

ŚRODOWISKO

**CZASOPISMO TECHNICZNE**  
**TECHNICAL TRANSACTIONS**  
**ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-Ś/2011

ZESZYT 1

ROK 108

ISSUE 1

YEAR 108

KATARZYNA PIETRUCHA\*

## GWARANCJA DOSTAWY WODY DO SPOŻYCIA NA PRZYKŁADZIE MIASTA RZESZOWA

### GUARANTEE OF WATER SUPPLY ON THE EXAMPLE OF THE RZESZÓW CITY

#### Streszczenie

Gwarancja staje się nową kategorią decydującą o komforcie korzystania z systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW). Praca stanowi kontynuację badań nad pojęciem gwarancji w branży wodociągowej. Model wyznaczania gwarancji został przedstawiony w sposób praktyczny na przykładzie miasta Rzeszowa. Zaproponowano jako miarę braku dostawy wody wskaźnik grupowej uciążliwości (WGU), będący iloczynem liczby mieszkańców objętych brakiem wody i czasu trwania tego rodzaju zdarzenia. Jako gwarancję przyjęto prawdopodobieństwo, że WGU zostanie  $m$ -krotnie osiągnięte w założonym przedziale czasowym  $t$  lat, wykorzystując do tego celu rozkład Poissona.

*Słowa kluczowe: zbiorowy system zaopatrzenia w wodę, gwarancja dostawy wody do spożycia*

#### Abstract

The guarantee is becoming the new category deciding about the comfort of using general water supply system (GWWS). The article is continuation of the research concerns guarantee idea in the water-supply trade. The model of outlining the guarantee was presented in the practical way on the example of the Rzeszów city. A measure of deficiency in water supply was proposed, being a product of the number of embraced inhabitants with lack of water and the time for that kind of event. As the guarantee a probability was assumed that group arduousness indicator connecting with lack of water would be achieved  $m$ -times in the established time period, using for this purpose the Poisson distribution.

*Keywords: water supply, guarantee idea in the water-supply trade*

\* Mgr inż. Katarzyna Pietrucha, Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska.

## 1. Wstęp

Odbiorca SZZW, zawierając umowę, spodziewa się, że usługa oferowana przez przedsiębiorstwo wodociągowe będzie odznaczać się dużą niezawodnością. Dlatego też dostawę wody należy objąć gwarancją. Gwarancja taka z jednej strony zapewni odbiorcy wodę o wysokiej jakości, natomiast z drugiej strony zmobilizuje dostawcę do świadczenia swoich usług na wysokim poziomie. Ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i odprowadzaniu ścieków reguluje wiele aspektów świadczenia usług przez firmy wodociągowe, jednak nie wprowadza pojęcia gwarancji. Wprowadza za to uregulowania dotyczące niezawodności dostawy wody co do ilości i jakości, optymalizacji kosztów z tym związanych oraz standardy świadczenia usług [10].

Według definicji encyklopedycznej gwarancja oznacza umowę cywilno-prawną pomiędzy gwarantem a beneficjentem. W umowie tej gwarant zobowiązuje się wziąć na siebie odpowiedzialność za przedsięwzięcie, którego dotyczy umowa. Sam termin „gwarancja” wywodzi się ze starożytnego Rzymu. Jednak dzisiejsza forma gwarancji wykształciła się nieco później i brzmiała następująco: *receptum argentarii* [1]. Termin ten oznacza umowę pomiędzy bankierem a bankiem, w której to bankier zobowiązuje się spłacić dług osoby trzeciej.

Inne źródła [2] podają, że gwarancja wywodzi się z niemieckiego słowa *wërēn*. Słowo to oznacza czynność zabezpieczenia czegoś. W XVII wieku ukształtowała się jego aktualna forma przejęta przez język romański i brzmiała *garantie*. Definicja ta zachowała znaczenie do dnia dzisiejszego.

Najczęściej w gwarancji stroną, która ponosi koszty napraw i usuwania awarii sieci wodociągowych, jest przedsiębiorstwo wodociągowe. Natomiast dużym problemem okazuje się wysokość odszkodowania, które należy się odbiorcy z tytułu przerwy w dostawie wody lub obniżenia jej jakości. Sumaryczna wysokość odszkodowania zależy od liczby odbiorców oraz czasu trwania awarii. Koszt takiego odszkodowania niekiedy przekracza koszty naprawy samej sieci wodociągowej. Dlatego też ze względów finansowych dostawcy wody mogą ponosić koszty i ryzyko związane z dostawą wody tylko do pewnych granic [3]. Rozwiązaniem tego problemu może okazać się gwarancja, w której można zamieścić uregulowanie prawne zawierające wysokość kwoty, do jakiej dostawca jest zobowiązany wypłacać odszkodowanie odbiorcy, a po przekroczeniu której odszkodowanie jest wypłacane z ubezpieczenia instytucjonalnego. W ten sposób odbiorca jest zabezpieczony przed stratami wynikającymi z tytułu niewłaściwej dostawy wody, a dostawca z kolei jest zobowiązany do świadczenia usług na wysokim poziomie.

W artykule przedstawiono sposób wyznaczania gwarancji w dostawie wody do spożycia. Model wyznaczania gwarancji został przedstawiony w sposób teoretyczny, a jego zastosowanie poparto wzorem aplikacyjnym na przykładzie miasta Rzeszowa. Poniższą analizę przeprowadzono na podstawie metodyki przedstawionej w pracach [4, 6–8].

## 2. Gwarancja w zbiorowym systemie zaopatrzenia w wodę

Prawidłowo funkcjonujący SZZW powinien zagwarantować ciągłą dostawę wody do odbiorcy o odpowiedniej jakości i ilości, pod odpowiednim ciśnieniem w dowolnym czasie. Dostawcy wody coraz częściej borykają się z utrzymaniem wymaganych parametrów

jakościowych wody. Spowodowane jest to tym, że w wyniku postępu technologicznego, jak również zmian klimatycznych, powstały następujące źródła zanieczyszczeń wody:

- zanieczyszczenie źródeł ujęć wody w wyniku działalności człowieka,
- zanieczyszczenie źródeł ujęć wody na skutek czynników środowiskowych oraz technicznych,
- zanieczyszczenie wtórne wody na skutek źle zaprojektowanej sieci wodociągowej lub awarii.

Ze względu na powyższe czynniki, które mogą zakłócić dostawę wody pomiędzy dostawcą a odbiorcą, wprowadzono gwarancję, która ma chronić odbiorcę, a producenta zobowiązać do świadczenia usług z dostawą wody na odpowiednim poziomie.

Wytyczne do stworzenia gwarancji są zawarte w ustawie o **szczególnych warunkach sprzedaży konsumenckiej oraz o zmianie Kodeksu cywilnego z dnia 27 lipca 2002 roku (Dz. U. Nr 141, poz. 1176, z późn. zm.)**. Jednak według art. 1, pkt 2, ustawy nie stosuje się do sprzedaży energii elektrycznej, jak również do gazu i wody, chyba że są sprzedawane w ograniczonej ilości lub w określonej objętości.

Podstawą prawną świadczenia usług przez przedsiębiorstwo wodociągowe jest umowa zawarta pomiędzy odbiorcą a dostawcą. Umowę tę sporządza się na podstawie art. 6 ustawy [10]. W art. 5.1 ustawy [10] określone są zasady działania przedsiębiorstwa wodociągowego w celu zapewnienia ciągłości dostaw wody o odpowiedniej jakości oraz niezawodnego odprowadzania i oczyszczania ścieków.

Umowa zawarta pomiędzy przedsiębiorstwem wodociągowym a odbiorcą powinna zawierać:

- prawa dostawcy i odbiorcy wody,
- obowiązki dostawcy i odbiorcy wody,
- ilość i jakość dostarczonej wody,
- warunki usług kanalizacyjnych,
- warunki dostawy wody,
- okres obowiązującej umowy,
- konsekwencje, które ponosi dana strona w przypadku zerwania umowy przed czasem,
- warunki wypowiedzenia umowy przez którąś ze stron.

W przypadku budynku wielolokalowego umowa jest podpisywana przez przedsiębiorstwo wodociągowe z zarządcą lub właścicielem oraz z poszczególnymi osobami, które korzystają z danych lokali. Każda umowa musi zawierać wszystkie elementy, które są zawarte w art. 6, ust. 3 ustawy [10]. Wszystkie umowy oprócz danych z ustawy zawierają również szczegółowe zasady dostarczania wody oraz odprowadzania ścieków w regulaminie dostarczania wody. Regulamin ten jest ustalany przez Radę Gminy po przeprowadzeniu wcześniej przez nią analizy projektów dostarczania wody i odprowadzania ścieków. Projekty te opracowywane są przez przedsiębiorstwa wodociągowe. Należy również pamiętać o tym, że dany regulamin obowiązuje tylko na obszarze danej gminy.

### 3. Sposób szacowania przerw w dostawie wody

Uciążliwość, która spowodowana jest brakiem dostawy wody, zależy od pory dnia oraz czasu trwania przerwy w dostawie wody. Uciążliwość ta jest proporcjonalna do skutków, jakie wywołała awaria, chodzi o liczbę osób objętych awarią oraz czas trwania przerwy w dostawie wody.

Miarą uciążliwości wywołanej brakiem dostawy wody jest tzw. wskaźnik grupowej uciążliwości braku dostawy wody – WGU. Wskaźnik ten określa liczbę mieszkańców, do których dopływ wody podczas awarii został odcięty, oraz czas trwania przerwy w dostawie wody [4]. Wyznacza się go z następującego wzoru [8]:

$$\text{WGU} = \text{LM} \cdot T_n \quad (1)$$

gdzie:

WGU – wskaźnik grupowej uciążliwości braku dostawy wody [LM · h];

LM – liczba mieszkańców objęta brakiem dostawy wody;

$T_n$  – czas trwania braku dostawy wody [h].

Wyznaczając wartości wskaźnika, uwzględniono jedynie mieszkańców pozbawionych wody. Przyjęto, że uciążliwość wynikająca z ograniczenia ciśnienia jest nieznaczna, dotyczy zwykle najwyższej kondygnacji i sprowadza się do ograniczenia wydajności zaworów czerpalnych – niedogodność dotyczy raczej wydłużenia czasu poboru wody (np. przez zmywarkę) i ewentualnego ograniczenia dostawy ciepłej wody w przypadku indywidualnych urządzeń do podgrzewania wody, które wymagają odpowiedniej wartości ciśnienia.

Wskaźnik grupowej uciążliwości braku dostawy wody może przyjmować górne wartości krytyczne (wtedy awarii ulega cały system zaopatrzenia w wodę) lub dolne wartości krytyczne (w tym przypadku awarii ulega znacząca część sieci wodociągowej oraz dotknięta jest większa liczba mieszkańców). W celu wyznaczenia dolnej wartości krytycznej WGU należy przyjąć minimalny czas trwania awarii oraz minimalną liczbę mieszkańców objętych awarią, dla których wskaźnik przyjmuje wartości dolne krytyczne. Pomocne w wyznaczaniu tych wartości jest Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 grudnia 2002 roku w sprawie *poważnych awarii objętych obowiązkiem zgłoszenia do Głównego Inspektora Ochrony Środowiska* (Dz. U. Nr 5, poz. 58). Według tego rozporządzenia sytuacja jest krytyczna w przypadku, gdy awaria trwa dłużej niż dwie godziny, a liczba mieszkańców pozbawionych wody do spożycia wynosi minimum 500 osób. Jeżeli jednak dotknięta awarią jest inna liczba osób, to stan krytyczny można wyznaczyć na podstawie iloczynu liczby osób dotkniętych awarią i czasu przerwy w dostawie wody (iloczyn ten określony jest w godzinach). Sytuacja jest krytyczna, jeżeli ten iloczyn jest większy od 1000. Jeżeli liczba osób w danych warunkach lokalnych jest mniejsza niż 500, to liczebność osób może być przyjęta jako procentowy udział danej społeczności w odniesieniu do wszystkich konsumentów korzystających z SZZW. Uciążliwość przerw w dostawie wody należy wiązać z konkretną awarią, która posiada ograniczenie obszarowe. W żadnym przypadku uciążliwości tej nie należy określać jako sumy zdarzeń indywidualnych, np. awaria w instalacjach wewnętrznych w budynkach. Wskaźnik ten obejmuje zarówno klientów indywidualnych (gospodarstwa domowe), jak i zakłady przemysłowe. W przypadku zakładów przemysłowych wskaźnik grupowej uciążliwości braku dostawy wody obliczany jest podobnie jak w przypadku gospodarstw domowych, z tą różnicą, że w miejsce liczby mieszkańców wprowadza się wartość produkcji w jednostce czasu wymagającej zużycia wody. Wtedy wzór na wskaźnik grupowej uciążliwości braku dostawy wody będzie miał następującą postać [7]:

$$\text{WSP} = \text{WP}_j \cdot T_n \quad (2)$$

gdzie:

WSP – wartość start produkcji [jedn. produkcji · h],

WP<sub>j</sub> – wielkość produkcji w jednostce czasu wymagająca zużycia wody [jedn. produkcji],

T<sub>n</sub> – czas trwania braku dostawy wody [h].

W celu ułatwienia wyznaczania wskaźnika uciążliwości braku dostawy wody ustalono wartość tego wskaźnika w zależności od liczby mieszkańców (tab. 1). Przy ustaleniu wartości wskaźnika przyjęto czas awarii 2 h.

Tabela 1

Zestawienie wartości krytycznych WGU<sub>kr</sub>

| LM                | 500  | 1000 | 5000  | 10 000 | 25 000 | 50 000 | 75 000 | 100 000 |
|-------------------|------|------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| WGU <sub>kr</sub> | 41,7 | 83,3 | 416,7 | 833,3  | 2083,3 | 4166,7 | 6250   | 8333,3  |

Z tabeli 1 można odczytać, np. dla SZZW zaopatrującego w wodę 10 tys. mieszkańców maksymalny wskaźnik grupowej uciążliwości braku dostawy wody, który wynosi 833,3.

Prawdopodobieństwo wystąpienia WGU możemy przedstawić za pomocą krzywej prawdopodobieństwa. Krzywa ta jest funkcją rozkładu prawdopodobieństwa, który uzależnia wartości WGU od prawdopodobieństwa ich występowania. Prawdopodobieństwo przekroczenia wartości krytycznych przez WGU określamy za pomocą tzw. prawdopodobieństwa empirycznego, które wyliczamy z zależności [8]:

$$p(n, M) = \frac{n}{M + 1} \quad (3)$$

gdzie:

$n$  –  $n$ -ty wyraz w danym ciągu,

$M$  – liczba elementów w ciągu rozdzielczym,

$p$  – prawdopodobieństwo wystąpienia WGU, który przekroczył wartości krytyczne.

Zbiorem rozdzielczym nazywamy zbiór WGU uporządkowany od wartości największej do najmniejszej.

W celu oszacowania częstości występowania WGU równych lub większych od WGU<sub>max</sub> należy skorzystać z następującej zależności [6]:

$$c = \frac{1}{p} \quad (4)$$

gdzie:

$c$  – przeciętny okres powtarzalności w latach;

$p$  – prawdopodobieństwo [1/rok].

np.:  $p = 0,1 \rightarrow c = \text{raz na } 10 \text{ lat}$

$p = 0,2 \rightarrow c = \text{raz na } 5 \text{ lat}$

$p = 0,5 \rightarrow c = \text{raz na } 2 \text{ lata}$

Ze względu na żywotność infrastruktury przeciętny okres powtarzalności  $c$  został ograniczony maksymalnie do 50 lat.

Prawdopodobieństwo, że WGU<sub>max $p$</sub>  zostanie  $m$ -krotnie osiągnięte lub przekroczone w ciągu  $t$ -letniego okresu i wynosi [7]:

$$P(m, t) = \frac{(t \cdot p)^m}{m!} \exp(-t \cdot p) \quad (5)$$

gdzie:

$P$  – prawdopodobieństwo jednokrotnego osiągnięcia lub przekroczenia w ciągu roku  $WGU_{\max p}$ ,

$t$  – czasokres w latach,

$m$  – wielokrotność osiągnięcia lub przekroczenia  $WGU_{\max w}$  w czasokresie  $t$  lat.

Jeżeli wielokrotność osiągnięcia lub przekroczenia  $WGU_{\max w}$  okresie  $t$  lat jest równa zero ( $m = 0$ ), to takie  $WGU$  nazywamy gwarantowanym i oznaczamy  $Gw$ . Wtedy prawdopodobieństwo, że  $WGU_{\max}$  zostanie  $m$ -krotnie osiągnięte w ciągu  $t$ -letniego okresu będzie wynosić [5]:

$$P(0, t) = Gw = \exp(-t \cdot p) \quad (6)$$

Gwarancje dla wybranych  $t$  i  $p$  obliczone według wzoru 6 przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

#### Zestawienie wartości gwarantowanych

| p          | 0,2  | 0,1  | 0,05 | 0,2  | 0,1  | 0,05 | 0,2  | 0,1  | 0,05 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t$ [lata] | 1    | 1    | 1    | 5    | 5    | 5    | 10   | 10   | 20   |
| Gw [%]     | 81,9 | 90,5 | 95,1 | 36,8 | 60,7 | 77,9 | 13,5 | 36,8 | 36,8 |

gdzie:

$p = 0,2$  – nie pojawi się w ciągu 5 lat, dla  $Gw = 81,9\%$ ;

$p = 0,1$  – nie pojawi się w ciągu 10 lat, dla  $Gw = 90,5\%$ ;

$p = 0,05$  – nie pojawi się w ciągu 20 lat, dla  $Gw = 36,8\%$ .

Jeżeli chcemy oszacować prawdopodobieństwo  $p$  odpowiadające dowolnym gwarancjom  $Gw$  [%] w danym czasie  $t$ , to należy skorzystać z zależności [6]:

$$p = -\frac{1}{t} \ln \frac{Gw \%}{100} \quad (7)$$

gdzie:

$Gw$  – wartość gwarantowana.

Do obliczenia powyższego prawdopodobieństwa przydatna jest tabela 3, w której podano gwarancję dla wybranych wartości iloczynów  $p$  i  $t$ .

Tabela 3

#### Zestawienie wartości gwarantowanych

| $p \cdot t$ | 0,01 | 0,051 | 0,105 | 0,223 | 0,357 | 0,511 | 0,693 |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gw [%]      | 99,0 | 95,0  | 90,0  | 80,0  | 70,0  | 60,0  | 50,0  |

Przykład obliczeniowy

$Gw = 95\%$ ,  $t = 0,5$  otrzymujemy:

$p \cong 0,25$ , tzn. że z gwarancją  $95\% WGU_p$ , którego statystyczny okres powtarzalności wynosi  $c = 4$  lata, nie pojawi się w ciągu 0,5 roku.

#### 4. Przykład aplikacji metody

Do obliczeń przyjęto jako krytyczny  $WGU_{kr} \geq 41,7$  na podstawie [9]. Obserwacji poddano miasto Rzeszów o liczbie mieszkańców 178 tys. przez okres 5 lat (w latach 2004–2008). Przykład opracowano na podstawie danych z rejestru awarii. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

**Ciąg rozdzielczy WGU z prawdopodobieństwami empirycznymi, wartością gwarantowaną oraz z przeciętnym okresem powtarzalności**

| $n$ | WGU    | $p$    | GW [%] | $c = 1/p$<br>[lata] | $n$ | WGU    | $p$    | GW [%] | $c = 1/p$<br>[lata] |
|-----|--------|--------|--------|---------------------|-----|--------|--------|--------|---------------------|
| 1   | 985,83 | 0,0067 | 99,33  | 149,00              | 19  | 328,33 | 0,1275 | 88,03  | 7,84                |
| 2   | 845,00 | 0,0134 | 98,67  | 74,50               | 20  | 324,50 | 0,1342 | 87,44  | 7,45                |
| 3   | 633,75 | 0,0201 | 98,01  | 49,67               | 21  | 281,67 | 0,1409 | 86,85  | 7,10                |
| 4   | 633,75 | 0,0268 | 97,35  | 37,25               | 22  | 281,67 | 0,1477 | 86,27  | 6,77                |
| 5   | 582,00 | 0,0336 | 96,70  | 29,80               | 23  | 281,67 | 0,1544 | 85,70  | 6,48                |
| 6   | 582,00 | 0,0403 | 96,05  | 24,83               | 24  | 258,67 | 0,1611 | 85,12  | 6,21                |
| 7   | 513,33 | 0,0470 | 95,41  | 21,29               | 25  | 258,67 | 0,1678 | 84,55  | 5,96                |
| 8   | 492,92 | 0,0537 | 94,77  | 18,63               | 26  | 238,33 | 0,1745 | 83,99  | 5,73                |
| 9   | 492,92 | 0,0604 | 94,14  | 16,56               | 27  | 229,17 | 0,1812 | 83,43  | 5,52                |
| 10  | 425,00 | 0,0671 | 93,51  | 14,90               | 28  | 210,67 | 0,1879 | 82,87  | 5,32                |
| 11  | 422,50 | 0,0738 | 92,88  | 13,55               | 29  | 156,00 | 0,1946 | 82,31  | 5,14                |
| 12  | 422,50 | 0,0805 | 92,26  | 12,42               | 30  | 150,00 | 0,2013 | 81,76  | 4,97                |
| 13  | 422,50 | 0,0872 | 91,64  | 11,46               | 31  | 147,33 | 0,2081 | 81,22  | 4,81                |
| 14  | 420,33 | 0,0940 | 91,03  | 10,64               | 32  | 145,17 | 0,2148 | 80,67  | 4,66                |
| 15  | 396,00 | 0,1007 | 90,42  | 9,93                | 33  | 144,83 | 0,2215 | 80,13  | 4,52                |
| 16  | 388,00 | 0,1074 | 89,82  | 9,31                | 34  | 144,00 | 0,2282 | 79,60  | 4,38                |
| 17  | 352,08 | 0,1141 | 89,22  | 8,76                | 35  | 144,00 | 0,2349 | 79,07  | 4,26                |
| 18  | 352,08 | 0,1208 | 88,62  | 8,28                | 36  | 129,33 | 0,2416 | 78,54  | 4,14                |
| 37  | 119,17 | 0,2483 | 78,01  | 4,03                | 80  | 73,67  | 0,5369 | 58,46  | 1,86                |
| 38  | 119,00 | 0,2550 | 77,49  | 3,92                | 81  | 73,33  | 0,5436 | 58,06  | 1,84                |
| 39  | 118,33 | 0,2617 | 76,97  | 3,82                | 82  | 73,33  | 0,5503 | 57,68  | 1,82                |
| 40  | 118,33 | 0,2685 | 76,46  | 3,73                | 83  | 73,33  | 0,5570 | 57,29  | 1,80                |
| 41  | 117,17 | 0,2752 | 75,94  | 3,63                | 84  | 73,33  | 0,5638 | 56,91  | 1,77                |
| 42  | 112,00 | 0,2819 | 75,44  | 3,55                | 85  | 72,33  | 0,5705 | 56,53  | 1,75                |
| 43  | 110,00 | 0,2886 | 74,93  | 3,47                | 86  | 71,50  | 0,5772 | 56,15  | 1,73                |
| 44  | 110,00 | 0,2953 | 74,43  | 3,39                | 87  | 71,00  | 0,5839 | 55,77  | 1,71                |
| 45  | 109,88 | 0,3020 | 73,93  | 3,31                | 88  | 70,00  | 0,5906 | 55,40  | 1,69                |

|     |        |        |       |      |     |       |        |       |      |
|-----|--------|--------|-------|------|-----|-------|--------|-------|------|
| 46  | 105,75 | 0,3087 | 73,44 | 3,24 | 89  | 68,00 | 0,5973 | 55,03 | 1,67 |
| 47  | 102,00 | 0,3154 | 72,95 | 3,17 | 90  | 67,08 | 0,6040 | 54,66 | 1,66 |
| 48  | 100,00 | 0,3221 | 72,46 | 3,10 | 91  | 66,67 | 0,6107 | 54,29 | 1,64 |
| 49  | 100,00 | 0,3289 | 71,97 | 3,04 | 92  | 66,67 | 0,6174 | 53,93 | 1,62 |
| 50  | 100,00 | 0,3356 | 71,49 | 2,98 | 93  | 66,00 | 0,6242 | 53,57 | 1,60 |
| 51  | 100,00 | 0,3423 | 71,01 | 2,92 | 94  | 65,00 | 0,6309 | 53,21 | 1,59 |
| 52  | 98,50  | 0,3490 | 70,54 | 2,87 | 95  | 64,17 | 0,6376 | 52,86 | 1,57 |
| 53  | 98,50  | 0,3557 | 70,07 | 2,81 | 96  | 64,15 | 0,6443 | 52,50 | 1,55 |
| 54  | 94,67  | 0,3624 | 69,60 | 2,76 | 97  | 63,00 | 0,6510 | 52,15 | 1,54 |
| 55  | 93,75  | 0,3691 | 69,13 | 2,71 | 98  | 63,00 | 0,6577 | 51,80 | 1,52 |
| 56  | 93,50  | 0,3758 | 68,67 | 2,66 | 99  | 62,50 | 0,6644 | 51,46 | 1,51 |
| 57  | 93,33  | 0,3826 | 68,21 | 2,61 | 100 | 62,50 | 0,6711 | 51,11 | 1,49 |
| 58  | 93,33  | 0,3893 | 67,76 | 2,57 | 101 | 61,67 | 0,6779 | 50,77 | 1,48 |
| 59  | 91,67  | 0,3960 | 67,30 | 2,53 | 102 | 61,67 | 0,6846 | 50,43 | 1,46 |
| 60  | 90,42  | 0,4027 | 66,85 | 2,48 | 103 | 61,42 | 0,6913 | 50,09 | 1,45 |
| 61  | 88,00  | 0,4094 | 66,41 | 2,44 | 104 | 60,00 | 0,6980 | 49,76 | 1,43 |
| 62  | 85,00  | 0,4161 | 65,96 | 2,40 | 105 | 59,50 | 0,7047 | 49,43 | 1,42 |
| 63  | 83,75  | 0,4228 | 65,52 | 2,37 | 106 | 59,00 | 0,7114 | 49,10 | 1,41 |
| 64  | 82,67  | 0,4295 | 65,08 | 2,33 | 107 | 59,00 | 0,7181 | 48,77 | 1,39 |
| 65  | 82,50  | 0,4362 | 64,65 | 2,29 | 108 | 57,75 | 0,7248 | 48,44 | 1,38 |
| 66  | 81,25  | 0,4430 | 64,21 | 2,26 | 109 | 56,88 | 0,7315 | 48,12 | 1,37 |
| 67  | 81,00  | 0,4497 | 63,78 | 2,22 | 110 | 56,25 | 0,7383 | 47,79 | 1,35 |
| 68  | 80,67  | 0,4564 | 63,36 | 2,19 | 111 | 56,00 | 0,7450 | 47,48 | 1,34 |
| 69  | 80,25  | 0,4631 | 62,93 | 2,16 | 112 | 55,83 | 0,7517 | 47,16 | 1,33 |
| 70  | 80,00  | 0,4698 | 62,51 | 2,13 | 113 | 55,83 | 0,7584 | 46,84 | 1,32 |
| 71  | 79,33  | 0,4765 | 62,09 | 2,10 | 114 | 55,00 | 0,7651 | 46,53 | 1,31 |
| 72  | 78,33  | 0,4832 | 61,68 | 2,07 | 115 | 55,00 | 0,7718 | 46,22 | 1,30 |
| 73  | 78,00  | 0,4899 | 61,27 | 2,04 | 116 | 55,00 | 0,7785 | 45,91 | 1,28 |
| 74  | 78,00  | 0,4966 | 60,86 | 2,01 | 117 | 54,67 | 0,7852 | 45,60 | 1,27 |
| 75  | 76,50  | 0,5034 | 60,45 | 1,99 | 118 | 53,50 | 0,7919 | 45,30 | 1,26 |
| 76  | 75,00  | 0,5101 | 60,05 | 1,96 | 119 | 52,50 | 0,7987 | 44,99 | 1,25 |
| 77  | 75,00  | 0,5168 | 59,64 | 1,94 | 120 | 51,33 | 0,8054 | 44,69 | 1,24 |
| 78  | 75,00  | 0,5235 | 59,24 | 1,91 | 121 | 51,00 | 0,8121 | 44,39 | 1,23 |
| 79  | 75,00  | 0,5302 | 58,85 | 1,89 | 122 | 50,83 | 0,8188 | 44,10 | 1,22 |
| 123 | 50,50  | 0,8255 | 43,80 | 1,21 | 136 | 44,67 | 0,9128 | 40,14 | 1,10 |
| 124 | 50,42  | 0,8322 | 43,51 | 1,20 | 137 | 44,58 | 0,9195 | 39,87 | 1,09 |
| 125 | 50,00  | 0,8389 | 43,22 | 1,19 | 138 | 44,00 | 0,9262 | 39,61 | 1,08 |



|     |       |        |       |      |     |       |        |       |      |
|-----|-------|--------|-------|------|-----|-------|--------|-------|------|
| 126 | 50,00 | 0,8456 | 42,93 | 1,18 | 139 | 43,94 | 0,9329 | 39,34 | 1,07 |
| 127 | 50,00 | 0,8523 | 42,64 | 1,17 | 140 | 43,33 | 0,9396 | 39,08 | 1,06 |
| 128 | 50,00 | 0,8591 | 42,36 | 1,16 | 141 | 43,33 | 0,9463 | 38,82 | 1,06 |
| 129 | 49,50 | 0,8658 | 42,07 | 1,16 | 142 | 42,70 | 0,9530 | 38,56 | 1,05 |
| 130 | 49,25 | 0,8725 | 41,79 | 1,15 | 143 | 42,33 | 0,9597 | 38,30 | 1,04 |
| 131 | 49,00 | 0,8792 | 41,51 | 1,14 | 144 | 41,88 | 0,9664 | 38,04 | 1,03 |
| 132 | 49,00 | 0,8859 | 41,23 | 1,13 | 145 | 41,88 | 0,9732 | 37,79 | 1,03 |
| 133 | 48,00 | 0,8926 | 40,96 | 1,12 | 146 | 41,75 | 0,9799 | 37,54 | 1,02 |
| 134 | 48,00 | 0,8993 | 40,68 | 1,11 | 147 | 41,67 | 0,9866 | 37,29 | 1,01 |
| 135 | 47,29 | 0,9060 | 40,41 | 1,10 | 148 | 41,67 | 0,9933 | 37,04 | 1,01 |

Wyniki obliczeń przedstawione w tabeli 4 należy interpretować, np.:

- dla  $WGU = 102,00$ ;  $Gw = 72,95\%$ ;  $c = 3,17$  lat. Oznacza to, że dla wskaźnika  $WGU = 102,00$ , który występuje raz na 3,17 lat, firma wodociągowa daje gwarancję 72,95%, że przerwa w dostawie wody nie wystąpi w okresie jednego roku.

Na podstawie przeprowadzonej analizy przedsiębiorstwo wodociągowe może składać następującą propozycję gwarancji i odpowiadające im  $WGU$  oraz  $c$ , które zaprezentowano w tab. 5.

Tabela 5

**Zestawienie wartości gwarantowanej –  $Gw$ , wskaźnika grupowej uciążliwości braku dostawy wody –  $WGU$  oraz przeciętnego okresu powtarzalności –  $c$**

| $Gw$ [%]       | 90    | 80     | 70    | 60    | 50    |
|----------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| $WGU$ [LM · h] | 390,4 | 144,63 | 97,93 | 75,00 | 61,03 |
| $c$ [lata]     | 9,50  | 4,49   | 2,80  | 1,96  | 1,44  |

## 5. Wnioski

Na podstawie powyższej analizy przedsiębiorstwo wodociągowe może określić prawdopodobieństwo wystąpienia awarii, a w konsekwencji przerwy w dostawie wody w ciągu roku. Według tych danych przedsiębiorstwo wodociągowe może udzielić gwarancji na dostawę wody do odbiorcy. W gwarancji tej może określić również, z jakich przyczyn przerwa ta może nastąpić, bowiem przyczyna awarii sieci wodociągowych może nastąpić z winy dostawcy wody, odbiorcy, jak również z przyczyn niezależnych od obu stron. Dane przedsiębiorstwo wodociągowe, mając informację na temat prawdopodobieństwa wystąpienia awarii w ciągu roku, może wybrać odpowiednią formę ubezpieczenia, z którego udzielona byłaby rekompensata odbiorcom wody. Jeżeli chodzi o odbiorcę wody, udzielona gwarancja przez firmę wodociągową daje mu pewność, że przedsiębiorstwo będzie wypełniać wszystkie obowiązki w taki sposób, aby tych przerw było jak najmniej.

Zagwarantowanie ciągłej dostawy wody wodociągowej jest wynikiem niezawodności i bezpieczeństwa funkcjonowania podsystemu dystrybucji wody, stąd propozycja objęcia gwarancją dostawy wody wodociągowej.

*Praca naukowa finansowana jest ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu rozwojowego Nr N R14 0006 10 nt. „Opracowanie kompleksowej metody oceny niezawodności i bezpieczeństwa dostawy wody do odbiorców” w latach 2010–2013.*

#### Literatura

- [1] Andrzejuk B., Heropolitańska I., *Gwarancje bankowe i ubezpieczeniowe*, Wolters Kluwer Polska, Warszawa 2007.
- [2] Blajer R., *Gwarancje bankowe i ubezpieczeniowe w obrocie międzynarodowym*, Fundacja Rozwoju Rachunkowości w Polsce, Warszawa 1999.
- [3] Migdalski J., *Poradnik Inżynieria Niezawodności*, Wydawnictwo ATR Bydgoszcz, ZETOM, Warszawa 1992.
- [4] Pietrucha K., *Analiza czasu odnowy i naprawy podsystemu dystrybucji wody dla miasta Rzeszowa*, Instal, Wydawn. Ośrodek Informacji „Technika Instalacyjna w Budownictwie” Instal, z. 10, 2008, 113-115.
- [5] Rak J., *Istota ryzyka w funkcjonowaniu systemu zaopatrzenia w wodę*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.
- [6] Rak J., Kucharski B., *Metodyka wyznaczania gwarancji przez firmę wodociągową na rzecz konsumenta*, Instytut Technologii i Eksploatacji w Radomiu, Mat. Szkoły Niezawodności PAN, t. 26, 2008, 259-269.
- [7] Rak J., Kucharski B., *O gwarancji dostawy wody do spożycia*, Wydawn. Sigma NOT, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, z. 1, Warszawa 2006, 7-10.
- [8] Rak J., Kucharski B., *Pojęcie gwarancji w systemie zaopatrzenia w wodę*, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych O/Wielkopolski, VI Międzynarodowa Konferencja, XVIII Krajowa Konferencja „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, Poznań 2004, 643-654.
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 grudnia 2002 roku w sprawie poważnych awarii objętych obowiązkiem zgłoszenia do Głównego Inspektora Ochrony Środowiska (Dz. U. Nr 5, poz. 58).
- [10] Ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków z dnia 7 czerwca 2001 roku (Dz. U. Nr 72, poz. 747, z późn. zm.).