

**Janusz RAK<sup>1</sup>**  
**Dominika TROJNAR<sup>2</sup>**

## **ANALIZA I OCENA STRAT WODY W WODOCIĄGU ŁAŃCUTA**

Miasto Łańcut jest zasilane z trzech niezależnych ujęć wód podziemnych. W pracy przedstawiono analizę zużycia i strat wody w wodociągu Łańcuta, wykonaną na podstawie danych uzyskanych z Głównego Urzędu Statystycznego oraz Łańcuckiego Związku Komunalnego Sp. z o.o. podczas normalnej eksploatacji sieci wodociągowej w latach 2007-2011. Ustalono podstawowe wskaźniki strat wody oraz odniesiono je do zaproponowanych wskaźników przez The International Water Association (IWA). Straty wody oceniono na podstawie następujących wskaźników: procentowej straty wody, jednostkowej straty rzeczywistej, objętości wody niedochodowej, objętości strat nieuniknionych i infrastrukturalnego indeksu wycieków. Przeanalizowane wskaźniki są porównywalne do wartości, które zostały uzyskane w innych systemach zbiorowego zaopatrzenia w wodę w Polsce. Obliczenie jednostkowych wskaźników strat wody pozwoliło na uzyskanie szczegółowego obrazu sytuacji eksploatacyjnej wodociągu. Nie zaobserwowano tendencji wzrostowej ani spadkowej. Jednostkowy wskaźnik strat wody został utrzymany na stałym poziomie. W ocenie strat wody należy uwzględnić wskaźnik obciążenia sieci. Jednostkowy wskaźnik strat wody w odniesieniu do całej długości sieci wodociągowej w przeciągu ostatnich 5 lat waha się w granicach od 3,0 do 3,9 m<sup>3</sup>/km·d. Analiza wskaźnika intensywności uszkodzeń sieci wodociągowej wykazała, że jej awaryjność nie jest decydującą przyczyną powstawania strat wody w systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę miasta Łańcuta.

**Słowa kluczowe:** system zaopatrzenia w wodę, straty wody, wskaźnik strat wody

### **1. Krótka charakterystyka wodociągu**

Wodociąg o charakterze grupowym Łańcuckiego Zakładu Komunalnego Sp. z o.o., sukcesywnie rozbudowywany od 1952 r., stanowi niezawodny system zaopatrzenia w wodę dla ok. 20 tys. mieszkańców aglomeracji łańcuckiej. Obszar działalności spółki w zakresie zaopatrzenia w wodę obejmuje: miasto Łańcut, gminę Czarna – wsie Wola Mała, Dąbrówki, Zarzecze, Krzemienica, Czar-

<sup>1</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Janusz Rak, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. 17 8651449, e-mail: rakjan@prz.edu.pl

<sup>2</sup> Dominika Trojnar, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. 17 8651449

na, gminę Białobrzegi – wsie Wola Dalsza, Dębina oraz gminę wiejską Łañcut – wsie Sonina, Głuchów. Łañcut jest zasilany z niezależnych źródeł, na które składają się trzy ujęcia wód podziemnych [1]:

- w Dąbrówkach – na ujęcie składa się z 6 studni wierconych S-1 bis, S-2, S-3 bis, S-4, S-5 bis, S-6 o łącznej wydajności  $Q_{maxh} = 110 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- na lewym brzegu Wisłoka – ujęcie stanowią 4 studnie wiercone S1, S2, S3, S4 o łącznej wydajności eksploatacyjnej  $Q_{maxh} = 91 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- w Woli Małej – na ujęcie składają się 2 studnie szybowe SK-4 i SKT-5 o wydajności  $Q_{maxh} = 24 \text{ m}^3/\text{h}$ , które zostały połączone lewarem; do końca 2011 r. ujęcie wody w Woli Małej składało się z 6 studni o eksploatacyjnej wydajności  $Q_{maxh} = 65 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Obecnie eksploatuje się głównie ujęcie Dąbrówki składające się z 6 studni oraz ujęcie Wisłok składające się z 4 studni. Lewarowe ujęcie jest eksploatowane sporadycznie jako uzupełniające w okresach wzmożonych rozbiórów wody w mieście [1].

Celem pracy jest przedstawienie zunifikowanej metody oceny strat wody z wykorzystaniem zalecanych wskaźników przez International Water Association.

## 2. Materiał i metody

Do oceny wielkości strat wody w sieci wodociągowej w podsystemach jej dystrybucji korzysta się z różnych wskaźników, które zostały opracowane na podstawie bilansów rocznych [2-4]. Do analizy strat wody w mieście wykorzystano zalecane wskaźniki przez International Water Association (IWA) [5-7].

Zestawienie podstawowych danych do obliczania strat wody obejmuje:

- wodę wtłoczoną do sieci –  $V_{wtl}$ ,
- zużycie własne wody –  $V_{wl}$ ,
- wodę sprzedaną –  $V_{sp}$ ,
- straty wody –  $V_{str}$ ,
- długość sieci magistralnej – M,
- długość sieci rozdzielczej – R,
- całkowitą długość sieci wodociągowej – M + R,
- długość połączeń wodociagowych – PW,
- liczba połączeń wodociagowych – LPW

W tabeli 1. zestawiono bilans produkcji wody w Łañcutcie, w tab. 2. przedstawiono zaś zmiany długości sieci wodociągowej.

### Procentowy wskaźnik strat wody

Wskaźnik określa udział strat wody  $V_{str}$  w objętości wody wtłoczonej  $V_{wtl}$  do sieci wodociągowej:

$$WSW = \frac{V_{str}}{V_{wt}} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

Straty wody w podsystemie dystrybucji określają następujące wskaźniki:

- ILI – infrastrukturalny indeks wycieków [-],
- RLB – jednostkowy wskaźnik strat rzeczywistych [ $\text{m}^3/\text{km} \cdot \text{d}$ ],
- NRWN – wskaźnik objętości niedochodowej wody [%].

Tabela 1. Zestawienie bilansu produkcji wody w latach 2007-2011

Table 1. Summary of balance water production in 2007-2011

Rok	Woda wtłoczona do sieci $V_{wt}$ [ $\text{m}^3/\text{rok}$ ]	Woda sprzedana $V_{sp}$ [ $\text{m}^3/\text{rok}$ ]	Woda sprzedana gospodarstwom domowym $V_{spgd}$ [ $\text{m}^3/\text{rok}$ ]	Zużycie wody na cele własne $V_{wt}$ [ $\text{m}^3/\text{rok}$ ]	Straty wody $V_{str}$ [ $\text{m}^3/\text{rok}$ ]
2007	1044800	729100	627000	27300	262600
2008	1121500	780100	611800	95500	343800
2009	1067600	789031	611100	88300	278660
2010	1086200	799658	619500	93400	278600
2011	1065100	785315	609200	96500	284600

Tabela 2. Zestawienie długości sieci wodociągowej w Łańcutcie w latach 2007-2011

Table 2. Summary of the length of the water supply system in Łańcut in 2007-2011

Rok	Długość sieci magistralnej M [km]	Długość sieci rozdzielczej R [km]	M + R [km]	Długość połączeń wodociągowych PW [km]	Razem L [km]	Liczba połączeń LPW [szt.]
2007	32,5	88,9	121,4	119,3	240,7	3475
2008	32,5	89,2	121,7	121,6	243,3	3543
2009	32,5	90,4	122,9	123,7	246,6	3608
2010	32,5	92,2	124,7	126,1	250,8	3688
2011	32,5	94	126,5	129,8	256,3	3741

### Wskaźnik jednostkowy strat rzeczywistych

Jednostkowy wskaźnik strat rzeczywistych w pierwszej kolejności wymaga ustalenia dobowej wielkości rzeczywistych strat z wodnym bilansem oraz znajomości liczby przyłączy [7, 8]. Wyróżnia się dwie wersje tego wskaźnika:

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

$$RLB_2 = \frac{V_{str} \cdot 1000}{LPW} \quad [\text{dm}^3/\text{d} \cdot \text{podłączenie wodociągowe}] \quad (3)$$

Zalecane jest stosowanie wskaźnika  $RLB_1$ , jeśli liczba podłączeń wodociągowych przypadających na kilometr sieci ( $M + R$ ) jest mniejsza niż 20. Natomiast wskaźnik  $RLB_2$  zaleca się stosować, gdy liczba podłączeń wodociągowych przypadających na kilometr sieci wodociągowej wynosi minimum 20 [2, 7].

### Wskaźnik objętości wody niedochodowej

Wskaźnik NRWB oblicza się ze wzoru:

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

### Bilans strat nieuniknionych

Roczną objętość wody wodociągowej w postaci strat nieuniknionych określa się na podstawie trzech składników:

- przecieków nieuniknionych w przewodach sieci magistralnej, rozdzielczej i bez przyłączy –  $18 \text{ dm}^3/\text{km} \cdot \text{d} \cdot 1 \text{ mH}_2\text{O}$  ciśnienia,
- przecieków nieuniknionych na podłączeniach wodociągowych (do granicy nieruchomości) –  $25 \text{ dm}^3/1 \text{ m}$  podłączeń  $d \cdot 1 \text{ m H}_2\text{O}$  ciśnienia,
- przecieków nieuniknionych na podłączeniach wodociągowych (od granicy nieruchomości) –  $0,8 \text{ dm}^3/1$  podłączenie  $d \cdot 1 \text{ m H}_2\text{O}$  ciśnienia.

Objętość rocznych strat nieuniknionych oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:  $M$  – długość sieci magistralnej [km],

$R$  – długość sieci rozdzielczej [km],

$PW$  – długość podłączeń wodociągowych [km],

$LPW$  – liczba podłączeń wodociągowych,

$p$  – średnie ciśnienie w rozpatrywanej pomiarowej strefie [ $\text{mH}_2\text{O}$ ],  $p = \text{ok. } 40 \text{ mH}_2\text{O}$ ,

$0,365$  – przeliczeniowy współczynnik na rok i  $\text{m}^3$ .

### Infrastrukturalny indeks wycieków

Stosowanie wskaźnika ILI umożliwia porównanie i ocenę działań, które są podejmowane w celu znacznego zmniejszenia strat wody w sieci wodociągowej. Wskaźnik jest wartością bezwymiarową oraz jest krotnością strat rzeczywistych wody w sieci do poziomu minimalnego wycieków, który może wystąpić w bardzo dobrze eksploatowanym systemie wodociągowym [3, 5].

Indeks ILI wyznacza się ze wzoru:

$$ILI = \frac{V_{str}}{U_{ARL}} \quad [-] \quad (6)$$

W tabeli 3. przedstawiono kryteria oceny wskaźnika IWA, WBI Banding System oraz AWWA, co umożliwiło prawidłową ocenę stanu technicznego sieci wodociągowej [8].

Tabela 3. Kategorie wartości według ILI, WBI Banding System, AWWA i IWA

Table 3. Categories of IMI, WBI Banding System, AWWA and IWA

Zakres oraz kategoria ILI wg IWA	Kategorie ILI	Zakres ILI wg WBI Banding System		Zakres ILI wg AWWA
		kraje rozwijające się	kraje rozwinięte	
ILI ≤ 1,5 – stan bardzo dobry 1,5 < ILI ≤ 2 – stan dobry	stan bardzo dobry	ILI ≤ 4,0	ILI ≤ 2,0	ILI ≤ 3,0
2 < ILI ≤ 2,5 – stan średni	stan dobry	4,0 < ILI ≤ 8,0	2,0 < ILI ≤ 4,0	3,0 < ILI ≤ 5,0
2,5 < ILI ≤ 3,0 – stan słaby 3,0 < ILI ≤ 3,5 – stan bardzo słaby	stan słaby	8,0 < ILI ≤ 16,0	4,0 < ILI ≤ 8,0	5,0 < ILI ≤ 8,0
ILI ≥ 3,5 – stan niedopuszczalny	stan niedopuszczalny	ILI > 16,0	ILI > 8,0	ILI > 8,0

### 3. Wyniki badań

Zalecane w celach porównawczych przez IWA wskaźniki strat wody zestawiono w tab. 4.

Tabela 4. Zestawienie wskaźników strat wody w latach 2007-2011

Table 4. Summary of water loss rates in 2007-2011

Rok	WSW [%]	NRWB [%]	RLB <sub>1</sub> [m <sup>3</sup> /km·d]	RLB <sub>2</sub> [dm <sup>3</sup> /dPW]	U <sub>ARL</sub> [m <sup>3</sup> /rok]	ILI
2007	25,1	30,2	5,9	207,0	116036,4	2,3
2008	30,7	30,4	7,7	265,9	117749,0	2,9
2009	26,1	26,1	6,2	211,6	119590,1	2,3
2010	25,6	26,4	6,1	207,0	121873,5	2,3
2011	26,7	26,3	6,2	208,4	124316,1	2,3

### Obliczenie jednostkowych wskaźników strat wody

Obliczenie jednostkowych wskaźników strat wody pozwala na uzyskanie szczegółowego obrazu sytuacji eksploatacyjnej systemu zaopatrzenia w wodę [2, 9-11].

1) jednostkowa ilość wtłoczonej wody do sieci

$$q_{wtł} = \frac{V_{wtł} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/\text{Md}] \quad (7)$$

2) jednostkowa ilość sprzedanej wody ogółem

$$q_{sp} = \frac{V_{sp} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/\text{Md}] \quad (8)$$

3) jednostkowa ilość sprzedanej wody gospodarstwom domowym

$$q_{spgd} = \frac{V_{spgd} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/\text{Md}] \quad (9)$$

4) jednostkowa ilość strat wody

$$q_{str} = \frac{V_{str} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/\text{Md}] \quad (10)$$

5) jednostkowa ilość zużytej wody na potrzeby własne wodociągu

$$q_{wt} = \frac{V_{wt} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/\text{Md}] \quad (11)$$

6) jednostkowa ilość wody niedochodowej

$$Q_{wt} = \frac{V_{wtł} - V_{sp} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/\text{Md}] \quad (12)$$

W tabeli 5. zostały zestawione jednostkowe wskaźniki ilości wody.

Obliczenie jednostkowego wskaźnika obciążenia hydraulicznego sieci wodociągowej M + R:

$$q_0 = \frac{V_{wtł}}{L_{M+R} \cdot 365} \quad [\text{m}^3/\text{km} \cdot \text{d}] \quad (13)$$

Obliczenie jednostkowego wskaźnika strat wody w odniesieniu do całej długości sieci wodociągowej:

$$q_{strL} = \frac{V_{str}}{L \cdot 365} \quad [\text{m}^3/\text{km} \cdot \text{d}] \quad (14)$$

Tabela 5. Jednostkowe wskaźniki ilości wody w latach 2007-2011

Table 5. Unit indicators of the amount of water in 2007-2011

Jednostkowy wskaźnik ilości wody	Rok				
	2007	2008	2009	2010	2011
$q_{wt}$	151,1	176,1	164,6	164,6	162,1
$q_{sp}$	108,1	112,7	112,3	112,3	109,1
$q_{spgd}$	93,0	88,4	87,0	87,0	84,7
$q_{str}$	38,9	49,7	39,7	39,1	39,5
$q_{wt}$	4,0	13,8	12,6	13,1	13,4
$q_{nd}$	42,9	63,5	52,3	52,2	52,9
Liczba mieszkańców korzystających z wodociągu LM	18479	18971	19243	19503	19715

W tabeli 6. zestawiono wartości wskaźnika jednostkowego obciążenia hydraulicznego sieci rozdzielczej i magistralnej oraz jednostkowego wskaźnika strat na całej długości sieci wodociągowej.

$$V'_{str} = V_{str} - \text{UARL} \quad (15)$$

$$q'_{strL} = \frac{V'_{str}}{L \cdot 365} \quad [\text{m}^3/\text{km} \cdot \text{d}] \quad (16)$$

Tabela 6. Zestawienie wskaźników jednostkowych obciążeń hydraulicznych sieci wodociągowej w Łańcutie

Table 6. Summary of indicators of individual hydraulic loads of water supply network in Łańcut

Rok	$q_0$ [ $\text{m}^3/\text{km} \cdot \text{d}$ ]	$q_{strL}$ [ $\text{m}^3/\text{km} \cdot \text{d}$ ]	$V'_{str}$	$q'_{str}$
2007	23,0	3,0	146563,6	1,7
2008	27,5	3,9	226051,0	2,5
2009	25,8	3,1	159069,9	1,8
2010	25,7	3,0	156726,5	1,7
2011	25,3	3,0	160283,9	1,7

### Obliczenie wskaźnika intensywności uszkodzeń

Dla przewodów magistralnych  $\lambda_M$ , rozdzielczych  $\lambda_R$  oraz podłączeń wodociągowych  $\lambda_P$  wskaźnik intensywności uszkodzeń obliczono ze wzoru [12]:

$$\lambda = \frac{n}{L \cdot \Delta t} \quad [\text{uszk}/\text{km} \cdot \text{rok}] \quad (17)$$

gdzie:  $n$  – liczba wszystkich uszkodzeń w przedziale czasu  $\Delta t$ ,

$L$  – długość przewodów [km],

$\Delta t$  – przedział czasu [rok].

W tabeli 7. zestawiono liczby awarii sieci magistralnej, rozdzielczej i przyłączy oraz wskaźniki intensywności uszkodzeń sieci wodociągowej Łańcuta.

Tabela 7. Zestawienie intensywności uszkodzeń sieci wodociągowej w Łańcutcie

Table 7. Summary of the intensity of damage to the water supply network in Łańcut

Oznaczenia	Rok				
	2007	2008	2009	2010	2011
Liczba awarii sieci magistralnej	5	4	6	5	9
Intensywność uszkodzeń $I_M$	0,15	0,12	0,18	0,15	0,28
Liczba awarii sieci rozdzielczej	34	52	55	62	83
Intensywność uszkodzeń $I_R$	0,38	0,58	0,61	0,67	0,88
Liczba awarii podłączeń wodociągowych	70	68	62	78	57
Intensywność uszkodzeń podłączeń wodociągowych $\lambda_P$	0,59	0,56	0,50	0,62	0,44
Całkowita liczba awarii sieci wodociągowej	109	124	123	145	149
Globalna intensywność uszkodzeń $I$	0,45	0,51	0,50	0,58	0,58

Wartości wskaźników intensywności uszkodzeń przewodów wodociągowych służą do podejmowania decyzji o ich renowacji [13]. W tabeli 8. przedstawiono szacunkowe wartości awaryjnych strat wody, z których korzysta m.in. MPWiK Kraków [2].

## 4. Dyskusja wyników badań

Z przeprowadzonej analizy wskaźnikowej strat wody (WSW) wynika, że procentowe zmiany strat w latach 2007-2011 obliczone na podstawie udziału strat wody do objętości wody wtłoczonej do sieci wodociągowej wynosiły od 23,8 do 28,2%. Jak wynika z technicznej literatury, straty wody nie powinny przekraczać 15%. Kraje wysokorozwinięte notują straty na poziomie 10%, ale wartości te są szacowane po pomniejszeniu strat wody o straty nieuniknione. Poglobiona analiza strat wody w Łańcutcie wykazała, że powszechnie używany

w kraju WSW nie odzwierciedla w pełni stanu faktycznego. Ważne jest oszacowanie nieuniknionych strat wody (UARL) i dopiero wtedy można analizować rzeczywiste straty wody ( $V'_{str} = V_{str} - \text{UARL}$ ).

Tabela 8. Zestawienie orientacyjnych strat wody w wyniku perforacji przewodów wodociągowych  
Table 8. Summary of indicative of water loss due to perforation of water pipes

Średnica otworu [mm]	Straty wody				
	dm <sup>3</sup> /min	dm <sup>3</sup> /godz.	m <sup>3</sup> /dobę	m <sup>3</sup> /miesiąc	m <sup>3</sup> /rok
0,5	0,50	20,00	0,48	14,40	173,00
1,00	0,97	58,00	1,39	41,60	500,00
1,50	1,82	110,00	2,64	79,00	948,00
2,00	3,16	190,00	4,56	136,00	1632,00
2,50	5,09	305,00	7,30	218,00	2616,00
3,00	8,15	490,00	11,70	351,00	4212,00
3,50	11,30	680,00	16,30	490,00	5880,00
4,00	14,80	890,00	21,40	640,00	7680,00
4,50	18,20	1100,00	26,40	790,00	9480,00
5,00	22,30	1340,00	32,00	960,00	11520,00
5,50	26,00	1560,00	37,40	1120,00	13440,00
6,00	30,00	1800,00	43,20	1300,00	15600,00
6,50	34,00	2050,00	49,10	1478,00	17736,00
7,00	39,30	2360,00	56,80	1700,00	20400,00

Dane w tabeli zestawiono dla ciśnienia 5 atm.; przy innych ciśnieniach należy zastosować następujące przeliczniki: 0,1 MPa = 0,45; 0,2 MPa = 0,63; 0,3 MPa = 0,77; 0,4 MPa = 0,89; 0,5 MPa = 1,00; 0,6 MPa = 1,10; 0,7 MPa = 1,18; 0,8 MPa = 1,27; 0,9 MPa = 1,34; 1,0 MPa = 1,41.

Do oceny strat wody w sieci wodociągowej bardzo przydatny jest również wskaźnik infrastrukturalnego indeksu wycieków ILI, który w łańcuckiej sieci wodociągowej przyjmuje wartości od 2,3 do 2,9. Na jego podstawie stwierdzono, że stan sieci wodociągowej jest średni, natomiast w 2008 r. był słaby (według IWA). Według AWWA oraz WBI Banding system dla krajów rozwijających się stan sieci wodociągowej jest bardzo dobry, natomiast według WBI dla krajów rozwiniętych stan ten określono jako średni. Straty wody, które są brane pod uwagę przy wyznaczaniu wskaźnika ILI, uwzględniają także straty wody pozorne, np. niedokładności wskazań wodomierzy. Wskaźniki objętości wody niedochodowej NRW wahają się od 26,1 do 30,4%, co współgra ze wskaźnikiem ILI. Zaletą zastosowania tego wskaźnika jest uniknięcie zawyżenia objętości wody na potrzeby własne przez przedsiębiorstwo wodociągowe do zaniżenia procentowego wskaźnika strat wody, ponieważ wskaźnik ten obejmuje zarówno straty wody, jak i objętość wody zużywanej na potrzeby technologiczne.

Wnioskując z obliczeń wskaźnika jednostkowego strat rzeczywistych RBL odniesionego do długości przewodów sieci, wskaźnik kształtował się na średnim

poziomie 5,9-7,7 m<sup>3</sup>/km·d oraz 207,0-265,9 m<sup>3</sup>/d · PW. Wskazuje to na dobry stan techniczny wodociągów.

Obliczenie jednostkowych wskaźników strat wody pozwoliło na uzyskanie szczegółowego obrazu sytuacji eksploatacyjnej wodociągu. Nie zaobserwowano tendencji wzrostowej ani spadkowej. Jednostkowy wskaźnik strat wody został utrzymany na stałym poziomie. W ocenie strat wody należy uwzględnić wskaźnik obciążenia sieci. Jednostkowy wskaźnik strat wody w odniesieniu do całej długości sieci wodociągowej w przeciągu ostatnich 5 lat waha się w granicach od 3,0 do 3,9 m<sup>3</sup>/km·d.

Najmniejszą intensywnością uszkodzeń cechują się przewody magistralne  $\lambda_M = 0,12-0,28$  usz./km·rok. Średnia intensywność uszkodzeń sieci magistralnej wynosi  $\lambda_M = 0,18$  usz./km·rok, a więc spełnia europejskie standardy ( $\lambda_M \leq 0,3$  usz./km·rok) [5]. Na sieci rozdzielczej największą intensywność uszkodzeń zanotowano w 2011 r.  $\lambda_R = 0,88$  usz./km·rok, natomiast najmniejszą w 2007 r.  $\lambda_R = 0,38$  usz./km·rok (standard  $\lambda_R \leq 0,5$  usz./km·rok). W przypadku podłączeń domowych największy wskaźnik intensywności uszkodzeń zanotowano w 2010 r.  $\lambda_{PW} = 0,62$  usz./km·rok, najmniejszy zaś w 2011 r.  $\lambda_{PW} = 0,44$  usz./km·rok (standard  $\lambda_{PW} \leq 1,0$  usz./km·rok). Globalne wskaźniki intensywności uszkodzeń wahają się od 0,45 do 0,58 usz./km·rok. W przeważającej mierze straty wody nie są więc spowodowane awaryjnością sieci wodociągowej. Częstą przyczyną przecieków wody są wady materiału, korozja oraz nieprawidłowa eksploatacja [3, 7, 9, 10].

## 5. Podsumowanie

1. Analizę i ocenę strat wody przeprowadzono według kryteriów i standardów IWA, uzupełniono autorskimi jednostkowymi wskaźnikami strat wody i awaryjności sieci wodociągowej.
2. Powszechnie stosowany w przedsiębiorstwach krajowych procentowy wskaźnik strat wody powinien uwzględniać modyfikację objętości strat wody ( $V_{str}$ ) przez pomniejszenie objętości strat nieuniknionych (UARL).
3. Zaprezentowane jednostkowe wskaźniki umożliwiają szczegółową analizę strat wody, jednak konieczne jest wypracowanie standardów dla warunków krajowych w tym zakresie.
4. Komisja europejska ds. wody do spożycia (EUREAN) zwraca uwagę, że w miastach wciąż jest możliwa redukcja wycieków. Należy dążyć do wdrożenia zasady obniżenia strat wody w sieci wodociągowej do poziomu opłacalności finansowej zgodnie z preferowanymi wytycznymi (SELL). Pierwszym krokiem w tym zakresie jest konieczność zinwentaryzowania stanu faktycznego celem podjęcia decyzji finalnych ograniczających wycieki. Przyjęcie ujednoliconej metodyki oceny strat wody wodociągowej pozwoli na stworzenie wiarygodnej bazy danych w skali kraju.

## Literatura

- [1] Dane eksploatacyjne uzyskane z Łańcuckiego Zakładu Komunalnego Sp. z o.o.
- [2] Dohnalik P.: *Straty wody w miejskich sieciach wodociągowych*. Wydaw. Polskiej Fundacji Ochrony Zasobów Wodnych, Bydgoszcz 2000.
- [3] Rak J., Tunia A.: *Analiza i ocena strat wody w wodociągu Rzeszowa*. Instal, nr 5, 2012, s. 42-45.
- [4] Bergel T.: *Analiza wskaźnikowa strat wody wodociągowej w gminach wiejskich i miejsko-wiejskich w Polsce (cz. 2.)*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 10, 2012, s. 413-415.
- [5] Lambert A., Hibner W.: *Losses from Water Supply Systems: Standard terminology and recommended performance measures*. The Blu Pages. Copyright by IWA, no. 10/2000, pp. 320-338.
- [6] Mendaza F.M., Verdu C.S.: *Use of permanent noise monitoring for leakage detection*. Kongres IWA. Berlin 2001.
- [7] Piechurski F.G.: *Sposoby zmniejszania strat wody*. Rynek Instalacyjny, nr 11 i 12, 2011, s. 74-76, 72-75.
- [8] Pietrucha-Urbaniak K., Studziński A.: *Analiza strat wody wodociągu krośnieńskiego*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 10, 2012, s. 452-454.
- [9] Siwoń Z., Cieżak W., Cieżak J.: *Praktyczne aspekty badań strat wody w sieciach wodociągowych*. Ochrona Środowiska, nr 4, 2004, s. 25-30.
- [10] Głód K., Bajer J.: *Nowoczesne metody wykrywania nieszczelności wody wodociągowej rozwijane w Wielkiej Brytanii*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 6, 2000, s. 224-28.
- [11] Tchórzewska-Cieślak B.: *Risk management system in water-pipe network functioning*. Safety, Reliability And Risk Analysis: Theory, Methods and Application, t. 3, London 2008, pp. 2463-2473.
- [12] Hotłoś H.: *Analiza strat wody w systemach wodociągowych*. Ochrona Środowiska, nr 1, 2003, s. 17-24.
- [13] Kuliczkowski A. i in.: *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Wydaw. Seidel-Przywecki, Warszawa 2010.

## ANALYSIS OF WATER LOSSES IN WATER SUPPLY SYSTEM OF ŁAŃCUT

### Summary

City Łańcut is supplied from three independent groundwater intakes. The thesis presents an analysis of water loss and consumption in Lancut's municipal water supply system, based on the data obtained from the Central Office of Statistics and Lancut's Communal Utilities Association Ltd. during the normal running of the system between the years 2007-2011. Moreover, the present thesis sets basic factors of water loss as well as contributes to those proposed by The International Water Association (IWA). The analyzed factors are compared to the values which were received by other systems of collective water supply in Poland. The calculation of unit rates of water loss allowed to obtain a detailed picture of the operational situation of water supply system. Upward or downward trend was not observed. Individual water loss rate was maintained at a constant level. When assessing the water loss rate one should take into account the network load. Individual water

loss rate for the entire length of the water supply system in the past five years ranges from 3.0 to 3.9 m<sup>3</sup>/km·d. Analysis of the failure rate of the water supply system showed that the failure rate is not decisive cause of water loss in the system of collective water supply of the Łańcut.

**Keywords:** water supply system, losses in water, water losses indicators

*Przesłano do redakcji: 3.03.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 02.06.2014 r.*

DOI: 10.7862/rb.2014.17