

Ocena stanu eksploatacyjnego wybranej sieci wodociągowej

Operational evaluation of a selected water supply network

MAŁGORZATA IWANEK, PAWEŁ SUCHORAB

DOI 10.36119/15.2019.12.5

Analiza awaryjności sieci wodociągowej oraz strat wody powinna być podstawą do podejmowania przez przedsiębiorstwa wodociągowe działań związanych z modernizacją sieci. Prawidłowo wykonaną analizę wielkości strat wody w sieci wodociągowej należy przeprowadzać dla odrębnych stref opomiarowania, porównując wielkość dopływów i odpływów wody ze strefy z wodą zafakturowaną. W niniejszym artykule przedstawiono przykład oceny stanu eksploatacyjnego wybranej sieci wodociągowej, z uwzględnieniem zarówno kwestii awaryjności, jak i strat wody. Przeprowadzona analiza została wykonana dla sieci wodociągowej traktowanej jako całość, mimo jej funkcjonującego podziału na strefy. W świetle uzyskanych wyników można stwierdzić, że brak rozdzielenia na strefy opomiarowania mógł rzutować na mylną interpretację stanu technicznego sieci, a tym samym utrudnić właściwe zaplanowanie prac modernizacyjnych i remontowych sieci.

Słowa kluczowe: awaryjność, wskaźniki strat wody, bilans wody

Analysis of water distribution network failure and water losses should be a basis for water supply companies to undertake activities related to network modernization. Water losses analysis should be conducted for District Meter Areas (DMAs) by comparing inflows and outflows from the area with billed water. In the paper the water network operating conditions were assessed basing on the case study and taking both failure rate and water losses into consideration. The analysis was conducted for the whole network, even though the network operates as divided into 2 zones. Based on the obtained results, it can be claimed that disregard of existing zones could cause the misinterpretation of the network operating conditions and hence impede the proper planning the network modernization and renovation.

Keywords: failure rate, water losses indicators, water balance

Wprowadzenie

Prawidłowe i racjonalne planowanie modernizacji, renowacji i wymiany sieciowych przewodów wodociągowych powinno opierać się o kompleksową analizę stanu technicznego sieci. Analiza taka powinna uwzględniać kwestie awaryjności przewodów oraz określenie poziomu strat wody, które występują we wszystkich sieciach wodociągowych i kanalizacyjnych na całym świecie [1-3]. W przypadku planowania przyszłościowego, w teorii planowane remonty powinny uprzedzać awarie występujące w przewodach przewidzianych do wymiany. W tym celu często wykorzystuje się dostępne na rynku narzędzia wspomagające tworzenie planów renowacji poprzez przeprowadzanie analizy wielokryterialnej, modelowej analizy hydraulicznej oraz nadawanie priorytetów obszarom (przewodom) o najpilniejszych potrzebach renowacji [4]. Jednakże, mimo nawet najbardziej dokład-

nej analizy stanu eksploatacyjnego sieci, nie jest możliwe dokładne przewidzenie czasu, miejsca i zakresu awarii wodociągowej. Wynika to z losowego charakteru awarii i szeregu potencjalnych ich przyczyn [5-7]. Dodatkowo, reakcja na występującą awarię może być opóźniona z uwagi na charakter wycieków – w pierwszej kolejności naprawiane są najbardziej uciążliwe wycieki, powodujące wypływ wody na powierzchnię lub brak dostawy wody. Wycieki mniejsze, infiltrujące do gruntu, często przez długi okres pozostają niewykryte i nienaprawione. Dążenia zarządców sieci do eliminacji wszystkich nieszczelności są dodatkowo hamowane przez istnienie tzw. ekonomicznego poziomu wycieków, którego osiągnięcie powoduje, że dalsze próby ograniczenia wycieków przewyższają finansowo potencjalne korzyści z zaoszczędzonej w ten sposób wody [8]. Z drugiej strony, na przedsiębiorstwach wodociągowych ciąży pewna presja społeczna

i ekologiczna do minimalizowania strat wody.

Straty wody definiowane są jako różnica pomiędzy wodą włączoną do sieci, a wodą zafakturowaną [9]. Ich podstawowy podział obejmuje rozróżnienie na straty rzeczywiste i pozorne [10]. Prawidłowo wykonana analiza wielkości strat wody w sieci wodociągowej powinna opierać się o podział sieci na odrębne strefy opomiarowania [ang. *District Meter Area DMA*], umożliwiające dokładną kontrolę dopływów i odpływów wody ze strefy, a następnie porównanie tych wartości z wielkością wody zafakturowanej [11]. Zarówno ilość traconej wody, jak i awaryjność przewodów są parametrami indywidualnie charakteryzującymi każdy system wodociągowy. Stąd też by porównywać ze sobą różne systemy wodociągowe stosowane są liczne współczynniki (awaryjności i strat wody), umożliwiające porównanie i ocenę stanu technicznego poszczególnych sieci wodociągowych.

dr hab. inż. Małgorzata Iwanek, prof. PL (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2761-0100>), mgr inż. Paweł Suchorab (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9275-4800>) – Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, Lublin.
Adres do korespondencji: m.iwanek@pollub.pl

Obiekt badań

Tytułową ocenę stanu eksploatacyjnego przeprowadzono dla przykładowej sieci wodociągowej zlokalizowanej w mieście liczącym około 60 000 mieszkańców. Odbiorcami wody w przeważającej większości są gospodarstwa domowe oraz obiekty użyteczności publicznej (urzędy, szkoły). System wodociągowy, zaopatrujący w wodę blisko 100% mieszkańców miasta, charakteryzuje się 2-strefową strukturą geometryczną z dwoma niezależnymi ujęciami wody podziemnej. Wydzielone dwie strefy mają charakter jedynie terytorialny i nie mogą być traktowane indywidualnie pod względem hydraulicznym. Stąd, pomimo 2-strefowego charakteru, cała sieć wodociągowa traktowana jest jako jedna strefa opomiarowania (DMA) z uwagi na brak odpowiednich punktów monitoringu (brak urządzeń mierzących natężenie przepływu wody na granicy stref). Poszczególne strefy zaopatrują w wodę odpowiednio: 20% (strefa I) i 80% (strefa II) mieszkańców, co sugeruje ich nierówne obciążenie hydrauliczne i powinno stanowić podstawę do indywidualnego ich opomiarowania. Dostawa wody do odbiorców zapewniana jest poprzez układ pompowni II stopnia współpracujący z kilkoma zbiornikami i hydroforniami sieciowymi. Średnie ciśnienie panujące w sieci wynosi 0,36 MPa, a współczynnik intensywności obciążenia sieci 24,39 m³/(d·km).

Najstarsze fragmenty sieci wodociągowej zostały wybudowane w latach 50. XX w., zaś największy rozwój struktury sieci przypadł na lata 80. XX w. W 2018 roku łączna długość przewodów sieci wodociągowej bez przyłączy wynosiła 315 km (przewody rozdzielcze: 229 km, przewody magistralne: 86 km), uwzględniając także fragmenty sieci znajdujące się poza administracyjnym obszarem miasta. W analizowanych latach (2014÷2018) sumaryczna długość sieci zwiększyła się tylko o 4 km, co wynika z wcześniejszego objęcia zasięgiem sieci całego miasta. Struktura materiałowa sieci obejmuje głównie przewody z żeliwa szarego (44,5%) i stali (27,6%). Pozostałe materiały wykorzystane do budowy sieci to PE-HD (12,0%), PVC (10,8%), azbestocement (5,0%) i żeliwo sferoidalne (0,1%). W 2018 roku sieć zasilala 10800 przyłączy, których średnia długość była równa 15 m.

Procentowy udział poszczególnych materiałów w strukturze materiałowej sieci wodociągowej sugeruje jej znaczny wiek (przewaga przewodów z żeliwa szarego oraz stali), co z kolei może przekładać się na wysoką awaryjność i straty wody.

W związku z takim podejściem, przedsiębiorstwo wodociągowe podjęło decyzję o opracowaniu kompleksowego wieloletniego planu renowacji i wymiany przewodów, które dotychczas przeprowadzane były przypadkowo, głównie w sytuacjach awarii. W ramach opracowywanego planu, zasadnym było przeprowadzenie analizy awaryjności i strat wody w badanej sieci wodociągowej.

Metodyka badań

Aby ocenić stan eksploatacyjny wybranej sieci wodociągowej w pierwszej kolejności określono jej awaryjność. W tym celu obliczono współczynniki intensywności uszkodzeń przewodów (λ) z podziałem na przyłącza, przewody rozdzielcze i magistrale. Następnie określono straty wody wykorzystując bilansowanie według International Water Association (IWA) oraz metodę wskaźnikową. Wyznaczono wskaźniki tradycyjnie stosowane w Polsce – procentowy wskaźnik strat wody (PWS), jednostkowy wskaźnik strat wody przypadających na jednego mieszkańca (OWS), jednostkowy wskaźnik strat wody przypadających na kilometr długości sieci (LWS), oraz wskaźniki zalecane przez IWA – wskaźnik jednostkowych strat rzeczywistych, przy co najmniej 20 przyłączach przypadających na 1 km sieci (RLB), wskaźnik przecieków infrastruktury (ILI) oraz wskaźnik objętości wody niedochodowej (NRWB). Ponadto wyznaczono współczynnik intensywności obciążenia sieci (WNII). Zastosowane metody badawcze są metodami standardowymi, od wielu lat stosowanymi w kraju i na świecie [12-15]. Dane niezbędne do przeprowadzenia obliczeń uzyskano z przedsiębiorstwa zarządzającego siecią. Wartości, których

nie można było dokładnie określić, zostały oszacowane na podstawie literatury [16] – przyjęto, że błędy pomiarów i odczytów wodomierzy stanowią 2%, a nieautoryzowana konsumpcja – 0,5% zafakturowanej zmierzonej konsumpcji wody. Badaniem objęto pracę całej sieci wodociągowej w latach 2014÷2018.

Wyniki badań i dyskusja

Wartości współczynników intensywności uszkodzeń oraz odpowiadającą im liczbę uszkodzeń oraz długość poszczególnych rodzajów przewodów zestawiono w tabeli 1. Długości w poszczególnych latach odnoszą się do stanu na grudzień danego roku, natomiast dla całego analizowanego okresu podano średnią arytmetyczną długości przewodów z poszczególnych lat.

Podobnie jak w przypadku innych opisanych w literaturze sieci wodociągowych [15, 17] największą intensywnością uszkodzeń we wszystkich analizowanych latach charakteryzują się przyłącza wodociągowe (0,52÷0,87 uszk/(km · rok)), a najmniejszą przewody magistralne (0,00 ÷ 0,05 uszk/(km · rok)). Biorąc pod uwagę cały analizowany okres, intensywność uszkodzeń przyłączy jest 3-krotnie większa niż pozostałych przewodów (magistralnych i rozdzielczych razem). Należy jednak zauważyć, że wszystkie uzyskane wartości wskaźnika intensywności uszkodzeń spełniają kryteria europejskie podane w pracy [18] i są wyraźnie mniejsze od wartości granicznych, wynoszących: 1,0 uszk/(km · rok) dla przyłączy wodociągowych, 0,5 uszk/(km · rok) dla przewodów rozdzielczych i 0,3 uszk/(km · rok) dla przewodów magistralnych.

Zgodnie z przyjętą metodyką kolejnym etapem badań było sporządzenie bilansów

Tab. 1. Liczba uszkodzeń przewodów (N), długość przewodów (L) oraz współczynnik intensywności uszkodzeń (λ) w latach 2014÷2018

Tab. 1. Number of failures (N), pipes length (L), and failure rate (λ) over the period 2014÷2018

Rodzaj przewodu	Parametr	Jednostka	Wartość parametru w roku					
			2014	2015	2016	2017	2018	2014÷2018
Przyłącza	N	szt	129	94	84	140	129	576
	L	km	160,7	160,9	161,0	161,2	162,0	161,2
	λ	uszk/(km · rok)	0,80	0,58	0,52	0,87	0,80	0,71
Przewody rozdzielcze	N	szt	76	60	56	75	95	362
	L	km	225,5	225,5	226,0	227,0	229,0	226,6
	λ	uszk/(km · rok)	0,34	0,27	0,25	0,33	0,41	0,32
Magistrale	N	szt	4	0	1	2	3	10
	L	km	35,5	85,5	86,0	86,0	86,0	85,8
	λ	uszk/(km · rok)	0,05	0,00	0,01	0,02	0,04	0,02
Przewody rozdzielcze i magistrale	N	szt	80	60	57	77	98	372
	L	km	311,0	311,0	312,0	313,0	315,0	312,4
	λ	uszk/(km · rok)	0,26	0,19	0,18	0,25	0,31	0,24
Cała sieć	N	szt	205	154	140	215	224	938
	L	km	471,7	471,9	473,0	474,2	477,0	473,6
	λ	uszk/(km · rok)	0,43	0,33	0,30	0,45	0,47	0,40

wody dla analizowanej sieci w poszczególnych latach. Wybrane składniki bilansów – ilość wody włożonej do sieci (SIV), straty wody (WL), rzeczyste straty wody (RL) oraz ilość wody nieprzynoszącej dochodu (NRW), zestawiono w tabeli 2. Składniki te stanowiły podstawę obliczenia wskaźników strat wody zestawionych w tabeli 3.

w obu sieciach, natomiast wskaźniki OWS, RLB i III są znacznie mniejsze w przypadku analizowanej sieci (około 1,5-krotnie dla OWS i 2-krotnie dla RLB i III). Wskaźnik intensywności uszkodzeń jest w obu sieciach porównywalny.

Z kolei porównując uzyskane wskaźniki strat z wartościami dla dwóch sieci

III, RLB i LWS do opublikowanych w literaturze wartości granicznych [22-25]. Obliczone wartości wskaźnika III z zakresu od 1,82 do 2,54 sugerują:

- według kryteriów American Water Works Association (AWWA) [22] bardzo dobry stan techniczny analizowanej sieci ($III \leq 3$),
- według kryteriów IWA [23] średni stan sieci w latach 2014, 2016 i 2017 ($1,5 < III \leq 2$) i słaby w pozostałych latach ($2,5 < III \leq 3$),
- według kryteriów Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) [22] średnią wartość III dla obszarów zurbanizowanych o liczbie przyłączy 25÷40 na kilometr sieci w latach 2014, 2016 i 2017 ($1,17 \leq III \leq 2,5$) i wysoką w pozostałych latach ($2,5 < III$).
- według kryteriów World Bank Institute (WBI) [24] w latach 2014, 2016 i 2017 możliwość zaliczenia analizowanej sieci do kategorii A (najlepszej z czterech), dla której dalsze ograniczanie strat wody może być ekonomicznie nieuzasadnione ($1 < III \leq 2$), natomiast w pozostałych latach do kategorii B, dla której możliwa jest dalsza poprawa stanu technicznego sieci ($2 < III \leq 4$).

Z kolei wartości wskaźnika RLB wskazują we wszystkich latach wysoki poziom rzeczywistych strat wody według DVGW [22] ($RLB > 96 \text{ dm}^3/\text{szt. przył.}\cdot\text{d}$); jest to najniższa kategoria dla obszarów zurbanizowanych, natomiast według WBI [24] sieć można zaliczyć do kategorii B – drugiej z czterech.

Równie niejednoznaczna jest ocena wskaźnika LWS (rys. 1) w oparciu

Tab. 2. Wybrane składniki bilansu wody dla analizowanego systemu w latach 2014÷2018
Tab. 2. Selected components of the water balance for the system over the period 2014÷2018

Składnik bilansu	Jednostka	Wartość składnika bilansu w roku				
		2014	2015	2016	2017	2018
SIV	m ³ /rok	2 797 699	2 881 028	2 665 612	2 645 624	2 804 362
WL	m ³ /rok	491 173	683 069	515 379	507 977	681 532
RL	m ³ /rok	436 618	631 092	463 532	455 382	630 034
	% SIV	15,61	21,21	16,83	16,70	21,80
NRW	m ³ /rok	613 511	799 942	589 739	539 813	742 436

Tab. 3. Wartości wskaźników strat wody w systemie wodociągowym w latach 2014÷2018
Tab. 3. Water losses performance indicators in water network system over the period 2014÷2018

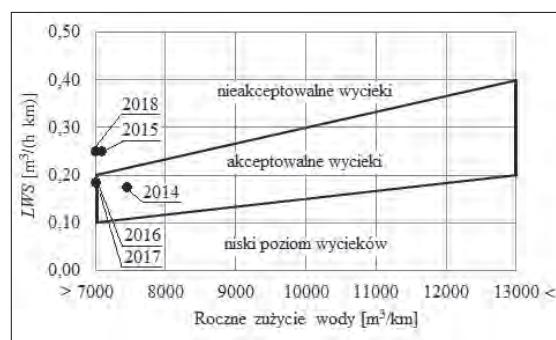
Wskaźnik strat wody	Jednostka	Wartość wskaźnika strat wody w roku				
		2014	2015	2016	2017	2018
OWS	dm ³ /(os.·d)	22,43	31,19	23,53	23,20	31,12
PWS	%	17,56	23,71	19,33	19,20	24,30
LWS	m ³ /(h·km)	0,18	0,25	0,19	0,19	0,25
RLB	dm ³ /(szt. przył.·d)	111,66	156,09	114,52	112,62	155,10
III	-	1,82	2,54	1,87	1,83	2,52
NRWB%	%	21,93	27,77	22,12	20,40	26,47
NRWBconn	dm ³ /szt. przył./d	156,90	204,35	150,51	137,59	188,34

Niemal wszystkie obliczone wskaźniki strat wody osiągnęły maksymalną wartość w 2015 r., który charakteryzował się stosunkowo niską awaryjnością przyłączy ($\lambda = 0,58 \text{ uszk}/(\text{km} \cdot \text{rok})$) i całej sieci ($\lambda = 0,33 \text{ uszk}/(\text{km} \cdot \text{rok})$) w rozpatrywanym okresie. Jedynie wskaźnik PWS osiągnął największą wartość w 2018 r., w którym awaryjność całej sieci była największa ($\lambda = 0,47 \text{ uszk}/(\text{km} \cdot \text{rok})$). Z kolei najmniejsze wartości wskaźników uzyskano w roku 2014, z wyjątkiem wskaźnika NRW zarówno w postaci procentowej (NRWB%), jak i w przeliczeniu na 1 przyłączy (NRWBconn), który osiągnął minimum w 2017 r., przy czym awaryjność zarówno przyłączy, jak i całej sieci była w latach 2014 i 2017 stosunkowo duża. W analizowanej sieci wodociągowej nie stwierdzono więc bezpośredniej zależności między wielkością strat wody a liczbą wykrytych awarii. Podobne wnioski były już przedstawiane w publikowanych analizach innych sieci wodociągowych [19-20].

Porównując uzyskane wartości wskaźników strat z analogicznymi wynikami dla sieci o zbliżonym obciążeniu hydraulicznym i gęstości przyłączy [20] można stwierdzić, że stan techniczny analizowanej sieci jest lepszy od prezentowanej w literaturze – tylko wskaźniki PWS i NRW% mają wartości porównywalne

o podobnej długości i liczbie przyłączy, lecz 2-krotnie większym obciążeniu hydraulicznym (sieci A i B przedstawione w pracy [21]), można stwierdzić gorszy stan techniczny analizowanej sieci. Wskaźniki OWS, RLB i NRW% są wyraźnie większe dla analizowanej sieci (RLB 1,5-krotnie, pozostałe dwa 3-krotnie), porównywalne są natomiast wartości wskaźnika III we wszystkich sieciach.

Rys. 1. Wartości strat wody LWS w analizowanym systemie na tle akceptowalnych wielkości wycieków [25]
Fig. 1. Water losses in the analysed system in reference to the acceptable level of water losses [24]



Z drugiej strony analizowana sieć charakteryzuje się 3-krotnie mniejszym współczynnikiem intensywności uszkodzeń, co może potwierdzać wspomniany wcześniej wniosek o braku zależności między wielkością strat wody a liczbą wykrytych awarii.

Aby pełniej ocenić stan eksploatacyjny analizowanej sieci, odniesiono wskaźniki

o wytyczne niemieckie [25]. Wartości uzyskane dla trzech z pięciu lat znalazły się w obszarze wycieków akceptowalnych, jednak 2 z nich znajdują się bardzo blisko obszaru odpowiadającego wyciekom o nieakceptowalnym poziomie. Ponadto wartości LWS uzyskane dla dwóch pozostałych z 5 lat znajdują się wyraźnie w obszarze wycieków nieakceptowalnych.

Podsumowanie

Na przestrzeni lat (2014÷2018) brak jest widocznego malejącego lub rosnącego trendu wielkości zapotrzebowania na wodę w analizowanym systemie wodociągowym. Zmieniająca się wielkość rzeczywistych strat wody (od 15,61% do 21,80%) wydaje się mieć charakter losowy i może być konsekwencją np. różnych warunków atmosferycznych (mroźne i łagodne zimy), a nie poprawy warunków technicznych sieci wodociągowej. Pomimo wielkości rzeczywistych strat wody na poziomie średnio 18,43% w analizowanym 5-letnim okresie, według zastosowanej metodyki oceny stanu eksploatacyjnego, stanu sieci nie można jednoznacznie ocenić jako słaby. Taka kwalifikacja wprowadza pewien dysonans: z jednej strony blisko 1/5 wody włączanej do sieci jest tracona do gruntu, z drugiej uśredniony stan techniczny całej sieci nie sugeruje konieczności jej gruntownej modernizacji.

Potencjalnie mylna ocena stanu eksploatacyjnego analizowanej sieci może wynikać z traktowania całej sieci jako jednej strefy opomiarowania (pomimo terytorialnego wydzielenia dwóch stref zasilanych z dwóch różnych źródeł i pracujących w różnych warunkach hydraulicznego obciążenia i zasilania). Takie rozwiązanie powoduje zatarcie istotnych informacji na temat poszczególnych obszarów sieci: najstarsze fragmenty sieci, wykonane z żeliwa szarego i stali oraz charakteryzujące się teoretycznie największymi stratami wody, są uśredniane z obszarami o dobrym stanie technicznym, wynikającym ze stosunkowo niedawnego wykonania i zastosowanego materiału (np. PE-HD). To z kolei uniemożliwia wprowadzenie hierarchii i nadawania priorytetów renowacji przewodom najstarszym, o najgorszym stanie technicznym.

Ocena stanu technicznego sieci powinna stanowić podstawę do opracowania planów renowacji i wymiany przewodów wodociągowych. Szczególnie w systemach, w których znaczny udział w strukturze mają przewody stare (powyżej 50 lat

eksploatacji) i wykonane z podatnych na uszkodzenia i korozję materiałów (żeliwo szare, stal), kompleksowe plany renowacji są narzędziem do racjonalnego gospodarowania zasobami ludzkimi, finansowymi i czasowymi w celu poprawy stanu technicznego eksploatowanej sieci wodociągowej.

LITERATURA

- [1] Ana E.V., Bauwens W., Modeling the structural deterioration of urban drainage pipes: the state-of-the-art in statistical methods, *Urban Water Journal* 7(1), 2010, s. 47-59, DOI: 10.1080/15730620903447597
- [2] Puust R., Kapelan Z., Savić D.A., Koppel T., A review of methods for leakage management in pipe networks, *Urban Water Journal* 7(1), 2010, s. 25-45, DOI: 10.1080/15730621003610878
- [3] Rak J.R., Wybrane aspekty badania awarii sieci wodociągowej, *Technologia Wody* 4(36), 2014, s. 14-17.
- [4] Kleiner Y., Adams B.J., Rogers J.S., Water distribution network renewal planning, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 1(15), 2001, s. 15-26.
- [5] Hołtoś H., Analiza uszkodzeń i kosztów naprawy przewodów wodociągowych w okresie zimowym, *Ochrona Środowiska* 31(2), 2009, s. 41-48.
- [6] Królikowska J., Zastosowanie metody PHA do oceny ryzyka uszkodzeń sieci kanalizacyjnej na przykładzie systemu kanalizacyjnego miasta Krakowa, *Rocznik Ochrona Środowiska* 13, 2011, s. 693-710.
- [7] Romano M., Kapelan Z., Savić, D.A., Geostatistical techniques for approximate location of pipe burst events in water distribution systems, *Journal of Hydroinformatics* 15(3), 2013, s. 634-651. DOI: 10.2166/hydro.2013.094
- [8] Speruda S., Radecki R., Ekonomiczny poziom wycieków: modelowanie strat w sieciach wodociągowych, *Translator*, Warszawa, 2003.
- [9] Hołtoś H., Analiza strat wody w systemach wodociągowych, *Ochrona Środowiska* 25(1), 2003, s. 17-24.
- [10] Berger M., Ways M., Poszukiwania przecieków sieci wodociągowych, *Seidel-Przywecki Sp. z o.o.*, Warszawa, 2003.
- [11] Zheng Y.W., Farley M., Turtle D., Kapelan Z., Boxall J., Mounce S., Dahasahasra S., Mulay M., Kleiner Y., *Water Loss Reduction*, Bentley Institute Press, 2011.
- [12] Alegre H., Baptista J.M., Cabrera Jr E., Cubillo F., Duarte P., Hirner W., Merkel W., Parena R., *Performance indicators for water supply services*. Second Edition. IWA publishing, 2006.
- [13] Lambert A., Taylor R., *Water loss guidelines*, New Zealand, Water New Zealand, 2010.
- [14] Kwietniewski M., Awaryjność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce w świetle badań eksploatacyjnych. XXV Konferencja Naukowo-Techniczna Awaryjne Budowlane, 2011, s. 127-140.
- [15] Rak J., Trojnar D., Analiza i ocena strat wody w wodociągu Łańcuta, *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury*, t. XXXI, z. 62 (1/14), 2014, s. 245-256.
- [16] Lambert A.O., Charalambous B., Fantozzi M., Kovac J., Rizzo A., Galea St John S., 14 years experience of using IWA best practice water balance and water loss performance indicators in Europe, In: *Proceedings of the IWA Water Loss 2014 Conference* (International Water Association, Ed.), Vienna: Water Loss Specialist Group, 2014.
- [17] Kowalski D., Kowalska B., Kwietniewski M., Wdowiak A., Analiza uszkodzeń sieci wodociągowej Lublina w latach 2008-2010, *Instal* 11, 2014, s. 92-95.
- [18] Bergel T., Awaryjność sieci wodociągowych małych wodociągów grupowych w Polsce, *Gaz, woda i technika sanitarna* 12, 2012, s. 536-538.
- [19] Rak J.R., Tunia A., Analiza i ocena strat wody w wodociągu Rzeszowa, *Instal* 5, 2012, s. 42-45.
- [20] Rak J., Misztal A., Analiza strat wody w wodociągu miasta Jarosław, *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury* 64 (4/17), 2017, s. 125-138, DOI: 10.7862/rb.2017.198
- [21] Ociepa E., Mrowiec M., Deska I., Analysis of Water Losses and Assessment of Initiatives Aimed at their Reduction in Selected Water Supply Systems, *Water* 11(5), 2019, 1037, DOI: 10.3390/w11051037
- [22] Liemberger R., The New German Water Loss Regulations in context with other international applications of the IWA water balance and real loss performance indicators. Chile: IWA Conference, April 2005
- [23] Rak J., Kwietniewski M., Kowalski D., Tchórzewska-Cieślak B., Zimoch I., Bajera J., Iwanek R., Misztal-Kruk K., Studziński A., Boryczko K., Pietrucha-Urbaniak K., Piegdoń I., *Metody oceny niezawodności i bezpieczeństwa dostawy wody do odbiorców*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2013
- [24] Liemberger R., Brothers K., Lambert A., McKenzie R., Rizzo, A., Waldron T., *Water loss performance indicators*. Water Loss Conference 2007, Vol. 1, s. 148-160
- [25] Weimer D., *Technische und wirtschaftliche Bewertungskriterien für Wasserverluste*, GWF Wasser Abwasser, 13, 1999.



Kwartalnik „Budownictwo i Prawo” ukazuje się piętnasty rok i ma już uśaloną grupę odbiorców wśród: firm budowlanych, wydziałów budownictwa urzędów miejskich i starostw, biur projektowych, firm kosztorysowych i innych. Obecnie nakład czasopisma wynosi ok. 2000 egz. (w zależności od uczestnictwa w targach lub sympozjach i konferencjach, podczas których prowadzone są akcje promocyjne).

Współpracujemy z Ministerstwem Infrastruktury i Budownictwa, Ministerstwem Energetyki, Ministerstwem Środowiska, Głównym Urzędem Nadzoru Budowlanego, Urzędem Zamówień Publicznych, Instytutem Techniki Budowlanej, uczelniami oraz licznymi stowarzyszeniami z sektora budownictwa.

Autorzy z tytułu publikacji w „Budownictwo i Prawo” otrzymują 5 pkt w klasyfikacji MNISW. Czasopismo jest wydawane przez Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie” oraz Oficynę Wydawniczą POLCEN i rozpowszechniane na terenie całego kraju w prenumeracie oraz w sieci sprzedaży ww. wydawców.

Zamówienia na prenumeratę w 2020 roku w wysokości 80 zł przyjmuje:

Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”

02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax: 22/843-77-71

redakcja@informacjainstal.com.pl, wydawnictwo@informacjainstal.com.pl