



## **Zastosowanie metod oceny ekonomicznej efektywności obiektów wodociągowych i kanalizacyjnych**

*Beata Karolińczak<sup>\*</sup>, Rafał Miłaszewski<sup>\*\*</sup>*

*<sup>\*</sup>Politechnika Białostocka*

*<sup>\*\*</sup>Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego  
w Warszawie*

### **1. Wstęp**

Wyzwaniem stawianym współcześnie inżynierii środowiska jest nie tylko rozwiązywanie szerokiego spektrum problemów technicznych, ale również integrowanie aspektów społecznych i ekonomicznych (Boller 1997). Podjęcie każdego przedsięwzięcia inwestycyjnego powinna poprzedzać wielokierunkowa analiza, uwzględniająca jego wpływ na lokalne środowisko, gospodarkę i społeczeństwo. Szczególne znaczenie mają przy tym metody oceny efektywności ekonomicznej, które są ważnymi narzędziami w procesie podejmowania decyzji w zakresie inwestycji kapitałowych (Hunter i in. 2009, Molinos-Senante i in. 2010, Rashid i Hayes 2011).

### **2. Metody oceny ekonomicznej efektywności inwestycji**

#### **2.1. Analiza kosztów i efektów**

Badanie ekonomicznej efektywności przedsięwzięcia inwestycyjnego polega na porównaniu ekonomicznych efektów uzyskanych w wyniku realizacji tego przedsięwzięcia z nakładami jakich wymaga. Na powyższych zasadach została oparta analiza kosztów i efektów (*Costs-Benefits Analysis* – CBA) (Molinos-Senante i in. 2010). Jest ona stoso-

wana do oceny efektywności bezwzględnej przedsięwzięć inwestycyjnych, czyli oceny opłacalności ich realizacji. Metody stosowane w ramach analizy kosztów i efektów dzielą się na metody proste i metody rozwinięte (dynamiczne, dyskontowe). Metody proste ograniczają horyzont czasu przeprowadzanego rachunku do wybranego roku. Nie uwzględniają czynnika czasu ani też rentowności inwestycji po upływie kalkulacyjnego okresu zwrotu. Są one stosowane do wstępnej oceny inwestycji lub oceny ekonomicznej efektywności inwestycji krótkookresowych. W ramach prostych metod najczęściej stosuje się wskaźniki: wartość rocznej nadwyżki (WN), stopę zwrotu nakładów inwestycyjnych (R) i okres zwrotu nakładów inwestycyjnych (T).

Metody rozwinięte uwzględniają czynnik czasu. Obejmują one horyzontem oceny cały okres budowy i założony okres eksploatacji przedsięwzięcia inwestycyjnego. Nakłady i efekty w poszczególnych latach sprowadza się do poziomu porównywalnego, przeliczając je na wspólny rok, najczęściej rozpoczęcie danej inwestycji lub rok analizy. Sprowadzenia wartości nakładów i efektów do wartości porównywalnych, czyli określenie ich wartości zaktualizowanej, dokonuje się przez dyskontowanie. Sprzyja to kompleksowości oceny inwestycji, a jednocześnie stwarza konieczność określenia wartości wszystkich nakładów i efektów (Miłaszewski 2003).

Do wskaźników oceny najczęściej stosowanych w ramach metod rozwiniętych zalicza się: wartość zaktualizowaną netto (*Net Present Value* – NPV), wewnętrzną stopę zwrotu (*Internal Rate of Return* – IRR) i współczynnik efektów i nakładów (*Benefits – Costs Ratio* – BCR).

## 2.2. Analiza efektywności kosztowej

Modyfikacją analizy kosztów i efektów jest analiza efektywności kosztowej (*Cost-Effectiveness Analysis* – CEA). W analizie tej koszty mierzone są w jednostkach pieniężnych, a efekty nie są wyceniane. Przyjmuje się za nie stały efekt użytkowy, np. ilość oczyszczanych ścieków. Pomija się przy tym pozostałe efekty inwestycji, takie jak np. poprawa jakości środowiska i standardów życia mieszkańców (Miłaszewski 2003).

Wyniki analizy efektywności kosztowej pozwalają na ocenę efektywności względnej inwestycji, tj. wybór najkorzystniejszego wariantu jej realizacji. Wybór jest dokonywany na podstawie wskaźnika kosztu średniorocznego.

### 3. Przykłady zastosowania analizy kosztów i efektów

#### 3.1. Zastosowanie miernika okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych poniesionych na budowę kanalizacji sanitarnej w gminie Baranów

Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych pozwala określić ile lat będą realizowane wpływy pieniężne oczekiwane z inwestycji potrzebne do spłaty początkowego nakładu finansowego poniesionego na jej realizację. Można go określić za pomocą wzoru:

$$T = \frac{1}{R} = \frac{I}{Z + I \cdot s} \quad (1)$$

gdzie:

$T$  – okres zwrotu nakładów inwestycyjnych w latach,

$Z$  – roczny zysk netto stanowiący różnicę pomiędzy wartością rocznych efektów a rocznymi kosztami pomniejszoną o należne podatki, zł/rok,

$I$  – całkowite nominalne nakłady inwestycyjne, zł,

$s$  – stopa amortyzacji, rok<sup>-1</sup>.

Inwestycję należy uznać za efektywną ekonomicznie, gdy otrzymana obliczeniowa wartość okresu zwrotu jest krótsza niż życie gospodarze inwestycji.

Miernik okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych został wykorzystany do oceny efektywności ekonomicznej budowy sieci kanalizacyjnej w gminie Baranów (woj. lubelskie). Wynosi on 72 lata i przewyższa prawie 2,5-krotnie przyjęty okres eksploatacji inwestycji równy 30 lat. Na tej podstawie można wnioskować o braku efektywności ekonomicznej projektowanego przedsięwzięcia (Ścibior A. i in. 2012).

#### 3.2. Zastosowanie miernika relacji rocznych przychodów do rocznego kosztu inwestycji określonego dla biologicznego reaktora beztlenowej stabilizacji osadów ściekowych

Dla zbadania opłacalności stosowania biologicznych reaktorów beztlenowej stabilizacji osadów ściekowych Izba Gospodarcza „Wodociągi Polskie” przeprowadziła analizy oparte o informacje uzyskane od należących do Izby przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych. Relacja rocznych przychodów do rocznego kosztu inwestycji została określona dla komór beztlenowej stabilizacji osadów, wykorzystywanych

w oczyszczalniach o wielkości od 10 tys. do 50 tys. równoważnej liczby mieszkańców (RLM).

Wysokość rocznego kosztu inwestycyjnego obliczono ze wzoru:

$$C = I \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} \quad (2)$$

gdzie:

$C$  – roczny koszt inwestycji, zł/rok,

$I$  – całkowity koszt inwestycji, zł,

$i$  – wewnętrzna stopa dyskontowa (przyjęto 5%),

$n$  – czas spłaty inwestycji, lata (przyjęto 15 lat).

W tabeli 1 zestawiono wyniki obliczeń rocznego kosztu inwestycji  $C$ . Czas zwrotu inwestycji obliczono jako iloraz całkowitego kosztu inwestycji i przychodów pomniejszonych o koszty eksploatacji.

Jak wynika z tabeli 1 dla oczyszczalni o wielkości powyżej 20000 RLM wielkość przychodów po odliczeniu kosztów eksploatacji  $P$  przewyższa koszt inwestycji  $C$ . Jest to wielkość oczyszczalni, od której stosowanie komór beztlenowej stabilizacji osadów staje się opłacalne.

**Tabela 1.** Całkowity i roczny koszt inwestycji, przychody i czas zwrotu dla reaktora beztlenowej stabilizacji osadów w zależności od wielkości oczyszczalni ścieków

**Table 1.** Total and annual cost of investment, revenues and payback period for anaerobic reactor of sludge stabilization depending on the size of a wastewater treatment plant

Wielkość oczyszczalni [RLM]	Całkowity koszt inwestycji $I$ [zł]	Roczny koszt inwestycji $C$ [zł/rok]	Przychody po odliczeniu kosztów eksploatacji $P$ [zł/rok]	Czas zwrotu (bez dyskontowania) $n$ [lata]
10 000	1 308 700	126 083	97 215	13,5
20 000	1 851 600	178 387	203 530	9,1
30 000	2 274 000	219 082	312 225	7,3
40 000	2 704 100	260 519	419 920	6,4
50 000	3 318 800	319 741	527 235	6,3

Źródło: Wójtowicz i in. (2013)

### 3.3. Zastosowanie miernika bezwzględnej efektywności inwestycji określonego dla przykładowej komunalnej oczyszczalni ścieków

W efekcie budowy oczyszczalni ścieków powinno nastąpić zmniejszenie strat spowodowanych zanieczyszczeniem zasobów wodnych, a także uzyskanie określonych produktów (np. biogaz, kompost, inne surowce odzyskiwane ze ścieków). Wielkości te powinny być wprowadzone do formuł oceny efektywności bezwzględnej inwestycji. Przykład takiej formuły przedstawili Poskrobko (1991) oraz Górka i in. (2001):

$$E = \frac{P + S_u}{I(r + s) + K_e} \quad (3)$$

gdzie:

$E$  – wskaźnik bezwzględnej efektywności inwestycji (wielkość bezwymiarowa),

$P$  – efekty produkcyjne obiektów ochrony wód, obejmujące sumę wartości odzyskanych surowców ze ścieków i nowych wytworzonych produktów, na przykład biogazu, kompostu, zł/rok,

$S_u$  – roczne straty w środowisku wodnym, których uniknięto w wyniku realizacji inwestycji ochrony wód, obliczone na podstawie jednostkowych strat ogólnokrajowych, zł/rok,

$I$  – wartość nakładów inwestycyjnych na przedsięwzięcie ochrony wód, zł,

$r$  – stopa dyskontowa, rok<sup>-1</sup>,

$s$  – średnia stopa amortyzacji, rok<sup>-1</sup>,

$K_e$  – przewidywany roczny koszt eksploatacji (bez amortyzacji) obiektów lub urządzeń ochrony wód, zł/rok.

Warunkiem efektywności określonej za pomocą powyższego wzoru jest, ażeby wskaźnik  $E \geq 1$ .

W tabeli 2 określono wielkość wskaźnika efektywności bezwzględnej dla mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych z podwyższonym usuwaniem biogenów o przepustowości 25000 m<sup>3</sup>/d. Wielkości nakładów inwestycyjnych i kosztów obliczono posługując się metodą wskaźnikową. Obliczenia wielkości strat unikniętych dzięki funkcjonowaniu tej oczyszczalni ścieków dokonano przy

użyciu ogólnokrajowego jednostkowego wskaźnika strat spowodowanych zanieczyszczeniem wód powierzchniowych, wynoszącego  $s = 4,13 \text{ zł/m}^3$  odprowadzanych ścieków nieoczyszczonych.

Obliczony wskaźnik efektywności bezwzględnej  $E = 3,49$  spełnia warunek efektywności bezwzględnej inwestycji ( $E \geq 1$ ). Oznacza to, że realizacja tego projektu inwestycyjnego jest opłacalna dla inwestora.

**Tabela 2.** Określenie wskaźnika efektywności bezwzględnej dla oczyszczalni ścieków (poziom cen 2010 roku)

**Table 2.** Absolute effectiveness index for a wastewater treatment plant (price level for 2010)

Elementy rachunku efektywności bezwzględnej				Wskaźnik efektywności bezwzględnej
Całkowite nakłady inwestycyjne $I$ [zł]	Roczne koszty eksploatacji $K_e$ [zł/rok]	Roczne straty uniknione $S_u$ [zł/rok]	Roczne efekty produkcyjne oczyszczalni $P$ [zł/rok]	$E$ [-]
53 248 767	6 623 159	37 686 250	1 210 000	3,49

*Źródło: Karolinczak i Miłaszewski (2013)*

### 3.4. Zastosowanie wskaźników NPV i BCR do oceny efektywności wybranych systemów wiejskiej kanalizacji sanitarnej

Wartość zaktualizowaną netto (NPV – ang. *Net Present Value*) przedsięwzięcia inwestycyjnego oblicza się przez zdyskontowanie, oddzielnie dla każdego roku, różnicy pomiędzy wartością efektów a wartością nakładów w okresie objętym rachunkiem i zsumowanie tych wielkości.

Wartość zaktualizowana netto jest obliczana za pomocą wzoru (Miłaszewski 2008):

$$NPV = \sum_{t=0}^m a_t (W_t - K_{et} - I_t) \quad (4)$$

gdzie:

$NPV$  – wartość zaktualizowana netto przedsięwzięcia inwestycyjnego, zł,  
 $W_t$  – przewidywana w kolejnym roku ( $t$ ) wartość efektu użytkowego, zł/rok,

$K_{et}$  – przewidywane w kolejnym roku ( $t$ ) koszty eksploatacji bez amortyzacji, zł/rok,

$I_t$  – przewidywane w kolejnym roku ( $t$ ) nakłady inwestycyjne, zł/rok,  
 $t$  – kolejny rok okresu obliczeniowego,  
 $m$  – liczba lat okresu obliczeniowego obejmująca okres budowy ( $b$ ) i eksploatacji ( $n$ ),  
 $a_t$  – współczynnik dyskontujący obliczony dla kolejnego roku ( $t$ ) według wzoru:

$$a_t = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (5)$$

gdzie:

$r$  – stopa dyskontowa, rok<sup>-1</sup>,  
 $t$  – kolejny rok okresu obliczeniowego.

Inwestycja oceniana przy wykorzystaniu wskaźnika wartości zaktualizowanej netto jest ekonomicznie efektywna, jeżeli zostanie spełniony warunek  $NPV \geq 0$ . W przypadku porównywania różnych wariantów inwestycji najlepszym wariantem jest ten, dla którego wartość zaktualizowana netto jest najwyższa. Przy obliczaniu wartości zaktualizowanej netto należy różnicować w czasie stopę dyskontową, koszty paliwa i materiałów pomocniczych, płace oraz opłaty za użytkowanie środowiska. Przewidzenie ich zmian w perspektywie 20-30 lat jest bardzo trudne, a ewentualne niedokładności wpływają na wynik rachunku. Uznaje się to za mankament oceny ekonomicznej efektywności inwestycji przy wykorzystaniu wskaźnika NPV.

Współczynnik efektów i nakładów (BCR) jest określany jako stosunek wartości aktualnej efektów do wartości aktualnej nakładów. Można go przedstawić za pomocą wzoru (Miłaszewski 2008):

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^m a_t \cdot W_t}{\sum_{t=0}^m a_t (I_t + K_t)} \quad (6)$$

gdzie:

$BCR$  – współczynnik efektów i nakładów, wielkość bezwymiarowa,  
 pozostałe symbole zostały objaśnione powyżej.

Inwestycja oceniana za pomocą współczynnika efektów i nakładów jest uznawana za efektywną ekonomicznie, jeżeli zostanie spełniony warunek  $BCR \geq 1$ . Współczynnik  $BCR = 1$  wskazuje na  $NPV = 0$ , przy określonej stopie dyskontowej. Różnica pomiędzy  $NPV$  i  $BCR$  polega na tym, że  $NPV$  mierzy wartość przedsięwzięcia inwestycyjnego w sposób bezwzględny w jednostkach wartościowych, a  $BCR$  jest stosunkiem dwóch wielkości, dzięki czemu lepiej się sprawdza w analizach porównawczych.

Wartość zaktualizowaną netto oraz współczynnik efektów i nakładów wykorzystano m. in. do oceny efektywności kosztowej wybranych systemów kanalizacji sanitarnej dla wiejskiej jednostki osadniczej (Suchorab i in. 2015). Analizowano systemy kanalizacji grawitacyjnej, ciśnieniowej i podciśnieniowej, odprowadzającej ponad 15 tys. m<sup>3</sup> ścieków/dobę. Za okres obliczeniowy przyjęto średni okres życia inwestycji równy 30 lat. Stopę dyskontową założono na poziomie 5%. Wartości nakładów inwestycyjnych, kosztów eksploatacyjnych (bez amortyzacji) oraz obliczonych wielkości mierników  $NPV$  i  $BCR$  dla poszczególnych wariantów inwestycji przedstawiono w tabeli 3.

Jak wynika z tabeli 3 obliczona wartość zaktualizowana netto dla wszystkich systemów kanalizacyjnych jest ujemna. Świadczy to o braku opłacalności ekonomicznej inwestycji. Potwierdzają to wyniki analizy przeprowadzone za pomocą wskaźnika efektów i nakładów  $BCR$ , który dla wszystkich rozpatrywanych systemów kanalizacyjnych jest mniejszy od 1. Najmniej nieopłacalny jest wariant budowy kanalizacji grawitacyjnej, a najbardziej nieopłacalnym kanalizacji podciśnieniowej. Ocena zasadności budowy sieci kanalizacyjnej powinna uwzględniać nie tylko finansową opłacalność, ale także aspekty społeczne, w tym zwiększenie komfortu życia (Suchorab i in. 2015).



**Tabela 3.** Nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji (bez amortyzacji), NPV i BCR analizowanych systemów kanalizacji sanitarnej

**Table 3.** Investment outlays, operating costs (without depreciation), NPV and BCR of the analyzed sanitary sewerage systems

System	Nakłady inwestycyjne netto (zł)	Koszty eksploatacji (bez amortyzacji) (zł/rok)	NPV (zł)	BCR (-)
Kanalizacja grawitacyjna	2 601 164	59 800	- 2 555 366	0,271
Kanalizacja ciśnieniowa	2 176 039	102 344	- 2 774 402	0,255
Kanalizacja podciśnieniowa	2 502 757	107 562	- 3 180 126	0,230

*Źródło: Suchorab i in. 2015*

#### 4. Przykłady zastosowania analizy efektywności kosztowej

Wskaźnik kosztu średniorocznego dla oczyszczalni ścieków uwzględnia wysokość nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji, ale także okres eksploatacji i realną stopę dyskontową, czyli:

$$K_r = I(r + s) + K_e \quad (8)$$

gdzie:

$K_r$  – koszt średnioroczny, zł/rok,

$I$  – nakłady inwestycyjne na budowę oczyszczalni ścieków, zł,

$r$  – stopa dyskontowa, rok<sup>-1</sup>,

$s$  – stopa amortyzacji, rok<sup>-1</sup>,

$K_e$  – roczne koszty eksploatacji oczyszczalni ścieków (bez amortyzacji), zł/rok.

Wskaźnik kosztu średniorocznego został wykorzystany m.in. do oceny efektywności kosztowej różnych rozwiązań przydomowej oczyszczalni ścieków o wydajności  $Q_{dsr} = 0,25 \text{ m}^3/\text{d}$ , zaprojektowanej dla czteroosobowego gospodarstwa domowego położonego na gruncie o dobrej przepuszczalności i wodach gruntowych na najmniejszej głębokości 3,5 m p.p.t. (Karolinczak i in. 2015). Obliczone koszty zestawiono z kosztami budowy

i eksploatacji dwukomorowego zbiornika bezodpływowego o pojemności  $8 \text{ m}^3$ , opróżnianego ze średnią częstotliwością raz w miesiącu, z uwzględnieniem stawki  $20 \text{ zł/m}^3$  brutto. Założono 20-letni okres eksploatacji wszystkich urządzeń i stopę dyskontową na poziomie  $r = 5\%$ . Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 5.

**Tabela 4.** Zestawienie średniorocznych kosztów oczyszczania ścieków w przydomowych oczyszczalniach (poziom cen 2014 r.)

**Table 4.** Comparison of investment, operating and total annual costs of sewage treatment (2014 price level)

Wariant technologiczny oczyszczalni	Koszt średnioroczny [zł/rok]
Oczyszczalnia z drenażem rozsączającym	1 023
Oczyszczalnia hydrofitowa	896
Oczyszczalnia ze złożem biologicznym	1 556
Oczyszczalnia z komorą osadu czynnego	2 134
Oczyszczalnia hybrydowa	2 054

*Źródło: Karolinczak i in. (2015).*

Najbardziej efektywnym pod względem ekonomicznym rozwiązaniem, charakteryzującym się najniższym średniorocznym kosztem oczyszczania ścieków, jest oczyszczalnia hydrofitowa, a najwyższym oczyszczalnia hybrydowa. Średnioroczny koszt oczyszczania ścieków w oczyszczalniach przydomowych jest prawie dwukrotnie niższy od kosztu budowy i eksploatacji szczelnego zbiornika bezodpływowego. Relacja ta w dużej mierze zależy od kosztów opróżniania zbiorników bezodpływowych, które mogą być różne w poszczególnych gminach (Karolinczak i in. 2015).

## 5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz możliwe było sformułowanie następujących wniosków:

1. Analiza kosztów i efektów jest stosowana do finansowej oceny opłacalności budowy i eksploatacji obiektów wodociągowych i kanalizacyjnych, w tym obiektów służących unieszkodliwianiu osadów ściekowych,

2. Efekt funkcjonowania oczyszczalni ścieków jest trudny do wyrażenia w taki sposób, ażeby obejmował w pełni wszystkie korzyści osiągnięte dzięki ochronie wód przed zanieczyszczeniem. Do oceny efektywności inwestycji w zakresie oczyszczania ścieków zaleca się stosowanie wskaźnika efektywności bezwzględnej, który po stronie efektów uwzględnia wielkość strat unikniętych w wyniku realizacji inwestycji, a także efekty uzyskane dzięki produkcji biogazu,
3. W sytuacji kiedy występują trudności w wyrażeniu efektu funkcjonowania oczyszczalni ścieków w jednostkach pieniężnych możliwe jest stosowanie analizy efektywności kosztowej. W tej analizie efekt użytkowy jest wyrażony w jednostkach naturalnych, takich jak na przykład ilość oczyszczonych ścieków w m<sup>3</sup>. Analiza efektywności kosztowej pozwala na wybór wariantu inwestycyjnego o najniższym koszcie średniorocznym, uwzględniającym nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacji.

## Literatura

- Boller, M. (1997). Small wastewater treatment plants—a challenge to wastewater engineers. *Wat. Sci. Tech.*, 35(6), 1-12.
- Hunter, P.R., Pond, K., Jagals, P., Cameron, J. (2009). An assessment of the costs and benefits of interventions aimed at improving rural community water supplies in developed countries. *Science of Total Environment*, 407(12), 3681-3685.
- Karolińczak, B., Miłaszewski, R. (2013). Ocena ekonomicznej efektywności oczyszczalni ścieków. *Gospodarka Wodna*, 2, 53-57.
- Karolińczak, B., Miłaszewski, R., Sztuk, A. (2015). Analiza efektywności kosztowej różnych wariantów technologicznych przydomowych oczyszczalni ścieków. *Rocznik Ochrony Środowiska*, 17, 726-746.
- Miłaszewski, R. (2003). *Ekonomika ochrony wód powierzchniowych*, Fundacja Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych. Białystok: Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- Miłaszewski, R. (2008). *Ekonomiczna efektywność inwestycji w gospodarce wodno-ściekowej i ochronie wód*, w: Materiały do studiowania ekonomiki zaopatrzenia w wodę i ochrony wód, M. Cygler, R. Miłaszewski (red.). Białystok: Ekonomia i Środowisko, 102-121.
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., Sala-Garrido, R. (2010). Economic feasibility study for wastewater treatment: A cost–benefit analysis. *Science of The Total Environment*, 408(20), 4396-4402.

- Rashid, M.M., Hayes, D.F. (2011). Needs-based sewerage prioritization: event conventional cost-benefit analysis. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2427-2440.
- Ścibior, A., Widomski, M. K., Iwanek, M., Musz, A. (2012). *Metody oceny efektywności ekonomicznej inwestycji w projektowaniu gminnej sieci kanalizacji sanitarnej*, Polska Inżynieria Środowiska: prace, tom 1, monografia nr 99, M.R. Dudzińska, A. Pawłowski (red.), Lublin, 289-298.
- Suchorab, P., Iwanek, M., Głowacka, A. (2015). Ocena efektywności ekonomicznej wybranych systemów kanalizacji sanitarnej. *Czasopismo Inżynierii Łądowej, Środowiska i Architektury*, t. XXXII, z. 62 (3/I/15), 447-456.
- Wójtowicz A., Jędrzejewski C., Bieniowski M., Darul H. (2013). *Modelowe rozwiązania w gospodarce osadowej*. Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie.

## **Application of Assessment Methods of the Economic Effectiveness of Water Supply and Sewerage Facilities**

### **Abstract**

The objective of the article is to evaluate two methods used for assessing the economic efficiency of investments in water supply and sewerage systems investment projects. The assessment methods discussed are cost-benefits analysis and cost-effectiveness analysis. Simple and developed indices are used in the cost-benefits analysis.

The examples of cost-effectiveness analysis using simple indices are discussed. They include the payback period of capital outlays incurred on the construction of a sanitary sewerage system and the annual revenue to annual cost of investment ratio specified for a biological reactor of a wastewater treatment plant with anaerobic sludge stabilization. In order to assess the economic effectiveness of a sample municipal wastewater treatment plant, an absolute investment effectiveness index was used. The paper also presents an example of using such developed indices as NPV and BCR to assess the effectiveness of selected rural sanitary sewerage systems.

The index of annual average cost was used in the cost effectiveness analysis. It allowed for the selection of the most effective variant of an on-site wastewater treatment plant.

These examples confirmed the possibility of using of the cost-benefits analysis to assess the financial feasibility of constructing water supply and sewerage systems. In order to evaluate the efficiency of investment of wastewater treatment plants, it is recommended to use the absolute investment effectiveness

index, which takes into account the level of avoided losses of the carried out investment, as well as the end results of the investment. In turn, the cost-effectiveness analysis, which uses the rate of the average annual unit cost, allows for the selection of an investment variant with the lowest total cost, taking into account both investment and operating costs.

**Słowa kluczowe:**

efektywność ekonomiczna, analiza kosztów i efektów, analiza efektywności kosztowej

**Keywords:**

economic effectiveness, Costs-Benefits Analysis, Cost-Effectiveness Analysis