

Justyna MICHALAK\*

## **BADANIE WPLYWU CZYNNIKÓW INWESTYCYJNYCH, EKSPLOATACYJNYCH I FINANSOWYCH NA OPLACALNOŚĆ EKONOMICZNĄ INWESTYCJI ENERGETYCZNYCH**

W artykule przedstawiono wpływ czynników inwestycyjnych, eksploatacyjnych i finansowych na opłacalność ekonomiczną inwestycji energetycznych. Analizie poddano dwie elektrownie węglowe: elektrownię na węgiel kamienny i elektrownię na węgiel brunatny. Wykorzystano następujące metody oceny efektywności ekonomicznej inwestycji: NPV – metodę wartości bieżącej netto, NPVR – wskaźnik wartości bieżącej netto oraz IRR – metodę wewnętrznej stopy zwrotu. Spośród czynników inwestycyjnych analizie poddano wpływ jednostkowych nakładów inwestycyjnych oraz wpływ udziału środków własnych w finansowaniu danej inwestycji. Spośród czynników eksploatacyjnych przeanalizowano: sprawność elektrowni, dyspozycyjność, koszty paliwa, koszty eksploatacji i remontów oraz koszty osobowe. Wśród czynników finansowych uwzględniono: stopę dyskonta, stopę oprocentowania kredytu oraz cenę energii elektrycznej.

### **1. ROLA WĘGLA W ENERGETYCE**

Węgiel jest podstawowym surowcem energetycznym do wytwarzania energii elektrycznej. Charakteryzuje się bardzo dużymi zasobami rozmieszczonymi na całym świecie. Mimo dużej emisyjności, węgiel utrzymuje wysoki udział w energetyce światowej. W nowoczesnych technologiach energetycznych, problem emisji zanieczyszczeń, powstających podczas spalania węgla został rozwiązany. Nadal pozostał jednak problem emisji dwutlenku węgla. Zagadnienie to zostało szczególnie uwypuklone po 1997 roku, kiedy to w Kioto został przyjęty Protokół w sprawie emisji gazów cieplarnianych. Został on wprowadzony 16 lutego 2005 roku. Jest to pierwszy dokument uzupełniający Ramową Konwencję Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu. Jego głównym założeniem jest redukcja emisji gazów cieplarnianych (m. in. dwutlenku węgla) w latach 2008-2012 o 5% w stosunku do poziomu z roku 1990 [2].

---

\* Politechnika Poznańska.

Tabela 1. Struktura produkcji energii elektrycznej w Polsce w latach 2008-2009 [4]

Segment	Produkcja energii [GWh]		Dynamika [2008=100] 2009/2008	Struktura wytwarzania [%]	
	2008	2009		2008	2009
produkcja w kraju ogółem	155183	151697	97,8	100,0	100,0
z tego:					
- elektrownie zawodowe:	147469	143509	97,3	95	94,6
w tym:					
- elektrownie ciepłne:	144997	140816	97,1	98,3	98,1
z tego:					
- węgiel kamienny	84347	81640	96,8	57,2	56,9
- węgiel brunatny	53384	50353	94,3	36,2	35,1
- gaz	4581	4664	101,8	3,1	3,2
-współspalanie	2685	4159	154,9	1,8	2,9
- elektrownie wodne	2465	2683	108,8	1,7	1,9
- elektrownie przemysłowe	6459	6589	102,0	4,2	4,3
w tym:	440	392	89,0	6,8	5,9
- gazowe					
-biogazowe	7	7	100,0	0,1	0,1
- na biomasę	663	732	110,4	10,3	11,1
- elektrownie pozostałe	1255	1598	127,4	0,9	1,1

Źródło: Informacja statystyczna o energii elektrycznej; grudzień 2009, ARE SA, Biuletyn miesięczny

## 2. METODY STOSOWANE DO OCENY EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ

Opłacalność przedsięwzięcia jest jednym z najważniejszych kryteriów oceny inwestycji z punktu widzenia inwestora. Istotne jest aby uzyskane efekty pokryły poniesione nakłady, a dodatkowo zapewniły zysk. Stąd konieczność przeprowadzania analiz związanych z oceną efektywności inwestycji, polegających na określaniu relacji między wielkością osiągniętych efektów i ponoszonymi nakładami, zarówno w okresie budowy jak i w okresie eksploatacji. Zadaniem powyższych analiz jest dostarczenie wystarczających informacji niezbędnych do podjęcia decyzji o realizacji danej inwestycji bądź o jej zaniechaniu.

W artykule określono opłacalność badanych elektrowni na podstawie trzech metod oceny opłacalności inwestycji [1], [3]:

*NPV – metoda wartości bieżącej netto.* Polega ona na porównaniu ze sobą sumy efektów (nadwyżek finansowych) danego przedsięwzięcia z sumą nakładów

potrzebnych do jego realizacji, w postaci różnic tych wielkości, z wykorzystaniem techniki dyskonta. Inaczej mówiąc, NPV określa poziom efektywności przedsięwzięcia inwestycyjnego przy pomocy różnicy między sumą rocznych przepływów pieniężnych w okresie obliczeniowym, zdyskontowanych na moment rozpoczęcia budowy, a sumą zdyskontowanych na ten sam moment rocznych nakładów inwestycyjnych inicjujących przedsięwzięcie.

$$NPV = \sum_{t=0}^N (S_t - I_t - K_t) \cdot a_t \quad (1)$$

gdzie:  $t$  – kolejny rok okresu obliczeniowego,  $a_t$  – współczynnik dyskontujący  $(1+p)^{-t}$ ,  $p$  – stopa dyskonta,  $N$  – długość okresu obliczeniowego obejmująca lata budowy i eksploatacji,  $S_t$  – przychód ze sprzedaży w roku  $t$ ,  $K_t$  – koszty w roku  $t$ ,  $I_t$  – nominalne nakłady inwestycyjne w roku  $t$ .

*NPVR* – wskaźnik wartości bieżącej netto. Oblicza się go jako stosunek wartości bieżącej netto NPV do wartości zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych  $I_d$ . NPVR określa, jaka wielkość powstaje z jednostki nakładów zdyskontowanych.

$$NPVR = \frac{NPV}{I_d} \quad (2)$$

$$I_d = \sum_{t=0}^N I_t (1+p)^{-t} \quad (3)$$

*IRR* – metoda wewnętrznej stopy zwrotu. Polega na ustaleniu takiej wynikowej stopy IRR, przy której suma zdyskontowanych na  $N$  lat nadwyżek finansowych zrównuje się z sumą zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych. Inaczej mówiąc, metoda ta polega na poszukiwaniu takiej wielkości stopy, dla której  $NPV=0$ .

$$\sum_{t=0}^N (S_t - K_t) (1+IRR)^{-t} - \sum_{t=0}^N I_t \cdot (1+IRR)^{-t} = 0 \quad (4)$$

### 3. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH INWESTYCJI ENERGETYCZNYCH

Badane inwestycje to elektrownie węglowe: elektrownia na węgiel kamienny i elektrownia na węgiel brunatny. Obie elektrownie są elektrowniami o mocy elektrycznej 900 MW. Dyspozycyjność badanych elektrowni założono na poziomie 90%, liczba godzin pracy w ciągu roku dla badanych obiektów wynosi 7884 h/rok.

Elektrownia na węgiel kamienny (EWK) to elektrownia z 2 blokami o mocy 450 MW każdy, z kotłami pyłowymi. Sprawność elektrowni wynosi 42%. Paliwem jest węgiel kamienny o wartości opałowej 21000 kJ/kg, zawartość popiołu  $A = 23\%$ , zawartość siarki  $S = 0,8\%$ .

W celu przeprowadzenia analizy efektywności ekonomicznej przyjęto następujące założenia:

- cała wyprodukowana energia elektryczna jest sprzedawana odbiorcom zewnętrznym (za wyjątkiem energii elektrycznej zużytej na potrzeby własne elektrowni),
- wskaźnik potrzeb własnych zużycia energii elektrycznej 5%,
- czas eksploatacji elektrowni wynosi  $N=35$  lat,
- czas budowy elektrowni wynosi 4 lata,
- czas spłaty kredytu wynosi 10 lat,
- stopa dyskonta 8%,
- stopa podatku dochodowego 19%.

W obliczeniach nie uwzględniono wskaźników wzrostu cen i kosztów, przyjęto następujące ceny nośników energii:

- cena sprzedaży energii elektrycznej do odbiorcy 200 zł/MWh,
- cena zakupu węgla kamiennego 280 zł/ton

Elektrownia na węgiel brunatny (EWB) to elektrownia z 1 blokiem o mocy 900 MW, z kotłem pyłowym. Sprawność elektrowni wynosi 38%. Paliwem jest węgiel brunatny o wartości opałowej 8800 kJ/kg, zawartość popiołu  $A = 10\%$ , zawartość siarki  $S = 0,7\%$ .

W celu przeprowadzenia analizy efektywności ekonomicznej przyjęto następujące założenia:

- cała wyprodukowana energia elektryczna jest sprzedawana odbiorcom zewnętrznym (za wyjątkiem energii elektrycznej zużytej na potrzeby własne elektrowni),
- wskaźnik potrzeb własnych zużycia energii elektrycznej 6%,
- czas eksploatacji elektrowni wynosi  $N=35$  lat,
- czas budowy elektrowni wynosi 4 lata,
- czas spłaty kredytu wynosi 10 lat,
- stopa dyskonta 8%,
- stopa podatku dochodowego 19%.

W obliczeniach nie uwzględniono wskaźników wzrostu cen i kosztów, przyjęto następujące ceny nośników energii:

- cena sprzedaży energii elektrycznej do odbiorcy 200 zł/MWh,
- cena zakupu węgla kamiennego 100 zł/tonę

Dla obu badanych elektrowni założono, że inwestycje są finansowane w 80% z kredytów preferencyjnych o uśrednionym oprocentowaniu równym 8% w skali roku, a pozostała część nakładów inwestycyjnych (20%) jest finansowana ze środków własnych.

#### 4. ANALIZA OPŁACALNOŚCI EKONOMICZNEJ BADANYCH ELEKTROWNI

W celu przeprowadzenia analizy opłacalności ekonomicznej określono dla każdej badanej elektrowni:

- przychody (wpływy) ze sprzedaży energii elektrycznej,
- nakłady inwestycyjne,
- koszty eksploatacyjne,
- amortyzację,
- zysk brutto,
- podatek dochodowy,
- zysk netto,
- całkowite wydatki, na które składają się podatek, całkowite koszty eksploatacyjne, raty kapitałowe, odsetki i nakłady inwestycyjne,
- saldo pieniężne stanowiące różnicę między wpływami i wydatkami.

Przy przeprowadzaniu analizy opłacalności inwestycji zastosowano następujące założenia:

- wszystkie efekty ekonomiczne są zdyskontowane na poziom roku zerowy  $t=0$ ,
- ocenę kosztów i dochodów przeprowadza się na podstawie danych obowiązujących dla momentu zerowego,
- wszelkie kredyty zaciągane na rynku finansowym mają niezmienną stopę procentową,
- czas objęty analizą jest liczony w pełnych latach.

W odniesieniu do wartości NPV przeprowadzono analizę wrażliwości opartą o bezwymiarowy współczynnik wrażliwości  $ww$  wyrażony wzorem:

$$ww = \frac{\frac{NPV_i - NPV_b}{NPV_b}}{\frac{Z_i - Z_b}{Z_b}} \quad (5)$$

gdzie:  $ww$  – współczynnik wrażliwości NPV,  $NPV_i$  – wartość NPV dla założonej wartości analizowanej zmiennej,  $NPV_b$  – wartość NPV dla wartości analizowanej zmiennej powiększonej o 2%,  $Z_i$  – założona wartość analizowanej zmiennej,  $Z_b$  – założona wartość analizowanej zmiennej powiększonej o 2%.

Przeprowadzona tą metodą analiza wrażliwości pozwala określić stopień zmienności wartości NPV, gdy wartość analizowanej zmiennej zmieni się o 2%, a pozostałe zmienne pozostaną bez zmian. W tym celu dla poszczególnych zmiennych określany jest współczynnik wrażliwości  $ww$  będący kątem nachylenia krzywej wyznaczającej profil NPV przy dwóch wartościach danej zmiennej. Przedstawiona powyżej technika analizy wrażliwości posługująca się wartościami bezwzględnyymi znajduje szczególne zastosowanie w przypadkach, kiedy wartości

zmiennych występują w różnych skalach. Słabą stroną opisaną metody oceny wrażliwości jest fakt, iż informuje ona jedynie o najbliższym otoczeniu analizowanego punktu – informuje o wrażliwości lokalnej, a nie globalnej.

Analizie poddano czynniki inwestycyjne, eksploatacyjne i finansowe.

Spośród czynników finansowych wpływających na ocenę efektywności ekonomicznej inwestycji uwzględniono: stopę oprocentowania kredytu, stopę dyskonta oraz cenę energii elektrycznej.

Spośród czynników inwestycyjnych wpływających na ocenę efektywności ekonomicznej inwestycji uwzględniono: jednostkowe nakłady inwestycyjne oraz udział środków własnych w finansowaniu danej inwestycji.

Spośród czynników eksploatacyjnych wpływających na ocenę efektywności ekonomicznej inwestycji uwzględniono: sprawność elektrowni, dyspozycyjność, koszty paliwa, koszty eksploatacji i remontów oraz koszty osobowe.

W poniższych tabelach zestawiono wartości współczynników wrażliwości dla trzech przeanalizowanych grup czynników: finansowych, inwestycyjnych i eksploatacyjnych

Tabela 2. Zestawienie wartości współczynnika wrażliwości ww dla czynników finansowych

	p - stopa dyskonta	$P_k$ – stopa kredytu	CE – cena energii
EWK	-13,44	-10,50	27,34
EWB	-14,02	-10,94	27,46

Tabela 3. Zestawienie wartości współczynnika wrażliwości ww dla czynników inwestycyjnych

	JNI – jednostkowe nakłady inwestycyjne	IW – udział środków własnych
EWK	-1,08	-40,47
EWB	-1,12	-43,16

Tabela 4. Zestawienie wartości współczynnika wrażliwości ww dla czynników finansowych

	sprawność	KE-koszty eksploatacyjne	KO-koszty osobowe	$K_p$ - koszty paliwa	d- dyspozycyjność
EWK	4,44	-10,26	-3,03	-37,13	21,12
EWB	5,89	-7,97	-3,10	-42,03	20,74

## 5. WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonej analizy efektywności ekonomicznej dla obu badanych elektrowni tzn. dla elektrowni na węgiel kamienny i elektrowni na węgiel brunatny NPV jest. większe od zera, co świadczy o opłacalności badanych obiektów.
2. Dla obu badanych elektrowni węglowych wartość IRR jest większa od wartości założonej stopy dyskonta, co świadczy o opłacalności badanych obiektów.
3. Spośród przeanalizowanych wartości czynników finansowych największy wpływ na wartość NPV, a tym samym na opłacalność badanej inwestycji ma cena energii elektrycznej. Najmniejszy wpływ wywiera wartość stopy oprocentowania kredytu. Kierunek zmian ceny energii elektrycznej jest zgodny z kierunkiem zmian wartości NPV o czym świadczy dodatnia wartość wskaźnika wrażliwości ww. Oznacza to, że wraz ze wzrostem cen energii wartość NPV rośnie, a tym samym rośnie opłacalność badanej inwestycji. Kierunek zmian stopy dyskonta i stopy oprocentowania kredytu jest przeciwny do kierunku zmian NPV, o czym świadczy ujemna wartość wskaźnika wrażliwości ww. Oznacza to, że wraz ze wzrostem wartości zarówno stopy dyskonta jak i stopy oprocentowania kredytu wartość NPV maleje, a tym samym maleje opłacalność badanej inwestycji.
4. Spośród przeanalizowanych wartości czynników inwestycyjnych jednostkowe nakłady inwestycyjne wywierają zdecydowanie większy wpływ na wartość NPV, a tym samym mają duży wpływ na opłacalność inwestycji. Wartość wskaźnika wrażliwości, zarówno w przypadku jednostkowych nakładów inwestycyjnych jak i udziału środków własnych, jest ujemna. Oznacza to, że wraz ze wzrostem powyższych czynników inwestycyjnych opłacalność inwestycji maleje.
5. Spośród przeanalizowanych wartości czynników eksploatacyjnych największy wpływ na wartość wskaźnika wrażliwości wykazują koszty paliwa, najmniejszy zaś koszty osobowe. Wartości wskaźnika ww w przypadku dyspozycyjności i sprawności przyjmują wartości dodatnie, a w przypadku pozostałych czynników eksploatacyjnych wartości ujemne.

## LITERATURA

- [1] Laudyn D., Rachunek ekonomiczny w elektroenergetyce, Warszawa, 1999.
- [2] Lorenz U., Prognozy dla rynków węgla energetycznego w świecie, Polityka energetyczna, tom 14, zeszyt 2, Kraków, 2011.
- [3] Paska J., Ekonomia w elektroenergetyce, Warszawa 20072004, A2-208.
- [4] [www.cire.pl/rynekenergii](http://www.cire.pl/rynekenergii) „Informacja statystyczna o energii elektrycznej; grudzień 2009, ARE SA, Biuletyn miesięczny”.

**IMPACT STUDY OF FACTORS INVESTMENT, FINANCIAL  
AND OPERATIONAL OF COST-EFFICIENCY OF ENERGY INVESTMENTS**

The paper presents an estimation of the impact of factors investment, financial and operational of cost-efficiency of energy investments. Two types of power plant were analysed, namely: hard coal power plant and brown coal power plant. Investigations were carried out on the basis of discounted profit methods such as NPV (Net Present Value), NPVR (Net Present Value Ratio) and IRR (Internal Rate of Return).