

ODRŽIVE CENE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA ELEKTRIČNE ENERGIJE

SUSTAINABLE ELECTRICITY PRICE FROM RENEWABLE ELECTRICITY GENERATION

dr Dragoljub Tica, dipl.el.ing.²⁸¹
Aleksandra Galonja, student ekonomije²⁸²
Andrej Kurtović, student elektrotehnike²⁸³

Sadržaj: *Potrebno je uraditi analizu cena električne energije dobijene iz obnovljivih izvora električne energije, koji mogu biti kandidati za proizvodnju potrebne električne energije konzuma AP Vojvodine. To su sledeći tipovi izvora električne energije: hidroelektrane (TIP1), vetroelektrane (TIP2), solarne (sunčeva energija) elektrane (TIP3) i bioelektrana (biogas) (TIP4). Sa različitim cenama električne energije za navedene tipove elektrana analiziramo isplativost izgradnje 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, ponaosob za svaku vrstu obnovljivih izvora električne energije.. 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 vrate pre 10 godina.*

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

Abstract: *It is necessary to analyse 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: 240 MW hydroelectric power plants (type 1), wind turbines with total power of 140 MW (type 2), solar power plants with total power of 140 MW (type 3) and 100 MW power biogas plants (type 4). All the types are analysed 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 current prices of electricity for each analyzed fuel (hydro energy - type 1, wind energy - type 2, solar energy - type 3 and biogas energy - type 4*

²⁸¹ Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za industrijsko inženjerstvo i menadžment, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija

²⁸² Student, Singidunum Centar Novi Sad

²⁸³ Student, Technische Universität Wien Österreich

). 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, hydropower, wind farms, solar power plants and biogas 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, energetski 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 pripremne 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 m² 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 m².

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 m² i kompletne rekonstrukcije sa dogradnjom hotela Izvršnog veća AP Vojvodine na Andrevlju neto površine preko 4.000 m².

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]: metod povrata uložениh sredstava.

S obzirom da ćemo na praktičnom primeru efikasnosti investicija ovih pet tipova elektrana koristiti: diskontni metod, metod interne kamatne stope i metod povrata uložениh 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 – kalkulatorna 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 uložених sredstava, I – visina uložених sredstava, P – godišnji prihod i T – godišnji troškovi.

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

3. PROCENA EKONOMSKE EFIKASNOSTI PROIZVODNIH KAPACITETA

Uradićemo analizu procene ekonomske efikasnosti četiri tipa izvora električne energije koji mogu biti potencijalnim investitorima kandidati za proizvodnju električne energije za konzum AP Vojvodine. To su, hidroelektrane snage 240 MW (TIP1), vetroelektrane 140 MW (TIP2), solarne elektrane 140 MW (TIP3) i elektrane na biogas 100 MW (TIP4). 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 uložених sredstava. Analiza nije precizno obuhvatila troškove, jer bi takva analiza bila predmet posebnog istraživanja.



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, Österreich. Govori engleski nemački jezik. U radu aktivno koristi programske pakete: Word, Excel i Power Point kao i programski jezik Java za programiranje.

3.1. HIDROELEKTRANE 240MW (TIP1)

3.1.1. Diskontni metod

T_0 -investicioni iznos (visina uložених sredstava) je:

• $1,15 \times 10^6$ €/MW [2] (investiciona vrednost po MW instalisane snage) pa je to za 240 MW = 276.000.000€.

P -godišnji prihod je:

● 240 MW x 4.500 sati [2] (ovaj tip elektrane toliko vremena radi godišnje a ostalo vreme su remontu) x 6€C (pretpostavimo da je ovo uprosečena cena električne energije u Srbiji)=64.800.000 €. $P_1=P_2=\dots=P_{30}=64.800.000$ €.

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

- sopstvena potrošnja za elektranu je oko 1% od prihoda pa to iznosi 64.800.000€x0,01=648.000€,
- 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: 64.800.000 € x 0,15=9.720.000 €,
- plate zaposlenim sa materijalnim troškovima (grejanje, klimatizacija, automobile, oprema...) 500(radnika) x 1.500 €(bruto) x 12(месеци)=9.000.000 €,
- distributivna razlika za distribucije koje isporučuju el. energiju (plate, investicije, razvoj, remont...) je oko 20% pa to iznosi: 64.800.000 € x 0,20=12.960.000 €,
- prenosna razlika (prenos el. energije od elektrane do distribucije-potrošača: plate, razvoj, investicije ...) je oko 6,6% pa je to: 64.800.000 € x 0,066=4.276.000 € i
- minimalno održavanje bez kapitalnih remonata iznosi oko 3% od investicione vrednosti pa je to: 276.000.000 € x 0,03=8.280.000 €.
- troškovi ukupno: 44.884.000 €

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

$$T=a_1P+a_2P+18.000a_3+a_4P+a_5P+a_6T_0.$$

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€C/kWh.

Dobija se da je NSV za taj period (zaokružen na milione €): 35.000.000 € 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: 227.000.000 €.

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 $k_1=6\%$ a za cenu od 8 €/kWh interna kamatna stopa $k_1=11,3\%$ 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 uložениh sredstava

Za cene električne energije od 6€/ i 8€/kWh električne energije vreme povrata uložениh sredstava je sukcesivno 10 godina i 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 ULOŽЕНИH SREDSTAVA TIPOVA ELEKTRANA 1,2,3 i 4 SA CENAMA 6,8,15 i 20€/kWh

Primenjujući metodologiju datu u tački 3.1. za hidroelektranu 240 MW (TIP1) urađene su vrednosti NSV, interne kamatne stope i vreme povrata uložениh sredstava za hidroelektrane 240 MW (TIP1), vetroelektrane 140 MW (TIP2) , solarne elektrane 140 MW (TIP3) i bioelektrane 100 MW (TIP4) selektivno za cene električne energije od 6, 8, 15 i 20 €/kWh. Ovi podaci su dati u tabeli br. 1.

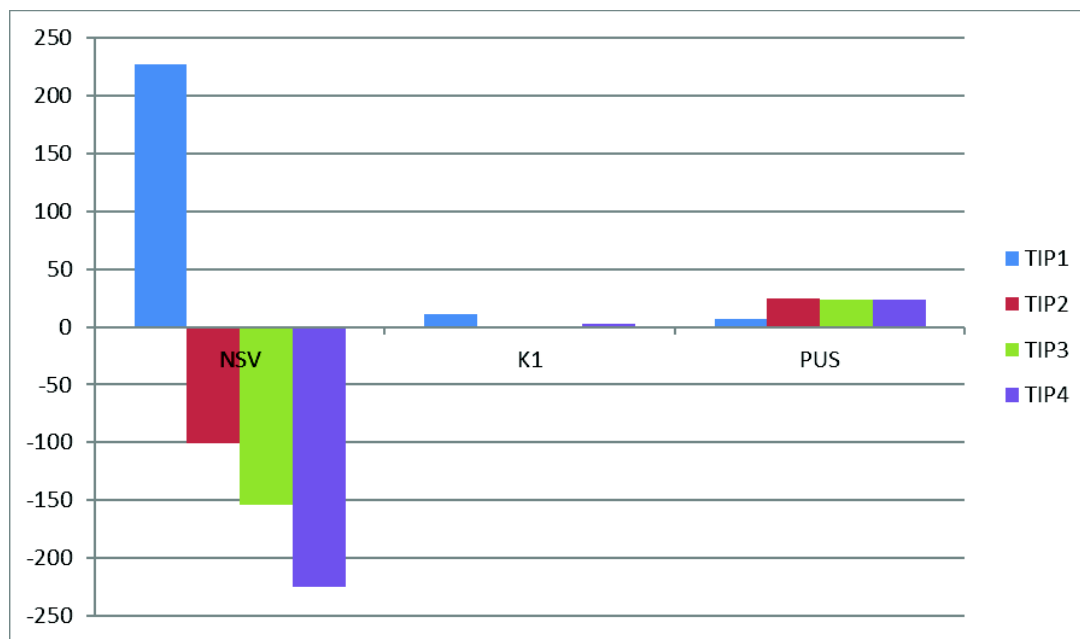
Redni broj	Metod	Cena el. energije	Vrsta elektrane			
			TIP1	TIP2	TIP3	TIP4
1.	Diskontni metod	6€/kWh	35	-143	-212	-320
		8€/kWh	227	-101	-154	-225
	NSV X1.000.000	15€/kWh	900	47	46	135
		20€/kWh	1280	152	189	389
2.	Interna Kamatna Stopa	6€/kWh	6	0,07	0,06	0,04
		8€/kWh	11,3	0,3	0,6	2,2
		15€/kWh	27,5	7,1	6,2	8,0

	$K_1(\%)$	20€/kWh	30	10,5	9,6	12,6
3.	Povrat	6€/kWh	10	38	33	88
	Uloženih	8€/kWh	7	25	23	24
	Sredstava	15€/kWh	5	10	11,2	7
	t(godina)	20€/kWh	2,7	8,6	8,2	5

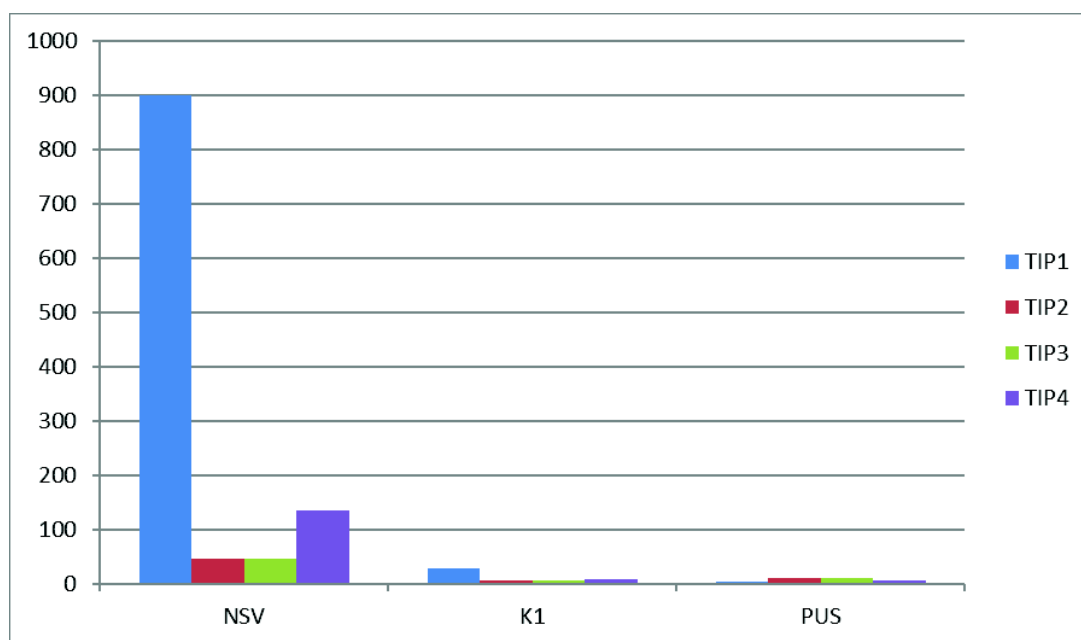
Tabela br. 1: NSV, Interna kamatna stopa i vreme povrata uloženih sredstava za elektrane TIP1, TIP2, TIP3 i TIP4 za cene električne energije za 6,8,15 i 20€/kWh. **Izvor:**Autori rada

Napomena:

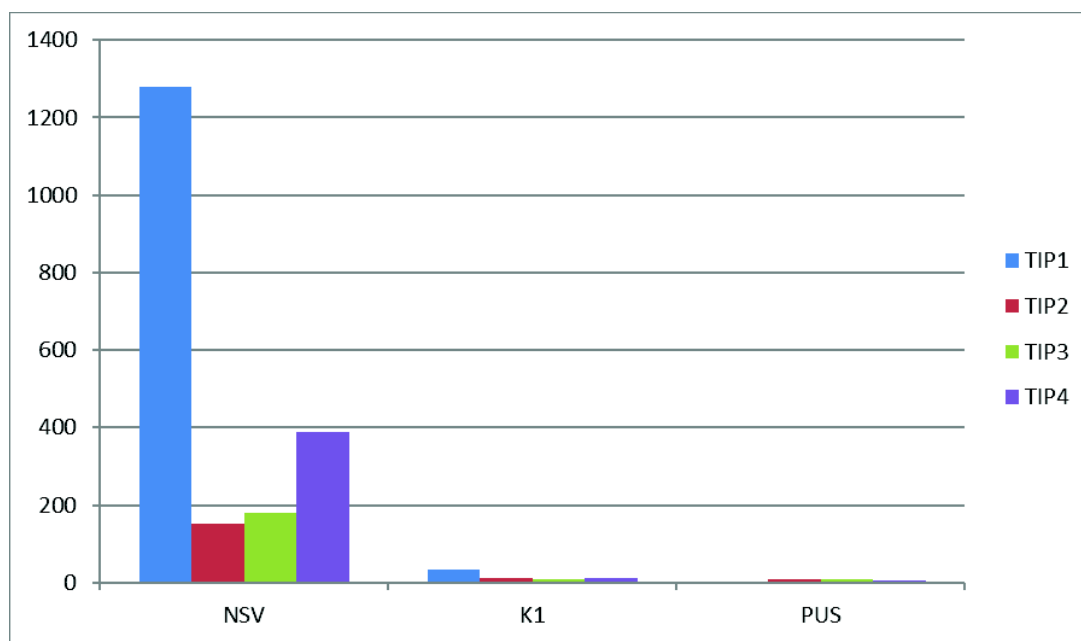
- $1,15 \times 10^6$ €/MW i 4.500h/god za TIP1 [2] (investiciona vrednost po MW instalisane snage i vreme rada na godišnjem nivou a ostalo vreme su remontu)
- $1,54 \times 10^6$ €/MW i 1.700h/god za TIP2 [2] (investiciona vrednost po MW instalisane snage i vreme rada na godišnjem nivou-broj sati sa vetrom)
- $2,4 \times 10^6$ €/MW i 2.300h/god za TIP3 [3] (investiciona vrednost po MW instalisane snage) i [4] (vreme rada na godišnjem nivou-broj sunčanih sati)
- $3,9 \times 10^6$ €/MW i 5.700h/god za TIP4 (investiciona vrednost po MW instalisane snage i vreme rada na godišnjem nivou a ostalo vreme su remontu)



Slika 1: Neto sadašnja vrednost (NSV), Interna kamatna stopa (K1) i Vreme povrata uloženih sredstava (PUS) za elektrane TIP1, TIP2, TIP3 i TIP4 sa cenom od 8€/kWh isporučene električne energije **Izvor:**Autori rada.



Slika 2: Neto sadašnja vrednost (NSV), Interna kamatna stopa (K1) i Vreme povrata uložениh sredstava (PUS) za elektrane TIP1, TIP2, TIP3 i TIP4 sa cenom od 15€/kWh isporučene električne energije **Izvor:**Autori rada.



Slika 3: Neto sadašnja vrednost (NSV), Interna kamatna stopa (K1) i Vreme povrata uložениh sredstava (PUS) za elektrane TIP1, TIP2, TIP3 i TIP4 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 hidroelektranama (TIP1) jeste da cena električne energije mora iznositi barem 8 €/kWh (to je 80% svetske cene koja je u prosečno 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 (TIP2) i elektrana na biogas (TIP4) investitor ima interesa da ulaže ako je cena po kWh minimum 15 €C a za solarnu energiju (TIP3) 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 razvijene 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.solarnipaneli.org/solarni-paneli-2, preuzeto 15.10.2015. godine.
- [4] www.planeta.org.rs/60/10_energija.htm, preuzeto 15.10.2015. godine.