

ŚRODOWISKO

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-Ś/2011

ZESZYT 1

ROK 108

ISSUE 1

YEAR 108

JANUSZ R. RAK, KRZYSZTOF BORYCZKO*

WYBRANE ZAGADNIENIA ZAWODNOŚCI SYSTEMU ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA W WODĘ AGLOMERACJI MIEJSKIEJ

SELECTED ISSUES OF UNRELIABILITY OF THE COLLECTIVE WATER SUPPLY SYSTEM IN URBAN AREAS

Streszczenie

Głównym celem artykułu jest zdefiniowanie wskaźników zawodności na poziomie hierarchicznym związanym z relacją produkcja–zapotrzebowanie na wodę do spożycia (podaż–popyt). Podano definicje opisowe następujących globalnych wskaźników zawodności związanych z produkcją wody: prawdopodobieństwo niepokrycia zapotrzebowania na wodę, oczekiwany sumaryczny czas trwania deficytów produkcji wody, wartość oczekiwana deficytu wody, wskaźnik częstości i czasu trwania deficytów dostawy wody, wartość oczekiwana pojedynczego deficytu wody, wskaźnik zapewnienia dostawy wody. Krótko scharakteryzowano skutki zawodności dostawy wody dla odbiorców mieszkaniowych i przemysłowych. Rozpatrzono model zdarzeń niepożądanych o wspólnej przyczynie. Odniesiono się do problematyki wpływu poboru prób na wybrane wskaźniki jakościowe wody do spożycia. W formie dyskusyjnej zaprezentowano rozwinięte kryteria i standardy usług wodociągowych oferowane przez przedsiębiorstwa na rzecz odbiorców, ze szczególnym uwzględnieniem niezawodności dostawy wody do spożycia.

Słowa kluczowe: system zaopatrzenia w wodę, zawodność

Abstract

The main aim of this paper is to define the indicators of unreliability at the hierarchical level associated with the relation between production and demand for drinking water (supply – demand). The following descriptive definitions of the global indicators of unreliability associated with the production of water have been given: the probability that the demand for water will not be met, the expected total time of water production deficits, the expected value of water deficit, the indicator of frequency and duration of water supply deficits, the expected value of a single water deficit, the indicator of guarantee of water supply. The consequences of unreliability of water supply for residential and industrial customers have been briefly characterized. The issue of the impact of sampling on the selected drinking water quality indicators has been examined. The developed criteria and standards of water supply services offered by companies to customers, with particular emphasis on reliability of drinking water supply, have been discussed.

Keywords: water supply system, unreliability

* Prof. dr hab. inż. Janusz R. Rak, mgr inż. Krzysztof Boryczko, Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzenia Ścieków, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska.

1. Wstęp

Ramowa Dyrektywa Wodna (RDW) ustala ramy w dziedzinie polityki wodnej [10]. Jako jeden z podstawowych celów wdrożeniowych wymienia zintegrowaną politykę wodną odpowiadającą całości wód śródlądowych i powiązanych z nimi ekosystemów. Postuluje także analizę i ocenę ryzyka w zakresie korzystania z zasobów wód zgodnie z wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Rady nr 793/98, Dyrektywą Rady 91/414/EWG oraz Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 98/8/WE, a także ocenę pod kątem zagrożenia według metody określonej Rozporządzeniem Rady nr 793/93 w zakresie toksyczności dla środowiska wodnego i człowieka za jego pośrednictwem.

Założenie o losowości zdarzeń niepożądanych bardzo często wynika z braku dostatecznej wiedzy. Ilustracją z tego tematu niech będą następujące przykłady: jeszcze dzisiaj niektórzy ludzie modlą się o deszcz podczas suszy, ale już nikt elementarnie wykształcony nie będzie modlił się o zaćmienie słońca. Panuje pogląd, że obecne zdarzenia wynikają ze zdarzeń przeszłych [11]. Wynika to z podstawowej zasady – żadne zdarzenie nie może zaistnieć bez przyczyny. Wszystkie zdarzenia podlegają prawom natury, nawet te, które pozornie nie są ich wynikiem. Na szczęście z natury człowieka wynika, że im bardziej wyjątkowe zdarzenie, to tym większa potrzeba jego wyjaśnienia [15].

Metody analizy niezawodności systemów technicznych wykorzystują dwa rodzaje podejścia metodologicznego [11]:

- metody indukcyjne – polegają na tym, że dla założonego uszkodzenia (awarii) elementu budującego system poszukuje się ciągu następujących po sobie zdarzeń niepożądanych i określa możliwe zdarzenie finalne w postaci awarii systemu,
- metody dedukcyjne – polegają na tym, że dla założonego zdarzenia finalnego (awarii systemu) poszukuje się cząstkowych zdarzeń niepożądanych, które mogą spowodować zdarzenia finalne w postaci awarii systemu.

Wskaźniki niezawodności lub zawodności dotyczą czterech poziomów hierarchicznych systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW): bilansu zasobów wód (L0), podsystemu produkcji wody (L1), podsystemu pompowania, przesyłu i gromadzenia wody (L2) oraz podsystemu dystrybucji wody (L3) [10].

Celem artykułu jest rozpoznanie możliwości interpretacji wybranych czynników zawodności funkcjonowania SZZW. Identyfikacja przyczyn awarii pozwoli na określenie zdecydowanej większości skutków, które one powodują.

2. Globalne wskaźniki zawodności związane z produkcją wody

2.1. Prawdopodobieństwo niepokrycia zapotrzebowania na wodę

Jest to najstarszy i klasyczny wskaźnik niezawodności wynikający z jej definicji [15]. Zdefiniowany jest jako prawdopodobieństwo, że zapotrzebowanie na wodę wodociągową przekroczy zdolność produkcyjną systemu. Wadą tego wskaźnika zawodności związanej z produkcją wody jest fakt, że określa on jedynie wiarygodność pojawienia się deficytu, a nie pokazuje jego skali. Obecnie bywa stosowany jako argument na rzecz planowanej rozbudowy SZZW.

2.2. Oczekiwany sumaryczny czas trwania deficytów produkcji wody w rozpatrywanym okresie

Jest to wskaźnik powszechnie stosowany przy analizach związanych z rozbudową SZZW. Definiowany jest jako oczekiwana (średnia) liczba dób/godzin, w których produkcja nie pokrywa zapotrzebowania. Wskaźnik ten ma interpretację fizyczną, gdyż dotyczy deficytu produkcji wody w jednostce czasu, np. dób/rok lub h/rok.

2.3. Wartość oczekiwana deficytu wody

Jest to wartość oczekiwana ilości wody, która nie zostanie dostarczona odbiorcom w rozpatrywanym okresie. Wskaźnik ten jest klasycznym odzwierciedleniem ryzyka, ponieważ wskazuje zarówno prawdopodobieństwo wystąpienia deficytów, jak i ich wielkość. Jako wielkość fizyczna podawany jest w m³/rok lub m³/d. Jest to wskaźnik coraz powszechniej stosowany do oceny efektywności funkcjonowania SZZW.

2.4. Wskaźnik częstości i czasu trwania deficytów dostawy wody

Jest uzupełnieniem wskaźnika wartości oczekiwanej deficytu wody, określa bowiem oczekiwaną częstość występowania deficytów oraz oczekiwany czas trwania pojedynczego deficytu. Jeżeli wskaźnik wartości oczekiwanej deficytu wody przykładowo wynosi 20 h/rok, to:

- częstość może wynosić $F = 10 \cdot \frac{1}{\text{rok}}$ przy średnim czasie trwania deficytu równym 2 h, lub
- częstość może wynosić $F = 5 \cdot \frac{1}{\text{rok}}$ przy średnim czasie trwania deficytu równym 4 h.

Jak widać, dwie dodatkowe charakterystyki fizyczne doprecyzowują wskaźnik wartości oczekiwanej deficytu wody.

2.5. Wskaźnik zapewnienia dostawy wody

Definiowany jest jako iloraz wartości oczekiwanej dostawy wody do zapotrzebowania na nią w danym okresie. Alternatywą jest wskaźnik deficytu wody, definiowany jako iloraz wartości oczekiwanej deficytu do zapotrzebowania na wodę w danym okresie. Suma obu wskaźników daje jedność. Wskaźniki te jako wartości względne pozwalają na porównanie niezawodności produkcji wody u małych i dużych SZZW oraz na śledzenie chronologii zmian w tym zakresie w rozwijającym się pojedynczym SZZW.

2.6. Wskaźnik wartości oczekiwanej pojedynczego deficytu wody

Jest równy ilorazowi wartości oczekiwanej deficytów wody wartość oczekiwana deficytu wody (według podpunktu 2.3) do prawdopodobieństwa wystąpienia deficytów (według podpunktu 2.1) w rozpatrywanym okresie.

Przykładowo, jeżeli: (2.3) = 100 m³/d, a prawdopodobieństwo wystąpienia deficytów w ciągu roku wynosi (2.1) = 0,01, to (2.6) = 100/0,01 = 10 000 m³/d.

Ciekawe dane eksploatacyjne z zakresu wskaźników niezawodności sieci wodociągowej przedstawiają prace [1, 5], a propozycję nowej systematyki wskaźników niezawodności SZZW pracy [10].

3. Skutki zawodności

3.1. Odbiorcy mieszkaniowi

Odbiorcy mieszkaniowi najbardziej doceniają znaczenie niezawodnej dostawy wody wodociągowej w swoich mieszkaniach [9]. Kiedy wystąpi nieoczekiwany brak wody lub jej jakość jest niezadowalająca, to zmusza to ich do zmiany codziennych przyzwyczajzeń, planu zajęć i stawia w przymusowej przykryj sytuacji. Prowadzi to do: beczynności, pogorszenia komfortu sanitarnego przebywania w domu, niemożności przygotowania potraw, utrudnień w wypoczynku, utraty komfortu związanego z higieną osobistą.

Badanie ankietowe zaprezentowane w pracy [8] wykazały, że najbardziej uciążliwe są przerwy w dostawie wody w godzinach od 18⁰⁰ do 21⁰⁰ oraz od 5⁰⁰ do 9⁰⁰ i od 13⁰⁰ do 17⁰⁰. Brak wody najbardziej daje się we znaki mieszkańcom w dni wolne od pracy i dni przedświąteczne. Hierarchia uniedogodnień czynności w gospodarstwie domowym przedstawia się następująco: higiena osobista (84%), gotowanie (78%), zmywanie naczyń (56%), pranie (30%), porządki (20%) i podlewanie roślin (12%).

3.2. Odbiorcy przemysłowi

U odbiorców przemysłowych straty wywołane przerwą w dostawie wody powstają w wyniku zatrzymania lub zwolnienia produkcji wodochłonnej oraz ewentualnego ponownego rozruchu zatrzymanego procesu technologicznego. Straty bezpośrednie przedstawiają się następująco:

$$\begin{array}{r} \text{koszty} \\ \text{braku} \\ \text{dostawy} \\ \text{wody} \end{array} = \begin{array}{r} \text{wartość strat} \\ \text{produkcyjnych} \end{array} + \begin{array}{r} \text{pośrednie} \\ \text{koszty braku} \\ \text{wody} \end{array} - \begin{array}{r} \text{oszczędności} \\ \text{w wyniku braku} \\ \text{dostawy wody} \end{array}$$

4. Model zdarzeń niepożądanych o wspólnej przyczynie

Strategia stosowania rezerwowania obciążonego i nieobciążonego jest powszechnie stosowana w systemach i podsystemach technicznych w celu zwiększenia niezawodności i/lub bezpieczeństwa. Trend do stosowania redundancji obserwuje się w wielu obiektach SZZW [15]. Jednak pojedyncze zdarzenia niepożądane mogą spowodować niesprawność lub uszkodzenie także wszystkich zwielokrotnionych elementów. Tego typu zdarzenia zależne nie wiążą się bezpośrednio z uszkodzeniem pojedynczego elementu, ale są bardzo istotne dla

funkcjonowania całego systemu/podsystemu i mają tzw. wspólną przyczynę. Znaczenie ich znane było od dawna, jakkolwiek źródła ich przyczyn od niedawna dopatruje się w:

- błędach projektowych i realizacyjnych,
- błędnych procedurach operacyjnych,
- środowisku zewnętrznym.

Przykłady tego rodzaju zdarzeń:

- błędy projektowe w przyjęciu parametrów technologicznych w urządzeniach do uzdatniania wody, pojedyncze przewody łączące poszczególne podsystemy SZW, źle posadowione rurociągi tranzytowe wody, brak rezerwy zimnej w pompowniach wody,
- błędnie dobrane dawki chemikaliów w procesie koagulacji wody, zła interpretacja danych z monitoringu pracy sieci wodociągowej,
- zanieczyszczenia incydentalne wody w źródle w okresie powodzi, brak zasilania energetycznego z powodu wylądowań atmosferycznych lub tzw. blackouty itp.

Ze względu na sposobność naprawczą wyróżnia się uszkodzenia:

- pasywne (ang. *passive failure*) – wymagane jest tylko izolowanie (odcięcie) uszkodzonego obiektu [1],
- aktywne (ang. *active failure*) – wymagane są operacje przełączeń w celu izolowania uszkodzonego obiektu oraz dalszego funkcjonowania systemu jako całości [15].

W przypadku łączników powinno się dodatkowo uwzględnić niewystąpienie wymaganego zadziałania:

- otwarcia normalnie zamkniętego łącznika (ang. *stuck – closed condition*),
- zamknięcie normalnie otwartego łącznika (ang. *stuck – open condition*).

Miarą zawodności w tym zakresie jest prawdopodobieństwo niezadziałania łącznika (ang. *stuck – breaker probability*).

Model parametryczny szacowania intensywności uszkodzeń

Model współczynnika lambda (Λ) zakłada, że intensywność uszkodzeń każdego komponentu systemu/podsystemu przedstawia się jako suma intensywności składnika niezależnego i składnika o wspólnej przyczynie:

$$\lambda_i = \lambda_{in} + \lambda_{iz} \quad (1)$$

gdzie:

λ_i = intensywność uszkodzenia i -tego elementu,

λ_{in} = intensywność uszkodzenia i -tego elementu niezależnego,

λ_{iz} = intensywność uszkodzenia i -tego elementu zależnego (o wspólnej przyczynie).

Współczynnik Λ definiowany jest następująco:

$$\Lambda_i = \frac{\lambda_{iz}}{\lambda_{iz} + \lambda_{in}} \quad (2)$$

Jeżeli dane ugrupowanie składa się z jednorodnych elementów, to intensywność uszkodzeń o wspólnej przyczynie wynosi:

$$\lambda_z = \Lambda \cdot \lambda \quad (3)$$

Jako estymatora Λ używa się wielkość:

$$\Lambda = \frac{k_z}{k_z + k_n} \quad (4)$$

gdzie:

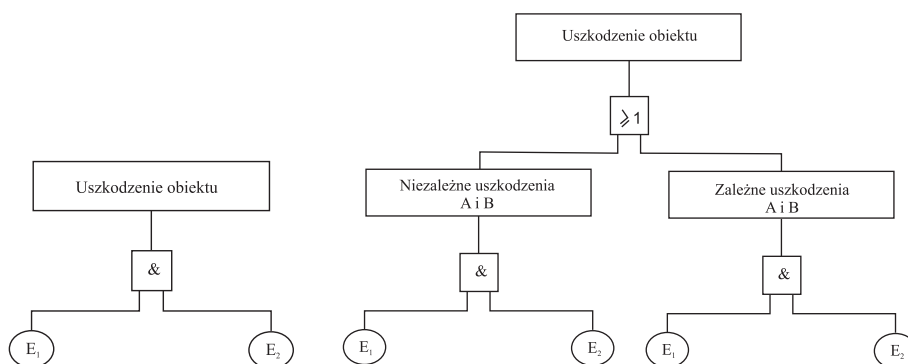
k_z – liczba uszkodzeń elementu wywołanych wspólną przyczyną,

k_n – liczba uszkodzeń elementu wywołanych przyczynami niezależnymi.

Model ten nie uwzględnia uszkodzeń związanych z niezawodnościowymi strukturami progowymi.

Model drzewa niezdatności

Do modelowania zdarzeń o wspólnej przyczynie można także stosować model logiczny drzewa niezdatności. Zdarzenia niepożądane o wspólnej przyczynie uwzględnia się w probabilistycznych analizach zagrożeń i bezpieczeństwa. Metoda drzewa niezdatności stanowi znaczący komponent wynikowych rozważań sekwencji zdarzeń awaryjnych lub katastroficznych. Na rysunku 1 pokazano prosty model drzewa niezdatności bez uwzględnienia zdarzeń o wspólnej przyczynie, a na rys. 2 model z uwzględnieniem tego rodzaju zdarzeń.



Rys. 1. Schemat drzewa niezdatności zdublowanej struktury obiektu bez uwzględnienia zdarzenia o wspólnej przyczynie

Fig. 1. Fault tree with double structure without event of joint cause

Rys. 2. Schemat drzewa niezdatności zdublowanej struktury obiektu z uwzględnieniem zdarzenia o wspólnej przyczynie

Fig. 2. Fault tree with double structure with event of joint cause

◻ – bramka AND (i), ≥1 – bramka OR (lub), ○ – zdarzenie elementarne, ◻ – blok opisu zdarzenia

Przykład obliczeniowy

Intensywności uszkodzeń i prawdopodobieństwa przyjęto jak dla agregatów pompowych w pracy [15].

$$\lambda_{1n} = \lambda_{2n} = 0,011$$

$$P_{1n} = P_{2n} = 0,1$$

$$\lambda_{1z} = \lambda_{2z} = 0,005$$

$$P_{1z} = P_{2z} = 0,048$$

Wyznaczenie intensywności uszkodzeń dla modelu bez uwzględnienia zdarzeń o wspólnej przyczynie (rys. 1).

$$\lambda_n(E_1 \cdot E_2) = \lambda_{1n} \cdot P_{2n} = \lambda_{2n} \cdot P_{1n} = 0,011 \cdot 0,1 = 0,0011$$

Wyznaczenie intensywności uszkodzeń dla modelu z uwzględnieniem zdarzeń o wspólnej przyczynie (rys. 2)

$$\lambda_n(E_1 \cdot E_2) = 0,0011$$

$$\lambda_z(E_1 \cdot E_2) = \lambda_{1z} \cdot P_{2z} = \lambda_{2z} \cdot P_{1z} = 0,005 \cdot 0,048 = 2,4 \cdot 10^{-4}$$

$$\lambda = \lambda_n + \lambda_z = 0,0011 + 2,4 \cdot 10^{-4} = 1,34 \cdot 10^{-3}$$

$$\Lambda = \frac{2,4 \cdot 10^{-4}}{1,34 \cdot 10^{-3}} = 0,179$$

5. Wpływ poboru prób na wybrane wskaźniki jakościowe wody do spożycia

Zagrożenia zanieczyszczenia wody do spożycia metalami możliwe jest w trakcie całego procesu produkcji wody wodociągowej (od ujęcia w źródle, po pobór wody z zaworu czerpalnego w domu konsumenta). Dyrektywa europejska z 1998 roku na podstawie przesłanek zdrowotnych ustala obligatoryjne standardy dla siedmiu metali (Sb, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni), dwóch metaloidów (As, Se) oraz zalecenia dla czterech metali (Al, Fe, Mn, Na) [4].

Obecny stan rozwoju metod analitycznych i wdrażanie systemów jakości serii ISO 9000 – akredytacji przez laboratoria prowadzące kontrolę wody wodociągowej, oznaczanie zawartości poszczególnych metali i związanych z nimi substancji, nie stanowi już problemu. Pozostał nim sposób poboru prób wody. Pobory z odpowiednią częstotliwością dają wiarygodną informację o zawartości metali w wodzie surowej i procesach technologicznych jej uzdatniania [7]. Trudność, ze względów czasowo-przestrzennych, pojawia się w przedstawieniu zawartości metali w sieci dystrybucji wody, instalacji wewnętrznych, armatury i urządzeń AGD (zmywarki do naczyń), np. Cu, Ni, Pb [14].

Możliwe są trzy warianty procedur poboru prób wody:

- rutynowy monitoring jakości wody (ang. Routine Spot sampling – RS) polega na poborze prób w wybranych punktach uznanych za reprezentatywne dla danego SZZW,
- pobór prób wody stagnującej (ang. Stagnation sampling – S) odbywa się po upływie określonego czasu pozostawania wody w kontakcie z rurociągiem lub armaturą,

- losowy pobór prób wody (ang. Randon DayTime sampling – RDT) odbywa się w losowo wybranym czasie i z losowo wybranych punktów czerpalnych, bez wcześniejszego spuszczenia wody celem przepłukania.

Przedstawione warianty wraz z niewielką częstotliwością poboru prób wody do oznaczenia metali wykazują istotne różnice ilościowe oznaczeń. W tym względzie najbardziej reprezentatywny jest pobór według wariantu RDT na końcówkach sieci wodociągowej.

6. Poziom usług wodociągowych

Ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu wodę i zbiorowym odprowadzeniu ścieków na mocy art. 19 wprowadza obowiązek uchwalenia regulaminu dostarczania wody przez przedsiębiorstwo wodociągowe.

Regulamin powinien określać prawa i obowiązki przedsiębiorstwa wodociągowego oraz odbiorców usług, w tym:

- minimalny poziom usług świadczonych przez przedsiębiorstwo w zakresie dostarczania wody,
- szczegółowe warunki i tryb zawierania umów z odbiorcami usług,
- sposób rozliczeń na podstawie cen i stawek opłat ustalonych w taryfach,
- warunki przyłączenia do sieci,
- techniczne warunki określające możliwości dostępu do usług wodociągowych,
- sposobu dokonywania odbioru przez przedsiębiorstwo wodociągowe wykonanego przyłącza,
- warunków dostarczenia wody na cele przeciwpożarowe,
- sposób postępowania w przypadku niedotrzymania ciągłości usług i odpowiednich parametrów dostarczanej wody,
- standardy obsługi odbiorców usług, a w szczególności sposoby załatwiania reklamacji oraz wymiany informacji dotyczących zwłaszcza zakłóceń w dostawie wody.

Dwa ostatnie obowiązki są pojmowane bardzo różnie i skupiają się przede wszystkim na prawach i obowiązkach odbiorców usług, a prawa i obowiązki przedsiębiorstwa sprowadza się do tzw. minimalnego poziomu usług [3]. Brakuje usankcjonowanych prawnie standardów poziomu usług świadczonych przez przedsiębiorstwa wodociągowe na rzecz swoich klientów. Obowiązek zawarcia regulaminu dostarczania wody przez przedsiębiorstwo, a zatwierdzony przez radę gminy ma charakter aktów prawa miejscowego. Lektura poszczególnych regulaminów wskazuje na dużą dowolność w tym temacie [2].

Kryteria są miernikami służącymi do oceny. Określają pożądane cechy lub stany istotne dla oceny jakości *sensu stricte*. Cechy można oceniać ilościowo (np. wielkości stężenia wskaźnika jakości wody) lub jakościowo (np. zapach wody). Standardy to normy, wzorce odpowiadające wymogom. Określają wymagany poziom cechy kryterialnej. Standard ustala się dla danego kryterium. Jeżeli kryterium stanowi zawartość danej substancji w wodzie, to standardem jest dopuszczalne stężenie tego wskaźnika jakości wody. Przykładowo w zakresie jakości wody do spożycia kryteria i odpowiadające im standardy określone są przez akt prawny, czyli obowiązujące rozporządzenie ministra zdrowia z dnia 29 marca 2007 roku.

Kryteria i standardy obsługi klienta:

- adres i godziny urzędowania biura obsługi klienta – Internet,
- formy kontaktu klienta z biurem obsługi – bezpośrednio, pisemne w formie listownej, internetowe, telefoniczne,

- obsługa klientów niepełnosprawnych i w podeszłym wieku,
- odpowiedź na pisemne zapytanie lub zażalenie w sprawie rachunków – 14 dni roboczych,
- korekta błędnie wystawionej faktury – 14 dni roboczych,
- czas rozpatrywania innych zapytań i zażeń pisemnych – 14 dni roboczych,
- czas zainstalowania nowego podłączenia wodociągowego – od 6 m-cy do 1 roku,
- czas zainstalowania nowego wodomierza – 14 dni roboczych od zgłoszenia,
- przerwanie dostawy wody z powodu niepłacenia rachunków – po 14 dniach roboczych od poinformowania klienta,
- wystąpienie przerwy w dostawie wody może mieć miejsce w przypadku planowanych technicznych prac konserwacyjno-remontowych lub awarii,
- planowane przerwy techniczne w dostawie wody:
 - 1–4 godz. – z wyprzedzeniem minimum 24-godzinnym i powiadomienie w formie pisemnej lub telefonicznej,
 - powyżej 4 godz. – z wyprzedzeniem minimum 48-godzinnym powiadomienie w formie pisemnej lub telefonicznej oraz za pośrednictwem mediów, ustala się maksymalny czas powiadomienia odbiorcy na 72 godziny,
- w razie przerwy przekraczającej 6 godzin, przedsiębiorstwo wodociągowe zapewnia zastępczy punkt poboru wody, informując odbiorców o jego lokalizacji. W przypadku budynków wieloklatkowych informacje o przerwie w dostawie wody w pierwszej kolejności otrzymują właściciele lub zarządcy nieruchomości,
- odstępstwa w zakresie jakości wody – ogłoszenia prasowe z wyprzedzeniem od 48- do 72-godzinnym wraz z podaniem środków zaradczych,
- możliwość negocjacji upustów za niedotrzymanie standardów jakości wody,
- łączny gwarantowany czas braku dostawy wody w czasie 1 roku – nie więcej niż 24–72 godziny z przyczyn losowych,
- czas od zgłoszenia awarii do rozpoczęcia naprawy

$N < 500 \text{ mm} - 4 \text{ godz.}$

$N \geq 500 \text{ mm} - 6 \text{ godz.}$

- czas naprawy

$N < 300 \text{ mm} - \text{do } 4 \text{ godz.}$

$N 300-500 \text{ mm} - \text{do } 6 \text{ godz.}$

$N > 500 \text{ mm} - \text{do } 24 \text{ godz.}$

- minimalne ciśnienie na podłączeniu wodociągowym przy wodomierzu – 0,2 MPa
- dopuszczalne przerwy w dostawie wody $T = 0,1\%$:

$$T = \frac{\text{liczba osób bez wody} \times \text{liczba godzin braku dostawy}}{\text{liczba osób podłączonych} \times 24 \times 365} \times 100 \quad (5)$$

- prowadzenie strategii remontowej sieci wodociągowej celem utrzymania wskaźnika intensywności uszkodzeń na poziomie:

- sieć magistralna $\leq 0,3$ uszk./km-rok,
- sieć rozdzielcza $\leq 0,7$ uszk./km-rok,
- podłączenia do budynku $\leq 1,0$ uszk./km-rok,
- utrzymywać wskaźnik strat wody na poziomie co najwyżej 20% w odniesieniu do wody wtłoczonej do sieci,
- pojemność wody w zbiornikach powyżej 50% Q_{dsr} ,
- minimalne ciśnienie na podłączeniu wodociągowym przy wodomierzu – m 0,2 MPa,
- przedsiębiorstwo wodociągowe zobowiązuje się do kwartalnego publikowania wskaźników jakości wody w wybranych, po konsultacjach z odbiorcami, punktach sieci wodociągowej.

7. Wnioski

1. Przedstawione globalne wskaźniki zawodności można bardzo łatwo transformować w odniesieniu do pojedynczych konsumentów (np. mieszkańców miasta) lub punktów odbiorczych, identyfikowanych jako grupa konsumentów korzystających z wody przez jedno podłączenie wodociągowe. Ten drugi sposób identyfikacji odbiorców jest powszechnie stosowany przez przedsiębiorstwa wodociągowe (dane awaryjnego braku dostawy wody wskazują posesje, ulice, osiedla).
2. Stosowanie miar globalnych (syntetycznych) zawodności SZZW sprowadza różnorodne przyczyny braku dostawy wody do jednego wskaźnika, na podstawie którego można oszacować skutki (koszty) zawodności w tym zakresie.
3. Trendy związane z analizami oszacowań wskaźników zawodności SZZW to:
 - wyznaczanie estymatorów statystycznych na podstawie reprezentatywnych danych historycznych,
 - symulacje komputerowe zadanych reprezentatywnych zdarzeń awaryjnych,
 - eksperckie wskazania związane z podejmowaniem lub niepodejmowaniem działań zaradnych w odniesieniu do stanów awaryjnych SZZW.
4. Przedstawiony model intensywności uszkodzeń zależnych stanowi przyczynek do ilościowych oszacowań globalnych estymatorów wskaźników zawodności.
5. W formie dyskusyjnej zaprezentowano rozwinięte kryteria i standardy usług wodociągowych oferowane przez przedsiębiorstwa na rzecz odbiorców, ze szczególnym uwzględnieniem niezawodności dostawy wody do spożycia. Doskonalenie procesów obsługi klienta powinno odbywać się z uwzględnieniem norm PN-EN ISO 9001:2001, PN-EN ISO 14001: 2005 i PN-N 18001:2004.

Praca naukowa finansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu rozwojowego Nr MR14-0006-10/2010 nt. „Opracowanie kompleksowej metody oceny niezawodności i bezpieczeństwa dostawy wody do odbiorców” w latach 2010–2013.

Literatura

- [1] Bajer J., Przebinda A., *Czynniki wpływające na czas usuwania awarii przewodów wodociągowych i ich uzbrojenia*, Mat. konf. III Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Funkcjonowanie, eksploatacja i bezpieczeństwo systemów gazowych,

- wodociągowo-kanalizacyjnych oraz grzewczych”, Zakopane–Kościelisko 2005, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 11, 2005, 20-22.
- [2] Byłka H., *Kryteria i standardy jakości i poziomu usług wodociągowo-kanalizacyjnych*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 1/2002, Wydawnictwo Sigma NOT, Warszawa 2002, 23-27.
- [3] Byłka H., *Obsługa klienta i utrzymanie urządzeń w przedsiębiorstwie wodociągowo-kanalizacyjnym*, Wodociągi i Kanalizacja nr 1 (71), Wydawnictwo ABRYS, Poznań 2010, 21-23.
- [4] Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities L 330, 5.12.98.
- [5] Dąbrowski W., *Porównaj swój wodociąg z innymi*, Mat. konf. „Nowe technologie w sieciach i instalacjach wodociagowych i kanalizacyjnych”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Wisła 2006, 53-65.
- [6] Iwanek R., *Bezpieczeństwo funkcjonowania systemów zaopatrzenia w wodę*, Mat. konf. „Innowacyjne rozwiązania techniczne i organizacyjne w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych”, Wydawnictwo AQUA, Bielsko-Biała, Szczyrk 2007, 33-44.
- [7] Kwietniewski M., Sudoł M., *Wskaźniki niezawodności dystrybucji wody o wymaganej jakości*, Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, t. 2, Wydawn. PZITS O/Wielkopolski, Poznań 2004, 581-591.
- [8] Pietrucha K., *Badanie użytkowników wodociągów publicznych na temat przerw w dostawie wody*, Materiały konferencyjne „Przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne w dobie współczesnych problemów”, Wydawnictwo AQUA S.A. Bielsko-Biała, Szczyrk 2009, 71-84.
- [9] Rak J., Studziński A., *Czas dostawy wody nie spełniającej standardu jako wskaźnik ryzyka konsumenta systemu zaopatrzenia w wodę*, Forum Eksploatatora, z. 4. Wydawnictwo Seidel Przywrecki, 44-46.
- [10] Rak J., Studziński A., *Propozycja nowej systematyki wskaźników niezawodności systemu zaopatrzenia w wodę*, GWiTS, z. 11, Wydawnictwo Sigma – NOT, Warszawa 2007, 11-15.
- [11] Rak J., *Bezpieczna woda wodociągowa. Zarządzanie ryzykiem w systemie zaopatrzenia w wodę*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009.
- [12] Ramowa Dyrektywa Wodna 2000/60/WE, Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich z 22.12.2000 r., L 327/1.
- [13] Tchórzewska-Cieślak B., *Niezawodność i bezpieczeństwo systemów komunalnych na przykładzie systemu zaopatrzenia w wodę*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008.
- [14] Wichrowska B., Maziarka D., Kellermann A., Stankiewicz A., *Skutki rewizji dyrektywy 98/83/WE dla przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych*, Instal z. 11, Ośrodek Informacji „Technika Instalacyjna w Budownictwie”, Warszawa 2009, 46-55.
- [15] Wieczysty A. i in., *Niezawodność miejskich systemów zaopatrzenia w wodę*, Wydawnictwo PK, seria: Monografie, nr 159, Kraków 2000.