

Janusz Ryszard RAK¹

PROPOZYCJA OCENY DYWERSYFIKACJI OBJĘTOŚCI WODY W SIECIOWYCH ZBIORNIKACH WODOCIĄGOWYCH

Nową funkcją w omawianym w pracy zakresie jest wykorzystywanie wody zgromadzonej w sieciowych zbiornikach wodociągowych jako źródła awaryjnego zaopatrzenia. Sieciowe zbiorniki wodociągowe pełnią rolę rezerwy wody w przypadku wystąpienia różnego rodzaju zdarzeń niepożądanych. Najbardziej zaawansowane badania naukowe wskazują miejsca ich rozlokowania w podsystemie dystrybucji wody. W pracy przedstawiono metodę oceny dywersyfikacji objętości wody wodociągowej w danej liczbie zbiorników. Ma to istotne znaczenie w zwiększeniu bezpieczeństwa dostawy wody do odbiorców w sytuacjach kryzysowych. Bezwymiarowy wskaźnik stopnia dywersyfikacji objętości wody w sieciowych zbiornikach wodociągowych pozwala na porównanie dowolnej wielkości systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę. O stopniu dywersyfikacji objętości wody wodociągowej w PsDyW decydują trzy czynniki: udział objętości wody w PsGrW w odniesieniu do zapotrzebowania maksymalnego dobowego, liczba SZbW, równomierność rozkładu objętości wody w poszczególnych SZbW. Dywersyfikacja objętości wody w SZbW ma szczególnie pozytywne znaczenie w sytuacjach kryzysowych związanych z trudnościami dostawy wody wodociągowej do aglomeracji miejsko-przemysłowych. W tym względzie można stwierdzić, że pełnią one rolę rezerwy ślizgowej w SZbW.

Słowa kluczowe: zaopatrzenie w wodę, zbiorniki wodociągowe, dywersyfikacja

1. Wprowadzenie

W sieciowych zbiornikach wodociągowych woda jest magazynowana w czasie, kiedy jej ilość dostarczana z zakładu uzdatniania wody (ZUzW) przez pompownię 2^o przewyższa zapotrzebowanie na wodę w danej miejscowości, pobierana jest zaś w czasie występowania większego zapotrzebowania na wodę niż możliwości jej dostawy.

Przyjęta klasyfikacja zbiorników uwzględnia [3, 10]:

¹ Janusz Ryszard Rak, Politechnika Rzeszowska, 35-959 Rzeszów, al. Powstańców Warszawy 6, tel. 17 8651449, rakjan@prz.edu.pl

- położenie względem poziomu terenu – zbiorniki terenowe, zbiorniki wieżowe,
- położenie względem obszaru zasilania – zbiorniki dolne, zbiorniki górne (początkowe, centralne, końcowe),
- pełnione funkcje – gromadzenie objętości wyrównawczej i przeciwpożarowej oraz dodatkowo awaryjnej, stabilizacja ciśnienia (zbiorniki górne).

Ryzyko towarzyszy każdej działalności technicznej i oznacza, że wybór któregoś wariantu działania stwarza możliwość wystąpienia zdarzeń niepożądanych, przy czym prawdopodobieństwo i skutki tych zdarzeń są znane. W przypadku gdy prawdopodobieństwo wystąpienia takich zdarzeń nie jest znane, to ma się do czynienia z niepewnością. Świadomość istnienia ryzyka z reguły wywołuje chęć jego zmniejszenia, co z kolei prowadzi do podejmowania działań identyfikowanych z zarządzaniem ryzykiem. Analizy ryzyka wykonuje się metodą *top down*, czyli z góry do dołu (metoda drzewa FTA) oraz *bottom up*, czyli z dołu do góry (metoda drzewa ETA) [11].

Stopień trafności obliczeń ryzyka zależy głównie od wiarygodności danych faktograficznych. Celem gromadzenia informacji faktograficznej jest dokumentowanie zdarzeń niepożądanych, badanie ich czynników przyczynowo-skutkowych oraz ewentualne ich prognozowanie. Bezpieczeństwo ma charakter priorytetowy i wielokierunkowy. Do środków wpływających na wzrost bezpieczeństwa obecnie zalicza się szeroko rozumiane analizy i oceny ryzyka. Z punktu widzenia poziomu bezpieczeństwa systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW) szczególne znaczenie ma modernizacja, czyli ingerencja w strukturę systemu lub zasady jego eksploatacji.

Celem pracy jest przedstawienie metody oceny stopnia dywersyfikacji objętości wody w sieciowych zbiornikach wodociągowych (SZbW), co ma istotny wpływ na funkcjonowanie całego SZZW, szczególnie w sytuacjach kryzysowych.

2. Stan wiedzy dotyczący tematu pracy

Najogólniej system zbiorowego zaopatrzenia w wodę można podzielić na podsystem dostawy wody (PsDoW) i podsystem dystrybucji wody (PsDyW) [13]. Sieciowe zbiorniki wodociągowe w okresie stabilnej eksploatacji SZZW przynależą do PsDyW. Pełnią wtedy rolę regulacyjną (wyrównują dostawy wody w cyklu dobowym, stabilizują ciśnienie w sieci wodociągowej) oraz asekuracyjną (potrzeby przeciwpożarowe i zapas awaryjny) [3]. W czasie krytycznych awarii, jeżeli zgromadzone w nich objętości wody są odpowiednio duże, można je traktować jako dodatkowe źródła dostawy wody, co jest jednoznaczne z zaliczeniem ich do PsDoW [1, 2]. Awarie krytyczne są związane z trudnościami dostawy wody do znacznej liczby jej odbiorców. Do tego typu zdarzeń niepożądanych można zaliczyć [9-11]:

- skażenie wody w źródle jej poboru,

- awarie na ujęciach wody,
- awarie urządzeń do uzdatniania wody,
- awarie pompowni i przepompowni wody,
- uszkodzenia strategicznych rurociągów tranzytowych i magistralnych.

Wszystkie wymienione zdarzenia niepożądane mogą być kompensowane w ograniczonym przedziale czasowym przez dostawę wody z SZbW. Długość przedziału czasowego zależy od zgromadzonej wielkości objętości rezerwowej wody w SZbW. Z tego względu niezwykle ważna jest rezerwowa objętość wody w SZbW oraz jej dywersyfikacja w podsystemie gromadzenia wody (PsGrW) [15]. Funkcje użytkowe SZbW oraz wymogi konstrukcyjne zostały wyszczególnione w normie PN-EN 1508:2002: Zaopatrzenie w wodę – Wymagania dotyczące systemów i ich części składowych przeznaczonych do gromadzenia wody.

Krajowe doniesienia literaturowe wskazują, że np. łączna pojemność wody w zbiornikach powinna wynosić 30-35% Q_{dmax} [8]. W pracy [14] postuluje się, aby całkowita pojemność wody w zbiornikach wynosiła 50% Q_{dmax} , przy czym pojemność asekuracyjna powinna wynosić 25-33% Q_{dmax} .

Bardziej zaawansowane metody wyznaczania pojemności całkowitej wody w SZbW zostały opracowane w ośrodku krakowskim. Niezawodności funkcjonowania w fazie użytkowania SZbW jest poświęcona praca [3]. Aspektów niezawodności i optymalizacji rozdziału rezerw wody w SZbW na rzecz całego SZZW dotyczą prace [4, 5, 10, 12, 16]. Z kolei oszacowaniu niezbędnej objętości zgromadzonej wody i wskazaniu miejsca jej lokalizacji w SZZW celem zabezpieczenia przed skutkami awarii krytycznych są poświęcone publikacje [6, 7]. Wskazano w nich warunek przestrzennego rozkładu pojemności SZbW w centrum geometrycznym punktów poboru wody. Opracowano metodę dywersyfikacji rezerw zbiornikowych wody według analizy rozmieszczenia środków ciężkości wielkości zapotrzebowania na wodę [7, 10]. Prace te stanowią istotny etap w budowie kompleksowej metody określania wielkości i lokalizacji objętości wody w SZbW z uwzględnieniem warunków hydraulicznych pracy sieci wodociągowej. Należy jeszcze odpowiedzieć na pytanie: na jaką liczbę SZbW należy rozdzielić określone objętości rezerwowe wody we wskazanych lokalizacjach?

3. Opis metody

Wskaźnik dominacji Edwarda H. Simpsona wykorzystywany w analizach bioróżnorodności gatunkowej jest opisywany wzorem:

$$d_D = \sum_{i=1}^m u_i^2 \quad (1)$$

$$d_D = 1 - \sum_{i=1}^m u_i^2 \quad (2)$$

Modyfikacją tego wskaźnika jest wzór:

$$d_D = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^m u_i^2} \quad (3)$$

gdzie: m – liczba sieciowych zbiorników wodociągowych, u_i – udział i -tego SZbW. Przykładowo,

$$\text{dla } m = 100 \text{ i } u_i = 0,01 \rightarrow d_D = 0,99.$$

W wersji oryginalnej wzoru (1) wskaźnik d_D przyjmuje wartości od 0 do 1, przy czym 0 oznacza nieskończenie dużą dywersyfikację, a 1 brak dywersyfikacji. Przyjęta modyfikacja – wzór (2) stanowi uporządkowane logicznie rosnące wartości wskaźnika d_D , przy czym 0 oznacza brak dywersyfikacji, a 1 nieskończenie dużą dywersyfikację. Inną modyfikacją wzoru (1) jest propozycja opisana wyrażeniem (3). Wartości maksymalne tego wskaźnika odpowiadają liczbie SZbW przy całkowicie zrównoważonych udziałach objętości wody.

Dla wskaźnika oceny stopnia dywersyfikacji objętości wody w SZbW obowiązuje zasada, że im większa jego wartość, tym korzystniejszy stopień dywersyfikacji objętości wody, co spełnia wskaźnik d_D według zależności (2).

Udział i -tego SZbW jest określony wzorem:

$$u_i = \frac{V_i}{V} \quad (4)$$

gdzie: V_i – objętość wody w i -tym SZbW [m^3], V – całkowita objętość wody w podsystemie gromadzenia wody (PsGrW [m^3]), przy czym $u_i \in (0,1)$

$$\sum_{i=1}^m u_i = 1 \quad (5)$$

Udział teoretyczny czasu korzystania z całkowitej objętości wody zgromadzonej w zbiornikach w stosunku do dobowej zdolności produkcyjnej wyznacza się ze wzoru:

$$\Delta T_t = \frac{V}{Q_{nd}} \quad (6)$$

gdzie: V – całkowita objętość wody zgromadzonej w zbiornikach wodociągowych [m^3], Q_{nd} – dobowa zdolność produkcyjna zakładu wodociągowego (ZW) g [m^3/d].

Udział faktyczny czasu korzystania z objętości wody w zbiornikach w stosunku do maksymalnego dobowego zapotrzebowania na wodę wyznacza się ze wzoru:

$$\Delta T_t = \frac{V}{Q_{\text{dmax}}} \quad (7)$$

gdzie Q_{dmax} – maksymalne dobowe zużycie wody [m^3/d].

Skala porównawcza możliwych czasów pokrycia faktycznego dobowego zapotrzebowania na wodę przez całkowitą objętość wody zgromadzona w SZbW przedstawia się następująco:

- bardzo mały – $\Delta T_f < 0,10 \text{ d}$,
- mały – $0,10 \text{ d} \leq \Delta T_f < 0,25 \text{ d}$,
- średni – $0,25 \text{ d} \leq \Delta T_f < 0,50 \text{ d}$,
- wystarczający – $0,5 \text{ d} \leq \Delta T_f \leq 0,7 \text{ d}$,
- bardzo zadowalający – $\Delta T_f > 0,7 \text{ d}$.

W pracy przyjęto ocenę dywersyfikacji według wskaźnika opisanego wzorem (2), a w tab. 1-5. pokazano wartości wskaźnika według wzoru (3). W tabeli 1. zestawiono wartości liczbowe wskaźnika d_D dla $m = 2$ niezależnych SZbW.

Tabela 1. Wartości liczbowe wskaźników d_D dla dwóch niezależnych SZbW o różnych udziałach objętości

Table 1. Numerical values of d_D indicators for two independent SZbW with different proportion volumes

$m = 2$	$u_1 = 0,5$ $u_2 = 0,5$	$u_1 = 0,6$ $u_2 = 0,4$	$u_1 = 0,7$ $u_2 = 0,3$	$u_1 = 0,8$ $u_2 = 0,2$	$u_1 = 0,9$ $u_2 = 0,1$	$u_1 = 0,95$ $u_2 = 0,05$	$u_1 = 0,99$ $u_2 = 0,01$
d_D	0,5	0,48	0,42	0,32	0,18	0,095	0,0198
$1/d_D$	2,0	1,923	1,724	1,471	1,220	1,105	1,020

Z danych zawartych w tab. 1. wynika, że wskaźnik d_D kształtuje się najkorzystniej w przypadku, gdy udziały objętości wody są zrównoważone i wynoszą po 0,5. W tabeli 2. zestawiono wartości liczbowe wskaźników dla zrównoważonych PsGrW o liczbie SZbW od 2 do 20. W tabelach 3-5. zaprezentowano wartości wskaźników d_D dla liczby $m = 3, 4$ i 5 niezależnych SZbW i różnych udziałów objętości wody.

Tabela 2. Zestawienie wartości liczbowych wskaźników d_D dla zrównoważonych PsGrWTable 2. Summary of d_D numerical indicators for sustainable PsGrW

m	2	3	4	5	6	8	10	20
u_i	0,50	0,33	0,25	0,20	0,167	0,125	0,10	0,05
d_D	0,5	0,667	0,75	0,80	0,833	0,875	0,90	0,95
$1/d_D$	2,0	3,0	4	5	6	8	10	20

Tabela 3. Zestawienie wartości wskaźników d_D dla $m = 3$ niezależnych SZbWTable 3. Summary d_D indicators values of $m = 3$ independent SZbW

m = 3	$u_1 = 0,33$	$u_1 = 0,4$	$u_1 = 0,5$	$u_1 = 0,6$	$u_1 = 0,6$	$u_1 = 0,7$	$u_1 = 0,8$
	$u_2 = 0,33$	$u_2 = 0,3$	$u_2 = 0,3$	$u_2 = 0,3$	$u_2 = 0,2$	$u_2 = 0,2$	$u_2 = 0,1$
	$u_3 = 0,33$	$u_3 = 0,3$	$u_3 = 0,2$	$u_3 = 0,1$	$u_3 = 0,2$	$u_3 = 0,1$	$u_3 = 0,1$
d_D	0,667	0,66	0,62	0,54	0,56	0,46	0,34
$1/d_D$	3,0	2,94	2,63	2,17	2,27	1,85	1,52

Tabela 4. Zestawienie wartości wskaźników d_D dla $m = 4$ niezależnych SZbWTable 4. Summary d_D indicators values of $m = 4$ independent SZbW

m = 4	$u_1 = 0,25$	$u_1 = 0,3$	$u_1 = 0,4$	$u_1 = 0,5$	$u_1 = 0,6$	$u_1 = 0,7$
	$u_2 = 0,25$	$u_2 = 0,3$	$u_2 = 0,3$	$u_2 = 0,3$	$u_2 = 0,2$	$u_2 = 0,1$
	$u_3 = 0,25$	$u_3 = 0,2$	$u_3 = 0,15$	$u_3 = 0,1$	$u_3 = 0,1$	$u_3 = 0,1$
	$u_4 = 0,25$	$u_4 = 0,2$	$u_4 = 0,15$	$u_4 = 0,1$	$u_4 = 0,1$	$u_4 = 0,1$
d_D	0,75	0,74	0,705	0,64	0,58	0,48
$1/d_D$	4,0	3,85	3,39	2,78	2,38	1,92

Tabela 5. Zestawienie wartości wskaźników d_D dla $m = 5$ niezależnych SZbWTable 5. Summary d_D indicators values of $m = 5$ independent SZbW

m = 5	$u_1 = 0,2$	$u_1 = 0,3$	$u_1 = 0,4$	$u_1 = 0,5$	$u_1 = 0,6$	$u_1 = 0,8$
	$u_2 = 0,2$	$u_2 = 0,3$	$u_2 = 0,3$	$u_2 = 0,2$	$u_2 = 0,1$	$u_2 = 0,05$
	$u_3 = 0,2$	$u_3 = 0,2$	$u_3 = 0,1$	$u_3 = 0,1$	$u_3 = 0,1$	$u_3 = 0,05$
	$u_4 = 0,2$	$u_4 = 0,1$	$u_4 = 0,1$	$u_4 = 0,1$	$u_4 = 0,1$	$u_4 = 0,05$
	$u_5 = 0,2$	$u_5 = 0,1$	$u_5 = 0,1$	$u_5 = 0,1$	$u_5 = 0,1$	$u_5 = 0,05$
d_D	0,8	0,76	0,72	0,68	0,60	0,35
$1/d_D$	5,0	4,17	3,57	3,125	2,50	1,54

Analiza wskaźników stopnia dywersyfikacji d_D zawartych w tab. 1-5. wskazuje, że w przypadkach znaczącego niezrównoważenia udziałów objętości u_i nie

obowiązuje zasada: czym większa liczba SZbW, tym większy wskaźnik d_D .
Przykładowo,

$$\begin{aligned} m = 3, \quad u_1 = 0,5, \quad u_2 = 0,3, \quad u_3 = 0,2, \quad d_D = 0,62, \\ m = 4, \quad u_1 = 0,6, \quad u_2 = 0,2, \quad u_3 = 0,1, \quad u_4 = 0,1, \quad d_D = 0,58, \\ \text{co daje } 0,62 > 0,58, \text{ pomimo że } m = 3 < m = 4. \end{aligned}$$

Podobnie,

$$\begin{aligned} m = 4, \quad u_1 = 0,5, \quad u_2 = 0,3, \quad u_3 = 0,1, \quad u_4 = 0,1, \quad d_D = 0,64, \\ m = 5, \quad u_1 = 0,6, \quad u_2 = 0,1, \quad u_3 = 0,1, \quad u_4 = 0,1, \quad u_5 = 0,1, \quad d_D = 0,60, \\ \text{co daje } 0,64 > 0,60, \text{ pomimo że } m = 4 < m = 5. \end{aligned}$$

Przyjęto następującą skalę porównawczą dla wskaźnika d_D wg wzoru (2):

- brak dywersyfikacji – $d_D = 0$,
- mała dywersyfikacja – $0 < d_D \leq 0,45$,
- średnia dywersyfikacja – $0,45 < d_D \leq 0,75$,
- wystarczająca dywersyfikacja – $0,75 < d_D \leq 0,85$,
- bardzo zadowalająca dywersyfikacja – $d_D > 0,85$.

4. Przykład zastosowania metody

Zbiorniki sieciowe w Jaśle

$$\begin{aligned} 2 \times 900 &= 1\,800 \text{ m}^3 & u_1 = u_2 &= 0,132 \\ \underline{2 \times 2\,500} &= \underline{5\,000 \text{ m}^3} & u_3 = u_4 &= 0,368 \\ \text{Razem} & 6\,800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Wskaźnik dywersyfikacji według wzoru (2) wynosi:

$$d_p = 1 - [2 \cdot 0,132^2 + 2 \cdot 0,368^2] = 0,694,$$

co daje średnią dywersyfikację objętości wody w SZbW. Zdolność produkcyjna dwóch zakładów wodociągowych (ZW) w Jaśle wynosi:

$$\text{ZW 1} = 16\,800 \text{ m}^3/\text{d}, \quad \text{ZW 2} = 350 \text{ m}^3/\text{d}.$$

Zdolność produkcyjna $Q_{nd} = 17\,150 \text{ m}^3/\text{d}$, a faktyczne zapotrzebowanie na wodę $Q_{dmax} = 5\,750 \text{ m}^3/\text{d}$.

$$\Delta T_t = \frac{6800}{17150} = 0,398\text{d}, \quad \Delta T_r = \frac{6800}{5750} = 1,18\text{d},$$

tj. bardzo zadowalający udział objętości wody w odniesieniu do faktycznego zapotrzebowania na wodę.

Zbiorniki sieciowe w Sanoku

1 x 550 =	550 m ³	$u_1 = 0,183$
1 x 150 =	150 m ³	$u_2 = 0,050$
1 x 300 =	300 m ³	$u_3 = 0,100$
1 x 200 =	2 000 m ³	$u_4 = 0,667$
Razem	3 000 m ³	

Wskaźnik dywersyfikacji według wzoru (2) wynosi:

$$d_p = 1 - [0,183 + 0,05^2 + 0,1^2 + 0,667^2] = 0,509,$$

co daje średnią dywersyfikację objętości wody w SZbW.

Zdolność produkcyjna dwóch zakładów wodociągowych (ZW) w Sanoku wynosi:

$$ZW\ 1 = 15\ 550\ \text{m}^3/\text{d}, \quad ZW\ 2 = 9\ 800\ \text{m}^3/\text{d}.$$

Zdolność produkcyjna $Q_{nd} = 25\ 350\ \text{m}^3/\text{d}$, a faktyczne zapotrzebowanie na wodę $Q_{dmax} = 8\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$.

$$\Delta T_t = \frac{3000}{25350} = 0,118\text{d}, \quad \Delta T_f = \frac{3000}{8000} = 0,375\text{d},$$

tj. średni udział objętości wody w odniesieniu do faktycznego zapotrzebowania na wodę.

Zbiorniki wodociągowe w Przemysłu

3 x 300 =	900 m ³	$u_1 = u_2 = u_3 = 0,056$
4 x 500 =	2 000 m ³	$u_4 = u_5 = u_6 = u_7 = 0,093$
2 x 1 250 =	2 500 m ³	$u_8 = u_9 = 0,231$
Razem	5 400 m ³	

Wskaźnik dywersyfikacji według wzoru (2) wynosi:

$$d_p = 1 - [3 \cdot 0,056^2 + 4 \cdot 0,093^2 + 2 \cdot 0,231^2] = 0,849,$$

co daje wystarczającą dywersyfikację objętości wody SZbW.

Zdolność produkcyjna jednego Zakładu Wodociągowego (ZW) w Przemysłu wynosi:

$$ZW\ 1 = 38\ 400\ \text{m}^3/\text{d}.$$

Zdolność produkcyjna $Q_{\text{nd}} = 38\ 400\ \text{m}^3/\text{d}$, a faktyczne zapotrzebowanie na wodę $Q_{\text{dmax}} = 15\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$.

$$\Delta T_t = \frac{5400}{38400} = 0,141\ \text{d}, \quad \Delta T_f = \frac{5400}{15000} = 0,36\ \text{d},$$

tj. średni udział objętości wody w odniesieniu do faktycznego zapotrzebowania na wodę.

Zbiorniki wodociągowe w Tarnobrzegu

$1 \times 1\ 200 = 1\ 200\ \text{m}^3$	$u_1 = 0,211$
$2 \times 500 = 1\ 000\ \text{m}^3$	$u_2 = u_3 = 0,088$
$2 \times 1\ 759 = 3\ 500\ \text{m}^3$	$u_4 = u_5 = 0,307$
Razem $5\ 700\ \text{m}^3$	

Wskaźnik dywersyfikacji według wzoru (2) wynosi:

$$d_p = 1 - [0,211^2 + 2 \cdot 0,088^2 + 2 \cdot 0,307^2] = 0,751,$$

co daje wystarczającą dywersyfikację objętości wody SZbW.

Zdolność produkcyjna dwóch zakładów wodociągowych (ZW) w Tarnobrzegu wynosi:

$$ZW\ 1 = 4\ 300\ \text{m}^3/\text{d}, \quad ZW\ 2 = 18\ 000\ \text{m}^3/\text{d}.$$

Zdolność produkcyjna $Q_{\text{nd}} = 22\ 300\ \text{m}^3/\text{d}$, a faktyczne zapotrzebowanie na wodę $Q_{\text{dmax}} = 7\ 500\ \text{m}^3/\text{d}$.

$$\Delta T_t = \frac{5700}{22300} = 0,26\ \text{d}, \quad \Delta T_f = \frac{5700}{7500} = 0,76\ \text{d},$$

tj. bardzo zadowalający udział objętości wody w odniesieniu do faktycznego zapotrzebowania na wodę.

5. Podsumowanie

1. O stopniu dywersyfikacji objętości wody wodociągowej w PsDyW decydują trzy czynniki:
 - udział objętości wody w PsGrW w odniesieniu do zapotrzebowania maksymalnego dobowego,
 - liczba SZbW,
 - równomierność rozkładu objętości wody w poszczególnych SZbW.

2. Zmodyfikowany wskaźnik Simpsona d_D stanowi kolejne proste narzędzie do podejmowania decyzji projektowych lub modernizacyjnych w zakresie oceny dywersyfikacji objętości wody w SZbW. Jego bezwymiarowe wartości pozwalają na porównywanie SZZW o dowolnej wielkości pod względem stopnia dywersyfikacji objętości wody w SZbW.
3. Każde przejście z jednego na dwa SZbW daje zwiększenie stopnia dywersyfikacji objętości wody mierzonej wskaźnikiem d_D . Dowolna kombinacja przejścia z dwóch na większą liczbę SZbW powoduje zwiększenie stopnia dywersyfikacji objętości wody w przypadku zrównoważonych objętości poszczególnych SZbW. W przypadku bardzo znacznego zrównoważenia udziałów objętości SZbW w odniesieniu do całkowitej objętości wody zwiększenie liczby SZbW nie zawsze prowadzi do zwiększenia stopnia dywersyfikacji objętości wody mierzonego wskaźnikiem d_D .

Literatura

- [1] Bajer J.: Zagrożenia dla ilości i jakości wody dostarczanej odbiorcom. *Wodociągi i Kanalizacja*, nr 6(52)/2008, s. 40-43.
- [2] Bajer J., Wieczysty A.: Analiza wpływu zbiorników wody surowej na podniesienie niezawodności układów zasilania w wodę, [w:] *Metody oceny i podnoszenia niezawodności działań komunalnych systemów zaopatrzenia w wodę*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, vol. 2, A. Wieczysty (red.). Komitet Inżynierii Środowiska PAN, Kraków 2001, s. 83-140.
- [3] Buchberger S.: *Diffusion approximation for equilibrium distribution of reservoir storage*. The University of Cincinnati, Ohio 1989.
- [4] Głód K.: *Niezawodność sieciowych zbiorników wodociągowych*. Politechnika Krakowska, Kraków 2000 (rozprawa doktorska).
- [5] Głód K., Wieczysty A.: Wstępna analiza niezawodności krajowych zbiorników wodociągowych. *Mat. konf. „Postęp w inżynierii środowiska”*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów-Polańczyk 1999, s. 161-166.
- [6] Iwanejko R., Lubowiecka T., Wieczysty A.: Jednokryterialna optymalizacja rozdziału rezerwy w zbiornikach wodociągowych i nadwyżki mocy produkcyjnej przy wykorzystaniu teorii niezawodności. *Mat. konf. „Współczesne problemy inżynierii sanitarnej i ochrony środowiska”*. Wydaw. Politechniki Krakowskiej, Kraków 1993, s. 61-72.
- [7] Iwanejko R., Lubowiecka T., Wieczysty A.: Obliczenia objętości wodociągowych zbiorników asekuracyjnych z uwzględnieniem zróżnicowania czasów odnowy układów zasilania w wodę przy wykorzystaniu teorii niezawodności. *Mat. konf. „Współczesne problemy inżynierii sanitarnej i ochrony środowiska”*. Wydaw. Politechniki Krakowskiej, Kraków 1993, s. 73-84.
- [8] Knapik K.: *Lokalizacja zbiornikowych rezerw awaryjnych w systemie dystrybucji wody*. Czasopismo Techniczne, Wydaw. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2004.
- [9] Knapik K., Płoskonka R.: Metoda oceny funkcjonowania systemów zaopatrzenia w wodę przy uwzględnieniu dywersyfikacji zbiornikowych rezerw wody. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód” t. II*. Wydawnictwo PZLiTS O/Wielkopolski, Poznań-Gniezno 2008, s. 493-512.

- [10] Kwietniewski M., Roman M., Trąbaczkiewicz-Kłoss H.: Niezawodność wodociągów i kanalizacji. Arkady, Warszawa 1993.
- [11] Lesko L., Łyp B.: Tymczasowe zalecenia określania rezerw wody w zbiornikach wodociągów komunalnych. Wydaw. MAGTiOŚ, Warszawa 1982.
- [12] Płoskonka R.: Metoda optymalnej lokalizacji rezerw zbiornikowych w systemie dystrybucji wody. Politechnika Krakowska, Kraków 2008 (rozprawa doktorska).
- [13] Rak J.R.: Metoda oceny stopnia dywersyfikacji dostawy wody dla wybranych miast w Polsce. Instal, z. 5. 2014, s. 68-70.
- [14] Rak J.R.: Problematyka dywersyfikacji dostawy wody. Technologia Wody, nr 1(33), 2014, s. 14-16.
- [15] Suligowski Z.: Zbiornik sieciowy, konsekwencje projektowania w aspekcie wymagań normowych. Instal, nr 5/2014, s. 48-50.
- [16] Wieczysty A., Lubowiecka T.: Metoda oceny niezawodności systemu zaopatrzenia w wodę przy uwzględnieniu pojemności zbiorników wyrównawczych. Mat. konf. „Niezawodność systemów wodociągowych i kanalizacyjnych”. Wydaw. NOT Kielce, Kielce 1986, s. 434-448.

THE PROPOSAL OF DIVERSIFICATION ASSESSMENT OF WATER VOLUME IN WATER SUPPLY NETWORK TANKS

Summary

Water supply tanks normally perform a compensatory role of water supply in a daily cycle and stabilize the pressure in the water supply system. In crisis situations, their capacity is used for the purposes of fire. A new feature in this regard is the use of stored water as an emergency source of supply. Water supply tanks act as reserves for all kinds of undesirable events. The most advanced research indicate their place of deployment in water distribution subsystem. The paper presents a method for evaluating diversification volume of tap water in a number of tanks. This is important in increasing the security of supply of water to consumers in crisis situations. Dimensionless index of the degree of the volume diversification of water in tanks of water supply allows to compare any scale of public water supply. The degree of diversification volume of tap water in the WDS determined by three factors: the proportion of the volume of water in relation to PsGrW maximum daily demand, the number of SZbW, uniformity of the volume of water in each SZbW. Diversification of the volume of water in SZbW has a particularly positive role in crisis-related difficulties tap water supply to urban and industrial agglomeration. In this respect, it can be concluded that they act as a slide reserve in SZbW.

Keywords: water supply, water tanks, diversification

Przesłano do redakcji: 19.01.2015 r.

Przyjęto do druku: 28.03.2015 r.

DOI: 10.7862/rb.2015.23

