

Konrad MERC<sup>1</sup>, Wiesław KĘDZIA<sup>1</sup> i Ewa OCIEPA<sup>1</sup>

## **ANALIZA STRAT WODY NA PODSTAWIE WSKAŹNIKÓW ZALECANYCH PRZEZ INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION**

### **ANALYSIS OF LOSSES WATER BASED ON INDICATORS RECOMMENDED BY INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION**

**Abstrakt:** Straty wody w systemach wodociągowych często stanowią bardzo wysoki procent wody wtłaczanej do sieci. Już na etapie projektowania zakłada się nieuniknione straty wody, jednak bardzo często w rzeczywistości są one znacząco wyższe od założonych. Podejmowanie działań modernizacyjnych czy remontów mających na celu ograniczanie wycieków powinno zostać poprzedzone szczegółową analizą strat wody w systemie dystrybucji. W artykule przeanalizowano możliwości wyznaczenia zalecanych przez międzynarodowe stowarzyszenie wodne (International Water Association - IWA) wskaźników strat wody, takich jak Infrastructure Leakage Index (*ILI*), the water volume-profit (*NRWB*), Unavoidable Annual Real Losses (*UARL*), Real Leakage Balans (*RLB*). Wskazano utrudnienia w ocenie strat, którymi są często niekompletne i mało dokładne dane przedstawiane przez zakłady, a które są niezbędne do obliczenia zalecanych wskaźników strat wskazujących na stan eksploatowanego systemu dystrybucji.

**Słowa kluczowe:** analiza strat wody, straty wody, straty nieuniknione, wskaźniki strat wody

### **Wprowadzenie**

Głównym problemem eksploatacyjnym zakładów dystrybucji wody, spotykanym we wszystkich krajach, są straty wody. Często stanowią one bardzo wysoki procent wody wyprodukowanej i wtłoczonej do sieci. Straty wody powodują wzrost kosztów produkcji, co z kolei wpływa na stan finansowy zakładów oraz cenę wody. Dochód przedsiębiorstwu przynosi woda zafakturowana, dlatego też zakłady wodociągowe muszą dążyć do maksymalnego ograniczenia strat wody. Do podstawowych, najważniejszych działań zmierzających do ograniczenia strat należy zaliczyć ciągły monitoring, poprawne opracowanie bilansu wody oraz wyznaczenie wskaźników opisujących straty wody w zakładzie.

Analizując badania zmierzające w kierunku ograniczania strat wody w sieciach wodociągowych, stwierdzić można, że prowadzenie analizy oraz wyznaczanie strat wody jest często zadaniem niezwykle skomplikowanym. Potrzebna jest obszerna wiedza z zakresu stanu sieci (struktura materiałowa, wiek itp.), możliwości produkcyjnych, systemu opomiarowania oraz wykrywania strat wody w danym zakładzie. Biorąc pod uwagę stopień trudności, zaleca się wykorzystywanie różnych metod sporządzania bilansu wody i określanie wskaźników charakteryzujących straty wody. Pełna wiedza na temat strat wody przekłada się na możliwość optymalizacji warunków pracy sieci.

Istotną rolę w rozwoju zrównoważonej gospodarki wodnej, w tym w ograniczaniu strat wody, pełni (IWA) [1-4]. Stowarzyszenie to między innymi opracowało metodykę

---

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Infrastruktury i Środowiska, Politechnika Częstochowska, ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa, tel. 34 325 73 34 wew. 49, email: k.merc@is.pcz.pl  
Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 16, Zakopane, 5-8.10.2016

obliczania strat wody, która zaleca wyznaczenie wskaźników opisujących straty, umożliwiającą obiektywną ocenę stanu systemu dystrybucji wody. Ujednolicona metodyka prowadzenia obliczeń daje możliwość porównywania różnych zakładów pod względem strat wody.

Niniejszy artykuł ma na celu przeanalizowanie możliwości wyznaczenia zalecanych przez IWA wskaźników strat wody na przykładzie systemu dystrybucji wody eksploatowanego przez zakład A. Wskazano utrudnienia w ocenie strat, którymi są często niekompletne i niepewne dane, jakimi dysponuje zakład, a które są niezbędne do obliczenia zalecanych wskaźników strat wskazujących na stan eksploatowanego systemu dystrybucji.

### Charakterystyka strat wody

Należy podkreślić, że na straty całkowite wody składają się straty rzeczywiste i pozorne oraz woda zużywana na własne potrzeby zakładów wodociągowych. Na straty rzeczywiste składają się przecieki powstałe na przewodach, połączeniach, armaturze wodociągowej oraz nieszczelności występujące na instalacjach wewnętrznych oraz straty w zbiornikach wodociągowych. Straty pozorne, w przeciwieństwie do rzeczywistych, nie stanowią faktycznych ubytków, a jedynie wpływają na wartość obliczeniowego wskaźnika strat, czyli na wynik liczbowy bilansu objętości wody dostarczonej do sieci i sprzedanej odbiorcom. Przyczyną pozornych strat są niedokładności i niejednoczesności pomiaru dostawy i zużycia wody. Teoretyczny błąd pomiaru powinien wynosić do 10% - w praktyce trudno określić błąd pomiaru przepływomierza. Według Siwoń i in. [2], straty pozorne mogą wynosić ok. 5% w zależności od instalacji i warunków pomiarowych. Ilość wody zużytej na potrzeby własne wodociągu jest na ogół trudna do dokładnego określenia i w związku z tym często jest określana szacunkowo. Częstą praktyką wodociągową jest zawyżanie wartości wody zużywanej na potrzeby własne w celu zaniżenia rzeczywistych strat wody [5-8].

### Wskaźniki charakteryzujące straty wody

Obiektywna i miarodajna ocena strat wody i stanu sieci wodociągowej według IWA sprowadza się do systematycznego i rzetelnego sporządzania bilansu strat wody i wyznaczenia następujących wskaźników:

- *WS* - procentowy wskaźnik strat,
- *RLB* - jednostkowy wskaźnik strat rzeczywistych,
- *NRWB* - wskaźnik objętości wody niedochodowej,
- *UARL* - wskaźnik strat nieuniknionych,
- *ILI* - infrastrukturalny indeks wycieków.

Dane, jakimi należy dysponować w celu obliczenia wyżej wymienionych wskaźników, to [4-9]:

- $V_{wt}$  - woda wyprodukowana (wtłoczona do sieci) [ $m^3/rok$ ],
- $V_{sp}$  - woda sprzedana [ $m^3/rok$ ],
- $V_{wt}$  - woda zużyta na potrzeby własne zakładu wodociągowego [ $m^3/rok$ ],
- $V_{st}$  - straty wody [ $m^3/rok$ ],
- długość sieci wodociągowej:
  - $M$  - magistralnej [km],

- $R$  - rozdzielczej [km],  
 $P_w$  - długość połączeń wodociągowych [km],  
 $L_{pw}$  - liczba połączeń wodociągowych [szt].

Wskaźniki charakteryzujące straty wody oblicza się ze wzorów (1)-(6).

#### Procentowy wskaźnik strat wody - $WS$

Wskaźnik procentowy strat wody pokazuje, jaką część wody w odniesieniu do wody wyciekłej do sieci stanowią straty. Jest on najczęściej stosowany z uwagi na łatwość wyznaczenia. Procentowy wskaźnik strat wody wyznaczany jest z zależności [8, 10-11]:

$$WS = (V_{st}/V_{wt}) \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

#### Jednostkowy wskaźnik strat rzeczywistych - $RLB$

Wskaźnik jednostkowych strat rzeczywistych nazywany jest również indeksem strat rzeczywistych. Zastosowanie wskaźnika opisuje ilość strat wody przy uwzględnieniu ilości przyłączy wodociągowych. Wskaźnik  $RLB$  oblicza się zależnie od liczby przyłączy na jeden kilometr sieci wodociągowej, zgodnie z metodyką [8-12]:

- gdy ilość przyłączy jest mniejsza od 20:

$$RLB_1 = V_{st}/[(M+R) \cdot 365] [m^3/km \cdot d] \quad (2)$$

gdzie  $d$  - doba

- gdy gęstość przyłączy przekracza 20, stosuje się wzór:

$$RLB_2 = (V_{st} \cdot 1000) / (L_{pw} \cdot 365) [dm^3/(d \cdot pod. wod.)] \quad (3)$$

gdzie: pod. wod. - połączenie wodociągowe [szt.]

Dla rozpatrywanego przedsięwzięcia ilość połączeń wodociągowych przypadających na 1 km sieci jest większa od 20, w związku z czym obliczeń dokonano zgodnie ze wzorem (3).

#### Wskaźnik objętości wody niedochodowej - $NRWB$

Zastosowanie wskaźnika eliminuje praktykę polegającą na zawyżaniu zużycia własnego, uzyskuje się wówczas wyniki bardziej rzetelne i dokładne. Obliczeń dokonuje się z użyciem następującego wzoru:

$$NRWB = [(V_{wt} - V_{sp})/V_{wt}] \cdot 100 [\%] \quad (4)$$

#### Wskaźnik strat nieuniknionych - $UARL$

Straty nieuniknione stanowią roczną ilość strat wody w systemach dystrybucji, które uważa się za nieuniknione, gdyż ich wykrycie jest bardzo trudne, a zlikwidowanie wycieku jest dla przedsiębiorstwa nieopłacalne. Dla każdego zakładu w zależności od poszczególnych parametrów powinno ustalić się tak zwany optymalny poziom strat wody w sieci, o czym coraz częściej wspomina się w aktualnej literaturze [13-18].

Przystępując do określania strat nieuniknionych zgodnie z wytycznymi IWA, należy przyjąć:

- wycieki nieuniknione na przewodach sieci magistralnej i rozdzielczej - 18 [dm<sup>3</sup>/(km·d·1m H<sub>2</sub>O)],

- wycieki nieuniknione na przewodach podłączeń wodociągowych - 25 [dm<sup>3</sup>/(1 m podłączeń·d·1m H<sub>2</sub>O)],
  - wycieki nieuniknione związane z liczbą podłączeń wodociągowych - 0,8 [dm<sup>3</sup>/(1 podłączenie · d· 1m H<sub>2</sub>O)],
- Obliczenia wskaźnika *UARL* dokonuje się zgodnie ze wzorem [8]:

$$UARL = [18 \cdot (M+R) + 25 \cdot P_w + 0,8 \cdot L_{pw}] \cdot 0,365 \cdot p \text{ [m}^3/\text{rok]} \quad (5)$$

gdzie: *p* - średnie ciśnienie w analizowanym obszarze [mH<sub>2</sub>O - metry słupa wody], 0,365 - współczynnik przeliczeniowy na rok i m<sup>3</sup>.

#### Infrastrukturalny indeks wycieków - *ILI*

Zastosowanie wskaźnika pozwala na zobrazowanie krotności strat rzeczywistych w odniesieniu do ich minimalnego poziomu, który może zostać uzyskany jedynie w poprawnie eksploatowanym systemie dystrybucji wody [8, 10-15].

$$ILI = V_{\text{w}}/UARL \text{ [-]} \quad (6)$$

Oceny sieci wodociągowej dokonuje się poprzez porównanie obliczonego wskaźnika *ILI* dla danego systemu z zakresami zawartymi w tabeli 1.

Tabela 1

Ocena sieci wodociągowej na podstawie wskaźnika *ILI* [11]

Table 1

Assessment of the water supply network on the basis of the indicator *ILI* [11]

Zakres oraz kategorie <i>ILI</i> wg IWA	Kategorie <i>ILI</i>	Zakres <i>ILI</i> wg WBI Banding System		Zakres <i>ILI</i> wg American Water Works Association (AWWA)
		Kraje rozwijające się	Kraje rozwinięte	
$ILI \leq 1,5$ - stan bardzo dobry	Stan bardzo dobry	$ILI \leq 4,0$	$ILI \leq 2,0$	$ILI \leq 3,0$
$1,5 < ILI \leq 2$ - stan dobry				
$1,5 < ILI \leq 2$ - stan średni	Stan dobry	$4,0 < ILI \leq 8,0$	$2,0 < ILI \leq 4,0$	$3,0 < ILI \leq 5,0$
$2,5 < ILI \leq 3,0$ - stan słaby	Stan słaby	$8,0 < ILI \leq 16,0$	$4,0 < ILI \leq 8,0$	$5,0 < ILI \leq 8,0$
$3,0 < ILI \leq 3,5$ - stan bardzo słaby				
$ILI > 3,5$ - stan niedopuszczalny	Stan niedopuszczalny	$ILI > 16,0$	$ILI > 8,0$	$ILI > 8,0$

Szczegółowy opis zalecanych przez IWA wskaźników strat wody oraz celowość ich stosowania autorzy niniejszego artykułu przedstawili we wcześniejszych publikacjach [6-8, 11, 18].

#### Straty wody w systemie dystrybucji przedsiębiorstwa

Przedsiębiorstwo A eksploatuje sieć wodociągową o długości 916 kilometrów. Źródło zasilania systemu wodociągowego stanowią ujęcia ujęcia powierzchniowe o łącznej wydajności 84,0 tys. m<sup>3</sup>/d, wspomagane przez ujęcia awaryjne, których wydajność stanowi ok. 710 m<sup>3</sup>/d. W rozpatrywanym zakładzie woda tłoczona jest z użyciem 36 hydroformi, a zbiorniki wyrównawcze na wodę czystą są w stanie zmagazynować 34,5 tys. m<sup>3</sup>.

W ostatnich latach w zakładzie prowadzone są gruntowne remonty hydroforni i przepompowni wody czystej mające na celu zmniejszenie awaryjności oraz zapewnienie stabilności ciśnienia w sieci. Analiza oraz wykrywanie strat wody odbywa się poprzez system monitorujący oparty na rejestrze przepływów i ciśnień w sieci [9]. W tabeli 2 zestawiono długość sieci magistralnej, rozdzielczej oraz długość i liczbę połączeń wodociągowych eksploatowanych w latach 2010-2015.

Tabela 2

Zestawienie długości sieci oraz liczby przyłączy wodociągowych [9]

Table 2

Summary of network length and the number of water connections [9]

Lata	Długość sieci magistralnej ( $M$ ) [km]	Długość sieci rozdzielczej ( $R$ ) [km]	Długość połączeń wodociągowych ( $P_w$ ) [km]	Łącznie ( $L$ ) [km]	Liczba połączeń wodociągowych ( $L_{pw}$ ) [-]
2010	49,80	490,50	323,80	864,10	20 280
2011	49,80	504,10	323,80	877,70	20 682
2012	49,80	520,50	323,80	894,10	21 306
2013	49,80	524,80	324,00	898,60	21 845
2014	49,80	529,00	324,00	902,80	22 329
2015	53,00	538,70	324,30	916,00	22 936

Dane przedstawione w tabeli 2 wskazują na systematyczny wzrost długości eksploatowanej sieci rozdzielczej i ilości połączeń wodociągowych. Natomiast nie wzrasta lub wzrasta minimalnie długość przyłączy wodociągowych.

Przedsiębiorstwo A wyjaśnia, że nie inwentaryzuje i nie zna faktycznej długości połączeń wodociągowych, ponieważ inwestorem przyłączy są osoby fizyczne, w związku z czym dane dotyczące długości przyłączy wodociągowych są pomijane podczas aktualizacji danych. Zbierane i aktualizowane są jedynie informacje dotyczące liczby połączeń.

### Bilans wody dla analizowanego przedsiębiorstwa

Sporządzenie miarodajnego bilansu strat wody wymaga dokładnego opomiarowania i systematycznej obróbki uzyskanych danych dających rzeczywiste odniesienie do sytuacji panującej w danym systemie. Dokonanie prawidłowych pomiarów gwarantuje uzyskanie danych potrzebnych do dalszych opracowań, najistotniejsze dane to [9]:

- ilości wody włoczonej do sieci,
- ilości wody pobranej na potrzeby własne zakładu wodociągowego,
- ilości wody sprzedanej wszystkim odbiorcom.

Straty wody obliczono jako różnicę wody włoczonej do sieci i sprzedanej oraz zużytej na potrzeby własne zakładu. Bilans wody dla rozpatrywanego przedsiębiorstwa w latach 2010-2015 przedstawiono w tabeli 3.

Analizując dane zawarte w tabeli 3, można stwierdzić, że ilość wody dostarczanej do sieci w zakładzie stopniowo rośnie z wyjątkiem 2013 roku, w którym następuje spadek w stosunku do lat poprzednich. Ilość wody sprzedanej przez cały rozpatrywany okres utrzymuje trend wzrostowy. Sytuacja taka związana jest ze stale rosnącą ilością odbiorców w latach 2010-2015. Należy podkreślić, że obserwuje się duży wzrost zużycia własnego

wody w analizowanym przedsiębiorstwie. W 2010 roku zużycie własne stanowiło ok. 4,2% wody wtłoczonej do sieci, a w 2015 - 7,4%. Zwiększenie zużycia własnego wpływa na ograniczenie strat, a w konsekwencji na wartości wszystkich wskaźników strat wody.

Tabela 3

Bilans wody w okresie 2010-2015 [9]

Table 3

Water balance during the 2010-2015 [9]

Lata	Woda dostarczona do sieci [tys. m <sup>3</sup> /rok]	Woda sprzedana [tys. m <sup>3</sup> /rok]	Zużycie własne wody czystej [tys. m <sup>3</sup> /rok]	Straty wody [tys. m <sup>3</sup> /rok]
2010	13 011	9413	545	3053
2011	13 122	9611	623	2888
2012	13 124	9720	592	2812
2013	12 995	9750	600	2645
2014	13 079	9861	849	2369
2015	13 820	10 085	1022	2713

### Analiza wskaźników strat wody w przedsiębiorstwie

Okres, w jakim rozpatrywano straty wody w Przedsiębiorstwie A, wyniósł 5 lat (tab. 4). Dla tego okresu dokonano obliczeń procentowego wskaźnika strat wody, wskaźnika jednostkowych strat rzeczywistych oraz wskaźnika objętości wody niedochodowej [8-11].

Tabela 4

Wartości obliczeniowe wskaźników Przedsiębiorstwa A

Table 4

Calculated values of indicators in the Enterprise A

Lata	WS [%]	RLB <sub>2</sub> [dm <sup>3</sup> /d·p.w.]	NRWB [%]
2010	23,46	412,44	27,65
2011	22,01	382,57	26,76
2012	21,43	361,59	25,94
2013	20,35	331,73	24,97
2014	18,11	290,67	24,60
2015	19,63	324,07	27,03

Niestety z uwagi na nieinwentaryzowanie przez zakład długości przyłączy wodociągowych, a tym samym brak rzetelnych danych na temat ich długości, nie ma możliwości prawidłowego obliczenia wszystkich wskaźników strat wody opisanych w wytycznych IWA. Dotyczy to wskaźnika strat nieuniknionych i infrastrukturalnego indeksu wycieków. Wskaźnik *ILI* jest obecnie uważany za najbardziej skuteczny parametr oceny prawidłowości działania systemów dystrybucji wody. Jednak stosowanie go ma pewne ograniczenia. Nie jest możliwe jego wyznaczenie, gdy zakład nie dysponuje lub posiada niepewne dane do obliczania wartości *UARL*. Często zdarza się, że zakłady nie posiadają pełnych inwentaryzacji sieci, czy nie mają rzetelnych danych dotyczących panującego ciśnienia w sieci, co uniemożliwia wyznaczenie *UARL* (lub jego wyznaczenie obarczone jest wysokim błędem), a w następstwie wskaźnika *ILI*. Ponadto zaleca się

stosowanie *ILI* wtedy, gdy liczba przyłączy jest większa niż 5000, a ich gęstość przekracza 20 na km sieci wodociągowej oraz przy ciśnieniu w sieci co najmniej 0,25 MPa [19].

Możliwe do wyznaczenia dla zakładu A wskaźniki obliczono na podstawie wzorów (1), (3), (4) i zestawiono w tabeli 4. Analizując uzyskane wyniki, stwierdzić można, że od 2010 roku obserwuje się spadek wartości wskaźnika procentowego z 23,46% uzyskanych w 2010 roku do 19,63% w 2015 roku, a wartość najniższą 18,11% zanotowano w 2014 roku. Podobną sytuację obserwuje się w przypadku jednostkowego wskaźnika strat rzeczywistych, tutaj w rozpatrywanych latach 2010-2015 obserwuje się spadek wielkości rzędu  $88,37 \text{ dm}^3/\text{d} \cdot \text{podł. wod.}$ . Jednak wartość tego wskaźnika jest nadal wysoka w porównaniu z innymi systemami [7, 8]. Wskaźnik objętości wody niedochodowej systematycznie ulegał zmniejszeniu aż do 2014 roku, natomiast w 2015 roku jego wartość porównywalna była z wartością uzyskaną w 2010 roku. Należy jednak podkreślić, że zwiększenie przez analizowany zakład zużycia własnego wpływa na wartości wszystkich przedstawionych w tabeli 4 wskaźników strat wody. Zużycie własne podawane jest szacunkowo, dlatego też w przypadku gwałtownego wzrostu każdy zakład powinien wskazać przyczyny jego wzrostu.

### Podsumowanie i wnioski

Z uwagi na konieczność ochrony zasobów wód oraz kondycję finansową zakładów wodociągowych należy podejmować skuteczne działania dotyczące ograniczania strat wody. Bardzo często stanowią one wysoki procent wody włączanej do sieci. Należy podkreślić, że nie tylko w Polsce, ale i na świecie maleją zasoby wody pitnej, koszty jej produkcji stale rosną, a straty wody znacznie przyczyniają się do zwiększania tych kosztów. Dlatego też każdy zakład eksploatujący sieci wodociągowe powinien prowadzić rzetelną analizę strat wody, będącą podstawą do podejmowania działań remontowych czy modernizacyjnych w celu szybkiego wykrycia i likwidacji strat wody. Liczni autorzy podkreślają, że najczęściej wyznaczany procentowy wskaźnik strat wody jest niewystarczający do wiarygodnej oceny strat wody, ponieważ nie uwzględnia tak istotnych parametrów, jak np. długość sieci, ilość i długość przyłączy oraz ciśnienie i obciążenie hydrauliczne panujące w sieci. Można go stosować jako pierwszą, przybliżoną informację dotyczącą oceny strat oraz do analizy strat wody w dłuższym czasie w tym samym systemie dystrybucji. IWA proponuje rozszerzoną metodykę obliczania strat umożliwiającą bardziej obiektywną ocenę stanu danego systemu dystrybucji. Niestety dokładna ocena strat wody często jest niemożliwa z uwagi na ograniczoną ilość i wiarygodność danych uzyskanych z zakładów np. w zakresie długości sieci, ciśnienia czy ilości wody zużywanej na potrzeby własne wodociągu. Ilość wody zużytej na potrzeby własne wodociągu jest trudna do dokładnego określenia i zazwyczaj określana jest szacunkowo, a przez część przedsiębiorstw celowo zawyżana, aby obniżyć wartości wskaźników strat wody.

Analizowane przedsiębiorstwo w ostatnich latach znacznie zwiększyło zużycie własne, nie wskazując konkretnych przyczyn. Nieuzasadnione zawyżanie zużycia własnego wpływa na ograniczenie procentowego wskaźnika strat, przez co stawia zakład w pozornie lepszym świetle. Niepokojący jest wysoki wskaźnik jednostkowych strat rzeczywistych RLB. Ponadto dla analizowanego zakładu nie było możliwości wyznaczenia zalecanego przez IWA wskaźnika *ILI* z uwagi na brak szczegółowych danych do obliczenia strat

nieuniknionych. Należy podkreślić, że określenie *ILI* umożliwiłoby analizę porównawczą z innymi systemami wodociągowymi i obiektywną ocenę stanu sieci wodociągowej.

Analiza strat wody w systemie dystrybucji przedsiębiorstwa A pozwala stwierdzić, że zakład dla pełnej wiedzy na temat strat powinien przeanalizować i uzasadnić znaczny wzrost zużycia wody na potrzeby własne, określić przyczyny wysokiego wskaźnika *RLB* oraz zinwentaryzować długość przyłączy. Jest to podstawą prawidłowego wykonania bilansu wody i obliczenia wszystkich wskaźników strat zalecanych przez IWA.

## Podziękowania

Pracę wykonano w ramach badań: BS/MN-401-304/16.

## Literatura

- [1] Clarke M, Boden P, McDonald A. DEBTOR: debt evaluation, bench-marking and tracking - a water debt management tool to address UK water debt. *Water Environ J.* 2012;26:292-300. DOI: 10.1111/j.1747-6593.2011.00288.x
- [2] Siwoń Z, Cieżak W, Cieżak J. Praktyczne aspekty badań strat wody w sieciach wodociągowych. *Ochr Środ.* 2004;4:25-30.
- [3] European Environment Agency. Towards efficient use of water resources in Europe. EEA Report 1.2012. DOI: 10.2800/95096.
- [4] Zambrano JA, Gil-Martinez M, Garcia-Sanz M, Irizar I. Benchmarking of control strategies for ATAD technology: a first approach to the automatic control of sludge treatment systems. *Water Sci Technol.* 2009;60(2):409-417. DOI: 10.2166/wst.2009.338.
- [5] Kwietniewski M, Gębki W, Wronowski N. Monitorowanie sieci wodociągowych i kanalizacyjnych. PZLiTS; Monografie Seria Wod. i Kan. 2007;10
- [6] Studziński A, Pietrucha-Urbanik K, Kluz W. Analiza strat wody w sieci wodociągowej w Stalowej Woli. *JCEEA.* 2014;61(1/14):333-342. DOI: 10.7862/rb.2014.23.
- [7] Rak J, Trojnar D. Analiza i ocena strat wody w wodociągu Łañcuta. *JCEEA.* 2014;61(1/14):245-256. DOI: 10.7862/rb.2014.17.
- [8] Ociepa E, Merc K. Analiza strat wody w systemie wodociągowym eksploatowanym przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Okręgu Częstochowskiego S.A. *GWiTS.* 2016;7:249-253. DOI: 10.15199/17.2016.7.3.
- [9] Opracowanie własne na podstawie materiałów udostępnionych przez Przedsiębiorstwo A.
- [10] Lambert A, Hibner W. Losses from water supply systems: Standard terminology and recommended performance measures. *The Blu Pages.* Copyright by IWA, 2000;10:320-338.
- [11] Rak J, Sypień Ł. Analiza strat wody w wodociągu miasta Jasła. *JCEEA.* 2013;60(3/13):5-18. DOI: 10.7862/rb.2013.33.
- [12] Piechurski FG. Sposoby zmniejszania strat wody. *Ryn Instal.* 2011;11-12:74-76/72-75.
- [13] Hotłoś H. Quantitative assessment of the influence of water pressure on the reliability of water-pipe networks in service. *Environ Protect Eng.* 2010;36(3):103-112. [http://epe.pwr.wroc.pl/2010/hotlos\\_3-2010.pdf](http://epe.pwr.wroc.pl/2010/hotlos_3-2010.pdf).
- [14] Piechurski FG. Sposoby zmniejszania strat wody (cz. 2). *Ryn Instal.* 2011;12:1-4. <http://www.ryneinstalacyjny.pl/artukul/id3323,sp0soby-zmniejszania-strat-wody-cz-2?print=1>.
- [15] Piechurski FG. Straty wody w systemie wodociągowym (cz. I-III). *Wodociągi-Kanalizacja.* 2008;3(49):24-46.
- [16] Lambert A, McKenzie R. Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index. Paper to IWA Conference Leakage Management - A Practical Approach. November 2002. <http://www.studiomarcofantozzi.it/IWACYprusNov2002Lambert&McKenziepaper.pdf>.
- [17] Studziński A, Pietrucha-Urbanik K, Mędrala A. Analiza strat wody oraz awaryjności w wybranych systemach zaopatrzenia w wodę. *JCEEA.* 2014;61(4/14):193-201. DOI: 10.7862/rb.2014.137.
- [18] Ociepa E, Kędzia W. Analiza strat wody w wybranych wodociągach województwa śląskiego. *Inż Ochr Środ.* 2015;18(3):277-288. [https://is.pcz.pl/static/pdf/2015/zeszyt3/2015\\_nr3\\_1-OciepaKedzia\\_p.pdf](https://is.pcz.pl/static/pdf/2015/zeszyt3/2015_nr3_1-OciepaKedzia_p.pdf).



- [19] Kwietniewski M. Zastosowanie wskaźników strat wody do oceny efektywności jej dystrybucji w systemach wodociągowych. *Ochr Środ.* 2013;35(4):9-16. [http://www.os.not.pl/docs/czasopismo/2013/4-2013/Kwietniewski\\_4-2013.pdf](http://www.os.not.pl/docs/czasopismo/2013/4-2013/Kwietniewski_4-2013.pdf).

## **ANALYSIS OF LOSSES WATER BASED ON INDICATORS RECOMMENDED BY INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION**

Institute of Environmental Engineering, Faculty of Infrastructure and Environment  
Czestochowa University of Technology

**Abstract:** Water loss in water supply systems often represent a very high percentage of water a press-fit to the network. Already at the design stage involves the inevitable loss of water, but very often they are in fact significantly higher than assumed. Taking action modernization or renovation aimed at reducing leaks should be preceded by a detailed analysis of water losses in the distribution system. The article analyzes the possibility of setting recommended by the International Association Water (International Water Association - IWA) indicators water losses such as the Infrastructure Leakage Index (*ILI*), the water volume-profit (*NRWB*) Unavoidable Annual Real Losses (*UARL*), Real Leakage Balance (*RLB*). Indicated difficulties in assessing damage, which are often incomplete and inaccurate data presented by the companies, and which are necessary to calculate the recommended rates of loss indicating the state operated distribution system.

**Keywords:** analysis of the loss of water, water loss, loss inevitable indicators loss water