

Janusz R. Rak

Wybrane elementy zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie wodociągowym

W ramach 7. Ramowego Programu Badań Unii Europejskiej, Parlament Europejski przyjął w 2004 r. rezolucję w sprawie realizacji następnego etapu Europejskiego Programu Badań nad Bezpieczeństwem (EPBB). Podkreślono w niej potrzebę rozwoju badań nad bezpieczeństwem, w celu sprostania obecnym i przyszłym wyzwaniom oraz zagwarantowania wiarygodności i skuteczności działań. Wśród priorytetów EPBB znalazła się między innymi infrastruktura krytyczna, a także monitoring środowiska oraz walka z terroryzmem [1].

Do infrastruktury krytycznej funkcjonowania aglomeracji miejskich, regionów i państw należy bez wątpienia zaliczyć system zaopatrzenia w wodę [2,3]. Bezpieczeństwo systemu zaopatrzenia w wodę rozpatruje się pod względem wymogów unormowań krajowych, standardów i tendencji międzynarodowych, a także zagrożeń i wyzwań leżących wewnątrz systemu wodociągowego i jego otoczenia [4,5]. Przyjęte systemy zabezpieczeń muszą być pewne i skuteczne, co stanowi o ich potencjale bezpieczeństwa [6]. Obserwując tendencje zmian w zarządzaniu bezpieczeństwem systemów zaopatrzenia w wodę można stwierdzić rozwój w następujących kierunkach:

- integracja zarządzania bezpieczeństwem systemu zaopatrzenia w wodę z systemami zarządzania jakością, zgodnie z normami ISO 9000 i systemami zarządzania środowiskiem, zgodnie z normami ISO 14000,
- doskonalenie zarządzania bezpieczeństwem z zastosowaniem kompleksowego zarządzania jakością (TQM – Total Quality Management),
- zwrócenie uwagi na problematykę bezpieczeństwa informatycznego przedsiębiorstwa wodociągowego.

Należy liczyć się z tym, że wspólną platformą systemów zarządzania stanie się zarządzanie ryzykiem, które łączy w sobie różnego rodzaju zagrożenia [7,8]. Standardem staje się zintegrowany system zarządzania, którego istotę ilustruje rysunek 1.



Rys. 1. Istota zintegrowanego systemu zarządzania

Terminy i definicje

◆ Bezpieczeństwo jest definiowane jako stan, w którym jednostka (grupa społeczna) nie odczuwa zagrożenia swojego istnienia lub podstawowych interesów, a także sytuacja, w której istnieją formalne (instytucjonalne) praktyczne gwarancje ochrony – niewystępowanie nieakceptowanego ryzyka.

◆ Narażenie jest to ekspozycja, podleganie oddziaływaniu czynników niebezpiecznych, szkodliwych lub uciążliwych, związanych z korzystaniem np. z systemu zaopatrzenia w wodę.

◆ Ryzyko jest to kombinacja częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia określonego zdarzenia niebezpiecznego i konsekwencji związanych z tym zdarzeniem lub oczekiwana wartość szkody, jako konsekwencji ryzykownej decyzji.

◆ Szansa jest to przeświadczenie o prawdopodobieństwie zajścia określonego pożądanego zdarzenia i konsekwencji tego zdarzenia (jego skutku pozytywnego).

◆ Szkada jest to uszczerbek na zdrowiu, uszkodzenie mienia, strata w interesach, stopień utraty pożądanego wizerunku lub komfortu życia.

◆ Strata jest to szkoda dająca się wymiernie oszacować.

◆ Uszkodzenie niebezpieczne systemu jest to uszkodzenie skutkujące określonym (znaczącym) zagrożeniem (uszkodzenie potencjalnie niebezpieczne) lub określoną (znaczącą) szkodą (uszkodzenie rzeczywiście niebezpieczne).

◆ Zagrożenie jest to źródło lub okoliczności potencjalnej szkody.

◆ Zagrożenie bezpieczeństwa jest to zagrożenie odnoszące się do określonej znaczącej szkody.

◆ Zdarzenie niepożądane (zagrożające) jest to zdarzenie mogące spowodować szkodę.

◆ Kategorie zagrożeń są następujące: naturalne, techniczne, społeczne i wynikające ze stylu życia.

◆ Zarządzanie ryzykiem jest to zarządzanie, którego celem jest utrzymanie ryzyka wystąpienia określonej szkody na poziomie akceptowanym społecznie.

◆ Zarządzanie ryzykiem technicznym jest to zarządzanie ryzykiem wynikającym z zagrożeń natury techniczno-technologicznej.

◆ Analiza jest to metoda badawcza, polegająca na dekompozycji danej całości (problemu, zagadnienia) na części składowe i ich rozpatrywaniu.

◆ Ocena jest to sąd wartościujący opinię oceniającego na temat przedmiotu oceny, ocenianego z określonego punktu widzenia, zwykle postrzeganego w odniesieniu do pewnego stanu systemu.

◆ Diagnostyka jest to opis stanu systemu, cech zachodzących zjawisk i identyfikacja obszarów wymagających korekty.

Istota ryzyka

Termin ryzyko pochodzi od staro włoskiego *risicare* – odważyć się, co oznacza, że dotyczy jakiegoś wyboru, a nie jednoznacznego przeznaczenia. Ze skojarzenia ryzyka z wyborem wynika jego powiązanie z czasem. Potwierdzają to nowe rodzaje ryzyk związane ze współczesnymi zagrożeniami cywilizacyjnymi (terroryzm, awarie systemów informatycznych). Ryzyko nierozdzielnie związane jest z niepewnością, jednak niepewności jako takiej nie da się oszacować. Ryzyko występuje jeżeli:

- można oszacować prawdopodobieństwo realizacji poszczególnych zdarzeń w przyszłości,
- można zidentyfikować skutki tych zdarzeń.

Współcześnie ryzyko definiowane jest jako uporządkowany zbiór trójelementowy:

$$r = (S, P, C) \quad (1)$$

w którym:

S – negatywny scenariusz opisany jako ciąg następujących po sobie zdarzeń niepożądanych,

P – prawdopodobieństwo zajścia scenariusza S,

C – miara strat wywołanych przez scenariusz S.

Można postawić tezę, że ryzyko w miarę upływu czasu jest coraz większe, bowiem wraz z upływem czasu maleje wartość oczekiwana związana z podjęciem decyzji i rośnie możliwy rozrzut wokół wartości oczekiwanej [3]. Rozpatrując ryzyko z punktu widzenia możliwych skutków wyróżnia się:

- poniesienie straty, co wskazuje na negatywne skutki związane ze zdarzeniami niepożądanymi,
- działanie powodujące skutek niezgodny z oczekiwaniami, które mogą być pozytywne lub negatywne.

W pierwszym przypadku jest to ryzyko czyste, identyfikowane z zagrożeniem, a w drugim ryzyko spekulacyjne związane z pozytywną szansą lub zagrożeniem. Ze względu na czynniki kształtujące ryzyko wyróżnia się:

– ryzyko systematyczne (zewnętrzne), związane z siłami natury, które w zasadzie nie podlega kontroli podmiotu znajdującego się w jego obszarze,

– ryzyko specyficzne (wewnętrzne), podlegające kontroli przez podmiot, ponieważ występuje w jego obszarze działalności.

Rozpatrując naturę ryzyka można poczynić następujące uogólnienia:

– ryzyko występuje w dwóch głównych aspektach, tj. obiektywnym i subiektywnym,

– ryzyko jest czymś zmiennym w czasie, czyli jest pewnego rodzaju procesem, a nie stanem otoczenia,

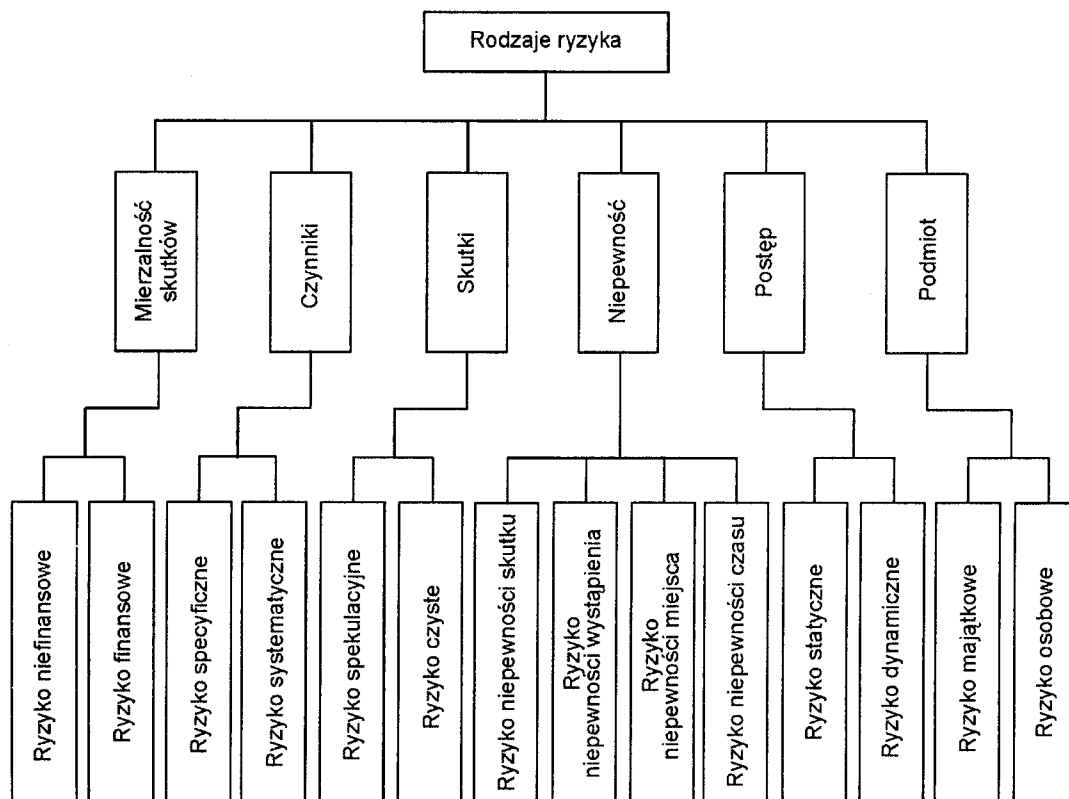
– ocenę ryzyka można dokonać w różnych kontekstach, tj., niebezpieczeństwa, prawdopodobieństwa, stopnia niepewności,

– ryzyko nie jest jednoznacznie zdefiniowane, ponieważ ma wieloaspektową istotę (nie jest jednorodne).

Na rysunku 2 pokazano podstawowe rodzaje ryzyka wynikające z jego wieloaspektowej istoty.

Elementy zarządzania ryzykiem

Zarządzanie ryzykiem jest bardzo dynamicznie rozwijającą się dziedziną. Z uwagi na powstanie wielu definicji i metod zarządzania ryzykiem, koniecznością stało się opracowanie standardów w tej dziedzinie. Przez niebezpieczeństwo rozumie się przyczynę lub źródło starty. Przez hazard rozumie się zespół warunków i okoliczności, w których realizuje się niebezpieczeństwo. Niebezpieczeństwo jest sekwencją czasową przebiegającą w następujących fazach:



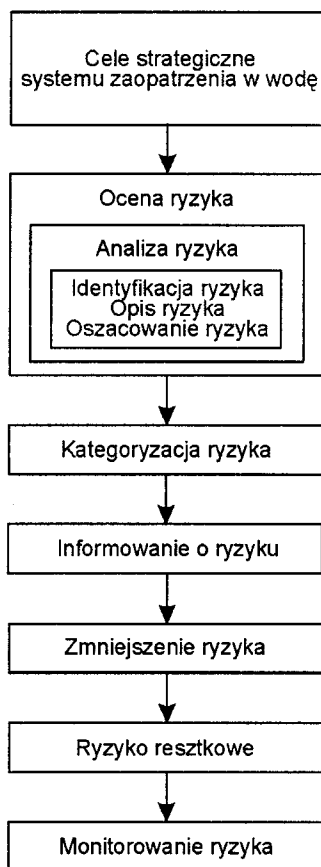
Rys. 2. Podstawowe rodzaje ryzyka

Tabela 1. Skala opisowa prawdopodobieństwa

Prawdopodobieństwo	Zagrożenie	Waga punktowa	Szansa	Waga punktowa
Wysokie – H (prawdopodobne)	$P > 0,25$	3	$P > 0,75$	1
Średnie – M (możliwe)	$0,02 \leq P \leq 0,25$	2	$0,25 \leq P \leq 0,75$	2
Niskie – L (mało prawdopodobne)	$P < 0,02$	1	$P < 0,25$	3

- zagrożenie, niebezpieczeństwo potencjalne,
- realizacja rzeczywista niebezpieczeństwa,
- skutki realizacji niebezpieczeństwa.

Rysunek 3 pokazuje schemat procesu zarządzania ryzykiem, tabela 1 zawiera standardowe kategorie prawdopodobieństwa (P) wystąpienia szans i zagrożeń, w tabeli 2 pokazano standardowe kategorie skutków (C) zarówno w odniesieniu do szans, jak i zagrożeń, natomiast tabela 3 zawiera standardową matrycę ryzyka (r).



Rys. 3. Schemat zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie wodociągowym

Poszczególne kategorie ryzyka przedstawiają się następująco:

- ryzyko tolerowane, $r=1+2$,
- ryzyko kontrolowane, $r=3+4$,
- ryzyko nieakceptowane, $r=6+9$.

Kompensacja ryzyka związanego ze skażeniem w źródle wody ma miejsce w sytuacji, gdy istnieje możliwość wzajemnego połączenia dostawy wody z różnych, niezależnych od siebie, źródeł. Świadome zaprojektowanie równoczesnej dostawy wody z dwóch lub więcej źródeł oznacza szansę na bezpośrednią kompensację ryzyka. W wypadku skażenia jednego ze źródeł zaopatrzenia w wodę zostaje ono wyłączone z eksploatacji, a pozostałe źródła zwiększają produkcję wody.

Tabela 2. Skala opisowa skutków

Skutek	Opis skutków	Waga punktowa
Duży – H	Skutki finansowe powyżej 1 mln zł – znaczne zaniepokojenie konsumentów wody	3
Średni – M	Skutki finansowe 10 tys. + 1 mln zł – umiarkowane zaniepokojenie konsumentów wody	2
Mały – L	Skutki finansowe poniżej 10 tys. zł – małe zaniepokojenie konsumentów wody	1

Tabela 3. Skala punktowa standardowej matrycy ryzyka

Prawdopodobieństwo	Skutek		
	H=3	M=2	L=1
H=3	9	6	3
M=2	6	4	2
L=1	3	2	1

Mówi się wtedy o nadmiarowym podsystemie dostawy wody. Pośrednia kompensacja ryzyka związanego z możliwością skażenia źródeł poboru wody polega na dysponowaniu asekuuracyjną objętością wody czystej w sieciowych zbiornikach wodociągowych.

Jednym z najbardziej złożonych problemów w teorii i praktyce niezawodności jest określenie uzasadnionego poziomu niezawodności systemu zaopatrzenia w wodę [9].

Nowym podejściem w tym zakresie może być uwzględnienie bezpieczeństwa. W literaturze znana jest formuła:

$$(r)_{\text{ryzyka}}^{\text{miara}} = (Q)_{\text{zawodności}}^{\text{miara}} \cdot (Z)_{\text{zagrożenia}}^{\text{miara}} \quad (2)$$

Operując funkcją niezawodności po przekształceniu zależności (2) otrzymuje się:

$$R(\Delta t) = 1 - \frac{r \Delta t}{Z(C)} \quad (3)$$

Podstawiając w miejsce funkcji niezawodności wskaźnik gotowości w jednostce czasu równej 1 rok otrzymuje się:

$$K = 1 - \frac{r}{Z(C)} \quad (4)$$

Z zależności (3) i (4) wynika, że im większe jest zagrożenie mogące dotknąć system zaopatrzenia w wodę i im mniejsze jest ryzyko dopuszczalne związane z funkcjonowaniem tego systemu, tym większa powinna być niezawodność jego funkcjonowania (funkcja niezawodności lub wskaźnik gotowości).

Miara zagrożenia $Z(C)$, mogącego powstać w wyniku zajścia zdarzenia niepożądanego (X), definiowana jest w postaci zależności:

$$Z(C) = P\{C \geq C_0/X\} \quad (5)$$

w której:

C_0 – tolerowane koszty strat

Podsumowanie

Nadzór eksploatacyjny nad systemem zaopatrzenia w wodę powinien umieć zarządzać ryzykiem, podejmować odpowiednie działania w celu jego zmniejszenia oraz informować użytkowników wodociągu o poziomie ryzyka w wypadku wystąpienia zdarzeń niepożądanych. Przedstawiona metoda matrycowa pozwala na ilościową ocenę ryzyka w odniesieniu do skutków negatywnych (strat) i skutków pozytywnych (szans).

LITERATURA

1. A.S. MARKOWSKI: Ochrona społeczeństwa i środowiska przed zagrożeniami technologicznymi. Gospodarka Komunalna w miastach. Wydawnictwo PAN, Oddział w Łodzi, Komisja Ochrony Środowiska, Łódź 2001, ss. 385–418.
 2. J. GOŁĘBIEWSKI: Zarządzanie kryzysowe metodą rozwiązywania problemów bezpieczeństwa. Mat. konf. „Zarządzanie kryzysowe”, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie, Szczecin 2003, ss. 10–20.
 3. J. RAK, B. TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK: Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005.
 4. J. RAK: Podstawy bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wodę. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, Vol. 28, Lublin 2005.
 5. A.S. MARKOWSKI: Layer of Protection analysis for the process industries. Wydawnictwo Komisji Ochrony Środowiska PAN Oddział w Łodzi, Łódź 2006.
 6. J. RAK: Istota ryzyka w funkcjonowaniu systemu zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.
 7. R. IWANEJKO, T. LUBOWIECKA: Ryzyko w podejmowaniu decyzji w systemach zaopatrzenia w wodę. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę i jakość wód”, PZITS, Poznań–Gdańsk 2002, ss. 1043–1054.
 8. W. TARCZYŃSKI, M. MOSIEJEWICZ: Zarządzanie ryzykiem. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2001.
 9. A. WIECZYSTY [red.]: Podnoszenie niezawodności komunalnych systemów zaopatrzenia w wodę. Metody oceny i podnoszenia niezawodności działania komunalnych systemów zaopatrzenia w wodę. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, t. 2, Kraków 2001.
-

Rak, J.R. Some Aspects of Risk Management in Waterworks. *Ochrona Środowiska* 2007, Vol. 29, No. 4, pp. 61–64.

Abstract: Waterworks have a fundamental part in the critical infrastructure of agglomerations, regions and countries. The safety of water supply is considered in terms of national rules and regulations, international trends and standards, as well as in

view of the threats and challenges being faced within the waterworks themselves or their vicinity. In the paper presented are the basic terms and definitions, a risk taxonomy and a standard matrix of risk assessment regarding the operation and management of waterworks.

Keywords: Management, risk, water supply system.