

Nikola Čupin  
OKit d.o.o., Zagreb  
[nikola.cupin@okit.hr](mailto:nikola.cupin@okit.hr)

## GOSPODARSKI ASPEKT DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE IZ KOGENERACIJSKIH POSTROJENJA NA DRVNU BIOMASU

### SAŽETAK

U referatu se, najprije, daje pregled energetske karakteristika pojedinih obnovljivih izvora, te navodi njihov potencijal u Hrvatskoj, u relaciji na primarnu energiju potrošenu u Hrvatskoj u 2006. godini. Ističe se gospodarska i energetska vrijednost biomase.

Napominje se da OIE valja promatrati kroz gospodarski doprinos, budući da gledanje kroz energetske, posebno elektroenergetski aspekt ne daje pravu sliku o njihovoj korisnosti.

S obzirom da su OIE, posebno biomasa, nacionalni resurs Hrvatske, njihovo korištenje treba biti u skladu s društvenim, a ne privatnim interesom. U tom smislu zagovara se 'novi pogled na energetiku', koji počiva na intenzivnom korištenju OIE, energetske učinkovitosti i zaštiti okoliša, za razliku od današnje organizacije energetskega sektora, koji postoji još 'od Edisona'.

Navode se 4 vrste tehnologije za proizvodnju toplinske i električne energije iz biomase, od kojih je najfleksibilnija tehnologija bloka: parni kotao-turbina s oduzimanjem-generator.

Na kraju se zagovara razvoj tzv. lokalne energetike, za koju u Hrvatskoj postoje šanse s obzirom na veliki potencijal šumarstva, poljoprivrede i energetske industrije. Embrio takove politike mogu biti HEP — ODS i HŠ.

**Ključne riječi:** biomasa, kogeneracijska postrojenja, ekonomska opravdanost, privatni i društveni interes lokalna energetika.

## ECONOMICAL ASPECT OF DISTRIBUTED PRODUCTION OF CHP PLANTS FIRED BY BIOMASS

### SUMMARY

The Paper opens with overview of RES, with their characteristics and potential in Croatia, in relation to the primary energy consumption in Croatia in 2006. The economic and energetic value of biomass is emphasized.

RES should be treated in relation to their economic contribution, since energetic aspect (especially electro energetic), does not reveal the actual scope of their benefits.

Considering that RES, especially biomass, constitute the Croatian national resource, their exploitation should be in accordance with the public, not private interests. Following this standpoint, the 'new view on energy' is supported, on the basis of intensive use of RES, energy efficiency and environmental protection, opposite to the present organization of the energy sector, existing since the 'Edison time'.

Four CHP technologies are indicated, and the most flexible among them is the steam boiler-turbine-generator. Finally, the development of so called 'local energy policy' is being advocated. It has

great opportunities in Croatia, due to its great potentials in woods, agriculture and energy industry. The kernel of that policy can be HEP-ODS (Croatian Distribution Operator) and HŠ (Croatian Forestry).

**Key words:** biomass, cogeneration plants, economical feasibility, private and public interests, local energy policy

## 1. UVOD

Promjenom energetske politike u svijetu i preferiranje korištenja OIE, šumska biomasa je dobila na značaju, a eksploatacija šuma, pored proizvodnje trupaca za drvenu industriju, lova i turizma, dobila posebnu disciplinu: energetska korištenje šuma.

U vrijeme pogoršane ekonomske situacije i ogromne nezaposlenosti u Hrvatskoj, traže se projekti koji se temelje na domaćim resursima, koji su isplativi u kraćem periodu i koji vode većem zapošljavanju. Jedan od tih projekata je svakako 'Biotoplifikacija Hrvatske' [1], kojim se predviđa gradnja 40-tak kogeneracijskih postrojenja na drvenu biomasu instalirane snage do 1 MW<sub>el</sub> i 4 MW<sub>topl</sub>.

Za razliku od drugih izvora električne energije ova postrojenja proizvode u spojnog procesu 'struju i toplinu', a uz dodatak apsorpcijskih rashladnih uređaja (ARU) i rashladnu energiju, pa u energetskom pogledu imaju univerzalni značaj.

Gradnja kogeneracijskih postrojenja na biomasu je u Hrvatskoj u začetku, a realizacijom projekta 'Biotoplifikacije' doći će do masovne gradnje distribuiranih izvora energije, što je u skladu s novom energetskom politikom. Na taj način povećat će se sigurnost opskrbe električnom i toplinskom energijom i potaknuti razvoj ruralnih područja zemlje.

O tehničkim pitanjima priključka postrojenja na OIE na mrežu dosta se piše, dok se ekonomski aspekt nije dovoljno razmatrao. Svrha ovog rada je da s tog aspekta pokaže ekonomski vrijednost kogeneracijskih postrojenja na biomasu, upozoravajući na potrebu za promjenom uobičajenog pogleda na energetiku.

## 2. ENERGETIKA OIE

U tablici I. navedene su vrste OIE i njihove karakteristike s aspekta proizvodnje energije (E – električne, T – toplinske), raspoloživosti proizvodnje i blizine konzuma.

Tablica I. Vrste i karakteristike OIE

	Vrsta OIE	Postrojenje	Energija	Raspoloživost	Udaljenost do konzuma
1	Vjetar	VE	E	Dok je vjetra	Velika
2	Voda	HE	E	Mogućnost akumulacije	Velika
3	Sunce	SE	E	Proizvodnja samo danju	Ovisi o veličini postrojenja
		SK	T		Mala
5	Šumska biomasa	BE-TO	E i T	Predvidiva	Mala
		K	T		Mala
6	Poljoprivredna biomasa	BE-TO	E i T	Predvidiva	Srednja
7	Geotermalni izvori	GTE	E i T	Predvidiva	Srednja
		K	T		Mala
8	Bioplin	BPP	E i T	Predvidiva	Mala

Legenda uz tablicu I.: VE- vjetroelektrana, SE-solarna elektrana, SK-solarni kolektori, BE-TO - Bioelektrana-toplana, K-kotlovnica, GTE- Geotermalna elektrana, BPP-Bioplinska postrojenja

Iz tablice je vidljivo: da šumska biomasa ima vrlo dobre karakteristike za proizvodnju korisne energije na mjestu potrošnje. Mana ovog domaćeg energenta je ograničeni kapacitet, što znači da ga treba u potpunosti iskoristiti i postupno povećavati kapacitet njegovom naših šuma i sadnjom novih (energetskih) nasada. Ekološki značaj takove orijentacije je jednako važan kao i ekonomsko-energetski.

Koliki je kapacitet OIE s kojim raspolaže Hrvatska vidljivo je iz tablice II. u kojoj je prikazan potencijal OIE u odnosu na primarnu energiju 2006. godine. Procjena se kreće na oko 64%, što pruža mogućnost, uz pretpostavku strateške orijentacije na korištenje OIE, da Hrvatska, pored vlastite proizvodnje plina i nafte, postane energetska neovisna.

Tablica II. Potencijal OIE Hrvatske u odnosu na primarnu energiju 2006. godine (114 TWh)

	Vrsta OIE	Potencijal (TWh)		Korišteno u 2006.	
1	Šumska biomasa	16	15%	5	4%
2	Poljoprivredna biomasa i biogorivo	12	10%	0	0
3	Solarni ekonomski potencijal	12	10%	0	0
4	Vjetar	9	8%	0	0
5	Geotermalna energija do 50 °C	7	6%	0	0
6	Vodne snage	17	15%	16	14%
<b>Ukupno OIE</b>		<b>73</b>	<b>64%</b>	<b>21</b>	<b>18%</b>
7	nafta	11	10%	11	10%
8	plin	25	22%	25	22%
9	uvoz	5	4%	57	50%
Ukupno primarna energija 2006. godine		114	100%	114	100%

### 3. GOSPODARSKI ASPEKT OIE

#### 3.1. Energetski umjesto električni aspekt

OIE se u nas prvenstveno promatraju kroz energetski (u pravilu elektroprivredni) sektor, pri čemu se zanemaruje činjenica da proizvodnja energije nije sama sebi svrha, već da je u uskoj vezi s gospodarstvom. Ako energetiku promatramo s tog aspekta, tada ćemo se prvo upitati zbog čega nam treba energija i koja vrst i odakle ju možemo dobiti?

U takvom (gospodarskom) pogledu energetski projekti dobivaju drugu dimenziju, a OIE veću vrijednost. Primjerice, gospodarski je korisnije izgraditi 100-tinjak elektrana na biomasu snage 1 MW i opskrbiti stotinjak toplinskih konzuma snage oko 4 MW, nego jednu TE 100 MW na fosilno gorivo, koja će proizvoditi električnu energiju s efikasnošću od svega 40%, a u okoliš 'bacati' 60% energije goriva. U prvom slučaju koristimo vlastito gorivo, ne zagađujemo okoliš, zapošljavamo domaću industriju i razvijamo infrastrukturu manjih gradova, a u drugom slučaju kupujemo stranu opremu i strano gorivo da bismo proizvodili struju, neučinkovito trošili primarnu energiju goriva i zagađivali okoliš.

Uobičajena praksa da se OIE ocjenjuju kroz njihov 'električni' doprinos, daje pogrešnu sliku o njihovoj značajnosti. Prigovori da su manja postrojenja koja koriste OIE za proizvodnju 'struje' skuplja, stoje ako se stvar gleda kroz proizvodnju električne energije, a zanemari proizvodnja toplinske energije. Na primjer specifične investicije u malu bioelektranu-toplanu (BE-TO) za proizvodnju električne energije iznose 5 mil €/MW<sub>el</sub>, a za proizvodnju električne i toplinske energije svega 1 mil €/MW<sub>el+topl</sub>.

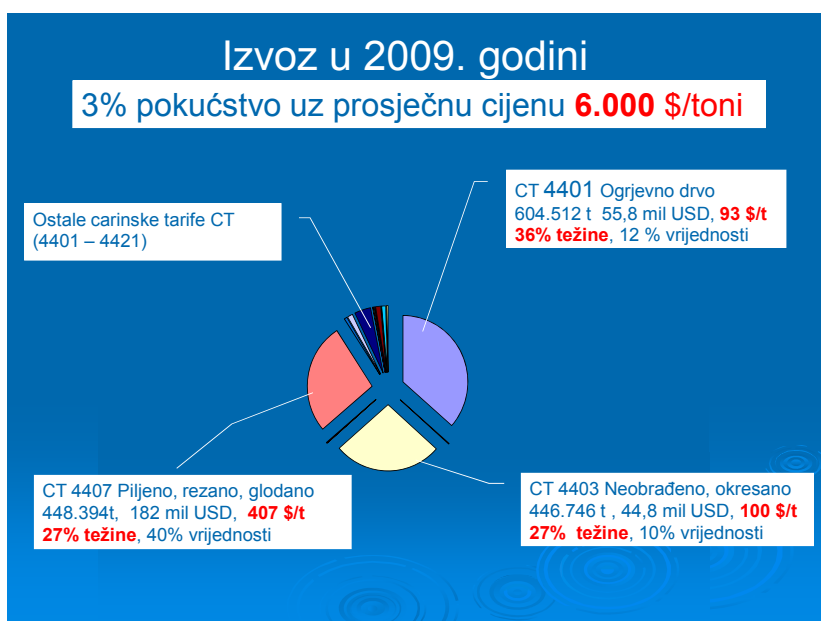
### 3.2. Društveni i privatni interes

U svjetlu velike nezaposlenosti u Hrvatskoj, ali i strategije gospodarskog razvoja zemlje, potrebno je valorizirati **društveni i privatni interes**, odnosno društvenu i privatnu opravdanost neke investicije. Na primjeru drvnog sektora (iskorištenja nacionalnog resursa koji imamo u šumama), **privatno je opravdano**:

- izvoziti ogrijevno drvo jer se 'lako proda' u inozemstvu,
- uvoziti stranu opremu i tehnologiju za kogeneracijska postrojenja i kotlovnice, što se danas radi,

ali **nije društveno opravdano**, jer se u oba slučaja: dodana vrijednost stvara izvan zemlje, zapošljavaju se građani drugih zemalja, a mi gubimo šansu razvoja industrije i tehnologije na temelju nacionalnog resursa.

**Društveni interes treba štititi država**, što se u nas često zaboravlja, a njezini dužnosnici u većini slučajeva privatni interes opravdavaju 'otvorenim tržištem', pravilima EU i slično, što nije u skladu s interesom države Hrvatske. Ustvari, zagovaraju strani interes (državni ili privatni, svejedno). Naša drvna i energetska industrija izvozom sirovine (slika 1) 'gubi tlo pod nogama', gubi tehnologije koje smo teško stekli (proizvodnja parnih kotlova i turbina, uređaja za automatizaciju procesa, znanja u inženjeringu postrojenja i sl.).



Slika 1. Izvoz proizvoda iz drva u 2009. Godini

Još je veća šteta što se stečena znanja ne prenose na mlađi naraštaj, zbog čega sve više tehnološki zaostajemo. Zar ne bi bilo logično da u području proizvoda iz šuma, koje se rasprostiru na oko 48% teritorija Hrvatske budemo vodeća zemlja u tehnologiji drvne i energetske industrije? U tom smislu valja svakako popraviti današnje stanje u izvozu, u kojemu pokušstvo koje se prodaje po prosječnoj cijeni od 6.000 \$/t, učestvuje sa svega 3%, dok ogrijevno i neobrađeno drvo, s prosječnom cijenom oko 100 \$/t, učestvuje sa 63% (slika 1). Proizvodnja električne i toplinske energije, umjesto izvoza ogrijevnog drva, svakako bi popravila tu sliku, te zaposlila domaću metaloprerađivačku i elektro industriju.

### 3.3. Novi pogled na energetiku

U dosadašnjem modelu koji je na snazi (neki kažu) još od Edisona, potrošač ne brine odakle energija, dovoljno je da uredno plaća sve veću cijenu. Postupno, potaknut većim troškovima i svježću o posljedicama klimatskih promjena, počeo se interesirati za izvore energije ('pametnan potrošač') i nalaziti 'svoja' rješenja kako bi bio manje ovisan o velikim tvrtkama, koje ne napuštaju monopolistički položaj. Poznato je da razdvajanje djelatnosti proizvodnje, prijenosa i distribucije (unbundling) nije dalo očekivane rezultate - smanjenje cijene energije.

Novi model koji počiva na potrebi zaštite okoliša, povećanju energetske učinkovitosti (EnU) i korištenju OIE zagovara izgradnju postrojenja na OIE, distribuiranih po čitavoj niskonaponskoj i sredjenaponskoj mreži, te umreženoj u vlastite mreže ('pametna mreža' ili 'smart grid').

Unatoč jasno definiranoj politici EU za korištenjem obnovljivih izvora energije i povećanjem energetske efikasnosti i unatoč činjenici da je Hrvatska relativno bogata obnovljivim izvorima energije (OIE), službena energetska politika Hrvatske pretežito se bavi idejom gradnje velikih termoelektrana na uvozno gorivo i uvoznu opremu, ne uzimajući dovoljno u obzir ekonomsku opravdanost njihove gradnje (zadužujemo se kupujući uvozna postrojenja i uvozno gorivo).

Toplinskoj energiji nije dat adekvatan značaj i nije dovoljno naglašena potreba za energetskom efikasnošću. Primjerice, i dalje se tolerira grijanje i hlađenje 'na struju', što stvara nepotrebne gubitke zbog dvostruke konverzije energije.

Iako orijentacija na zamjenu dotrajalih TE ima opravdanja, nije dovoljno uzeta u obzir ekonomska korist od gradnje bioelektrana-toplana (BE-TO), koje također rade u temeljnom dijagramu opterećenja s oko 8000h/god i pozitivno utječu na gospodarski razvoj (zapošljavanje, posebno u ruralnim područjima, razvoj metalne i elektroindustrije te povećanje energetske sigurnosti uz pozitivan ekološki efekt).

Budući da se proizvodnja energije iz OIE potiče sredstvima građana, ima smisla poticati gradnju onih postrojenja na OIE u kojima učestvuje hrvatska industrija, kao što su elektrane na biomasu, za koju raspolažemo vlastitom tehnologijom i industrijskom proizvodnjom.

Energija iz biomase je stabilan domaći izvor. Primarna energija šumske biomase od 4 milijuna m<sup>3</sup>, iznosi (uz ogrijevnu vrijednost 2,5 MWh/m<sup>3</sup>) 10 milijuna MWh. Uz upotrebno vrijeme od 8000h/god izlazi raspoloživa snaga 1200 MW godišnje, a uz stupanj djelovanja 0,8 korisna snaga od 1000 MW. Prema tome na raspolaganju je gorivo kojim možemo pogoniti kogeneracijska postrojenja ukupne električne snage 200 MW i toplinske snage 800 MW.

Održivost opskrbe biomasom proizlazi iz politike gospodarenja šumama. Ako raspolažemo s oko 400 milijuna m<sup>3</sup> drvene zalihe (ukupna količina drva koja bi se dobila totalnom sječom šuma) i ako godišnji prirast iznosi oko 2,6 %, ili oko 10,5 milijuna m<sup>3</sup>, prema pravilima šumske struke, kao mogući godišnji etat sječe se 61% (oko 6,3 milijuna m<sup>3</sup>), a ostatak od 4 milijuna m<sup>3</sup>/god povećava drvenu zalihu za 1 %.

Preduvjet za efikasno korištenje biomase je da se biomasa 'loži' u malim kogeneracijskim postrojenjima, u kojem smjeru vodi i Projekt Biotoplifikacije Hrvatske, zagovarajući gradnju manjih postrojenja.

Investitori, koji idu na gradnju većih postrojenja, rukovode se 'sigurnim' profitom od prodaje električne energije, te najčešće nemaju kuda s toplinom koju 'bacaju u okoliš'. Koliko iznosi 'bačena' toplina može se izračunati uzimajući u obzir da električni stupanj djelovanja postrojenja do 20 MW<sub>el</sub> ne prelazi 20%.

### **3.4. Obnovljivi Izvori Energije (OIE), Hrvatska Elektroprivreda (HEP) i Hrvatske šume d.o.o. (HŠ)**

Jednostavan pogled na odnos HEP-a i distribuiranih postrojenja na OIE, pokazuje sukob interesa, jer se proizvodnjom energije iz OIE, smanjuje prodaja (prihod) električne energije HEP-a. Isto tako HŠ će lako prodati ogrijevno i neobrađeno drvo i ostvariti prihod bez većeg marketinškog napora.

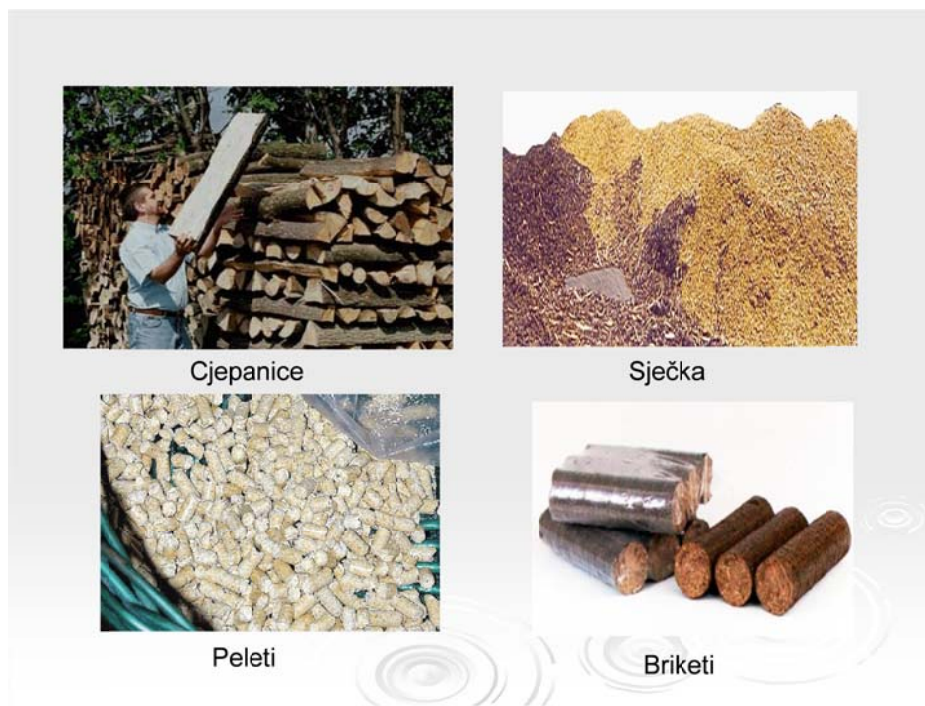
Budući da su HEP i HŠ tvrtke od nacionalnog interesa, potrebno ih je usmjeriti na zadovoljavanje općeg interes, a to znači suradnju u gradnji kogeneracijskih postrojenja. Pokušaji već postoje u gradnji većih postrojenja, koja se opravdavaju interesom HEP-a, za proizvodnjom električne energije. Tako je prošla uprava preferirala gradnju postrojenja iznad 5 MW<sub>el</sub>, smatrajući da postrojenja manje instalirane snage nisu primjerena 'velikoj' firmi. Sukob interesa se može izbjeći jačim uključivanjem HEP-a u gradnju manjih postrojenja na OIE i širenje 'businessa' izvan osnovne djelatnosti, koja 'trpi' zbog 'OIE projekata'.

Budući da su HEP i HŠ osnovali tvrtke-kći HEP obnovljivi izvori d.o.o. i Šumaska biomasa d.o.o., bilo bi društveno opravdano usmjeriti obje tvrtke na masovnu gradnju manjih kogeneracijskih postrojenja i na taj način njegovati 'lokalnu energetiku' (više o tome u točki 5).

## 4. KOGENERACIJSKA POSTROJENJA NA DRVNU BIOMASU

### 4.1. Drvna biomasa

Pod drvnom biomasom podrazumijevamo: ogrijevno drvo, otpad od sječe šuma i drvne industrije, drvo u procesu uzgoja šuma i drvo od brzorastućeg drveća. Kao gorivo za proizvodnju topline drvo se koristi od pamtivjeka u različitim tehnologijama: od 'otvorene vatre', ložišta u pećima i kotlovima do suvremene tehnologije peleta, briketa i sječke (slika 2) kao goriva za pogon kogeneracijskih postrojenja.



Slika 2 Forme drvene biomase

Energetska vrijednost drva ovisi o vrsti i vlažnosti, a kreće se za tvrdo listopadno drvo (npr. bukva) od 1,5 MWh/t (svježe drvo sa 60% vlažnosti) do 5 MWh/t (vlažnost 0%). Najčešće se koristi drvo uskladišteno preko ljeta s 35% vlage (oko 3 MWh/t).

### 4.2. Kogeneracijska postrojenja na biomasu

Tehnologija koja se koristi u gradnji kogeneracijskih postrojenja na biomasu, uglavnom se svodi na: (1) klasičan parni blok (2) njegovu inačicu ORC blok, koji umjesto vodene koristi 'uljnu' paru, (3) blok s isplinjavanjem biomase i (4) blok sa zračnom turbinom 'ĐĐ-Eniteh-500'.

Prva dvije tehnologije temelje se na bloku parni kotao-turbina-generator, a treća na bloku reaktor-pročistač plina-plinski motor-generator. Više o tome čitatelj može naći u referatima sa Savjetovanja u Vinkovcima [2].

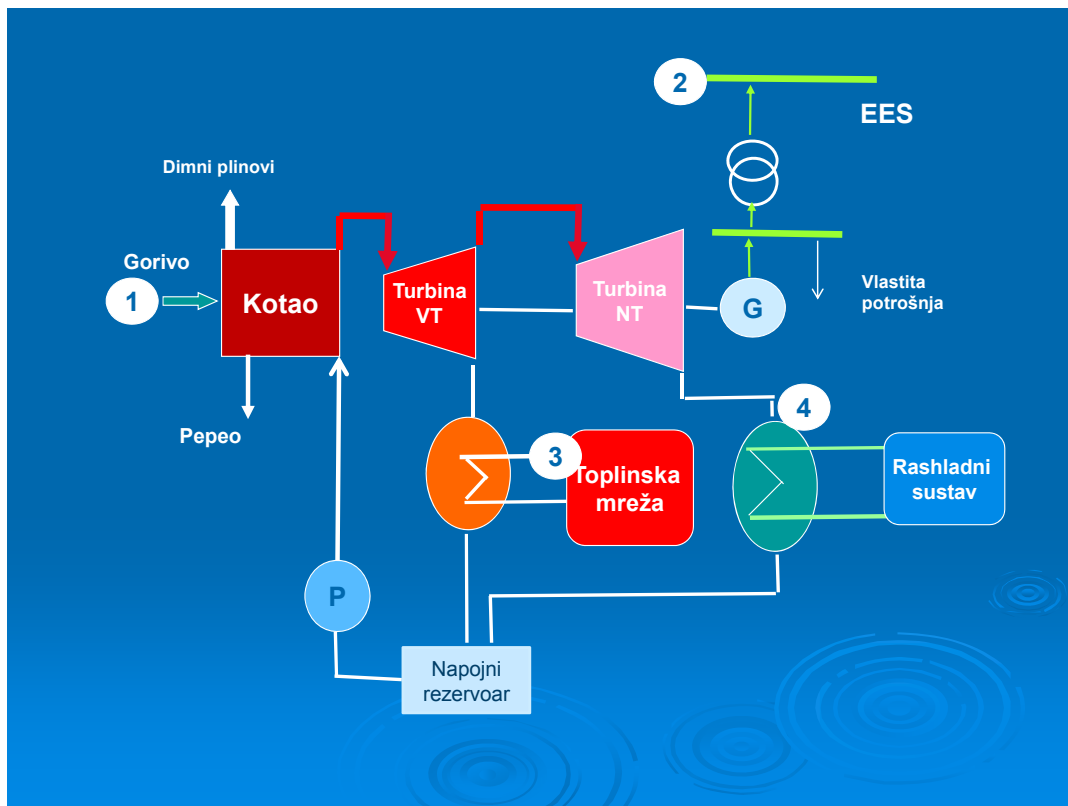
Izbor tehnologije pretežno ovisi o karakteristikama i veličini toplinskog konzuma, budući da proizvodnja električne energije nije ograničena jer se sva energija plasira u EES. Blok 'ĐĐ-Eniteh-500' i blok sa isplinjavanjem zadovoljavaju manje toplinske konzume i električne snage ispod 1 MWel, a za veće snage se slažu 'u paraleli'. ORC blok se gradi do cca 2MWel, a parni blok je isplativ od 1 MWel naviše i s aspekta toplinskog konzuma najfleksibilniji (slika 3).

Fleksibilnost se postiže parnom turbinom 's oduzimanjem'. Energija goriva (1), pretvara se u kotlu u toplinsku energiju pare, koju koristi turbina, iz koje energija dijeli na 3 dijela:

- dio koji se predaje vratilu generatora, proizvodi električna energija i predaje EES (2),
- dio koji se oduzima od turbine i predaje kao korisna energija u toplinsku mrežu (3) i
- dio koji nije moguće korisno upotrijebiti, već se preko kondenzatora odvodi u rashladni sustav (4).

Energija (2) i (3) je korisno upotrebljena primarna energija goriva, dok je energija koja odlazi u rashladni sustav (4) gubitak, kao i gubici transformacije energije u kotlu, turbini i generatoru.

Koliko će se od primarne energije drveta iskoristiti za pretvorbu u korisnu električnu i toplinsku energiju, a koliko 'baciti i zagaditi' okolinu, ovisi o promjenjivosti toplinskog konzuma.



Slika 3. Osnovna shema kogeneracijskog bloka na vodenu paru  
P - napojna pumpa

## 5. LOKALNA ENERGETIKA

Želja svake zemlje je da bude energetska neovisna, što uz činjenicu da su OIE lokalnog karaktera, dovodi do realizacije energetska neovisnih područja (Austrija). Pri tome se koriste posebno poljoprivredni i šumski potencijali, solarna energija i proizvodnja bioplina. U Hrvatskoj postoje uvjeti za takovu orijentaciju, budući da pored velikog šumskog bogatstva, na raspolaganju stoji oko milijun ha obradive površine, koja se ne obrađuje !?, što je svojevrstni kuriozitet i šansa za povećanje zaposlenosti.

Na slici 4 prikazana je organizacijska struktura HEP-a i HŠ, što može, uz političku orijentaciju na decentralizaciju zemlje, biti osnova lokalne energetike. U Upravama Šuma i Distribucijskim područjima, postoje ljudi s osnovnim znanjima iz energetike i gospodarstva, i ako im se dade 'domaći zadatak' potaknut će se gospodarstvo na osnovu energetike.

Da li neki sustav centralizirati ili decentralizirati, ovisi o konkretnoj situaciji. Centralizacija je opravdana u slučaju vanjske opasnosti, kada se svi resursi usmjeravaju u obranu sustava, a samoinicijativa ograničava. Nasuprot tome decentralizacija pruža mogućnost kreativnim kadrovima, kojih ima u svakoj sredini, da svoj potencijal 'stave u pogon' i unapređuju lokalnu sredinu.



# Kako razvijati lokalnu energetiku?

21 DP i 70 Pogona



16 UŠP i 160 Šumarija



Hrvatske šume i HEP-ODS su  
embrio lokalne energetike

Slika 4. HEP.ODS i HŠ imaju sličnu organizacijsku strukturu

## 6. ZAKLJUČAK

- 1) Drvna biomasa je stabilan domaći obnovljivi resurs, koji u odnosu na druge OIE, najviše doprinosi povećanju zaposlenosti i razvoju domaće tehnologije. U tom smislu treba podržati projekt 'Biotoplifikacije Hrvatske'
- 2) Gradnja postrojenja na OIE, dobiva na većoj vrijednosti ako se promatra kroz ekonomski, a ne energetske aspekt.
- 3) Ulaganja u energetiku trebaju biti u funkciji ekonomski opravdanih investicija. Energija nije sama sebi svrha.
- 4) Dosadašnji 'elektro' pogled na energetiku valja zamijeniti s energetske pogledom, uzimajući u obzir smanjenje potrošnje električne energije ulaganjem u energetske učinkovitost
- 5) Drvo je nacionalni resurs, koji treba koristiti u skladu s društvenim a ne privatnim interesom.
- 6) Treba razvijati 'lokalnu energetiku', kao put k energetske neovisnosti zemlje stvaranjem energetske neovisnih područja
- 7) Distribucijske područja HEP-ODS-a i Uprave šuma podružnice HŠ, trebaju biti embrio 'lokalne energetike'.

## LITERATURA

- [1] N. Čupin: Biotoplifikacija Hrvatske – nacionalni projekt korištenja šuma u proizvodnji energije', Udruga za razvoj Hrvatske, Zagreb, 2011.
- [2] Savjetovanje 'Biotoplifikacija Hrvatske' Udruga za Razvoj Hrvatske (Vinkovci 10.-11. studenog, 2011.), [www.urh.hr](http://www.urh.hr)