

## EKONOMSKA EFIKASNOST CENE ELEKTRIČNE ENERGIJE PO VRSTAMA ENERGENATA

### ECONOMIC EFFICIENCY OF ELECTRICITY PRICES BY TYPE OF ENERGY SOURCE

dr Dragoljub Tica, dipl. el. ing.<sup>64</sup>

Aleksandra Galonja, student ekonomije<sup>65</sup>

Andrej Kurtović, student elektrotehnike<sup>66</sup>

**Sadržaj:** *Potrebno je uraditi analizu procene ekonomske efikasnosti pet tipova izvora električne energije koji mogu biti kandidati za proizvodnju potrebne električne energije konzuma AP Vojvodine. To su sledeći tipovi izvora električne energije: termoelektrane snage 500 MW (TIP1), termoelektrane snage 300 MW (TIP2), hidroelektrane ukupne snage 240 MW (TIP3), vetroelektrane ukupne snage 140 MW (TIP4) i solarne (sunčeva energija) elektrane ukupne snage 140 MW (TIP5). Sve tipove elektrana analiziramo pomoću tri metode: (1) diskontni metod, (2) metod interne kamatne stope i (3) metod povrata uložених sredstava.*

*Analizom nisu do kraja precizno obuhvaćeni troškovi svakog tipa elektrane ponaosob, ali je to sasvim dovoljno da se sve tri metode urade. Ova analiza daje odgovor potencijalnom investitoru da li ima ili nema interesa da ulaže kod nas sa aktuelnim cenama električne energije, za svaki analiziran energent (ugalj veće kalorične moći-TIP1, ugalj manje kalorične moći-TIP2, hidro energija-TIP3, vetro energija-TIP4 i sunčeva energija-TIP5). Ako nema zarade sa aktuelnim cenama električne energije analiza daje odgovor kolika cena električne energije mora biti da bi potencijalni investitor uopšte bio zainteresovan da ulaže sredstva za izgradnju određenih tipova elektrana.*

*Za investitora ima smisla da ulaže novčana sredstva ukoliko su ispunjena sva tri uslova: neto sadašnja vrednost mora biti pozitivna, interna kamatna stopa mora biti preko 7% i da mu se uložena sredstva vrata pre 10 godina.*

**Ključne reči:** *Električna energija, termoelektrana, hidroelektrana, vetroelektrana, solarna elektrana, diskontni metod, metod interne kamatne stope i metod povrata uložених sredstava*

**Abstract:** *It is necessary to analyze the assessment of the economic efficiency of five types of electricity sources that could be used for producing the electricity required for the Autonomous Province of Vojvodina. These are the following types of electricity sources: 500 MW thermal power plants (type 1), 300 MW thermal power plant (type 2), 240 MW hydroelectric power plants (type 3), wind turbines with total power of 140 MW (type 4) and solar power plants with total power of 140 MW (type 5). All the types are analyzed with the use of three methods: (1) the discount method, (2) the method of internal interest rates and (3) the method of cost recovery. The analysis does not involve the exact cost of each type of plant, but the data given enable the application of all the three methods. This analysis provides an answer to the potential investor whether or not the investment may be profitable at our*

---

<sup>64</sup> Nezaposlen, Novi Sad, Vojvode Bojovića 8/18

<sup>65</sup> Student, Singidunum Centar Novi Sad

<sup>66</sup> Student, Technische Universität Wien Österreich

*current prices of electricity for each analyzed fuel (coal of higher calorific power – type 1, less calorific coal – type 2, hydro energy - type 3, wind energy -type 4 and solar energy - type 5). If profit cannot be achieved at current electricity prices, the analysis provides an answer how high the price of electricity should be so that a potential investor might be interested to invest funds into the construction of certain types of plants.*

*In an investor's view, it may seem purposeful to invest funds if all the three conditions are met: net present value must be positive, the internal rate of interest must be over 7%, and that the invested funds should be returned in less than 10 years' time.*

**Key words:** *Electricity, thermal power, hydropower, wind farms, solar power plants, the discount method, internal rate of return and payback method*

## 1. UVOD

Svaki investitor pre nego što uloži sopstvena sredstva u bilo kakvu proizvodnju, pa samim tim i proizvodnju električne energije želi da na startu dobije odgovor po kojoj ceni može taj proizvod prodavati, koliko vremena, ko mu je garant za to i kolika mu je dobit. U ovom slučaju garanciju za cenu isporučene električne energije i koliko vremena može po toj ceni da se ostvari isporuka daje vlada države gde se to gradi. Da bi investitor bio siguran u šta ulaže novac i kolike su mu dobiti sa različitim cenama električne energije po kWh za svaki tip elektrane ponaosob moramo dati ocenu efikasnosti investicije.



**Dragoljub Tica** rođen je 1954. godine u Baču. Srednju elektrotehničku školu završio u Novom Sadu 1973. godine. Fakultet tehničkih nauka, elektrotehnički odsek, energetska smer u Novom Sadu, završio 1978. godine sa temom diplomskog rada: Greške u merenju električne energije sa izračunavanjem korekcionih faktora za konzum AP Vojvodine. Magistrirao na Ekonomskom fakultetu u Subotici 1991. godine sa temom magistarskog rada: Izbor optimalne varijante snabdevanja električnom energijom SAP Vojvodine do 2010. godine primenom razlomljeno linearnog (hiperboličkog) programiranja.

Doktorirao na Ekonomskom fakultetu u Subotici 2013. godine sa temom doktorske disertacije: Matematički programi za donošenje strateških odluka pri investiranju u elektroprivredu.

Nakon diplomiranja radio je dve godine u elektrotehničkoj školi "Mihajlo Pupin" u Novom Sadu. Od 1979. godine zaposlen u Elektrovojvodini u Sektoru investicija. Do 1981. godine radio kao saradnik na pripremi i nadzoru TS 110/x kV. Od 1983. godine nakon položenog stručnog ispita radio kao odgovorni nadzorni organ sa kompletnom pripremom na transformatorskim stanicama TS 400/x kV, 220/x kV, 110/x kV i dalekovodima naponskog

nivoa 400kV, 220kV i 110kV. Godine 1984., godine radio na pripremi i izgradnji Toplane-termoelektrane-II faza u Novom Sadu. Godine 1986., radio na prethodnim pripremnim investicionim radovima na obnovljivim izvorima električne energije i vodio pripremu i nadzor vetrogeneratora snage 16,4 kW u banji Junaković kod Apatina kao pilot projekat na konzumu AP Vojvodine.

Od 1987. do 1991. godine kao glavni inženjer bio koordinator svih elektro radova za bager i infrastrukturu Rudnika Kovin u Kovinu: kontrolisao i vršio prijem opreme proizvedene u Nemačkoj, Španiji i Holandiji. Odgovorni izvođač radova bila kompanija Orenštajn & Kopel iz Lübecka. U istom periodu bio odgovorni nadzorni organ elektro radova po međunarodnom ugovoru između AP Vojvodine i Mađarske na izgradnji 400 kV dalekovoda od transformatorske stanice 400/x kV Bikovo u Subotici do transformatorske stanice 400/x kV Šandorfalva u Segedinu. Od 1991. godine kao rukovodilac vodio poslove Rukovodioca odeljenja za pripreme radove u Elektrovjvodini. Od 1994. godine kao rukovodilac vodio poslove Rukovodioca sektora razvoja i energetike (izrada srednjoročnih i godišnjih planova razvoja Elektrovjvodine i praćenja potrošnje električne energije u Elektrodistributivnom centru EV). U tom periodu omogućeno je daljinsko očitavanje podataka: vrh potrošnje i protok el. energije sa 90% trafostanica 110/x kV koje su povezane sa ED centrom EV.

Od 1997. do 2001. godine bio generalni sekretar JUKO CIRED-a Komiteta za elektrodistributivnu delatnost Jugoslavije (u to vreme Srbija i Crna Gora).

U period od 1993. godine sve do sada aktivno učestvuje u naučno istraživačkoj delatnosti na stručnim seminarima kao autor i koautor radova iz oblasti elektroprivrede, građevinarstva i ekonomije.

Od 1997. godine ulazi u tim borda direktora za EPS JP „ELEKTROVOJVODINA“ Novi Sad i kao direktor vodi poslove iz oblasti investicija, energetike i razvoja koji se obavljaju u Sektorima: investicija, razvoja i energetike.

Sredinom 1997. godine oblast poslovanja se proširuje novim Sektorom-Centrom za kvalitet po standardima ISO 9000, a 1998. godine uvodi se sistem kvaliteta po standardima ISO 9000 za celo preduzeće kao prvo javno preduzeće u SR Jugoslaviji.

Godine 1999., JP „ELEKTROVOJVODINA“ Novi Sad učestvuje na oceni uvedenog sistema kvaliteta po standardima ISO 9000 i osvaja Oskar kvaliteta kao najuređenije veliko Preduzeće u SR Jugoslaviji u primeni uvedenog sistema kvaliteta. Od 1999. godine do 2001. godine kao direktor u svojstvu direktora projekta sa timom inženjera vodi investiciju NORCEV-a (nastavno obrazovni rekreacioni centar Elektrovjvodine) neto površine 5.000 m<sup>2</sup> na Iriškom Vencu.

Godine 2003., ostvaruje pravo na licence za projektovanje i izgradnju objekata iz oblasti energetike i telekomunikacija.

Od 2003. godine pa nadalje odlazi u privatnu firmu „MTM NEKRETNINE“ u Novom Sadu i sa timom inženjera rukovodi investicijama na izgradnji poslovno-stambenih objekata u Novom Sadu neto površine oko 7.000 m<sup>2</sup>.

Od 2006. godine zaposlen u JKP „Stan“ u Novom Sadu kao glavni inženjer elektro radova, gde je između ostalog bio odgovorni rukovodilac elektro radova na izgradnji poslovno stambene zgrade – više lamela u Novom Sadu površine oko 8.000 m<sup>2</sup> i kompletne rekonstrukcije sa dogradnjom hotela Izvršnog veća AP Vojvodine na Andrevlju neto površine preko 4.000 m<sup>2</sup>.

Od 01.01.2012. godine ponovo zaposlen u privatnoj firmi “MTM NEKRETNINE” u Novom Sadu na rukovodećim poslovima vezanim za izgradnju poslovno-stambenih objekata u Novom Sadu. Zbog prestanka poslova “MTM NEKRETNINE” u investicionoj izgradnji stambeno-poslovnih zgrada od 10.10.2014. godine nalazi se na evidenciji Nacionalne službe za zapošljavanje.

## 2. METODA OCENE EFIKASNOSTI INVESTICIJA

Postoji dinamička ocena efikasnosti investicija gde se polazi od individualne koristi investitora pri oceni investicija. Primenom ove metode investitor donosi odluku da li je celishodnije novac ulagati u investicije ili ulagati u poslovnu banku. Primenljivost ove metode više je prisutna u zemljama kapitalističkog načina privređivanja zbog izraženog individualnog interesa u investiranju. U praksi se najčešće susreću sledeći metodi [1]:

- diskontni metod,
- metod interne kamatne stope i
- metod anuiteta

Kod razvojnih programa možemo koristiti [1]:

- metoda povrata uloženih sredstava.

S obzirom da ćemo na praktičnom primeru efikasnosti investicija ovih pet tipova elektrana koristiti: diskontni metod, metod interne kamatne stope i metod povrata uloženih sredstava, daćemo kratki opis ovih metoda.

### 2.1. DISKONTNI METOD

Diskontovanje se vrši primenom sledeće formule:

$$NSV=(P_1/(1+k)+P_2/(1+k)^2+\dots+P_n/(1+k)^n)-(T_0+T_1/(1+k)+T_2/(1+k)^2+\dots+T_n/(1+k)^n)$$

Pri čemu su: NSV-neto sadašnja vrednost;  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – prihodi;  $T_1, T_2, \dots, T_n$  – troškovi;  $T_0$  – investicioni iznos troškova;  $k$  – stopa ukamaćenja kapitala i  $n$  – broj godina investiranja.

### 2.2. METOD INTERNE KAMATNE STOPE

Ovom metodom se izračunava stopa dobiti koja se naziva internom kamatnom stopom. Za primenu ove metode koristi se sledeća formula:

$$F_r((1+k)^n-1/k(1+k)^n) - I = 0$$

Gde su:  $F_r$  – finansijski rezultat,  $I$  – investicioni iznos troškova,  $n$  – broj godina investiranja i  $k$  – kalkulaciona kamatna stopa.



**Aleksandra Galonja** rođena je 03.06.1995. godine u Novom Sadu. Osnovnu i srednju Ekonomsku školu završila u Novom Sadu. Student je Univerziteta Singidunum Centar Novi Sad. Govori engleski i nemački jezik. U radu aktivno koristi programske pakete: Word, Excel i Power Point.

## 2.3. METOD POVRATA ULOŽENIH SREDSTAVA

Formula za izračunavanje glasi:

$$t = \frac{I}{P-T}$$

pri čemu su:  $t$  – vreme povrata uloženih sredstava,  $I$  – visina uloženih sredstava,  $P$  – godišnji prihod i  $T$  – godišnji troškovi.

U praksi se daje prednost za slučaj kada je vreme povrata uloženih sredstava kraće (izraz “ $t$ ” je manje) i obrnuto.

## 3. PROCENA EKONOMSKE EFIKASNOSTI PROIZVODNIH KAPACITETA

Uradićemo analizu procene ekonomske efikasnosti pet tipova izvora električne energije koji mogu biti potencijalnim investitorima kandidati za proizvodnju električne energije za konzum AP Vojvodine. To su termoelektrane snage 500 MW (TIP1), termoelektrane snage 300 MW (TIP2), hidroelektrane snage 240 MW (TIP3), vetroelektrane 140 MW (TIP4) i solarne elektrane 140 MW (TIP5). Analiza za svaki tip izvora električne energije urađena je pomoću tri metode i to: (1) diskontni metod, (2) metod interne kamatne stope i (3) metod povrata uloženih sredstava. Analiza nije precizno obuhvatila troškove jer bi takva analiza bila predmet posebnog istraživanja.

### 3.1. TERMOELEKTRANE 500MW (TIP1)

#### 3.1.1. Diskontni metod

$T_0$ -investicioni iznos (visina uloženih sredstava) je:

- $1,20 \times 10^6$  €/MW [2] (investiciona vrednost po MW instalisane snage) pa je to za 500 MW =600.000.000€.

$P$ -godišnji prihod je:

- 500 MW x 6.000 sati [2] (ovaj tip elektrane toliko vremena radi godišnje a ostalo vreme su remontu) x 6€/ (pretpostavimo da je ovo uprosečna cena električne energije u Srbiji)=180.000.000 €.  $P_1=P_2=\dots=P_{30}=180.000.000$  €.

$T$ -godišnji troškovi su (na osnovu iskustva autora rada u Elektroprivredi Srbije):



**Andrej Kurtović** rođen je 01.08.1995. godine u Banja Luci. Osnovnu školu i gimnaziju završio je u Banja Luci. Zadnje dve godine je završio internacionalnu gimnaziju informatičkog smera takođe u Banja Luci. Student je Technische Univerzitet Wien, Ostereich. Govori engleski nemački jezik. U radu aktivno koristi programske pakete: Word, Excel i Power Point kao i programski jezik Java za programiranje.

- sopstvena potrošnja za elektrane i rudnik je oko 5% od prihoda gde nivo podzemnih voda nije visok a 10% od prihoda gde je visok nivo podzemnih voda pa je za 5% to  $180.000.000 \text{€} \times 0,05 = 9.000.000 \text{€}$ ,
- tehnički gubici u prenosu (visoki napon) 5% od prihoda i u distribuciji (srednji i niski napon) 10% od prihoda što ukupno čini 15% od prihoda (nije uzeta u obzir neovlašćena potrošnja-krađa el. energije) pa je to ukupno:  $180.000.000 \text{ €} \times 0,15 = 27.000.000 \text{ €}$ ,
- plate zaposlenim sa materijalnim troškovima (grejanje, klimatizacija, automobili, oprema...)  $2.500(\text{radnika}) \times 1.500 \text{ €}(\text{bruto}) \times 12(\text{месеци}) = 45.000.000 \text{ €}$ ,
- distributivna razlika za distribucije koje isporučuju el. energiju (plate, investicije, razvoj, remont...) je oko 20% pa to iznosi:  $180.000.000 \text{ €} \times 0,20 = 36.000.000 \text{ €}$ ,
- prenosna razlika (prenos el. energije od elektrane do distribucije-potrošača: plate, razvoj, investicije ...) je oko 6,6% pa je to:  $180.000.000 \text{ €} \times 0,066 = 11.880.000 \text{ €}$  i
- minimalno održavanje bez kapitalnih remonata iznosi oko 3% od investicione vrednosti pa je to:  $600.000.000 \text{ €} \times 0,03 = 18.000.000 \text{ €}$ .
- troškovi ukupno: 146.880.000 €

Napomena: nije uzet trošak rekultivacije zemljišta na rudnicima (vraćanje pejzažnog izgleda rudnika u prethodno stanje), trošak dizel goriva za injektovanje uglja kad startuje elektrana ili zbog lošeg kvaliteta uglja, kao i drugi nepredviđeni troškovi.

Da bi se model rešavao računom opšta formula troškova za svih pet tipova elektrana je sledeća:

$$T = a_1 P + a_2 P + 18.000 a_3 + a_4 P + a_5 P + a_6 T_0.$$

Gde je:

P-prihod i on varira po elektranama jer je u funkciji količine proizvedenih kWh,

$T_0$ -investiciona vrednost elektrane koja je različita za svaki tip elektrane,

$a_1$ -sopstvena potrošnja elektrane koja se kreće od 0,5-5% iznosa prihoda,

$a_2$ -tehnički gubici električne energije koji su uprosečeno 15% prihoda,

$a_3$ -broj radnika je različit za svaki tip elektrane,

$a_4$ -distributivna razlika je 20% od prihoda,

$a_5$ -prenosna razlika je 6,6% od prihoda i

$a_6$ -održavanje elektrane se kreće od 0,5-3% investicione vrednosti.

Uzmimo da je:

- $n=30$  godina,  $k=0,05$  (5%) i cena el. energije 6€/kWh.

Dobija se da je NSV za taj period (zaokružen na milione €): 33.000.000 € što nam govori da je **cena električne energije u Srbiji niska** i da sa tom cenom nije moguće uraditi kvalitetno kapitalne remonte elektrana iz sopstvenih sredstava već se to finansira iz budžeta Republike Srbije. Sadašnja uprosečena cena el. energije u Svetu je oko 10 €/kWh a da vidimo šta bi značilo za nas kad bi ona iznosila 8 €/kWh. Tada je NSV za taj period i ovaj tip elektrane: 567.000.000 €.

### 3.1.2. Metod interne kamatne stope

Ako uzmemo da je kalkulaciona stopa  $k=5\%$  tada je za cenu od 6€/kWh interna kamatna stopa  $k_1=5,4\%$ , a za cenu od 8 €/kWh interna kamatna stopa  $k_1=12,28\%$  Vidimo da je interna kamatna stopa za cenu od 8€/kWh veća od kalkulacione stope pa ima interesa od strane investitora da donese odluku o efikasnosti investiranja.

### 3.1.3. Metod povrata uložених sredstava

Za cene električne energije od 6€ i 8€/kWh električne energije vreme povrata uložених sredstava je sukcesivno 11 godina i 6,7 godina. Pomoću ove metode se zaključuje da je za investitora prihvatljiva cena od 8€/kWh.

## 3.2. TABELARNI PRIKAZ NSV, INTERNE KAMATNE STOPE I POVRATA ULOŽЕНИХ SREDSTAVA TIPOVA ELEKTRANA 1,2,3,4 I 5 SA CENAMA 6,8,15 I 20€/kWh

Primenjujući metodologiju datu u tački 3.1. za termoelektranu 500 MW (TIP1) urađene su vrednosti NSV, interne kamatne stope i vreme povrata uložених sredstava za: termoelektranu 300 MW (TIP2), hidroelektrane 240 MW (TIP3), vetroelektrane 140 MW (TIP4) i solarne elektrane 140 MW (TIP5) selektivno za cene električne energije od 6, 8, 15 i 20 €/kWh. Ovi podaci su dati u tabeli br. 1.

**Tabela br.1:** NSV, Interna kamatna stopa i vreme povrata uložених sredstava za elektrane TIP1, TIP2, TIP3, TIP4 i TIP5 za cene električne energije za 6,8,15 i 20€/kWh.

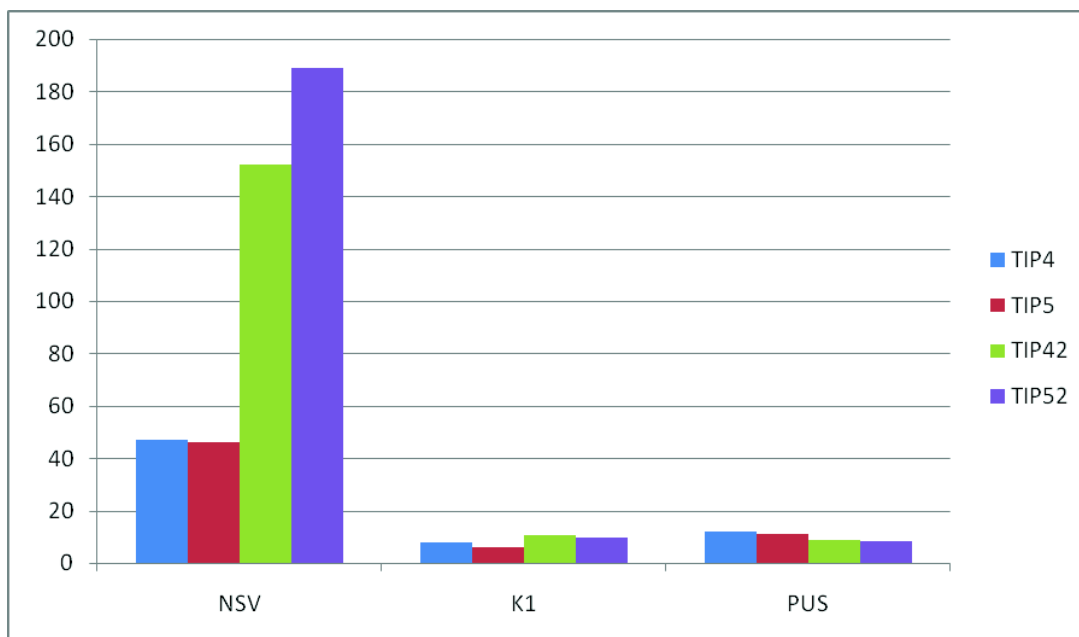
Izvor: Autori rada

Redni broj	Metod	Cena el. energije	Vrsta elektrane				
			TIP1	TIP2	TIP3	TIP4	TIP5
1.	Diskontni metod	6€/kWh	33	-179	35	-143	-212
		8€/kWh	567	120	227	-101	-154
	NSV	15€/kWh				47	46
	X1.000.000	20€/kWh				152	189
2.	Interna	6€/kWh	5,4	0,56	6	0,07	0,06

	<b>Kamatna</b>	8€/kWh	12,28	7,8	11,3	0,3	0,6
	<b>Stopa</b>	15€/kWh				7,1	6,2
	<b>K<sub>1</sub>(%)</b>	20€/kWh				10,5	9,6
<b>3.</b>	<b>Povrat</b>	6€/kWh	11	17	10	38	33
	<b>Uloženih</b>	8€/kWh	6,7	8,8	7	25	23
	<b>Srestava</b>	15€/kWh				10	11,2
	<b>t(godina)</b>	20€/kWh				8,6	8,2

**Napomena:**

- $1,23 \times 10^6$  €/MW i 5.700h/god za TIP2 [2] (investiciona vrednost po MW instalisane snage i vreme rada na godišnjem nivou, a ostalo vreme su remontu)
- $1,15 \times 10^6$  €/MW i 4.500h/god za TIP3 [2] (investiciona vrednost po MW instalisane snage i vreme rada na godišnjem nivou, a ostalo vreme su remontu)
- $1,54 \times 10^6$  €/MW i 1.700h/god za TIP4 [2] (investiciona vrednost po MW instalisane snage i vreme rada na godišnjem nivou-broj sati sa vetrom)
- $2,4 \times 10^6$  €/MW i 2.300h/god za TIP5 [3] (investiciona vrednost po MW instalisane snage) i [4] (vreme rada na godišnjem nivou-broj sunčanih sati)



Slik

**a1:** Neto sadašnja vrednost (NSV), Interna kamatna stopa (K1) i Vreme povrata uloženih sredstava (PUS) za elektrane TIP4 i TIP5 sa cenom od 15€/kWh isporučene električne energije i za elektrane TIP42 i TIP52 sa cenom od 20€/kWh isporučene električne energije. Izvor: Autori rada.



#### 4. ZAKLJUČAK

Preduslov da bi investitori ulagali novčana sredstva u proizvodnju električne energije sa termoelektranama i hidroelektranama (TIP1, TIP2 i TIP3) jeste da cena električne energije mora iznositi barem 8 €/kWh (to je 80% svetske cene koja je u proseku 10 €/kWh), a ne oko 6€/kWh koliko je sada. Sa ovom cenom električne energije elektroenergetski sistem Srbije može bez budžetske pomoći obaviti kvalitetno redovno održavanje, investiciono održavanje, kapitalne remonte i izgradnju novih objekata.

Što se tiče vetroenergije (TIP4) investitor ima interesa da ulaže ako je cena po kWh minimum 15€/a za solarnu energiju (TIP5) to je 20€/kWh. Ukoliko bi se kod nas pojavio investitor za obnovljive izvore električne energije tada mu je republička Vlada garant za cenu od 15 ili 20€/kWh a može da naplati od kupaca samo po sadašnjoj ceni 6€/kWh. To mogu sebi da dozvole samo privredno i ekonomski jake države gde su cene električne energije preko 20€/kWh.

#### REFERENCES

- [1] Vunjak, N. (1995) *Financial management*, Ekonomski fakultet, Subotica, pp. 269-276.
- [2] Čalović M., Mesarović M. (LXI). Wind Power Plants in modern Power Systems. The Journal of the Union of Yugoslav Electric Power Industry, 2009, (br 1), pp. 3-14.
- [3] [www.solarni-paneli.org/solarni-paneli-2](http://www.solarni-paneli.org/solarni-paneli-2), preuzeto 18.04.2015. godine.
- [4] [www.planeta.org.rs/60/10\\_energija.htm](http://www.planeta.org.rs/60/10_energija.htm), preuzeto 18.04.2015. godine.