

Halina Hotłoś

## Badania zmienności strat wody w wybranych systemach wodociągowych w latach 1990–2008

Straty wody występują we wszystkich wodociągach w kraju i na świecie. Powstają one w wyniku oddziaływania na sieć wodociągową różnych czynników, których stopień wpływu jest bardzo zróżnicowany w poszczególnych systemach wodociągowych. Dlatego jedynie na podstawie systematycznych i wieloletnich badań eksploatacyjnych możliwa jest ocena działania sieci i wyodrębnienie podstawowych przyczyn powstawania jej uszkodzeń i strat wody. Umożliwi to podejmowanie odpowiednich działań w zakresie eksploatacji i modernizacji systemów wodociągowych, dzięki którym możliwe będzie zmniejszenie strat wody do minimalnego poziomu, uzasadnionego względami technicznymi i ekonomicznymi w określonych warunkach funkcjonowania systemów dystrybucji wody. W Polsce warunki te ulegały istotnym zmianom w okresie transformacji gospodarczej, zwłaszcza w odniesieniu do obciążenia sieci wodociągowej, które zmniejszyło się wskutek spadku poboru wody.

### Zakres i metodyka badań

Podstawą do przeprowadzonej analizy zmienności strat wody były wielokrotne badania ankietowe przeprowadzone w dziesięciu przedsiębiorstwach wodociągów i kanalizacji w Trzebnicy, Wołowie, Polkowicach, Kłodzku, Oleśnicy, Brzegu, Świdnicy, Piotrkowie Trybunalskim, Zielonej Górze i Opolu. W celu dokonania oceny zmian strat wody od początku okresu transformacji gospodarczej wykorzystano dane eksploatacyjne sieci w latach 1990–2000 [1–4] oraz w latach 2001–2008. Na podstawie informacji o rocznych bilansach poboru i zużycia wody w systemach wodociągowych od 1990 r. do 2008 r. dokonano analizy zmian zarówno wskaźników poboru wody i obciążenia sieci omówionych w pracy [5], jak i średnich rocznych wartości wskaźników strat wody, takich jak:

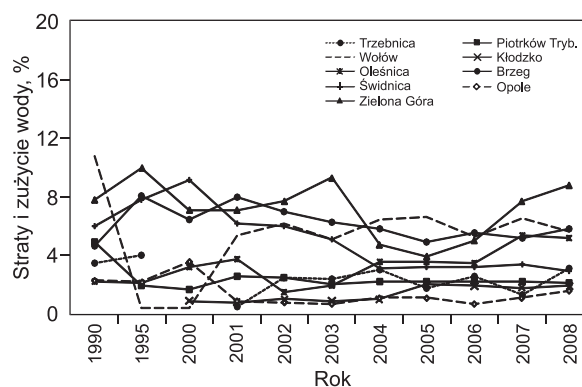
- straty wody i jej zużycie na potrzeby technologiczne ujęcia i zakładu oczyszczania wody,
- całkowite straty wody ( $S_w$ ) w sieci wodociągowej, tj. straty wody w sieci wraz ze zużyciem wody na potrzeby własne systemu wodociągowo-kanalizacyjnego,
- straty wody ( $S$ ) w sieci wodociągowej.

Duże trudności w ilościowej ocenie rozmiaru przecieków wody sprawiają, że do analiz i porównań wykorzystuje się, tak w kraju, jak i za granicą, szacunkowe straty określone na podstawie rocznych bilansów wody. Wiarygodność danych uzyskanych z polskich przedsiębiorstw

wodociągowych znacznie wzrosła w ostatnich latach, co wynika m.in. z prawie pełnego opomiarowania odbiorców wody oraz stosowania urządzeń pomiarowych o wysokiej klasie dokładności. Ponadto usamodzielnione przedsiębiorstwa wodociągowe wykazują obecnie faktyczne straty wody, w przeciwieństwie do czasów gospodarki planowej, kiedy ówczesny system rozliczeń zachęcał do zaniżania danych o stratach wody. Zatem straty wody obliczone na podstawie rocznych bilansów mogą, bez popełnienia większego błędu, służyć do szacunkowej oceny rozmiaru przecieków wody z przewodów i armatury sieci wodociągowej, co potwierdzają wyniki badań terenowych. Prowadzenie badań terenowych przecieków wody jest jednak konieczne, gdyż na ich podstawie możliwe jest zlokalizowanie nieszczelności (szczególnie niewielkich i niewidocznych na powierzchni) oraz podjęcie działań umożliwiających ich usunięcie.

### Wskaźniki strat i zużycia wody na cele technologiczne ujęcia i zakładu oczyszczania wody

W siedmiu miastach, spośród dziesięciu objętych analizą, do celów komunalnych ujmowane są wody podziemne, a w pozostałych (Brzeg, Kłodzko, Zielona Góra) w przeważającej ilości wody powierzchniowe i infiltracyjne. Straty wody i jej zużycie na potrzeby technologiczne ujęcia i zakładu oczyszczania wody w latach 1990–2000 utrzymywały się w większości zakładów wodociągowych na prawie stałym poziomie lub nieznacznie rosły [3, 4], natomiast od 2001 r. stwierdzono korzystną tendencję do zmniejszania się wartości tego wskaźnika (rys. 1). W 2008 r. straty i zużycie technologiczne wody w zakładach oczyszczania wynosiły przeważnie  $2,0 \pm 6,0\%$  wydajności ujęć wody.

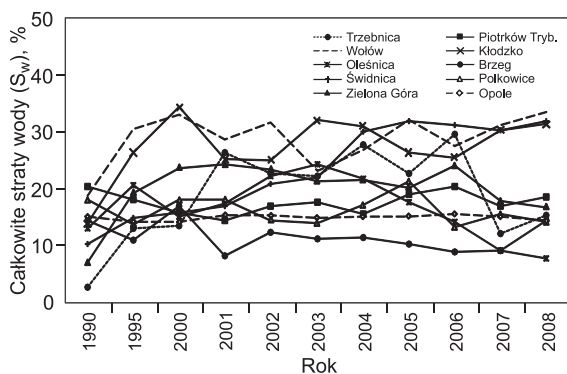


Rys. 1. Straty wody i zużycie na cele technologiczne ujęcia i zakładu oczyszczania wody

Fig. 1. Water loss and water consumption for covering the technological needs of the water intake and water treatment plant

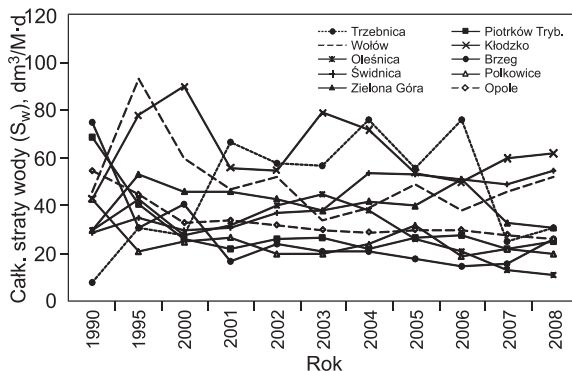
## Wskaźniki strat i zużycia wody na potrzeby własne systemu wodociągowego

Na całkowite zapotrzebowanie (brutto) na wodę w mieście składa się pobór wody (netto) przez różnych jej użytkowników oraz tzw. całkowite straty ( $S_w$ ) wody, rozumiane jako suma sieciowych strat ( $S$ ) wody oraz ilości wody zużywanej na potrzeby własne systemu wodociągowo-kanalizacyjnego. Całkowite straty wody, określane na podstawie bilansu rocznego, stanowią różnicę między objętością wody wtłoczonej do sieci wodociągowej a sumarycznym poborem wody przez odbiorców. W większości analizowanych miast w latach 1990–2000 stwierdzono tendencję wzrostową wskaźnika całkowitych strat wody do wartości 13÷34% ilości wody wtłoczonej do sieci (rys. 2). Wynikało to być może z większej dbałości o jakość wody dostarczanej odbiorcom (częstsze płukanie rurociągów, zbiorników), ale i z dekapitalizacji rurociągów (wzrost strat wody wskutek przecieków). Większe straty i zużycie wody na potrzeby własne, odpowiadające wielkościom faktycznym, wykazywane były przez niektóre przedsiębiorstwa wodociągowe począwszy od 1990 r., ale przez część z nich dopiero od 1995 r. [3, 4]. Wcześniej wielkości te były prawdopodobnie zaniżane, głównie ze względu na ryczałtowy sposób rozliczeń z odbiorcami wody.



Rys. 2. Straty wody i zużycie na potrzeby własne wodociągu  
Fig. 2. Water loss and water consumption for covering the needs of the water-supply system

W latach 2001–2008 straty wody wraz ze zużyciem na cele własne ulegały zmianom w poszczególnych systemach wodociągowych, ale zawierały się w stałym przedziale około 10÷32% ilości wody wtłoczonej do sieci (rys. 2). Straty całkowite ( $S_w$ ) w odniesieniu do jednego mieszkańca ( $M$ ) korzystającego z wodociągu wynosiły 10÷60 dm<sup>3</sup>/M·d w 2008 r. (rys. 3), co stanowiło 8÷50% całkowitej sprzedaży wody do celów komunalnych. Z rocznych bilansów wody



Rys. 3. Straty wody i zużycie na potrzeby własne wodociągu odniesione do jednego mieszkańca  
Fig. 3. Water loss and water consumption for covering the needs of the water-supply system, calculated per capita

wynika, że w poszczególnych przedsiębiorstwach występowały stosunkowo duże różnice w deklarowanym zużyciu wody na potrzeby własne systemu wodociągowo-kanalizacyjnego. W latach 1990–2008 uległo ono pewnym zmianom, ale ogólnie mieściło się w przedziale 1÷10% ilości wody wtłoczonej do systemu dystrybucji, a pozostałą część wartości wskaźnika  $S_w$  stanowiły straty wody w sieci.

## Wskaźniki strat wody w sieci wodociągowej

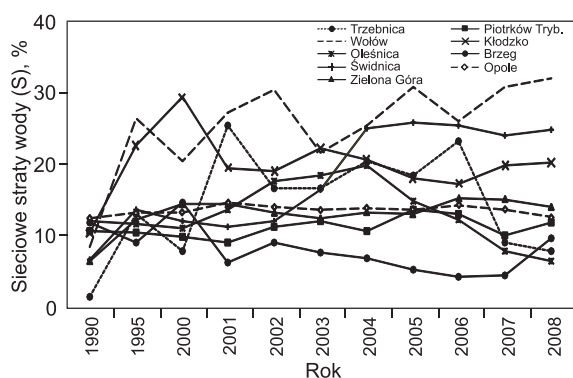
Na straty wody ( $S$ ) w sieci wodociągowej składają się straty rzeczywiste i straty pozorne. Straty rzeczywiste to głównie przecieki wody z sieci wodociągowej do gruntu oraz woda tracona w czasie awarii rurociągów i armatury. Według badań niemieckich wycieki te stanowią 80÷100% rzeczywistych strat wody oraz 60÷80% strat rzeczywistych i pozornych [6]. Rzeczywiste straty wody występują także w instalacjach wodociągowych wskutek przecieków mniejszych od progu rozruchu wodomierzy. Według badań niemieckich [7] wynosiły one 2,4÷4,8 m<sup>3</sup>/km·d, a w innym wypadku 4,7% ilości wody wtłoczonej do sieci. Powodem występowania rzeczywistych strat wody są ponadto przelewy wody ze zbiorników sieciowych [7, 8], a także kradzieże wody.

W rejestrowanych stratach wody mają również udział straty pozorne, które wynikają z niedokładności i niejednoczesności pomiarów dostawy wody i jej poboru przez odbiorców i nie stanowią faktycznych wycieków wody z systemu. Ocenia się, że wpływ niejednoczesności odczytów wskazań przyrządów pomiarowych – przy rocznym bilansowaniu objętości wody – nie przekracza ±1% [9]. Straty pozorne wynikające z niedokładności pomiarów można oszacować uwzględniając rodzaj i klasę dokładności stosowanych przyrządów pomiarowych [8–10]. Wielkość strat pozornych można ograniczyć dzięki systematycznej kontroli i kalibracji urządzeń pomiarowych. Przykładem mogą być wieloletnie działania opisane w pracy [11], dzięki którym znacznie zmniejszono rejestrowane straty wody wynikające z niedokładności pomiaru pobieranej wody.

Straty wody ( $S$ ) w sieci wodociągowej mają podstawowy wpływ na wielkość strat całkowitych ( $S_w$ ). W analizowanych systemach wodociągowych udział sieciowych strat wody w stratach całkowitych wynosił od około 50%, przy małych całkowitych stratach, do ponad 80%, a nawet 90%, przy dużych całkowitych stratach.

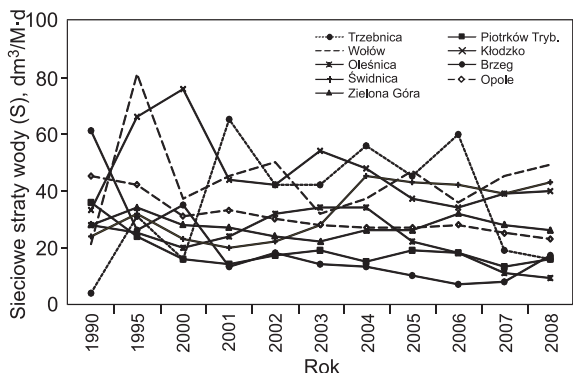
## Zmiana sieciowych strat wody w czasie eksploatacji

Analiza sieciowych strat wody dotyczy systemów wodociągowych w dziewięciu miastach i nie obejmuje Polkowic, gdzie możliwe było określenie jedynie strat całkowitych. Zmiany procentowych strat wody ( $S$ ) w latach 1990–2008 ilustrują wykresy na rysunku 4. W 1990 r., tj. w pierwszym roku transformacji, przedsiębiorstwa wodociągowe wykazywały stosunkowo małe straty wody mieszczące się w badanej grupie miast w przedziale 1,5÷12,5% ilości wody wtłoczonej do sieci, ale już w 1995 r. wynosiły 9÷26%, i do 2008 r. utrzymywały się na prawie stałym poziomie 6÷25(30)%. Jednak w poszczególnych systemach dynamika zmian strat wody była różna. Po 2000 r. w niewielkim zakresie zmieniały się straty wody w sieci w Opolu, Piotrkowie Trybunalskim i Zielonej Górze (wynosiły 10÷15%) oraz Kłodzku (17÷22%), natomiast bardzo duże zmniejszenie strat miało miejsce w Brzegu, a ich wzrost w Świdnicy (rys. 4).



Rys. 4. Straty wody w sieci wodociągowej  
Fig. 4. Water loss in the water-pipe network

Straty wody odniesione do jednego mieszkańca zapatrywanego z wodociągu w latach 1990–1995 wynosiły w większości miast  $20\div 45 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$ , a w skrajnych wypadkach nawet  $80 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$ , po czym nastąpiło zmniejszenie wartości tego wskaźnika do obecnego przedziału  $10\div 25 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$  w sześciu analizowanych systemach oraz  $40\div 50 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$  w pozostałych (rys. 5). Są to zatem wartości odpowiadające niekiedy połowie ilości wody zużywanej obecnie w gospodarstwach domowych [5].

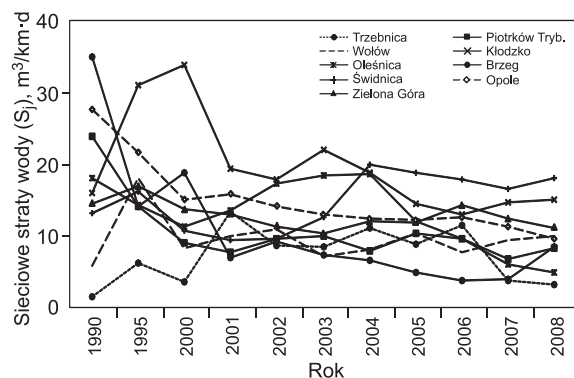


Rys. 5. Straty wody w sieci wodociągowej odniesione do jednego mieszkańca  
Fig. 5. Water loss in the water-pipe network, calculated per capita

Często do oceny i porównań stanu technicznego i sposobu eksploatacji sieci wodociągowych wykorzystywany jest wskaźnik określający straty wody w przeliczeniu na jednostkę długości sieci (bez przyłączy domowych), wyrażony w  $\text{m}^3/\text{km}\cdot\text{d}$ , nazywany wskaźnikiem strat jednostkowych ( $S_j$ ). W 1990 r. wartość tego wskaźnika w dziewięciu analizowanych systemach była bardzo zróżnicowana i mieściła się w zakresie  $1,4\div 35,0 \text{ m}^3/\text{km}\cdot\text{d}$ . Do 2000 r., a niekiedy 2001 r., w dwóch trzecich z badanych systemów wodociągowych miał miejsce mniejszy lub większy spadek, a w pozostałych wzrósł wartość tego wskaźnika (rys. 6), natomiast w latach 2001–2008 straty jednostkowe wody w sieci zmniejszyły się (z wyjątkiem Świdnicy) i wynosiły  $3,0\div 18,0 \text{ m}^3/\text{km}\cdot\text{d}$ .

### Zmiany strat wody w zależności od obciążenia sieci wodociągowej

Od 1990 r. obciążenie sieci wodociągowej w większości systemów dystrybucji wody w Polsce znacznie się zmniejszyło wskutek spadku poboru wody. Największy spadek miał miejsce w latach 1990–1995, a nieco mniejszy w latach 1995–2000. Obciążenie sieci wodociągowej w dwóch miastach (Trzebnica, Wołów), z dziewięciu uwzględnionych



Rys. 6. Straty wody w sieci wodociągowej odniesione do długości sieci

Fig. 6. Water loss in the water-pipe network, related to length

w analizie, charakteryzowało się mniejszymi wartościami i obecnie (2008 r.) wynosi  $39\div 31 \text{ m}^3/\text{km}\cdot\text{d}$ , co stanowi  $40\div 45\%$  wartości z 1990 r. W pozostałych miastach, w których obciążenie sieci było większe, obecnie wynosi ono  $70\div 90 \text{ m}^3/\text{km}\cdot\text{d}$ , czyli  $30\div 50\%$  wartości z 1990 r. [5]. Naturalną konsekwencją spadku obciążenia ( $O_s$ ) sieci, czyli jednostkowej ilości wody włączanej do sieci wodociągowej, jest zmniejszenie natężenia wypływu wody z uszkodzonych i nieszczelnych przewodów odniesionego do jednostki ich długości, czyli zmniejszenie jednostkowych strat wody ( $S_j$ ) [4]. Dlatego dokonując analizy zmiany strat wody w czasie, a także oceny i porównania stanu technicznego sieci przewodowych, należy koniecznie uwzględnić wartość obciążenia sieci, gdyż pominięcie tego parametru może prowadzić do mylnych wniosków dotyczących wpływu innych czynników (niż  $O_s$ ) na zmiany jednostkowych strat wody.

Należy podkreślić, że jednostkowe straty wody mogą być miarodajne wyłącznie w wypadku oceny i porównania stanu technicznego sieci wodociągowych o jednakowym lub zbliżonym obciążeniu, w przeciwnym wypadku podstawą oceny powinny być procentowe straty wody, które wyrażają stosunek strat jednostkowych do obciążenia sieci wodociągowej. Można założyć, że niezmiennosc wartości wskaźnika strat procentowych przy zmiennym obciążeniu sieci wodociągowej może świadczyć o tym, iż inne czynniki nie mają istotnego wpływu na sieciowe straty wody lub ich oddziaływanie wzajemnie się znosi. W celu określenia zależności pomiędzy omawianymi parametrami w analizowanych systemach dystrybucji wody zbadano korelacje między wartościami obciążenia sieci ( $O_s$ ) oraz strat wody ( $S$  i  $S_j$ ), których wyniki zestawiono w tabeli 1.

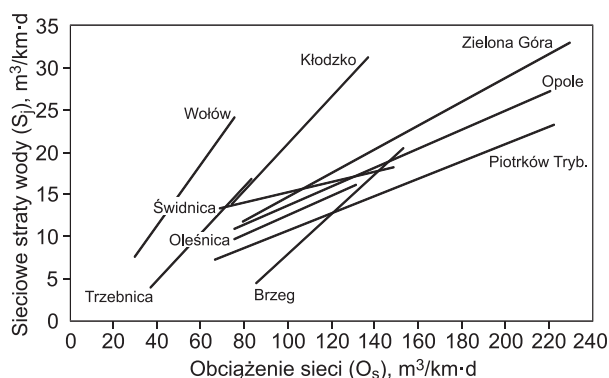
W większości systemów wodociągowych zmiany jednostkowych strat wody wraz ze zmianami obciążenia sieci, w przyjętych do analiz latach eksploatacji (tab. 1), najlepiej opisywały funkcje liniowe, natomiast zmiany strat procentowych – funkcje potęgowe (rys. 7 i 8).

Straty jednostkowe zmniejszały się wraz ze spadkiem obciążenia sieci we wszystkich systemach wodociągowych, natomiast zmiany strat procentowych były różne, dlatego wyodrębniono trzy grupy miast:

– miasta, w których zmniejszenie strat jednostkowych było takie samo jak zmniejszenie obciążenia sieci, tj.  $2\div 3$ -krotne w czasie obserwacji, przy praktycznie stałych wartościach strat procentowych wody; można zatem wnioskować, że w tej grupie miast (Oleśnica, Piotrków Trybunalski, Zielona Góra, Opole) decydujący wpływ na zmniejszenie sieciowych strat wody miał spadek jednostkowego natężenia ( $O_s$ ) przepływu wody w rurociągach,

Tabela 1. Straty wody w zależności od obciążenia sieci wodociągowej  
Table 1. Water loss related to the load factor of the water-pipe network

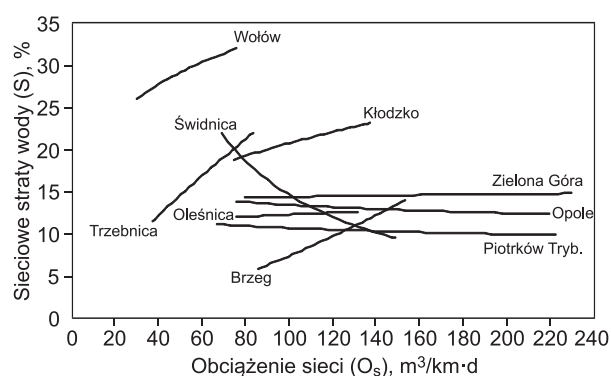
Miasto	Czas badań (liczba lat)	Postać zależności $S_j=f(O_s)$ $S=f(O_s)$	$O_{s \text{ maks}}+O_{s \text{ min}}$ $m^3/km \cdot d$	$S_j, m^3/km \cdot d$ $S, \%$	Współczynnik korelacji R	$R_{kr}$ $\alpha=0,1$ $\alpha=0,05$ [12]
Trzebnica	1991–2008 (18)	$S_j=-6,2495+0,27632O_s$	83,3+37,1	16,8+4,0	0,770959	0,4000 0,4683
		$S=0,666947O_s^{0,790686}$		22,0+11,6	0,457431	
Wołów	1995–2008 (14)	$S_j=-3,2388+0,36233O_s$	75,7+29,9	24,2+7,6	0,882103	0,4575 0,5324
		$S=12,3243O_s^{0,220569}$		32,0+26,1	0,316298	
Kłodzko	1995–2008 (14)	$S_j=-6,7754+0,27791O_s$	136,9+74,4	31,3+13,9	0,899698	0,4575 0,5324
		$S=4,35696O_s^{0,339717}$		23,2+18,8	0,503457	
Oleśnica	1993–2008 (16)	$S_j=0,7887+0,1163O_s$	131,3+75,7	16,1+9,6	0,518315	0,4259 0,4973
		$S=7,9187O_s^{0,09693}$		12,7+12,0	0,061565	
Brzeg	1996–2008 (14)	$S_j=-15,798+0,2371O_s$	153,3+85,5	20,5+4,5	0,946234	0,4762 0,5529
		$S=0,008113O_s^{1,48229}$		14,1+5,9	0,846870	
Świdnica	1991–2008 (18)	$S_j=9,1460+0,0613O_s$	148,5+68,9	18,2+13,4	0,316541	0,4000 0,4683
		$S=2113,46O_s^{-1,0791}$		9,6+21,9	0,608615	
Piotrków Trybunalski	1990–2008 (19)	$S_j=0,2432+0,10374O_s$	222,6+66,9	23,3+7,2	0,956489	0,3887 0,4555
		$S=17,2547O_s^{-0,10235}$		9,9+11,2	0,289226	
Zielona Góra	1991–2008 (18)	$S_j=0,4149+0,1420O_s$	229,5+79,3	33,0+11,7	0,952769	0,4000 0,4683
		$S=12,3257O_s^{0,03437}$		14,9+14,3	0,101511	
Opole	1990–2008 (19)	$S_j=2,102+0,1143O_s$	220,7+75,9	27,3+10,8	0,95677	0,3887 0,4555
		$S=22,1247O_s^{-0,10712}$		12,4+13,9	0,420225	



Rys. 7. Zależność jednostkowych strat wody od obciążenia sieci wodociągowej w badanych miastach

Fig. 7. Unit water losses related to the load factors of the water-pipe networks in the municipalities examined

– miasta, w których zmniejszenie strat jednostkowych (2,2÷4,6-krotne) było większe niż zmniejszenie obciążenia sieci (1,8÷2,5-krotne), co wpłynęło na obniżenie w mniejszym (Wołów, Kłodzko) lub większym stopniu (Trzebnica, Brzeg) wartości wskaźnika strat procentowych; stąd można wnioskować, że do zmniejszenia sieciowych strat wody przyczyniły się, oprócz spadku wartości  $O_s$ , także inne czynniki i celowe działania podejmowane w tym zakresie w przedsiębiorstwach wodociągowych,



Rys. 8. Zależność strat wody od obciążenia sieci wodociągowej w badanych miastach

Fig. 8. Water losses related to the load factors of the water-pipe networks in the municipalities examined

– miasto (Świdnica), w którym zmniejszenie strat jednostkowych było nieznaczne (1,4-krotne), w porównaniu do ponaddwukrotnego spadku obciążenia sieci w latach 1991–2008, wskutek czego straty procentowe wzrosły ponaddwukrotnie, czego powodem był bardzo duży wzrost strat wody odnotowany w latach 2004–2008.

Przyjmując jako kryterium wartość strat procentowych w 2008r., badane miasta można uszeregować następująco: Wołów (26,1%), Świdnica (21,9%), Kłodzko (18,8%),

Zielona Góra (14,3%), Opole (13,9%), Oleśnica (12,0%), Trzebnica (11,6%), Piotrków Tryb. (11,2%), Brzeg (5,9%).

### Podsumowanie

Straty rzeczywiste wody powstają głównie wskutek wycieków przez nieszczelności w sieci wodociągowej oraz podczas awarii rurociągów i armatury. Zmniejszenie strat wody można uzyskać przede wszystkim dzięki ograniczeniu awaryjności poprzez modernizację zdekapitalizowanych przewodów, skróceniu czasu wypływu wody przez uszkodzenia, a także dzięki racjonalizacji wysokości i zmian ciśnienia wody w systemach dystrybucji [1–3, 12]. Znaczne ilości wody tracone są również wskutek występowania niewielkich nieszczelności złączy, rurociągów, kształtek i armatury, czyli awarii ukrytych, gdy woda nie pojawia się na powierzchni, lecz znajduje ujście w gruncie lub w kanałach. Czas i wielkość wypływu wody są w takich wypadkach trudne, a często niemożliwe do określenia. Powstające w ten sposób straty wody można znacznie ograniczyć lub wyeliminować, m.in. prowadząc systematyczną kontrolę kanałów i powierzchni terenu oraz terenowe pomiary szczelności rurociągów.

W dotychczasowej analizie zmian wielkości wycieków wody rzadko uwzględnia się ważny czynnik, jakim jest zmniejszające się w sposób znaczący od początku transformacji gospodarczej w Polsce obciążenie sieci wodociągowej. W konsekwencji zmniejszenia (o 50÷70%) jednostkowego natężenia przepływu wody w sieci przewodów, wskutek spadku (o 36÷68%) całkowitego poboru wody, zmniejszyła się (o 26(55)÷78%) w sposób naturalny (niezamierzony) wartość sieciowych strat wody, opisana wskaźnikiem strat jednostkowych. Zjawisko to miało miejsce we wszystkich analizowanych systemach wodociągowych. Nie oznacza to jednak, że w każdym z nich zostały usunięte w jakimś stopniu przyczyny powstawania strat wody. O tym można wnioskować dopiero na podstawie analizy zmian procentowych strat wody, z której wynika, że tylko w czterech z badanych systemów straty zmniejszyły się, w jednym znacząco wzrosły, a w czterech były prawie stałe w czasie obserwacji. Konieczne jest zatem pełniejsze rozpoznanie tego zagadnienia w każdym systemie wodociągowym oddzielnie i przeprowadzenie analizy z uwzględnieniem także wielu innych czynników i parametrów oraz rodzaju i zakresu działań eksploatacyjnych

i modernizacyjnych podejmowanych przez przedsiębiorstwa wodociągowe, a wpływających na rozmiar strat wody, zarówno rzeczywistych, jak i pozornych.

### LITERATURA

1. E. MIELCARZEWICZ, H. HOTŁOŚ: Water demand management and conservation including water losses control. National Report Poland. *Water Supply* 2000, Vol. 18, No. 1/2, pp. 198–199.
2. H. HOTŁOŚ: Analiza strat wody w systemach wodociągowych. *Ochrona Środowiska* 2003, vol. 25, nr 1, ss. 17–24.
3. H. HOTŁOŚ: Zasoby wodne Polski, zużycie i straty wody w miejskich sieciach wodociągowych. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, PZITS Oddział Wielkopolski, Poznań 2004, tom II, ss. 535–546.
4. H. HOTŁOŚ: Ilościowa ocena wpływu wybranych czynników na parametry i koszty eksploatacyjne sieci wodociągowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.
5. H. HOTŁOŚ: Badania zmian poboru wody w wybranych miastach Polski w latach 1990–2008. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 3, ss. 39–42.
6. R. WEHR, B. SCHNICHEL: Reduzierung der Wasserverluste durch grossräumige Netzüberprüfung am Beispiel der Wasserversorgung Bonn. *GWF Wasser-Abwasser* 1993, Nr. 6, S. 330–335.
7. H. SCHIMECZEK: Permanente Rohrnetzüberwachung (PRÜ). Ein Verfahren zur Früherkennung von Lecks in Wasserrohrnetzen. *GWF Wasser-Abwasser* 1993, Nr. 6, S. 322–325.
8. Z. SIWOŃ, J. CIEŻAK, W. CIEŻAK: Praktyczne aspekty badań strat wody w sieciach wodociągowych. *Ochrona Środowiska* 2004, vol. 26, nr 4, ss. 25–30.
9. P. DOHNALIK: Straty wody w miejskich sieciach wodociągowych. Polska Fundacja Ochrony Zasobów Wodnych, Bydgoszcz 2000.
10. P. DOHNALIK: Straty i przecieki wody w sieciach wodociągowych według standardów międzynarodowych i doświadczeń własnych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2003, nr 10, ss. 335–337.
11. L.M. BUIE: Accounting for lost water. *Journal American Water Works Association* 2000, Vol. 92, No. 7, pp. 67–71.
12. R. ZIELIŃSKI: Tablice statystyczne. Wydawnictwo PWN, Warszawa 1972.
13. H. HOTŁOŚ: Quantitative assessment of the influence of water pressure on the reliability of water-pipe networks in service. *Environment Protection Engineering* 2010, Vol. 36, No. 3, pp. 103–112.

**Hotlos, H. Variations in Water Loss Observed in Some Water Distribution Systems Over the Period of 1990–2008. *Ochrona Środowiska* 2010, Vol. 32, No. 4, pp. 21–25.**

**Abstract:** Water distribution systems of ten municipalities in Poland were chosen for the analysis of water loss parameters in the time span of 1990 to 2008. Consideration was focused on the following factors: water loss and water consumption for covering the technological needs of water intake and water treatment plant; water loss in the water-pipe network, and total water loss in the water-pipe network, which includes water loss in the network and water consumption for serving the needs of the water-supply and sewerage system. Emphasis was placed on leakage-related water losses, as well as on those observed during failures in the pipelines or plumbings. In this paper special attention is also given to the impact of the load factor, an issue that has seldom been taken into account in the analysis of change in

the volume of leachates since 1990 (the year when Poland moved toward a free market economy). Over the period being analyzed, the volume of water loss in the pipelines (expressed in terms of unit loss) decreased by 26(55) to 78% as a natural consequence of the decrease of unit flow rate in the pipelines (by 50 to 70%) and the decrease in total water withdrawal (by 36 to 68%). This pattern was observed in all of the investigated water distribution systems, which does not mean, however, that the underlying causes of water loss in any of them have been rooted out so far. The analysis of the trends of change in water loss (%) has produced the following findings: reduction in water loss was observed only in four of the water distribution systems; one system displayed a decrease in water loss, and in four systems water loss was subject to slight variations.

**Keywords:** Water distribution system, water losses, water-pipe network, water consumption, load factor.