smatra se autohtonom vrstom. U sjevernome se dijelu prirodno ne obnavlja, što je slučaj u srednjem i posebno u južnom priobalnom

i otočnom jadranskom području gdje je u optimumu i izvanredno se prirodno obnavlja bilo nakon sječe ili nakon požara (Trinajstić 1988.). Površina se prirodnih šuma i kultura alepskog bora u Hrvatskoj procjenjuje na 40000 ha, a godišnji etat je oko 120000 m³ (Meštrović i dr., 1996.). Zbog izrazite zasmoljenosti i male trajnosti drva, tržište u ovom času ne traži tehničko drvo alepskoga bora. Slično je s ogrjevnim, odnosno drvom za celulozu pa se sav obujam posječenih stabala alepskoga bora može usmjeriti na dobivanje energije. Sastojine alepskog bora vrlo su osjetljive na požare, koji osim ostalih šteta, otvaraju put eolskoj i pluvioziji i smanjenju proizvodnih sposobnosti tala na kršu. Zbog brzog rasta, posebice u odnosu na bjelogorične autohtone vrste, alepski je bor, uz ostale primorske borove, vrsta izbora za energetske šume kratkih ophodnji u našem mediteranskom pojasu.

Zaključci

Steći djelomičnu neovisnost o uvozu energenata korištenjem domaćih obnovljivih izvora energije, strategija je Europske unije, kojoj se približava i naša zemlja. Na raspolaganju je više vrsta obnovljivih izvora energije, među kojima značajno mjesto zauzima raspoloživa zemaljska biomasa, čiju jednu sastavnicu čini i šumska biomasa. Jedan od osnovnih problema je trajna kontinuirana opskrba energana biomasom. S tim se problemom već sučeljavaju neke zemlje iz našeg okružja, koje su članice EU i koje su donijele usklađene strategije supstitucije fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije. S tim su se problemom susrele i zemlje s najrazvijenijim korištenjem šumske biomase za energiju (Finska), koje u pogonima (do 500 MW) osim šumske biomase alternativno spaljuju treset te naftu. S toga je važno utvrditi teoretske i stvarne kapacitete naših šuma te teoretske i stvarne kapacitete neiskorištenih šumskih (i poljoprivrednih) tala širom Hrvatske. Današnji se stvarni šumski kapaciteti odnose na onaj dio šumske biomase koji je dostupan pri aktualnom stupnju primijenjenih tehnologija pridobivanja i preradbe drva i koji zapravo čini ogrjevno drvo te otpad u drvoprerađivačkoj industriji. Na korištenju tih resursa se, u ovome trenutku, temelji razvoj korištenja šumske biomase za energiju u Hrvatskoj. Međutim, operativno šumarstvo nalazi se pred uspostavom novog proizvoda (usitnjene ili šumske biomase za usitnjavanje) iz do sada nedovoljno korištenog sitnog drva i šumskog otpada, pravilnog odnosa prema vlastitom proizvodu – kori, koja se s tehničkim drvom bez naknade isporučuje drvoprerađivačkim pogonima te biomase iz energetskih plantaža brzorastućih bjelogoričnih i crnogoričnih vrsta drva. Takav pristup umnogome bi pridonio svrsishodnom korištenju postojećih

potencijala šuma i šumskog zemljišta s pozitivnom refleksijom na poslovanje trgovačkog društva, povećanje zaposlenosti i poboljšanje socijalnog statusa dijela stanovništva, posebice u ruralnim dijelovima Hrvatske.

Literatura

1. Anon., 2006: Šumskogospodarska osnova područja Republike Hrvatske 2006.-2015. Hrvatske šume d. o. o., Zagreb.
2. Anon., 1999: Mjerni podaci terenskih nastava iz kolegija Iskorištavanje šuma od 1965.-1999. godine. Zavod za iskorištavanje šuma, Šumarski fakultet Zagreb. Interni pisani materijal.
3. Anon., 1991: Narodne novine 53/91. Narodne novine, Zagreb.
4. Anon., 1966: Šumarsko-tehnički priručnik. S. Luketa, ur., Nakladni zavod "Znanje", Zagreb, 1-568.
5. Domac, J., 2003: Energetsko zakonodavstvo za korištenje šumske biomase i obnovljivih izvora energije u EU i Hrvatskoj, Šumarski list 11-12: 609-616.
6. Domac, J. i dr., 2001: BIOEN – Program korištenja energije biomase i otpada: Nove spoznaje i provedba. Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb (J. Domac, ur.), 1-144.
7. Domac, J., Richards, K. (ur), 2001: Socio-economic aspects of bioenergy systems: Challenges and opportunities, IEA Bioenergy, Task 29, Proceedings of workshop, 1-96.
8. Dundović, J., 2005: Perspektiven für die energetische Nutzung der Biomasse aus dem Wald in der Republik Kroatien, Mitteleuropäische Biomassekonferenz, Graz, Jänner 2005.
9. Eckmüller, O., 2006: Allometric relations to estimate needle branch mass of Norway spruce and Scots pine in Austria. Austrian Journal of Forest Science/Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 123 (1/2), 7-17.
10. Gschwantner, T., Schadauer, K., 2006: Branch biomass functions for broadleaved tree species in Austria. Austrian Journal of Forest Science/Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 123 (1/2), 17-34.
11. Krpan, A. P. B., Prka, M., Zečić, Ž., 2006: Pojava i značajke neprave srži u bukovim prorednim i oplodnim sječama gospodarske jedinice "Bjelovarska Bilogora". Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje 5/2006, 529-542.
12. Krpan, A. P. B., Poršinsky, T., 2006: Proizvodnost sječe i izradbe drva u Hrvatskoj; ili da li nam je nužan tehnološki skok? Glasnik za šumske pokuse. Posebno izdanje, 5 (2006), 515-527.
13. Krpan, A. P. B., Poršinsky, T., Zečić, Ž., 2004: Neki izvori biomase u Hrvatskoj, Simpozij o biomasi, Našice, CD-ROM.
14. Krpan, A. P. B., 2001: Beitrag zur Nutzbarmachung der Biomasse der Alepo-Kiefer (*Pinus halepensis* Mill) in den Beständen des kroatischen Karstes. Grosse, W., Moska-

- lik, T., Paschalis, P., Wippermann, J. (ur.), Formec 2000, 34. Internationales Symposium Mechanisierung der Waldarbeit, Warschau, 100-111.
15. Krpan, A. P. B., 1996: Biomasa za energiju – zbilja hrvatskog krša, Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996., Hrvatsko šumarsko društvo, 221-215.
 16. Meštrović, Š., Čavlović, J., Božić, M., 1996: Razvoj sastojina alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) na području. Hrvatsko šumarsko društvo, Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996., Knjiga 1: Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Zagreb, 335-342.
 17. Prka, M., 2005: Čimbenici kakvoće bukovih stabala i struktura sortimenata iz prorednih i oplodnih sječina Bjelovarske Bilogore. Disertacija, Šumarski fakultet Zagreb, 1-171.
 18. Prka, M., 2001: Udio i kakvoća šumskih sortimenata u oplodnim sječama bukovih sastojina Bjelovarske Bilogore, Magistarski rad, Šumarski fakultet Zagreb, 1-105.
 19. Slunjski, M., Bedeković, M., 2003: Debljinska struktura Plana sječa HŠ d.o.o za 2003. godinu vezana uz mogućnost primjene harvester. Hrvatske šume d. o. o., Zagreb. Stručni skup "Harvester u Hrvatskoj", Bjelovar, 12. 02. 2003. (CD-ROM)
 20. Šušnjar, M., 2001: Neke značajke kakvoće stabala obične jele (*Abies Alba* Mill.) u gospodarskoj jedinici "Belevine" Nastavno-pokusnog šumskog objekta Zalesina. Magistarski rad, Šumarski fakultet Zagreb, 1-156.
 21. Trinajstić, I., 1988: The problem of syntaxonomical connection of the forests of Aleppo pine – *Pinus halepensis* Miller in the Adriatic coast of Yugoslavia, Glasnik za šumske pokuse 24, 233-245.

Summary

Croatia has a special place on the map of Europe due to its peculiar natural features. Its relief and climate have created conditions for the emergence of a wide variety of plant life in a relatively small area. The level at which the ecosystem in forests has been preserved can be attributed to a long tradition and high quality of forest resources management. Hence, Croatia has the potential to apply a multitude of various ways of production and obtaining forest biomasses. Its complexity is, however, one of the problems faced in the context of intensive exploitation of wood as a renewable source of energy. Until recently, there were no great demands in Croatia for biomasses as a possible product of expansive utilization, and there is no market for it in the sense known in the developed European countries. Of the biomasses present in the forest, only wood has traditionally been used in Croatia for heating. The research results presented offer us a complete insight into the structural features of forest biomasses with their natural stands and cultures. The types of wood researched were selected so as

to represent the existing situation of potential forest biomasses. This paper presents the results of the research of biomasses such as oak, beech, silver fir, ash and aleppo pine.

Ante P. B. Krpan, Željko Zečić, Igor Stankić

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Faculty of Forestry, University of Zagreb, Institute of Forest Techniques and Technologies

BIOMASA IZ ULJANE REPICE – OBNOVLJIVI IZVOR ENERGIJE

BIOMASS FROM RAPE SEED AS A RENEWABLE ENERGY SOURCE

Darko Kiš, Vlado Guberac, Tomislav Jurić, Marko Arežina

Sažetak

Biomasa koja nastaje kao sporedni proizvod u poljoprivredi može se smatrati potpuno CO₂ neutralnim gorivom. Plinovi SO₂ i NO_x osim što imaju štetno djelovanje na zdravlje, poznati su i kao “kiseli” plinovi. Pri izgaranju slame, emisija SO₂ je znatno manja u odnosu na fosilna goriva. Emisija NO_x ovisi o izvedbi ložišta, a ložišta s manjim toplinskim opterećenjima daju znatno manju emisiju NO_x. Emisija čestica iz ložišta za slamu bit će vrlo mala zahvaljujući 99%-tnom odvajanju u filtrima. U istraživanje je uključeno tri “00” kultivara uljane repice i to: Bristol, Eurol i Alaska, a koji su uzgajani na poljima Poljoprivrednog poduzeća “Orahovica” tijekom tri godine. Dobiveni rezultati ovoga istraživanja očitovali bi se u primjeni slame uljane repice kao energenta, a koja se javlja kao nusproizvod u proizvodnji biodizelskoga goriva. Budući da RH u ovom trenutku tek započinje s proizvodnjom biodizela i nema riješen problem sanacije nusproizvoda kao čimbenika koji izravno utječe na rentabilnost proizvodnje, ovim prijedlogom sanacije nusproizvoda u proizvodnji biodizela, trajno bi se riješio veliki problem s kojim se susreće svaka država koja ima proizvodnju biodizela.

Ključne riječi: *biomasa, energetska učinkovitost, slama*

Keywords: *biomass, energetic efficiency, oil seed rape, straw*

Uvod i cilj istraživanja

Jedna od stalnih i neophodnih potreba današnjeg čovjeka je potreba za energijom. Napredak civilizacije doveo je do velikih otkrića i velikog napretka u kvaliteti života čovjeka. No, istovremeno je došlo i do velike vezanosti za izvore

energije koji omogućuju održavanje postignute razine napretka i osiguravaju daljnji napredak. Posljedice gubitka opskrbe energijom danas su gotovo nezamislive. Jedan od ozbiljnih problema vezanih za budućnost korištenja fosilnih goriva je iscrpljivanje njihovih izvora.

Danas u svijetu postoji veliki broj projekata i studija o različitim tzv. obnovljivim izvorima energije. Među njima, sigurno su najinteresantnija biogoriva. Biogoriva danas predstavljaju najvredniji oblik obnovljivih izvora energije. Postoje dvije vrste biogoriva: alkoholna (kao zamjena ili dodatak benzinu u benzinskim motorima) i biljna ulja (kao zamjena ili dodatak nafti u dizelskim motorima). Zbog klimatskih uvjeta Europa se opredijelila za proizvodnju ulja za biodizelsko gorivo, a zbog načina uzgoja kao i načina proizvodnje goriva najprikladnija kultura je uljana repica.

Značaj uljanih kultura i njihovih proizvoda na svjetskom tržištu sve je veći. Uljana repica među njima zauzima značajno mjesto, a u oko 30 zemalja u svijetu je najvažnija uljana kultura. Prema podacima FAO statistike (www.fao.org), u zadnjih 10 godina, prosječne površine pod uljanom repicom iznose 24.260.596 ha sa prosječnim prinosom 1,52 t/ha. U Europi, u zadnjih 10 godina je požnjeveno 4.476.448 ha s prosječnim prinosom 2,65 t/ha. Prosječne površine, u zadnjih 10 godina, u Republici Hrvatskoj pod uljanom repicom iznose 11.894 ha s prosječnim prinosom 2,03 t/ha.

Problematika i pregled literature

Osim ulja kao osnovnog proizvoda, uljana repica kao biljka ima još čitav niz prednosti u poljodjelstvu.

Uljana repica ima ozimu i jaru formu. U Europi i kod nas pretežno se uzgaja ozima forma kupusne uljane repice i to na više od 90% ukupnih površina. Ozime forme uljane repice daju značajno veće prinose. Uljana repica se uzgaja radi sjemena, koje sadrži 40%-49% ulja i 18%-25% bjelančevina. Intenzivnim i oplemenjivačkim radom u posljednjih 35 godina stvoreni su kultivari uljane repice s povoljnim sadržajem masnih kiselina i dobre kakvoće sačme (Gross, 1988., Mustapić i sur. 1994.). Smanjen je sadržaj nepoželjne eruka kiseline ispod 2% i visokonezasićene kiseline ispod 10%, a povećan je sadržaj poželjnih, oleinske (iznad 60%) i linolne (iznad 15%) (Mustapić i Pospišil, 1995.). Time se vrijednost ulja uljane repice izjednačila s biljnim uljima najbolje kakvoće. Uvođenjem "00" kultivara značajno je i povećana kakvoća sačme. Količina glukozinolata u sačmi s nekadašnjih preko 150 $\mu\text{mol/g}$ na ispod 30 $\mu\text{mol/g}$. Daljnja poboljšanja nastaju uzgojem novih "000" kultivara koji su bez eruka kiseline, s vrlo niskim sadržajem glukozinolata (0 -10 $\mu\text{mol/g}$), s reduciranom linolenskom kiselinom (0 – 5%) i sa smanjenom količinom sirovih vlakana u ljusci od 7% do 10% (Mustapić i sur.,

1993.; Pospišil i sur., 1997.). Najveći korisnici pogače i sačme su Kina (34%) i EU-15 (27%) a slijede ih Indija (12,5%) i SAD (5%) (Gustone, 2001.). Zbog sve većih zahtjeva prema poljoprivredi, vezanih za proizvodnju ekološki ispravne hrane, upravo je pogača i sačma zbog svojih energetsko-nutritivnih vrijednosti uspješno zamijenila spornu komponentu animalnog podrijetla u stočnoj hrani.

Znatnu količinu biomase moguće je koristiti za proizvodnju energije (Katić, 1997.). Tako slama uljane repice, uz ulje i sačmu ili pogaču te glicerol postaje važan nusproizvod pogodan za proizvodnju energije (oko 15 MJ/kg). Slama uljane repice ima vrlo slična svojstva i gorivu vrijednost kao i ostaci žitarica, tako da se za njezino prikupljanje može koristiti postojeća mehanizacija (Bugge, 2001., Donlagić i sur., 2002.).

Ova istraživanja provedena su s ciljem ispitivanja gospodarskih i drugih svojstava europskih "00" kultivara uljane repice u našim agroekološkim uvjetima te na temelju dobivenih rezultata uvesti u proizvodnju samo najperspektivnije.

Materijal i metodika istraživanja

U istraživanje je uključeno tri "00" kultivara uljane repice i to: Bristol, Eurol i Alaska. Bristol i Eurol su francuske sorte tvrtke Monsanto S.A.S., a Alaska je njemačka sorta tvrtke KWS, a provedeno je na poljima Poljoprivrednog poduzeća "Orahovica", Radna jedinica Zdenci, tijekom tri godine. Veličina table na kojoj su bili zasijani kultivari iznosila je 34 ha. U sredini table zasijan je pokus i to svaki kultivar na površini 0,6 ha i to: 6m x 1000m. Razmak između parcelica (kultivara) iznosio je 1m. Tlo na kojem je postavljen pokus je pseudoglej. Predkultura pokusu bila je pšenica. Agrotehnički zahvati na cijeloj tabli pod uljanom repicom, kao i na istraživanoj parcelici, sastojali su se u sljedećem: tanjuranje strništa, startna gnojidba, prije oranja: 41 kg N₂, 117 kg P₂O₅ i 176 kg K₂O, oranje na dubinu 30 - 35 cm, zatvaranje brazde tanjuračem 2x tragom, ravnanje i blanjanje, predstjevena inkorporacija herbicidima Devrinol 2,7 kg/ha i Trifluorex 1,5 kg/ha, sjetvospremač 1x tragom, sjetva žitnom sijačicom, norma sjetve 4,6 kg/ha, prva prihrana s 54 kg N₂ (KAN), od 12.02. – 16.02. i druga prihrana s 43 kg N₂ (KAN), od 28.02 – 05.03.

U žetvi je utvrđen prinos pojedinih kultivara u pet ponavljanja i pri tom su mjerene sljedeće vrijednosti: duljina i masa cijele biljke, broj grana, masa centralne grane i masa sporednih grana, visina do granjanja, visina do prve komuške, visina od grananja do prve komuške i duljina biljke s komuškama. Na taj način odredila su se morfološka svojstva i sastavnice prinosa "00" kultivara uljane repice, a višestrukim korelacijama prikazana je ovisnost prinosa o pojedinim sastavnicama prinosa. Mjerena je vlažnost centralne i sporednih grana određena je

klasičnom metodom u sušnici na 105°C u trajanju tri sata. Na taj način utvrđena je stvarna količina raspoložive slame po ha te izračunata donja ogrjevna vrijednost biomase, odnosno utjecaj vlage biomase na potrebnu količinu. Naime, prilikom izgaranja biomasa troši vlastitu energiju na isparavanje vode, što uvelike utječe na energetske bilancu kogeneracijskih postrojenja.

Laboratorijskom obradom uzoraka stabljika istraživanih kultivara, u laboratoriju "Kreka" Tuzla, izračunati su osnovni energetske podaci važni za korištenje biomase kao goriva. Donja ogrjevna vrijednost određena je kalorimetrom C 4000, a ostali elementi izgaranjem u keramičkim lončićima na temperaturi 900°C.

Rezultati i rasprava

U žetvi su utvrđene sljedeće vrijednosti: duljina i masa cijele biljke, broj grana, masa centralne grane i masa sporednih grana, visina do grananja, visina do prve komuške, visina od grananja do prve komuške i duljina biljke s komuškama. Na taj način odredila su se morfološka svojstva i sastavnice prinosa istraživanih "00" kultivara uljane repice.

Rezultati morfoloških svojstava i sastavnica prinosa prikazani su u tablici 1. Iz iste je vidljivo da nije bilo bitne razlike između istraživanih kultivara u morfološkim svojstvima i broju biljaka po jedinici površine te su razlike u prinosu sjemena posljedica specifičnosti genotipa i njegove prilagodbe agroekološkim uvjetima istraživanog lokaliteta.

	Masa cij. bilj. (g)	Duljina cij. (cm)	Broj grana	Masa cen. gran. (g)	Masa spor. gr. (g)	Masa pun. komuš. (g)	Prinos po biljci (g)	Prinos/m ² (g)	Br.bilj./m ²
ALASKA									
Min	129,76	116	9	60,24	31	13,24	6,59	285	38
Max	478,87	210	14	330	167	29,65	14,69	501	43
Prosjeck	218,19	165,72	11,19	131,00	67,78	19,41	9,11	368,6	40,2
BRISTOL									
Min	124,65	112	10	58,6	23	12,98	5,42	306	36
Max	406,14	186	15	201	185	30,21	14,26	548	46
Prosjeck	218,40	153,11	11,89	110,14	85,35	22,91	10,27	406,93	40,27
EUROL									
Min	107,02	114	9	61,53	27	11,23	5,32	279	39
Max	473,64	183	14	215	242	29,25	13,56	479	44
Prosjeck	237,57	153,36	11,53	122,88	96,83	17,86	8,66	259,93	41,27

Tablica 1. Morfološka svojstva i sastavnice prinosa

Table 1. Plant morphological properties and yield

Višestruke korelacije nekih morfoloških svojstava i sastavnica prinosa (tablica 2.), pokazuju da je prinos po jedinici površine bio u vrlo značajnoj korelacijskoj vezi s prinosom po biljci (0,991**), masom cijele biljke (0,930**), masom centralne grane (0,924**) i masom komuški (0,959**) a značajnoj korelacijskoj vezi s brojem grana (0,696*), masom sporednih grana (0,697*) i duljinom cijele biljke (0,692*). Rezultate s ovakovim trendom dobili su Pospišil i Mustapić (1995.).

S gledišta prinosa biomase broj grana je u važnoj pozitivnoj korelaciji s masom cijele biljke (0,758*). Također, što je stabljika viša i veća visina do prve komuške (0,990**) veća je i duljina s komuškama (0,920**). Visina do grananja u pozitivnoj je i vrlo značajnoj korelaciji s dužinom biljke s komuškama (0,948**). Masa centralnih grana (masa grane bez komuški) i masa sporednih grana u pozitivnoj su korelaciji, ali ne značajnoj (0,633). Što je veća visina biljke veća je i masa komuški (0,675*). Veća visina do prve komuške rezultirala je većom masom komuški (0,678*). Duljina cijele biljke bila je u značajnoj i vrlo značajnoj pozitivnoj korelaciji s visinom do grananja, dužinom biljke s komuškama i visinom do prve komuške. Ovakovi rezultati potvrđeni su i kod drugih kultivara Pospišil i Mustapić (1997.)

	Prinos/biljci	Broj grana	Masa cijele biljke	Masa centralne grane	Masa sporednih grana	Duljina cijele biljke	Visina do grananja
Prinos/m ²	0,991**	0,696*	0,930**	0,924**	0,697*	0,692*	0,515
Prinos/biljci	-	0,666*	0,875**	0,882**	0,628	0,680*	0,517
Broj grana		-	0,758*	0,581	0,837**	0,073	-0,161
Masa cijele biljke			-	0,940**	0,857**	0,599	0,382
Masa centralne grane				-	0,633	0,807**	0,630
Masa sporednih grana					-	0,140	-0,086
Duljina cijele biljke						-	0,963**
Visina do grananja							-

Tablica 2. Višestruke korelacije morfoloških svojstva i sastavnica prinosa

Table 2. Correlation between morphological properties and yield components

Vlažnosti centralne i sporednih grana mjerene su klasičnom metodom u sušnici na 105°C u trajanju tri sata. Na taj način utvrđena je stvarna količina raspoložive slame po ha. Poznavajući navedene podatke, vrijednosti biomase

kao goriva (tablica 3.), uz 30% iskorištenja slame za istraživane kultivare po godinama, izračunata je ekvivalentna količina zemnog plina, ekvivalentna količina tekućeg lakog goriva i ekvivalentna količina mazuta po jedinici površine, tj. jednom hektaru. Navedeni podaci prikazani su u tablici 4.

ANALITIČKI PODACI		ALASKA	BRISTOL	EUROL
Gruba vlaga	%	30,40	30,10	30,20
Pepeo	%	5,44	4,88	6,88
Ishlapljive tvari	%	46,47	49,45	44,61
Sagorljive tvari	%	58,37	59,21	56,68
C – fix	%	11,90	9,76	12,07
Koks	%	17,34	14,64	18,95
Sumpor sagorljivi	%	Nema	Nema	Nema
Sumpor vezani	%	Nema	Nema	Nema
Gornja ogrjevna vrijednost	kJ/kg	12065	13017	11166
Donja ogrjevna vrijednost	kJ/kg	9864	10603	8958
Hlapljivi sastojci bez vlage i pepela	%	79,61	83,52	78,70

Tablica 3. Vrijednosti biomase kao goriva

Table 3. Biomass properties

Kultivar	Godina	Masa kg/ha w_1	Masa kg/ha $w_2 = 30\%$	Ener.vrij. MJ/ha $w_2 = 30\%$	MJ/ha $\eta = 30\%$	Ekvivalent zemni plin Nm ³ /ha	Ekvivalent tek. gor. lako kg/ha	Ekvivalent mazut kg/ha
Alaska	2001	126897,7	50777,21	500866,4	150259,9	4222,21	3571,07	3664,88
	2002	57589,52	15738,39	155243,5	46573,0	1308,67	1106,85	1135,93
	2003	57757,09	18531,78	182797,4	54839,2	1540,95	1303,31	1337,54
Prosjek					83890,7	2357,28	1993,74	2046,12
Bristol	2001	125825	49754,79	527550,1	158265,1	4447,15	3761,32	3860,12
	2002	44655,19	13434,83	142449,5	42734,8	1200,82	1015,64	1042,31
	2003	68494,73	28180,69	298799,9	89639,9	2518,83	2130,38	2186,34
Prosjek					96879,9	2722,26	2302,44	2362,93
Eurol	2001	155227	58698	525816,7	157745,1	4432,53	3748,96	3847,44
	2002	59884,59	20352,21	182315,1	54694,5	1536,88	1299,87	1334,01
	2003	61282,45	20372,04	182492,7	54747,8	1538,38	1301,13	1335,31
Prosjek					89062,4	2502,60	2116,65	2172,26

Tablica 4. Prosječna energetska vrijednost biomase i ekvivalenta drugih goriva za kultivare Alaska, Bristol i Eurol u 2001., 2002. i 2003. godini

Table 4. Average energetic value of biomass and eq. of other fuels for Alaska, Bristol and Eurol cultivars in the years 2001, 2002 and 2003

Usporede li se vrijednosti s dosadašnjim istraživanjima (Domac, 2000., Krička i sur. 2000.) dobivene vrijednosti potvrđuju isto.

Zaključak

Na temelju trogodišnjih vlastitih istraživanja (2003., 2004. i 2005.) kultivara uljane repice (Bristol, Eurol, Alaska), kao energenta u proizvodnji biodizelskoga goriva, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Dobiveni rezultati morfoloških svojstava pokazali su da nije bilo velike razlike između istraživanih kultivara u morfološkim svojstvima i broju biljaka po jedinici površine te su razlike u prinosu sjemena posljedica specifičnosti genotipa i njegove prilagodbe agroekološkim uvjetima istraživanog lokaliteta.
2. Višestruke korelacije nekih morfoloških svojstava i sastavnica prinosa pokazuju da je prinos po jedinici površine bio u vrlo značajnoj korelacijskoj vezi s prinosom po biljci (0,991**), masom cijele biljke (0,930**), masom centralne grane (0,924**) i masom komuški (0,959**), i značajnoj korelacijskoj vezi s brojem grana (0,696*), masom sporednih grana (0,697*) i duljinom cijele biljke (0,692*).
3. S gledišta prinosa biomase broj grana je u važnoj pozitivnoj korelaciji s masom cijele biljke (0,758*). Također, što je stabljika viša i veća visina do prve komuške (0,990**) veća je i duljina s komuškama (0,920**). Visina do grananja u pozitivnoj je i vrlo značajnoj korelaciji s dužinom biljke s komuškama (0,948**). Masa centralnih grana (masa grane bez komuški) i masa sporednih grana u pozitivnoj su korelaciji, ali ne značajnoj (0,633). Što je veća visina biljke veća je i masa komuški (0,675*). Veća visina do prve komuške rezultirala je većom masom komuški (0,678*). Duljina cijele biljke bila je u značajnoj i vrlo značajnoj pozitivnoj korelaciji s visinom do granjanja, dužinom biljke s komuškama i visinom do prve komuške.
4. Uporabom 30% slame uljane repice, u trogodišnjem prosjeku, najbolje rezultate je pokazao kultivar Bristol s 96,88 GJ/ha ili je to zamjenica 2722,26 Nm³/ha zemnog plina ili 2,362 t/ha mazuta, kultivar Eurol, s 30% iskorištenja slame ima energetska vrijednost 89,062 GJ/ha ili je to zamjenica 2502,60 Nm³/ha zemnog plina ili 2,172 t/ha mazuta, a kultivar Alaska ima energetska vrijednost, 83,890 GJ/ha ili je to zamjenica 2357,28 Nm³/ha zemnog plina ili 2,046 t/ha mazuta. To su velike količine energije koju možemo iskoristiti za sušenje sjemenki uljane repice na 6% vlage te zadovoljiti ostale potrebe za energijom.

5. Temeljem svega navedenog istraživani kultivari uljane repice svojim karakteristikama potvrđuju opravdanost sjetve, te se mogu koristiti kao sirovina za proizvodnju ulja, a time i biodizelskog goriva i biogoriva.

Literatura

1. Bugge, J. (2001): The Energy purpose market for Rapeseed oil. Danish Center for Plant Oil Tehnology, www.folkecenter.dk.
2. Donlagić, M., Andrejaš, F., Avdić, G. (2002.): Primjena slame u proizvodnji toplinske energije. I. Hrvatska konferencija Ekoinženjerstvo 2002., Plitvička jezera, 87.
3. EC (1997): White paper for a Community Strategy and Action plan. Energy for the Future, Document (95), Luxemburg, 682.
4. Gross, K. J. (1988): 00 – Rapsschrot in der Futerung. Raps, München, 2.
5. Gustone, F. D. (2001): Production and consumption of rapeseed oil on a global scale. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 103, Weinheim, 447-449.
6. Katić, Z. (1997): Sušenje i sušare u poljoprivredi. Multigraf, Zagreb.
7. Krička, Tajana; Voća, N.; Jukić, Ž.; Hrsto, D. (2000). Biodizel gorivo kao prekretnica u hrvatskoj poljoprivrednoj proizvodnji. 16 Hrvatsko savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke Toplice, 1-16.
8. Mustapić, Z.; Pospišil, M.; Kunšten, B. (1993): Tehnologija proizvodnje uljane repice u Hrvatskoj 1992. godine i mogućnosti unapređivanja. Poljoprivredne aktualnosti, Vol 29, Zagreb, 473-482.
9. Mustapić, Z.; Pospišil, M.; Kunšten, B. (1994): Mogućnosti korištenja sačme uljane repice novih "00" kultivara u hranidbi stoke. Poljoprivredne aktualnosti, Vol 30, Zagreb, 28-293.
10. Mustapić, Z.; Pospišil, M. (1995): Kakvoća ulja i sačme novih "00" kultivara uljane repice. XI. Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke Toplice, 66-73.
11. Pospišil, M.; Mustapić, Z., (1995): Evolucija novih "00"- kultivara uljane repice. Sjemenarstvo, broj 4-5, Zagreb, 273-282.
12. Pospišil, M.; Mustapić, Z.; Sever, K. (1997): Prinos i kakvoća novih "00" kultivara uljane repice. Sjemenarstvo, Vol 14, Zagreb, 173-179.

Summary

Biomass as an agricultural by-product is considered a completely CO₂-neutral fuels. SO₂ and NO_x gases are not only health-harming but also known as "sour" gases. When straw burns, the SO₂ emission is considerably lower than in the case of fossil fuels burning. The NO_x emission depends on the construction of burners. The burners with less heating pressure have a sig-

nificantly lower NO_x emission. The emission of particles from straw burners will only be very low thanks to the filtering rate of 99%. The research included three "00" oil rape cultivars: Bristol, Eurol and Alaska. Bristol and Eurol are French sorts, produced at the breeding company of Monsanto, and Alaska is a German sort developed by the KWS breeding company. The research was conducted during a three-year period on the fields of "Orahovica" agricultural firm, a displaced unit of Zdenci. The obtained research results would be applied to the use of oil seed rape straw as an energy source, which occurs as a by-product in the biodiesel production. Due to the fact that the biodiesel production has only begun in Croatia and that the issue of the by-product disposal, which directly influences the profitability, has mostly been sufficiently dealt with, this project might help to solve this huge problem encountered by any country producing biodiesel.

Darko Kiš, Vlado Guberac, Tomislav Jurić, Marko Arežina

Poljoprivredni fakultet Osijek, Trg Sv. Trojstva 3, 31000 Osijek

Faculty of Agriculture, University of J. J. Strossmayer, Trg sv. Trojstva 3, Osijek

PRODUKCIJA BIOMASE VRBA U POKUSNIM KULTURAMA KRATKIH OPHODNJI U HRVATSKOJ

WILLOW BIOMASS PRODUCTION IN A SHORT ROTATION CLONAL TESTS IN CROATIA

Davorin Kajba, Saša Bogdan, Ida Katičić

Sažetak

Klonovi stablastih vrba pokazali su u dosadašnjim istraživanjima najveći potencijal produkcije biomase u kratkim ophodnjama. Iz tog razloga nastavljena su testiranja stablastih vrba, s ciljem identifikacije klonova s najvećim potencijalom produkcije biomase, naročito na tzv. marginalnim staništima odnosno tlima na kojima je napuštena poljoprivredna proizvodnja i/ili koja nisu atraktivna za uzgajanje vrjednijih vrsta šumskog drveća. Prosječna produkcija suhe biomase istraživanih klonova u testu Darda iznosila je, kod treće dvogodišnje ophodnje, u dobi od 2/7 godina 9,3 t/ha. Najveću produkciju imali su klonovi 'B44', 'V093' i 'V052' (17,5, 13,7 odnosno 12,2 t/ha). U klonskom testu Čazma, koji je istraživan u prvoj dvogodišnjoj ophodnji u dobi od 2/3 godine, testirani su klonovi koji taksonomski pripadaju različitim kombinacijama križanja kineske i bijele vrbe, a prosječna produkcija biomase iznosila je 5,6 t/ha (najbolji klon imao je produkciju od 10.6 t/ha). U cilju veće produktivnosti klonova trebalo bi, nakon sječe izbojaka, uzgojnim zahvatima reducirati njihov broj na jednu do dvije po korijenu, a produkcija biomase na marginalnim staništima mogla bi se i znatno povećati primjenom intenzivnijih uzgojnih i zaštitnih mjera.

Ključne riječi: *klonovi stablastih vrba, kulture kratkih ophodnji, oplemenjivanje, marginalna staništa*

Keywords: *Arborescent willow clones, short rotation crops, breeding, marginal sites*

Uvod

Povećanje udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj enegetskoj bilanci jedan je od strateških ciljeva sve većeg broja zemalja. Hrvatska se potpisiva-

njem određenih sporazuma (npr. Kyoto protokol), te sukladno zakonodavstvu i priključivanju u EU obvezala na poduzimanje konkretnih koraka u povećanju korištenja obnovljivih izvora energije sukladno paradigmi 'održivog razvoja'. Biomasa je obnovljivi izvor energije s najvećim potencijalom u Hrvatskoj, te je 1997. godine pokrenut nacionalni program BIOEN u sklopu kojega se promiče uporaba biomase u energetske svrhe (Domac i dr. 1998.).

U Europi, pa tako i u Hrvatskoj, prisutni su problemi niske profitabilne poljoprivredne proizvodnje na marginalnim zemljištima. U novije vrijeme tu proizvodnju posebno otežavaju nepovoljne klimatske promjene, onečišćenje tla i voda, nedostatak energije i depopulacija predjela s dominantnom ekstenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom. Usljed rasta potrošnje drva povećani su pritisci na prirodne šumske ekosustave, što povećava njihovu ugroženost. Osnivanje bioenergetskih plantaža i proizvodnja biomase sukladne su sa svjetskim trendovima, a u cilju su boljeg iskorišćenja obnovljivih izvora energije bez stvaranja dodatnih količina CO₂, kojima su opterećena fosilna goriva. Biomasa kao nefosilizirani materijal biljnog podrijetla, nastao je fotosintezom uz stvaranje kisika i korišćenje atmosferskog CO₂, što joj daje znatne prednosti u odnosu na druge energente.

Sa stajališta šumarske struke biomasa, koja se može iskoristiti za dobivanje energije, drvena je masa dobivena uzgojnim zahvatima kao što su čišćenja i prorede ili kao ostatak od sječe (granjevina, ogrjevno drvo). Prema nekim procjenama (Domac i dr. 2001.) od šumarske je djelatnosti u Hrvatskoj moguće pridobiti oko 2 mil. m³ drvene mase godišnje za energetske potrebe. U navedenu biomasu uključeni su ostaci od sječa (sitna granjevina), ostaci od prerade drva, prostorno drvo, otpad i gubici pri sječama, te biomasa s opožarenih površina i degradiranih šuma.

Biomasa šumskih vrsta drveća može se proizvoditi i intenzivnim uzgajanjem brzorastućih vrsta drveća kao što su vrbe, topole, joha, breza, bagrem i dr. Ovakav način proizvodnje biomase šumskih vrsta poznat je pod nazivima "kulture kratkih ophodnji" ili "intenzivne kulture kratkih ophodnji" (engl. Short Rotation Coppice ili Short Rotation Intensive Culture). Komlenović i dr. (1996a, 1996b) definiraju termin kao intenzivne nasade brzorastućeg drveća na tlima koja su napuštena, na kojima poljoprivredna proizvodnja nije rentabilna ili su neprikladna za uzgoj vrjednijih šumskih vrsta. Takve plantaže brzorastućeg drveća nazivaju se i energetske nasadi ili energetske plantaže. Osnovna funkcija takvog tipa kultura je proizvodnja biomase kao obnovljivog i ekološki prihvatljivog energenta, ali uz to one mogu biti alternativna "poljoprivredna" kultura (na lošijim staništima) i imaju funkciju diversifikacije poljoprivrednog zemljišta, pružaju mogućnost ekološki naprednijeg načina pročišćavanja otpadnih voda i tla (fitoremedijacija),

a služe i za vezivanje povećane količine atmosferskog ugljika (sekvencijacija ugljika), kako navode Verwijst (2003.), Volk i sur. (2004.), Smart i sur. (2005.).

Do sada je u Hrvatskoj na različitim staništima, uglavnom u nizinskom panonskom području, postavljeno nekoliko pokusnih ploha s brzorastućim šumskim vrstama (Krstinić 1984., Kajba i dr. 1998., Kajba 1999a, Kajba 1999b, Bogdan 2002., Kajba i dr. 2004., Bogdan i dr. 2006.). Klonovi stablastih vrba pokazali su u dosadašnjim istraživanjima najveći potencijal produkcije biomase u kratkim ophodnjama do pet godina (Komlenović i dr. 1996a, 1996b, Bogdan 2002., Kajba i dr. 2004., Bogdan i dr. 2006.). Cilj je ovih istraživanja utvrditi potencijal produkcije biomase izabranih klonova u kratkim ophodnjama na staništima nepodesnim za uzgoj vrijednijih vrsta šumskog drveća ili za poljoprivrednu proizvodnju.

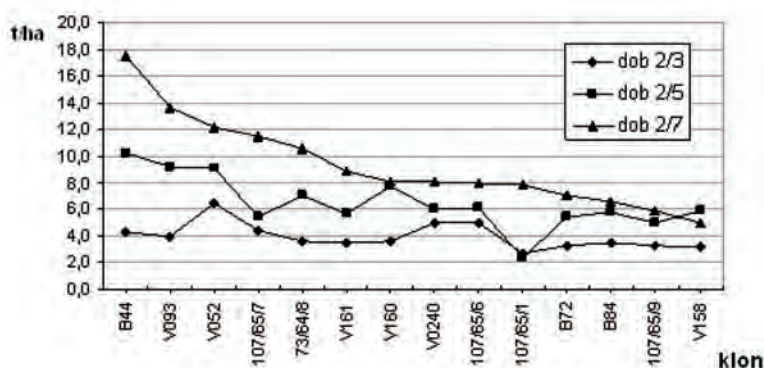
Materijal i metode

Test s 14 klonova bijele vrbe (*Salix alba* L.) osnovan je početkom 1999. godine na lokalitetu Dravica, Šumarija Darda u Baranji, dok je drugi test s 25 klonova dobivenih različitim kombinacijama križanja bijele vrbe (*Salix alba* L.) i kineske vrbe (*Salix matsudana* Koidz.), osnovan 2002. godine na lokalitetu Šumarije Čazma. Testovi su osnovani prema dizajnu blok sustava sa slučajnim rasporedom klonova u četiri ponavljanja. Svaki klon je zastupljen sa 30 rameta po ponavljanju u razmaku 1.3×0.8 m (9615 biljaka po hektaru). U dobi rameta od 2/3 (veljača 2002. godine), 2/5 godina (studenj 2003. godine) i 2/7 godina (studenj 2005. godine) izmjereni su prsni promjeri, utvrđeno je preživljavanje i broj izbojaka po pojedinom korijenu u testu Darda, a u dobi od 2/3 godine u testu Čazma.

U oba klonska testa su, pri navedenim izmjerama, u jednoj repetitiji posječeni svi dvogodišnji izbojci (šibe iz istog korijena) te im je izmjerena masa u svježem stanju. Zasebno za svaki pojedini klon, od odrezanih su izbojaka slučajnim odabirom prikupljeni uzorci mase 0.5 kg. Uzorci su prosušeni u sušionicima na 105 °C do konstantne mase. Iz omjera svježe i prosušene mase uzoraka utvrđeni su prosječni udjeli vlage u drvu svakoga klona, a pomoću kojih je procijenjena suha biomasa odrezanih šiba. Nelinearnom regresijskom metodom izjednačeni su prsni promjeri i suha biomasa posječenih izbojaka. Nakon toga, pomoću dobivenih regresijskih modela (za svaki klon zasebno) i prethodno izmjerenih prsni promjera, procijenjena je suha biomasa svake pojedine šibe u testovima. Produkcija biomase klonova po hektaru procijenjena je s obzirom na vrijednost suhe biomase srednjeg izbojka, preživljavanje, razmake između rameta i prosječan broj izbojaka po korijenu.

Rezultati i rasprava

Na slici 1. prikazana je ukupna produkcija biomase, po jedinici površine, istraživanih klonova stablastih vrba u testu Darda u tri sukcesivne dvogodišnje ophodnje. Može se uočiti da produkcija biomase svih istraživanih klonova pokazuje trend porasta sa starošću pokusa, osim kod klonova 'V 158' i 'V 160' kod kojih je, nakon početnog porasta, zabilježen pad produkcije između druge i treće ophodnje. U prvoj godini istraživanja (dob 2/3 godine) prosječna produkcija biomase iznosila je 4.0 t/ha, a vrijednosti su se kretale od 2.8 (klon '107/65/1') do 6.4 t/ha (klon 'V 052'). U sljedećoj ophodnji (dob 2/5 godina), prosječna je produkcija iznosila 6.5 t/ha, a kretala se od 2.4 (klon '107/65/1') do 10.2 t/ha (klon 'B 44'). U dobi rameta od 2/7 godina, prosječna produkcija biomase iznosila je 9.3 t/ha, a kretala se od 5.0 (klon 'V 158') do 17.5 t/ha (klon 'B 44').



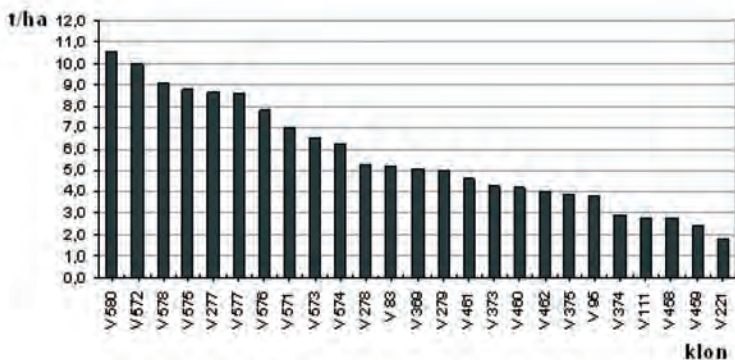
Slika 1. *Produkcija biomase istraživanih klonova vrba u testu Darda u tri sukcesivne dvogodišnje ophodnje*

Figure 1. *Biomass production of studied willow clones in test Darda in three succesive two-year rotations*

Između svih istraživanih, posebno se izdvajaju klonovi 'B44' i 'V093' koji su pokazali najbolju adaptiranost na ispitivano stanište i uvjete razvoja, ali uz to imaju i nadprosječne vrijednosti suhe mase srednjeg izbojka odnosno ukupne produkcije biomase, kao i izbojne snage. Klonovi 'V052' i 'V160' također pokazuju dobru adaptiranost na testirane uvjete kroz preživljavanje i izbojnu snagu, iako su im vrijednosti biomase srednjeg izbojka prosječne.

Na slici 2. prikazana je produkcija biomase istraživanih klonova stablastih vrba u testu Čazma, kod prve dvogodišnje ophodnje u dobi rameta od 2/3 godine. Prosječna produkcija biomase u toj dobi iznosila je 5.6 t/ha, a kretala se od minimalnih 1.7 (klon 'V 221') do maksimalnih 10.6 t/ha (klon 'V 580'). Može se

uočiti da su najveću produkciju biomase imali klonovi nastali križanjem kineske vrbe i nepoznatog roditelja (klonovi 'V 580' i 'V 578') odnosno križanjem kineske i bijele vrbe s nepoznatim roditeljem (klon 'V 572'). Povratni križanci kineske i bijele vrbe s kineskom vrbom, trispecies križanac ('V 221') i klonovi bijele vrbe, pokazali su ispodprosječnu produkciju biomase po jedinici površine.



Slika 2. Produkcija biomase istraživanih klonova vrba u testu Čazma u dobi od 2/3 godine

Figure 2. Biomass production of studied willow clones in test Čazma at age 2/3 years

Zaključci

Pokusne kulture kratkih ophodnji s klonovima stablastih vrba osnovane su na tzv. marginalnim staništima odnosno staništima gdje je napuštena poljoprivredna proizvodnja ili koja nisu prikladna za uzgajanje vrjednijih vrsta šumskog drveća. U kulturama nisu poduzimane nikakve mjere prihranjivanja niti zaštite od štetoinja (praksa uobičajena u intenzivnom sustavu uzgajanja), a regulacija korovne vegetacije provedena je samo u najranijoj dobi kod klonskog testa Čazma. Usprkos tomu, rezultati su pokazali relativno visoku produkciju biomase istraživanih klonova. Prosječna produkcija suhe biomase istraživanih klonova u testu Darda iznosila je kod dobi od 2/7 godina 9.3 tona po hektaru kod treće dvogodišnje ophodnje. Najveću produkciju imali su klonovi 'B44', 'V093' i 'V052' (17.5, 13.7 odnosno 12.2 t/ha). U klonskom testu Čazma, koji je istraživan u prvoj dvogodišnjoj ophodnji u dobi od 2/3 godine, testirani su klonovi koji taksonomski pripadaju različitim kombinacijama križanja kineske i bijele vrbe, a prosječna produkcija biomase iznosila je 5.6 t/ha (najbolji klon imao je produkciju od 10.6 t/ha). U cilju veće produktivnosti klonova trebalo bi, nakon sječe izbojaka, uzgojnim zahvatima reducirati njihov broj na jednu do dvije po korijenu,

a produkcija biomase na marginalnim staništima mogla bi se i znatno povećati primjenom intenzivnijih uzgojnih i zaštitnih mjera.

Literatura

1. Bogdan, S., 2002: Procjena genetskih parametara i produkcije biomase mekih listača u pokusnim kulturama kratkih ophodnji. Magistarski rad. Zagreb. 178 str.
2. Bogdan, S., D. Kajba, I. Katičić, 2006: Produkcija biomase u klonskim testovima stablastih vrba na marginalnim staništima u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse, pos. izd. 5, 261-275.
3. Domac, J., M. Beronja, N. Dobričević, M. Đikić, D. Grbeša, V. Jelavić, Ž. Jurić, T. Krička, S. Matić, M. Oršanić, N. Pavičić, S. Plietić, D. Salopek, L. Staničić, F. Tomić, Ž. Tomšić, V. Vučić, 1998: Bioen Program korištenja biomase i otpada: Prethodni rezultati i buduće aktivnosti. Energetski institut "Hrvoje Požar". Zagreb. 180 str.
4. Domac, J., M. Beronja, S. Fijan, B. Jelavić, V. Jelavić, N. Krajnc, D. Kajba, T. Krička, V. Krstulović, H. Petrić, I. Raguzin, S. Risović, L. Staničić, H. Šunjić, 2001: Bioen Program korištenja energije biomase i otpada. Nove spoznaje i provedba. 144 str.
5. Kajba, D., 1999a: Short Rotation Crops in Croatia. U: Christersson, L. & S. Ledin (ur.) Proceeding of the first meeting of IEA, Bioenergy Task 17. June 4-6 1998. Uppsala. Sweden. SLU. str. 37-40.
6. Kajba, D., 1999b: Arborescent Willow Biomass Production in Short Rotations. U: Overend, R.P. & E. Chornet (ur.) Proc. of the fourth Biomass Conference of the Americas. August 29 - September 2. Oakland. California. USA. str. 55-60.
7. Kajba, D., A. Krstinić, N. Komlenović, 1998: Proizvodnja biomase stablastih vrba u kratkim ophodnjama. Šumarski list 3-4: 139-145.
8. Kajba, D., S. Bogdan, I. Katičić-Trupčević, 2004: Produkcija biomase bijele vrbe u klonskom testu Dravica (Šumarija Darda). Šumarski list 9-10 : 509-515.
9. Komlenović, N., A. Krstinić, D. Kajba 1996a: Mogućnosti proizvodnje biomase stablastih vrba u kratkim ophodnjama u Hrvatskoj. U Mayer, B. (ur.) Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava. Knjiga 1. Hrvatsko šumarsko društvo. Zagreb. Str. 9-23.
10. Komlenović, N., A. Krstinić, D. Kajba, 1996b: Selection of Arborescent Willow clones suitable for biomass production in Croatia. Proceedings. Budapest. IPC/FAO Vol. I. Str. 297-308.
11. Krstinić, A., 1984: Selekcija klonova vrba stablašica za namjensku proizvodnju drveta. Topola 141/142: 51-55.
12. Verwijst, T., 2003: Short rotation crops in the world. U: Nicholas, I. D. (ur.) IEA Bioenergy Task 30 Proceedings of the Conference: The role of short rotation crops in the energy market. December 1-5, 2003. Mount Maunganui, Tauranga, New Zealand. Str. 1-10.
13. Volk, T. A., T. Verwijst, P.J. Tharakan, L.P. Abrahamson, E.H. White, 2004: Growing fuel: a sustainability assessment of willow biomass crops. Ecol. Environ. 2 (8):411-418.

14. Smart, L. B., T. A. Volk, J. Lin, R. F. Kopp, I. S. Phillips, K. D. Cameron, E. H. White, L. P. Abrahamson, 2005: Genetic improvement of shrub willow (*Salix* spp.) crops for bioenergy and environmental applications in the United States. *Unasylva* 221, Vol. 56: 51-55.

Summary

Biomass for energy purposes may be produced by fast-growing tree specie, such as willow, poplar, alder, birch, black locust and others. Such a manner of biomass production is known as "short rotation crops" or "short rotation intensive cultures". In previous studies in Croatia, arborescent willow clones have shown the greatest potential for biomass production in short rotations. Therefore, the testing of arborescent willows continued aiming at the identification of clones with the greatest production potential, particularly on the so-called marginal sites, i.e. the abandoned agricultural soils and/or sites not suitable for growing more valuable tree species. White willow (*Salix alba*) clonal test Darda was established in March 1999, while another test, with clones originating from various crossing combinations of the Chinese and the white willow, was established on Čazma locality in 2002. In the clonal test Darda, which was carried out in three successive two-year rotations, an increase of biomass production per unit of surface was observed. The average biomass production of all the studied clones at age 2/7 years was 9.3 t/ha. The highest biomass production was performed by clones 'B44', 'V093' i 'V052' (17.5, 13.7 and 12.2 t/ha, respectively). The above mentioned clones have shown specific adaptedness on tested conditions through survival and sprouting ability. In the clonal test Čazma, the average biomass production of all the studied clones was 5.6 t/ha at the first two-year rotation period, which was significantly higher than the production gained at the same age in the clonal test Darda. Higher biomass production may be partially explained by better site conditions. The highest biomass production (10.6 t/ha) as well as the best adaptedness on testing conditions was shown by clones originating from crossings, in which the Chinese willow served as the female parent, while the white willow served as the male parent (*S. matsudana* × *S. alba*), or the male parent was unknown (*S. matsudana* × unknown). These results indicate a significant potential of the Chinese willow for further breeding aimed at biomass production in short rotations.

Davorin Kajba, Saša Bogdan, Ida Katičić

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku
Faculty of Forestry, University of Zagreb, Institute of Forest Genetics, Dendrology and Botany

CENTRALIZIRANI TOPLINSKI SUSTAV UPRAVE ŠUMA PODRUŽNICA GOSPIĆ

THE CETRALIZED THERMAL SYSTEM OF GOSPIĆ

Josip Dundović

Sažetak

Hrvatske šume d.o.o. i Grad Gospić donijeli su 24. svibnja 2002. godine Odluku o uvođenju centraliziranog toplinskog sustava korištenjem šumske biomase za grijanje nove upravne zgrade UŠP Gospić, osnovne škole, gimnazije, srednje škole, sportske dvorane, te doma kulture i bazena. Tvrtka ELITECH d.o.o. Zagreb, u studenom 2002. izradila je studiju, koja razmatra mogućnost korištenja energije biomase u opskrbi toplinom. U sklopu međudržavne suradnje Bavorskog državnog ministarstva poljoprivrede i šumarstva u Münchenu i Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva Republike Hrvatske i uz stručnu pomoć bavorske udruge C.A.R.M.E.N. e.V. iz Straubinga, Hrvatske šume d.o.o. 3. rujna 2003. godine napravile su procjenu studije predizvodljivosti za toplanu s kotlom KOHLBACH, snage 1MW na šumsku biomasu za osnovno opterećenje pokraj nove upravne zgrade UŠP Gospić i s dva nova toplovodna kotla centralnog grijanja tvrtke VEISSMANN, snage 720 kW za vršno opterećenje u osnovnoj školi Gospić, kao i toplovodom dužine 610 m s 4 toplinske podstanice. Toplikacijom dijela Gospića postiglo bi se: smanjenje zagađivanja zraka dimnim plinovima; smanjenje prostora za deponiranje otpadnih tvari (pepeo i šljaka); smanjenje mogućnosti zagađenja podzemnih voda i vodotoka uslijed procurenja mnogobrojnih spremnika goriva; smanjenje potrošnje lož ulja i povećanje korištenja šumske biomase kao energenta; smanjenje CO₂ u usporedbi s fosilnim gorivima, i cijena grijanja na šumsku biomasu bila bi 5% manja u odnosu na grijanje na lož ulje.

Ključne riječi: *centralizirani toplinski sustav, šumska biomasa, bioenergija, lož ulje*

Keywords: *centralized forest biomass-fuelled thermal system, forest biomass, bioenergy, oil-fuelled heating*

Uvod

Radi boljeg korištenja iverja i ogrjevnog drva Hrvatske šume d. o. o. izradile su 2002. godine Program uporabe šumske biomase kao energenta pod motom *16 Uprava šuma – 16 toplana na šumsku biomasu snage 1 MW*. Prije punih 10 godina, 10. siječnja 1995. godine, počela je s radom prva toplana na šumsku biomasu u Upravi šuma podružnica (UŠP) Ogulin, tvrtke KOLBACH, snage 1 MW.

Hrvatske šume d. o. o. i Grad Gospić donijeli su 24. svibnja 2002. godine Od-luku o uvođenju centraliziranog toplinskog sustava korištenjem šumske biomase za grijanje nove upravne zgrade UŠP Gospić, osnovne škole, gimnazije, srednje škole, sportske dvorane, te doma kulture i bazena. Tvrtka ELITECH d.o.o. Zagreb, u studenom 2002. izradila je studiju, koja razmatra mogućnost korištenja energije biomase u opskrbi toplinom. Toplana UŠP Gospić je u stopostotnom vlasništvu Hrvatskih šuma d. o. o. i planirano je da zapošljava jednog radnika (slika 1.).



Slika 1. Toplana na biomasu i upravna zgrada UŠP Gospić

Figure 1. Biomass-fuelled thermal power station and administrative premises of Gospić Forest Administration

ANALIZA TRŽIŠTA

Tržište prodaje

Hrvatske šume d. o. o. početkom 2006. godine, nakon proširenja poslovanja djelatnosti i registracije kod Trgovačkog suda u Zagrebu, dobivanja licence, tj. dozvole za proizvodnju i distribuciju te opskrbu topline od HERA (Hrvatska energetska regulatorna agencija), sklopit će 15-godišnji ugovor o koncesiji s gradom Gospićem o prodaji toplinske energije po cijeni 0,426 kn/kWh ili 5% manjoj u odnosu na cijenu lož ulja.

U tablici 1. prikazani su osnovni podaci o potrošačima toplinske energije HŠ d.o.o., grada i županije, godišnja potrošnja topline u iznosu 3225 MWh, od toga 2889 MWh kotao "KOHLBACH", snage 1 MW na šumsku biomasu (osnovno opterećenje) 336 MWh dva kotla "VEISSMANN", snage 1440 kW na lož ulje (vršno opterećenje).

Objekt i godina gradnje	Toplinska potreba (MWh/a)	Snaga inst. kotla	Potrošnja loživog ulja 2004. g.	Površina (m ²)	Godina proizvodnje kotla	Sati punog optereć.	Stupanj korisnosti kotla
Nova zgrada UŠP Gospić (2005. g.)	297	225	35000	1800	projektirano	1318	0,85
Gimn. i sred. škola	837	1600	105000	7300	1994.	523	0,80
Osnovna škola	593	1440	70000	3400	2004.	412	0,85
Sportska dvorana	636	690	75000	1500	2003.	921	0,85
Dom kulture	449	530	53000	2247	projektirano	848	0,85
Bazen (u izgradnji – 2008.g.)	413	800	48700	2064	projektirano	516	0,85
UKUPNO	3225	5285	386700	18311			

Tablica 1. *Korisnici toplinske energije*

Table 1. *Thermal energy users*

Tržište nabave

Proizvodnju 939 tone sječke mobilnim iveračem te utovar i prijevoz jednim kamionom s centralnog skladišta rasadnik Jasikovac (Gospić) po cijeni 255 kn/tona s 30% vlažnosti obavlja RJ Mehanizacija Gospić. Osnovni materijal za proizvodnju toplinske energije je sječka dobivena od 1174 m³ višemetarskog ogrjevnog drva, sječenice i drvnog otpada nakon sječe i izrade.

TEHNIČKO TEHNOLOŠKA ANALIZA

Proračun centraliziranog toplinskog sustava

U sklopu međudržavne suradnje Bavorskog državnog ministarstva poljoprivrede i šumarstva u Münchenu i Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva Republike Hrvatske i uz stručnu pomoć kompetencijskog centra za obnovljive sirovine C.A.R.M.E.N. e.V. iz Straubinga (1, 2, 3, 4 i 5), Hrvatske šume d.o.o. 3. rujna 2003. godine napravile su procjenu studije predizvodljivosti, a 6. srpnja 2005. godine studiju opravdanosti ulaganja za CTS Gospić s kotlom KOHLBACH, snage 1 MW na šumsku biomasu za osnovno opterećenje, u toplani

pokraj nove upravne zgrade UŠP Gospić i s dva nova toplovodna kotla centralnog grijanja tvrtke VEISSMANN, snage 1440 kW na lož ulje za vršno opterećenje u osnovnoj školi Gospić, kao i toplovodom dužine 610 m s 4 toplinske podstanice. U tablici 2. Proračun snage kotla, potrošnja goriva i proračuna trase toplovoda dani su osnovni podaci o potrebi toplinske energije, te proračun snage kotla, proračun godišnje potrošnje goriva i dimenzije spremišta goriva, kao i proračuna trase toplovoda (6, 7 i 8). U proračunu određena je ukupna potreba toplinske energije korisnika u iznosu 3225 MWh/a, od čega 90% iz kotla na šumsku biomasu s 30% vlažnosti i 10% na lož ulje kotla za vršno opterećenje. Kotao na vršno opterećenje automatski se uključuje, kada zbog preopterećenosti kotla na biomasu polazna temperatura vode u određenom vremenu padne ispod dopuštene vrijednosti i pri premaloj potrošnji topline, kada potrošnja topline padne ispod 20% nazivnog učinka kotla na biomasu. Za ostvarivanje ukupne godišnje toplinske energije potrebno je osigurati 939 tona šumske biomase i 40000 litara lož ulja.

Ukupna potreba topline	3225 MWh/a
Snaga kotla na biomasu za osnovno opterećenje	1000 kW
Snaga kotla na lož ulje za vršno opterećenje	926 kW
Sati punog opterećenja kotla na biomasu	2600 Vbh/a
Ogrijevna vrijednost goriva (biomase)	3,62 MWh/t
Potrebna količina goriva (biomase)	939 t/a
Zapremnina spremišta za biomasu	122 Nm ³
Dužina toplovoda	610 m
Propusnost toplovoda (> 1,5 MWh/m)	4,74 MWh/m

Tablica 2. Proračun snage kotla, potrošnja goriva i proračuna trase toplovoda

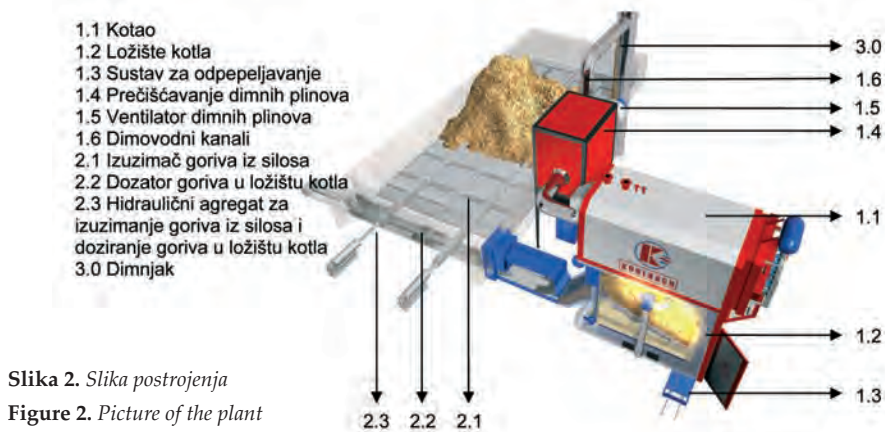
Table 2. Calculation of boiler power, fuel consumption and thermal pipeline route

Opis procesa rada kotlovskog postrojenja

Toplinska energija za vršno opterećenje proizvodi se u kotlu KOHLBACH snage 1 MW. (Slika 2.). Gorivo (sječka) pripremljeno za doziranje u kotao i uskladišteno u betonski silos pravokutne osnovice (5 x 8 m), najkraćim se mogućim putem, uz minimalni utrošak pomoćne (električne) energije (4 kWh el po 1MWh th) doprema do ložišta kotla. Za to su predviđeni polužni izuzimač (potisne poluge) i polužni dozator s isključivo hidrauličnim pogonom. To su

čvrsti, masivni elementi bez interno pomičnih dijelova koji bi se mogli zaglaviti, polomiti ili začepiti. Transport goriva vrše "krilca" potisnih poluga koja ga naizmjeničnim aksijalnim gibanjem prema naprijed potiskuju (transportiraju), a unatrag podilaze. Krupnije komade drveta, dužine 1 m i promjera do 100 mm, koji pojedinačno dolaze sa gorivom, presijecaju elementi s ugrađenim noževima i protunoževima. Ti elementi su ugrađeni na dva mjesta, na prolazu kroz zid između silosa i kotlovnice i na ulazu u ložište. Oni su i dio sigurnosnoga, atestiranog tehnološkog lanca za zaštitu od povratnog požara.

U ložištu se gorivo dozira preko usponske, vodom grijane "kompresione zone", ravnomjerno po cijeloj širini ložišne rešetke. Nepokretna rešetka omogućuje pričuvu za izjednačenje promjenjivih potreba za gorivom pri variranju kotlovskog učinka. Na njoj se gorivo, zračenjem usijanih zidova ložišta, suši i priprema za izplinjavanje na prvoj hidraulično pokretanoj rešetci. Na sljedećoj, drugoj pokretnoj rešetci dogorijeva čvrsti ostatak u pepeo. Pepeo se naizmjeničnim pokretanjem rešetke, skupa s kamenjem i drugim negorivim dijelovima koji s gorivom ulaze u ložište, doprema do izlaznog otvora na kraju rešetke. Dio pepela koji propadne kroz rešetku skupljaju dvije potisne poluge ugrađene na podu ispod rešetke i skupa s pepelom s rešetke, preko hidraulično sinhronizirane ustave, predaju sustavu za odpepeljavanje. Automatski management goriva ABM, regulira doziranje i osigurava ujednačeno i optimalno pokrivanje rešetke gorivom u skladu s učinkom kotla. Zahvaljujući njemu se sprječava prepunjavanje ložišta i izlaz nesagorijelog s pepelom te osiguravaju uvjeti za ujednačeno i potpuno izgaranje pri svim opterećenjima od 20% do 100% nazivnog kotlovskog učinka. Ložište je adiabatsko, masivno ozidano i izolirano, s dvije odvojene zone izgaranja. Prva, s ložišnom rešetkom, služi kao što je već opisano za sušenje, izplinjavanje i primarno izgaranje. Druga, u nastavku, za dogorijevanje plinovitog dijela goriva – volatila. U njoj se uz automatsko održavanje temperature na optimalnoj razini osigurava potrebna dužina puta dogorijevanja i vremena prebivanja u adiabatskoj zoni. Zrak za izgaranje bezstupnjevit se regulira primjenom frekvencije, dozira vlastitim ventilatorima, za svaku zonu posebno (tri primarne i dvije sekundarne zone). Proces automatskog loženja biomasom K8, od izuzimanja goriva iz silosa do prečišćavanja dimnih plinova i do priključka na dimnjak regulira se KOHLBACH – mikroprocesorskom, multiparametarskom regulacijom, koja uvažavajući osobenosti biomase – goriva s "dugim plamenom" osigurava minimalne emisije vrijednosti i maksimalni stupanj korisnosti. Proces se, po želji, vizualizira na PC primjenom posebnog softvera koji omogućuje i reguliranje mreže potrošača topline i podstanica kao i obračun, evidentiranje i arhiviranje svih relevantnih parametara.



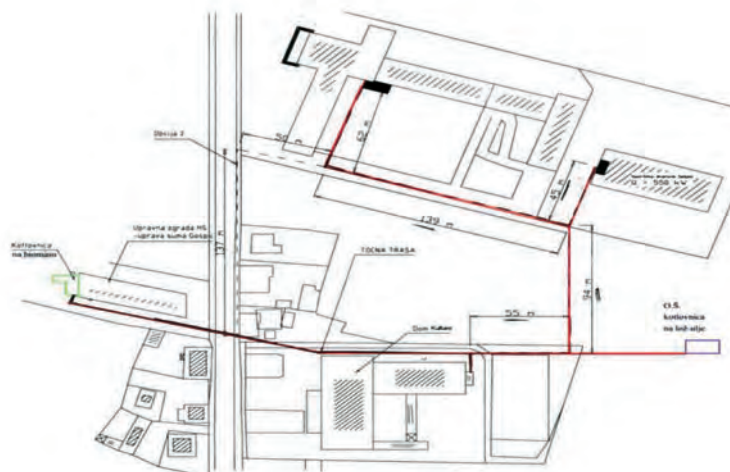
Slika 2. Slika postrojenja

Figure 2. Picture of the plant

Opis trase toplovoda

Dužina trase toplovoda iznosi svega 610 metara, zbog čega propusnost toplovoda iznosi 4,74 MWh/m i znatno je viša od minimalne propusnosti 1,5 MWh/m (Slika 3. i Tablica 3.).

Trasa toplovoda CTS Gospić



Slika 3. Trasa toplovoda

Figure 3. Thermal pipeline route

Ekonomsko – financijska analiza

Priključenjem na CTS Gospić većina starih kotlovnica bi prestale raditi. Dosadašnji rascjepkan sustav znači povećane troškove poslovanja zbog većeg broja osoblja za opsluživanje svih postrojenja (kotlovnica), većih troškova održavanja, nabave goriva i lošije regulacije toplovoda (10 i 11). Objedinjavanjem na jednom mjestu proizvodnje, regulacije i distribucije toplinske energije iz CTS postiže se optimalan način grijanja dijela grada Gospića. Tržišna vrijednost opreme i zgrada iznosi 4,6 mil. kn, od čega 3,00 mil. kn su vlastita sredstva, te 1.6 mil. kn potrebna kreditna sredstva Fonda za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost što se vidi iz tablice 3. Uspješnost budućeg poslovanja Centraliziranog toplinskog sustava Gospić, u studiji opravdanosti ulaganja procijenjena je na temelju simuliranog Računa dobiti i gubitka za buduća razdoblja. Određeno razdoblje od deset godina kao prihvatljivo vrijeme u kojem su moguća predviđanja (12 i 13).

Troškovnik

1. Izrada projektne dokumentacije	150.000,00 kn	20.000,00 EUR
2. Ishođenje građevinske dozvole	30.000,00 kn	4.000,00 EUR
3. Građevinski radovi na toplani	1.021.864,39 kn	136.248,59 EUR
4. Građevinski radovi na centralnom skladištu	303.659,45 kn	40.487,93 EUR
5. Oprema toplane (kotao na biomasu)	1.199.476,16 kn	159.930,15 EUR
6. Oprema toplovoda *	884.000,00 kn	117.866,67 EUR
6.1. 1500 m ² toplovoda (970 kn/m ²)	592.750,00 kn	79.033,33 EUR
6.2. 1 prelaz ispod ceste (11250 kn po prelazu)	11.250,00 kn	1.500,00 EUR
6.3. 4 podstanice (70000 kn/kom)	280.000,00 kn	37.333,33 EUR
7. Oprema transportera i dimnjaka	335.993,00 kn	44.799,07 EUR
7.1. Transporter sječke	203.743,00 kn	27.165,73 EUR
7.2. Dimnjak kotlovnice	132.250,00 kn	17.633,33 EUR
8. Montaža opreme (toplane i toplovoda)	550.989,53 kn	73.465,27 EUR
8.1. Kotlovnica	321.826,81 kn	42.910,24 EUR
8.2. Predizolirane cijevi (375 kn/m ²) *	229.162,72 kn	30.555,03 EUR
9. Nadzor	150.000,00 kn	20.000,00 EUR
Ukupno	4.625.982,53 kn	616.797,67 EUR

* investicija mreže

1€ = 7,5 kn

Tablica 3. Troškovnik, financiranje i objašnjenja značajnih vrijednosti

Table 3. Estimated costs, financing and explanation of major costs

Financiranje

Izvori sredstava	Iznos	%
Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost *	1.606.600,00 kn	34,73
Hrvatske šume d.o.o.	3.019.383,53 kn	65,27
Ukupno	4.625.982,53 kn	100

* beskatni zajam

Objašnjenja značajnih vrijednosti

Kriteriji	JE	TREBA
Sati punog opterećenja - osnovno (kotao na biomasu)	2600 Vbh/a	> 2500 Vbh/a
Propusnost toplovođa	4,72 MWh/m	> 1,5 MWh/m
Ukupna investicija po MWh *	213 €/MWh	< 336 €/MWh
Udio investicije mreže u ukupnoj investiciji	24%	< 50%

* 1€ = 7,5 kn

Raspodjela ukupnog prihoda i rashoda poslovanja uključuje prihode koje će toplana ostvariti po osnovi prodaje toplinske energije u iznosu od 148,5 MWh 2005. 1387 MWh 2006., 2476 MWh 2007. i 2889 MWh od 2008. do 2014. godine i rashode poslovanja koji će nastati pri ostvarivanju procijenjene proizvodnje i prodaje topline.

U poslovni plan uračunat je i kredit FONDA u iznosu 1 606 600 kn bez kamate s rokom povrata od pet godina, uz dvije godine počeka (Tablica 3.).

Procijenjena bruto dobit predstavlja razliku između prihoda i rashoda. Porez iz dobiti planiran je po stopi od 20% na bruto dobit. Analitičkim sagledavanjem pokazatelja Računa dobiti i gubitka vidljivo je da će Toplana Gospić pozitivno poslovati, osim prve dvije godine, i ostvarivati neto dobit u iznosu 53 609 kn 2007. do 173 755 kn 2014. godine.

Financijskim se tijekom analizira odnos svih primitaka i izdataka koji se pojavljuju u vijeku investicijskog projekta. Neto primici financijskog tijeka, kao razlika primitaka i izdataka, mjere slobodna novčana sredstva koja se pojavljuju u cijelom vijeku projekta, tj. upućuju nas na likvidnost investicijskog projekta. U našem projektu redovito se javljaju slobodna novčana sredstva, osim u prve dvije godine, nakon što su podmirene sve obveze, što ukazuje na činjenicu da je projekt likvidan u svim godinama trajanja nakon 2006. godine.

Ekonomski novčani tijek pokazuje slobodna novčana sredstva formirana iz akumulacije i amortizacije kroz simuliranih deset godina poslovanja. Sadašnja unutarnja stopa povrata IRR iznosi 14%.

Zaključak

Izgradnjom projekta: Centraliziranog toplinskog sustava Gospić, UŠP Gospić dobiva novu, modernu, kompjutoriziranu toplanu s kapacitetom snage 1 MW proizvodnje i prijenosa toplinske energije na šumsku biomasu, te tržište dijela grada Gospića. Toplifikacijom dijela grada Gospića korištenjem šumske biomase kao energenta postiže se:

- smanjenje onečišćenja zraka dimnim plinovima
- smanjenje prostora za deponiranje otpadnih tvari (pepeo i šljaka)
- smanjenje mogućnosti zagađenja podzemnih voda i vodotoka uslijed procurenja mnogobrojnih spremnika goriva (lož ulja)
- smanjenje potrošnje lož ulja sa 386.700 litara na svega 40.000 litara i povećanje korištenja šumske biomase za 939 tona godišnje kao obnovljivog energenta
- smanjenje emisije CO₂ za 1.005 tona u usporedbi s fosilnim gorivom (lož ulje)
- cijena grijanja na šumsku biomasu biti će 5% manja u odnosu na lož ulje.

Iz računa dobiti i gubitka vidljivo je da će ova toplana ostvarivati dobit u svim godinama poslovanja izuzev studenog i prosinca 2005. i 2006. godine, kada se planira izgradnja toplovođa. Cijenu toplinske energije nismo povećavali premda se očekuje njezin rast na tržištu zbog rasta cijene lož ulja (13).

Uvidom u neto primitke financijskog tijeka primjetno je da su oni pozitivni u svim godinama poslovanja, osim u prvoj godini. To znači da projekt redovito podmiruje obveze tijekom čitavog vijeka projekta, tj. da je tijekom čitavog vijeka projekt likvidan.

Literatura

1. Biomasse Nahwärme für Hitzendorf, Energie aus der Region für region! (2005): Bioenergie Hitzendorf reg. gen.mbH, Austrija, str. 1-23
2. Der Energieholzmarkt Bayern(2000): Bayerische Landesanstalt für Wald und Fortwirtschaft: Freising, Deutschland, str. 1-101
3. Dundović, J., 2006: Studija opravdanosti ulaganja u CTS Gospić (2006), Zagreb, str. 1-23.
4. Energetische Nutzung von Biomasse, Information für Bezirke, Landkreise und Kommunen (2002); C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing, Deutschland, str. 1-4
5. Energija u Hrvatskoj 2004., Godišnji energetski pregled (2006.): Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva RH, Zagreb, str. 1-223.

6. Energie aus Holz, Informationbroschüre der Landwirtschaftskammern (2005): 9. überarbeitete Auflage, St. Pölten, Austrija, str. 1-115
7. Energie aus Holz, Informationbroschüre der Landwirtschaftskammern (2001): 8. überarbeitete Auflage, St. Pölten, Austrija, str. 1-76
8. LEITFADEN BIOENERGIE, Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen (2002); Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Güllzow, Deutschland, str. 1-281
9. Ponuda br. 2181, kotlovskog postrojenja sa uređajem za automatsko loženje biomasom – sistem K8 (2003.): Kohlbach, Wolfsberg, Austrija, str. 5.-13.
10. Symposium Energieholz (2000): Bayerische Landesanstalt für Wald und Fortwirtschaft: Freising, Deutschland, str. 1-70
11. Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln (2000): Bayerische Landesanstalt für Wald und Fortwirtschaft: Freising, Deutschland, str. 1-105
12. Vollmechanisierte Waldhackschnitzel – Bereitstellung (1998): Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft: Freising, Deutschland, str. 1-76
13. Von der Idee zum Projekt, Leitfaden Energie aus Biomasse (2001): C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing, Deutschland, str. 1-4

Summary

A long-term goal of the Croatian energy policy envisages that the share of biomass use will be trebled by the year 2030 in relation to the year 2000. Biomass for thermal applications has great potential in Croatia. The annual production of fuelwood by the company Hrvatske šume L.t.d. is over 1 million m³. Fuelwood is used for traditional production of thermal energy. The new management plan for the area for the period 2006 – 2015 envisages, apart from 1 million m³ of fuelwood, a further production of over 1 million m³ of energy wood, the so-called forest debris (slash, timber waste, bark) for the production of thermal and/or electrical energy in bioenergy plants via pilot projects “energy from biomass”. The company Hrvatske šume L.t.d. has recognized the importance of using energy from biomass in the commitments undertaken by Croatia in the pre-accession negotiations. Under the motto “16 FA (FOREST ADMINISTRATIONS) – 16 THERMAL PLANTS FUELED BY FOREST BIOMASS”, the company HŠ drew up a programme for forest biomass application as an energy source in 2002. With technical assistance from Bavarian and Austrian state institutions, the programme resulted in the launching of the Centralized Thermal System Gospić, powered 1 MW, on November 10, 2005. Since

Croatia imports about 50% of fossil energy sources (crude oil, mazut, gas), forests (and forest biomass) have increasingly been regarded as an important energy source, particularly in view of the fact that they belong to a group of the renewable energy sources. This will not bring the final solution to the problem of energy. However, I would like to stress that in the future, forestry will play a very important role in this field. The Croatian Government stimulates "Energy from Biomass" projects by additional financing through the Protection and Energy Efficiency Fund incentives and the pre-accession IPARD fund (2007 – 2013).

Josip Dundović

Hrvatsko šumarsko društvo, Trg Mažuranića 11, Zagreb
Croatian Forestry Society, Trg Mažuranića 11, Zagreb

USPOREDBA TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA MOTORA PRI UPORABI DIZELSKOG I BIODIZELSKOG GORIVA

THE COMPARISON OF THE TECHNICAL PERFORMANCES OF ENGINES POWERED BY DIESEL AND BIODIESEL FUEL

Drago Kraljević, Dubravko Filipović

Sažetak

Istraživanja tehničkih karakteristika motora pri uporabi dizelskog i biodizelskog goriva provedena su na pet motora različite starosti pri različitim režimima rada. Istraživanje s mješavinom 5% biodizela i 95% dizela nije ukazalo na statistički bitna odstupanja izmjerenih karakteristika motora u odnosu na uporabu dizelskog goriva niti u jednom režimu rada. Istraživanje s mješavinom 30% biodizela i 70% dizela ukazalo je na razlike kod istraživanih karakteristika motora u odnosu na uporabu dizelskog goriva. Snaga motora kod broja okretaja od 1500 min^{-1} prosječno je smanjena za 2.32%, zakretni moment za 2.70%, dok je specifična potrošnja goriva povećana za 1.46%. Istraživanje s 100% biodizel gorivom ukazalo je na nešto veće razlike kod istraživanih karakteristika motora u odnosu na uporabu dizelskog goriva. Snaga motora je prosječno smanjena kod 1500 min^{-1} za 3.77%, zakretni moment za 2.77%, dok je specifična potrošnja goriva povećana za 4.18%. Istraživanja nisu ukazala na statistički bitna odstupanja mjerenih karakteristika motora između pojedinih motora različite starosti.

Ključne riječi: *Dieslov motor, biodizelsko gorivo, snaga motora, zakretni moment, potrošnja goriva*

Keywords: *diesel engine, biodiesel, engine power, torque, fuel consumption*

Uvod

Jedan od najvećih aktualnih problema današnjice u svijetu je zagađivanje atmosfere produktima izgaranja goriva mineralnog porijekla i stvaranje efekta

staklenika, što dovodi do značajnih makroklimatskih promjena. Iz tog razloga, ali i ograničenih rezervi tih goriva, sve se više koriste alternativni, a po mogućnosti obnovljivi izvori energije, u koje spadaju i goriva bilnog podrijetla. Od tih goriva u Europi se za sada najviše koristi biodizelsko gorivo, a kao sirovin-ska baza za dobivanje sirovog ulja od kojega se proizvodi navedeno gorivo najviše se koristi sjeme uljane repice, ponajviše zbog povoljnih agroklimatskih uvjeta za njezin uzgoj (Korbitz, 1999.). Po svom kemijskim sastavu biodizel je monoalkilni ester masnih kiselina, a najčešći postupak kojim se proizvodi iz bilnog ulja je transesterifikacija (Meher i sur., 2006.). Po fizikalnim svojstvima biodizelsko je gorivo dosta slično dizelskom te se može koristiti u postojećim Dieselovim motorima bez ili uz minimalne preinake. Moguće ga je koristiti u stopostotnom obliku ili pomiješanog s dizelskim gorivom u bilo kojem omjeru (Graboski i McCormick, 1998.). U usporedbi s dizelskim gorivom, biodizel ima veću specifičnu gustoću, viskozitet i cetanski broj, a manju toplinsku odnosno ogrjevnu vrijednost. Prednosti biodizela su produženje vijeka trajanja motora i smanjenje troškova održavanja zbog boljih mazivih svojstava, a sigurniji je za rukovanje, transport i skladištenje (Balat, 2006.). Zbog svoje neotrovnosti i biorazgradivosti u slučaju izlivanja prilikom transporta, neusporedivo je manje opasan za okolinu, jer se za tri tjedna razgradi 99% biodizela (Jejčić i sur., 2006.). Ekološki je puno prihvatljiviji od dizelskog goriva, jer se njegovim korištenjem smanjuje sadržaj ugljikovodika, ugljičnog monoksida, ugljičnog dioksida i čvrstih čestica-partikula u ispušnim plinovima. I smanjena količina CO₂ ne djeluje na njegovo ukupno povećanje u atmosferi, jer je to CO₂ kojeg je uljana repica uzela iz atmosfere za svoj rast (Ryan i sur., 2006.). Nedostaci biodizelskog goriva su: viša cijena proizvodnje, lošije karakteristike motora, problemi kod niskih temperatura i degradacija kod dužeg stajanja (Leung i sur., 2006.). Najveći proizvođači biodizela u Europi su Njemačka, Francuska, Italija i Austrija. U Njemačkoj i Austriji uglavnom se koristi stopostotni biodizel, dok se u Francuskoj i Italiji koriste mješavine biodizela i dizela s udjelom biodizela od 5% do 30% (Demirbas, 2003.).

Za Hrvatsku je ekološki i ekonomski vrlo značajno pokretanje proizvodnje biodizelskog goriva. Kako bi se osigurala djelotvornost cjelokupnog lanca od proizvođača uljane repice do potrošača biodizela, potrebno je posebnim mjerama poticati proizvodnju uljane repice, izgradnju postrojenja za proizvodnju biodizelskoga goriva te poreznim intervencijama pripomoći njegovoj konkurentnosti. Takvim pristupom može se domaćim energentom supstituirati uvoz nafte te pripomoći daljnjem razvoju poljoprivrede i zaštiti okoliša.

METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je obavljeno s pet motora različite starosti, jednim novim motorom i četiri motora različite starosti (2, 11, 16 i 25 godina). Svi motori bili su četverotaktni trocilindrični Diesellovi motori hlađeni tekućinom zapremine 2500 cm³ i nazivne snage 31 kW. S obzirom na primjenu biodizela u vodećim europskim zemljama, istraživanje je provedeno s četiri vrste goriva:

1. 100% dizel gorivo (D100)
2. mješavina 95% dizela i 5% biodizela (D95B5)
3. mješavina 70% dizela i 30% biodizela (D70B30)
4. 100% biodizel gorivo (B100)

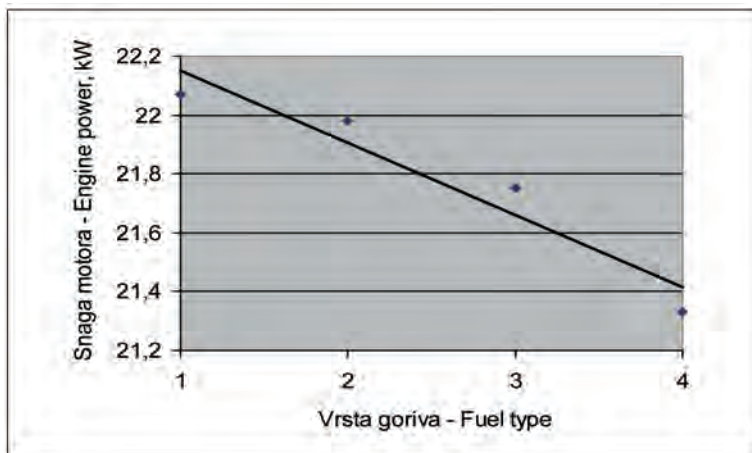
Navedeni redni brojevi i oznake korišteni su i za označavanje vrste goriva u slikama od 1 do 3. Radno područje motora bilo je 800-2200 o/min, a kao referentni brojevi okretaja motora uzeti su 1000, 1500 i 2000 o/min. U istraživanju je korišten dijagnostički uređaj AVL-845, a istraživane karakteristike motora bile su snaga, zakretni moment i specifična potrošnja goriva.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Snaga motora

Maksimalna snaga kod svih motora i svih vrsta goriva ostvarena je pri 2000 o/min. Motori pogonjeni stopostotnim dizelskim gorivom ostvarili su u prosjeku maksimalnu snagu od 27.67 kW, a uzevši u obzir snagu pri sva tri referentna broja okretaja motora, prosječna ostvarena snaga svih pet motora iznosila je 22.23 kW. Istraživanje s mješavinom 5% biodizela i 95% dizela nije ukazalo na bitna odstupanja ostvarene snage motora u odnosu na uporabu dizelskih goriva niti u jednom režimu rada. Uporabom mješavine 30% biodizela i 70% dizela najveća razlika u snazi motora bila je pri 1500 o/min i prosječno je smanjena za 2.32%, dok je maksimalna snaga u prosjeku bila manja za 1.17%. Istraživanje sa stopostotnim biodizelskim gorivom ukazalo je na nešto veće razlike u snazi motora u odnosu na uporabu dizelskog goriva. Najveća razlika u snazi motora bila je pri 1500 o/min i prosječno je smanjena za 3.77%, dok je maksimalna snaga u prosjeku bila manja za 2.92%. Kod svih vrsta goriva najveću snagu je ostvario novi motor, a najmanju najstariji motor, ali razlike nisu bile značajne. Utjecaj vrste goriva na ostvarenu snagu motora prikazan je na slici 1.

Vrste goriva-Fuel types: 1-D100, 2-D95B5, 3-D70B30, 4-B100



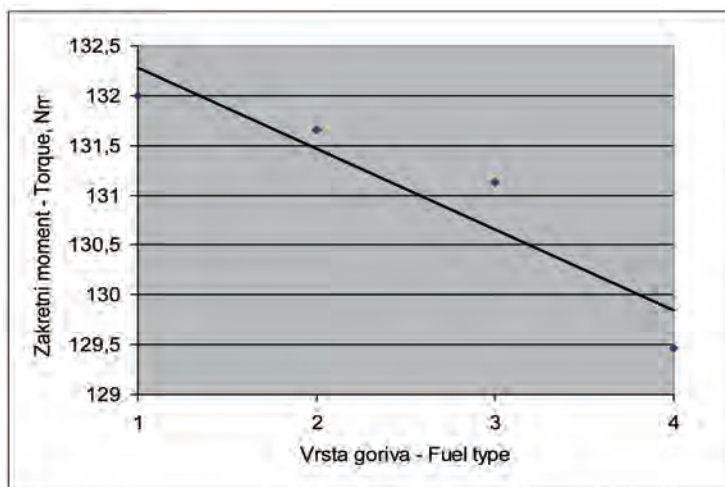
Slika 1. Utjecaj vrste goriva na snagu motora

Figure 1. Influence of fuel type on engine power

Zakretni moment motora

Najveći zakretni moment kod svih motora i svih vrsta goriva ostvaren je pri 1000 o/min, a pri tom broju okretaja motori pogonjeni stopostotnim dizelskim gorivom ostvarili su prosječni zakretni moment od 140.69 Nm. S istim gorivom prosječni

Vrste goriva-Fuel types: 1-D100, 2-D95B5, 3-D70B30, 4-B100



Slika 2. Utjecaj vrste goriva na zakretni moment motora

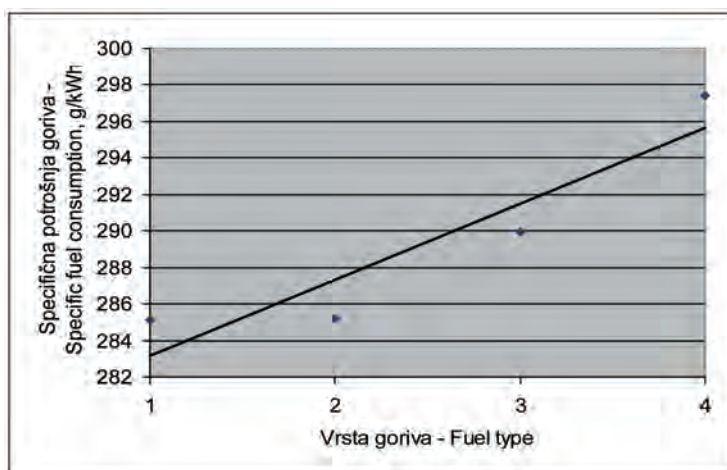
Figure 2. Influence of fuel type on engine torque

zakretni moment kod svih motora i sva tri referentna broja okretaja motora iznosio je 133.74 Nm. Istraživanje s mješavinom 5% biodizela i 95% dizela nije ukazalo na bitna odstupanja zakretnog momenta motora u odnosu na uporabu dizelskog goriva niti u jednom režimu rada. Uporabom mješavine 30% biodizela i 70% dizela najveća razlika ostvarenog zakretnog momenta bila je pri 1500 o/min, a prosječno je smanjena za 2.70%. Primjenom stopostotnog biodizelskog goriva zakretni moment pri 1500 o/min prosječno je smanjen za 2.77% u odnosu na uporabu stopostotnog dizelskog goriva. Najveći zakretni moment kod svih vrsta goriva ostvario je novi motor, a najmanji najstariji motor, ali razlike nisu bile značajne. Utjecaj vrste goriva na zakretni moment motora prikazan je na slici 2.

Specifična potrošnja goriva

Najpovoljnija specifična potrošnja goriva kod svih motora i svih vrsta goriva ostvarena je pri 1500 o/min. Motori pogonjeni stopostotnim dizelskim gorivom ostvarili su pri sva tri referentna broja okretaja motora prosječnu specifičnu potrošnju goriva od 284.01 g/kWh, dok je pri 1500 o/min prosječna specifična potrošnja goriva kod svih pet motora iznosila 270.78 g/kWh. Istraživanje s mješavinom 5% biodizela i 95% dizela nije ukazalo na bitna odstupanja specifične potrošnje goriva u odnosu na uporabu dizelskog goriva niti u jednom režimu rada. Ni uporabom mješavine 30% biodizela i 70% dizela nije ostvarena značajnija razlika u specifičnoj potrošnji goriva te je pri 1500 o/min ona prosječno povećana

Vrste goriva-Fuel types: 1-D100, 2-D95B5, 3-D70B30, 4-B100



Slika 3. Utjecaj vrste goriva na specifičnu potrošnju goriva

Figure 3. Influence of fuel type on engine fuel consumption

za 1.46%. Istraživanje sa stopostotnim biodizelskim gorivom ukazalo je na nešto veće razlike u specifičnoj potrošnji goriva, pri čemu je najveća razlika bila pri 1500 o/min i prosječno je povećana za 4.18%. Kod svih vrsta goriva najmanju specifičnu potrošnju goriva ostvario je novi motor, a najveću najstariji motor, ali razlike nisu bile značajne. Utjecaj vrste goriva na specifičnu potrošnju goriva motora prikazan je na slici 3.

Svi autori koji su istraživali karakteristike motora pogonjenih dizelom i biodizelom, kao i njihovim mješavinama, zaključili su da motori pogonjeni biodizelom imaju nešto lošije karakteristike. Slične razlike u snazi, zakretnom momentu i specifičnoj potrošnji goriva motora pogonjenog dizelom i biodizelom kao u ovom radu, oko 3%, dobili su i Altin i sur. (2001.). Godeša i sur. (2006.) utvrdili su 6.6% manju maksimalnu snagu i 10% veću specifičnu potrošnju goriva motora pogonjenog biodizelom. Labeckas i Slavinskas (2006.) u svojim istraživanjima dobili su veću specifičnu potrošnju biodizelskog goriva za 18.7% kod maksimalnog momenta odnosno 23.2% kod nazivne snage u odnosu na dizelsko gorivo. Carraretto i sur. (2004.) utvrdili su 3% manju maksimalnu snagu, 5% manji maksimalni zakretni moment i 16% veću specifičnu potrošnju goriva kod motora pogonjenog biodizelom. Ramadhas i sur. (2004.) smatraju da je smanjenje snage i zakretnog momenta, te povećanje specifične potrošnje goriva kod motora pogonjenih biodizelom očekivano zbog određenih razlika u svojstvima goriva, prvenstveno manje toplinske vrijednosti biodizelskog goriva.

Zaključak

Na osnovi provedenih istraživanja na pet motora različite starosti može se zaključiti da dodavanje 5% biodizela u dizelsko gorivo nije utjecalo na karakteristike motora. Povećanjem udjela biodizela na 30% snaga motora je prosječno smanjena za 2.32%, zakretni moment za 2.70%, dok je specifična potrošnja goriva povećana za 1.46%. Korištenjem 100% biodizela maksimalne razlike u karakteristikama motora bile su 3.77% manja snaga motora, 2.77% manji zakretni moment i 4.18% veća specifična potrošnja goriva. Između pojedinih motora različite starosti nije bilo značajnih odstupanja mjerenih karakteristika motora.

Literatura

1. Altin, R., Çetinkaya, S., Yücesu, H.S. (2001) The potential effect of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 42 (5), 529-538.
2. Balat, M. (2006) Fuel characteristics and the use of biodiesel as a transportation fuel. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 28 (9), 855-864.

3. Carraretto, C., Macor, A., Mirandola, A., Stoppato, A., Tonon, S. (2004) Biodiesel as alternative fuel: Experimental analysis and energetic evaluations. *Energy*, 29 (12-15), 2195-2211.
4. Demirbas, A. (2003) Current advances in alternative motor fuels. *Energy Exploration and Exploitation*, 21 (5-6), 475-487.
5. Godeša, T., Poje, T., Jejčič, V. (2006) Characteristic of tractor engine using biodiesel from decentralised production and mineral diesel fuel. *Proceedings of the 34. International Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering"*, Opatija, 77-85.
6. Graboski, M.S., McCormick, R.L. (1998) Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 24 (2), 125-164.
7. Jejčič, V., Poje, T., Godeša, T. (2006) The present situation of biodiesel in Slovenia. *Proceedings of the 34. International Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering"*, Opatija, 87-96.
8. Korbitz, W. (1999) Biodiesel production in Europe and North America, an encouraging prospect. *Renewable Energy* 16 (1-4), 1078-1083.
9. Labeckas, G., Slavinskas, S. (2006) The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. *Energy Conversion and Management*, 47 (13-14), 1954-1967.
10. Leung, D.Y.C., Koo, B.C.P., Guo, Y. (2006) Degradation of biodiesel under different storage conditions. *Bioresource Tehnology*, 97 (2), 250-256.
11. Meher, L.C., Sagar, D.V., Naik, S.N. (2006) Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10 (3), 248-268.
12. Ramadhas, A.S., Jayaraj, S., Muraleedharan, C. (2004) Use of vegetable oils as I.C. engine fuels – a review. *Renewable Energy*, 29 (5), 727-742.
13. Ryan, L., Convery, F., Ferreira, S. (2006) Stimulating the use of biofuels in the European Union: Implications for climate change policy. *Energy Policy*, 34 (17), 3184-3194.

Summary

The technical performances of engines powered by diesel and biodiesel fuel were tested on five engines of different production year and at different working regimes. The test with the blend of 5% biodiesel and 95% diesel fuel showed no significant difference in the measured engine performances in comparison to the 100% diesel, at heithier of the working regimes. The test with blend of 30% biodiesel and 70% diesel fuel showed some difference in the engine performances in comparison to the 100% diesel fuel. Engine power at the speed of 1,500 min⁻¹ was in average reduced by 2.32%, torque by 2.70%, while fuel specific consumption was increased by 1.46%. The 100% biodiesel fuel test showed more differences in the engine perfor-

mances in comparison to the 100% diesel fuel. Engine power at 1,500 min⁻¹ was in average reduced by 3.77%, torque by 2.77%, while fuel specific consumption was increased by 4.18%. The tests indicated no significant differences between the engines of different production year.

¹ Drago Kraljević, ² Dubravko Filipović

¹ Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg Sv. Trojstva 3, Osijek
Faculty of Agriculture, University of J. J. Strossmayer, Trg sv. Trojstva 3, Osijek

² Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb
Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb

CENTRALIZIRANI TOPLINSKI SUSTAV DELNICE

THE CENTRALIZED THERMAL SYSTEM OF DELNICE

Goran Tomac

Sažetak

Hrvatske šume d.o.o. 2002. god. pokreću projekt toplana na šumsku biomasu pod nazivom *16 Uprava šuma – 16 toplana na biomasu*. U suradnji s bavarskim institutom C.A.R.M.E.N. obučavaju se kadrovi za izradu studija izvodivosti. U dogovoru s lokalnom zajednicom pristupa se prikupljanju traženih podataka za izvođenje studije. Određivanjem potencijalnih potrošača pristupa se izradi studije koja daje pozitivne parametre projekta. Proračunavaju se snage kotla na biomasu i kotla za vršna opterećenja, potrebne količine goriva (biomase). U skladu sa zadanim parametrima razmatra se nekoliko mogućih trasa toplovoda i vrši se odabir najpovoljnije trase. Izrađuje se troškovnik projekta uz određivanje modela financiranja. Nakon svih pozitivnih ocjena studije projekta proračunavaju se i pozitivni ekološki utjecaji projekta na okoliš (smanjenje potrošnje lož ulja, smanjenje emisije CO₂).

Ključne riječi: *biomasa, toplana, toplovod*

Keywords: *biomass, thermal station, thermal pipe*

Uvod

Hrvatske šume d.o.o. 2002. god. pokreću pilot projekt toplana na šumsku biomasu pod nazivom *16 Uprava šuma – 16 toplana na biomasu*. U postupku odabiru se Delnice, Našice i Đurđevac kao lokacije na kojima se pristupa priprema za izradu studija izvodivosti.

U suradnji s bavarskim kompetencijskim centrom C.A.R.M.E.N. iz Straubinga, u dva ciklusa se obučavaju kadrovi za izradu studija izvodivosti koji dobivaju odgovarajuće certifikate o osposobljenosti za izvođenje tih poslova. U suradnji s lokalnom samoupravom upućuju se upiti na adrese potencijalnih potrošača da

bi se sagledala njihova zainteresiranost za sudjelovanje u projektu kao i njihove toplinske potrebe. Analizom prikupljenih podataka odabrani su sljedeći objekti koji bi se uključili u centralizirani toplinski sustav. (Tablica 1.)

Potrošač	Snaga instaliranih kotlova (kW)	Gorivo	Potrošnja	Toplinska potreba (MWh/god)	Grijane površine (m ²)
1. Škola (dječji vrtić, bazen i sportska dvorana)	1.800 (2x900)	Lož ulje	120.000 l/a	957	5200
2. Dom zdravlja	600	Lož ulje	50.000 l/a	399	3350
3. Hrvatske šume	350	Lož ulje	35.000 l/a	279	1950
4. Banka	160	Lož ulje	7.000 l/a	56	450
5. Kuglana	285	Lož ulje	15.000 l/a	112	1100
6. Gradska uprava	250	Lož ulje	35.000 l/a	279	1900
7. MUP, muzička škola	460	Lož ulje	45.000 l/a	336	2300
8. Radnički dom	160	Lož ulje	10.000 l/a	75	700

Tablica 1. Podatci o potencijalnim korisnicima topline

Table 1. Data on potential thermal energy users

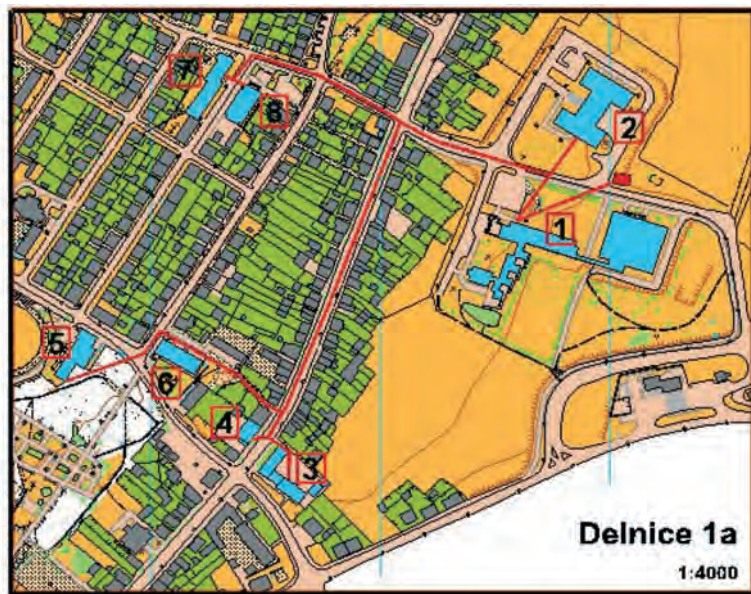
Analiza podataka i određivanje lokacije

Odabrana je lokacija za izgradnju toplane u neposrednoj blizini škole i doma zdravlja. Navedena lokacija je pogodna iz razloga što je u blizini kotlovnica škole koja ima dva kotla snage 900 kW koji bi se koristili kao kotlovi za vršna opterećenja sustava. (slika 1.)

Svi odabrani potrošači imaju vlastite kotlovnice raznih stupnjeva starosti pa time i stupnjeva iskorištenja. Kao gorivo na svim se lokacijama koristi lož ulje. Ukupna godišnja potrošnja lož ulja svih potrošača iznosi 317.000 litara (4).

Nakon određivanja budućih potrošača topline pristupilo se proračunu snage kotla na biomasu i kotla za vršna opterećenja. U postupku proračuna razmatralo se više mogućnosti postavljanja buduće trase toplovoda.

Analizom je utvrđeno da se dužine trasa toplovoda razmatranih varijanta neznatno razlikuju a kao najoptimalnija se utvrdila varijanta Delnice 1a, zbog najpogodnijeg rasporeda potrošača koji bi se u sljedećoj fazi mogli priključiti na centralizirani toplinski sustav.



Slika 1. Lokacije potrošača s trasom toplovoda

Figure 1. User locations with thermal pipeline route

1. Osnovna škola, dvorana, bazen, dječji vrtić
2. Dom zdravlja
3. Uprava Hrvatske šume d.o.o.
4. Banka
5. Kuglana, sportski centar
6. Gradska uprava
7. Muzička škola, MUP
8. Radnički dom

Proračun sustava

U proračunu je određena ukupna potreba toplinske energije potrošača koja iznosi 2515 MWh/godišnje. Kao gorivo će se koristiti šumska biomasa s 30% vlažnosti.

Proračunata snaga kotla na biomasu iznosi 800 kW, dok je proračunska snaga kotla za vršna opterećenja 870 kW. Podatak o snazi kotla za vršna opterećenja potvrdio je pretpostavku o korištenju postojećeg kotla osnovne škole (1) za tu potrebu.

Kotao za vršna opterećenja se automatikom uključuje kada je sustav maksimalno opterećen ili kada stupanj iskorištenja kotla na biomasu padne ispod

20%, npr. u ljetnim mjesecima kada postoji samo potreba za toplom sanitarnom vodom. Za ostvarivanje potrebne toplinske energije potrebno je osigurati 654 tone šumske biomase godišnje. Dužina odabrane trase toplovoda iznosi 1140 metara.

Sa dobivenim proračunskim vrijednostima se kontroliraju parametri na osnovu kojih se dolazi do pozitivne ocjene projekta (1 i 2).

Iznos sati punog opterećenja kotla na biomasu sustava je 2515 sati/god. i to je iznad minimalno propisane vrijednosti od 2500 sati/god.

Propusnost toplovoda iznosi 2,21 MWh/m toplovoda i to je iznad minimalno potrebnog iznosa ($> 1,5$ MWh/m) zbog relativno velike dužine toplovoda u odnosu na potrebnu snagu kotla (Tablica 2.).

Potreba toplinske energije	2515 MWh/a
Snaga kotla na biomasu	800 kW
Snaga kotla za vršno opterećenje (lož ulje)	870 kW
Dužina toplovoda	1140 m
Potrebna količina goriva (biomase)	654 t/a
Sati punog opterećenja kotla na biomasu	2515 Vbh/a
Propusnost toplovoda ($> 1,5$ MWh/m)	2,21 MWh/m

Tablica 2. Proračun snage kotla, potrošnja goriva i proračun trase toplovoda

Table 2. Calculation of boiler capacity, fuel consumption and thermal pipeline routes

Troškovnik

Na osnovu određenih parametara sustava i podloga već realiziranog projekta toplane na šumsku biomasu u Gospiću (3) izrađuje se troškovnik po pojedinim stavkama projekta. Troškovnik je po navedenim stavkama prikazan u tablici 3.

Nakon izrade troškovnika izvršena je i kontrola parametra investicija po MWh sustava kao i udio investicije mreže u ukupnoj investiciji (Tablica 4.). Utvrđeno je da ukupna investicija po MWh sustava iznosi 298 €/MWh što je manje od maksimalno dopuštenog iznosa (< 336 €/MWh). Udio investicije mreže u ukupnoj investiciji ne smije biti veći od 50% što je za naš sustav zadovoljeno jer on iznosi 38%. To je u potpunosti zadovoljavajuće s obzirom na veliku dužinu toplovoda i veći broj prelaza preko prometnica.

1. Izrada projektne dokumentacije	150.000,00 kn	20.000,00 €
2. Ishođenje građevinske dozvole	30.000,00 kn	4.000,00 €
3. Građevinski radovi na toplani	1.021.864,00 kn	136.248,53 €
4. Građevinski radovi na centralnom skladištu	303.660,00 kn	40.488,00 €
5. Oprema toplane (kotao na biomasu)	1.199.476,00 kn	159.930,13 €
6. Oprema toplovoda	1.685.800,00 kn	224.773,33 €
6.1. 1140 m toplovoda (970 kn/m)	1.105.800,00 kn	147.440,00 €
6.2. Prelazi preko ceste (8 x 11.250kn)	90.000,00 kn	12.000,00 €
6.3. Podstanice (7 x 70.000 kn/kom)	490.000,00 kn	65.333,33 €
7. Oprema transportera i dimnjaka	335.993,00 kn	44.799,07 €
7.1. Transporter sječke iz bunkera u silos	203.743,00 kn	27.165,73 €
7.2. Oprema dimnjaka	132.250,00 kn	17.633,33 €
8. Montaža opreme (toplane i toplovoda)	749.326,00 kn	99.910,13 €
8.1. Predizolirane cijevi (375 kn/m)	427.500,00 kn	57.000,00 €
8.2. Kotlovnica	321.826,00 kn	42.910,13 €
9. Nadzor	150.000,00 kn	20.000,00 €
UKUPNO	5.626.119,00 kn	750.149,20 €

Tablica 3. *Troškovnik*

Table 3. *Cost estimate*

Ukupna investicija po MWh (<336 €/MWh)	298 €/MWh
Udio investicije mreže u ukupnoj investiciji (<50 %)	38 %

Tablica 4. *Objašnjenje značajnih vrijednosti*

Table 4. *Explanation of major costs*

Financiranje

Projekt će se financirati iz dva izvora (Tablica 5.). Prvi je u iznosu od 1.700.000,00 kn iz Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost koji taj iznos osigurava u vidu bespovratnih sredstava Gradu Delnicama kao jednom od nositelja projekta. Ostali dio sredstava (70%) u iznosu od 3.926.119,00 kn osigurat će Hrvatske šume d.o.o. kroz višegodišnje kredite.

Izvor sredstava	Iznos	%
Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost*	1.700.000,00 kn	30
Hrvatske šume d.o.o.	3.926.119,00 kn	70
UKUPNO	5.626.119,00 kn	100

* bespovratna sredstva Gradu Delnicama

Tablica 5. *Financiranje*

Table 5. *Financing*

Zaključak

Korištenjem biomase kao energenta ostvaruju se višestruko pozitivni učinci:

- Pобољшanje učinkovitosti korištenja energije. Zamjenom pojedinih kotlovnica svakog posebnog objekta koje su već većinom zastarjele znatno se povećava stupanj iskorištenja energije.
- Postizanje pozitivnih učinaka na okoliš smanjenjem potrošnje lož ulja za 222 000 l/god (sa 317 000 l na 95 000 l). Time se povećava udio energije iz vlastitih izvora te se pruža potpora nastojanju što veće energetske neovisnosti RH iz fosilnih goriva.
- Smanjenom potrošnjom lož ulja postiže se smanjenje emisije CO₂ za 594 072 kg CO₂/god čime se nastoji približiti dogovorenim kvotama Kyoto protokola.
- Povećanje vlastite proizvodnje energije uz smanjenje uvoza.
- Stvaranje novih radnih mjesta – prije svega izravno u regiji, kako direktno vezanih za planirani projekt tako i u fazi pripreme i osiguranja potrebnih količina šumske biomase iz izvora koji se do sada nisu odgovarajuće iskorištavali i vrednovali.

Literatura

1. Dundović, J., 2006: Studija opravdanosti ulaganja u CTS Gospić (2006.), Zagreb, str. 1 – 23
2. Energetische Nutzung von Biomasse, Information für Bezirke, Landkreise und Kommunen (2002); C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing, Deutschland, str. 1 – 4
3. Energija u Hrvatskoj 2004., godišnji energetski pregled (2006.): Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva RH, Zagreb, str. 1 – 223
4. Von der Idee zum Projekt, Leitfaden Energie aus Biomasse (2001); C.A.R.M.E.N.e.V., Straubing, Deutschland, str. 1 – 4.

Summary

In 2005, a project of forest biomass-fuelled thermal stations, entitled "Sixteen Forest Administrations – Sixteen Biomass-Fuelled Thermal Stations", was launched by the company Hrvatske šume L.t.d. In cooperation with the Bavarian institute C.A.R.M.E.N., training was organized for those responsible for drawing up the feasibility study. In agreement with the local community, the necessary data for the study were collected. After the potential users had been determined, a study containing positive project parameters was developed. The capacity of a biomass-fuelled boiler and a boiler for maximum load were calculated, and so were the necessary quantities of fuel (biomass). In line with the given parameters, several possible thermal pipe routes were considered, and the most suitable one was selected. The project costs were calculated and a financing model chosen. After the project study was positively evaluated, the positive ecological impacts of the project on the environment were also calculated (reduced consumption of fuel oil, reduced CO₂ emission).

Goran Tomac

Hrvatske šume d. o. o. Zagreb, Uprava šuma podružnica Delnice
Hrvatske šume L.t.d. Zagreb, Forest Administration Delnice

PROIZVODNJA BIODIZELSKOGA GORIVA U SUSTAVIMA ODRŽIVE POLJOPRIVREDE

THE PRODUCTION OF BIODIESEL FUEL IN THE SYSTEMS OF SUSTAINABLE AGRICULTURE

Neven Voća, Tajana Krička, Željko Jukić, Vanja Janušić, Ana Matin

Sažetak

Biogoriva su danas jedna od najvrednijih izvora obnovljive energije. U procesu uključivanja u EU, Hrvatska treba zadovoljiti i preporuke EU u pogledu povećanog korištenja biogoriva. Stoga će Hrvatska prilagoditi energetske strategije sve skupljoj uvoznj energiji i osigurati što intenzivniji razvitak energetski učinkovite potrošnje energije te aktiviranje mogućnosti za vlastitu proizvodnju obnovljivih izvora energije.

Radi povoljnih klimatskih uvjeta RH ima značajni potencijal proizvodnje biodizelskoga goriva iz ulja uljane repice. Očekivane ekonomske, socijalne i ekološke koristi proizvodnje biodizelskoga goriva na nacionalnoj razini treba dostići kroz stvaranje domaće proizvodnje ovog goriva iz domaće sirovine. Ako se to ostvari, tada će uz dio biodizelskoga goriva koji ostaje u sustavu poljoprivredne proizvodnje za uzgoj sirovina, veći dio otići na tržište prvenstveno kao dodatak mineralnom dizelskom gorivu. Poseban naglasak u procesu proizvodnje biodizelskoga goriva, a u svrhu postizanje što veće dobiti, dat je na korištenju svih nusproizvoda (pogača, glicerol, slama). Ukoliko se biodizelsko gorivo i svi nusproizvodi koriste u sustavima poljoprivredne proizvodnje tada se postiže energetska neovisnost proizvodnje, sigurnost opskrbe za energentom, neovisnost o tržištu sirovina, kao i mogućnosti proizvodnje ekološki ispravne hrane.

Ključne riječi: *biodizelsko gorivo, poljoprivredna proizvodnja, ekologija*

Keywords: *biodiesel fuel, agricultural production, ecology*

Uvod

Počeci 20. stoljeća obilježeni su otkrićem velikog broja naftnih izvora i naglim razvojem industrije, koja je usvajala jeftiniju naftu kao dominantno gorivo. Od

tada, pa sve do današnjih dana jedini kriterij selekcije goriva je cijena kilometra prijeđenog puta. Međutim, to je dovelo do jednog od globalnih problema, do klimatskih promjena u svijetu.

Međutim, u posljednjih desetak godina došlo se do dramatičnih spoznaja o kritičnom stanju onečišćenosti zraka i utjecaju na klimatske promjene u regionalnim i globalnim razmjerima, koje su uzrokovane vrlo velikim dijelom pretjeranom uporabom mineralnih goriva u prometu. Prema brojnim izvorima jedna od najvećih prepreka većem korištenju biogoriva jest činjenica da se na energetsom tržištu ne vrednuju troškovi, štete i rizici koji nastaju korištenjem fosilnih goriva. Ograničenje količine fosilnoga goriva i njihova sve veća cijena, samo su dio argumenta u prilog rastućoj ekspanziji korištenja biogoriva za pogon sve raznovrsnijih strojeva, uređaja i prometala (Kraßing i Sams, 1995.).

Tako je cijena nafte u listopadu 2004. prešla psihološku granicu od 50 dolara po barelu, a u lipnju 2005. 60 dolara. Naposljetku u rujnu 2005., cijena nafte premašila je 70 dolara. Kasnije je cijena pala, ali se tijekom cijele zime 2005. na 2006. kretala između 60 i 65 dolara, da bi u proljeće 2006. ponovno porasla na 75 dolara za barel. Sredinom 2006. cijene nafte kreću se nešto iznad 70 dolara po barelu i sve analize upućuju na to da će nafta i dalje poskupljivati. Ozbiljne prognoze naftnih analitičara upozoravaju kako bi cijene nafte u slučaju mogućeg poremećaja tržišta mogle brzo porasti na iznad 100 dolara po barelu te kako će porast potražnje u svijetu, a osobito u mnogoljudnim zemljama Kini i Indiji, stvoriti pretpostavke za trajni rast cijena nafte.

Zbog svega navedenoga svjetska zajednica počela je prije desetak godina raspravljati kako navedene štete ublažiti i javio se pojam "alternativna goriva". Među njima, sigurno su najinteresantnija biogoriva. Biogoriva danas predstavljaju najvredniji oblik obnovljivih izvora energije. Postoje dvije vrste biogoriva: alkoholna (kao zamjena ili dodatak benzinu u benzinskim motorima) i biljna ulja kao zamjena ili dodatak nafti u Dieselovim motorima. Zbog klimatskih uvjeta Europa se opredijelila za proizvodnju biljnih ulja za biodizelsko gorivo (Voća, 2003.).

Prema prvim istraživanjima, provedenima još 1991. godine, biodizelsko gorivo se definira kao netoksično biorazgradivo gorivo koje se koristi kao nadomjestak mineralnom dizelskom gorivu, a proizvodi se iz ulja uljane repice procesom esterifikacije. Produkt tog kemijskog procesa naziva se metilni ester repičinog ulja (engl. Rapeseed Methyl Ester, RME), jer se tada proizvodnja biodizelskoga goriva temeljila isključivo na uljanoj repici (Bekers i sur. 2001.).

Proizvodnja biodizelskog goriva u Europskoj uniji

Gotovo sve zemlje Europske unije, a i većina zemalja u tranziciji u posljednjem su desetljeću, a neke i ranije, pokrenule proizvodnju biogoriva i to biodizelskoga goriva i etanola. Takav trend nastaviti će se i u budućnosti što pokazuje i Direktiva Europske unije (2003/30/EC) o alternativnim gorivima u cestovnom prijevozu te mjerama za promociju biogoriva. U navedenom se dokumentu predlažu sljedeće mjere koje će po prihvaćanju postati obveza i za zemlje kandidate za prijam u EU, pa tako i Hrvatsku:

- zemlje članice EU imaju pravo primjenjivati diferenciranu poreznu stopu na biogoriva, kako bi se potaknulo njihovo korištenje,

- do 2007. udio biogoriva u Europskoj uniji treba iznositi minimalno 3,5%. Nakon toga udio u svakoj zemlji članici morat će iznositi za 2008. godinu 4,25%, 2009. 5% i 2010. godinu 5,75%,

- do 2020. treba 20% tradicionalnih goriva u prometu zamijeniti alternativnim.

Navedene direktive su obvezujuće, to znači da se prije navedena zamjena mora izvršiti. Sve su ih članice Europske unije prihvatile, ali ih moraju prihvatiti i buduće članice, što znači da navedene obveze mora prihvatiti i Republika Hrvatska, kao jedna od budućih članica Europske unije. U tablici 1. prikazana je proizvodnja biodizelskoga goriva u državama članicama Europske unije u 2005. i 2006. godini (RFA, 2007.).

Država	Kapacitet (tisuće tona)		Država	Kapacitet (tisuće tona)	
	2005	2006		2005	2006
Austrija	125	134	Mađarska	0	12
Belgija	55	85	Malta	2	3
Cipar	2	2	Njemačka	1.903	2.681
Češka	188	203	Poljska	100	150
Danska	81	81	Portugal	6	146
Estonija	10	20	Slovačka	89	89
Francuska	532	775	Slovenija	17	17
Grčka	35	75	Španjolska	100	224
Italija	827	857	Švedska	12	52
Latvija	5	8	Velika Britanija	129	445
Litva	10	10	Ukupno	4.228	6.069

Tablica 1. Proizvodnja biodizelskoga goriva u Europskoj uniji

Table 1. Biodiesel production in the European Union

Ukupna proizvodnja biodizela u EU25 porasla je sa 1,9 milijuna tona u 2004. na blizu 3,2 milijuna tona u 2005. ili za 65%. Broj zemalja s industrijom biodizela gotovo se udvostručio u 2005. (20) u odnosu na 2004. (11). Proporcionalno tome rasli su i kapaciteti za proizvodnju biodizela te su u 2006. iznosili više od 6 milijuna tona, što će omogućiti daljnju ekspanziju industrije biodizela u EU. Kako biodizel čini oko 80% biogoriva u EU, ovi podaci potvrđuju činjenicu da globalni cilj o postocima utrošenih biogoriva u transportu postavljen u EC Direktivi 30/2003 još uvijek u većini država nije dostignut. Ako se uzme samo tržište dizela u EU, proizvodnja biodizela je uz postojeći trend porasta blizu očekivanog cilja od 2%. Danas tržišni udio biodizela iznosi približno 1,5% od tržišta konvencionalnog dizela u EU. U budućem korištenju biogoriva u Europi podjednaku će ulogu imati i biodizelsko gorivo i bioetanol, pri čemu će za njihovu proizvodnju biti korišteno 20 milijuna hektara poljoprivrednih površina i to 10 milijuna hektara za proizvodnju biodizelskoga goriva i 10 milijuna hektara za proizvodnju etanola.

Izbor sirovine za proizvodnju biodizelskoga goriva zavisi isključivo o specifičnim uvjetima pojedine zemlje (klima, navike stanovništva, uobičajene poljoprivredne kulture i sl.). Ipak kao daleko najznačajnija sirovina izdvaja se uljana repica i donekle suncokret. Uljanu repicu (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera*) izabrali su pioniri proizvodnje biodizela za eksperimente transesterifikacije zbog njezine relativno niske cijene u odnosu na druge uljarice i dobre adaptibilnosti na različite uvjete. Uljana repica je najraširenija uljana kultura u Europi, napose u Njemačkoj i Francuskoj koje su ujedno vodeće u proizvodnji biodizelskoga goriva (Mustapić i sur. 1994.).

Proizvodnja biodizelskog goriva u Republici Hrvatskoj

Za svoj razvitak Republika Hrvatska mora osigurati dovoljno energije i to sve više iz uvoza. U procesu uključivanja u EU, Hrvatska treba zadovoljiti i preporuke EU u pogledu povećanog korištenja biogoriva. Stoga će Hrvatska prilagoditi energetska strategiju sve skupljoj uveznoj energiji i osigurati što intenzivniji razvitak energetski učinkovite potrošnje energije, te aktiviranje mogućnosti za proizvodnju obnovljivih izvora energije.

S obzirom na skromnu raspoloživost vlastitih domaćih izvora energije, Republika Hrvatska mora uvoziti energiju. Uvoz energenata će još više rasti u budućnosti, s obzirom na očekivani gospodarski rast, te će imati stalnu tendenciju porasta. Vlastita opskrbljenost ukupnom primarnom energijom iznosila je

2005. godine oko 45%, a procjena je da bi 2030. godine iznosila svega od 21% do 23%. Treba naglasiti da u ukupno potrebnoj energiji najveći udio imaju nafta i prirodni plin čiji se udio za cijelo razdoblje kreće na razini 60% - 70%.

Ovisnost o uvozu energije predstavlja rizik u osiguravanju potrebne energije, što zbog tržišnih faktora (visoke cijene na svjetskom tržištu) ali i netržišnih faktora poput promjena geopolitičkih odnosa u svijetu i sl. Zbog toga je od presudne važnosti povećati proizvodnju domaćih izvora energije i u tome je strateški značaj proizvodnje biodizela za našu zemlju.

Potrošnja dizelskog goriva u Republici Hrvatskoj je u stalnom porastu i 2004. ukupno je potrošeno 1.221.800 tona dizelskog goriva. Na temelju procjene potrošnje predviđa se da će potrošnja dizelskog goriva 2010. godine od 1,34 mil. tona da bi ista 2020. godine dosegla čak 1,5 mil. tona godišnje. Temeljem toga, a predviđanjima porasta potrošnje dizelskog goriva, te time i predviđanja budućih potreba za biodizelom, pokazuje se kako postoji tržišni potencijal za biodizelsko gorivo u Hrvatskoj.

Hrvatska poljoprivreda godišnje troši približno oko 200.000 t nafte te uz prehrambenu industriju koja troši oko 25.000 t, ne mora se isticati kolike bi bile državne uštede a i sam pristup ekološkoj poljoprivredi može polučiti uvođenje biodizelskoga goriva za našu državu.

Krajem 2005. godine intenziviraju se aktivnosti na utvrđivanju mogućnosti proizvodnje biodizelskoga goriva, a istu je organizirala tvrtka Modibit iz Ozlja, što je rezultiralo prvim biodizelskim postrojenjem u Republici Hrvatskoj kapaciteta proizvodnje 20.000 t/god.

Sirovine za proizvodnju biodizelskog goriva u Republici Hrvatskoj

Najznačajnije domaće kulture za proizvodnju biljnih ulja su suncokret, soja i uljana repica. U primorskom dijelu Hrvatske proizvodi se maslinovo ulje, dok je proizvodnja i potrošnja drugih ulja kao primjerice bučinog i ulja od klica kukuruza, neznatna. Soja u odnosu na uljanu repicu i suncokret sadrži znatno više bjelancevina (oko 40%), a manje ulja (oko 18%), pa je pogodna za proizvodnju stočne hrane. U tu svrhu se koristi ili kao ekstrudirano sjeme ili u obliku sačme koja zaostaje nakon ekstrakcije ulja. Sojina sačma je glavna bjelancevinasta komponenta u krmnim smjesama, a kako njezina proizvodnja nije dostatna za naše potrebe, soja se redovito i u velikim količinama uvozi. Sačma i pogače druge dvije uljarice mogu u smjesama zamijeniti soju ali ni te količine nisu dostatne za potrebe stočarstva. Za sada se u nas malo napora ulaže za korištenje sojina

sjemeni u druge svrhe, prije svega za ljudsku prehranu, dok se u svijetu od soje proizvodi na stotine proizvoda (Mustapić i sur. 1994.).

Prosječni prinosi uljane repice od 2,2 do 2,5 t/ha vrlo su niski. Ovo je razumljivo kada se zna da se repica najčešće uzgaja na najlošijim, neuređenim tlima, loših vodo-zračnih svojstava i s izraženim depresijama u kojima površinska voda stagnira, što dovodi do redukcije sklopa i stvaranja plješina u usjevu. Zastarjela i neadekvatna mehanizacija, niska razina primijenjene tehnologije, manjkava zaštita usjeva i nedovoljna educiranost obiteljskih gospodarstava, daljnji su važni razlozi malih površina pod repicom i prosječnih prinosa, odnosno ukupne proizvodnje (DZS, 2004.).

Ukupna proizvodnja uljane repice u posljednjih 10 godina u Republici Hrvatskoj najčešće se kretala od 11.000 do 24.000 tona, a tek je 1999. godine dostigla predratnu proizvodnju od preko 30.000 t sirovine. Nedovoljan interes i premalo učešće uljane repice u strukturi sjetve na našim oranicama posljedica su mjera ekonomske politike u području agrara, posebno politike cijena, te nedovoljne zainteresiranosti prerađivačke industrije (DZS, 2004.).

Kao sirovine za proizvodnju biodizela mogu se upotrijebiti i korištena kuhinjska ulja, ali su ona dostupna u manjim količinama. Biodizel se proizvodi iz različitih biljnih ulja, ali i goveđeg loja i starog jestivog ulja, čime se zbrinjava otpad iz restorana i domaćinstava.

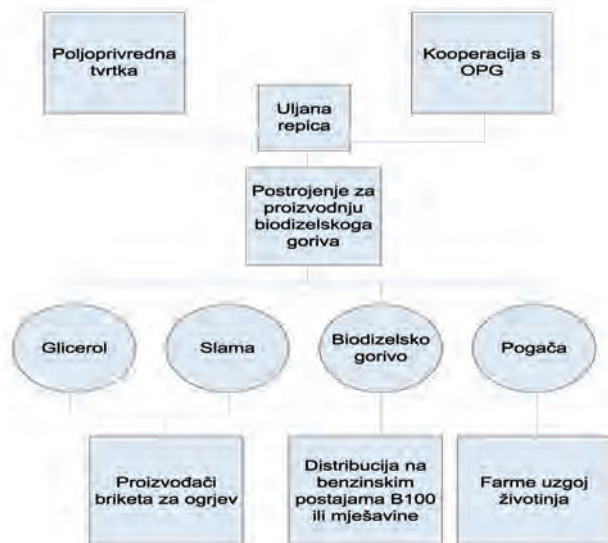
“Cluster” proizvodnje biodizelskog goriva u RH

Svaka država koja proizvodi biodizelsko gorivo ima “cluster” za proizvodnju takva goriva. Ti se “clusteri” temelje prvenstveno na potrebama pojedine države, korištenju različitih sirovina, prerađivačima te na kraju samih korisnika. Tako se svaka država prilagođava vlastitoj postojećoj infrastrukturi, mogućnostima primarne proizvodnje sirovina, prerađivačkim kapacitetima te samim potrošačima, kako biodizelskoga goriva, tako i njegovih nusproizvoda (Türk, 1997.).

Daljnje povećanje površina pod uljanom repicom za proizvodnju biodizelskoga goriva moguće je značajnijim povećanjem površina u postojećem uskom plodoredu te rekultivacijom zapuštenih i neobrađivanih površina, čime bi se osigurale nove zasijane površine u pravilnom plodoredu od 60.000 do 70.000 ha. Realna mogućnost povećanja ukupne proizvodnje repice je i povećanjem prosječnih prinosa na 3,0 do 3,5 t/ha, za što postoje i agroekološki i tehnološki uvjeti. Time bi se na spomenutim novozasijanim površinama repicom povećala proizvodnja za preko 30%, odnosno osigurala sirovina za proizvodnju 90.000 – 100.000 tona biodizela. Za ostvarenje ovih ciljeva potrebno je (BIOEN, 2001.):

- mjerama ekonomske politike u agraru, napose cijenama i novčanim poticajima stimulirati proizvođače na značajnije uključivanje ove kulture u strukturu sjetve,
- uvoditi i primijeniti suvremenu tehnologiju proizvodnje uljane repice, kako bi se ostvarili realno mogući prosječni prinosi iznad 3,0 t/ha kao osnovni uvjet rentabilnosti "clustera" proizvodnje biodizelskoga goriva,
- zamijeniti zastarjelu mehanizaciju novim suvremenim strojevima za obradu i pripremu tla, sjetvu i njegu usjeva, napose novih kombajna kojima je moguća brza i pravovremena žetva i kojima se gubici u žetvi smanjuju na minimum,
- kontinuirano educirati proizvođače, napose obiteljska gospodarstva koja nemaju proizvodnih iskustava s ovom kulturom, o suvremenim agrotehničkim mjerama.

Budući da proizvodnja biodizelskoga goriva nije rentabilna ukoliko se ne iskoriste svi nusproizvodi ove proizvodnje, potrebno je poseban naglasak dati upravo na plasmanu svih proizvoda na tržište, odnosno njihovom vlastitom korištenju. Tako se uz vlastitu proizvodnju sirovine uvelike pridonosi pozitivnoj ekonomskoj bilanci proizvodnje ovog biogoriva. Iz tog razloga, proizvođaču biodizelskoga goriva se "cluster" proizvodnje biodizelskoga goriva nameće kao optimalno rješenje koje uvelike pridonosi smanjenju troškova proizvodnje.



Slika 1. "Cluster" proizvodnje biodizelskoga goriva

Figure 1. Biodiesel production "cluster"

“Cluster” je koncipiran tako da proizvođač biodizelskoga goriva kao nositelj proizvodnje može određen dio biodizelskoga goriva vraćati proizvođačima uljane repice za njihove vlastite potrebe, dok se preostali dio plasira na tržište. Pogača ili sačma plasira se jednim dijelom na tržište, a djelomično se vraća do poljoprivrednih proizvođača, zavisno o njihovoj stočarskoj proizvodnji. Tako je samoopskrba jedna od najvažnijih prednosti ovakve proizvodnje, jer je najveća dobit u korištenju dobivenih proizvoda uz zatvaranje proizvođačko-potrošačkog kruga, a porez na dodanu vrijednost se ne obračunava, jer se biodizelsko gorivo i pogača ili sačma koriste za vlastite potrebe. Na slici 1. shematski je prikazan “cluster” proizvodnje biodizelskoga goriva.

Uporaba pogače i sačme u ishrani stoke danas je sve veća zbog pojave bolesti Bovina spongiformna encefalopatija (kravlje ludilo), koja se prenosi hranom za stoku animalnog podrijetla. Zbog sve većih zahtjeva prema poljoprivredi, veza-nih za proizvodnju ekološki ispravne hrane, upravo je pogača i sačma zbog svojih energetsko-nutritivnih vrijednosti uspješno zamijenila spornu komponentu animalnog podrijetla u hrani za stoku. Sve veća cijena pogače i sačme dovela je do toga, da plasman istih uopće nije upitan.

Nadalje, posebna briga mora se provesti upotrebom glicerola, nusproizvod koji nastaje zajedno s metilnim esterom iz djelovanja reakcije triacilglicerola i metanola. Upotrebljava se u kemijskoj industriji, kozmetici, industriji kože i slično, a može poslužiti kao gorivo u proizvodnji termalne energije.

Slama uljane repice je važan nusproizvod u proizvodnji biodizelskoga goriva pogodan za proizvodnju energije. Slama uljane repice ima vrlo slična svojstva i gorivu vrijednost kao i ostaci žitarica, tako da se za njezino prikupljanje može rabiti postojeća mehanizacija. Uz pšenicu i kukuruz, najvažnija uljarica za proizvodnju slame upravo je uljana repica. Ložišta za biomasu danas su toliko usavršena da možemo slobodno reći kako je loženje biomase (što se tiče rada i posluživanja) jednako loženju ugljena ili čak tekućih goriva. Automatizacija ložišta je potpuna, a učinci izgaranja povoljni (Krička i sur. 2000.).

Ako za cvatnje posluži lijepo vrijeme, pčele mogu s uljane repice sabrati pune košnice meda, čak do 50-60 kg/ha meda. Med od uljane repice je svijetložut, vrlo brzo se kristalizira i poprima sivkastu boju, a okus mu je poput repičina ulja pa ne spada u kvalitetne vrste meda (Banožić, 1997.).

Pokretanje proizvodnje biodizelskoga goriva pruža znate mogućnosti za otvaranje novih radnih mjesta te tako može imati znatan pozitivan utjecaj na lokalno i nacionalno gospodarstvo. Otvaranje novih radnih mjesta, osobito u ruralnim područjima izvan velikih gradova predstavlja koristan oblik gospodarske i socijalne politike. Upravo je jačanje privatnoga sektora u ruralnim područjima, u Re-

publici Hrvatskoj, vezano uz jačanje energetskega sustava koji će imati najveću ulogu u ostvarivanju "cluster" proizvodnje biodizelskoga goriva.

Poznato je međutim, da su državne mjere, koje se odnose na povećanje energetske učinkovitosti i korištenje obnovljivih izvora energije, brzo isplative te stvaraju pozitivne učinke na otvaranje novih radnih mjesta, povećane prihode u poljoprivredi i šumarstvu, te na razvitak ruralnih područja, kao i gospodarski razvitak uopće.

Osim izravnog utjecaja na zapošljavanje, odnosno otvaranje novih radnih mjesta, proizvodnja i korištenje biodizelskoga goriva ima cijeli niz drugih gospodarsko-socijalnih prednosti i pozitivnih učinaka, a to su povećani prihodi, obrazovanje, zdravlje ljudi i podrška razvitku gospodarstva. U tehnološkom se lancu proizvodnje biodizelskoga goriva pojavljuju aktivnosti koje omogućavaju dodatno zapošljavanje i otvaranje novih radnih mjesta. Ove aktivnosti obuhvaćaju proizvodnju opreme i uređaja za proizvodnju uljane repice, sirovoga ulja i na kraju samog biodizelskoga goriva. Tako se dodatno zapošljavanje temelji na ulaganju dobiti proizvodnje biodizelskoga goriva u novu opremu i tehnologiju za unapređivanje vlastite proizvodnje, te na investiranje u opremu i postrojenja za otvaranje novih radnih mjesta.

Zaključak

Dosadašnje aktivnosti i dogovori u Hrvatskoj ujednačili su opća stanovišta o tom energentu, koja se mogu sažeti na:

Hrvatska mora formulirati svoju "cluster" politiku razvoja na tom energentu u skladu sa svojim specifičnostima, a vezano uz politiku prema vlastitoj poljoprivredi, turizmu i zaštiti okoliša.

Treba odmah snimiti (identificirati) sve ekonomske, političke i socijalne efekte (cost-benefit) u proizvodnom "cluteru" biodizela, od poljoprivrede do benzinske crpke, s posebnim naglaskom na segmentaciju tržišta proizvoda i nusproizvoda te sirovinske osnove.

Literatura

1. Banožić, S. (1997): Uljana repica – značajna paša, Časopis "Gospodarski list", br 7/97, Zagreb.
2. Bekers, M.; Danilevich, A.; Peimans, D.; Viesturs, V. (2001): Integrated biosystem for production of biofuels (ethanol, biodiesel, biogas) from agricultural biomass, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Zbornik radova, Sevilla, Španjolska.

3. Kraßing, G.; Sams, Th. (1995): Rapsmethylester als Dieselmotoren – Kraftstoff, *Österreichische Ingenieur – und Architekten – Zeitschrift* 54, Austrija.
4. Krička, T.; Voća, N.; Jukić, Ž.; Hrsto, D. (2000): Biodizel gorivo kao prekretnica u hrvatskoj poljoprivrednoj proizvodnji, 16. Hrvatsko savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice.
5. Mustapić, Z.; Pospišil, M.; Kunsten, B. (1994): Mogućnosti korištenja sačme uljane repice novih "00" - kultura u hranidbi stoke, *Poljoprivredne aktualnosti*, Vol. 30, br.3-4.
6. Türk, R. (1997): Dezentrale Biodieselanlagen, "Energie Pflanzen", br II/97, Njemačka.
7. Voća, N. (2003): Agrarni modeli proizvodnje biodizelskoga goriva, Magistarski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
8. ... (2001): Uvođenje biodizelskoga goriva u RH - BIOEN, EIHP, Zagreb
9. ... (2003): Direktiva Europske unije o alternativnim gorivima u cestovnom prijevozu te mjerama za promociju biogoriva, 2003/30/EC.
10. ... (2004): Statistički ljetopis, Državni zavod za statistiku RH, Zagreb.
11. ... (2007): World biodiesel production, Renewable Fuels Association, SAD.

Summary

Biofuels are the most valuable sources of renewable energy today. In the process of joining the EU, Croatia will have to meet the EU recommendations of enhancing biofuel utilization. Therefore, Croatia will have to adjust its energetic strategy, because of the imported energy becoming more and more expensive; it will further have to ensure a more intensive development of energetically sufficient energy consumption, as well as activate the possibility to produce renewable energy sources.

Because of its favourable climatic conditions, the Republic of Croatia has a significant potential in the biodiesel fuel production from rape seed. The expected economic, social and ecological benefits from the biodiesel fuel production at the national level need to be attained through organizing the domestic production of this fuel from domestic raw material. If this is realized, a part of biodiesel fuel will stay in the system of agricultural production for growing raw material, while the most of it will go to the market primarily as a supplement to the mineral diesel fuel. Special emphasis in the process of biodiesel fuel production, with the aim of attaining greater profit, is given to the usage of all by-products (cake, glycerol, straw). If biodiesel fuel and all by-products are used in the agricultural production systems the following will be achieved: the energy independence of production, the certainty of energy source supply, the independence from the raw material market; and the possibility of bioorganic food production.

Neven Voća, Tajana Krička, Željko Jukić, Vanja Janušić, Ana Matin

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb
Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb

CENTRALIZIRANI TOPLINSKI SUSTAV ĐURĐEVAC

THE CENTRALIZED THERMAL SYSTEM OF ĐURĐEVAC

Bojan Špoljar

Sažetak

Đurđevac je uz Našice i Delnice izabran kao pilot projekt u sklopu projekta Hrvatskih šuma 16 *Uprava šuma područnica - 16 toplana na šumsku biomasu* snage do 1 MW. Uz toplane Hrvatskih šuma u Ogulinu i Gospiću koje su već u funkciji, Đurđevac ima priliku postati jedan od prvih gradova u Hrvatskoj koji koristi toplinu iz toplane na šumsku biomasu kao obnovljivog izvora energije. Uz Hrvatske šume d.o.o. Zagreb kao pokretača projekta, veliki interes i zadovoljstvo predloženim pokazao je i Grad Đurđevac kojemu bi sama toplana bila data na upravljanje. Kroz međunarodnu suradnju sa C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing (Bavarska) i Austrijskim saveznom šumama, Hrvatske šume dobivaju stručnu pomoć, ali i iskustva dviju najrazvijenijih država što se tiče uporabe biomase u proizvodnji energije. Planirano je obuhvatiti 10 objekata u samom središtu grada koji koriste plin kao energent za grijanje i ponuditi im toplinu s jednog mjesta.

To su: srednjoškolski centar, sportska dvorana, dječji vrtić, osnovna škola, dom kulture, policija / MUP, župni ured, župna crkva Sv. Jurja, dom zdravlja, hotel. Time bi se: povećala sigurnost opskrbe toplinskom energijom, smanjila ovisnost o fosilnim gorivima (plin), smanjila emisija CO₂, smanjila cijena grijanja, dobila mogućnost proširenja sustava i priključenja drugih objekata, otvorilo tržište biomase kao energenta i mogućnost zapošljavanja. Lokacija objekta toplane je uz srednjoškolski centar. Snaga kotla na biomasu iznosit će 900 kW a duljina toploвода 1500 m. Ukupna investicija iznosi 6,2 mil. kuna a sredstva se planiraju realizirati kroz IPARD program 2007. godine i sredstvima Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb.

Ključne riječi: *šumska biomasa, toplinski sustav na šumsku biomasu, toplinska energija iz šumske biomase*

Keywords: *Forest biomass, forest-biomass-based thermal system, thermal energy from forest biomass*

Uvod

U sklopu projekta Hrvatskih šuma 16 *Uprava šuma podružnica – 16 toplana na šumsku biomasu* Đurđevac je, uz Našice i Delnice, izabran kao pilot projekt za izgradnju Centraliziranog toplinskog sustava. Uz već izgrađene toplane Hrvatskih šuma u Ogulinu i Gospiću, Đurđevac ima priliku postati jedan od prvih gradova u Hrvatskoj koji će dio svojih potreba za toplinskom energijom dobivati iz toplane na šumsku biomasu. Uz Hrvatske šume d.o.o. Zagreb kao pokretača projekta, veliki interes i zadovoljstvo predloženim pokazao je i Grad Đurđevac kojemu bi sama toplana bila data na upravljanje. Kroz međunarodnu suradnju sa C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing (Bavarska) i Austrijskim savezним šumama, Hrvatske šume dobivaju stručnu pomoć, ali i iskustva dviju najrazvijenijih država što se tiče uporabe biomase u proizvodnji energije. Tako je uz stručnu pomoć kompetencijskog centra C.A.R.M.E.N. iz Straubinga, vodeće ustanove za izradu i ocjenjivanje projekata korištenja obnovljivih izvora energije, u Njemačkoj, izrađena studija predizvodljivosti ovog projekta.

Tehnički podaci

U studiju je uključeno 10 potencijalnih korisnika koji su izabrani prema određenim uvjetima (slika 1.). To su: srednjoškolski centar (1), sportska dvorana (2), dječji vrtić (3), osnovna škola (4), dom kulture (5), policija / MUP (6), župni ured (7), župna crkva Sv. Jurja (8), dom zdravlja (9), hotel (10). Uz ove objekte bilo je još potencijalnih korisnika CTS-a, ali za sada je predviđeno ovih 10 objekata uz mogućnost kasnijeg proširenja sustava. Svaki od ovih objekata koristi prirodni plin kao energent i ima svoje kotlove od kojih su neki stari i preko 15 godina. Izgradnjom toplane na šumsku biomasu i uključivanjem ovih objekata u centralizirani toplinski sustav postigle bi se višestruke koristi kako ekološke tako i ekonomske.

Sam objekt toplane bi bio smješten u neposrednoj blizini Srednjoškolskog centra koji od navedenih objekata ima najnovije kotlove ukupne snage 1800 kW (3 x 600 kW) koji bi bili iskorišteni kao kotlovi za vršno opterećenje kada to bude potrebno u najhladnijim danima odnosno ljeti kad nema velike potrebe za toplinom i kada je neisplativo ložiti kotao na biomasu.

Prema podacima o dosadašnjoj potrošnji plina ovih objekata izračunata je potreba toplinske energije za navedene objekte a iz toga proizlazi da bi kotao na biomasu od 900 kW bio dovoljan za zagrijavanje ovih objekata uz potrebne kotlove za vršno opterećenje na plin od 992 kW. Ukupna duljina toplovoda od toplane do svakog potrošača iznosila bi 1500 m. Propusnost toplovoda bi iznosila



Slika 1. Lokacije korisnika s trasom toplovoda

Figure 1. *Locations of users and thermal pipeline route*

1,9 MWh/m i time je zadovoljen jedan od uvjeta tehničke isplativosti projekta (1. i 2.). Drugi uvjet je zadovoljen s 2522 radna sata punog opterećenja kotla na biomasu godišnje, što je pokazala studija predizvodljivosti. Potrebna količina goriva bi iznosila oko 740 t godišnje, a namirila bi se iz radova šumske njege i obnove kao i ostataka od šumske sječe i izrade sortimenata. Potrebno je napomenuti i da je predviđena izrada centralnog skladišta na lokaciji izvan središta grada gdje bi se šumska biomasa sušila, usitnjavala i tamo čekala prijevoz do toplane.

Utjecaj na okoliš

Izgaranje biomase nazivamo CO₂ neutralnim procesom jer je količina emitiranog CO₂ kod izgaranja približno jednaka količini apsorbiranog CO₂ kojeg biljka apsorbira iz atmosfere tijekom rasta. Iz toga proizlazi smanjenje emitiranja CO₂ za 540 t godišnje kada bi navedenih 10 objekata koristilo toplinu iz toplane na biomasu umjesto iz svojih kotlova na plin. Uz činjenicu da je biomasa obnovljivi izvor energije, za razliku od fosilnih goriva čije su zalihe svakim danom sve manje, te da praktično nema štetnih plinova niti buke, centralizirani toplinski sustav

za pridobivanje toplinske energije iz toplane na biomasu nameće se kao ekološki puno prihvatljivije rješenje od sadašnjeg načina grijanja.

Financije

Ukupna vrijednost projekta iznosi 6,2 mil. kuna u što su uključeni građevinski radovi na toplani, toplovodu i centralnom skladištu, opremanje toplane i toplovoda, montaža opreme toplane i toplovoda, oprema transportera sječke i dimnjaka, izrada projektne dokumentacije, ishođenje lokacijske dozvole te nadzor (3). Udio investicija po MWh iznosi 293€ po MWh. Time je zadovoljen prvi od uvjeta financijske isplativosti projekta. Drugi uvjet financijske isplativosti je da udio investicije mreže u ukupnoj investiciji iznosi manje od 50% a u našem slučaju iznosi 44%. Sredstva se planiraju realizirati iz IPARD programa 2007. godine i sredstvima Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb.

Zaključak

Glavne prednosti ovakvog načina grijanja, uz već spomenute ekološke uštede, su i jeftinija toplinska energija, veća sigurnost u opskrbi toplinskom energijom jer više korisnici nisu ovisni o jednom izvoru energije, otvaranje novih radnih mjesta, formiranje tržišta biomase, te proširenje sustava. Sustav je proširiv na dva načina: uključivanjem novih korisnika i povećanjem snage toplane što otvara mogućnost istodobne proizvodnje toplinske i električne energije.

Literatura

1. Dundović, J., 2006: Studija opravdanosti ulaganja u CTS Gospić. Zagreb, str. 1 – 33.
2. Energetische Nutzung von Biomasse, Information für Bezirke, Landkreise und Kommunen (2002): C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing, Deutschladn, str. 1 – 4.
3. Von der Idee zum Projekt, Leitfaden Energie aus Biomasse (2001): C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing, Deutschladn, str. 1 – 4.

Summary

Along with Našice and Delnice, Đurđevac was selected as a pilot project within the project of the company Hrvatske šume entitled "16 Forest Administrations – 16 Forestbiomass-fuelled Thermal Stations with the capacity of up to 1 MW". Along with the already operating thermal stations of Hrvatske šume in Ogulin and Gospić, Đurđevac will become one of the first towns in Croatia to utilize heat from thermal stations fuelled by forest biomass as a renewable source of energy. The project was initiated by Hrvatske šume d.o.o. Zagreb. The

town of Đurđevac, which will manage the thermal station itself, had expressed great satisfaction and interest in the proposed project. Within an international cooperation with C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing (Bavaria) and the Austrian Federal Forests, the company Hrvatske šume will receive professional assistance and draw on the experience of the two most developed states in terms of biomass use for energy production. The project will include ten facilities in the very town centre that currently use natural gas as an energy source for heating and will supply them with heat from a centralized site. These facilities are: Secondary educational centre, Sports hall, Nursery school, Primary school, Cultural centre, Police Headquarters / Ministry of the Interior, Parish office, Parish church of St. George, Health centre and the Hotel. The goal of the project is to: ensure consistent supply of thermal energy; decrease dependence on fossil fuels (gas); deplete CO₂ emission: reduce heating costs; provide the possibility of expanding the system to include other facilities; open the biomass market as an energy source; and ensure employment. The thermal station will be placed next to the Secondary educational centre. The capacity of the biomass boiler will be 900 kW, and the length of the thermal pipes 1,500 m. The overall investment will amount to 6,2 mil. kuna. The financial means will be insured through the 2007 IPARD programme as well through the means of the company Hrvatske šume L.t.d. Zagreb.

Bojan Špoljar

Hrvatske šume d. o. o. Zagreb, Uprava šuma podružnica Koprivnica
Hrvatske šume L.t.d. Zagreb, Forest Administration Koprivnica

PROIZVODNJA ETANOLA I BIOETANOLA IZ KUKURUZA

ETHANOL AND BIOETHANOL PRODUCTION FROM CORN

Željko Jukić, Boris Varga, Neven Voća, Vanja Janušić, Ana Matin

Sažetak

Etanol i bioetanol su potpuno isti proizvodi, ali nisu dobiveni u istim proizvodnim procesima i od iste polazne sirovine. Etanol se proizvodi iz zrna žitarica kao što su između ostalih, kukuruz i pšenica. Bioetanol se može proizvesti iz vrlo različitih celuloznih sirovina među kojima su i ostaci poljoprivrednih kultura (stabljike kukuruza, slama žitarica i sl.). Celulozna biomasa sastavljena je od celuloze, hemiceluloze i lignina s manjim sadržajem proteina, lipida i pepela. Stabljika kukuruza predstavlja veliki i održivi izvor energije i goriva. Izgrađena je od oko 70% celuloze i hemiceluloze i oko 20% lignina. Celuloza i hemiceluloza mogu se preraditi u etanol, a lignin se može iskoristiti kao kruto gorivo čijim će se izgaranjem dobiti toplinska i električna energija. Prednosti proizvodnje etanola i bioetanola su: povećanje nacionalne energetske neovisnosti, povoljni učinci na okoliš i poboljšavanje ruralnog razvitka. U radu su definirane razlike između etanola i bioetanola, prikazane su razlike u procesu proizvodnje etanola i bioetanola s nusproizvodima te predstavljene mogućnosti proizvodnje etanola i bioetanola u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi: *kukuruz, stabljika, celulozna biomasa, etanol, bioetanol*

Keywords: *corn, stover, lignocellulosic biomass, ethanol, bioethanol*

Uvod

Kukuruz se ne naziva slučajno zlatno zrno. Kukuruz nema zlatno zrno nego je taj pridjev dobio zbog velike gospodarske važnosti i vrijednosti. Do danas je utvrđeno da se kukuruz nalazi u više od 1000 različitih proizvoda. Jedan od tih proizvoda je i etilni alkohol koji sve više dobiva na značenju od kada su cijene

sirove nafte na svjetskim tržištima počele značajnije rasti. Prema predviđanjima naftnih stručnjaka, cijene sirove nafte će i dalje rasti i samo je pitanje vremena kada će prijeći magičnu granicu od 100 dolara za barel. Postoje različiti scenariji u kojima njihovi autori pokušavaju odrediti zalihe sirove nafte i vrijeme trajanja sirove nafte. Naftna industrija ide u pravcu poboljšavanja postojećih načina crpljenja sirove nafte. Osim toga, u nekim dijelovima svijeta sirova nafta već se prerađuje i iz naftnih škriljaca. Alternativa sirovoj nafti i njenim prerađevinama svakako su goriva iz obnovljivih izvora.

Poljoprivreda u svijetu dobiva još jednu zadaću, a to je proizvodnja energije. Iz poljoprivrednih proizvoda moguće je dobiti kruta, tekuća, ali i plinovita goriva. Od tekućih, trenutno su najvažniji biodizel i etanol ili bioetanol. Biodizel se dobiva iz ulja uljarica, a etanol iz kultura bogatih šećerima i škrobom. Bioplin nastaje anaerobnom fermentacijom biljnog materijala u fermentorima kroz određeno vrijeme.

Etanol se može proizvoditi iz tri osnovna tipa biomase: šećeri (šećerna trska, melasa), škrob (kukuruz) i celuloza (drvo, poljoprivredni ostaci). Sirovine bogate šećerima vrlo su pogodne za proizvodnju etanola budući da već sadrže jednostavne šećere glukozu i fruktozu koji mogu fermentirati izravno u etanol.

Sirovine bogate škrobom sadrže velike molekule ugljikovodika koje treba razgraditi na jednostavne šećere procesom saharifikacije. To zahtijeva još jednu fazu proizvodnje što povećava troškove. Ugljikovodici u sirovinama bogatim celulozom sastavljeni su od još većih molekula i trebaju se konvertirati u šećere koji mogu fermentirati kiselim ili enzimatskom hidrolizom (BIOEN, 1998.). Od ukupne količine proizvedenog etanola, 60% dobiva se iz kulturnih biljaka koje sadrže šećer ili škrob kao rezervnu tvar u njihovom korijenu, stabljici ili zrnju (šećerna trska, šećerna repa, kukuruz, pšenica, sirak, krumpir i dr.). Iz ostalih biljnih vrsta dobiva se još 33% od ukupne količine proizvedenog etanola, a 7% etanola dobiva se sintetski (ugljen). Od ukupne proizvedene količine etanola, 67% koristi se u proizvodnji benzinskih goriva.

Razlika između etanola i bioetanola

Prema Direktivi Europske Unije (2003/30EC - članak 2), bioetanol je etanol proizveden iz biomase i/ili biorazgradive frakcije otpada, a koristi se kao biogorivo. Biomasa je biorazgradivi dio proizvoda, otpada i ostataka iz poljoprivrede (i biljni i životinjski ostaci), šumarstva i srodnih industrija kao i biorazgradivi dio industrijskog i gradskog otpada. Kada se govori o etanolu i bioetanolu treba reći prije svega, da je razlika između njih u polaznoj sirovini iz kojih se dobivaju, a

što se može vidjeti iz tablice 1. Konvencionalni bioetanol ili etanol, proizvodi se iz zrna žitarica, iz šećerne trske ili iz korijena šećerne repe i pripada u skupinu prve generacije biogoriva. Celulozni bioetanol se proizvodi iz lignoceluloznih materijala (brzorastuće drvenaste kulture, ostaci kukuruznih biljaka nakon žetve i sl.) i spada u drugu generaciju biogoriva. Proizvodnja celuloznog bioetanola zahtijeva napredniju i hidrolizu i fermentaciju tako da znanstvenici u svijetu još uvijek rade na pronalaženju efikasnijih metoda u obradi materijala - sirovina.

Vrsta biogoriva	Posebni naziv za biogorivo	Sirovine iz kojih se proizvodi	Proces proizvodnje
Prva generacija biogoriva			
Bioetanol	Konvencionalni bioetanol	Zrna žitarica, korijen šećerne repe	Hidroliza i fermentacija
Druga generacija biogoriva			
Bioetanol	Celulozni bioetanol	Lignocelulozni materijal	Naprednija hidroliza i fermentacija

Tablica 1. Posebni nazivi, sirovine iz kojih se proizvode, procesi proizvodnje i pripadnost bioetanola generacijama biogoriva (BRAC, 2006)

Table 1. Special nomenclature, raw materials, production processes of bioethanol of first and second generation

Proizvodnja etanola i bioetanola iz kukuruza

Etanol se može dobiti iz zrna, ali i iz stabljike kukuruza. Prinos etanola iz zrna kukuruza je manji u odnosu na prinos etanola iz šećerne repe i isti prinosu etanola dobivenom iz sirka (Marvin i Widstrom, 1994.). Međutim, kako iznose Hills i sur. (1981., 1983.) kukuruz ima prednost pred drugim kulturama u proizvodnji etanola čak kada se etanol proizvodi samo iz zrna, dakle ne i iz kukuruzovine.

Danas se etanol iz zrna kukuruza, proizvodi ili postupkom suhe meljave ili postupkom vlažne meljave. Razlika je u nusproizvodima koji nastaju u procesu proizvodnje etanola i u potrošnji energije. U tablici 2. prikazani su prinosi etanola iz zrna i iz stabljike kukuruza. Kao što se može vidjeti najviše se etanola može dobiti iz zrna postupkom suhe meljave (≈ 417 litara/1000kg zrna). Međutim, u postupku suhe meljave dobiva se samo još jedan važan nusproizvod, a to je suhi kukuruzni trop s otopinom (engl. DDGS) koji se koristi u ishrani životinja. U postupku vlažne meljave, dobiva se manje etanola (≈ 374 l/1000kg zrna), ali se dobivaju i tri važna nusproizvoda, a to su: ulje, kukuruzno glutensko brašno i kukuruzni gluten. U procesu proizvodnje etanola iz stabljike, uz etanol kao nus-

proizvod nastaje lignin. Lignin se koristi kao energent čijim se spaljivanjem može proizvesti toplinska i električna energija.

Dio kukuruzne biljke		Prinos etanola
Zrno	Vlažna meljava	374,0 l/1000kg zrna
	Suha meljava	417,3 l/1000 kg zrna
Stabljika		250,0 l/1000 kg kukuruzovine

Tablica 2. *Prinos etanola iz zrna i iz stabljike kukuruza (Bothast i Schlicher, 2005; Sokhansanj i sur., 2002)*

Table 2. *Ethanol yield from corn kernel and corn stalk (Bothast and Schlicher, 2005; Sokhansanj et al., 2002)*

Prinos etanola iz kukuruzovine je manji u odnosu na isti iz zrna. Međutim, kukuruzovina predstavlja veliki i održivi izvor energije i goriva. Kukuruzna stabljika je izgrađena od oko 70% celuloze i hemiceluloze i oko 20% lignina. Celuloza i hemiceluloza mogu se preraditi u etanol, a lignin se može iskoristiti kao kruto gorivo čijim će se izgaranjem dobiti toplinska i električna energija (Glasner i sur., 1998.). Prema podacima koje iznose Schultz i sur., (1984.) i Sloneker (1976.) u stabljici u vrijeme berbe utvrđeno je 38% glukoze, 1% galaktoze, 1% manoze, 16 ksiloze, i 2% arabinoze. Količina kukuruzovine koja se može iskoristiti za proizvodnju bioetanola ovisi o: tipu tla, topografiji, plodoredu, primijenjenoj agrotehnici i uvjetima okoline (Lindwall i sur., 1994.). Kukuruzovina se teško zaorava i treba dulje vremensko razdoblje da bi se razgradila u tlu. Osim toga, kukuruzovina može stvarati probleme u pripremi tla za narednu kulturu i pri sjetvi iste (Smith, 1986.). Ovo je osobito važno kada se sije kultura koja ima sitnije zrna, jer dijelovi kukuruzovine mogu utjecati na rad sijaćih aparata. Međutim, u predjelima gdje postoji opasnost od erozije vjetrom ili su površine na nagibu, potrebno je ostaviti više kukuruzovine. Ostaci kukuruzovine mogu amortizirati kinetičku energiju pljuskova kiše (Dickey i sur., 1986.).

Svojstva i uporaba etanola

Kada se usporede svojstva benzina, etanola MTBE-a, može se utvrditi da etanol u odnosu na benzin i MTBE, sadrži najviše kisika i da se u procesu proizvodnje jednog kilograma etanola najmanje stvara CO₂ (tablica 3.). Također, u odnosu na benzin i MTBE, etanol ima manju molekularnu masu i donju ogrjevnu vrijednost i veću specifičnu gustoću.

Etanol i bioetanol danas se koriste za pokretanje automobila u nekoliko država u svijetu. Vodeći proizvođači etanola u svijetu su Brazil i SAD. Etanol se u Brazilu proizvodi iz šećerne trske, a u SAD iz kukuruza. Uglavnom se za

Svojstvo	Benzin	Etanol	MTBE
Kemijska formula	C4 do C12	C ₂ H ₅ OH	(CH ₃) ₃ COCH ₃
Molekularna masa (kg/kmol)	100-105	46,72	88,5
Ugljik (maseni udio)	85-88	52,2	66,1
Vodik (maseni udio)	12-15	13,1	13,7
Kisik (maseni udio)	0	34,7	18,2
Specifična gustoća	0,72-0,78	0,796	0,744
Topivost u vodi	vrlo mala	potpuna	visoka
Donja ogrjevna vrijednost (kJ/kg)	42700	26750	35122
kg CO ₂ proizvedeno / kg goriva	≈ 3	1,9	1,5
g CO ₂ proizvedeno / MJ u gorivu	66-70	71	70

Tablica 3. Svojstva benzina, etanola i MTBE (Patzek i sur., 2005)

Table 3. Petrol, ethanol and MTBE properties (Patzek et al., 2005)

pokretanje automobila koriste različite mješavine benzinskih, a u novije vrijeme i dizelskih goriva s etanolom ili bioetanolom. U tablici 4. prikazane su oznake mješavine s udjelom etanola u gorivima. Većina benzinskih pogonskih agregata koji se danas ugrađuju u automobile, bez ikakvih ograničenja mogu koristiti kao pogonsko gorivo mješavine benzina i etanola u kojima je udio etanola do 10% (US DOE, 2006.). Prema američkim standardima, kada je u mješavini ovako mali udio etanola, ista se ne tretira kao alternativno gorivo. Postoje i benzinski pogonski agregati koji mogu koristiti kao pogonsko gorivo mješavine u kojima je udio etanola 85% i viši (engl. FFVs, flexible fuel vehicles). Ovakvi pogonski agregati već se serijski proizvode i ugrađuju u automobile.

Mješavina	Udio etanola (%)	Udio drugog goriva (%)
E5G	5	95 (benzin)
E26G	26	74 (benzin)
E85G	85	15 (benzin)
E15D	15	85 (dizel)

Tablica 4. Omjeri mješavina etanola s drugim gorivima (EUBIA, 2006)

Table 4. Ratios of ethanol blend with other fuels (EUBIA, 2006)

Mogućnosti proizvodnje etanola i bioetanola iz kukuruza u Republici Hrvatskoj

Kukuruz je prema zasijanim površinama i ukupnoj proizvodnji u Republici Hrvatskoj najvažnija kultura. Kada se govori o potencijalnoj proizvodnji etanola

i bioetanola u Republici Hrvatskoj treba prije svega istaći da je u razdoblju od 2003. do 2005. godina prosječna požnjevena površina pod kukuruzom iznosila 410.000 ha. Tijekom navedenog razdoblja prosječni prinos zrna kukuruza iznosio je 4,76 t/ha dok je ukupna proizvodnja zrna u navedenom razdoblju iznosila 1.951.880 tona (Statistički ljetopis, RH, 2005).

U razdoblju od 2002. do 2004. godine je u Republici Hrvatskoj, prema prije navedenom prosječnom prinosu, utvrđena pozitivna bilanca između uvoza i izvoza u količini od 49.013 t zrna kukuruza. Iz te količine zrna moglo bi se proizvesti oko 19.605 t etanola. Proračun je napravljen na bazi prinosa etanola koji se može ostvariti u procesu suhe meljave, a prema kojem je iz 1000 kg zrna dobiveno 400 litara etanola.

Međutim, ostaje cjelokupna količina kukuruzovine (1,087.000 t) iz koje se još može proizvesti određena količina bioetanola. Naime, prema direktivama Europske unije, do 30% od ukupne količine kukuruzovine može se sakupiti i iskoristiti u proizvodnji bioetanola. U našem slučaju to bi iznosilo 326.100 t iz kojih bi se moglo proizvesti približno 81.525 t bioetanola. Ovakav proračun napravljen je na bazi odnosa po kojem se iz 4 kg kukuruzovine može približno dobiti 1 litra bioetanola, i isti se koristio i u ostalim proračunima mogućnost proizvodnje bioetanola iz kukuruzovine u ovom radu. Ovom količinom bioetanola moguće je prema energijskoj vrijednosti zamijeniti približno 51.080 t benzina. Pri postojećim prinosima i uz poštivanje direktiva EU, može se približno proizvesti ukupno 101.130 t etanola i bioetanola. Prema energijskoj vrijednosti navedena količina etanola i bioetanola približno može zamijeniti 63.365 t benzina. Isto tako, treba istaći da se proračun proizvodnje bioetanola može napraviti i tako da se sakupi 50% stabiljke kukuruza jer se i kroz povećanje postotka korištenja kukuruzovine u proizvodnji bioetanola, neće značajnije utjecati na svojstva tla. Naime, kako ističe Lindwall i sur. (1994.), u ovisnosti od klimatskih uvjeta potrebno je ostaviti na tlu između 20% i 65% kukuruzovine. Prema postojećim prinosima to bi značilo da će se u proizvodnji bioetanola iskoristiti približno 543.500 t kukuruzovine. Iz te količine moguće je proizvesti približno 135.875 t bioetanola. Ako se u proračun uzme 19.605 t etanola iz zrna i prije navedenih 135.875 t iz kukuruzovine, tada se ukupno može proizvesti 155.480 t etanola i bioetanola. Prema energijskoj vrijednosti navedena količina etanola i bioetanola može približno zamijeniti 97.419 t benzina.

Prema proračunima koji se temelje na sakupljanju i preradi 50% ukupne količine kukuruzovine, može se proizvesti oko 135.875 t bioetanola. Prema energijskoj vrijednosti navedena količina bioetanola može zamijeniti približno 85.135 t benzina.

Kada bi se u Republici Hrvatskoj prinos zrna kukuruza povećao i bio na razini prosječnog prinosa u nama susjednoj Republici Mađarskoj (7 t/ha), tada bi raspoložive količine zrna kukuruza za proizvodnju etanola iznosile približno 679.000 t. Iz te količine zrna kukuruza moglo bi se približno proizvesti 271.600 t etanola. U takvim uvjetima proizvodnje ostalo bi na polju oko 1,542.000 t kukuruzovine. Prema direktivi EU (korištenje 30% kukuruzovine u proizvodnji bioetanola), moglo bi se iz navedene količine kukuruzovine proizvesti približno 115.650 t bioetanola odnosno ukupno etanola i bioetanola oko 387.205 t. Prema energijskoj vrijednosti navedena količina etanola i bioetanola može zamijeniti 242.638 t benzina. Ako bi se umjesto 30% od ukupnih količina kukuruzovine, sakupilo 50% tada bi se proizvelo približno oko 192.750 t bioetanola odnosno ukupno etanola i bioetanola oko 464.350 t. To znači, da bi prema energijskoj vrijednosti navedena količina etanola i bioetanola mogla zamijeniti 290.946 t benzina.

Kada bi koristili samo 30% i 50% od ukupne količine kukuruzovine koja nastaje u proizvodnji zrna gdje bi prinosi bili na razini Republike Mađarske, moglo bi se približno zamijeniti 72.462 t benzina u varijanti sakupljanja 30% od ukupne količine kukuruzovine odnosno 120.771 t benzina u varijanti sakupljanja 50% od ukupne količine kukuruzovine koja ostaje na polju.

Već duži niz godina etanol se u svijetu proizvodi iz zrna kukuruza i tehnološki postupci nisu nepoznanica iako se i dalje radi na poboljšanjima tehnoloških procesa. Zrno kukuruza bilo je i bit će u budućnosti strateški proizvod. Međutim, osim zrna i kukuruzovina postaje sve više značajna i to kao izvor energije. Potrebno je detaljno razmotriti nekoliko čimbenika koji direktno ili indirektno utječu na mogućnost korištenja kukuruzovine u proizvodnji bioetanola. Prije svega potrebno je odrediti koliko se zaista može iznijeti s polja biljnih ostataka, a da se ne utječe negativno na svojstva tla i plodnost. Potrebno je poznavati odlike klime u nekom području koje je pogodno za uzgoj kukuruza. Postojećom mehanizacijom mogu se pokupiti ostaci biljaka kukuruza s polja. Međutim, važno je odrediti broj prohoda u kojim će se pokupiti kukuruzovina bez štetnih posljedica na tlo (prekomjerno gaženje, kvarenje strukture tla). Skladišta ostataka biljaka kukuruza, velikih su dimenzija, nisu natkrivena i zauzimaju dosta prostora. Stoga je potrebno odrediti vlažnost biljnih ostataka koja će omogućiti skladištenje bez većih gubitaka suhe tvari. Isto tako, važno je odrediti veličinu i oblik bala biljnih ostataka. Naime, biljne ostatke potrebno je balirati te tako prevesti u oblik koji će omogućiti bolje iskorištenje skladišnog prostora u kojem će se smanjiti gubici rasipanja biljnih ostataka.

Važno pitanje koje se nameće u proizvodnji bioetanola je veličina i smještaj postrojenja za prerađu kukuruzovine u bioetanol. Naime, potrebno je odrediti

najpovoljniji kapacitet takve tvornice obzirom na moguće količine kukuruzovine u određenom području koje se mogu skupiti i na udaljenost pojedinih skladišta od tvornice. Transport bala kukuruzovine do postrojenja za preradu, isplativ je samo do određene udaljenosti. Proces proizvodnje bioetanola iz kukuruzovine je proces koji se još pokušava poboljšati pronalaskom određenih mikroorganizama koji će bolje iskoristiti sastav kukuruzovine i stvoriti više etanola. Potrebno je kao i kod drugih biogoriva, odrediti model poticanja proizvodnje. Proizvodnja i korištenje etanola i bioetanola ima svojih prednosti i upravo bi te prednosti trebale biti glavni pokretači buduće proizvodnje. Proizvodnja svih biogoriva pa tako i etanola i bioetanola otvara dodatna radna mjesta, a postojeća čini još stabilnijim. Korištenjem etanola i bioetanola, reducira se uvoz sirove nafte i poboljšava energetska neovisnost (90,5 litara proizvedenog etanola može zamijeniti količinu benzinskog goriva dobivenog iz barela sirove nafte). Dobra je sirovina za proizvodnju drugih goriva (vodik, sintetski prirodni plin, Bio-ETBE). Brzo je biorazgradiv u površinskim i podzemnim vodama te u tlu i pomaže u smanjenju emisije stakleničkih plinova.

Zaključak

U Republici Hrvatskoj postoje povoljni klimatski uvjeti i tla na kojima se može uzgajati kukuruz za potrebe proizvodnje etanola i bioetanola. Pri postojećim prinosima i proizvodnji zrna nije moguće proizvesti veće količine etanola, ali se mogu proizvesti veće količine bioetanola iz kukuruzovine. Podizanjem prinosa na razinu prinosa zrna kukuruza u Republici Mađarskoj, mogla bi se značajno povećati proizvodnja etanola iz zrna i povećati proizvodnja bioetanola iz kukuruzovine. Osim povećanja prinosa zrna po jedinici površine, proizvodnja etanola i bioetanola mogla bi se organizirati i na onim površinama koje se trenutno ne koriste u ratarskoj proizvodnji ili su neobrađene. Obzirom da proizvodnja etanola i bioetanola iz kukuruza još nije započeta u Republici Hrvatskoj potrebno je prije svega istražiti ekonomske učinke takve proizvodnje, odrediti najpovoljniju agrotehniku u uzgoju kukuruza, najučinkovitiji način prerade stabljike u bioetanol te odrediti mogućnosti proizvodnje etanola i bioetanola u okviru postojećih obradivih i neobrađenih površina.

Literatura

1. Bothast, R.J., M.A. Schlicher (2005): Biotechnological process for conversion of corn into ethanol. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 67 (1): 19-25, 2005.
2. Dickey, E.C., D.P. Shelton, P.J. Jasa (1986): *Residue Management for Soil Erosion Control*, NebGuide G81- 544-A. Univ. Nebraska Coop. Ext., Lincoln.

3. EUBIA, European Biomass Industry Association, Rue d'Arlon 63-65 B-1040 Bruxelles, www.eubia.org
4. Glasner, D.A., J.R. Hettenhaus, T.M. Schechinger (1998): Corn Stover Collection Project, BioEnergy 98: Expanding BioEnergy Partnerships, Madison WI.
5. Hills, F.J., Johnson, S.S., Geng, S., Abshahi, A., Peterson, G.R. (1981): Comparison of high-energy crops for alcohol production. *Calif. Agric* 35 (Nov.-Dec.): 1-16.
6. Hills, F.J., Johnson, S.S., Geng, S., Abshahi, A., Peterson, G.R. (1983): Comparison of four crops for alcohol yield. *Calif. Agric* 37 (Mar.-Apr.): 17-19.
7. Lindwall, C. W., Larney, F.J., Johnson, A.M. Moyer, J.R. (1994): Crop Management in Conservation Tillage Systems. Chapt. 10, pp. 185-219 in P.W. Unger, ed., *Managing Agricultural Residues*. Lewis Publishers, Inc. Chelsea Michigan.
8. Marvin, O.B. and Widstrom, N.W. (1994): Biomass Uses and Conversions. Chapt. 20, pp 575-590 in Stanley A. Watson and Paul E. Ramstad, ed., *Corn Chemistry and Technology*, AACC, St. Paul, Minesota, USA.
9. Patzek, T. W., S.-M. Anti, R. Campos, K.W. HA, J, Lee, B. Li, J. Padnick, S.-A. Yee (2005): Ethanol from corn: Clean renewable fuel for the future, or drain on our resources and pockets. *Environment, Development and Sustainability*. 7: 319-336.
10. Schultz, T.P., Templeton, M.C., Biermann, C.J., McGinnis, G.D. (1984): Steam explosion of mixed hardwood chips, rice hulls, corn stalks, and sugar cane baggase. *J. Agric. Food Chem.* 32:1166-1172.
11. Sloneker, J.H. (1976): Agriculture residues, including feedlot wastes. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 6:235-250.
12. Smith, J.A. (1986): Distribution of crop residue, a requirement for conservation tillage, G86-782-A, Univ. Nebraska Coop. Ext., Lincoln.
13. Sokhansanj, S., A. Turhollow, R. Perlack (2002): Stochastic Modeling of Costs of Corn Stover Costs Delivered to an Intermediate Storage facility. 2002 ASAE Annual International Meeting/CIGR XVth World Congress, Chicago, Illinois, USA, 2002
14. ... (1998): Program korištenja biomase i otpada, prethodni rezultati i buduće aktivnosti -BIOEN, Energetski institute „Hrvoje Požar“, Zagreb.
15. ... (2003): Direktiva Europske unije o alternativnim gorivima u cestovnom prijevozu te mjerama za promociju biogoriva, 2003/30/EC.
16. ... (2005): Statistički ljetopis, Državni zavod za statistiku RH, Zagreb.
17. ... (2006) RFA, Renewable Fuels Association, www.ethanolRFA.org
18. ... (2006): "Biofuels in the European Union", A Vision for 2030 and Beyond, Final Draft Report of the Biofuels Research Advisory Council (BRAC), Bruxelles.
19. ... (2006): U.S. Department of Energy; Energy Efficiency and Renewable Energy; Alternative Fuels Dana Center, www.eere.energy.gov/afdc

Summary

Ethanol and bioethanol are the same product; they are, however, produced by utilizing different feedstock and processes. Ethanol is derived from cereal grains, such as corn and wheat, while bioethanol may be produced from a wide variety of lignocellulosic biomass feedstock, including agriculture residues (corn stover, cereal straws, etc.). The lignocellulosic biomass is composed of cellulose, hemicellulose and lignin, with smaller amounts of proteins, lipids and ash. Corn stover represents a major and sustainable source of energy and fuel. It consists of approximately 70% of cellulose and hemicellulose and about 20% of lignin. Cellulose and hemicellulose may be processed into ethanol, while lignin may be used as fuel, from which, by combustion, thermal and electrical energy may be obtained. The advantages of the ethanol and bioethanol production include: increasing national energy independence, improving the environment, and promoting rural development. In this paper, basic differences between ethanol and bioethanol are defined; furthermore, the differences in their production process with by-products are presented, together with the possibility of ethanol and bioethanol production in the Republic of Croatia.

Željko Jukić, Boris Varga, Neven Voća, Vanja Janušić, Ana Matin

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb

VRIJEDNOST SUHOG KUKURUŽNOG TROPA S OTOPINOM U HRANIDBI ŽIVOTINJA

THE NUTRITIVE VALUE OF DISTILLER'S DRIED GRAINS WITH SOLUBLESA

Darko Grbeša

Sažetak

U proizvodnji etanola iz 100 kg kukuruza dobiva se veća masa nusproizvoda (32 kg ugljičnog dioksida i 32 kg kukuruznog tropa s otopinom (DDGS)) nego etanola (36 kg). Trop je odlična hrana za životinje jer kvasci tijekom fermentacije pretvore samo škrob kukuruza u etanol pa se za 2-4 puta poveća sadržaj proteina (30%), esencijalnih aminokiselina (12,68%), ulja (10%), vlakana (10%) i minerala (5.2%). Trop sadrži energiju kao ječam i proteina kao suncokretova sačma. Dodatno trop je odličan (0.83%) izvor dostupnog (79% perad i 90% svinje) fosfora i ksantofila (40 mg/kg) za perad. Visoki udjel tropa u hrani životinja ograničavaju varijabilni i neuravnoteženi sastav, moguća pregorenost i sadržaj mikotoksina.

Trop sudjeluje u hrani svinja s oko 20%, a suprasnih krmača do 50%. Više razine tropa smanjuju kakvoću potrbuške masti. Najviši dopušteni udjel DDGS u hrani brojlerskih pilića je 10%, a kokoši i purana 15%. Ksantofili iz tropa daju poželjnu zlatnu boju jajima i koži peradi. Visoka razina natrija ograničava njegov viši udjel u hrani peradi. Protein tropa ima najvišu hranjivu vrijednost u hranidbi preživača (goveda, ovaca i koza). Krave hranjene sa 20% DDGS u suhoj tvari imaju istu mliječnost i sličan sastav mlijeka kao kad su hranjene sojinom sačmom. Junad u tovu hranjena s do 30 - 50% DDGS priraste slično i ima ukusno meso kao i kada je hranjena drugim izvorima proteina. Ukusnost ograničava udjel tropa u hrani konja na 20%, nedostatak lizina i triptofana na 10% u hrani psića, a 15% u hrani pasa. Trop povoljno djeluje na zdravlje probavnog trakta svinja, krava i junadi.

Ključne riječi: *kukuruzni trop s otopinom (DDGS), hranidba domaćih životinja i kućnih ljubimaca*

Keywords: *corn distiller's, grains with soluble (DDGS), domestic-animal and pet diets*

Uvod

Najveći dio (90%-97%) hrane životinja čine žitarice, kao izvor energije i nusproizvodi prehrambene industrije, kao izvor proteina i energije. Bioetanol se proizvodi od ratarskih kultura visokog sadržaja škroba (žitarice) ili šećera (šećerna trska ili repa) koji se u pogonima hidroliziraju do glukoze koju kvasci fermentiraju do etanola, ugljik dioksida i tropa koji se najbolje zbrinjava kao hrana za životinje. SAD proizvode etanol iz 20% proizvedenog kukuruza pri čemu ostaje preko 7 milijuna tona tropa od čega se 787 000 t/g izveze (Shapouri i sur., 2001.). Procjenjuje se da će se u idućih pet godina preraditi 40% proizvedenog kukuruznog zrna u etanol, pri čemu će se stvoriti ogromna količina od 32.000.000 t/g tropa (Renewable Fuels Association, 2006.). Suho i vlažno mljevenje dva su glavna načina pripreme kukuruza za proizvodnju etanola i daju različite nusproizvode. Suha prerada kao jeftinija i učinkovitija od vlažne daje 60% tropa na tržištu SAD. Ovom direktnom fermentacijom zrna kukuruza dobivaju se dva nusproizvoda: trop i otopljene tvari koje se miješaju u omjeru 65%:35% u kukuruzni trop s otopinom (u daljnjem tekstu DDGS) koji može biti vlažan ili suh. Suhom preradom se iz 100 kg kukuruza dobiva 36 kg etanola, 32 kg ugljičnog dioksida i 32 kg DDGS (Shurson i sur., 2006.).

Prema Long (1985.) vlažnom preradom etanol se proizvede iz škroba izdvojenog od ostatka zrna kukuruza, pri čemu se dobiju sljedeći nusproizvodi bogati sirovim proteinom (SP): 19,6 kg kukuruznog glutenskog krmiva (25% SP), 5,7 kg kukuruznog glutena (60% SP) i 7,5 kg kukuruznih klica (50% ulja). Nadalje, samo 1% tržišta čine tropovi iz proizvodnje viskija ili piva, tamnije su boje i manje hranjivosti od kukuruznog tropa (Shurson i sur., 2006.).

U Hrvatskoj se prodaje DDGS iz drugih zemalja, a ako će se graditi pogon za preradu tada će vjerojatno koristiti tehnologiju suhe prerade koja se sve više koristi u svijetu i pogodnija je za Hrvatsku. Zato je cilj ovog preglednog rada prikazati bitne čimbenike koji određuju sastav, hranjivost i maksimalni udjel DDGS u hrani glavnih vrsta životinja.

Kemijski sastav

Tijekom fermentacije kvasci pretvore samo škrob kukuruza u etanol, pa se u tropu s otopinom 2-4 puta povećava sadržaj hranjivih tvari tako da suha tvar sadrži 30% proteina, 12,68% esencijalnih aminokiselina (Stein i sur., 2006.), 10% ulja, 10%-39% frakcija vlakana, malo (4,2%) lignina i 5,2% minerala (tablica 1.). DDGS sadrži sve sastojke kvasca i kukuruza osim škroba, a koncentraciju sastojaka u većoj mjeri određuje udjel tropa nego otopine (Schingoethe, 2006.). Visoki

sadržaj ulja i probavljivih vlakana s malo lignina daju DDGS visoki sadržaj iskoristive energije koje je za samo 3% manja nego u kukuruza u hranidbi goveda i svinja i 11% u hranidbi peradi (tablica 1.). Protein DDGS je kvalitetniji od proteina kukuruza jer se sastoji od podjednakih dijelova lošeg kukuruznog i kvalitetnog proteina kvasca (Belyea i sur., 2004.). Pored toga, sadrži 2-4 puta više svih aminokiselina, osim glutamina, od kukuruza (Fastinger i Mahan. 2005.). DDGS je istovremeno koncentrirano energetska i proteinsko krmivo jer po koncentraciji metaboličke energije 1 kg suhe tvari može zamijeniti 1 kg ječma (14,3 MJ/kg za svinje i 13,2 za perad), a prema koncentraciji proteina 1 kg sačme neoljuštenog suncokreta (30%). Dodatno DDGS je bogat (0.83%) izvor dostupnog (75%) fosfora i žute boje ksantofila (40 mg/kg).

Međutim, neizbalansirani sadržaj tvari znatno ograničava njegov udjel u hrani životinja. Tako previše vlakana i lignina, a malo lizina i triptofana ograničava njegov udjel u hrani peradi, vlakana i ulja u hrani svinja, a ulja u hrani junadi i krava.

	Suhi trop s otopinom DDGS ¹	CV ² CV	Kukuruz Corn	CV ² CV
Pepeo <i>Ash</i>	5.2	21.2	2.2	22.7
Sirovi protein <i>Crude protein</i>	31.3	10.5	9.1	14.3
Sirova mast <i>Crude fat</i>	10.7	31.8	4.2	23.8
Sirova vlakna <i>Crude fiber</i>	10.2	11.8	2.5	20.5
Ukupna vlakna <i>Neutral detergent fiber</i>	38.8	20.1	9.5	24.2
Kisela vlakna <i>Acid detergent fiber</i>	17.2	26.7	3.4	29.4
Škrob <i>Starch</i>	5.1	4.9	71.4	0.5
Lignin <i>Acid detergent lignin</i>	4.8	65.5	0.9	22.2
Metabolička energija, MJ/kg <i>Metabolizable energy, MJ/kg</i>				
Krave <i>Dairy cow</i>	12.7	-	13.1	-
Svinje <i>Pig</i>	16.3	-	16.7	-
Perad <i>Poultry</i>	12.0	-	13.4	-
Esencijalne aminokiseline <i>Essential aminoacids, %</i>				
Lizin <i>Lysine</i>	0.89	21.0	0.28	9.1
Metionin <i>Methionine</i>	0.70	12.6	0.19	11.0
Treonin <i>Threonine</i>	1.13	7.9	0.35	8.3
Triptofan <i>Tryptophan</i>	0.20	27.0	0.05	10.9
Arginin <i>Arginine</i>	1.26	14.7	0.43	10.8
Histidin <i>Histidine</i>	0.88	9.4	0.28	10.7

Izoleucin <i>Isoleucine</i>	1.16	11.2	0.31	10.5
Leucin <i>Leucine</i>	3.54	17.2	1.10	11.8
Fenilalanin <i>Phenylalanine</i>	1.52	9.6	0.45	13.5
Valin <i>Valine</i>	1.60	9.8	0.45	9.2
Bitne aminokiseline <i>Essential aminoacids</i>	12.68		3.89	
<i>Minerali Minerals</i>				
Kalcij <i>Calcium</i> , %	0.22	45.4	0.04	175
Fosfor <i>Phosphorus</i> , %	0.83	16.9	0.30	16.7
Magnezij <i>Magnesium</i> , %	0.33	50,5	0.12	0.36
Kalij <i>Potassium</i> , %	1.10	20.9	0.42	14.3
Natrij <i>Sodium</i> , %	0.30	90.0	0.02	400
Klor <i>Chloride</i> , %	0.26	38.5	0.08	56.8
Sumpor <i>Sulfur</i> , %	0.44	34.1	0.10	100
Cink <i>Zinc</i> , ppm	65	29.3	27	74
Selen <i>Selen</i> , ppm	0.39	113	0.07	71.5

¹DDGS = Distiller's dried grains with solubles, 2CV= koeficijent varijacije coefficient of variation Izvori Sources : Degussa 2001, Sauvant i sur.2002; Belyea i sur., 2005; Stein i sur., 2006

Boja je dobar pokazatelj probavljivosti hranjiva, osobito lizina. Tamna boja i miris dima pokazuju trop manje probavljivosti proteina i lizina (Cronwella i sur., 1993.). Tako je probavljivost lizina tropa svijetle boje visokih 80%, a tamne niskih 60% u peradi (Ergul i sur., 2003.). Osim toga, svijetli trop ima ugodan slatkasti fermentirani miris, dok tamni ima gorki zagoreni miris ili miriše na dim što smanjuje uzimanje hrane.

Nedostaci tropa

U prošlosti je neuravnotežen i neujednačen sadržaj hranjivih tvari ograničavao veći udjel DDGS u hrani životinja. Uzroci su promjenljiv sastav tropa i otopine, različiti načini proizvodnje kao što je trajanje i visina temperature pri sušenju, različite krupnoće mljevenja, (ne)dodavanja enzima, (ne)odstranjivanja klice i vlakana te miješanja različitih omjera tropa i otopine (Spiehs i sur., 2002.). Danas se etanol proizvodi više manje standardiziranim postupkom koji osigurava ujednačeniji sastav te viši sadržaja proteina, a manji vlakana i ulja (Schingoethe, 2006.).

Drugi veliki nedostatak tropa je podložnost kukuruza napadu plijesni koje proizvode mikotoksine (600 vrsta) na polju i u skladištu. Mikotoksini djeluju združeno, a intenzitet oboljenja ovisi o vrsti i razini i kreće se u rasponu od

subkliničkog narušavanja proizvodnje i zdravlja preko drastičnog smanjenja proizvodnje do masovnog uginuća životinja i smrti ljudi. Mikotoksini, koji se razvijaju na kukuruзу u našim uvjetima, a istovremeno su štetni za životinje, osobito svinje su: zearalenon, deoksinivalenol, T-2 toksin, fumonisin. Ako zaraženi kukuruz uđe u proizvodnju etanola, mikotoksini se neće razarati niti inaktivirati tijekom fermentacije, pa će njihova koncentracija u tropu porasti za 2-3. Zato se u proizvodnji kukuruza moraju primjenjivati sve agrotehničke mjere koje smanjuju kontaminaciju zrna mikotoksinima. Nadalje, pogoni za proizvodnju etanola moraju stalno pratiti mikotoksine u kukuruza i odbijati lom kukuruza i zagađene pošiljke radi sprečavanja njihove akumulacije u tropu.

Hranjivost za svinje

U prošlosti se DDGS najviše (80%) koristio u hranidbi goveda, a danas najbrže raste njegova potrošnja u hranidbi svinja. Svinje zbog visokog (65%) sadržaja vlakana slabije probavljaju suhu tvar (66.0 -72.6%) DDGS nego kukuruza (87.6%). Pederson i sur. (2006.) su u pokusu na nerastićima odredili iskorištenje energije iz tropa deset destilerija i našli da suha tvar kukuruza ima 16.68, a tropa nešto manju (16.30 MJ/kg), ali vrlo varijabilnu (15.15-18.13) koncentraciju metaboličke energije (ME) za svinje.

Možda je najveća prednost tropa nove generacije visoki sadržaj (0.89%) i iskoristivost (90%) fosfora. Kukuruz sadrži malo fosfora (0.28%) vrlo niske (14%) iskoristivost (Shurson i sur., 2006.) koju sprječava njegova povezanost s fitinskom kiselinom. Međutim, dok je u zrnju 75% fosfora povezano s fitinskom kiselinom u trop je to samo 25% (Saouvan i sur., 2002.) pa je on visokoiskoristiv. Zato se u hranu svinja i peradi hranjenih tropom stavlja manje anorganskog fosfora što smanjuje njegovo izlučivanje u gnojavki gdje ga mikrobi oslobađaju u topivoj formi koja može zagaditi podzemne vode.

Sadašnja istraživanja pokazuju da hrana za prasade s 25% DDGS iz novih pogona nema negativni utjecaj na proizvodna svojstva prasadi. Opsežna istraživanja na sveučilištu Minnesota pokazuju da svinje u tovu postižu iste proizvodne rezultate (uzimanje hrane, prirast, iskorištenje hrane, randman i mesnatost) s 30% tropa kao i svinje hranjene kukuruzom i sojom. Međutim, viša razina tropa zbog visokog sadržaja linolne kiseline čini mast uljastom (visoki jodni broj >70), a trbuh svinja mekanim (Shurson, 2006.). Najvišu hranjivost suhi trop kukuruza s otopinom ima u hranidbi suprasnih (bređih) krmača pa može činiti 50% njihove hrane (Schingoethe, 2006.). Vjerojatan razlog ovome je potreba suprasnih krmača i nerastova za visokom razinom vlakana kojima je trop bogat. Ako su se

dojne krmače navikavale na trop barem tjedan dana prije prasenja, on može participirati s 20% u njihovoj hrani.

Hranjivost za perad

Suhi kukuruzni trop s otopinom značajan je izvor energije, aminokiselina, fosfora i bojila za perad. Perad ne iskorištava energiju iz vlakana te dobiju manje (11.97 MJ/kg) metaboličke energije iz tropa od goveda i svinja, a ovisno o razni vlakana trop sadrži od 10.97 do 12.77 MJ/kg metaboličke energije za perad (Parsons i sur., 2006.). Probavljivost lizina 20 uzoraka tropa u peradi je najniža (72%: > 82%) i najpromjenljivija (59%-89%) među aminokiselinama (Parsons i sur., 2006.). Isti autori iznose da perad iskorištava visokih 79% P iz tropa.

DDGS je bogat (> 40 mg/kg) ksantofilom koji značajno povisuje intenzitet žute boje žumanjka jajeta (Robertson i sur., 2004.) i boju kože brojlerskih pilića, pa se u hranu stavlja manje skupih sintetskih bojila. Najviši dopušteni udjel DDGS u hrani brojlerskih pilića je 10%. Hrana kokoši nesilica može sadržavati do 15% tropa bez posljedica na proizvodnju i veličinu jaja te čvrstoću ljuske (Lumpkins i sur., 2003.). Boja jaja se mijenja sukladno boji tropa, te se nesilice trebaju postupno navikavati na povećani udjel trop u hrani (Roberson i sur., 2005.).

Hranjivost za goveda

Svježi trop žitarica (žlempa) iz proizvodnje alkoholnih pića pohranjuje se govedima otkada se on proizvodi. Suha tvar tropa sadrži višu ili istu količinu neto energije (NEL = 8.24 MJ/kg) kao i zrno kukuruza (NEL= 8.41 MJ/kg), a koja je prema NRC (2001) dovoljna za proizvodnju 2.58 kg mlijeka. Nadalje, velike količine probavljivih vlakana su bolji izvor energije od škroba za krave i junad jer ne izazivaju acidoze kao velike količine škroba (Al-Suwaiegh i sur., 2002.). Protein tropa ima višu hranjivu vrijednost za preživace (goveda, ovaca i koza) nego svinje i peradi. Trop je bogat proteinom (30.90%) visokog (55%) stupnja zaštite od razgradnje u buragu (Schingoethe, 2006.). Variranje sadržaja i kvaliteta proteina tropa malo utječe na mliječnost i sadržaj proteina u mlijeku krava (Kleinschmidt i sur., 2006.) pa 1 kg podmiruje aminokiselinske potrebe za proizvodnju od 3,63 kg mlijeka. Istraživanja Kleinschmidt i sur. (2006.) pokazuju da je protein tropa hranjiviji od proteina soje u hranidbi krava. Visoki (60%) sadržaj linolne kiseline u tropu osrednje povisuje udjel zdrave cis-9, trans 11 konjugirane linolne kiseline (CLA) u mlijeku i njenog prekursora vakenične masne kiseline (Aderson i sur., 2006.).

Anderson i sur. (2006.) utvrdili su da krave daju više mliječne masti i proteina kada se hrane s 20% suhe tvari obroka iz vlažnog nego suhog tropa. Međutim, glavne razlike između mokrog i suhog tropa su cijena i manipulacija. Suhi trop je skuplji od vlažnog, ali se može prodavati na širem tržištu, može se dugotrajno skladištiti i lakše se miješa s ostalim krmivima. Svježi trop (65%-70% vode) mora se pohraniti kravama unutar 5 - 7 dana jer se kvare, krave ga manje jedu i može dati neprijatan miris mlijeku.

Uobičajeno se preporučuje da trop može činiti do 20% suhe tvari obroka krava. Preračunato na prosječnu konzumaciju od 20 do 22 kg/d suhe tvari to bi iznosilo oko 4-4,5 kg suhog tropa ili 13,0-15,0 kg/d mokrog tropa. Istraživanja u SAD pokazuju da krave proizvode više mlijeka (Kleinschmint i sur., 2006.), ali nešto manje proteina (Schingoethe i sur., 1999.) kada se hrane s do 20% tropa u suhoj tvari obroka nego s istim udjelom sojine sačme. Više razine od 20% tropa smanjuju uzimanje hrane, mliječnost i sadržaj masti u mlijeku zbog više razine ulja (Kalscheur i sur., 2005.) i manje lizina (Nicholas i sur., 1998.) u obroku.

U tovu goveda trop ima najvišu hranjivost jer sadrži za 120%-130% više energije od kukuruza i 180% više nerazgradivog proteina od sojine sačme, pa razina od 30%-50% u obroku daje slične ili više priraste i iskorištenje hrane od sojine sačme (Sewell i Berger, 2006.). Roeber i Gill. (2006.) iznose da do 50% tropa u obroku junadi nema utjecaja na kvalitetu mesa.

Hranjivost za konje, kuniće i pse

Vrlo malo je istraživanja o hranjivosti tropa za konje. Konji odlično iskorištavaju vlakna (Leonard i sur., 1975.) i ulje (Orme i sur., 1997.) tropa. Njemački normativi (DLG, 1995.) za konje procjenjuju da suha tvar destilacijskih nusproizvoda sadrži dosta (11,5 do 14,2 MJ/kg u suhe tvari) probavljive energije. Frappe (1998.) iznosi da trop kao proteinsko krmivo može u obroku konja zamijeniti dio sojine sačme i obranog mlijeko u prahu. Ukusnost ograničava udjel tropa u hrani konja na 20% (Hill, 2001.).

Kunići bolje probavljaju protein, energiju i vlakna iz DDSS nego glutena i posija (Willamidge i sur., 1989.) pa Schingoethe (2006.) preporučuje do 20% DDSS u hrani kunića u tovu.

Trop je siromašan lizinom i triptofanom, ali u aminokiselinski dobro izbalansiranoj hrani psića može sudjelovati do 10%, a odraslih pasa do 25%, dok više razine smanjuju probavljivost energije. Svi autori iznose da trop zbog visokog sadržaja vlakana odlično regulira težinu pasa i volumen fecesa.

Literatura

1. Al-Suwaiegh, S., K. C. Fanning, R. J. Grant, C. T. Milton, and T. J. Klopfenstein. 2002. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1105-1111.
2. Anderson, J. M., D. J. Schingoethe, K. F. Kalscheur, and A. R. Hippen. 2006. Evaluation of dried and wet distiller's grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3133-3142.
3. Cromwell, G.L., K.L. Herkleman, and T.S. Stahly. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distiller's dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 71:679-686.
4. DLG -Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft 1995. Futteiwettabellen – Ppferde. 3. Ausgabe DLG, Frankfurt am Main, Germany.
5. Ergul, T., C. Martinez Amezcua, C.M. Parsons, B. Walters, J. Brannon and S.L. Noll, 2003. Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. *Poult. Sci.*, 82 (Supplement 1): 70. (Abstract).
6. Fastinger, N. D., and D. C. Mahan. 2005. Determination of the ideal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 1722- 1728.
7. Frape, D. 1998. *Equine Nutrition and Feeding*. Blackwell Science, London.
8. Grbeša, D. 2004. Metode procjene i tablice kemijskog sastava i hranjive vrijednosti krepkih krmiva. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
9. Hill, J. 2001. Effect of level of inclusion and method of presentation of a single distillery by-product on the processes of ingestion of concentrate feeds by horses. *Live-stock Production Science* 75:209-218.
10. Kalscheur, K. F. 2005. Impact of feeding distillers grains on milk fat, protein, and yield. Distillers Grains Technology Council. 9th Annual Symposium. Louisville, KY. 18-19.
11. Kleinschmit, D. H., D. J. Schingoethe, K. F. Kalscheur, and A. R. Hippen 2006. Evaluation of various sources of corn distillers dried grains plus solubles for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:4784-4794.
12. Leonard, T.M., J.P. Baker, and J. Willard. 1975. Influence of distillers feeds on digestion in the equine. *J. Anim. Sci.* 40:1086-1092.
13. Long, J.E. 1985. The wet milling process: products and co-products. Corn Gluten Conference for Livestock. Ames, IA.
14. Lumpkins, B.S., A.B. Batal and N.M. Dale. 2003. The effects of distiller's dried grains plus solubles fed to laying hens. *Poult. Sci.*, 82 (Supplement 1): 104. (Abstract).
15. Nichols, J. R., D. J. Schingoethe, H. A. Maiga, M. J. Brouk, and M. S. Piepenbrink. 1998. Evaluation of corn distiller's grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:482-491.

16. NRC – National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, seventh revised Edition. pp. 381. Washington, D.C., National Academy of Sciences.
17. Orme, C.E., R.C. Harris, D. Marlin, and J. Hurley. 1997. Metabolic adaptation to a fat supplemented diet by the thoroughbred horse. *British Journal of Nutrition* 78:443-455
18. Owens, F.G., and L.L. Larson. 1991. Corn distillers dried grains versus soybean meal in lactation diets. *J. Dairy Sci.* 74:972–979.
19. Parsons, C. M., C. Martinez, V. Singh, S. Radhakrishman and S. Noll. 2006. Nutritional value of conventional and modified DDGS for poultry. Multi-State Poultry Nutrition and Feeding Conference.
20. Renewable Fuels Association (RFA). 2006. Plant Location List. Available: [http:// www.ethanolrfa.org/industry/locations/](http://www.ethanolrfa.org/industry/locations/). Accessed January 9.
21. Roberson, K.D., Kalbfleisch, J.L., Pan, W. and R.A. Charbeneau. 2005. Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and egg yolk color. *International Journal of Poultry Science* 4 (2): 44-51.
22. Roeber, D.L., R. K. Gill. 2006. Impact of feeding distiller's grains on beef tenderness and sensory traits. *J. Anim. Sci.* Vol. 83 (Suppl. 2) p. 53. +
23. Sauvant, D., Perez, J.M. et G. Tran. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Porcs, volailles, bovines, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. INRA Editions, 75007 Paris cedex 07 et Association Francaise de Zootechnie, 75231 Paris cedex 05, France. +
24. Schingoethe, D.J. 2006. Feeding Ethanol Byproducts to Dairy and Beef Cattle. Proceeding of the. 2006 California Animal Nutrition Conference, May 10-11, Fresno, CA. 49-63.
25. Schingoethe, D.J., M.J. Brouk, and C.P. Birkelo. 1999. Milk production and composition from cows fed wet corn distillers grains. *J. Dairy Sci.* 82:574-580.
26. Sewell, J. and L. Berger. 2006. Combinations of distiller's grains, gluten feed, and soy hulls for growing cattle. *J. Anim. Sci.* Vol. 83 (Suppl. 2) p. 88.
27. Shapouri, H., J.A. Dullield, M. Wang, 2002. The energy balance of corn ethanol: an update. *Agric. Econ. Rept.* 813. USDA/OCE, Washington, DC.
28. Shurson, H. 2006. Effect of Feeding DDGS to Companion Animals. <http://www.ddgu.mnu.edu>.
29. Shurson, J., M. Spiehs, J. Wilson and M. Whitney. 2006. Value and use of "new generation" distiller's dried grains with solubles in swine diets. Page 180-193. *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries: Proceedings of Alltech's 18th Annual Symposium*, (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds). Nottingham University Press, UK.
30. Spiehs, M. J., M. H. Whitney, and G. C. Shurson. 2002. Nutrient data base for distillers dried grains with solubles produced from new generation ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639-2645.

31. Stein, H. H., C. Pedersen, M. L. Gibson, and M. G. Boersma. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of dried distillers grain with solubles by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84:853-860.
32. Villamide, M.J., J.C. de Blas, and R. Carabano. 1989. Nutritive value of cereal by-products for rabbits. 2. Wheat bran, corn gluten feed and dried distillers grains and solubles. *Journal of Applied Rabbit Research* 12:152-155.

Summary

Larger amount of by-products than of ethanol is gained in the process of the conversion of corn starch into bioethanol. From 100 kg corn grain 36 kg of ethanol, 32 kg of distillers grains with soluble (DDGS) and 32 kg of carbon dioxide are obtained. The DDGS is an excellent animal feed, since during fermentation, yeast converts starch into ethanol, and as a result, the concentration of all nutrients is 2-3 times higher than in corn. The DDGS contains 30% of protein, 12.7% of essential amino acids, 10% of oil-similar fatty acids as corn oil, 10% of total fiber and 5.2% of minerals so that it contains as much energy as barley and as much protein as a sunflower meal. In addition, the DDGS is an excellent (0.83%) source of highly (79% poultry and 90% pig) available phosphate and xanthophylls (40 mg/kg). High variability and imbalance composition as well as possible burnt-protein and mycotoxine level limit the high level of the DDGS in animal diets. The maximum use rate of the DDGS in growing pig diets is 20%, and in gestation sows diets up to 50%. Higher level (up to 30%) of the DDGS results in carcasses that have reduced belly firmness and softer fat due to the high (60%) level of linolenic acid. The maximum inclusion rate of the DDGS in broiler feed is 10%, and in layer and turkey diet up to 15%. Moreover, xanthophylls from the "new generation" DDGS add the desirable golden colour to yolk and the broiler skin. High level of sodium in the DDGS limits the inclusion rate in poultry diets. As concerns the domestic animals, the DDGS carries the highest nutritive value for ruminants (cattle, sheep and goats), and is recommended up to 20% in the cow-diet dry matter, and up to maximum 30% in the beef cattle diets. The palatability limits the participation of the DDGS in horse feed to 20%, while the low level of lysine and tryptophan up to 10% in puppy and 15% in dog feed. The DDGS has a boost effect on pig and ruminant digestive tract health.

Darko Grbeša

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za hranidbu domaćih životinja,
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Institute for Nutrition of Domestic Animals,
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

TOPLIFIKACIJA HRVATSKE NA ŠUMSKU BIOMASU

THE FOREST-BIOMASS HEATING IN CROATIA

Nikola Čupin

Sažetak

Biomasa je, bez sumnje, najizdašniji hrvatski obnovljivi energent, ali unatoč tome njezino korištenje nije dovoljno te se velike količine ogrjevnog drva danas izvoze, umjesto da se koriste za proizvodnju toplinske i električne energije. Kako je toplifikacija naselja jedna od mogućnosti iskorištenja biomase, u članku će se ukazati na potrebu i nacionalnu korist korištenja biomase u toplifikaciji naselja.

Ključne riječi: *biomasa, obnovljivi izvori energije, područno grijanje*

Keywords: *biomass, renewable energy, district heating*

Uvod

O količini šumske biomase s kojom raspolaže Hrvatska dosta se pisalo i piše, a rade se i točnije procjene, koje samo potvrđuju da imamo velike količine koje se mogu koristiti kao gorivo u proizvodnji toplinske i električne energije. Ipak u energetske krugovima, tom obnovljivom i domaćem izvoru energije, ne pridaje se dovoljna pažnja, a među laicima postoji mišljenje kako tog energenta nema dovoljno za ozbiljniju proizvodnju energije i kako se intenzivnijim korištenjem devastiraju naše šume.

Zato već u uvodnom dijelu ovog rada navodimo podatak Hrvatske gospodarske komore, o izvozu ogrjevnog drva (tablica 1.), kao činjenicu koja najbolje govori da je domaća potražnja za ogrjevnim drvom nedovoljna, pa umjesto da ga upotrebljavamo za proizvodnju korisne energije, mi ga izvozimo, kao sirovinu.

Godina	Količina (tona)	Vrijednost (\$)	Cijena \$/toni
2003.	235 373	8 891 061	37,80
2004.	291 947	13 073 574	44,80

2005.	306 955	14 172 609	46,10
2006. (6 mj.)	156 901	7 759 798	49,46

Tablica 1. Izvoz ogrjevnog drva (izvor: Hrvatska gospodarska komora, Carinska tarifa 4401)

Table 1. Export of fuelwood (source: Croatian chamber of economy)

Razlog tome je razumljiv, mi nemamo razvijen toplinski konzum, jer je naša procesna industrija slaba, a za grijanje naselja koristimo pretežno naftne derivate i plin, bilo u manjim kotlovnica ili za individualno grijanje. Drvo se koristi za grijanje gotovo isključivo u individualnim 'pećima na cjepanice', s relativno malim stupnjem iskoristivosti. Toplinske mreže, osim Zagreba i Osijeka, ne proizvode toplinu u kogeneraciji, zbog čega je i cijena topline relativno visoka, a tvrtke koje vrše pogon i održavanje u pravilu se nalaze u gubicima, jer je proizvodna cijena veća od prodajne.

Cijena topline

Cijena topline [kn/kWh] osnovni je kriterij za ocjenu uspješnosti toplinskih sustava. Na slici 1. (Lit 2), prikazane su cijene topline 11 toplinskih sustava Hrvatske, koji su u 2004. godini isporučili ukupno 2 310 GWh (7,14 PJ) toplinske energije, što je gotovo četvrtina ukupno proizvedene topline (pare i vrele vode) u Hrvatskoj. Navedene cijene su prosječne, dobivene dijeljenjem ukupnog prihoda u kunama s ukupno isporučenom toplinskom energijom u MWh.

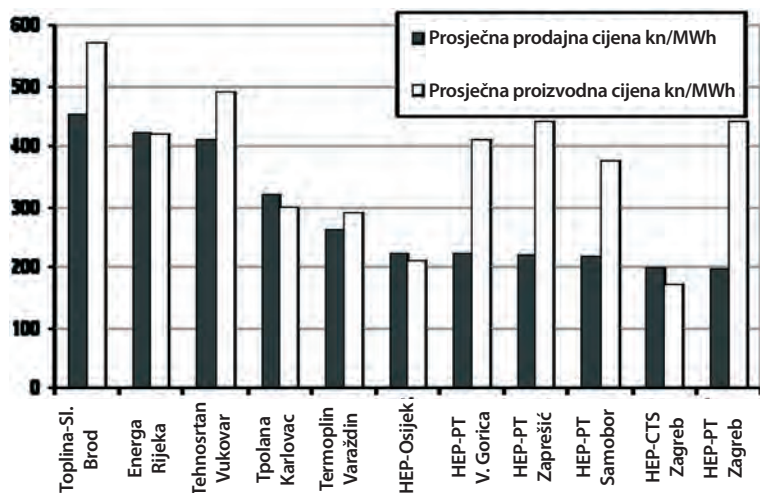
Prema tim podacima najnižu prosječnu prodajnu cijenu imao je HEP-CTS Zagreb (180 kn/MWh), a najvišu Toplina - Slavonski Brod (450 kn/MWh).

Zanimljivo je da svega četiri sustava (Toplana - Karlovac, Energo Rijeka, HEP-CTS Zagreb i HEP Osijek), imaju veću prodajnu od proizvodne cijene (slika 1. i tablica 2.). Ostali sustavi posluju s neumoljivim gubitkom jer im je cijena proizvodnje topline veća od prodajne cijene. Gubici su, u pravilu, rezultat rastuće cijene fosilnih goriva, dok prodajna cijena topline (na koju utječe lokalna zajednica) ostaje gotovo nepromijenjena.

Razlika između prodajne i proizvodnje cijene kreće se (tablica 2.) od 30 kn/MWh (Termoplin - Varaždin) do 245 kn/MWh (HEP - Posebne Toplane, Zagreb).

Na hrvatski prosjek bitno utječe HEP-CTS Zagreb, jer ima najveći broj potrošača (101 412 od ukupno 138 538). Njegov utjecaj vidljiv je po tome što je prosječna prodajna cijena topline svih CTS-a neznatno veća od proizvodne i iznosi oko 230 kn/MWh. Toplina - Slavonski Brod sa 570 kn/MWh i Tehnostan – Vukovar sa

490 kn/MWh, prednjače u visokim proizvodnim cijenama, a HEP - PT Zagreb po negativnom poslovanju, jer po svakom prodanom MWh gubi 245 kuna.



Slika 1. Prosječne prodajne i proizvodne cijene topline

Figure 1. Average sales and production heat prices

R. br.	Toplinski sustav	Prodajna cijena kn/MWh	Proizvodna cijena kn/MWh	Razlika kn/MWh
1.	Toplina – Sl. Brod	450	570	-120
2.	Energo - Rijeka	420	418	2
3.	Tehno stan - Vukovar	410	490	-80
4.	Toplana - Karlovac	320	300	20
5.	Termoplin - Varaždin	260	290	-30
6.	HEP – Osijek	220	210	10
7.	HEP - PT Vel. Gorica	220	410	-190
8.	HEP - PT Zaprešić	218	440	-222
9.	HEP - PT Samobor	215	375	-160
10.	HEP - CTS Zagreb	198	170	28
11.	HEP - PT Zagreb	195	440	-245

Tablica 2. Prosječne prodajne i proizvodne cijene topline toplinskih sustava

Table 2. Average sales and production heat prices in Croatian cities

Iz gornjih podataka možemo zaključiti sljedeće:

- centralni toplinski sustavi koji dobivaju toplinsku energiju iz kogeneracijskih postrojenja imaju najnižu cijenu topline (HEP - CTS Zagreb i HEP – Osijek)
- prodajna cijena toplinske energije ima raspon od 195 do 450 kn/MWh
- kako većina toplana radi s gubitkom, postavlja se pitanje zašto 'voziti' s gubicima, a ne prići formiranju toplinske mreže i jeftinijem energentu?

PRIMJERI

Slavonski Brod

Slavonski Brod se danas "grije" toplotom iz lokalnih kotlovnica na lož ulje ili plin. Na slici 2., prikazane su lokacije 14 većih kotlovnica koje održava tvrtka "Toplina d.o.o.". Instalirana snaga tih kotlovnica je 57 MW, ali osim njih se procjenjuje da ima oko 50 manjih kotlovnica, tako da prve procjene govore o toplinskoj snazi oko 80 MWt. Pretpostavimo li da sezona grijanja traje 3000 h/god potrebna energija iznosi 240 000 MWh, a uz stupanj djelovanja 0,8 potrebna drvna biomasa 150 000 m³. Dodamo li tome proizvodnju struje uz stupanj djelovanja 0,3 (kondenzacijski pogon) u vremenu 4000h/god i snagu od 20 MW potrebno je dodatnih 130 000 m³ biomase, što je ukupno 280 000 m³ ili oko 210 000 t ogrijevnog drva što je manje od količine koju danas izvozimo (preko 300 000 t).



Slika 2. Kotlovnice tvrtke Toplina d.o.o., Slavonski Brod

Figure 2. Boiler plants of Toplina d.o.o. company, Slavonski Brod

Snagu od 80 MWt može “skupiti” toplinska mreža, koja, kada se jednom izgradi, omogućava korištenje različitih energenata (plin, lož ulje, biomasa, komunalni i poljoprivredni otpad), viši standard grijanja, lokalnu proizvodnju električne energije i dugoročno manje troškove grijanja.

Ove procjene dakako nisu dovoljne da se uđe u investicijski pothvat, već služe kao orijentacija mogućnosti koje pruža kontinentalna klima Broda i jaki toplinski konzum. Nužne su detaljnije razrade, kao i uzimanje u obzir razvoja Grada (izgradnja zatvorenog plivališta, toplina za staklenike i mogućnosti tzv. apsorpcijskog hlađenja za vrijeme ljeta).

Glina

Za razliku od Slavonskog Broda, Glina nema priključak na plinsku mrežu Hrvatske, tako da je upućena na skuplje lož ulje. Stoga je biomasa, koje ima u dovoljnoj mjeri, bilo od tri pilane ili iz susjednih šumskih rezervata jedini izlaz za učinkovitije grijanje.



Slika 3. Potencijalni proizvođači (crveni krug), potrošači topline (zeleni krug) i magistralni vrelovodi. Punom linijom je označena 1. etapa izgradnje

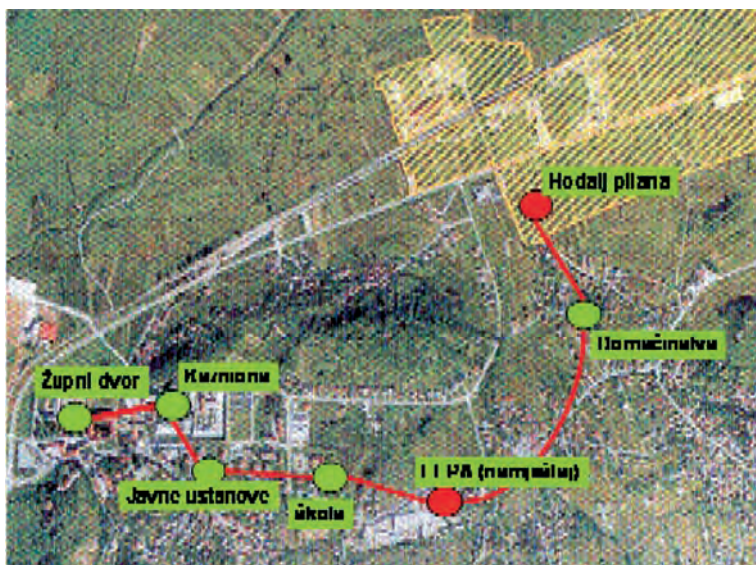
Figure 3. Potential heat producers (red circle), customers (green circle) and main heat lines. Full red line marks first erection stage

Na slici 3. prikazani su potencijalni proizvođači (crveni krug) i potrošači topline (zeleni krug). Glina ima oko 10 000 stanovnika, a ukupna toplinska snaga se procjenjuje na oko 12 MWt. Uz upotrebno vrijeme 3000 h/god. iznosi toplinska

energija 36 000 MWh, koja bi izgradnjom toplinske mreže, omogućila proizvodnju električne energije u agregatu instalirane snage 1 do 2 MWe. Uz stupanj djelovanja 0,8 potrebno je osigurati biomase oko 10 000 tona/god.

Lepoglava

Slične karakteristike kao Glina ima i grad Lepoglava (slika 4.), ne samo u broju stanovnika, nego i po tome što su potencijalni potrošači: kaznionica, javne ustanove, škole i industrijska zona te potencijalni proizvođači: pilana i drvna industrija, iste kategorije. Posebna karakteristika Lepoglave je Udruga privatnih šumoposjednika "Kesten", koja ima interesa opskrbljivati buduću energanu biomasom (L 5).



Slika 4. Grad Lepoglava, proizvođači (crveni krug), potrošači topline (zeleni krug)

Figure 4. Lepoglava city, heat producers (red circle) and customers (green circle)

Cijena energenata

Cijena topline u pravilu ovisi o tri bitna čimbenika:

1. cijeni energenta,
2. cijeni postrojenja za proizvodnju topline i
3. energetskej politici zemlje.

Gledajući dugoročno najveći utjecaj na cijenu topline ima (preko 60%) cijena energenta, koju definira svjetsko tržište na koje Hrvatska dugoročno nema utje-

caja. U tablici 3. navedene su današnje cijene fosilnih goriva u Hrvatskoj, iz koje se uočava da od svih fosilnih goriva najnižu (veleprodajnu) cijenu ima plin za HEP (75 kn/MWh), ali je INA već najavila promjenu cijene na 100 kn/MWh. U usporedbi s fosilnim gorivom drvo je jeftinije, a ako uzmemo u obzir sigurnost opskrbe, onda kao domaći energent ima dodatnu vrijednost.

Energent	Cijena	Energetska vrijednost	Cijena kn/MWh	Izvor
Mazut	1,2 kn/kg	10,7 kWh/kg	112	Lit. 7
LLU	1,65 kn/kg	10,7 kWh/kg	154	Lit. 7
ELLU	4,9 kn/lit	10,0 kWh/lit	490	INA 7/2006.
Plin velepr.	0,75 kn/m ³	10,0 kWh/ m ³	75	Lit. 7
Plin PT	1,75 kn/m ³	10,0 kWh/ m ³	175	Lit. 7
Plin	2,08 kn/m ³	10,0 kWh/ m ³	208	INA 7/2006.
Plin vozila	3,20 kn/m ³	10,0 kWh/ m ³	320	INA 7/2006.
UNP (LPG)	3,36 kn/kg	12,8 kWh/kg	262	INA 7/2006.
Drvo 20% vlage, cijepano	0,40 kn/kg	4,0 kWh/kg	100	

Tablica 3. Cijene fosilnih goriva i drva na tržištu Hrvatske

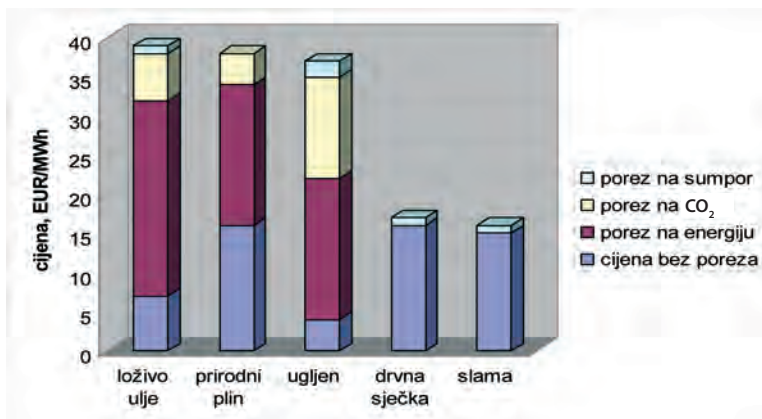
Table 3. Prices of fossil and wood fuels on the Croatian market

Cijena postrojenja za proizvodnju toplinske i električne energije je manja kod plinskih postrojenja, ali se ta prednost poništava već nakon nekoliko godina pogona.

Iako tehnološke prednosti plina nitko ne osporava, njegova cijena kao i nesigurnost opskrbe postaje sve veća, zbog čega će svaki "gazda" najprije iskoristiti "svoje gorivo".

Tako se ponaša i Europa, pa je na primer još prije 6 godina specifična cijena plina (€/MWh) u Danskoj bila dva puta veća od cijene drva, jer se na nabavu cijenu plina dodala taksa zbog toga što nije obnovljiv i zbog emisije CO₂.

Za toplifikaciju naselja masovno se koristi drvo, a građani se bez inicijative države, udružuju u izgradnju toplinske mreže i zajedničke kotlovnice, što je učinkovitije nego individualna gradnja manjih ložišta.



Slika 5. Specifična cijena energije €/MWh u Danskoj 1999. godine (L 7)

Figure 5. Specific price of energy €/MWh in Denmark in 1999 (L 7)

Zaključci

Kao zaključak ovog referata, spomenimo da je treći čimbenik koji utječe na cijenu topline je energetska politika zemlje, važniji od prva dva, jer se njima očituje energetska strategija. U tom smislu Hrvatska nije učinila dovoljno jer se drvo kao energent podcjenjuje u odnosu na ostale obnovljive izvore energije. Stoga smo ovim radom željeli upozoriti na tu činjenicu te promovirati toplifikaciju naselja izgradnjom toplinskih mreža i korištenjem drva kao energenta.

U toplifikaciji hrvatskih naselja prisutna je jaka promocija gradnje plinskih mreža, iako kratka analiza troškova izgradnje plinske mreže u odnosu na toplinsku daje prednost ovoj drugoj, zbog toga što su troškovi postavljanja mreže približno isti jer najviše ovise o cijeni iskopa, a jednom postavljena toplinska mreža omogućava diverzifikaciju energenata, što joj daje neusporedivu prednost.

Za poboljšanje usluge građanima, povećanje energetske učinkovitosti i poboljšanje ekoloških prilika izgradnja toplinskih mreža, s obzirom na potrebu integriranja energetike na razini lokalne zajednice treba biti nacionalna strategija jer omogućava vođenje fleksibilne energetske politike te korištenje obnovljivih izvora (posebno biomase i solarnih kolektora).

Literatura

1. Čupin, N., 2006: Cijena topline. Drugi međunarodni forum o obnovljivim izvorima energije, EGE, Dubrovnik, 4. – 6. listopada 2006.
2. Čupin, N., B., Krivak, A. Jukić, 2006: Konceptija energane ŠRC Višnjik Zadar. Studija, Okit, Zagreb.

3. Čupin, N., 2005: Kogeneracija na šumsku biomasu. Elektroenergetika, br. 1, Zagreb.
4. Energija u Hrvatskoj 2004., Godišnji energetske pregled, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, Zagreb.
5. Kušan, V., 2006: Prostorna rasprostranjenost privatnih šuma u Republici Hrvatskoj. Drugi susret privatnih šumoposjednika, UPŠV Kesten, 28 – 29. lipnja 2006., Lepoglava.
6. Labudović, B., i sur., 2002: Obnovljivi izvori energije. Energetika marketing.
7. Prezentacija (ppt) HEP – Toplinarstvo Zagreb, 'Radionica o razvoju sektora toplinarstva u Hrvatskoj' Zagreb, 14. 10. 2005.

Summary

Biomass is, beyond any doubt, the richest Croatian renewable source of energy; however, its use in Croatia is still relatively poor, so that major quantities of wood are exported instead of being fired in the plants producing heat and power electricity. The article will point out the needs for and the national benefit in using biomass in district heating.

Nikola Čupin

Okit d. o. o., Zagreb

Okit L.t.d., Zagreb

POTENCIJALI REPUBLIKE HRVATSKE U PROIZVODNJI BIOPLINA

THE POTENTIALS FOR BIOGAS PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Davor Kralik

Sažetak

Sve intenzivniji porast broja stanovnika na Zemlji dovodi do nastajanja cijelog niza problema, kao što je zadovoljavanje rastućih potreba za energijom, te povećanje količine organskog otpada što inducira i povećano zagađenje cjelokupnog okoliša. Razgradnjom organskog otpada stvara se plin metan, koji oslobođen u atmosferu uzrokuje "efekt staklenika", u većoj mjeri nego CO₂. Svake godine se oko 590-880 milijuna tona metana(2) oslobodi širom svijeta u atmosferu kroz mikrobiološku aktivnost. Oko 90% emitiranog metana potječe od biogenih izvora.

Republika Hrvatska ne može zadovoljiti svoje potrebe za energijom te je stoga prisiljena uvoziti naftu i električnu energiju. Istovremeno u RH postoje neiskorišteni potencijali za proizvodnju energije. Stoga je krajnje vrijeme da se okrenemo alternativnim izvorima energije kao što su solarna energija, hidro energija, te energetske iskoristivi ostaci od poljoprivredne proizvodnje. Jedan od alternativnih izvora je produkcija bioplina anaerobnom razgradnjom organskog otpada. Dobro funkcionirajući sustav za proizvodnju bioplina donosi cijeli niz prednosti za svoje korisnike, društvo i okoliš.

Ključne riječi: *bioplin, stajski gnoj, obnovljivi izvori energije*

Keywords: *biogas, livestock manure, renewable energy*

Uvod

Biomasu predstavljaju svi tipovi životinjskog i biljnog materijala koji se mogu pretvoriti u energiju. U svijetu se upotrebljava svega 6%-13% ukupne energije iz biomase. Biomasi čine brojni, različiti proizvodi biljnog i životinjskog svijeta kao što su grane kore drveta i piljevina iz šumarske i drvne industrije, slama, kuku-

ruzovine, stabljike suncokreta, ostaci pri rezidbi vinove loze i maslina, koštice i kore voća i povrća, životinjski izmet i ostaci iz stočarstva, komunalni i industrijski otpad. Većina organskih tvari ima zadovoljavajući C:N odnos, pa mogu biti podvrgnute anaerobnoj fermentaciji radi proizvodnje bioplina. Prema podjeli, anaerobnoj fermentaciji mogu se podvrći sljedeće skupine organskih tvari:

- ekskrementi domaćih životinja i ljudi; uglavnom životinja koji se drže u zatvorenome jer je lakše organizirati sakupljanje ekskremenata. Ljudski ekskrementi služe kao otpaci iz kanalizacije.
- industrijske otpadne tvari; uglavnom prehrambene industrije (šećer, kvasac, pivo, papir, lijekovi, meso, riba) bitno je da sadrže dovoljno suhe tvari
- poljoprivredni otpaci; žitni ostaci, glava šećerne repe, lišće, ljuska krumpira, ostaci voća i povrća; biljke namijenjene isključivo proizvodnji bioplina (soja, lupina, kukuruz i sl.)
- kultivirana biomasa; vodeni ljljan, vodena salata, vodena leća, vodeni zumbul, slatkovodne alge kao zelena alga roda *Chlorella*, *Scendesmus*, *Eugena*, ili modrozelenne alge roda *Spirulina*, *Oscillatoria*, i druge alge roda *Glacilaria* i *Hypnea Musciformis*.
- kanalizacijska voda
- gradsko smeće i organski otpad; smeće se polaže u hermetički izolirane deponije iz kojih je moguće cijeđenje oborinskih voda i njihova daljnja obrada.

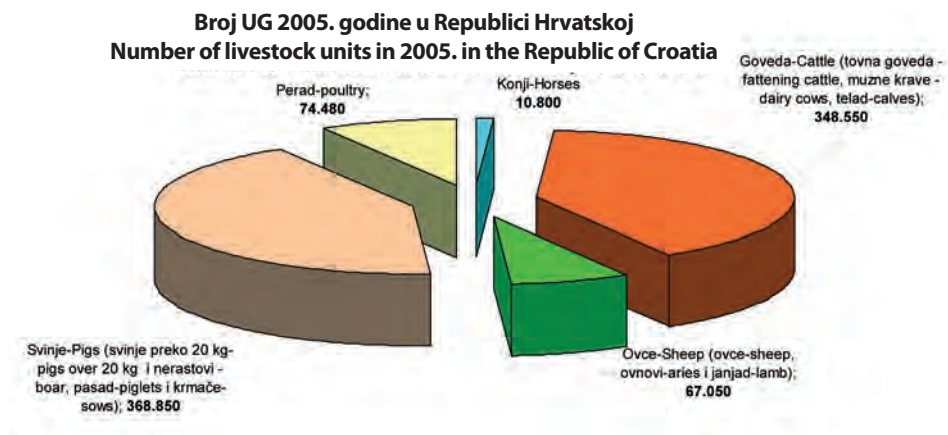
Materijali i metode

Na temelju podataka iz Statističkog ljetopisa za 2005. godinu, izračunat je ukupan broj uvjetnih grla za svaku skupinu domaćih životinja, izračunata ukupna proizvodnja ekskrementata po pojedinoj skupini životinja te izračunata potencijalna proizvodnja bioplina na bazi vlastitih istraživanja i literaturnih podataka.

Rezultati i rasprava

Proučavajući samo stočarsku proizvodnju kao osnovni izvor sirovine obrađeni su podaci za 2005. godinu i vidljivo je da broj životinja u Republici Hrvatskoj unazad zadnjih deset godina bilježi blagi porast što je naročito prepoznatljivo u govedarskoj proizvodnji, gdje je u 2005. godine u usporedbi s 1996. godinom povećan broj goveda za 10.000 grla. Broj ovaca u istom razdoblju porastao je za 46,4%, dok broj svinja i peradi u usporedbi s 1996. godinom stagnira, a u usporedbi s prethodnih 5 godina bilježi blagi pad. Najznačajniji pad broja životinja je kod uzgoja konja, gdje se broj konja više nego prepолоvio i s 21.000

pao na 9.000 konja. Ukupni broj životinja 2005. godine iznosio je 13.121.000 jedin-ki. Pretvaranjem toga broja u uvjetna grla (UG) dobije se 869.730 UG, od toga su najzastupljenije svinje s 42,4% zatim goveda s 40,1% dok su ostale životinje zastupljene s 17,5%. Zastupljenost pojedinih životinja i njihov broj prikazan je u Grafikonu 1.

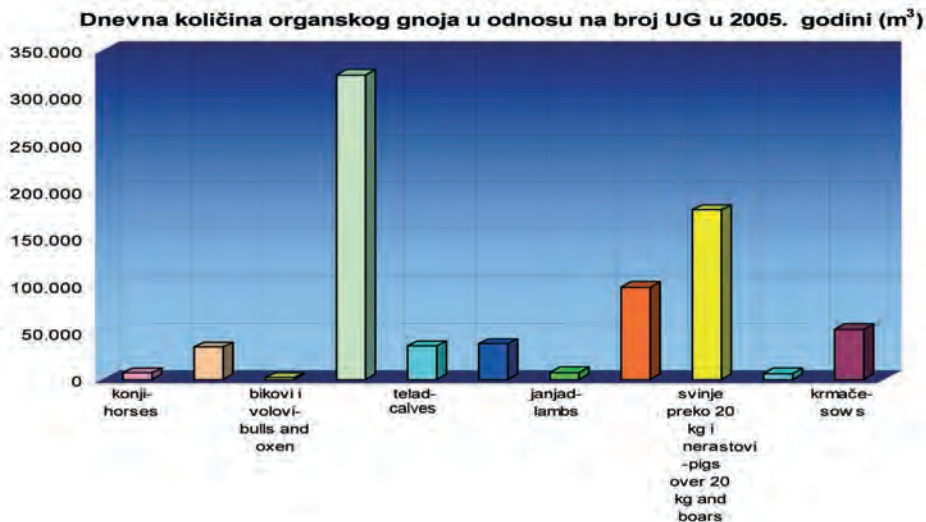


Slika 1. Broj uvjetnih grla 2005. godine u Republici Hrvatskoj

Figure 1. Number of livestock units in 2005 in the Republic of Croatia

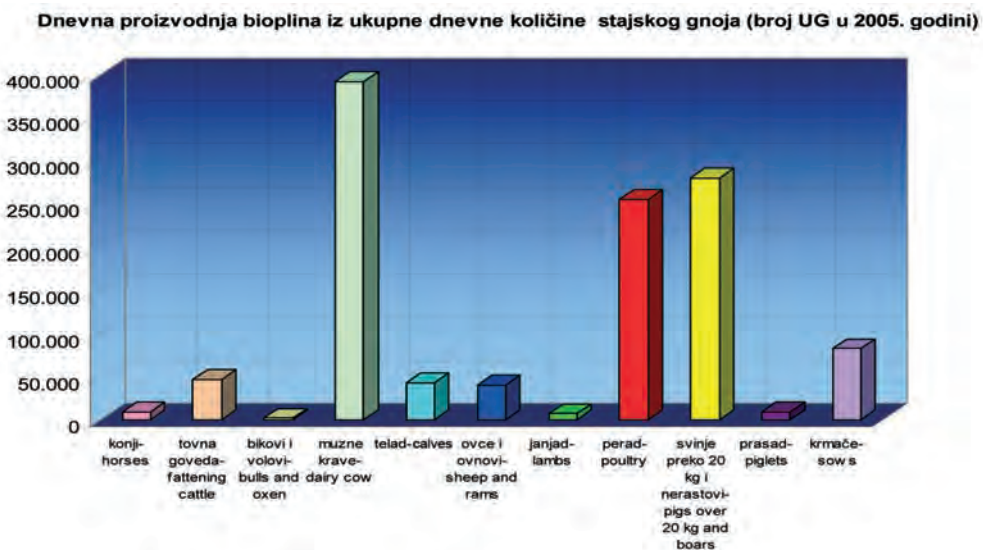
Stočarska proizvodnja je značajna poljoprivredna grana koja osigurava sirovine za prehrambenu, tekstilnu, farmaceutsku i kemijsku industriju. Međutim, stočarska je proizvodnja s obzirom na koncentraciju velikog broja životinja na malom prostoru potencijalni zagađivač okoliša. Velike koncentracije stajskog gnoja ugrožavaju tlo, atmosferu, nadzemne i podzemne vode. Zbog čega su propisane norme o potrebnim minimalnim površinama po jednom UG. Republiku Hrvatsku kao zemlju kandidata za članicu EU očekuje prilagođavanje zakonskim odredbama i normama koje su važeće u zemljama EU. Maksimalni broj UG po jednom hektaru je 2 UG, zbog čega uzgajivači životinja moraju transparentno prikazati način zbrinjavanja stajskog gnoja. Postoji nekoliko načina zbrinjavanja stajskog gnoja od apliciranja stabilizirane gnojovke direktno u tlo, apliciranje organskog gnojiva na tlo, prerade stajskog gnoja u kompost ili anaerobnom fermentacijom proizvoditi bioplina i organsko gnojivo. (1.)

Dnevna količina životinjskih ekskremenata u RH na bazi broja UG iznosi 784.015,26 m³ (2.) Najveća proizvodnja stajskog gnoja je u govedarskoj proizvodnji (50,4%), zatim u svinjogojskoj proizvodnji (30,5%) a ostali udio čine ostale životinje. (Grafikon 2.)



Slika 2. Dnevna količina organskog gnoja u odnosu na broj UG u 2005. godini (m³)

Figure 2. Daily volume of organic muck relating to the number of livestock units (LSU) in 2005 (m³)



Slika 3. Dnevna proizvodnja bioplina iz ukupne dnevne količine stajskog gnoja (broj UG u 2005. godini)

Figure 3. Daily production biogas from total daily volume livestock manure (N° LSU in 2005)

Iz prikazane količine stajskog gnoja moguće je dnevno proizvesti 1.169.850,00 Nm³ bioplina što znači da se godišnje može proizvesti oko 426.995.250,00 Nm³ (3.,4.). Količina proizvedenog plina ovisi o vrsti stajnjaka i koncentraciji suhe tvari (ST). Bioplin je smjesa plinova čiji je glavni sastojak metan (CH₄), zatim

ugljični dioksid (CO_2), vodik (H_2), sumporovodik (H_2S), dušik (N_2) i amonijak (NH_3) u tragovima. (Tablica 1.)

Parametar	CH_4	CO_2	H_2	H_2S	Bioplin Biogas
energetska vrijednost MJ/m^3 Energetic value	35,8	-	10.8	22.8	21.5
granice zapaljivosti, vol.% u zraku Limits inflammability, vol.% in air	5-15	-	4-80	4-45	6-12
temperatura paljenja, $^{\circ}\text{C}$, burn temperature $^{\circ}\text{C}$	650-750	-	585	-	650-750
kritična temperatura, $^{\circ}\text{C}$ Critical temperature $^{\circ}\text{C}$	-82.5	31.0	-	100.0	-82.5
gustoća u norm. uvjetima, kg/m^3 Specific density in normal conditions kg/m^3	0.72	1.98	0.09	1.54	1.2
gustoća u odnosu prema zraku, kg/m^3 Density relating to air, kg/m^3	0.55	2.5	0.07	1.2	0.83
kritični tlak, bar Critical pressure, Bar	47	75	13	89	75-89

Tablica 1. Karakteristike bioplina i njegovih komponenata

Table 1. Biogas characteristics and its components

Energetska vrijednost bioplina ovisi o koncentraciji metana i odnosu s CO_2 te iznosi 20-30 MJ/m_3 (Tablica 2.).

Postotak metana u bioplinu (%) percentage of the methane in biogas (%)	56	62	66	70	72	78	84
Energetska vrijednost (MJ/m^3) Energy value (MJ/m^3)	20	22,1	24	25	26	28	30

Tablica 2. Odnos koncentracije metana i energetske vrijednosti

Table 2. Relation between methane content and biogas energetic value

Različiti autori navode volumni postotak metana koji se kreće od 40% do 75%. Relativno dobrim bioplinom smatra se ako je koncentracija metana 55% i više. Pretvaranjem potencijalnih 426.995.250,00 Nm^3 bioplina u MJ moglo bi se dobiti oko 9.180.397.875,00 MJ energije.

VRSTA BIOGORIVA TYPE OF BIOFUEL	ENERGETSKI SADRŽAJ Energy content		GUSTOĆA Density	
	Vrijednost Value	Jedinica Unit	Vrijednost Value	Jedinica Unit
Dizel - Diesel fuel	42,60	MJ/kg	0,845	kg/l

Biodizel - Biodiesel	36,90	MJ/kg	0,883	kg/l
Čisto biljno ulje – clean vegetable oil	35,17	MJ/kg	0,920	kg/l
Benzin - Petrol	43,85	MJ/kg	0,785	kg/l
ETBE	36,29	MJ/kg	0,744	kg/l
MTBE	34,92	MJ/kg	0,744	kg/l
Bioetanol	26,67	MJ/kg	0,794	kg/l
Biometanol	18,86	MJ/kg	0,797	kg/l
Plin* Gas	34,08	MJ/m ³	0,680	kg/m ³
Bioplin* Biogas	32,64	MJ/m ³	0,680	kg/m ³

* vrijedi pri temperaturi 288,15 K i tlaku 101,325 kPa (temperature 288,15 K and pressure 101,325 kPa)

Tablica 3. Narodne novine br.: 141/2005: Uredbu o kakvoći biogoriva

Table 3. Official Gazette No. 141 (2005): Act on the quality of biofuels

U tablici 3. dane su energetske vrijednosti pojedinih energenata, a u tablici 4. prikazana je količina pojedinih goriva kojom se može zamijeniti 426.995.250,00 Nm³ bioplina.

Vrsta goriva	Količina energenta koja se može zamijeniti bioplinom (Quantity of individual fuel replaceable biogas in one-year production)	Jmj Unit	Cijena (kn) Price (kn)	Ukupno (kn) Total (kn)	Moguća zamjena bioplinom (%) Replacable by biogas (%)
Dizel- Diesel	215.502.297,5	litre	6,95	1.497.740.967,87	16,26
Biodizel - Biodiesel	248.791.270,3	litre	5,62*	1.398.206.939,23	-
Benzin - Petrol	209.359.130,6	litre	7,40	1.549.257.566,13	16,60
Zemni plin –Natural gas	269.377.871,9	Nm ³	1,91 2,03	514.511.735,37 546.837.080,00	12,31
Električna energija Elektrical energy	2.604.671.025,00	kWh	0,58**	1.510.709.194,50	15,8 48,70***

*prosječna cijena biodizela u Njemačkoj u 2006. godini (average price for biodiesel in Germany)

** cijena prema Plavom tarifnom sustavu HEP-a (price in Croatian system)

*** od uvezene količine el. energije u 2004. godini (from total imported quantity of electric energy in 2004.)

Tablica 4. Količina pojedinih goriva koja se mogu zamijeniti godišnju proizvodnju bioplina

Table 4. Quantity of individual fuel replacable by biogas in one-year production

Iz primjera postrojenja u Njemačkoj koje ima bioreaktor veličine 2500 m³, vidimo da se ostvaruje dnevna proizvodnja bioplina od 3644m³, ako tu količinu

bioplina podijelimo s mogućom dnevnom proizvodnjom bioplina u RH, slijedi da bi Hrvatska trebala 321 pogon za proizvodnju bioplina kako bi preradila gnoj animalnog podrijetla. Primjer jednog pogona čija je nabavna cijena 686.000 €, nakon podmirivanja svih troškova (kredit, plaće, troškovi održavanja itd) ostvaruje čistu dobit od 7.355 € godišnje.

U Tablici 4. vidljivo je koliko se može pojedine energije zamijeniti s bioplinom uz posebnu napomenu da ako proizvodimo električnu energiju po sustavu kogeneracije pored električne energije proizvede se još i dva puta toliko toplinske energije.

S obzirom da je RH prisiljena uvoziti većinu energenata, korištenjem bioplina smanjio bi se uvoz pojedinih energenata što je naročito vidljivo kod uvoza el. energije. U tom slučaju uvoz električne energije bi se smanjio za 48,7%, ili bi od ukupne količine proizvedene električne energije 15,8% osiguralo proizvodnjom bioplina iz domaćih pogona. Samim tim bi se umanjila energetska ovisnost o drugim državama, povećao broj zaposlenih i RH bi ostvarila lakše svoju obvezu prema EU da zamijeni konvencionalna goriva s obnovljivim gorivima. Ujedno bi se smanjila emisija štetnih plinova u atmosferu, i to sprječavanjem odlaska metana u zrak, koji je jedan od stakleničkih plinova, a s druge strane smanjila bi se koncentracija ugljičnog dioksida u atmosferi, jer se smanjuje potrošnja fosilnih goriva.

Kako je neizvodivo kompletnu stočarsku proizvodnju usmjeriti u proizvodnju bioplina zasigurno se neće moći ostvariti ovakvi rezultati samo na bazi stajskog gnoja nego se može dodavati biomasa različitog podrijetla kao što je silaža, sjenaža, razni otpad iz prehrambene industrije i sl. tako da broj od 321 pogona nije neka neostvariva brojka, nego bi taj broj mogao biti i veći. Jedan od preduvjeta za investiranje u pogone za bioplin svakako je zakonska regulativa i tržište (obnovljivom energijom i biomasom) koje trenutno u RH ne funkcionira, a time nije definirana cijena niti pravni subjekti koji bi trebali otkupljivati proizvedenu energiju. Slična situacija bila je i u Njemačkoj i tek nakon definiranja cijene i tko otkupljuje energiju i daje poticaj, broj od 290 pogona za bioplin unazad 10 godina popeo se na današnjih 4000 pogona za bioplin.

Postoji mogućnost udruživanja lokalne zajednice u zajedničku investiciju pri likom izgradnje bioplinskog postrojenja, po principu klastera ili dioničarskog društva, gdje se osigurava zajedničko prikupljanje sirovine za proizvodnju i prema vlasničkom udjelu i prilivu pojedinih sirovina dijele dobit. Ovakvih primjera ima dosta u EU gdje je lokalna zajednica ujedno i korisnik proizvedene toplinske energije.

Drugi model je pogodan za velike farme u sklopu kojih su postavljena bioplinna postrojenja.

Zaključak

S obzirom da je RH prisiljena uvoziti većinu energenata, korištenjem bioplina smanjio bi se uvoz pojedinih energenata što je naročito vidljivo kod uvoza el. energije. U tom slučaju uvoz električne energije bi se smanjio za 48,7%, ili bi od ukupne količine proizvedene električne energije 15,8% osiguralo proizvodnjom bioplina iz domaćih pogona. Samim tim bi se umanjila energetska ovisnost o drugim državama, povećao broj zaposlenih i RH bi ostvarila lakše svoju obvezu prema EU da zamijeni konvencionalna goriva s obnovljivim gorivima. Ujedno bi se smanjila emisija štetnih plinova u atmosferu, i to sprječavanjem odlaska metana u zrak koji je poznato da je jedan od stakleničkih plinova, a s druge strane smanjila bi se koncentracija ugljičnog dioksida u atmosferi, jer se smanjuje potrošnja fosilnih goriva.

Literatura

1. N. Voća, Tajana Krička, T. Ćosić, V. Rupiće, Ž. Jukić, Sanja Kalambura: Kakvoća digestiranog ostatka nakon anaerobne digestije pilećeg gnoja Krmiva 47 (2005), Zagreb, 2; 65-72
2. Benčević Krsto: Biokrat-osnove biološkog poljodjelstva, Zagreb, 1993 god.
3. P. K. Ghosh, Ajay, K. K. Bandyopadhyay, M. C. Manna, K. G. Mandal, A. K. Misra and K. M. Hati: Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity • Bioresource Technology, Volume 95, Issue 1, October 2004, Pages 85-93
4. Andara, A.R, Esteban, J.M.L. 1999. Kinetic study of the anaerobic digestion of the solid fraction of pig gery slurries. Biomass Bioenerg., 17: 435-443
5. Lebegner, J.(1995.): Mogućnost proizvodnje bioplina u Hrvatskoj, UDK 662.76:620.95, časopis Energija 1, godina 44, broj 1, Zagreb, veljača 1995, 17-23
6. Đulabić, M. (1986.): Biogas, dobijanje, korišćenje i gradnja uređaja, Tehnička knjiga Beograd
7. *** Statistički ljetopisi - ISSN 1334-0638 – 2005. godina

Summary

The expanding population growth on the Earth leads to a wide range of problems, such as the fulfillment of increasing power requirements and organic waste accumulation that induces an increasing environment contamination. Methane is made by organic matter decomposition and released into the atmosphere; it causes the greenhouse effect of a higher level than CO₂. Each year, 590-880 million tons of methane are released into the atmosphere by microbiological activity. Approximately 90% of the methane emitted derives from biogenic sources. The Republic of Croatia cannot fulfil its power requirements, and therefore, it is compelled to import oil and electric power. Meanwhile, there are some unexploited potentials for power production. It is high time we turned our attention to the alternative power sources, such as solar energy, hydro-energy, and power exploitable residues of the agricultural production. One of the alternative sources is biogas production by anaerobic decomposition of the organic waste. A well-functioning system of biogas production displays a wide range of advantages for its consumers, the society, and the environment.

Davor Kralik

Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
31000 Osijek, Trg Sv. Trojstva 3
Faculty of Agriculture, University of J. J. Strossmayer, Trg sv. Trojstva 3, Osijek

MOGUĆNOSTI SANACIJE OTPADA ŽIVOTINJSKOG PODRIJETLA

THE POSSIBILITIES FOR ANIMAL WASTE SANITATION

Sanja Kalambura

Sažetak

Izmjenama i dopunama Zakona o veterinarstvu 2001.god. jedini propisani način zbrinjavanja otpada životinjskog podrijetla njegova je prerada u objektima za toplinsku preradu - kafilerijama. Kuhinjski otpad skorašnjim stupanjem na snagu novog *Pravilnika o načinu postupanja s nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi* također ulazi pod primjenu navedenog pravilnika kao i dio kategorije 3 životinjskih nusproizvoda uz važeći Zakon o otpadu te Pravilnik o vrstama otpada.

Biorazgradivi otpad u značajnoj mjeri opterećenje je za odlagališta komunalnog otpada na kojima se najčešće trajno zbrinjava odnosno odlaže, a posebice su velika opasnost divlja odlagališta.

Spomenutim novim pravilnicima koji će se donijeti prema zahtjevima Europske komisije uskladit će se hrvatsko zakonodavstvo s europskima. Obvezom primjene istih propisa gotovo se preskače jedna faza u postupanju s istim otpadom te istovremeno sa vrlo zahtjevnim veterinarsko-administrativnim i tehničko-tehnološkim standardima sadržanim u novim propisima koji podrazumijevaju razvrstavanje različitih kategorija otpada, rješava i problem koji je trebao biti riješen i znatno ranije, a to je sustavno i organizirano prikupljanje.

Navedenim propisima definira se obrada otpada životinjskog podrijetla metodama termičke obrade - kafilerijama, alkalne hidrolize te bioplina.

Ključne riječi: *otpad životinjskog podrijetla, europski i hrvatski propisi, metode obrade*

Keywords: *animal waste, European and Croatian regulations, treatment methods*

Uvod

Zadovoljavanje prehrambenih potreba ljudi pri čemu glavno mjesto zauzima meso i proizvodi životinjskog podrijetla dovode dnevno do stvaranja vrlo

velikih količina otpada životinjskog podrijetla. Procjenjuje se da u Hrvatskoj godišnje konzumiranje mesnih proizvoda naraste i do milijun pilića, približno milijun svinja, na stotine goveda, janjadi i ostalih životinja. Svega 50%-58% mesa životinje konzumira čovjek, a gotovo 25% svake životinje čini nejestivi nusproizvod klanja. U isto vrijeme na farmama gdje se vrši intenzivan uzgoj dnevno ugiba stoka što povećava ukupnu bilancu otpada životinjskog podrijetla.

Nekontrolirano odbačen otpad životinjskog podrijetla u prirodi se vrlo brzo razgrađuje pri čemu dolazi do stvaranja razgradnih produkata tj. sulfida, amonijaka, metana, CO₂ i dr., a koji u većim koncentracijama mogu biti vrlo otrovni te izazivati poremećaje disanja, funkcije krvotoka te malaksalost. Česte su i pojave raznih bolesti kao što su: antraks, bruceloza, Q-groznic, salmonela i trihineloz.

Koliko je važno prikupljanje otpada životinjskog podrijetla toliko su važni načini njegove uporabe. Postojeći pogoni za utilizaciju - kafilerije najrašireniji su jer brzim i učinkovitim toplinskim prerađivanjem stvaraju proteinski proizvod koji je nakon zabrane korištenja u prehrambene svrhe (Europska unija) našao svoju primjenu u spalionicama kao energent.

Većina Europskih zemalja kao i Hrvatska izabrale su metodu spaljivanja (EU regulativa 1774/2002) u cementarama kao jedinu ekološki i zdravstveno ispravnu metodu no potrebno je naglasiti da su kapaciteti postojeće cementare nedostadni za cijelu Hrvatsku.

Energetska vrijednost mesnog koštanog brašna je 15-18 MJ/kg što je ekvivalent energetske vrijednosti ugljena uz napomenu da su emisije štetnih plinova zanemarive te da se spaljivanje vrši na temperaturi od 1000 °C što osigurava potpuno uništenje svih organskih komponenti.

Približno se u Hrvatskoj godišnje proizvede 100.000 tona otpada životinjskog podrijetla iz oko 700 klaonica i mesno-prerađivačkih industrija lociranih širom cijele zemlje (Državni Zavod za Statistiku). Od ukupne količine samo se približno 50.000 tona godišnje obradi u kafileriji otvorenog tipa, a ostatak se uglavnom nepropisno odlaže uzrokujući velike probleme onečišćenja okoliša.

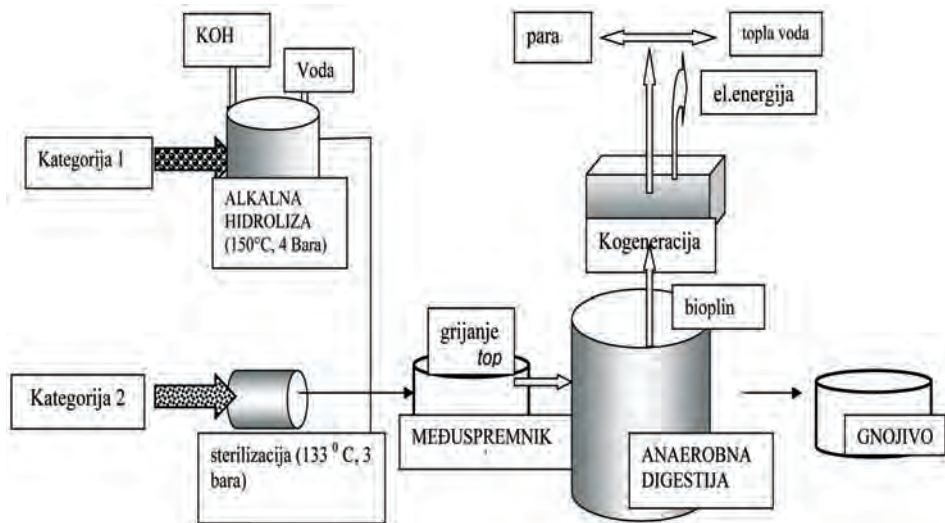
Materijali i metode

Otpad životinjskog podrijetla po terminologiji Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva podrazumijeva:

1. životinjske lešine – uginule, mrtvorodene ili pobačene životinje i životinje ubijene u postupku sprječavanja, suzbijanja i iskorjenjivanja bolesti na određenom području ili u nekoj populaciji;

2. konfiskati – organi i dijelovi trupla zaklanih životinja ocijenjeni higijenski neispravnim na osnovi rezultata veterinarsko – zdravstvenih pregleda;
3. sporedni nejedstivi nusproizvodi klanja, rasijecanja i obrade – organi i tkiva zaklanih životinja koje ne ubrajamo u meso u širem smislu riječi;
4. tkiva visokog rizika goveda, ovaca i koza (SRM);
5. krv zaklanih životinja koja se ne upotrebljava za ljudsku prehranu i za pre-radu u kemijskoj, farmaceutskoj i drugoj industriji;
6. životinjski proizvodi koji nisu valjani za ljudsku prehranu;
7. životinjski nusproizvodi iz valionica jednodnevnih pilića;
8. uvezeni životinjski proizvodi koji ne udovoljavaju propisanim veterinarsko – zdravstvenim uvjetima;
9. ostali životinjski nusproizvodi.

Uzimajući u obzir podjelu otpada životinjskog podrijetla na tri kategorije (EC Regulativa 1774/2002) te slijedom analiza tržišta istog, predlaže se sljedeći model sanacije otpada životinjskog podrijetla na najprihvatljiviji ekonomski i ekološki način. Potrebno je osigurati odvojeno prikupljanje kategorija I, II, i III na mjestu nastanka te dio druge i treću kategoriju koristiti u proizvodnji bioplina uz predtretman sterilizacije dok će se prva kategorija i visoko rizični dio druge kategorije tretirati alkalnom hidrolizom.



Slika 1. Alkalna hidroliza prve i druge kategorije otpada životinjskog podrijetla

Figure 1. Alkaline hydrolysis of first and second category of animal waste

Rezultati i rasprava

Alkalna hidroliza (E.Neyens et al. 2003.) je proces u kome dolazi do pucaanja kemijskih veza. Najčešće je katalizirana enzimima, metalnim solima, kiselinama ili hidroksidima odnosno vodenim otopinama kalijeva (KOH) i natrijeva (NaOH) hidroksida. Proces hidrolize znatno se ubrzava grijanjem te se optimalni rezultati postižu pri temperaturi od 150°C. Hidroksid se, ovisno o konačnoj namjeni, dodaje u proporcionalnom omjeru s količinom otpada te se cijela smjesa kontinuirano miješa 3-6 sati pri tlaku od 4 Bara i već navedenoj temperaturi, u za to predviđenim digestorima načinjenim od nehrđajućeg čelika.

U procesu hidrolize velike se molekule u agresivnom mediju hidroliziraju u manje što je bitan čimbenik razaranja velikih proteinskih lanaca u čiju skupinu spadaju i prioni. Aminokiseline, građevni element svih proteinskih lanaca, međusobno su povezane peptidnim vezama čineći tako polipeptidne lance. Svi polipeptidi sadrže ugljik, vodik, dušik i kisik s manjim udjelom ostalih elemenata kao npr. sumpora i fosfora. U procesu alkalne hidrolize dolazi do pucaanja veza pri čemu nastaju manji peptidni lanci i amino kiseline u formi natrijevih ili kalijevih soli. Osnovne skupine spojeva u najvećoj mjeri zastupljene u animalnom otpadu su proteini, lipidi, šećeri i nukleinske kiseline, a koji u reakciji alkalne hidrolize stvaraju sljedeće produkte:

1. Proteini – pucaju sve peptidne veze u proteinima, pri čemu nastaju natrijeve i kalijeve soli slobodnih aminokiselina. Neke aminokiseline kao arginin, glutamin, asparagin i serin se u potpunosti uništavaju dok se neke racemiziraju. Proteinski omotač se uništava tako da i peptidne veze priona pucaju uslijed ekstremnih uvjeta alkalne hidrolize (US patent 5087378).
2. Lipidi - jednostavni lipidi koji sadrže do tri masne kiseline uslijed procesa alkalne hidrolize s kalijevom lužinom tvore kalijeve soli masnih kiselina tj. sapune.
3. Šećeri - najotporniji su na alkalni medij te se glikogen, najveći polimer glukoze u životinjama, u trenutku topi, no za razbijanje tako velikog lanca potrebno je puno više vremena. Celuloza je prilično rezistentna na alkalnu hidrolizu no kako se pojavljuje samo kod životinja koje imaju ispašu taj iznos je gotovo zanemariv i ne predstavlja veće probleme. Glukoza, galaktoza i mannoza vrlo brzo se razgrađuju u vrućoj alkalnoj otopini.
4. Nukleinske kiseline – u alkalnom mediju vrlo lako se hidroliziraju pri čemu se vrlo brzo uništava ribonukleinska kiselina RNA dok puno sporije deoksiribonukleinska kiselina DNA.

Iz svega navedenog proizlazi da se pomoću alkalne hidrolize vrlo uspješno mogu sanirati visoko rizične kategorije otpada životinjskog podrijetla, a da se pri tome ne treba pribjegavati metodi spaljivanja. Što više, nakon završenog procesa alkalne hidrolize dobiva se sterilna otopina, blago alkalna, tamna i mirisa sapuna. Korištenjem kalijeva hidroksida dobivena otopina bogata je kalijem te je nakon razrjeđenja pogodna za direktnu aplikaciju na tlo kao dobro tekuće gnojivo.

Zaključak

Svaki proizvođač otpada bilo kao privatna ili javna pravna osoba ili kao pojedinac mora dugoročno zadovoljiti standarde postupanja s otpadom koji omogućuju održivi razvoj. Prihvatljiva su isključivo najekonomičnija rješenja koja neće neopravdano prekomjerno ekonomski opteretiti proizvođače otpada a u isto vrijeme osigurati najkvalitetnije metode zbrinjavanja. Vrlo je važno da se otpad prikuplja u sustavu gospodarenja koji raspolaže što je moguće većim kapacitetima kako bi troškovi prikupljanja bili prosječno što manji i time u najmanjoj mjeri opteretili proizvođače otpada.

Prema *Animal by product* regulativi, EC1774/2002, definirane su kategorije otpada i to prva i druga kategorija kao visoko rizični i rizični materijal te treća kategorija kao nisko rizični. Ista regulativa propisuje i načine zbrinjavanja otpada životinjskog podrijetla, a koje je temeljem Pravilnika o postupanju s nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za daljnju uporabu (NN 56/2006) u potpunosti prenijelo i hrvatsko zakonodavstvo.

U sustavu gospodarenja otpadom životinjskog podrijetla potrebno je stvoriti takvo stanje u kojem će se spriječiti stvaranje bolesti, otrovnih tvari koje ugrožavaju zdravlje ljudi, životinja kao i vodotokova, tala te životinjske hrane. Potrebno je primjenjivati najbolje dostupne tehnologije u načinima obrade kao i stvarati iz otpada korisne proizvode; električnu energiju, toplinsku energiju, visoko kvalitetna gnojiva i sl.

Literatura

1. EC Regulativa 1774/2002
2. G.L.Kovacs, US Patent 5087 378
3. Pravilnik o postupanju s nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za daljnju uporabu (NN 56/2006)
4. E. Neyes, J.Baeyens, C.Creemers, Alkaline thermal sludge hydrolysis, *Jurnal of hazardous materials* B97 (2003) 295-314
5. J.A.Mueller, Prospects and problems of sludge pre-treatment processes, *Water Sci. Technol.*, 44(10)(2001) 121-128

6. D.C.Stuckey, P.L.McCarty, Thermochemical pre-treatment of nitrogenous materials to increase methane yield, *Biotechnol. Bioeng. Symp.*8 (1979) 219-233

Summary

The amendments to the Veterinary Medicine Act of 2001 stipulate that the only statutory way to manage animal waste is to treat it in thermal treatment facilities, i.e. the rendering plants. Same as the applicable Waste Act and the Rules on the Types of Waste, the Rules on the Treatment of Animal By-products non suitable for Human Consumption, which are to come into effect soon, will cover kitchen waste, as well as a part of Category 3 of animal by-products.

Biodegradable waste is a substantial burden for the communal waste dumps, where it is in most cases permanently managed or disposed of: illegal dumps are particularly dangerous.

The above mentioned new Rules, which will soon be adopted at the request of the European Commission, will harmonize the Croatian legislature with the European ones. The obligatory application of the said regulations will practically mean omitting one stage in the treatment of the said waste. At the same time, the very demanding veterinary administrative, technical and technological standards contained in the new regulations, which implicitly include a classification of various categories of waste, also deal with the problem that should have been solved much earlier: a systematic and organized collection.

The above said regulations define the treatment of animal waste by thermal-treatment methods (rendering plants), alkaline hydrolysis and biogas.

ZAKLJUČCI

CONCLUSIONS

Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo, Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, održalo je 15. studenog 2006. godine, u Zagrebu, savjetovanje pod naslovom: POLJOPRIVREDA I ŠUMARSTVO KAO PROIZVOĐAČI OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE.

Razlozi održavanja savjetovanja

U svijetu se koristi oko 80% energije iz nafte, a u Europskoj uniji još i više. Nafta je sve manje, sve teže je njezine preostale rezerve koristiti i postaje skuplja. Sredinom 2005. godine, cijena nafte prešla je granicu od 60 USD po barelu. Od tada cijena i dalje raste pa se predviđa da bi mogla dostići i nevjerojatan iznos od 100 USD, što će izazvati još veće posljedice. Uz to, korištenjem fosilnih goriva (nafta i prirodnog plina) dolazi do emisije štetnih plinova (prvenstveno: CO₂, SO₂, NO_x) koji ugrožavaju ljudsko zdravlje i okoliš. Ovi razlozi izazvali su veliku zabrinutost u svijetu. Rezultat ove opravdane zabrinutosti je donijeta i odluka u Kyotu (1997. godine) prema kojoj emisiju štetnih plinova treba smanjiti. Stoga se, u svrhu ostvarivanja čistijeg okoliša, u zadnjih dvadesetak godina u svijetu radi na traženju drugih izvora energije, koji bi ujedno i smanjili ovisnost o uvozu sirove nafte i plina. U rješavanju ovih značajnih problema, zaključeno je da biogoriva u tome mogu značajno pomoći. Za proizvodnju i korištenje biogoriva postoji više razloga, a najvažniji su smanjenje emisija stakleničkih plinova, dobivaju se iz obnovljivih izvora, mogućnost raznovolikih izvora sirovina i dugoročne zamjene fosilnih goriva, mogućnost ostvarivanja raznovolikih prihoda i zapošljavanja, ostvarivanje samodostatnosti te uvozne razmjene. Upravo su, dakle, ekološki, socijalni i gospodarski razlozi temeljni zbog kojih se sada radi na unapređenju postojećih i razvoju novih tehnologija proizvodnje i sve veće upotrebe biogoriva. Temeljem toga, u nekoliko zadnjih godina, osim Europske unije i veći broj zemalja u svijetu (posebno Brazil i Sjedinjene Američke Države) proizvode biogoriva iz obnov-

ljivih izvora (biomase) i koriste ga u različitim oblicima. Značajno je, što su glavni opskrbljivači sirovina za proizvodnju biogoriva poljoprivreda i šumarstvo. Kako u Hrvatskoj postoje veći potencijali za proizvodnju biomase i biogoriva pristupili smo održavanju znanstveno–stručnog skupa. Glavna svrha savjetovanja je utvrđivanje stvarnih mogućnosti te poticanje proizvodnje i korištenja biogoriva iz biomase u nas. Temeljem prezentiranih radova i rasprave na skupu, potrebno je istaknuti sljedeće zaključke:

1. Biomasa je pojam za različite proizvode biljnog i životinjskog podrijetla. Ona je, dakle, obnovljivi izvor energije koji uključuje: proizvode poljoprivrednih kultura (uljane repice, suncokreta, soje, šećerne repe, pšenice, kukuruza), ostatke i otpad iz poljoprivrede (slama, kukuruzovina, stabljike suncokreta, uljane repice, soje, ostatke pri rezidbi voćarskih kultura i vinove loze, te ostatke i otpad iz proizvodnje i prerade povrća, voća i grožđa) otpad iz stočarstva i stajski gnoj, ogrjevno drvo, drvo tanjih dimenzija, ostatke i otpad iz šumarstva (granje, kora, lišće), ostatke i otpad iz drvne industrije (piljevina, kora). Ovome treba dodati da se značajne količine biomase mogu dobiti iz namjenskih šumskih kultura i šumskih plantaža, od vjetroatriza, ledoloma, suhih stabala, s opožarenih površina, pri izgradnji šumskih cesta, održavanju kanala, ostataka i otpada prilikom sječe i oblikovanja drvnih sortimenata i dr. Isto tako, kao biomasa se može koristiti i određeni komunalni i industrijski otpad.
2. Danas je Europska unija svjesna vrijednosti biomase pa pokreće brojne programe, dodjeljuje financijske poticaje i donosi odgovarajuće direktive u svrhu razvoja proizvodnje biomase i njezinog korištenja u svrhu obnovljive energije. Pojedine članice EU u dobroj mjeri već koriste nastale pogodnosti. Ističe se primjer Finske koja četvrtinu svojih potreba za energijom pokriva iz biomase. Danska intenzivno razvija program elektran korištenjem ostataka u poljoprivredi (slama) i bioplin. U Austriji, biomasa ima značajnu ulogu u proizvodnji električne energije. U Slovačkoj je korištenjem biomase (šumskog otpada), umjesto ugljena, za potrebe toplinske energije (za grijanje) ostvareno smanjenje emisije ugljičnog dioksida od više od 3000 tona godišnje. Uz to je ostvarena i značajna ekonomska korist, jer je cijena šumskog otpada pet puta manja od cijene ugljena. Poznato je korištenje biomase za proizvodnju toplinske i električne energije u kogeneracijskim postrojenjima u Švedskoj. Ovaj oblik proizvodnje i korištenja obnovljive energije ima punu podršku u javnosti pa je i kompanija Shell pokrenula inicijativu i pokriva troškove podizanja tisuće hektara nasada eukaliptusa u svrhu stvaranja biomase za obnovljivu energiju. Prihvaćeni program EU za proizvodnju

obnovljive energije pokazuje da će ukupna proizvodnja biomase u 2010. godini iznositi 186-189 milijuna tona, u 2020. godini 215-239 milijuna tona, a u 2030. godini planira se ukupna proizvodnja biomase od 243-316 milijuna tona. Dakle, u odnosu na 2003. godinu, kada je proizvodnja biomase u EU iznosila 69 milijuna tona, nakon 27 godina ona će iznositi 4,5 puta više. Hrvatska ima velike potencijale za proizvodnju biomase za korištenje obnovljive energije. Godišnja proizvodnja ogrjevnog drva u nas danas iznosi preko milijun m³, a prilikom izvođenja redovitih radova njege i obnove šuma te korištenjem drva tanjih dimenzija i kore, iz šuma Hrvatske se može svake godine dobiti oko 4 milijuna kubika energetskog drva što prije svega ovisi o intenzitetu gospodarenja šumama. Isto tako znatne količine energetskog drva mogu se dobiti u drvnoj industriji korištenjem piljevine i drugog drvnog otpada. U poljoprivredi, godišnja proizvodnja biomase je oko 1,2 milijuna tona (ratarska i voćarsko-vinogradarska proizvodnja). Ove značajne količine biomase imat će veliku vrijednost u proizvodnji obnovljive energije, jer će dobrim dijelom umanjiti sadašnji uvoz energije koji iznosi preko 50% u obliku fosilnih energenata (nafta, mazut, prirodni plin). Time se u nas neće potpuno riješiti energetski problem, ali radovi na ovom savjetovanju ukazuju da poljoprivreda i šumarstvo mogu imati značajnu ulogu u osiguravanju bioenergije u budućnosti.

3. Bioenergija iz biomase može se dobiti na nekoliko načina:

- izgaranjem biomase, čime se dobiva pregrijana vodena para koja se može koristiti za grijanje u kućanstvima i u industriji, ili za dobivanje električne energije u termoelektranama;
- anaerobnom fermentacijom biomase, kojom se dobiva bioplina, koji se može upotrijebiti u različite svrhe, ali i kao biogorivo za pogon vozila;
- fermentacijom biomase u alkohol, kojom se dobiva bioetanol, koji se koristi u mješavini s benzinom za pogon vozila;
- kemijskom konverzijom (esterifikacija) uljarica (najviše uljane repice), dobiva se biodizel, odnosno biogorivo za pokretanje vozila s dizelskim motorom, s tim da se može koristiti kao mješavina s mineralnim dizelom ili u čistom obliku.
- iz sirovog ulja iz uljarica bez kemijske konverzije.

4. Uzima se da je najpogodniji način korištenja biomase (pogotovo kruti dijelovi u šumarstvu i poljoprivredi) u kogeneracijskim postrojenjima gdje se istodobno proizvodi toplinska i električna energija. Ova postrojenja danas postoje u raznim zemljama. Navodimo primjer novog kogeneracijskog postrojenja u

Beču, gdje se iz biomase proizvodi toplina za 12.000 obitelji i električne energije za 45.000 kućanstava. Do nedavno se u Hrvatskoj biomasa (ogrjevno drvo) uglavnom koristila za dobivanje toplinske energije i to u otvorenim, malim pećima, većinom na tradicionalni energetske neučinkovit način. Međutim, prije desetak godina počinje se s toplinama na biomasu (prva je podignuta 1995. godine u Ogulinu, snage 1 MW). U budućnosti usmjerena je proizvodnja toplinske energije iz biomase u Hrvatskoj, na principu uvođenja naprednih tehnologija kao što su centralizirani toplinski sustavi (područno grijanje) i male automatizirane učinkovite peći, koristeći uglavnom šumsku drvenu masu, pelete ili iverje. Pelete i briketi nastaju sabijanjem usitnjene biomase (uglavnom drvene) u rasutom stanju (peleti dužine maksimalno 25 mm i promjera 5-6 mm, a briketi u obliku cilindra ili pravokutnika 5-12 cm promjera). U nas je već počela proizvodnja briketa i peleta. Preporučamo daljnje širenje ovog oblika biogoriva jer ima veću ogrjevnju vrijednost i prikladno je za transport.

5. Tekuća biogoriva (biodizel i bioetanol) danas predstavljaju najvredniji oblik obnovljivih izvora energije za promet. Ona se sve više proizvode i koriste u cijelom svijetu. Temeljni razlog za to je spoznaja o kritičnom stanju onečišćenosti zraka i nastalim klimatskim promjenama zbog upotrebe i golemih količina mineralnih goriva u prometu. Stoga će EU, i gotovo sve zemlje u svijetu, razvijati proizvodnju i širiti korištenje tekućih biogoriva u budućnosti. Tome će značajno doprinijeti i usvojena Direktiva 2003/30/EC o korištenju biogoriva u transportu. Po toj Direktivi obvezuju se članice EU da u transportu koriste, od ukupne potrošnje goriva, 2,0% do kraja 2005. godine, 3,5 % do 2007., do 2008. godine 4,25 % do 2010. godine 5,75, a 20,0 % do 2020. i 25,0 % do 2030. godine. Ove obveze prihvatile su sve članice EU, ali ih moraju prihvatiti i buduće članice pa i Hrvatska, jer je kandidat za članstvo u Uniji. Dosad je EU proizvodila i koristila uglavnom biodizel, najviše iz uljane repice, dok u Brazilu i SAD prevladava proizvodnja bioetanola (najviše od šećerne trske), kojega neke zemlje EU uvoze. U 2005. godini ukupna proizvodnja biodizela u EU iznosila je 4,2 milijuna tona, a u 2006. godini preko 6 milijuna tona. Posebno raste njegova proizvodnja i potrošnja u Njemačkoj. Osim Njemačke, značajni proizvođači i korisnici biodizela su Francuska, Italija, Austrija, Belgija, Češka, Slovačka, a izvan Europe: Brazil, SAD, Indonezija, Malezija i Indija. Dakle, postoji trend povećanja proizvodnje biodizela u EU i u ostvarivanju obveza po usvojenj Direktivi zaostaju samo pojedine članice. Najveći proizvođač i korisnik bioetanola u svijetu je Brazil, koji je prije nekoliko godina proizvodio oko 9,5 milijuna tona, nakon čega slijedi SAD s proizvod-

njom 4,8 milijuna tona godišnje. U europskim zemljama bioetanol se proizvodi relativno u manjim količinama iz pšenice i šećerne repe: Njemačka, Francuska, Španjolska, Poljska, Švedska i Švicarska. U budućem korištenju (2010. god.) tekućih biogoriva u Europi podjednaku ulogu će imati i biodizel i bioetanol pa se planira koristiti 10 milijuna hektara za proizvodnju sirovina za biodizel i 10 milijuna hektara za bioetanol.

U Hrvatskoj je neophodno početi jače stimulirati proizvodnju tekućih biogoriva, jer nas čekaju navedene obveze pri ulasku u EU. Treba istaći da Hrvatska ima dobre uvjete za proizvodnju biogoriva, posebno biodizela. Imamo povoljnu klimu, dobra tla i razvijenu tradiciju u proizvodnji.

6. Anaerobnom razgradnjom organskog otpada stvara se bioplins (50%-75% metana) koji onečišćuje atmosferu i predstavlja ekološki problem. Procjene pokazuju da se svake godine u svijetu oslobodi, uslijed mikrobiološke aktivnosti, 590-880 milijuna tona metana. Čak oko 90% metana potječe od biogenih izvora. Stoga razgradnja organskih tvari (stajski gnoj, otpad kuhinja i prehrambene industrije te razni talozi) u odgovarajućim fermentorima mogu nam poslužiti kao izvor toplinske i električne energije, a time i smanjivanje stakleničkih plinova. Ako se dobiveni bioplin iz fermentora pročisti u metan i uskladišti u plinskoj mreži, može se koristiti kao biogorivo za vozila. S količinom metana dobivenog od jednog hektara obnovljivih sirovina (biomase) može jedan automobil voziti 70.000 km. U Švedskoj i Švicarskoj metan se već koristi kao gorivo za autobuse, teretna vozila pa i u željezničkom prometu. Uzimajući potencijalne mogućnosti u Hrvatskoj, moguće je imati 321 pogon za proizvodnju bioplina, a ukupna potencijalna količina bioplina u nas ($5,6 \times 10^8$ m³/godišnje) mogla bi osigurati 15,8% od električne energije koju danas proizvodimo.

7. Europska unija je u svojim strateškim dokumentima i programskom tehnološkom razvoju razradila proizvodnju biogoriva prve generacije i biogoriva druge generacije.

Biogoriva prve generacije su bioetanol, biodizel i bioplin. Njihove tehnologije su poznate i sada EU poduzima unapređenje tehnoloških procesa pri njihovoj proizvodnji.

Međutim, u prošloj godini EU počinje i s razvojem proizvodnje biogoriva druge generacije. Naime, zbog ograničene količine šećernih i škrobnih sirovina, daljnji razvoj proizvodnje biogoriva planira se činiti iz lignoceluloznih sirovina, odnosno poljoprivredne i šumske biomase. Danas se provodi veći broj istraživanja u vezi ove problematike u Europi, SAD i Kanadi. Želi se dobiti učinkovitiji sustav tehnologije proizvodnje biogoriva iz različitih lignoceluloznih sirovina.

Tehnologija proizvodnje BTL (Biomass-to-liquid) predstavlja postupak pri kojem se biomasa u rasplinjaču, pod velikim tlakom i visokom temperaturom (termokemijskim postupkom) prevodi u sintetski plin. On se zatim u daljnjoj obradi može prevoditi u takozvano sintetsko tekuće biogorivo. Sirovine su drvo, slama te biljke žitarica i trava. Iskoristivost je dobra jer se iz jedne tone drveća može dobiti do 300 L BTL-a. Ovako dobiveno gorivo može se koristiti kao mješavina i u čistom obliku kod današnjih motora. Danas postoje demonstracijska postrojenja za proizvodnju BTL goriva s namjerom da se ostvari njihova industrijska proizvodnja s konkurentnim cijenama. Očekuje se da će 2020. godine ovo gorivo iznositi 4% u ukupnoj potrošnji, s tim da bi trebala njegova proizvodnja i konkurentnost i nakon toga rasti.

GTL (Gas-to-liquid) i CTL (Coal-to-liquid) su alternativna goriva na mineralnoj osnovi. Iz zemnog plina ili ugljena stvara se sintetski plin, koji se zatim Fischer-Tropsch postupkom pretvara u tekuće gorivo. Ova goriva posjeduju, zbog sintetske proizvodnje, jako dobra goriva svojstva i manju emisiju štetnih plinova. Jedna od perspektivnih tehnologija je Fischer-Tropsch postupak kojim se iz lignoceluloznih materijala također dobiva sintetsko biodizelsko gorivo. Upravo zbog očekivane dobre i korisne perspektive, ova tehnologija se sada istražuje i razvija u Europskoj uniji. Naime, očekuje se da će razvoj tehnologija proizvodnje biogoriva druge generacije pridonijeti ostvarenju ekonomske isplativosti i konkurentnosti prema fosilnim gorivima. Dakle, nakon prve faze korištenja obnovljivih goriva, EU je krenula u drugu fazu u kojoj namjerava razviti veći broj vrsta goriva i povećanje proizvodnih količina s posebnim naglaskom na tekuća biogoriva iz šumske i poljoprivredne biomase. Napredne tehnologije proizvodnje biogoriva druge generacije također bi mogle biti prijelazni korak u dugoročnom ostvarivanju obnovljivo proizvodnog vodika koji praktično osigurava bezemisijski promet. Međutim, vodik kao gorivo zahtijeva nove tehnologije u proizvodnji motora, velika ulaganja u tvornice za proizvodnju vodika, ali i nove sustave za distribuciju ovog novog goriva. Zbog ovih velikih tehnoloških promjena i ekonomskih ulaganja, namijenjena istraživanja moraju pokazati u kojoj mjeri postoji održivost vodika. Pristup ovim istraživanjima postavljen je strateški i svi tehnološki procesi proizvodnje i tržišta biogoriva, pa i održivog novog goriva – vodika, bit će nadzirani. U skladu s tim EU ima koncepciju usklađivanja ratarske i stočarske proizvodnje, kao i proizvodnje u šumarstvu, na području cijele Europe s mogućnošću individualnog razvitka svake pojedine zemlje članice. Kako će na ove činjenice i šanse reagirati Hrvatska, ovisi prije svega o programima koje će razviti te političkim i zakonskim okvirima koje će država postaviti. Nažalost, zbog dosadašnje naše političke nezainteresiranosti i nepripremljenih potrebnih

zakona, Hrvatska nije počela niti s kratkoročnom fazom (prva generacija proizvodnje biogoriva). Nijedan gospodarski projekt koji je upućen prema domaćim bankama i fondovima nije prihvaćen s obrazloženjem da za to ne postoje zakonske mogućnosti te da takav proizvod (biogoriva, biomasa, bioplin) nije prepoznat na tržištu i da se ne može prodati.

Uz navedene zaključke i prijedloge, oko 120 znanstvenika i stručnjaka (sudionika ovog savjetovanja), na kraju su istakli da je nužno odmah pristupiti primjeni direktiva i regulativa EU, ugrađujući ih u odgovarajuće hrvatske zakone. Apeliramo na Vladu i resorna ministarstva da omoguće razvoj proizvodnje i korištenje biogoriva, kako bi se što prije prilagodili stvarnosti, iskoristili naše mogućnosti i zadovoljili svoje potrebe.

CONCLUSIONS

On 15th November 2006, the Scientific Council for Agriculture and Forestry of the Croatian Academy of Sciences and Arts held a scientific symposium in Zagreb, entitled: AGRICULTURE AND FORESTRY AS THE PRODUCERS OF THE RENEWABLE ENERGY SOURCES.

The reasons for organising this symposium:

Oil is worldwide used for gaining over 80% of energy, and in the European Union, even more. In 2005, its price crossed the limit of \$ 60 for a barrel. Since then, the price is constantly growing, so that it is assumed it might reach the incredible \$ 100, which would inevitably result in even more serious effects. Furthermore, by using fossil fuels (oil and natural gas), noxious gases are emitted (primarily CO₂, SO₂, NO_x); these gases harm the human health as well as the environment. As a result of this justified concern, in 1997 in Kyoto, the decision to reduce the emission of noxious gases was brought. In order to make our environment as clean as possible, alternative energy sources have been searched for in the last twenty years, such as would also reduce the level of dependence on the export of raw oil and gas. In searching for a solution to these major issues, it was decided that biofuels may be of great help in this connection. There are several arguments in favour of the production and utilization of biofuels, the most important ones being the following: the reduced emission of greenhouse gases; the exhaustion from the renewable energy sources; the choice among various sources of raw materials; the possibility of a long-term change from fossil fuels to a new energy source; the realisation of profits and employments as well as of self-sufficiency and export exchange. Due to the ecological and economic reasons,

the current production technologies are being improved and the new ones developed; furthermore, the utilization of biofuels is being intensified. Apart from the European Union, several other countries in the world (particularly Brazil and the USA) have recently been producing biofuels from the renewable energy sources (biomasses) and using them in various forms. It is essential to note that agriculture and forestry are the major suppliers of the raw materials used for producing biofuels. Since Croatia has a great potential for biomass and biofuel production, the idea of organising this scientific symposium presented itself. The main purpose of the symposium was to define the actual status as well as the possibilities for the production of biomass as biofuel and the promotion of its utilization in our country. As a result of the presentations given and the final discussion held at the symposium, noteworthy are the following conclusions:

1. Biomass is the term explaining various products of animal and vegetal origin. It is, hence, a renewable energy source including the following: agricultural products (oilseed rape, sunflower, soya, sugar-beet, wheat, corn), agricultural residue (straw, corn stalks, sunflower stalks, oilseed rape stalks, soya, fruit- and grape-cutting residue, residue from the production and processing of vegetables, fruit and grape), residue from cattle-raising, manure, fuel wood, smaller-diameter trees, forest debris (slash, bark, leaves), and wood industry residue (sawdust, bark). It needs adding that significant quantities of biomass may be obtained from particular forest cultures and estates, wind overturns, ice breaks, dry trees, areas affected by fire, building forest roads, canal maintaining, residue from felling of trees and forming wood sorts, etc. Similarly, communal and industrial residue may also be used as biomass.
2. Today, the European Union is well aware of the importance of biomass. Hence, it launches various programmes, offers financial support and adopts directives aimed at the biomass production development and biomass utilization in the context of renewable energy. Some of the EU Member States are already using the existing benefits. For instance, Finland covers one fourth of its total energy needs by utilizing biomass. Denmark is putting great effort into developing a programme of power plants operating by utilizing agricultural residue (straw) and biogas. In Austria, biomass plays an essential role in the electric power production. In Slovakia, the CO₂ emission was yearly reduced by 3,000 tons due to the biomass (forest debris) utilization instead of coal for heating. Moreover, a significant economic benefit was achieved thereby, since the price of forest debris is five times lower than the price of coal. Furthermore, it is well-known

that biomass is utilized in the production of thermal and electric power in co-generational plants in Sweden. This type of the production and utilization of the renewable energy sources is fully supported by the public; therefore, the Shell Company has initiated and finances the creation of a thousand of acres of eucalyptus, to the purpose of creating biomass for the renewable energy. The adopted EU programme for the production of the renewable energy shows that the total biomass production in 2010 will amount to 186-189 million tons, in 2020 to 215-239 million tons, while for 2030, the total production of 243-316 million tons is planned. In comparison to the year 2003, when the biomass production in the EU equalled 69 million tons, 27 years later, it will amount to 4.5 times more.

Croatia has great potential for biomass production aimed at using the renewable energy. The yearly production of fuel wood in Croatia amounts to over 1 million m³, whilst approximately 4 million m³ of energy wood may be obtained each year from the Croatian forests through regular forest tending and regeneration activities as well as by utilizing smaller-diameter trees and bark; the amount obtained depends primarily upon the forest management intensity. Moreover, major quantities of energy wood may – in the wood industry – be obtained from utilizing sawdust and other kinds of forest debris. In agriculture, the yearly biomass production equals 1.2 million tons (crop, fruit-growing and viticultural production). Such significant quantities of biomass will carry great value in connection with the production of the renewable energy, because they will considerably reduce the current energy import rate, which amounts to over 50% in the form of fossil energy sources (oil, masut, natural gas). Our energy-related problem will thereby not be solved entirely; still, the articles and papers presented at this symposium imply the possible future importance of agriculture and forestry in securing bio-energy for the future.

3. Bio-energy may be exhausted from biomass in the following manners:
 - by biomass burning; thereby, over-heated steam is obtained, which may further be used either for household and industry heating or for exhausting electrical power at thermal power plants;
 - by anaerobic fermentation of biomass; thereby, biogas is obtained, which may be used for various purposes, even as biofuel for vehicles;
 - by fermentation of biomass into alcohol; thereby, bioethanol is obtained, which – mixed with petrol – may be used as fuel for vehicles;
 - by chemical conversion (esterification) of oil crops (mostly oilseed rape); thereby, biodiesel is obtained, i.e. biofuel for diesel vehicles, which may be

used either in a mixture with mineral diesel or pure; from raw oil from oil crops, without chemical conversion.

4. The most adequate form of biomass utilization (particularly solid parts in agriculture and forestry) is considered the one in co-generational plants, where both the thermal and the electric power are produced simultaneously. Today, many countries have this kind of plants. Noteworthy is the new co-generational plant in Vienna, where biomass is the basis for the production of thermal power for 12,000 households and of electric power for 45,000 households. Until recently, in Croatia, biomass (fuel wood) was mostly utilized for obtaining thermal power in small open furnaces, using the traditional manner, energetically non-efficient. Approximately a decade ago, however, biomass-fuelled thermal plants were introduced (the first in Ogulin in 1995; capacity 1 MW). In the future, thermal power production from biomass in Croatia will be based upon introducing modern technologies, such as centralised thermal systems (area heating) and small efficient automatic furnaces, and using mostly forest wood, pellets and splinters. Pellets and briquettes are developed from compressed hashed up biomass (mostly forest biomass) in bulk; pellets may have the maximum length of 25 mm and diameter of 5-6 mm, whilst the form of briquettes is either cylinder or rectangle, and their diameter 5-12 cm). The production of pellets and briquettes has already been introduced in Croatia. Further development in the use of this type of biofuel is mostly recommended, since it carries a high fuel value and is easily transportable.
5. Today, liquid biofuels (biodiesel and bioethanol) represent the most important types of the renewable energy sources in traffic. They are increasingly produced and utilised worldwide. The basic reason for it is the awareness of the critical level of air contamination and of the climatic changes caused by the use of extremely high quantities of mineral fuels in traffic. Therefore, the EU and almost any other country worldwide will engage in developing the production and spreading the utilization of liquid biofuels in the future. In this context, the Directive 2003/30/EC on the use of biofuels in transport will also contribute significantly. Pursuant to this Directive, the EU Member States are obliged to use the following percentages of biofuels in transport: by the end of 2005, 2.0%; by 2007, 3.5%; by 2008, 4.25%; by 2010, 5.75%; by 2020, 20.0%; and by 2030, 25.0%. This obligation applies to all the EU Member States, but also to future members, including Croatia as an EU candidate state. So far, the EU had been producing and utilizing mostly biodiesel developed from oilseed rape, while in Brazil and the USA, the production of bioethanol

(mostly from sugar cane) predominates. This bioethanol is then imported into certain parts of the EU. In 2005, the total biodiesel production in the EU amounted to 4.2 million tons, while in 2006, this figure raised to over 6 million tons. Its production and utilization are particularly increasing in Germany. Apart from Germany, important producers and users of biodiesel are the following countries: France, Italy, Austria, Belgium, the Czech Republic and Slovakia in the EU, and outside the EU: Brazil, the USA, Indonesia, Malaysia and India. The trend of the increasing biodiesel production in the EU is present; only a few Member States are behind schedule in fulfilling their obligations arising from the above mentioned Directive. The ultimate producer and user of bioethanol in the world is Brazil. A couple of years ago, there were produced 9.5 million tons; the following are the USA, where 4.8 million tons are produced yearly. Bioethanol is relatively modestly produced from wheat and sugar beet in the following European countries: Germany, France, Spain, Poland, Sweden and Switzerland. In the future utilization of liquid biofuels in Europe (in 2010), biodiesel and bioethanol will play approximately the same role; therefore, the plan is to use 10 million acres for the production of raw material for biodiesel, and an equal area for bioethanol. In Croatia, the production of liquid biofuels should be more intensively stimulated, since the above mentioned obligations apply to our country as well, Croatia being an EU candidate state. It needs pointing out that Croatia disposes of good conditions for the production of biofuels, especially biodiesel. Its climate is mild, its soil of high quality, and its tradition in production well-developed.

6. By the anaerobic decomposition of the organic residue, biogas is produced (50 – 75% of methane); this product is an air contaminant and represents an ecological problem. According to the assessments, 590-880 millions of tons of methane are released each year in the world due to the microbiological activity. As much as approximately 90% of methane derives from biogenic sources. Hence, the appropriately decomposed organic substances (manure, kitchen and food industry residue, sediments) may be used as a source of thermal and electric power as well as it may serve to reduce the greenhouse gases. If the fermented biogas is refined into methane and stored in the gas network, it may be used as biofuel for vehicles. On the quantity of methane obtained from 1 acre of the renewable material (biomass), a car may drive for 70,000 km. In Sweden and in Switzerland, methane has already been introduced as fuel for buses, freight vehicles and trains. Considering the possibilities offered in Croatia, there is space for 321 biogas production plants, whilst the

total potential quantity of biogas in our country ($5.6 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{year}$) might secure 15.8% of the total electric power produced today.

7. In the EU, the production of first-generation and second-generation biofuels was developed in the strategic documents and within the planned technological development. The first-generation biofuels are bioethanol, biodiesel and biogas. Their production technologies are already known, and the EU is undertaking the steps needed for the improvement thereof. However, last year, the EU started developing the production of the second-generation biofuels. Due to the limited quantities of available sugar and starch, the further development of biofuel production is planned to be based on lignocellulose raw materials, i.e. on the agricultural and forest biomass. Today, many researches related to this issue are carried out in Europe, the USA and Canada. The aim is to develop as efficient as possible a system of biofuel production technology from various lignocellulose raw materials. The BTL (Biomass-to-liquid) production technology is a process, during which biomass is transformed into synthetic gas in a carburettor, under very high pressure and temperature (by thermo-chemical process). Subsequently, it may be further transformed into synthetic liquid biofuel. The raw materials used are as follows: wood, straw, cereal crops and grass. The usability is rather high, because from one ton of wood, up to 300 L of the BTL may be obtained. Fuel obtained in this manner may be used for engines either in a mixture or pure. There are demonstration plants for the BTL production, intended for realising the industrial production of this type of fuel, at competitive prices. It is envisaged that in 2020, this type of fuel will carry 4% of the total consumption, and the production and the competitiveness thereof will continue to increase. On the other hand, alternative fuels on mineral basis are the GTL (Gas-to-liquid) and the CTL (Coal-to-liquid). The synthetic gas is first obtained from either natural gas or coal, and then transformed into liquid fuel by using the Fischer-Tropsch process. Due to their synthetic production type, these types of fuel have very good working features as well as they emit a relatively low level of noxious gases. One of the technologies with good prospects is the Fischer-Tropsch process, through which synthetic biodiesel fuel is obtained from lignocellulose raw materials. Thanks to these good prospects, the said technology is currently being researched and developed in the European Union. It is expected for the development of the second-generation biofuel production technologies to contribute to the realisation of economic cost-effectiveness and competitiveness in

relation to fossil fuels. Hence, after having concluded the first phase in utilizing the renewable fuels, the EU entered the second phase, in which it intends to develop a greater number of fuel types and achieve an increase in their production quantities, particularly as concerns the liquid biofuels obtained from the forest and agricultural biomass. The advanced second-generation biofuel production technologies might furthermore represent a transition toward the long-term realisation of the renewable hydrogen, which would practically secure traffic with no emission at all. However, hydrogen as fuel demands the development of new technologies in the engine production, major investments into factories for the production of hydrogen, even new systems of the distribution of this new type of fuel. Therefore, research still has to show the level of the sustainability of hydrogen because of the needed major technological improvements and economic investments. The said researches are based upon particular strategies, and all the technological production and marketing processes in relation to developing both biofuels and the new sustainable fuel – hydrogen, will be supervised accordingly. In accordance with this, the EU has created the European concept of harmonising the production related to crop- and cattle-raising as well as to forestry, offering the possibility of individual development to any Member State individually. Croatia's reaction to these facts and prospects depends primarily upon the programmes it will develop and the political and legal boundaries the state will set. Unfortunately, due to the fact that so far, there was no political interest expressed, and no legal regulations were prepared, Croatia has yet not even entered the short-term phase (the first-generation biofuel production). Not one of the economic projects that had been sent to national banks and funds was accepted; the argument was that there were no legal options open for those projects and such products (biofuels, biomass, biogas) are neither known nor sellable on the market. Apart from presenting the mentioned conclusions and proposals, approximately 120 scientists and experts, who participated in this symposium, pointed out at the end that it was high time the EU directives and regulations were implemented by building them into relevant Croatian laws and acts. We make an urgent plea to the Croatian Government and the competent ministries to enable and facilitate the development of biofuel production and utilization, in order for our country to – as soon as possible – adjust itself to the reality, use its capacities and fulfil its needs.

SADRŽAJ - CONTENTS

Proslov	5
Foreword	7
TAJANA KRIČKA, FRANJO TOMIĆ, NEVEN VOĆA, ŽELJKO JUKIĆ, VANJA JANUŠIĆ, ANA MATIN	
Proizvodnja obnovljivih izvora energije u EU	9
The production of the renewable energy sources in the EU.....	16
SLAVKO MATIĆ	
Zahvati njege i obnove kao načini pridobivanja drva za energiju i povećanja kvalitete šuma u Hrvatskoj	17
Tending and regeneration treatments as the methods of obtaining energy wood and increasing the quality of forests in Croatia	41
FRANJO TOMIĆ, TAJANA KRIČKA	
Strategija proizvodnje i korištenja biogoriva u Europskoj uniji	43
The strategy for the production and use of biofuels in the European Union	51
JOSIP DUNDOVIĆ, TAJANA KRIČKA	
Energetska uporaba šumske i poljoprivredne biomase u Republici Hrvatskoj	53
The use of forest and agricultural biomass in the Republic of Croatia	60
IGOR ANIĆ, MILAN ŠTIMAC, SLAVKO MATIĆ, MILAN ORŠANIĆ	
Šume panjače ličkog područja kao izvor biomase za energiju.....	63
Coppice forests in Lika as a source of biomass energy.....	74
ANTE P. B. KRPAJ, ŽELJKO ZEČIĆ, IGOR STANKIĆ	
Biomasa nekih domaćih vrsta šumskog drveća.....	75
Biomass of some domestic forest tree species	86
DARKO KIŠ, VLADO GUBERAC, TOMISLAV JURIĆ, MARKO AREŽINA	
Biomasa iz uljane repice – obnovljivi izvor energije	89
Biomass from rape seed as a renewable energy source.....	96
DAVORIN KAJBA, SAŠA BOGDAN, IDA KATIČIĆ	
Produkcija biomase vrba u pokusnim kulturama kratkih ophodnji u Hrvatskoj	99
Willow biomass production in a short rotation clonal tests in Croatia	105
JOSIP DUNDOVIĆ	
Centralizirani toplinski sustav UŠP Gospić	107
The centralized thermal system of Gospić	116

DRAGO KRALJEVIĆ, DUBRAVKO FILIPOVIĆ

Usporedba tehničkih karakteristika motora pri uporabi dizelskog i biodizelskog goriva.....	119
The comparison of the technical performances of engines powered by diesel and biodiesel fuel	125

GORAN TOMAC

Centralizirani toplinski sustav Delnice	127
The cetralized thermal system of Delnice	133

NEVEN VOĆA, TAJANA KRIČKA, ŽELJKO JUKIĆ, VANJA JANUŠIĆ,
ANA MATIN

Proizvodnja biodizelskoga goriva u sustavima održive poljoprivrede.....	135
The production of biodiesel fuel in the systems of sustainable agriculture	144

BOJAN ŠPOLJAR

Centralizirani toplinski sustav Đurđevac	145
The cetralized thermal system of Đurđevac	148

ŽELJKO JUKIĆ, BORIS VARGA, NEVEN VOĆA, VANJA JANUŠIĆ,
ANA MATIN

Proizvodnja etanola i bioetanola iz kukuruza	151
Ethanol and bioethanol production from corn.....	160

DARKO GRBEŠA

Vrijednost suhog kukuruznog tropa s otopinom u hranidbi životinja	161
The nutritive value of distiller's dried grains with solubles.....	170

NIKOLA ČUPIN

Toplifikacija Hrvatske na šumsku biomasu.....	171
The forest-biomass heating in Croatia	179

DAVOR KRALIK

Potencijali Republike Hrvatske u proizvodnji bioplina	181
The potentials for biogas production in the Republic of Croatia	189

SANJA KALAMBURA

Mogućnosti sanacije otpada životinjskog podrijetla	191
The possibilities for animal waste sanitation	196

ZAKLJUČCI.....	197
CONCLUSIONS.....	203
Sadržaj	
Contents	211

Održavanje znanstvenog skupa **“Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije”** i tiskanje Zbornika radova potpomogli su:

- Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva
- Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa
- Gradski ured za poljoprivredu i šumarstvo
- Agrokor d.d. Zagreb

Nakladnik
Published by

HRVATSKA AKADEMIJA ZNANOSTI I UMJETNOSTI

Za nakladnika
For the publisher

Akademik Slavko Cvetnić, glavni tajnik

Tehnički urednik
Technical editor
Ranko Muhek

Lektor hrvatskoga teksta
Croatian language reviser
Suzana Jukić

Prijevod na engleski/lektura engleskog teksta
Translation into English/English language reviser
Gorka Radočaj

Korektor
Proof-reader
Nena Bogdanić

Naklada
Copies
600 primjeraka

Tisak
Printed by
Intergrafika d.d.

ISBN 978-953-154-777-2



120,00 kuna