

*Originalni naučni rad*

## **PROCENA EFIKASNOSTI SNABDEVANJA ENERGIJOM U SRBIJI NA BAZI DEA I TOPSIS METODA**

**Radojko Lukić\***

radojko.lukic@ekof.bg.ac.rs

**Dejan Molnar\*\***

dejan.molnar@ekof.bg.ac.rs

### **Rezime**

*Vrlo je izazovna problematika procene efikasnosti snabdevanja energijom pomoću DEA i TOPSIS metoda. Polazeći od toga, u ovom radu se istražuje efikasnost snabdevanja energijom u Srbiji primenom DEA i TOPSIS metoda. Prema DEA analizi, u posmatranom vremenskom periodu (2013 – 2019) snabdevanje energijom u Srbiji je bilo efikasno u 2013, 2014, 2015. i 2017, a neefikasno u 2016, 2018. i 2019. godini. Prema dobijenim rezultatima istraživanja efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji na bazi TOPSIS metode može se konstantovati da je ono bilo najefikasnije u 2014. godini. Slede po redosledu godine: 2013, 2019, 2017, 2015, 2018. i 2016. S obzirom na nalaz da je snabdevanje energijom u Srbiji bilo neefikasno u poslednjim godinama, neophodno je u cilju poboljšanja efikasnosti u budućnosti što efikasnije upravljati ljudskim kapitalom, aktivom, kapitalom, prodajom i profitom.*

**Ključne reči:** efikasnost, snabdevanje energijom, Srbija, DEA, AHP, TOPSIS.

**JEL KLASIFIKACIJA:** F64, L81, L94, O32, Q40

---

\* Univerzitet u Beogradu – Ekonomski fakultet

\*\* Univerzitet u Beogradu – Ekonomski fakultet

## UVOD

Vrlo je značajno kontinuirano praćenje efikasnosti snabdevanja energijom pomoću DEA i TOPSIS pristupa. S obzirom na to, predmet ovog rada je kompleksna analiza efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji na bazi DEA i TOPSIS metoda. Cilj i svrha je da se što potpunije sagleda efikasnost snabdevanja energijom (električnom energijom, gasom i parom) u Srbiji i da se predlože mere za unapređenje u ovoj oblasti u narednom periodu. U tome se, između ostalog, ogleda naučno-stručni doprinos ovog rada.

Vrlo je bogata literatura iz opšte analize i primene DEA i TOPSIS metoda u energetske sektoru<sup>1</sup>. Ona u ovom redu služi kao teorijsko-metodološka i empirijska osnova za što potpunije sagledavanje i kontrolu validnosti dobijenih rezultata efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji primenom odnosnih metoda.

Osnovna istraživačka hipoteza u ovom radu je da se kontinuiranim praćenjem efikasnosti snabdevanja energijom (u našem slučaju u Srbiji) ona može pomoću adekvatnih mera znatno unaprediti u budućnosti. Značajnu ulogu u tome ima primena DEA i TOPSIS metoda.

Izvor za empirijske podatke u ovom radu je Agencija za privredne registre (APR) Republike Srbije. Podaci su “proizvedeni” u skladu sa relevantnim međunarodnim standardima. U pogledu međunarodne uporedivosti ne postoje nikakva ograničenja.

## 1. DEA MODELI

U ovom radu metodologija istraživanja faktora efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji je zasnovana na primeni DEA pristupa. U kontekstu teorijske analize DEA pristupa ukratko ćemo izložiti CCR model i BCC model.

**Model CCR** zasnovan je na fiksnom ili konstantnom prinosu na obim. To znači da proporcionalno povećanje svih inputa rezultira proporcionalnom povećanju svih outputa. Dual od CCR efikasnosti se iskazuje kao:

---

<sup>1</sup> Banihashemi (2020); Hwang (1981); Xu (2020); Iqbal (2019); Klein and Whalley (2015); Lukic (2019, 2020 a,b,c); Mardani (2018); Saaty (2008); Taylan (2020); Wang (2019); Yilan (2020); Young (1994); Ersoy (2020); Hossein Khanjarpanah (2021); Arslan (2020); Vörösmarty (2020).

*Min  $\theta$*

pri ograničenju

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io} \quad i = 1 \dots m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} \geq y_{ko} \quad k = 1 \dots s$$

$$\lambda \geq 0 \quad j = 1 \dots n \quad (1)$$

gde je  $\theta$  tehnička efikasnost jedinica DMU 0 ,  $\lambda$  dualna varijabla za identifikaciju uporedivih neefikasnih jedinica. Ako je  $\theta^*$  jednaka vrednosti jedan, posmatrana jedinica DMU je tehnički efikasna.

Koncept CCR modela je modifikovan s uvođenjem BCC modela (od strane Banker-Charnes-Cooper) promenom konstantnog prinosa na obim (CRS) s varijabilnim prinosom na obim (VRS). Jedinica DMU posluje pod varijabilnim prinosom na obim ako povećanje inputa ne rezultira proporcionalnim promenama outputa. BCC model prikazan je kao:

*Min  $\theta$*

pri ograničenju

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io} \quad i = 1 \dots m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} \geq y_{ko} \quad k = 1 \dots s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad j = 1 \dots n$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (2)$$

BCC model deli tehničku efikasnost (TE) dobijenu CCR modelom na dva dela: 1) čistu tehničku efikasnost (PTE), koja ignoriše uticaj veličine obima sa kompariranjem jedinice DMU sa jedinicama slične skale i meri kako jedinica DMU koristi inpute pod egzogenim uslovima; i 2) efikasnost skale (SE), koja pokazuje kako veličina obima utiče na efikasnost, formulisane kao:  $SE = TE / PTE$ .

## 2. METODA ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA (AHP)

Metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) odvija se kroz sledeće korake<sup>2</sup>:

<sup>2</sup> Videti: Saaty (2008).

Korak 1: Formiranje matrice parova poređenja

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Korak 2: Normalizacija matrice parova poređenja

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, i, j = 1, \dots, n \quad (4)$$

Korak 3: Određivanje relativnog značaja, tj. ponderisanih vektora

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}^*}{n}, i, j = 1, \dots, n \quad (5)$$

Indeks konzistentnosti - CI (Consistency index) predstavlja meru odstupanja  $n$  od  $\lambda_{\max}$  i može se predstaviti sledećom formulom:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n} \quad (6)$$

Ako je  $CI < 0,1$  procenjene vrednosti koeficijenata  $a_{ij}$  su konzistentne, a odstupanje  $\lambda_{\max}$  od  $n$  je zanemarljivo. To znači, drugim rečima, da AHP metoda prihvata nekonzistentnost manju od 10%.

Pomoću indeksa konzistentnosti može se izračunati odnos konzistentnosti  $CR = CI/RI$ , pri čemu je RI slučajan indeks.

### 3. TOPSIS METODA

Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) veoma se uspešno koristi u proceni finansijskih performansi preduzeća. To je tehnika višekriterijumskog odlučivanja koju su prvi razvili i primenili Hwang i Yoon (1981). Prema ovoj metodi, alternative su definisane njihovim distancama od idealne solucije. Cilj je izbor optimalne alternative koja je nabliza optimalnom rešenju, odnosno najudaljenija od negativnog idealnog rešenja. Pozitivno idealno rešenje maksimizira korisnost, tj. minimizira troškove (u odnosu na dati problem). Nasuprot tome, negativno idealno rešenje maksimizira troškove, odnosno minimizira korisnost.

TOPSIS metoda se sastoji iz 6 koraka<sup>3</sup>:

#### Korak 1: Kreiranje inicijalne matrice

U prikazanoj inicijalnoj matrici  $A_{ij}$  sa “ $m$ ” je označen broj alternativa, a sa “ $n$ ” broj kriterijuma:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

#### Korak 2: Formiranje ponderisane normalizovane matrice odlučivanja

Normalizovana matrica odlučivanja ( $R_{ij}$ ;  $i=1, \dots, m$ ;  $j=1, \dots, n$ ) određuje se jednačinom (7) sa elementima matrice  $A_{ij}$ :

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (7)$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, m \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

<sup>3</sup> Videti: Üçüncü et al. (2018).

$$R_{ij} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

U jednačini (8) ponderisana mera “ $j$ ” je predstavljena sa  $W_{ij}$ . Ponderisana normalizovana matrica odlučivanja ( $V_{ij}; i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$ ) je utvrđena korišćenjem jednačine (8) sa elementima normalizovane matrice:

$$V_{ij} = W_{ij} * r_{ij} \tag{8}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Korak 3: Određivanje pozitivnog i negativnog idealnog rešenja

Vrednost pozitivnog idealnog rešenja ( $A^+$ ) i negativnog idealnog rešenja ( $A^-$ ) se utvrđuje iz vrednosti ponderisane normalizovane matrice ( $V_{ij}$ ).  $A^+$  je bolji, a  $A^-$  lošiji performansni rezultat (*performance score*).

Vrednost pozitivnog-idealnog rešenja ( $A^+$ ) i negativnog-idealnog rešenja ( $A^-$ ) se određuje na sledeći način (jednačina (9) i (10) respektivno):

$$A^+ = \{v_i^+, \dots, v_n^+\} = \left\{ \left( \max_i v_{ij}, j \in j \right) \left( \min_i v_{ij}, j \in j' \right) \right\} \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{9}$$

$$A^- = \{v_i^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left( \min_i v_{ij}, j \in j \right) \left( \max_i v_{ij}, j \in j' \right) \right\} \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{10}$$

gde je  $j$  u vezi sa benefitnim kriterijumom, i  $j'$  u vezi sa troškovnim kriterijumom.

Korak 4: Određivanje posebnih mera (tj. rastojanja alternativa od idealnog i neagativno-idealnog rešenja)

Rastojanje od pozitivnog-idealnog rešenja ( $S_i^+$ ) i negativnog-idealnog rešenja ( $S_i^-$ ) za svaku alternativu prema datom kriterijumu se utvrđuje korišćenjem jednačine (11) i (12).

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (12)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Korak 5: Određivanje koeficijenta relativne bliskosti idealnom rešenju

Posebne mere pozitivnog-idealnog rešenja ( $S_i^+$ ) i negativnog-idealnog rešenja ( $S_i^-$ ) su korišćene za određivanje relativne bliskosti idealnom rešenju ( $C_i^+$ ) za svaku tačku odlučivanja.  $C_i^+$  reprezentuje relativnu bliskost idealnom rešenju i uzima vrednost u rasponu  $0 \leq C_i^+ \leq 1$ . " $C_i^+ = 1$ ", pokazuje relativnu bliskost pozitivnom-idealnom rešenju. " $C_i^+ = 0$ " pokazuje relativnu bliskost negativnom-idealnom rešenju.

Relativna bliskost idealnom rešenju ( $C_i^+$ ;  $i=1, \dots, m$ ;  $j=1, \dots, n$ ) je utvrđena korišćenjem jednačine (13):

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (13)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Korak 6: Sortiranje alternativa prema relativnoj superiornosti

Utvrđivanje relativne superiornosti rezultata (*score*) reprezentuje ostvarene kompanijske performanse. Visoki rezultati korenspondiraju sa boljim performansama. Rezultati se mogu koristiti za utvrđivanja ranga kompanije u okviru industrije<sup>4</sup>.

**4. MERENJE EFIKASNOSTI SNABDEVANJA ENERGIJOM U SRBIJI NA BAZI DEA PRISTUPA**

Prilikom merenja efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji na bazi DEA pristupa kao ulazni elementi su uzeti: broj zaposlenih, aktiva i kapital, a kao izlazni: poslovni prihodi i neto dobitak. DMU jedinice su posmatrane tokom perioda 2013 – 2019. godina. U Tabeli 1. su prikazani input / output podaci snabdevanja energijom (električnom energijom, gasom i parom) u Srbiji za period 2013 -2019. godina.

*Tabela 1. Input / output podaci*

DMU	(I)Broj zaposlenih	(I)Aktiva	(I)Kapital	(O)Poslovni prihodi	(O)Neto profit
2013	29693	1707804	1128392	618275	24758
2014	29187	1733681	1132326	694327	20819
2015	41351	1629298	996345	644651	22337
2016	42225	1725685	1073456	547265	24070
2017	40877	1760771	1091014	596824	38092
2018	39880	1842336	1081718	592127	17768
2019	38952	1881705	1196557	622680	24383

Napomena: Podaci su iskazani u milionima dinara. Broj zaposlenih je u celom broju

Izvor: Agencija za privredne registre Republike Srbije

U Tabeli 2. je prikazana deskriptivna statistika input / output podataka.

Tabela 2. Deskriptivna statistika input / output podataka

	N	Minimum	Maximum	Aritmetička sredina	Standradna devijacija
1 Broj zaposlenih	7	29187.00	42225.00	37452.14	5573.33
2 Aktiva	7	1629298.00	1881705.00	1754468.57	84710.67
3 Kapital	7	996345.00	1196557.00	1099972.57	61965.38
4 Poslovni prihodi	7	547265.00	694327.00	616592.71	45944.67
5 Neto profit	7	17768.00	38092.00	24603.86	6435.32
Valid N (listwise)	7				

Napomena: Kalkulacija autora pomoću softverskog programa SPSS.

Podaci u prethodnoj tabeli pokazuju da su u 2019. vrednosti input / output podataka nešto iznad ili blizu proseku. To samo po sebi ukazuje na izvesno poboljšanje performansi (efikasnosti) snabdevanja energijom u Srbiji.

U Tabeli 3. je prikazana korelaciona matrica input / output podataka.

Tabela 3. Korelaciona matrica input / output podataka

		1	2	3	4	5
1 Broj zaposlenih	Pearson koeficijent korelacije	1	.118	-.458	-.648	.223
	Sig. (2-tailed)		.801	.302	.116	.631
	N	7	7	7	7	7
2 Aktiva	Pearson koeficijent korelacije	.118	1	.710	-.202	-.053
	Sig. (2-tailed)	.801		.074	.664	.910
	N	7	7	7	7	7
3 Kapital	Pearson koeficijent korelacije	-.458	.710	1	.158	.047
	Sig. (2-tailed)	.302	.074		.735	.919
	N	7	7	7	7	7
4 Poslovni prihodi	Pearson koeficijent korelacije	-.648	-.202	.158	1	-.237
	Sig. (2-tailed)	.116	.664	.735		.608
	N	7	7	7	7	7

5 Neto profit	Pearson koeficijent korelacije	.223	-.053	.047	-.237	1
	Sig. (2-tailed)	.631	.910	.919	.608	
	N	7	7	7	7	7

Napomena: Kalkulacija autora pomoću softverskog programa SPSS

Na osnovu podataka iz prethodne tabele može se zaključiti da postoji umerena korelaciona veza između input / output podataka. U Tabeli 4. i na Slikama 1, 2, 3. i 4. su prikazani rezultati DEA analize efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji.

*Tabela 4. DEA analiza efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji*

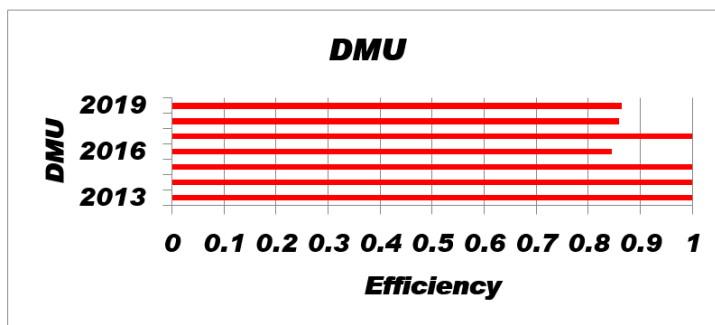
No.	DMU	Mod-el = CCR-I		Mod-el = CCR-O		Mod-el = BCC-I		Mod-el = BCC-O	
		Skor/ocena	Rang	Skor/ocena	Rang	Skor/ocena	Rang	Skor/ocena	Rang
1	2013	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2014	1	1	1	1	1	1	1	1
3	2015	1	1	1	1	1	1	1	1
4	2016	0.8446	7	0.8446	7	0.9553	5	0.855	7
5	2017	1	1	1	1	1	1	1	1
6	2018	0.8593	6	0.8593	6	0.9549	6	0.8761	6
7	2019	0.8641	5	0.8641	5	0.8968	7	0.9365	5
	Prosek	0.9383		0.9383		0.9724		0.9525	
	Max	1		1		1		1	
	Min	0.8446		0.8446		0.8968		0.855	
	St. Dev.	0.0772		0.0772		0.0395		0.0641	

Napomena: Kalkulacija autora pomoću softverskog programa DEA-Solver.

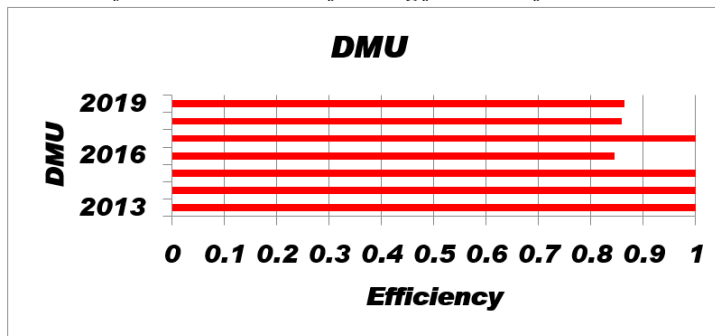
Na osnovu DEA analize može se zaključiti da su prema: modelu CCR-I 4 jedinice efikasne, a 3 neefikasne; modelu CCR-O 4 jedinice efikasne a 3 neefikasne; modelu BCC-I 4 jedinice efikasne a 3 neefikasne; i modelu BCC-O 4 jedinice efikasne, a 3 neefikasne. U posmatranom vremenskom

periodu (2013 – 2019) snabdevanje energijom u Srbiji je bilo efikasno u 2013, 2014, 2015. i 2017, a neefikasno u 2016, 2018. i 2019. godini. S obzirom na to da je snabdevanje energijom u Srbiji bilo prema svim DEA modelima neefiksno u poslednjim godinama iz uzorka, neophodno je u cilju poboljšanja efikasnosti u budućnosti što efikasnije upravljati ljudskim kapitalom, aktivom, kapitalom, prodajom i profitom.

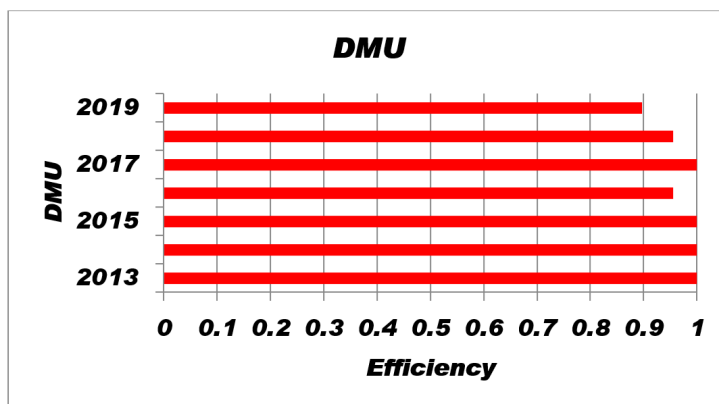
Slika 1. Efikasnost snabdevanja energijom u Srbiji: Model CCR-I



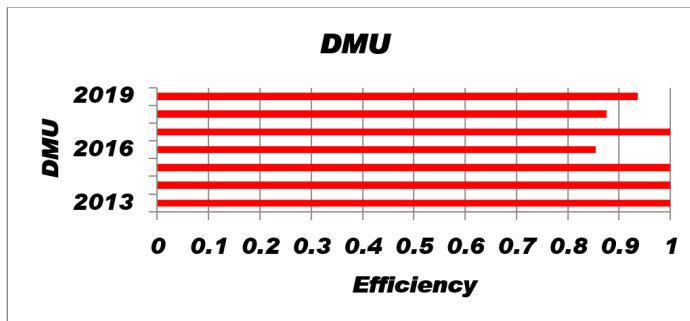
Slika 2. Efikasnost snabdevanja energijom u Srbiji: Model CCR-O



Slika 3. Efikasnost snabdevanja energijom u Srbiji: Model BCC-I



Slika 4. Efikasnost snabdevanja energijom u Srbiji: Model BCC-O



U cilju što kompleksnije analize efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji u Tabeli 5. su prikazani rezultati DEA analize za odabrane kompanije prema modelu BCC-O za 2019. godinu.

Tabela 5. Efikasnost odabranih kompanija za snabdevanje energijom u Srbiji prema modelu BCC-O

Model = BCC-O			
r. br.	DMU	Skor / ocena	Rang
1	JP EPS Beograd	1	1
2	JP Srbijagas Novi Sad	1	1

3	JKP Beogradske elektrane Beograd	1	1
4	NIS AD Novi Sad	1	1
	Prosek	1	
	Max	1	
	Min	1	
	St Dev	0	

Napomena: Kalkulacija autora pomoću softverskog programa DEA-Solver

Izvor: Agencija za privredne registre Republike Srbije

Rezultati DEA analize pokazuju da su prema modelu BCC-O sve posmatrane kompanije koje se bave snabdevanjem energije bile efikasne u 2019. godini.

## 5. EVALUACIJA EFIKASNOSTI SNABDEVANJA ENERGIJOM U SRBIJI POMOĆU TOPSIS METODE

Prilikom evaluacije efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji na bazi TOPSIS metode kao kriterijumi su korišćeni: C1 – broj zaposlenih, C2 – aktiva, C3 – kapital, C4 – poslovni prihodi i C5 – neto profit. Alternative su posmatrane godine: A1 – 2013, A2 – 2014, A3 – 2015, A4 – 2016, A5 – 2017, A6 – 2018. i A7 – 2019. godina. Ponderisani koeficijenti su utvrđeni pomoću AHP metode (korišćenjem programa AHP Software-Excel). Oni su prikazani u Tabeli 6. i na Slici 5.

Tabela 6. Ponderisani koeficijenti kriterijuma

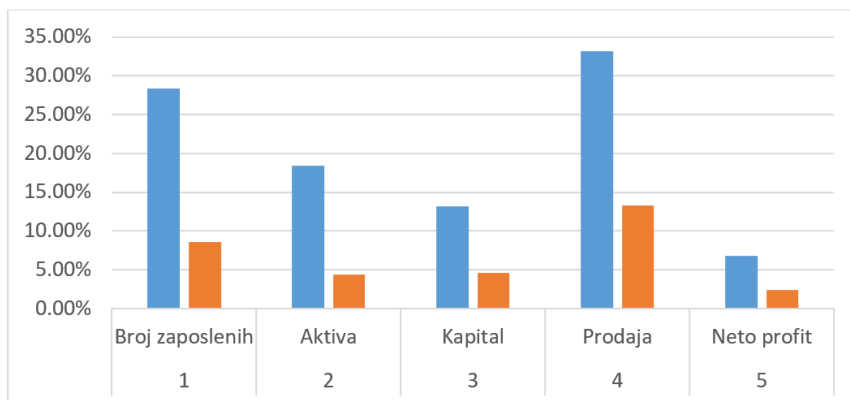
	Kriterijum	Ponderi	+/-
1	Broj zaposlenih	28.4%	8.6%
2	Aktiva	18.4%	4.4%
3	Kapital	13.2%	4.6%
4	Prodaja	33.2%	13.3%
5	Neto profit	6.8%	2.4%

<b>Result</b>	<b>Eigenvalue</b>	Lambda: <b>5.223</b>	MRE: 33.2%
	<b>Consistency Ratio</b>	0.37 GCI: <b>0.18</b>	Psi: <b>6.7%</b> CR: <b>5.0%</b> —

Matrica		Broj zaposlenih	Aktiva	Kapital	Prodaja	Neto profit	normalized principal Eigenvector
		1	2	3	4	5	
Broj zaposlenih	1	1	2	3	1/2	4	28.43%
Aktiva	2	1/2	1	2	1/2	3	18.37%
Kapital	3	1/3	1/2	1	1/2	3	13.18%
Prodaja	4	2	2	2	1	3	33.23%
Neto profit	5	1/4	1/3	1/3	1/3	1	6.80%

Napomena: Kalkulacija autora pomoću softverskog programa AHP Software-Excel

Slika 5. Ponderisani koeficijenti kriterijuma



Po značaju kriterijuma na prvom mestu je prodaja. Slede po redosledu: broj zaposlenih, aktiva, kapital i neto profit. To znači da se poboljšanjem upravljanja prodajom može značajno uticati na unapređenje efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji.

Dobijeni rezultati analize efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji na bazi TOPSIS metode su prikazani u narednim priloženim tabelama, kao i na Slici 6. U Tabeli 7. je prikazna inicijalna matrica odlučivanja.

Tabela 7. Inicijalna matrica

Ponderi kriterijuma	0.284	0.184	0.132	0.332	0.068
Vrsta kriterijuma	-1	1	1	1	1
Inicijalna matrica	C1	C2	C3	C4	C5
A1	29693	1707804	1128392	618275	24758
A2	29187	1733681	1132326	694327	20819
A3	41351	1629298	996345	644651	22337
A4	42225	1725685	1073456	547265	24070
A5	40877	1760771	1091014	596824	38092
A6	39880	1842336	1081718	592127	17768
A7	38952	1881705	1196557	622680	24383

Informacija za normalizaciju					
------------------------------	--	--	--	--	--

<b>Zbor kvadrata</b>	1.0005E+10	2.159E+13	8.4926E+12	2.67397E+12	4.486E+09
<b>SQRT</b>	100025.06	46465222.91	2914209.3	1635228.27	66977.08

U Tabeli 8. je prikazana normalizovana matrica odlučivanja.

*Tabela 8. Normalizovana matrica odlučivanja*

<b>Ponderi kriterijuma</b>	0.284	0.184	0.132	0.332	0.068
<b>Vrsta kriterijuma</b>	-1	1	1	1	1
<b>Normalizovana matrica</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
<b>A1</b>	0.2969	0.3675	0.3872	0.3781	0.3696
<b>A2</b>	0.2918	0.3731	0.3886	0.4246	0.3108
<b>A3</b>	0.4134	0.3506	0.3419	0.3942	0.3335
<b>A4</b>	0.4221	0.3714	0.3684	0.3347	0.3594
<b>A5</b>	0.4087	0.3789	0.3744	0.3650	0.5687
<b>A6</b>	0.3987	0.3965	0.3712	0.3621	0.2653
<b>A7</b>	0.3894	0.4050	0.4106	0.3808	0.3640

U Tabeli 9. je prikazana normalizovana težinski matrica odlučivanja.

*Tabela 9. Normalizovana težinski matrica*

<b>Normalizovana ponderisana matrica</b>					
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
<b>A1</b>	0.0843	0.0676	0.0511	0.1255	0.0251
<b>A2</b>	0.0829	0.0687	0.0513	0.1410	0.0211
<b>A3</b>	0.1174	0.0645	0.0451	0.1309	0.0227
<b>A4</b>	0.1199	0.0683	0.0486	0.1111	0.0244
<b>A5</b>	0.1161	0.0697	0.0494	0.1212	0.0387
<b>A6</b>	0.1132	0.0730	0.0490	0.1202	0.0180
<b>A7</b>	0.1106	0.0745	0.0542	0.1264	0.0248

<b>MIN</b>	0.0829	0.0645	0.0451	0.1111	0.0180
<b>MAX</b>	0.1199	0.0745	0.0542	0.1410	0.0387

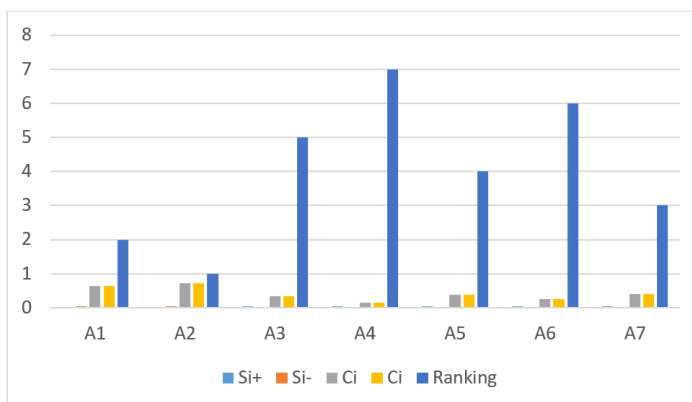
A+	0.0829	0.0745	0.0542	0.1410	0.0387
A-	0.1199	0.0645	0.0451	0.1111	0.0180

U Tabeli 10. i na Slici 6. je prikazano rangiranje alternativa.

Tabela 10. Rangiranje alternativa

	Alternative	Si+	Si-	Ci	Ci	Rangiranje
2013	A1	0.0219	0.0396	0.6438	0.644	2
2014	A2	0.0187	0.0482	0.7204	0.720	1
2015	A3	0.0416	0.0205	0.3296	0.330	5
2016	A4	0.0503	0.0082	0.1405	0.140	7
2017	A5	0.0392	0.0242	0.3818	0.382	4
2018	A6	0.0425	0.0146	0.2557	0.256	6
2019	A7	0.0343	0.0234	0.4059	0.406	3

Slika 6. Rangiranje alternativa



Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji na bazi TOPSIS metode može se konstatovati da je ONO najefikasnije bilo u 2014. godini. Slede po redosledu godine: 2013, 2019, 2017, 2015, 2018. i 2016. U cilju poboljšanja efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji u budućnosti neophodno je što efikasnije upravljati ljudskim kapitalom, aktivom, kapitalom, prodajom i profitom.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu DEA analize može se zaključiti da su prema: modelu CCR-I 4 jedinice efikasne, a 3 neefikasne; modelu CCR-O 4 jedinice efikasne, a 3 neefikasne; modelu BCC-I 4 jedinice efikasne, a 3 neefikasne; i modelu BCC-O 4 jedinice efikasne, a 3 neefikasne. U posmatranom vremenskom periodu (2013 – 2019) snabdevanje energijom u Srbiji je bilo efikasno u 2013, 2014, 2015. i 2017, a neefikasno u 2016, 2018. i 2019. S obzirom na to da je bila nezadovoljavajuća efikasnost snabdevanja energijom u Srbiji u poslednjim godinama neophodno je u cilju poboljšanja efikasnosti u budućnosti što efikasnije upravljati ljudskim kapitalom, aktivom, kapitalom, prodajom i profitom.

Prema dobijenim rezultatima istraživanja efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji na bazi TOPSIS metode može se konstantovati da je ono najefikasnije bilo u 2014. Slede po redosledu godine: 2013, 2019, 2017, 2015, 2018. i 2016. U cilju poboljšanja efikasnosti snabdevanja energijom u Srbiji u budućnosti neophodno je što efikasnije upravljati ljudskim kapitalom, aktivom, kapitalom, prodajom i profitom.

## ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF ENERGY SUPPLY IN SERBIA ON THE BASIS OF DEA AND TOPSIS METHODS

### Abstract

*The issue of assessing the efficiency of energy supply using DEA and TOPSIS methods is very challenging. Starting from that, this paper investigates the efficiency of energy supply in Serbia using DEA and TOPSIS methods. According to the DEA analysis, in the observed time period (2013 - 2019), energy supply in Serbia was efficient in 2013, 2014, 2015 and 2017, and inefficient in 2016, 2018 and 2019. According to the results of the research on the efficiency of energy supply in Serbia on the basis of the TOPSIS method, it can be stated that it was the most efficient in 2014, followed the order of the year: 2013, 2019, 2017, 2015, 2018 and 2016. Given the finding that energy supply in Serbia has been inefficient in recent years, it is necessary in order to improve efficiency in the future to more efficiently manage human capital, assets, capital, sales, and profit.*

**Key words:** efficiency, energy supply, Serbia, DEA, AHP, TOPSIS.

## LITERATURA

Arslan, A.E., Arslan, O. & Kandemir, S.Y. (2020). AHP–TOPSIS hybrid decision-making analysis: Simav integrated system case study. *J Therm Anal Calorim* . <https://doi.org/10.1007/s10973-020-10270-4>

Banihashemi, S.A. and Khalilzadeh, M. (2020) .A new approach for ranking efficient DMUs with data envelopment analysis. *World Journal of Engineering*, 17(4), 573-583. <https://doi.org/10.1108/WJE-03-2020-0092>

Ersoy, Y. (2020). Performance Evaluation in Distance Education by Using Data Envelopment Analysis (DEA) and TOPSIS Methods. *Arab J Sci Eng* . <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05087-0>

HosseinKhanjarpanah,SeyedMohammadSeyedhosseini&Mohammad Saidi-Mehrabad (2021). A novel data envelopment analysis for location of renewable energy site with respect to sustainability. *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2020.1844164

Hwang C.L., Yoon K.S. (1981). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Berlin: Springer.

Xu, T., You, J., Li, H., Shao, L. (2020). Energy Efficiency Evaluation Based on Data Envelopment Analysis: A Literature Review. *Energies*, 13, 3548.

Iqbal, W., Altalbe, A., Fatima, A., Ali, A., Hou, Y. (2019). A DEA approach for assessing the energy, environmental and economic performance of top 20 industrial countries. *Processes*, 7, 902.

Klein, S.J.W., Whalley, S. (2015). Comparing the sustainability of U.S. electricity options through multi-criteria decision analysis. *Energy Policy*, 79,127–149.

Lukic, R. and Hadrovic Zekic, B. (2019). Evaluation of efficiency of trade companies in Serbia using the DEA approach. Proceedings of the 19 th International Scientific Conference BUSINESS LOGISTICS IN MODERN MANAGEMENT October 10-11, Osijek, Croatia, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics in Osijek, 145-165.

Lukic, R, Hadrovic Zekic, B. and Crnjac Milic, D. (2020a). Financial performance evaluation of trading companies in Serbia using the integrated

Fuzzy AHP - TOPSIS Approach. 9th INTERNATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM REGION, ENTREPRENEURSHIP, DEVELOPMENT, Under the auspices of: REPUBLIC OF CROATIA MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION, Osijek, June, 690-703.

Lukic, R. and Hadrovic Zekic, B. (2020b). PRODUCTIVITY ANALYSIS OF RETAIL TRADE IN THE EUROPEAN UNION AND SERBIA USING THE AHP-TOPSIS METHOD. Proceedings of the 20th International Scientific Conference BUSINESS LOGISTICS IN MODERN MANAGEMENT October 7-9, 2020 Osijek, Croatia. JOSIP JURAJ STROSSMAYER UNIVERSITY OF OSIJEK FACULTY OF ECONOMICS IN OSIJEK, 2015-232.

Lukic, R. (2020c), ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF TRADE IN OIL DERIVATIVES IN SERBIA BY APPLYING THE FUZZY AHP-TOPSIS METHOD, *Business Excellence and Management*, 10 (3), 80-98.

Mardani, A. (2018). Data Envelopment Analysis in Energy and Environmental Economics: An Overview of the State-of-the-Art and Recent Development Trends. *Energies*, 11, 2002.

Saaty, T.L. (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *Int J Serv Sci*, 1(1), 83-98.

Taylan, O., AlAmoudi, R., Kabli, M., Aljifri, A., Ramzi, F., Herrera-Viedma, E. (2020). Assessment of Energy Systems Using Extended Fuzzy AHP, Fuzzy VIKOR, and TOPSIS Approaches to Manage Non-Cooperative Opinions. *Sustainability*, 12, 2745.

Üçüncü, T., Akyüz, K. C., Akyüz, İ., Bayram, B. Ç., Ve Ersen, N. (2018). Evaluation Of Financial Performance Of Paper Companies Traded At BIST With TOPSIS Method. *Kastamonu University Journal Of ForestryFaculty*, 18(1), 92-98.

Wang, L.W., Le, K.D., Nguyen, T.D. (2019). Assessment of the energy efficiency improvement of twenty-five countries: A DEA approach. *Energies*, 12, 1535.

Vörösmarty, G. and Dobos, I. (2020). A literature review of sustainable supplier evaluation with data envelopment analysis. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121672.

Yilan, G., Kadirgan, M.A.N., Çiftçiöğlü, G.A. (2020). Analysis of electricity generation options for sustainable energy decision making: the case of Turkey. *Renew Energy*, 146,519–529.

Young, J. L., Ting, Y. L. and Hwang, C. L. (1994). TOPSIS for MODM. *European Journal of Operational Research*, North-Holland, 76, 486-500.