

## ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ, СУШЕЊЕ И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ

Р. Топић<sup>1</sup>, А. Петровић<sup>1</sup>, М. Божовић<sup>2</sup>, Н. Ћупрић<sup>3</sup>

**Резиме:** Одрживи развој, енергетска ефикасност, коришћење обновљивих извора енергије и заштита околине су најактуелнија питања на почетку новог века. Прва енергетска криза 1973. године, показала је да су конвенционални извори енергије ограничени. Сазнањем да је енергетика већим делом узрок штетних емисија SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и CO<sub>2</sub> у свету почињу истраживања технологија и производње система за коришћење обновљивих извора енергије, који представљају еколошки чисте изворе енергије, без штетних емисија и штетних утицаја. Најважнија улога обновљивих извора енергије је у смањењу ефекта стаклене баште, у повећању енергетске сигурности и отварању нових радних места у малим и средњим предузећима. У раду је дат кратак преглед алтернативних извора енергије са аспекта одрживог развоја, енергетске ефикасности и заштите околине и улога технологије процеса сушења у одрживом развоју кроз: смањење "потрошње" енергије, сушење изворног биогорива, соларно сушење, сушење ради смањења "губитака" ресурса, сушење ради заштите животне средине итд..

**Кључне речи:** обновљиви извори енергије, сушење, одрживи развој.

### Увод

Као први корак према заједничкој стратегији коришћења обновљивих извора енергије у Европској унији, Европска комисија 1996. године је прихватила документ под називом Зелена књига. Европски парламент је у својој резолуцији о документу истакао важну улогу обновљивих извора у смањењу ефекта стаклене баште, у повећању енергетске сигурности и отварању нових радних места у малим и средњим предузећима. Додатни

<sup>1</sup> Проф. др Радивоје М. Топић, проф. др Александар Љ. Петровић, Машински факултет, Универзитета у Београду, RTopic@mas.bg.ac.yu

<sup>2</sup> Проф. др Милан Р. Божовић, Природно математички факултет Косовска Митровица

<sup>3</sup> Доц. др Ненад Ћупрић, Шумарски факултет Универзитета у Београду

подстицај повећању енергетске сигурности је дат после «украјинског шока» који је протекле зиме показао колико је ЕУ зависна од руског гаса.

Потписивање протокола из Кјотоа из 1997 од стране 160 потписница, приморало је владе и међувладине организације да издвоје средства за студије и пројекте о одрживом развоју. Законодавство прати овај тренд – директива Европске уније 2001/77ЕЦ најављује да до краја 2010. године, 12 % целокупне енергије и 20 % електричне енергије које троше чланице Европске уније мора да потиче из обновљивих извора. Ако посматрамо развој немачких постројења за производњу биогаза, у раздобљу од 1999. до 2004. године њихов број је удвостручен. Немачко Удружење за биогаз предвиђа да ће у Немачкој до краја 2005. године приближно 4 500 погона за биогаз имати инсталисану снагу од око 9,50 MW. Прошле године је у сектору обновљивих енергената било око 120 хиљада запослених и прогнозира се да ће до 2020. године бити отворено још 400 хиљада нових радних места. Тренутно се у Немачкој користи тек 5 % могућности за производњу електричне енергије у постројењима на биогаз. Европска унија додељује средства за директно истраживање у овој области, као и за истраживање у вези са сушењем које је повезано са енергијом. Овај новац се свакако може даље употребити за истраживање процеса сушења које би као резултат дало технологије које доприносе одрживом развоју.

### **Одрживи развој**

Екологији је очигледно суђено да постане најпопуларнија наука у новом веку. Последњих година се може приметити нова еколошка етика, која треба да се темељи на активном односу човека који своју околину гради и обнавља. Светска комисија Уједињених нација за животну средину и развој, одрживи развој дефинише на следећи начин: "Задовољавање потреба садашње генерације тако да се не угрози могућност будућих генерација да задовоље своје потребе".

Значајну улогу у изградњи новог приступа животној средини и процесу супституције фосилних горива обновљивим изворима енергије има и процес сушења.

### **Поља утицаја процеса сушења на одрживи развој**

#### ***Смањење потрошње енергије***

Човечанство је 1990. године потрошило 309 EJ, од чега је 136 EJ потрошила индустрија. Скоро сва ова енергија се добијала сагоревањем фосилних горива, што за последицу има повећање концентрације CO<sub>2</sub> у

атмосфери, која ствара ефекат стаклене баште. Концентрација CO<sub>2</sub> се удвостручила од почетка индустријског доба. Та концентрација ће бити три пута већа уколико се не предузму превентивне мере. Процењује се да се од укупне енергије коју користи индустријски сектор, 12% троши на процесе сушења. Смањење овог удела доприноси и смањењу емисије CO<sub>2</sub>, што је могуће унапређењем старих постојећих технологија сушења и освајањем и увођењем нових.

Процеси механичког издвајања влаге, вихорног сушења, импулсног сушења, коришћења топлотних пумпи и сушења прегрејаном паром као агенсом сушења, могу знатно допринети смањену потрошње енергије потребне за процес сушења.

Коришћење прегрејане паре у својству агенса сушења представља инструмент опште намене за смањење потрошње енергије. Рекомпресија паре у процесу сушења омогућава смањење потрошње енергије уређаја по 1 кг испареле влаге испод магичне вредности од око 2500 kJ, док при осталим начинима сушења та вредност може да буде знатно већа.

Једна од могућности је и коришћење високотемпературских процеса сушења и уклапање процеса сушења у шире технолошке процесе. Код постојећих решења за сушење уочавају се технолошке и конструктивне могућности које би довеле до смањења вредности специфичне потрошње топлоте.

Од великог значаја би била и већа примена Првог принципа издвајања влаге (механичко, сорпционо, осмотско, електроосмотско, итд.).

### ***Сушење биомасе, добијање биогорива***

Једно од најважнијих обележја двадесетог века је апсолутна доминација нафте, односно њених деривата као извора енергије. Најразвијеније земље, које су уједно и највећи потрошачи, одавно су почеле да раде на могућностима за смањење њене потрошње, односно коначне супституције другим енергентима. До сада су се формирала два пута ка овом циљу. Први води кроз побољшање економичности уређаја за коришћење нафте и смањење коришћења нафте за задовољавање потреба за топлотном енергијом. Други пут води кроз афирмисање коришћења алтернативних и по могућности обновљивих извора енергије. И један и други приступ захтевају обимна и скупа истраживања, као и велика улагања у производне технологије и експлоатациону структуру.

Обновљиви извори су: енергија водотокова и мора (плима и осека, таласи), енергија ветра, сунчева енергија и биомаса. На данашњем степену

развоја најприсутније су и најразвијеније су технологије за енергетску корисну валоризацију биомасе.

Под биомасом се подразумевају они енергенти који се добијају кроз биолошке процесе у релативно кратким временским интервалима. Од угљен – диоксида и воде под дејством Сунчеве енергије у процесу фотосинтезе настаје главни део биомасе. Вредност површинског термичког флукса од  $150 \text{ W/m}^2$ , који апсорбује површина Земље, даје отприлике 30 пута више енергије од количине која је потребна целокупном становништву. Део ове енергије (приближно 0,1 %) искористе биљке формирајући основу биомасе од које се део може да користи као биогориво. У процесу сагоревања биогорива испушта се само рециклирани  $\text{CO}_2$  чијим се испуштањем не повећава његова укупна концентрација, те стога не доприноси ефекту стаклене баште. Насупрот томе сагоревањем фосилних горива ослобађа се  $\text{CO}_2$ , који је милионима година у њима акумулиран.

Биогорива су тресет, кора дрвета, остаци резидбе у воћњацима и виноградима, споредни производи ратарства (слама, окласак, кукурузовина, љуске сунцокрета итд.) иситњена шећерна трска из које је екстрахован шећер, љуске и коре воћа итд. Ради се о веома значајном извору енергије ако се имају у виду количине споредних производа различитих култура. Неке од њих не могу сагоревати без предходне припреме која подразумева и процес сушења. И када је могуће њихово директно сагоревање, ипак је искоришћење енергије ефикасније када се претходно осуше у посебним сушарама. Осушена горива се могу гасификовати, или се након брикетирања или пелетирања продавати као финални производ. Овде леже велике могућности примене процеса сушења, јер се капацитети сушаре мере у десетинама хиљада  $\text{kg}$  испареле воде по часу.

У Србији постоји значајан енергетски потенцијал обновљивих извора енергије у износу од више од три милиона тона еквивалентне нафте годишње. Око 80 одсто овог потенцијала чини биомаса. Тржиште дрвне биомасе у Србији није развијено без обзира што је биомаса потенцијално најзначајнији обновљиви извор енергије. У ЕУ, енергија добијена из дрвне био-масе, учествовала је са 51 % у укупној енергији добијеној из обновљивих ресурса у 2003. години. Код нас, осим у ретким случајевима, предузећа за прераду дрвета не користе сопствени дрвни отпад за производњу топлотне енергије, већ се он спаљује или баца у реке и тако загађује околина. Чињеница је да великом броју предузећа недостају средства за озбиљне реконструкције или набавку нових система за производњу енергије из дрвног отпада који производе. То је значајни ограничавајући фактор без обзира што је дрво као биомаса веома исплатив енергент.

Ратификацијом Кјото протокола наша земља ће бити у обавези да смањи количину  $\text{CO}_2$  који се емитује пре свега сагоревањем фосилних горива.

Једна од важних новина у Закону о енергетици, усвојеног половином 2005. године, је увођење категорије *повлашћених произвођача* који у производњи електричне енергије користе обновљиве изворе енергије. Предвиђене су подстицајне мере као што су субвенције, пореске, царинске и друге олакшице. У оквиру Стратегије развоја енергетике републике Србије до 2015. године посебно место заузима Програм селективног коришћења обновљивих извора енергије (биомаса, геотермална, сунчева и еолска енергија) чији је циљ повећање енергетске сигурности и смањење потрошње фосилних увозних енергената који тренутно задовољавају две трећине потреба Србије.

### ***Соларно сушење, уштеда енергије и квалитетнији производи***

За соларно сушење директно се користи енергија Сунца. Данас се соларно сушење на отвореном замењује посредним технологијама. Људи су изнова открили да су производи сушени на Сунцу квалитетнији од индустријски сушених производа.

Данашње технологије на бази соларне енергије обезбеђују загревање течних и гасовитих радних флуида до релативно високих температура. Процес сушења је јефтинији и обезбеђује квалитетније производе.

### ***Сушење као процес који доприноси очувања ресурса***

Један од главних захтева извођења процеса сушења је да се обезбеди материјал што бољег квалитета, чиме се смањује количина отпада. Верује се да се на глобалном плану поквари отприлике 20% пожњевених усева због некоришћења адекватног процеса сушења. Квалитетан процес сушења може да спречи овакво расипање уложене енергије и ресурса коришћених за сетву и жетву. Дobar пример је и сушење дрвене грађе. Правилним извођењем процеса сушења могуће је повећати употребу дрвета као грађевинског материјала. Под условом да дрво долази са плантажа, а не из прашума, правилно сушење доприноси да у атмосфери буде мање CO<sub>2</sub>. Об-рада дрвета се може посматрати и као значајан извор биогорива ако се има у виду да од полазне сировине, сировог дрвета, се добија 48 % резане грађе, 12 % коре, 10 % пиљевине и 30 % ивера.

До сада се влага као продукт процеса сушења није посматрана као ресурс већ је одвођена у атмосферу. Ускоро ће бити неопходно да се влага рециклира, нарочито у великим постројењима за сушење. Завршавање циклуса на води као крајњем производу, могла би постати стандардна процедура у већини индустрија. Данас већ постоје постројења где целокупна индустријска вода стиже са сировином и где се не користи свежа вода за

радне операције. Добар пример су шећеране, где је извор индустријске воде у самој шећерној репи.

### ***Сушење као процес који доприноси заштити животне средине***

Јасно је да процес сушења може да има негативан утицај на животну средину. Негативне последице су: загађење атмосфере, сушење различитих материјала и лош рад система за одвајање осушеног материјала од агенса сушења, велика потрошња енергије и са тим повезана емисија CO<sub>2</sub> као последица производње енергије потребне за сушење. Са друге стране такође је јасно да процес сушења може да буде користан за животну средину. Процес сушења омогућава и олакшава коришћење биомасе као обновљивог извора енергије. Може да обезбеди претварање индустријског отпада у корисно употребљиве производе и може да смањи кварење, а у неким случајевима и побољша одређене особине пољопривредних производа. При томе се побољшава укупни енергетски биланс.

Могуће је такође предвидети процес сушења као начин претварања споредних сировина, отпада, у производе различите намене. Раније је наведено сушење, брикетирање и пелетирање дрвног отпада. Интересантно је сушење зелене биљке соје, глава и лишћа шећерне репе, комплетне кукурузне биљке, пивске комине и комине грожђа.

У производњи шећера осушена пулпа репе у вискотемпературским пнеуматско добошастим и добошастим сушарама, се користи као квалитетна сточна храна. Такође и осушено, у вискотемпературским сушарама, кречно блато се може користити као калцијумово ђубриво. Сушењем поморанцине коре након екстракције сока и есенцијалног уља може се добити биогориво или сточна храна. Све ове могућности указују да се процесом сушења спречава да велике количине различитих споредних сировина не заврше на отпаду.

### **Основни типови соларних сушара**

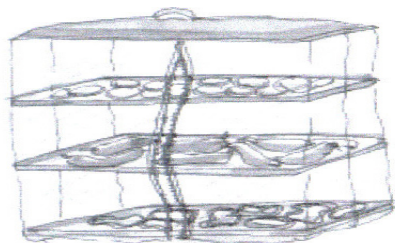
Сушаре које користе соларну енергију, могу бити: соларне радијационе (Сл.1. и Сл. 2. На принципу стаклене баште; температуре су око 60 до 70<sup>0</sup> С); соларне с коришћењем одговарајућих пријемника соларне енергије (могу бити: са допунским извором енергије, са природним или принудним струјањем агенса сушења, погоњене електричном енергијом или енергијом од ПВ модула, а и коморе за сушење могу бити различите конструкције) и соларна постројења која користе концентрисано соларно зрачење.

Соларне радијационе сушаре су једноставне конструкције (Сл.2.). Карактеришу се малим инвестиционим трошковима и високим квалитетом осушеног материјала. Могућа су и решења са принудним струјањем ваздуха које се остварује вентилаторима.

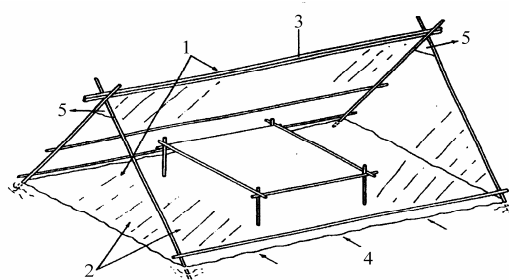
Карактеристика савремених соларних сушара је коришћење соларне енергије за припрему агенса сушења. Производ је у процесу заштићен од директног сунчевог зрачења, инсеката, росе и падавина и не прља се. Боље је очување материја које одређују хранљиву и биолошку вредност производа. Ове сушаре обезбеђују знатно краће време сушења, већу производност и нижу цену производа пошто се користи јефтин извор енергије.

Основни елементи постојећих решења соларних сушара су:

- комора за сушење са елементима различитих конструкција, за смештај различитих материјала који се суше,
- вентилатор за транспорт агенса сушења код сушара са принудним струјањем,
- пријемник соларне енергије за загревање ваздуха неопходног за сушење, постављен на сушару,
- систем за рецикулацију агенса сушења код специјалних конструкција сушара.



Слика. 1. Сушење на сунцу

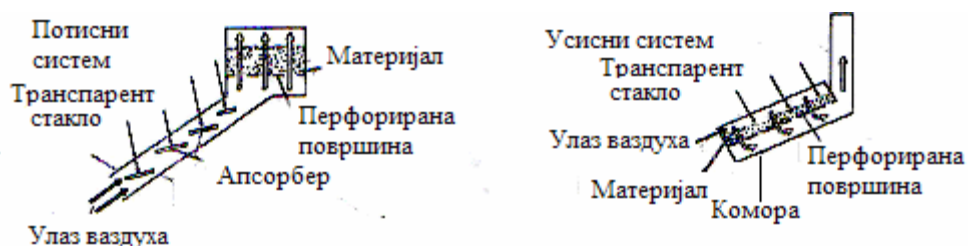


Слика.2. Соларна радијациона сушара

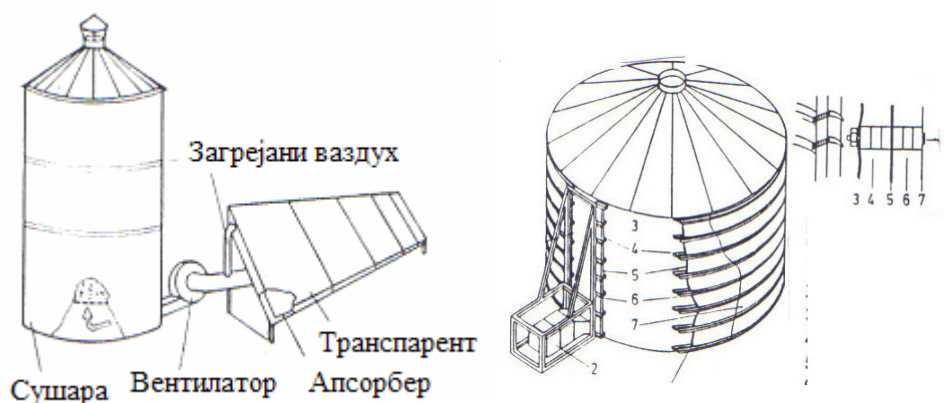
1. Затамњена задња страна и под,
2. Провидна предња страна и бочни зид,
3. Рам сушаре, 4. Улаз свежег ваздуха,
5. Излаз агенса сушења

Према везаности за место експлоатације, сушаре могу бити стационарне, демонтажне и покретне ( преносиве и превозне).

Према начину рада сушаре могу бити са континуалним, периодичним и цикличним режимом рада. Соларне коморне сушаре са природним струјањем агенса сушења, зависно од констру-кције, могу бити са усисавањем или са потискивањем агенса сушења у комору за сушење, сл.3..



Сл.3. Соларне сушаре са природним струјањем агенса сушења



Слика.4.Сушара са засебним пријемником

Слика.5. Сушара са интегрисаним пријемником у конструкцију сушаре  
 1. Канал за улаз ваздуха; 2. Вентилатор и систем за развођење ваздуха; 3. Комора за сушење; 4. Простор за струјање ваздуха; 5. Апсорбер; 6. Простор за пролаз ваздуха; 7. Транспарент.



Соларне коморне сушаре са принудним струјањем агенса сушења могу бити са засебним соларним пријемником, сл. 4., и са интегрисаним у конструкцију сушаре соларним пријемником, сл 5..

Соларне сушаре у принципу раде са периодичним режимом рада. Према типу конструкције, међудејству материјала и агенса сушења у току процеса, стању материјала у току сушења, зависно од капацитета соларне коморне сушаре могу бити: са густим непокретним слојем материјала који се омива или прострујава (Сл.6.), или са тавама (Сл.7.) у којима се налази материјал у процесу сушења.



Слика.6. Соларна сушара са допунским извором енергије и сушењем материјала у слоју



Слика.7. Соларна сушара са допунским извором енергије и сушењем материјала у тавама

Са гледишта практичног коришћења сунчеве енергије, интересантна је она количина енергије која доспева на неку површину на земљи у току дана. Та количина зависи од: географске ширине, годишњег доба, оријентације површине и метеоролошких услова.

### Карактеристике и опис модула сушаре за сушење биолошких материјала

Чињенице које су довеле до идеје и потребе освајања решења покретне, соларне, коморне, еколошке, универзалне сушаре су:

- да је интензитет Сунчевог зрачења у нашем поднебљу највећи у касно пролећним, летњим и рано јесењим данима, што пада баш у време сређивања пољопривредних култура,
- да се суши, воће и поврће, лековито, ароматично и зачинско биље,
- да су станишта тих култура даље од урбаних средина, где је отежано допремање течног или чврстог релативно скупог горива,
- да је изузетно порастао интерес за осушеним биолошким материјалима,

- да се захтева уштеда енергије и индиректни начин сушења,
- да се већина материјала скоро одмах после убирања мора сушити,
- да је све израженији захтев за чистим технологијама,
- да је скоро једина и највећа ставка, код коришћења соларних сушара, вредност инвестиционих трошкова, израде сушаре,
- да је са економског и еколошког аспекта, осушени производ знатно конкурентнији у односу на производ добијен класичним сушењем.

Основне карактеристике покретне, универзалне, еколошке, коморне сушаре за сушење биолошких материјала коришћењем сунчеве енергије, чији прототип једног модула је приказана на сл. 8 ., су:

- сушара је коморног типа са периодичним режимом рада,
- све компоненте сушаре и уређаји су фиксирани на једноосовинској приколици и представљају једну компактну покретну целину,
- решење сушаре омогућава рад на било којем месту,
- транспортује се до места рада, и брзо и лако се преводи у радни положај,
- материјал у процесу сушења мирује на тавама
- агенс сушења је чист загрејани ваздух који се загрева у соларним равним пријемницима, чији положај, и нагиб су променљиви,
- агенс сушења омива или прострујава слој материјала
- кретање агенса сушења је принудно или природно,
- граничне површине обезбеђују рецикулацију агенса сушење,
- на задњем делу приколице уграђене су две акумулаторске батерије, за напајање електро-мотора за погон вентилатора, које се током дана допуњавају ПВ модулима.
- модулски систем који омогућава лако пражњење/пуњење као и проширење капацитета,
- могућност регулисања режима процеса сушења,
- најповољнији пријем соларне енергије,
- мекши режим сушења,
- изузетно мали експлоатациони трошкови,
- универзално решење, суше се различити материјали,

- потпуно еколошка, не загађује околину, и израђена је од материјала који се рециклира.
- обезбеђује период одлежавања материјала у току процеса сушења.

Капацитет по влажном материјалу зависи од врсте материјала и оптерећења површине решетке материјалом.

Слика.8. Прототип модула покретне универзалне соларне сушаре



Основне техничке карактеристике прототипа модула сушаре су:

- габаритне димензије кретног дела, приколице 1300 x 2650 mm,
- габаритне димензије коморе за сушење 800 x 1000 x 1200 mm,
- димензије апсорбера 805 x 1180 mm,
- габаритне и корисне димензије таве 800 x 1000 mm; 760 x 920 mm,
- снага и површина ПВ модула,  $N = 75 \text{ W}$ ,  $F = 0,66 \text{ m}^2$ ,
- центрифугални вентилатор са три радне брзине,
- максимална/минимална висина доњег рама сушаре у радном положају 960/600 mm.

Хидраулична дизалица омогућава да се сушара у ужем смислу може да подигне или спусти на висину која одговара оптималном углу радног положаја пријемника соларне енергије. Помоћу предњег точка може се заокретањем приколице довести пријемник у најповољнији положај у односу на угао простирања сунчевог зрачења у зависности од доба дана и дате локације, што се контролише штапом уграђеним на раму пријемника. Пријемник сунчеве енергије за загревање ваздуха, је постављен бочно са стране сушаре и зглобно је везан за рамску конструкцију коморе за сушење. Он се може обртати око хоризонталне осе и подићи и фиксирати у вертикални положај ради транспорта, или спустити у радни положај под

одговарајућим углом (до 40°) испод хоризонтале. За генерисање електричне енергије за погон електромотора вентилатора за кретање агенса сушења и пуњење акумулатора, користи се фотонапонски панел, који је бочно постављен на зиду коморе за сушење и на нагнутој површи крова. Нагиб панела може да се мења зависно од потреба. На улазу у комору за сушење уграђен је систем са клапном која омогућава мешање ваздуха из изолационог простора зида коморе за сушење са загрејаним ваздухом из пријемника сунчеве енергије, одржавајући при томе захтевану режимску температуру на улазу коморе за сушење.

### Закључак

Почетак новог века је промовисао нову етику која је у својој основи еколошка и бави се одрживим развојем, енергетском ефикасношћу, коришћењем обновљивих извора енергије и заштитом околине. Коришћење обновљивих видова енергије и смањење емисије материја које су узрок глобалног загревања Земљине атмосфере су неминовно основне теме којима се савремено друштво, и наука као његов покретачки део, баве. Постоји реална основа за укључивање домаће привреде у развој технологија и производњу опреме, као и за учешће у конкуренцији за пласман тих производа на тржишту. Имајући у виду да су обновљиви извори енергије највећим делом лоцирани у сеоским срединама, развојем ових технологија би се обезбедила и већа запосленост сеоског становништва, чији опстанак је такође угрожен претходним миграцијама ка градовима.

У Србији постоји значајан али мало искоришћен енергетски потенцијал обновљивих извора енергије од кога око 80 % чини биомаса као потенцијално најзначајнији њен вид. Највећи део биомасе остаје неискоришћен и загађује околину. За њено коришћење неопходна су значајна инвестициона средства, без обзира што је биомаса веома исплатив енергент. Са променом Закона о енергетици, из 2005. године, улагања у ову област постају повољнија, јер су предвиђене подстицајне мере од стране државе. Програм селективног коришћења обновљивих извора енергије (биомаса, геотермална, сунчева и еолска енергија) има за циљ повећање енергетске сигурности и смањење потрошње фосилних увозних енергената. Значајне уштеде се могу постићи у производњи електричне енергије, која базира на коришћењу угља у термоелектранама, што задовољава око 70 % потреба за овом енергијом.

Енергија која би се годишње могла добити коришћењем биомасе у Србији процењена је на 2,68 милиона тона еквивалентне нафте. Знатан део биомасе се не може користити без предходне припреме која подразумева и процес сушења. И у случају када је могуће директно сагоревање, искоришћење енергије биомасе је ефикасније када се претходно процесира у

сушарама, а затим се може гасификовати, брикетирати или пелетирати. Процес сушења је незаобилазна и изузетно значајна фаза, јер од његовог квалитета и ефикасности директно зависе економски ефекти коришћења биомасе као горива. Поред тога, квалитетан процес сушења спречава расипање уложене енергије и ресурса коришћених за сетву, гајење и жетву јер се процењује да се на глобалном плану поквари приближно петина пожњевених усева због некоришћења адекватног процеса сушења. Кондезовањем издвојене влаге, као пратећи производ процеса сушења се добија вода, која је додатни ресурс и чије количине у великим постројењима за сушење нису занемариве.

Савремени соларни системи обезбеђују агенс сушења загревањем течних и гасовитих радних флуида до релативно високих температура. Процес сушења је знатно јефтинији и обезбеђује квалитетније производе. Приказана покретна, соларна, коморна, еколошка, универзална сушара за сушење биолошких материјала је оригинално решење које је развијено на Машинском факултету у Београду у оквиру пројекта МНТС НПЕЕ 271068. Испитивања на прототипу, која су у току прошлог лета обављена, показују да усвојена концепција омогућава најповољнији пријем соларне енергије, квалитетнији осушени материјал, без утрошка фосилних горива у процесу сушења.

### Литература

1. Топић М. Р., Покретна сушара за сушење биолошких материјала директним коришћењем соларне енергије, Савезни завод за интелектуалну својину, Пријава патента бр. 135/04.
2. Topic M. R., Direct use of Solar Energy for drying medicinal herbs, aromatic plants and spices, SETT- 2002 – Moscow, 2002..
3. Topic M. R. A Mathematical model of the solar drying process of biological materials, SETT- 2005 – Moscow, 2005..
4. Топић М. Р., Петровић Љ. А., Ћупрић Љ. Н., Приказ решења покретне универзалне соларне сушаре за сушење биолошких материјала, Зборник радова, 12 симпозијум термичара СиЦГ, Сокобања, X 2005.
5. Топић М. Р., Истраживање и развој покретне универзалне соларне сушаре за сушење биолошких материјала, пројекат НПЕЕ 271068 МНТР Р. Србије, 2005.

UDC: 620.91+66.047.44:631.95

**RENEWABLE ENERGY SOURCES, DRYING  
AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

Radivoje M. Topić<sup>1</sup>, Ph.D., Aleksandar L.J. Petrović<sup>1</sup>, Ph.D.,  
Milan R. Božović<sup>2</sup>, Ph.D., Nenad Ćuprić<sup>3</sup>, Ph.D.

<sup>1</sup> Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade

<sup>2</sup> Природно математички факултет Косовска Митровица

<sup>3</sup> Шумарски факултет Универзитета у Београду

**Abstract**

Sustainable development, energy efficiency, use of renewable energy sources and protection of the environment are of greatest current interest at the start of this century. The first energy crisis in 1973 showed that conventional energy sources are limited. The knowledge that energy consumption is greatly the cause of emission of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> pollutants initiate worldwide investigation of technologies and production of systems using renewable energy sources representing ecologically clean energy sources with no pollutants and harmful influences. The most important role of renewable energy sources is reducing the greenhouse effect, increasing energy safety and the opportunity for opening of new work places in small and medium enterprises. In this paper a short review of alternative energy sources from the viewpoint of sustainable development, energy efficiency and protection of the environment is given including the role of the drying process technology in sustainable development through: reduction of energy "consumption", drying source bio-fuel, solar drying, drying in order to prevent resource "losses", drying to protect the environment etc.

**Keywords:** renewable energy sources, drying, solar drying, sustainable development.