

Janusz Rak, Barbara Tchórzewska-Cieślak

Uwarunkowania podejmowania ryzyka na przykładzie systemu zaopatrzenia w wodę

Ryzyko podejmuje się na podstawie doświadczeń i spostrzeżeń. Uznaje się, że podejmowanie ryzyka pod przymusem powoduje jego przecenienie (dotyczy to także ryzyka o nierozpoznanych skutkach), natomiast ryzyko podejmowane dobrowolnie, o wymiernych pozytywnych skutkach, jest subiektywnie zaniżone. Na tym tle rodzą się często konflikty, gdyż ocena ryzyka dokonana przez ekspertów nie jest akceptowana przez społeczności, które z danym ryzykiem mają się zetknąć. Na tym tle występują różnego rodzaju protesty społeczne wobec inwestycji, które oddziałują na środowisko [1].

Postępowanie w sytuacji ryzyka zależy od:

- oceny własnych możliwości w zakresie radzenia sobie ze zdarzeniami obciążonymi ryzykiem,
- oceny cech ryzyka w zakresie możliwych korzyści i strat, jakie towarzyszą podjęciu ryzyka.

Reakcja na ryzyko ma dwie składowe, tj. stałą (określoną) wartość obiektywną i zmienną wartość subiektywną [2]. Zmiana wartości subiektywnej odpowiedzialna jest za popełnienie błędów w ocenie ryzyka, polegających na oszacowaniu lub przeszacowaniu ryzyka. Szczególnie niebezpieczną kategorię stanowią błędy polegające na przeszacowaniu własnych możliwości lub niedoszacowaniu ryzyka. Wiąże się z tym pominięcie procedur kontrolnych, nieskorzystanie z barier zabezpieczeń itp. Tego rodzaju działania na skróty we wstępnej fazie mogą przynieść oszczędności finansowe, ale w wypadku realizacji ryzyka spowodują duże straty. Z kolei przeszacowanie ryzyka lub niedoszacowanie własnych możliwości zwiększy koszt realizowanego zadania, lecz pozwoli na zmniejszenie ewentualnych strat [3].

Charakterystyka ryzyka

Ryzyko ocenia się na podstawie znajomości działania zagrożenia, jego zasięgu oraz mechanizmu powstawania strat, przy czym znane zagrożenia są z reguły oceniane jako mniejsze od zagrożeń nierozpoznanych. Zagrożenia ukryte wywołują lęk, który z kolei prowadzi do subiektywnego przeszacowania rozmiaru ich negatywnych skutków. Każdy kolejny kontakt z sytuacją niebezpieczną powoduje zmniejszenie odczuwalnego lęku, który jest naturalną reakcją na zagrożenie. Obniżenie poziomu lęku w obliczu zagrożenia wynika z pojawienia się rutyny w działaniu.

Dysponując stosowną wiedzą oraz procedurami wykrywania zagrożeń i ich ograniczania możliwe jest utrzymanie kontroli nad ryzykiem. Brak kontroli oznacza trudności w wykryciu

zagrożenia, podjęciu działań celem uniemożliwienia jego eskalacji bądź przeciwdziałaniu jego wystąpienia. Dobrowolność ekspozycji na zagrożenia ma tendencję do zaniżania ryzyka. Człowiek skłonny jest akceptować duże ryzyko, jeżeli sam decyduje o jego podjęciu, natomiast narzucanie z zewnątrz decyzji o uczestnictwie w sytuacji ryzykownej powoduje z reguły opór i sprzeciw oraz wyolbrzymianie związanych z nią skutków. Ciekawym spostrzeżeniem dotyczącym natury ryzyka jest fakt, że zagrożenia o skutkach odroczone są często bagatelizowane. Spożywaniu wody o jakości mogącej mieć w długim przedziale czasu negatywny wpływ na zdrowie przypisywane jest mniejsze ryzyko, w porównaniu ze spożyciem wody, które powoduje odczucia natychmiastowe. Ryzyko związane ze zdarzeniem awaryjnym postrzegane jest jako większe, w porównaniu z ryzykiem tzw. chronicznego tła niebezpiecznego [2]. Z tego powodu działania profilaktyczne koncentrują się głównie na nagłych zdarzeniach awaryjnych. Również ryzyko związane z zagrożeniem indywidualnym człowieka ocenione jest jako mniejsze, w porównaniu do zbiorowego zagrożenia ludzi. Zaniżanie ryzyka obserwuje się w wypadku zagrożeń towarzyszących czynnościom lubianym i dostarczającym przyjemności. Odczuwalna lub pożądana satysfakcja powoduje, że człowiek nie kojarzy takich czynności z ryzykiem, co umożliwia ich kontynuowanie bez strachu, lęku czy zagrożenia bezpieczeństwa. Wykonywanie czynności nieaprobowanych, którym towarzyszy rzeczywiste lub domniemane ryzyko, powoduje najpierw jego zawyżenie, a następnie staje się głównym powodem niepodjęcia takich czynności.

Wiedza o ryzyku pozwala na jego identyfikację, ocenę, wprowadzanie procedur kontroli i zmniejszenia ryzyka oraz chroni przed jego negatywnymi skutkami [3]. Świadomość istnienia ryzyka umożliwia wprowadzenie stosownych zabezpieczeń, które pozwalają na realizację zadania, mimo że ryzyko jako takie nie uległo zmianie. Znajomość wiedzy o ryzyku w działaniu człowieka przyczynia się do zdobywania nowych doświadczeń, które generują nowe informacje rozszerzające tę wiedzę. Zakres informacji o zagrożeniu i ryzyku można usystematyzować następująco:

- system informacji naukowej,
- system obowiązujących przepisów prawnych,
- wytyczne regulaminu i instrukcje postępowania w sytuacjach niebezpiecznych,
- programy edukacyjne,
- nieformalne sądy i przekonania zdobyte na drodze doświadczeń.

Bezpośredni kontakt człowieka ze zdarzeniem, którego efektem jest realizacja ryzyka, wpływa na przyszłą ocenę jego rozmiaru. Wystąpienie w jakimś mieście skażenia wody spowoduje, że uczestnicy takiego zdarzenia będą uważali je za

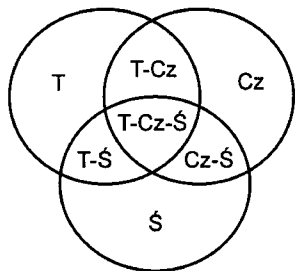
bardziej prawdopodobne w przyszłości, w porównaniu z ludźmi, którzy nie doświadczyli takiego ryzyka. Z drugiej strony zdobyte doświadczenia i nabyta umiejętność radzenia sobie z takim zagrożeniem spowoduje, że jego skutki ocenia się jako mniej groźne [3]. Reakcje przystosowawcze w warunkach zagrożenia mogą być dwójakiego rodzaju:

– zmiana sytuacji niebezpiecznej na bezpieczną, co osiąga się przez obniżenie zagrożenia (wprowadzenie scenariuszy zmniejszających możliwość eskalacji zagrożenia, zmniejszenie negatywnych skutków w następstwie zwiększenia umiejętności radzenia sobie z zagrożeniem); efektem końcowym jest utrzymanie ryzyka na kontrolowanym poziomie,

– nie ma możliwości lub chęci zmniejszenia zagrożenia.

Przebywanie długotrwale człowieka w sytuacji niebezpiecznej powoduje, że obniża się poziom lęku i zagrożenie staje się subiektywnie mniejsze. Niedośzacowanie ryzyka powoduje, że nie są podejmowane czynności związane z ograniczeniem niebezpieczeństwa. W konsekwencji dochodzi do paradoksalnej sytuacji – ludzie objęci zagrożeniem postępują tak, jakby nie odczuwali niebezpieczeństwa. Biorąc pod uwagę indywidualne cechy osobowości człowieka, nie wyróżnia się postaw wyraźnie proryzykownych. Na podejmowanie ryzyka wpływa poziom aspiracji człowieka. Jednostki o wysokim poziomie aspiracji wyznaczają sobie cele trudne do realizacji, którym towarzyszy wysoki poziom ryzyka, a jednostki o niskim poziomie aspiracji preferują działania, którym towarzyszy akceptowalny poziom ryzyka. Z punktu widzenia podejmowania decyzji można przyjąć regułę, że człowiek podejmujący decyzję samodzielnie akceptuje mniejsze ryzyko, w porównaniu z decyzjami podejmowanymi zbiorowo, kiedy procesy interakcyjne sprzyjają przyjęciu większego ryzyka. Ciekawy jest również tzw. syndrom indywidualnego złudzenia, polegający na optymistycznej tendencji w ocenie ryzyka. Polega on na zawyżaniu prawdopodobieństwa bezwzględnej realizacji zadania, którego efektem są wymierne korzyści.

Wiedza o ryzyku w postępowaniu ludzi jest wypadkową posiadanych przez nich informacji na temat istoty i natury ryzyka. Na decyzję o niepodjęciu ryzyka wpływa ocena prawdopodobieństwa i rozmiaru strat [4]. Rysunek 1 obrazuje trzy obszary okoliczności i przyczyn powstania awarii systemu zaopatrzenia w wodę w układzie T-Cz-Ś.



Rys. 1. Schemat współzależności powstania awarii w systemie zaopatrzenia w wodę (T – czynnik techniczny, Cz – czynnik ludzki, Ś – czynnik środowiskowy)

Prawdopodobieństwo zdarzenia awaryjnego z udziałem T-Cz-Ś wynosi:

$$P(T-Cz-Ś) = P(T) \cdot P(Cz) \cdot P(Ś) \quad (1)$$

Prawdopodobieństwo zdarzenia awaryjnego z udziałem T-Cz w układzie T-Cz-Ś wynosi:

$$P(T-Cz) = P(T) \cdot P(Cz) - P(T) \cdot P(Cz) \cdot P(Ś) \quad (2)$$

Prawdopodobieństwo zdarzenia awaryjnego z udziałem Cz-Ś w układzie T-Cz-Ś wynosi:

$$P(Cz-Ś) = P(Cz) \cdot P(Ś) - P(T) \cdot P(Cz) \cdot P(Ś) \quad (3)$$

Prawdopodobieństwo zdarzenia awaryjnego z udziałem T-Ś w układzie T-Cz-Ś wynosi:

$$P(T-Ś) = P(T) \cdot P(Ś) - P(T) \cdot P(Cz) \cdot P(Ś) \quad (4)$$

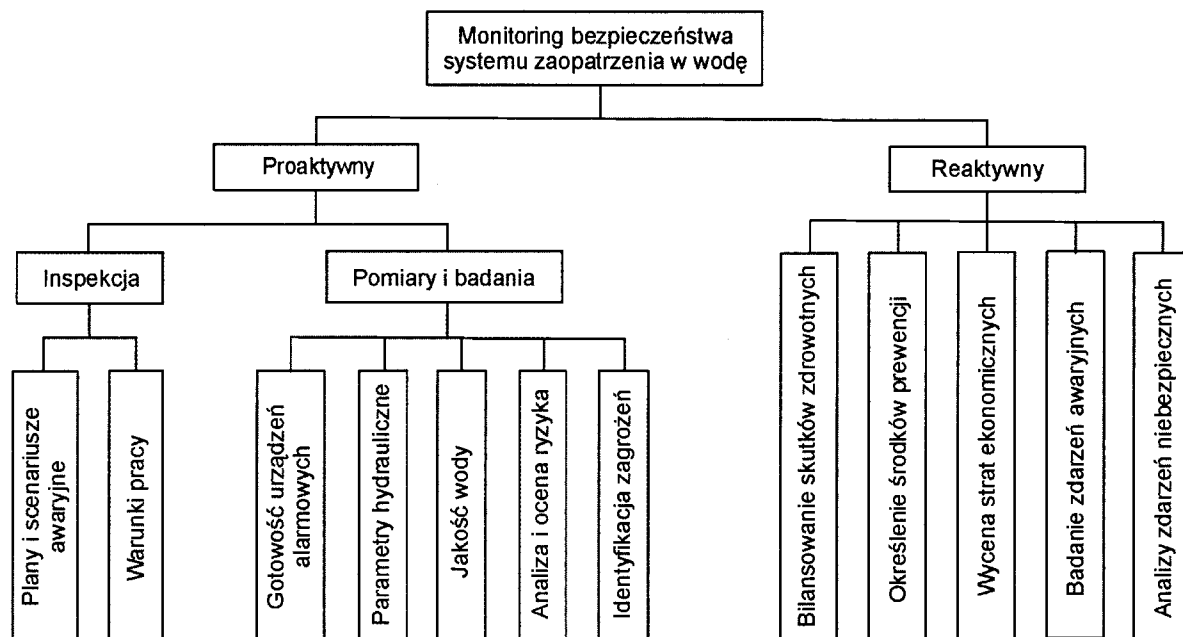
Monitoring bezpieczeństwa systemu zaopatrzenia w wodę

Pod pojęciem monitoringu bezpieczeństwa należy rozumieć obserwację stanu warunków funkcjonowania systemu zaopatrzenia w wodę oraz działań podejmowanych w celu zwiększenia jego bezpieczeństwa. Z uwagi na jakość wody, wyróżnia się monitoring wczesnego ostrzegania (stacje osłono-ostrzegawcze), opóźnionego ostrzegania (pobór próbek w przekroju ujęcia wody, po wybranych procesach oczyszczania i wody oczyszczonej), późnego ostrzegania (punkty pomiarowe na sieci wodociągowej i u wybranych odbiorców wody) [3]. Współczesną praktyką staje się monitorowanie parametrów hydraulicznych systemu oraz wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych wody (pH, przewodność właściwa, mętność, zawartość wolnego chloru, temperatura), a nawet mikrobiologicznych (obecność/brak bakterii) w systemie *on line*, z przekazywaniem wyników do centrum dyspocyjnego operatora systemu zaopatrzenia w wodę.

Monitoring systemu zaopatrzenia w wodę może mieć charakter proaktywny i reaktywny. Monitoring proaktywny polega na obserwacji stanu bezpieczeństwa systemu poprzez sprawdzanie poprawności gotowości i pracy urządzeń, identyfikujących zagrożenie i ryzyko z nim związane. Monitoring reaktywny polega na rejestrowaniu i analizowaniu przyczyn stanów awaryjnych występujących w systemie zaopatrzenia w wodę. Jego celem jest przede wszystkim analiza pracy barier bezpieczeństwa z chwilą wystąpienia zdarzenia awaryjnego. Rysunek 2 obrazuje istotę monitoringów proaktywnego i reaktywnego.

Wyniki monitoringu bezpieczeństwa systemu zaopatrzenia w wodę powinny być na bieżąco rejestrowane i przechowywane w celu odtworzenia rozwoju i przebiegu zdarzenia awaryjnego. Obecnie możliwa jest komputerowo wspomaganą identyfikacją zagrożenia i ocena ryzyka z nim związanego, a także rejestrowanie i dokumentowanie zdarzeń awaryjnych w systemie zaopatrzenia w wodę. Oprócz monitorowania parametrów technicznych procesów za pomocą urządzeń kontrolno-pomiarowych związanych z bezpieczną dostawą wody do spożycia wyróżnia się drugi rodzaj monitorowania obiektów systemu zaopatrzenia w wodę, którego celem jest minimalizacja zagrożeń związanych z przebywaniem osób nieuprawnionych na obiektach wodociągowych (kradzieże, dewastacje, działania psychopaty, akty sabotażowe i terrorystyczne itp.). Monitoring kluczowych obiektów systemu zaopatrzenia w wodę w tym wypadku polega na:

- ochronie terenu danego obiektu przez firmy ochroniarskie,
- rejestracji osób wchodzących na teren systemu,
- noszenie identyfikatorów przez obsługę,
- otwieranie drzwi za pomocą zamków szyfrowych,
- zastosowanie kamer telewizji przemysłowej do nadzorowania obiektów (np. ujęcia wody, zbiorniki wody czystszej, chlorownie).



Rys. 2. Istota proaktywnego i reaktywnego monitoringu bezpieczeństwa systemu zaopatrzenia w wodę

Inną formą zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania systemu zaopatrzenia w wodę są tzw. audyty. Auditing jest pojęciem zapożyczonym z organizacji pracy i zarządzania w instytucjach finansowych i dotyczy wyrażenia bezstronnej opinii przez niezależnego eksperta w postaci raportu na określony temat. Od audytora, wysokiej klasy specjalisty, wymaga się formułowania osądów w sposób niezależny, bezstronny, rzetelny i z dotrzymaniem staranności. Audyt bezpieczeństwa systemu zaopatrzenia w wodę ma na celu przede wszystkim poprawę stanu bezpieczeństwa jego funkcjonowania lub utrzymanie go na poziomie akceptowalnym. Ta cecha odróżnia audyt od kontroli i inspekcji, które są ukierunkowane na wykrycie niedociągnięć i ewentualne karanie winnych.

Ocena ryzyka za pomocą metody wskaźnikowej

Oceny ryzyka (r) dokonuje się w oparciu o następującą formułę:

$$r = \frac{P \cdot C \cdot E}{O} \tag{5}$$

w której:

P – waga punktowa związana z prawdopodobieństwem wystąpienia zagrożenia

C – waga punktowa związana z potencjalnymi stratami

E – waga punktowa związana z ekspozycją na zagrożenie (wystawienie na działanie czynników szkodliwych; skutki zależą od czasu trwania i intensywności tych czynników)

O – waga punktowa związana z ochroną

Każdemu parametrowi przypisuje się odpowiednie wagi punktowe [5,6]. Propozycje skali wag dla poszczególnych parametrów oceny ryzyka zawierają tabele 1–4. Wartości skali należy ustalić na podstawie danych statystycznych (z rejestrów o awariach i zagrożeniach), danych technicznych i ekonomicznych, ocen ekspertów, a także ankiet przeprowadzonych wśród konsumentów (przykład takiej ankiety znajduje się w pracy [5]). Należy zwrócić uwagę, że poszczególne systemy, będące przedmiotem oceny ryzyka, różnią się między

Tabela 1. Wartości punktowe parametru P

Częstość	Opis	Waga punktowa
Kilka razy w roku	Bardzo prawdopodobne	10
Raz w roku	Całkiem możliwe	8
Raz na 5 lat	Prawdopodobne	6
Raz na 10 lat	Sporadycznie możliwe	4
Raz na 50 lat	Mało prawdopodobne	3
Raz na 100 lat	Praktycznie niemożliwe	2
Raz na 500 lat	Możliwe tylko teoretycznie	1

Tabela 2. Wartości punktowe parametru C

Opis	Strata	Waga punktowa
Katakizm	>10 ⁷ zł	100
Katastrofa	10 ⁶ -10 ⁷ zł	40
Poważna awaria	10 ⁵ -10 ⁶ zł	15
Awaria	10 ⁴ -10 ⁵ zł	8
Wypadek	10 ³ -10 ⁴ zł	4
Incydent	<10 ³ zł	2
Anomalia	brak strat	1

Tabela 3. Wartości punktowe parametru E

Częstość	Waga punktowa
Codziennie	10
Kilka razy w tygodniu	8
Raz w tygodniu	6
Raz w miesiącu	4
Kilka razy w roku	3
Raz w roku	2
Rzadziej niż raz w roku	1

Tabela 4. Wartości punktowe parametru O

Opis	Waga punktowa
Ponadstandardowa	3
Standardowa	2
Minimalna wymagana	1

sobą, dlatego skale należy ustalić każdorazowo indywidualnie, uwzględniając specyfikę danego systemu zaopatrzenia w wodę oraz lokalne uwarunkowania [7], a także unormowania prawne [8,9]. Według tak zaproponowanych wag punktowych, wartości ryzyka obliczone z formuły (5) mieszczą się w przedziale $0,33 \div 10^4$. Tabela 5 zawiera kategorie ryzyka i odpowiadające im skale punktowe.

Tabela 5. Kategorie ryzyka według metody wskaźnikowej (Score Risk)

Kategoria ryzyka	Wartość punktowa (r)	Dopuszczalność ryzyka
Zaniedbywane (akceptowane)	$0,33 < r \leq 6$	dopuszczalne
Tolerowane	$6 < r \leq 20$	dopuszczalne warunkowo
Kontrolowane	$20 < r \leq 120$	dopuszczalne warunkowo
Nietolerowane	$120 < r \leq 600$	niedopuszczalne
Nieakceptowane	$600 < r \leq 10^4$	niedopuszczalne

Jeżeli wartość ryzyka jest niedopuszczalna, należy natychmiast podjąć przedsięwzięcia w celu ograniczenia ryzyka związanego z funkcjonowaniem systemu zaopatrzenia w wodę, a sam system w tym czasie powinien zostać wyłączony z eksploatacji. Jeżeli ryzyko odpowiada kategorii ryzyka kontrolowanego, należy również podjąć przedsięwzięcia w celu ograniczenia ryzyka, lecz system warunkowo jest dopuszczony do eksploatacji.

Podsumowanie

Współczesne tendencje w badaniach systemów komunalnych, do których należy system zaopatrzenia w wodę, dążą do traktowania ich jako systemów biotechnicznych, w których analizy niezawodności są podstawową jakością związaną z ich bezpieczeństwem. Ważnym elementem analizy funkcjonowania systemu zaopatrzenia w wodę staje się ryzyko związane z wiarygodnością i pewnością przekazywania informacji w sytuacjach ekstremalnych, a także ryzyko związane z prawidłową interpretacją otrzymanych informacji i reakcją na nie przez operatora systemu. Pięciostopniowa kategoryzacja ryzyka (zaniedbywane, tolerowane, kontrolowane, nietolerowane, nieakceptowane), w miejsce powszechnie stosowanej skali trójstopniowej, umożliwia bardziej precyzyjną identyfikację i ocenę ryzyka związanego z funkcjonowaniem systemu zaopatrzenia w wodę.

Proces zarządzania ryzykiem należy rozpocząć od ustalenia zintegrowanej listy rankingowej zagrożeń (określenie problemów priorytetowych), natomiast w następnej kolejności można przystąpić do sformułowania zasad zarządzania ryzykiem. Przyjęte rozwiązania techniczne powinny być zoptymalizowane z pozycji oczekiwanych efektów i zainwestowanych środków finansowych. Wybrane rozwiązanie powinno być wdrożone, a jego funkcjonowanie monitorowane, co pozwoli na weryfikację efektów i stwierdzenie, w jakim stopniu ryzyko zostało ograniczone. Przedsiębiorstwa, do których należy nadzór eksploatacyjny nad systemem zaopatrzenia wodę, powinny umieć zarządzać ryzykiem, informować użytkowników o jego rozmiarach, podejmować odpowiednie działania w celu jego minimalizacji oraz inicjować działania, które muszą być podjęte w obliczu ryzyka.

Matrycowe metody oceny ryzyka, do których należy metoda wskaźnikowa, mają charakter oszacowań eksperckich. Wymagają one posługiwania się zbiorami statystycznymi zdarzeń, które wystąpiły w przeszłości (awarie rurociągów, zanieczyszczenia źródła wody, powodzie, susze itp.). Kompleksowa baza danych dotyczących zdarzeń awaryjnych staje się współczesnym wymogiem o pierwszorzędym znaczeniu.

LITERATURA

1. E.S. KEMPA: Protesty – negocjacje – konsensus w ochronie środowiska. *Ochrona Środowiska*, 1999, nr 1, ss. 25–28.
2. Z. KACZMAREK: Rozważania w sprawie ryzyka i niepewności. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, Warszawa 2000, ss. 46–54.
3. J. RAK: Istota ryzyka w funkcjonowaniu systemu zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.
4. T. LUBOWIECKA, A. WIECZYSTY: Ryzyko w systemach zaopatrzenia w wodę. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, z. 17, Warszawa 2000, ss. 113–141.
5. J. RAK, B. TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK: Czteroparametryczna macierz szacowania ryzyka w funkcjonowaniu systemu zaopatrzenia w wodę. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2005, nr 2, ss. 6–9.
6. J. RAK, B. TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK: Piatiparametryczna macierz oceny ryzyka funkcjonowania systemu wodopostarczania. Wydawnictwo Ekoinform Rinok Instalacyjny, 2005, z. 3, ss. 12–14.
7. E.S. KEMPA: Ryzyko w procesach i obiektach inżynierii sanitarnej. *Ochrona Środowiska*, 1995, nr 2, ss. 43–48.
8. PN-EN-1050. Zasady oceny ryzyka, 1999.
9. PN-IEC 60300-3-9. Analiza ryzyka w systemach technicznych, 1999.

Rak, J., Tchórzewska-Cieślak, B. Risk-Taking Conditioning Exemplified with a Water Supply System. *Ochrona Środowiska* 2006, Vol. 28, No. 2, pp. 57–60.

Abstract: A water supply system has been used to exemplify the principles and practice of risk-taking conditioning. A variety of human responses to risk-involving circumstances are discussed. Three areas of risk-related threats in the Technology–Man–Environment system are presented, and the probability that failure events may occur in the water supply system is established.

Described are the principles of monitoring which determines the safety of the water supply system. Risks associated with the operational safety of the water supply system are assessed quantitatively by the tracer method. The widely used three-grade risk-related categorization has been replaced by a five-grade one (negligible, tolerable, controlled, unacceptable, inadmissible), which enables a more precise identification and assessment of the operational risk involved.

Keywords: Risk analysis, water supply system.