

WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI
ZAKŁAD ELEKTROWNI I GOSPODARKI
ELEKTROENERGETYCZNEJ

LABORATORIUM
RACHUNEK EKONOMICZNY W ELEKTROENERGETYCE

INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA 5

Ocena opłacalności projektu małej lokalnej elektrowni na etapie
studium wykonalności

Opracował : dr inż. E. Tomaszewicz

WARSZAWA 2012 r.

1. CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest poznanie:

- Metod oceny ekonomiczno – finansowej opłacalności inwestycji i ich zastosowanie do oceny projektu budowy lokalnej elektrowni;
- Wpływu czynników techniczno – ekonomicznych i finansowych na wynik oceny opłacalności inwestycji.

Zakres ćwiczenia obejmuje zastosowanie oprogramowania komputerowego do:

- Przeprowadzenia obliczeń wybranymi metodami i analizy opłacalności budowy lokalnej elektrowni o określonych założeniach techniczno – ekonomicznych;
- Badań ilościowych wpływu czynników techniczno-ekonomicznych na wynik opłacalności budowy elektrowni

oraz sformułowanie wniosków końcowych z przeprowadzonych analiz.

2. WPROWADZENIE

Spośród różnych możliwych, poprawnych technicznie, wariantów projektowanej elektrowni poszukuje się wariantu, który jest najbardziej opłacalny pod względem ekonomiczno – finansowym. Decyzje inwestycyjne podejmujemy w warunkach niepewności, ponieważ nie jest możliwym sporządzenie dokładnego opisu warunków ekonomiczno – finansowych funkcjonowania projektowanej elektrowni w przyszłości. Np. nie wiemy jak będą się kształtowały rzeczywiste ceny paliw i energii w całym horyzoncie czasowym funkcjonowania elektrowni. Skutki tej niepewności możemy w znacznym stopniu ograniczyć korzystając z różnych wskaźników w zależności od etapu w procesie podejmowania decyzji oraz stosując analizę wrażliwości uzyskanych wartości wskaźników na przyjęte w obliczeniach założenia upraszczające.

Na etapie analiz wstępnych ocenę opłacalności przedsięwzięcia można badać metodami uproszczonymi (np. prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych, prosta stopa zwrotu, średnia stopa zwrotu, próg rentowności) lub metodami uwzględniającymi zmienność wartości wielkości finansowych w czasie (NPV , $NPVR$, IRR).

W metodach uproszczonych nie bierze się pod uwagę całego okresu funkcjonowania projektu i pomija się strumienie efektów wykraczające poza okres zwrotu nakładów inwestycyjnych. Wykorzystuje się dane uśrednione lub tzw. normalnego roku eksploatacji. Ponadto wielkości używane w tych metodach są wielkościami bieżącymi, a nie

zdyskontowanymi - czyli pomija się wpływ czasu na wartość efektów wyrażonych w pieniądzu. Reasumując - metody uproszczone są co prawda nieskomplikowane pod względem obliczeniowym i łatwe w interpretacji, ale mogą prowadzić do podejmowania błędnych decyzji.

Stosując dyskontowanie, poprzez prosty zabieg rachunkowy, uzyskujemy możliwość porównywania wartości wielkości ekonomicznych pojawiających się w różnych latach okresu przedsięwzięcia inwestycyjnego.

Metoda NPV (net present value). Wartość zaktualizowana netto (NPV) to aktualna wartość wszystkich wpływów i wydatków związanych z realizacją projektu i eksploatacją:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n a_t NCF_t; \quad (1)$$

gdzie: NCF_t – przepływy pieniężne netto dla kolejnych lat; t – kolejne lata realizacji projektu i okresu eksploatacji ($t = 0, 1, 2, \dots, n$); n – ostatni okres eksploatacji; r – przyjęta stopa dyskonta; $a_t = (1 + r)^{-t}$ – współczynnik dyskontujący.

Przy wyborze najlepszego wariantu należy wybrać ten o maksymalnej wartości NPV . Warianty o $NPV < 0$ powinny być odrzucone. Zaletą metody NPV jest to, że uwzględnia przepływy pieniężne w całym okresie życia projektu inwestycyjnego. Mankamentem jest trudność z odpowiednim wyborem stopy dyskontowej (zwykle jest nieco wyższa od bankowej stopy procentowej dla kredytów wieloletnich).

Przy porównywaniu efektywności alternatywnych wariantów za pomocą NPV , decydować może dodatkowy wskaźnik

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

wyrażający wartość zaktualizowaną netto przedsięwzięcia przypadającą na jednostkę zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych PVI .

Wewnętrzna stopa procentowa (zwrotu) – IRR (internal rate of return) jest stopą dyskontową, przy której wartość zaktualizowanych wydatków pieniężnych jest równa zaktualizowanej wartości wpływów pieniężnych w całym okresie przedsięwzięcia inwestycyjnego (NPV jest wówczas równa zero). Przyjęty do realizacji projekt inwestycyjny musi spełniać warunek: stopa dyskontowa $r = IRR$, przy której $NPV = 0$, musi być większa lub równa r_{min} – najniższemu, możliwemu do przyjęcia poziomowi rentowności kapitału. Zwykle przyjmuje się, że r_{min} jest równe rzeczywistej stopie oprocentowania kredytów długookresowych lub stopie oprocentowania spłacanego kredytu inwestycyjnego.

Niżej podano trzy modelowe sytuacje stosowania metod *NPV* i *IRR*:

- a) Jeśli koszt kapitału jest znany (np. jako stopa oprocentowania kredytów długoterminowych), to stosujemy kryterium *NPV* lub *IRR*. *IRR* oznacza rzeczywistą stopę zwrotu kapitału zainwestowanego w dany projekt, która jest bezpośrednio porównywalna z ceną kapitału na rynku;
- b) Jeśli koszt kapitału jest trudny do ustalenia (np. nie zapadła decyzja dotycząca źródeł finansowania projektu), to należy stosować kryterium *IRR*. Możliwe jest wtedy ustalenie najlepszych proporcji między kapitałem własnym a zewnętrznym, gdyż *IRR* może też informować o ryzyku związanym z danym projektem. Jeśli różnica między *IRR* a ceną kapitału jest duża, to margines bezpieczeństwa jest szeroki (takich informacji nie dostarczy analiza *NPV*);
- c) Jeżeli stopa dyskontowa odzwierciedla rzeczywisty koszt kapitału danej firmy (tzn. zobowiązania wobec akcjonariuszy, oprocentowanie kredytów i premię związaną z ryzykiem), to lepsze jest kryterium *NPV*. Podaje ono bowiem aktualną wartość efektu netto za cały okres życia projektu. Ponadto jeśli $NPV > 0$ to również $IRR > r$. Zbyt wysoka wartość *IRR* w tej sytuacji może wskazywać na przyjęcie nierealnych założeń dotyczących projektu.

Zdyskontowany okres zwrotu nakładów inwestycyjnych określa minimalną liczbę lat, dla której suma zdyskontowanych przepływów pieniężnych osiągnie wartość równą zero.

3. PRZYKŁAD ANALIZ FINANSOWYCH

W analizach opłacalności budowy elektrowni stosuje się podane niżej oznaczenia zmiennych i formuły na określanie kosztów:

Roczne koszty umownie stałe (zależne od mocy zainstalowanej) obejmują :

- koszty kapitałowe (koszty amortyzacji oraz zwrotu kapitału),
- pozostałe koszty stałe.

$$K_S = (a_k + a_{ps}) K_i = (a_k + a_{ps}) k_P P_i = k_S P_i \quad \text{zł/a}$$

gdzie :

a_k – stopa amortyzacji powiększona o oprocentowanie kapitału,

a_{ps} – stopa odpisów na pozostałe koszty stałe (utrzymanie i remonty, podatki...),

K_i – nakłady inwestycyjne poniesione na budowę elektrowni (wartość początkowa środków trwałych i obrotowych, koszty finansowe budowy); zł,

k_P – jednostkowe nakłady inwestycyjne; zł/kW,

k_S - jednostkowy koszt umownie stały – jednostkowy roczny koszt mocy zainstalowanej; zł/(kW·a),

P_i – moc zainstalowana elektrowni; kW.

Roczne koszty umownie zmienne (zależne od ilości wytworzonej energii elektrycznej) obejmują :

- koszty paliw i energii (rozruchu, obciążenia, odstawienia),
- utrzymania funkcjonowania,
- pozostałe.

$$K_Z = k_Z A = (c_p b_p + k_{poz}) A = k_Z T_i P_i (1 - \varepsilon) \quad \text{zł/a}$$

gdzie :

k_Z – jednostkowy koszt umownie zmienny – jednostkowy koszt wytwarzania energii elektrycznej; zł/(kWh)

c_p –jednostkowa cena paliw z uwzględnieniem transportu; zł/GJ,

b_p – zużycie energii chemicznej paliw na wytworzenie jednostki energii elektrycznej netto; kJ/(kWh)

k_{poz} – pozostałe koszty eksploatacyjne na wytworzenie jednostki energii elektrycznej netto; zł/(KWh)

T_i – roczny czas wykorzystania mocy zainstalowanej; h/a,

ε - względne zużycie energii elektrycznej na potrzeby własne elektrowni.

Całkowity koszt roczny wytwarzania z uwzględnieniem oprocentowania kapitału wynosi

$$K = K_S + K_Z = (k_S + k_Z T_i (1 - \varepsilon)) P_i \quad \text{zł/a}$$

4. PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

analiz finansowych z zastosowaniem przepływów finansowych i kalkulacji *NPV* dla elektrowni wiatrowej.

Założenia:

- Rozważa się budowę elektrowni wiatrowej o mocy $P_i = 60$ kW;
- Kalkulacyjny okres eksploatacji elektrowni wynosi 20 lat;
- Całkowite jednostkowe nakłady inwestycyjne przyjęto w wysokości $k_{pi} = 1000$ \$/kW;

- 40 % nakładów stanowią dotacje, a pozostałe nakłady są finansowane z kredytu;
- oprocentowanie kredytu wynosi $d=8\%$, a pełny okres spłaty kredytu 10 lat;
- oprocentowanie jest pobierane w każdym roku od wartości kredytu, który pozostaje do spłacenia;
- wydatki roczne na utrzymanie, remonty i podatki (bez odpisów amortyzacyjnych) stanowią $a_{ps}=3\%$ nakładów kapitałowych;
- roczny stopień wykorzystania mocy zainstalowanej elektrowni wynosi 0,3 oraz roczna ilość wytwarzanej energii elektrycznej w każdym roku jest stała;
- energia elektryczna będzie sprzedawana po cenie $c_{es}=4,5$ centa/kW.h;
- stopa dyskonta $d=8\%$;
- pomija się zjawiska inflacji i deprecjacji czyli zakłada się stałość cen sprzedawanej energii (wartości realne są równe nominalnym) oraz zakłada się, że wartość końcowa po 20 latach eksploatacji wynosi zero.
- pomija się zjawiska inflacji i deprecjacji czyli zakłada się stałość cen sprzedawanej energii (wartości realne są równe nominalnym) oraz zakłada się, że wartość końcowa po 20 latach eksploatacji wynosi zero.

Obliczenia:

Nakłady inwestycyjne: $K_i = P_i \cdot k_p = 1000 \times 60 = 60\,000$ \$;

Dotacje: $0,4 \times 60\,000 = 24\,000$ \$;

Kredyty: $60\,000 - 24\,000 = 36\,000$ \$ (wykazuje się jako wydatek w roku 0);

Roczna ilość wytwarzanej energii elektrycznej: $A = P_i T_i = 0,3 \times 60 \times 24 \times 365 = 157\,680$ kWh;

Wpływy roczne ze sprzedaży energii elektrycznej (cena * ilość sprzedanej energii):

$W_e = c_e \cdot A = 4,5/100 \times 157\,680 = 7095,6$ \$ (wartość stała w całym okresie analizy);

Koszty umownie stałe: $K_S = (a_k + a_{ps}) K_i = 0,03 \times 60\,000 = 1800$ \$;

Oprocentowanie kredytu w wysokości $d=8\%$ jest ponoszone przez 10 lat, czyli rata spłaty

kredytu w pierwszym roku wynosi $S_1 = K_i/10 = 36\,000/10 = 3\,600$ \$, a w następnych latach $d=8\%$ od wartości pozostałej do spłacenia – np. w drugim roku: $S_2 = (K_i - S_1) \cdot d = (36\,000 - 3600) \cdot 0,08 = 2592$ \$; w trzecim roku: $S_3 = (K_i - S_1 - S_2) \cdot d = (36\,000 - 3\,600 - 2\,592) \cdot 0,08 = 2384,6$ \$; itd., aż do roku dziesiątego;

Wydatki roczne: koszty roczne umownie stałe plus odsetki spłaty kredytu w kolejnych latach;

Przepływ netto (dla danego roku): wpływy – wydatki (suma liczb w wierszu danego roku).

Suma przepływów netto dla danego roku: suma przepływów netto z roku poprzedniego oraz przepływów netto z danego roku (np. w roku drugim: $4399,2 = 1695,6 + 2703,6$).

Współczynnik dyskonta (zaktualizowania): $= 1/(1+0,08)^t$ (gdzie t to numer analizowanego roku);

Wartość zaktualizowana przepływu: iloczyn sumy przepływów netto i współczynnika dyskonta;

Wartość NPV - suma wartości NPV z roku poprzedniego oraz wartości zaktualizowanej za dany rok.

Tablica składników NPV oraz NPV. Wartości podano w \$.

Nr roku	Wpływy	Wydatki	Przepływy netto	Suma przepływów netto	Współcz. dyskonta	Wartość zaktualiz. przepływu	Wartość NPV
0		-36000	-36000		1	-36000	-36000
1	7095,6	-5400	1695,6	1695,6	0,926	1570	-34430
2	7095,6	-4392	2703,6	4399,2	0,857	2318	-32112
10	7095,6	-2088	5007,6	36396	0,463	2319	-12976
11	7095,6	-1800	5295,6	41691,6	0,429	2271	-10705
20	7095,6	-1800	5295,6	89352	0,215	1136	3482

NPV= 3483\$

Jak widać w zamieszczonej wyżej tablicy: dla przyjętych do analizy danych liczbowych obliczona wartość *NPV* jest większa od zera co oznacza, że inwestycja jest sprawna.

Warto zauważyć, że już w 10 – tym roku suma przepływów netto wynosi 36 396 \$ i jest większa od poniesionych nakładów inwestycyjnych 36 000 \$ (nie licząc dotacji), co oznacza, że okres zwrotu w tym zadaniu wynosi 10 lat (inwestycja zwróci się w 10-tym roku).

Należałoby więc obliczyć wartość IRR i przeprowadzić analizę danych (założeń) przyjętych do obliczeń.

5. OBLICZENIA I ANALIZY JAKIE NALEŻY WYKONAĆ W RAMACH WYKONYWANIA ĆWICZENIA

Dla zestawu danych wskazanego przez prowadzącego, wykorzystując arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel, w oparciu o metodę *NPV*, należy przeprowadzić ocenę ekonomiczną – finansową projektu budowy małej lokalnej elektrociepłowni (EC) wyposażonej w zespół kogeneracyjny tłokowy na gaz ziemny:

1. Znamionowa moc elektryczna (netto) zespołu: $P_i = 500 - 1000 - 1500$ kW;
2. Znamionowa moc cieplna zespołu: $Q_i = 600 - 1200 - 1800$ kW; (2,16 – 4,32 – 6,48 GJ/h);
3. Jednostkowe zapotrzebowanie paliwa (określane zawsze w odniesieniu do energii elektrycznej): $b_p = 9400 - 9600 - 9800$ kJ/kW.h;
4. Całkowite jednostkowe nakłady inwestycyjne (łącznie z przyłączem gazu) oszacowano wstępnie na (określane zawsze w odniesieniu do energii elektrycznej): $k_P = 2800 - 2200 - 1800$ zł/kW;
5. Kalkulacyjny okres eksploatacji elektrowni wynosi 20 lat (Wartość końcowa po 20 latach eksploatacji wynosi zero);
6. Inwestycja będzie finansowana z kredytu - oprocentowanie kredytu wynosi $d = 8\%$, a pełny okres spłaty kredytu 10 lat; (stopę dyskonta przyjęto $d = 8\%$);
7. Stopa odpisów na utrzymanie, remonty i podatki (bez amortyzacji) wynosi $a_{ps} = 5\%$ nakładów kapitałowych;
8. Stawka odpisów amortyzacyjnych: $a_k = 6\%$;
9. Znany jest roczny uporządkowany wykres obciążeń cieplnych wynikający z charakterystyk cieplnych zasilanych odbiorów i statystyki rozkładu temperatur zewnętrznych. Rozważany zespół kogeneracyjny może pracować:
 - a) według grafika obciążeń cieplnych lub,
 - b) według grafika obciążeń elektrycznych (po zainstalowaniu dodatkowej chłodnicy).
 Przy pracy zespołu według grafika obciążeń cieplnych roczne czasy użytkowania znamionowych mocy cieplnej i elektrycznej zespołu będą takie same: $T = 3800 - 4200 - 5400$ h/a. Natomiast przy pracy zespołu według grafika obciążeń elektrycznych - roczny czas użytkowania znamionowej mocy elektrycznej będzie wynosił: $T_e = 8000 - 8200 - 8400$ h/a, a roczny czas użytkowania znamionowej mocy cieplnej: $T_c = 3800 - 4200 - 5400$ h/a.
10. Cena sprzedaży energii cieplnej: $c_c = 32 - 38 - 45$ zł/GJ;
11. Cena sprzedaży energii elektrycznej: $c_e = 180 - 200 - 250$ zł/MWh;
12. Cena zakupu gazu: $c_g = 22 - 28 - 35$ zł/GJ.

Obliczenia:

Nakłady inwestycyjne: $K_i = P_i \cdot k_P$ zł;

Kredyty: Nakład inwestycyjny – ewentualne dotacje (wykazuje się jako wydatek w roku 0);

Wpływy roczne ze sprzedaży energii elektrycznej: $W_e = c_e \cdot P_i \cdot T_e$ zł (wartość stała w całym okresie analizy);

Wpływy roczne ze sprzedaży energii cieplnej: $W_c = c_c \cdot Q_i \cdot T_c$ zł (wartość stała w całym okresie analizy);

Koszty roczne umownie stałe: $K_S = (a_k + a_{ps}) K_i$ zł;

Oprocentowanie kredytu w wysokości d % jest ponoszone przez 10 lat, czyli rata spłaty kredytu w pierwszym roku wynosi $S_1 = K_i / 10$ zł, a w następnych latach d % od wartości pozostałej do spłacenia – np. w drugim roku: $S_2 = (K_i - S_1) \cdot d$; w trzecim roku: $S_3 = (K_i - S_1 - S_2) \cdot d$; itd., aż do roku dziesiątego;

Wydatki roczne: koszty roczne umownie stałe plus koszty zmienne plus odsetki spłaty kredytu w kolejnych latach;

Przepływ netto (dla danego roku): wpływy – wydatki.

Wpływy, wydatki i przepływy wygodnie będzie zapisać w tabelę o postaci:

Nr roku	Wpływy za sprzedaną		Wydatki			Przepływy roczne
	energię elektryczną	energię ciepłą	Koszty umow. stałe	Spłaty kredytu	Koszty zmienne	
0						
1						
2						

Dalszą część obliczeń i analiz należy przeprowadzić jak w przykładzie obliczeniowym (prawa strona „Tablicy składników NPV”). Należy jednak zwrócić uwagę, że w przypadku elektrociepłowni pojawiła się dodatkowa składowa wpływów „za sprzedaną energię ciepłą” oraz dodatkowa składowa wydatków – „koszty zmienne” oznaczające w przybliżeniu koszty zużywanego paliwa wraz z kosztem jego transportu. Warto wiedzieć, że od kilku lat, dążąc do poprawy efektywności wytwarzania energii elektrycznej i ochrony środowiska, w naszym kraju wspierana jest tzw. kogeneracja wysokosprawna. Jeśli średnioroczna sprawność całkowita wytwarzania ($\eta = (A + Q) / Q_{\text{gazu}}$) oraz wskaźnik względnej oszczędności paliwa pierwotnego, przekroczą określone wartości, to cała lub część energii elektrycznej wytworzonej w elektrociepłowni może uzyskać tzw. świadectwo pochodzenia z kogeneracji wysokosprawnej o istotnej wartości rynkowej. Po sprzedaniu takich świadectw wpływy elektrociepłowni wzrosną. W tym ćwiczeniu analizy dotyczące świadectw pochodzenia nie będą prowadzone.

Zawartość sprawozdania:

W sprawozdaniu należy zamieścić analizowany zestaw danych początkowych do obliczeń oraz wydruki uzyskanych najistotniejszych wyników obliczeń. Rozkład wartości NPV należy przedstawić graficznie. Wykazać, które spośród analizowanych zmiennych mają największy

wpływ na opłacalność inwestycji. Uzyskane rezultaty należy przeanalizować i sformułować wnioski końcowe.

Wskazane jest, po dokonaniu obliczeń według algorytmu pokazanego w przykładzie obliczeniowym, obliczenie wartości wskaźników NPV i IRR dla danych zawartych w kolumnie „Przepływy roczne” za pomocą standardowych funkcji zapisanych w bibliotece Excela – $f(x)$ - *funkcje ekonomiczne*. Składnia funkcji NPV : **=NPV(H2;G5:G25)** gdzie: **H2** to adres komórki z wartością stopy dyskonta, **G5:G25** to wartości liczbowe w kolejnych latach od 0 do 20 w kolumnie „Przepływy roczne”. Wartość NPV należy obliczyć dla całego analizowanego okresu czasu (20 lat). Składnia funkcji IRR : **=IRR(G5:G25)** gdzie: **G5:G25** to wartości liczbowe w kolejnych latach od 0 do 20 w kolumnie „Przepływy roczne”. Wartości IRR należy obliczyć dla kilku istotnych okresów czasu: np. po czterech latach **=IRR(G5:G9)**, po pięciu latach **=IRR(G5:G10)**, po ... itd. aż do po 20 latach. Odwołując się do definicji funkcji IRR oraz wykresu funkcji $NPV(t)$ należy skomentować uzyskane rezultaty.

6. PYTANIA KONTROLNE

- a) Co to jest NPV ?
- b) Na czym polega dyskontowanie, rozłożonych w czasie, wpływów i wydatków?
- c) Dlaczego stosuje się rachunek dyskonta?
- d) Dlaczego decyzje podjęte w oparciu o wskaźniki złożone, jak NPV lub $NPVR$, uznaje się za bardziej wiarygodne niż decyzje podjęte w oparciu o wskaźniki proste?
- e) Jaką wartość NPV musi mieć przyjęty do realizacji - najlepszy spośród wszystkich porównywanych wariantów?
- f) Czy jeśli wartość NPV dla danego wariantu jest mniejsza od zera to wariant taki jest ekonomicznie sprawny?
- g) Co to jest IRR – wewnętrzna stopa procentowa zwrotu?
- h) Co składa się na tzw. roczne koszty umownie stałe?
- i) Co składa się na tzw. roczne koszty zmienne?
- j) Na czym polega kogeneracja (skojarzone wytwarzanie energii)?
- k) Podaj definicję sprawności wykorzystania paliwa pierwotnego w jednostce kogeneracyjnej.

