



**POLSKA AKADEMIA NAUK**

**Instytut Badań Systemowych**

---

**BADANIA SYSTEMOWE**

**Inżynieria Środowiska**

**BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW  
ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA  
W WODĘ**

**Janusz Rak**

**Barbara Tchórzewska-Cieślak**

**Jan Studziński**

**Warszawa 2013**



**POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH**

**Seria: BADANIA SYSTEMOWE**

**Tom 72**

---

---

**Redaktor naukowy:  
Prof. dr hab. inż. Jakub Gutenbaum**

**Warszawa 2013**

Rada redakcyjna serii: **BADANIA SYSTEMOWE**  
**Inżynieria Środowiska**

Prof. Olgierd Hryniewicz - przewodniczący

Prof. Jakub Gutenbaum – redaktor naczelny

Prof. Janusz Kacprzyk

Prof. Tadeusz Kaczorek

Prof. Roman Kulikowski

Prof. Marek Libura

Prof. Krzysztof Malinowski

Prof. Zbigniew Nahorski

Prof. Marek Niezgódka

Prof. Roman Słowiński

Prof. Jan Studziński

Prof. Stanisław Walukiewicz

Prof. Andrzej Weryński
------------------------

Prof. Antoni Żochowski



**POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH**

---

---

**Janusz Rak**

**Barbara Tchorzewska-Cieślak**

**Jan Studziński**

**BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW  
ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA  
W WODĘ**

**Warszawa 2013**

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN  
Warszawa 2013

### **Autorzy:**

**Prof. dr hab. inż. Janusz R. Rak**

Politechnika Rzeszowska  
rakjan@prz.edu.pl

**Dr hab. inż. Barbara Tchórzewska-Cieślak**

Politechnika Rzeszowska  
cbarbara@prz.edu.pl

**Dr hab. inż. Jan Studziński**

IBS PAN Warszawa  
studzins@ibspan.waw.pl

### **Recenzenci:**

**Prof. dr hab. inż. Janusz Łomotowski**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

**Dr hab. inż. Izabela Zimoch**

Politechnika Śląska w Gliwicach

**Skład:** Aneta M. Pielak

### **Wydawca:**

Instytut Badań Systemowych  
Polska Akademia Nauk  
Newelska 6, 01-447 Warszawa  
www.ibspan.waw.pl

*Publikacja wydana ze środków projektów rozwojowych  
Narodowego Centrum Badań i Rozwoju  
nr NR 14-0006-10/2010 oraz NR 14-0011-10/2010*

**ISSN 0208-8029**

**ISBN 83-894-7549-9**

*Woda jest niezbędna wszystkim ludziom i zwierzacom oraz ptakom.*

*Bardzo zdrowa, gdy jest smaczna, czysta, a do tego przejrzysta.*

*Traktujmy ją należycie, bo to samo życie.*

*Rymy nieznanego*

*Autora*

## 1. Wstęp

Dopiero na granicy walki o przeżycie można doświadczyć niesamowitego pragnienia choćby kilku kropeł wody. W takich okolicznościach ukazuje się prawdziwy wymiar wody w życiu człowieka. Taką dramatyczną przygodę przeżył na Pustyni Libijskiej na przełomie grudnia i stycznia 1935/1936 roku francuski arystokrata, pisarz i lotnik Antoni de Saint-Exupery. Stało się to podczas bicia rekordu szybkości przelotu samolotem na trasie z Paryża do Sajgonu. Jego lot wraz z mechanikiem pokładowym nieoczekiwanie zakończył się wypadkiem w bezmiarze piaskowej pustyni na północy Afryki. W przeraźliwie suchym klimacie obaj rozbitkowie zbierali skroploną na skrzydłach samolotu rosę do pojemnika na paliwo. Wypicie tego rodzaju mikstury spowodowało torsję i skrajne odwodnienie organizmu. Przed niechybną śmiercią obu śmiałków podniebnych lotów wybawił szczęśliwie napotkany Beduin. Po tym przeżyciu autor „Małego Księcia” ponadczasową myśl: „Woda, nie ma ani smaku, ani koloru, ani zapachu. Nie można Ciebie opisać. Pije się Ciebie, nie znając Ciebie. Nie jesteś niezbędną do życia – jesteś samym życiem”. Słowa te Antoni de Saint-Exupery napisał w porywającym reportażu literackim „Ziemia planeta ludzi”, ponieważ przeżył fakt tożsamości życia i wody.

Współczesne życie jest pełne niebezpieczeństwa. To, co wydaje się często niezwykłym zdarzeniem losu, nieprzewidywalnym i niekontrolowanym zdarzeniem, w rzeczywistości okazuje się zdarzeniem logicznym, możliwym do opanowania i wyjaśnienia. Przywódcy przodujących państw: prezydenci, premierzy, a także najtęższe umysły świata, laureaci Nagrody Nobla, wciąż apelują o normalny tryb życia codziennego, a jednocześnie o postępowanie bardzo ostrożne we wszystkich sferach życia w obliczu ryzyka. Niekiedy wielkie szanse przemieniają się w jeszcze większe porażki i nie wynika to z faktu ignorowania ryzyka. Bardzo często nie wystarcza ani wyjątkowa ostrożność, ani nadmierna odwaga. Bez względu na przy-

jętą strategię niespodziewany splot okoliczności i zwroty sytuacji sprawiają, że podejmowane decyzje przypominają grę w ruletkę. Czym więcej poznaje się natury i skalę ryzyka, tym mniejsze pozornie wydają się możliwości na sukces. Tym bardziej, że niejednokrotnie podejmowane ryzyko w rzeczywistym czasie ulega zwielokrotnieniu. Istnieje nurt badawczy, który postuluje określać różnice pomiędzy ryzykiem spodziewanym, związanym z danym przedsięwzięciem, a rzeczywistym ryzykiem, z którym następuje konfrontacja. Można dokonać stosunkowo prostej oceny uzyskanych rezultatów; lepsze – gorsze od spodziewanych. Jednak trudno jest oszacować, czy spodziewane ryzyko było większe/mniejsze od rzeczywistego. Drugi nurt bazuje na różnicach w stopniu zrozumienia ryzyka. Być może istotne są różnice rozumienia ryzyka przez różne podmioty, co skutkuje określonymi efektami – być może z jakichś powodów inni lepiej rozumieją ryzyko. Efektywniejsza technologia oceny (pomiaru) ryzyka przysparza korzyści tym, którzy szybciej potrafią trafnie zrozumieć ryzyko, w porównaniu do ponoszonych strat przez tych, którzy tego nie rozumieją lub uczą się zbyt wolno (Wójcik, 2007). Prowadzi to do tezy, że różnice w stopniu, w jakim ludzie potrafią zrozumieć i ocenić ryzyko, wyjaśniają powody, dla których tak niewielu ludziom udaje się odnieść sukces w ryzykownych przedsięwzięciach (Rak, 2008a; 2012a).

Pracłowiek zbierając runo leśne w celu zaspokojenia głodu starał się nie zastruć. W tamtych czasach praludzie tworzyli postęp na zasadzie prób i błędów. Pierwsze zapisane kryteria względem bezpieczeństwa zawarte zostały w kodeksie króla Babilonii Hammurabiego (XVIII w p.n.e.), w którym między innymi zakazywano otwierania śluz na kanałach nawadniających, jeżeli mogłoby to doprowadzić do zalania przyległych terenów rolniczych. Arystoteles w swoim dziele „Logika” (380 r p.n.e.) zdefiniował jakość: „jest to coś, na mocy czego rzeczy są w pewien sposób określone”. Pierwotne kryteria, jakości i bezpieczeństwa definiowane były w odniesieniu do handlu, gdzie kupujący i sprzedający według nich oceniali towar. Chodziło o uzyskanie zapewnienia, że dany wyrób gwarantuje oczekiwany poziom. Duchowe podejście filozofii Dalekiego Wschodu kładło nacisk na potrzebę stałego doskonalenia. W Złotej Księżce Tao Te Cing (VI w p.n.e.) traktuje jakość „jako doskonałość, której się nigdy nie osiągnie, lecz do której trzeba uporczywie dążyć”. Podstawą japońskich sukcesów gospodarczych była filozofia usprawniania produktu za pomocą metody „małych kroków” i nawyk pracy zespołowej. Uważa się, że systemowe oceny jakości wprowadził w XVII w. sekretarz stanu Ludwika XIV, J.B. Colbert, w produkcji na rzecz wojska. W filozofii amerykańskiej jakość i bezpieczeństwo jest pochodną sądu wartościującego klienta (Rak, 2005c).

Etymologia słowa ‘ryzyko’ wywodzi się z języka starowłoskiego *risicare*, i oznaczało ono „ośmielić się, stawić czoło, odważyć się”. Greckie *rhize* odnosi się

do śmiałego czynu, na przykład opłynięcia przylądka. Łacińskie *risicum* oznacza prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia negatywnego lub pozytywnego, porażki lub sukcesu (Rak, 2004). Starożytni Grecy i Rzymianie prowadzili obserwacje przyczynowo-skutkowe pomiędzy warunkami środowiska, a stanem zdrowia lokalnych społeczności. W IV wieku p.n.e. Hipokrates stwierdził zagrożenia dla zdrowia ludzi wynikające z uwarunkowań zewnętrznych. W I wieku p.n.e. Vitruvius odkrył toksyczność ołowiu. W tamtych czasach interesowano się zagrożeniami i pośrednio ryzykiem w odniesieniu do zdrowia człowieka. Średniowiecze nie przyczyniło się do postępu badań nad ryzykiem w odniesieniu zarówno do funkcjonowania pojedynczych ludzi, jak i całych społeczności. Ponownie dopiero w XVII wieku Agricola badał wpływ pracy górników w kopalniach na ich zdrowie. W roku 1657 Pascal w podparyskim klasztorze wraz ze swoimi uczniami opublikował dzieło „Logika, czyli sztuka myślenia”, które stało się podstawą do definicji ryzyka, że jest ono proporcjonalne do prawdopodobieństwa zdarzenia i wielkości niebezpieczeństwa. Z kolei Halley w 1693 roku opracował tablice długości życia ludzi, co zapoczątkowało metodologiczne funkcjonowanie firm ubezpieczeniowych. Także w tym czasie Evelyn, prowadząc badania stanu zdrowia mieszkańców Londynu stwierdził, że smog i dym są przyczyną chorób płuc (Rak, 2004; 2005c; 2012b). W XX wieku następuje rozwój definicji ryzyka. A. Willet twierdził, że: „ryzyko jest zobiektyzowaną niepewnością wystąpienia niepożądanego zdarzenia i zmienia się wraz z niepewnością, nie zaś ze stopniem prawdopodobieństwa”. W.A. Rowe twierdził, że „ryzyko jest możliwością urzeczywistnienia się czegoś niepożądanego, negatywną konsekwencją pewnego zdarzenia”. J. Sinkey podaje, że „ryzyko jest niepewnością związaną z określonym zdarzeniem lub dochodem w przyszłości”. Według L. Tempana, „ryzyko to możliwość zaistnienia niekorzystnej sytuacji podczas realizacji planów i wykonania budżetów przedsiębiorstw”. Komisja do Spraw Terminologii Ubezpieczeniowej USA definiuje ryzyko „jako niepewność co do określonego zdarzenia w warunkach dwóch lub więcej możliwości” (Rak, 2009a, 2008d). Najbardziej lapidarną definicję bezpieczeństwa podaje Słownik Oxfordzki; jest to „wolność od zagrożeń i ryzyka”. Wynika z tego, że zabezpieczenie się przed ryzykiem, bądź zmniejszenie go do tzw. ryzyka resztkowego, jest podstawowym synonimem bezpieczeństwa.

Polski wkład w definiowanie ryzyka jest znaczący, szczególnie w okresie po II wojnie światowej (Rak, 2012b). Według B. Nietykszy, przez ryzyko należy rozumieć niepewność w działaniu, możliwą do przewidzenia za pomocą rachunku prawdopodobieństwa lub prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych oszacowanych na podstawie aktualnego stanu wiedzy, doświadczenia a nawet intuicji. Według F. Orłowicza, ryzyko, to wyliczona lub oszacowana ewentualność nieosiągnięcia założonych wyników, grożąca podejmującemu decyzję. Może to



nastąpić wskutek spełnienia się przewidywanych niebezpieczeństw należących do istoty przedsięwzięcia lub związanych z nim. Podejmujący decyzję nie ma pewności, że one wystąpią i spowodują szkody, lecz jest przekonany, że mimo ich urzeczywistnienia podjęta decyzja jest optymalna. Według B. Minca, ryzyko oznacza możliwości powstania odchyłeń od zamierzonych efektów działania. Jeżeli odchylenia te nie mogą być przewidziane żadnym stopniem prawdopodobieństwa, to przyjmuje się, iż zachodzi pełna niepewność. W pozostałych przypadkach ryzyko oznacza ocenę korzyści, które mogą być utracone i można to oszacować odpowiednim prawdopodobieństwem. Autor zauważa, że dywersyfikacja przedsięwzięć sprzyja redukcji ryzyka. W. Warkało wyodrębnił następujące rodzaje ryzyka: ogólnoludzkie – wynikające z klęsk żywiołowych; społeczne – kryzysy gospodarcze, wojny; indywidualne – choroby, wypadki, przedwczesna śmierć. Według E. Kulwickiego, nie ma ryzyka bez niepewności. Niepewność związana jest ze stanem wiedzy o problemie. Dopiero podjęte działania zmierzające do jego rozwiązania wyznaczają skalę ryzyka, którą określa zakres niepewności w postaci nieznanych parametrów. Eliminacja parametrów nieznanych następuje na drodze badań i eksperymentów, co z kolei prowadzi do ograniczenia skali ryzyka. Takie rozumowanie Autor popiera następującym przykładem: W pewnym rejonie zalegają złoża wód mineralnych. Nie jest znana dokładnie ich wielkość, jakość, warunki geologiczne zalegania itp. Istnieje zatem określony stan niepewności, który jest obojętny, jeśli niepodjęwane są decyzje i działania w zakresie eksploatacji złóż. Z chwilą podjęcia decyzji i działań skazujemy się na ryzyko związane z realizacją przedsięwzięcia. Skala ryzyka wyznacza zakres niepewności poszczególnych parametrów. Według W. Sanetry, w przypadku terminu ryzyka występuje zjawisko polisemii (wieloznaczności) w różnych dyscyplinach nauki. Według W. Grzybowskiego, ryzyko jest związane z możliwością powstania straty i wszelkie ryzyko jest skutkiem niepewności, oraz nie ma ryzyka bez niepewności.

Z przytoczonych przykładów interpretacji ryzyka wynika, że dyskusja nad kategorią niepewności i ryzyka koncentrowała się głównie wokół zagadnienia wzajemnego rozróżnienia tych kategorii. Ryzyko jest funkcją niepewności i bez niepewności nie może wystąpić (Rak, 2004, 2012a, b).

W Prawie wodnym definicja ryzyka powodziowego uregulowana jest w art. 9 ust. 1 pkt 13c. Ryzyko, to kombinacja prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi i potencjalnych negatywnych skutków powodzi dla życia i zdrowia ludzi, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej. Pojęcie ryzyka powodziowego rozwija treść rozdziału Va „Ochrona przed powodzią”, gdzie zgodnie z art. 88a ust. 3 ochronę przed powodzią prowadzi się z uwzględnieniem map zagrożenia powodziowego, map ryzyka powodziowego oraz planów zarządzania ryzykiem powodziowym.

Z tego krótkiego przeglądu wynika, że ryzyko kojarzone jest z zagrożeniem lub z zagrożeniem i szansą. Oznacza stan lub zespół uwarunkowań łączonych z podejmowaniem decyzji, których konsekwencje nie są jednoznacznie określone. Współcześnie pojęcia 'ryzyko' używa się do opisu niepożądanych zdarzeń w połączeniu z implikacją poniesionych strat, lub też, że uzyskany wynik będzie odmienny od oczekiwanego (Rak, 2012a).

Ogólnie metody badania ryzyka ze względu na cel dzielą się ze względu na (Rak, 2012b):

- stopień złożoności – proste, złożone;
- sposób analizy – indukcyjne i dedukcyjne;
- charakter analizy – jakościowe, ilościowe i mieszane;
- stopień dokładności – szacunkowe, szczegółowe;
- rodzaj analizowanych szkód – ludzkie, materialne;
- element systemu – człowiek, obiekt techniczny, środowisko.

W praktyce inżynierskiej stosowane są następujące metody analizy i oceny ryzyka (Rak, 2004, 2012a):

- metody porównawcze: metody indeksowe (DOWIndex, OPSIndex), listy kontrolne – CSRS, SAC, ARM;
- metody przeglądowe: wstępna analiza zagrożeń – PHA, matryce ryzyka, studium zagrożeń i zdolności operacyjnych – HAZOP, co będzie jeżeli – What-If;
- metody analityczne: analiza rodzajów błędów i skutków – Meca, analiza rodzajów błędów i skutków uszkodzeń – FMEA, metoda drzewa zdarzeń – ETA, metoda drzewa niezdatności – FTA, metoda analizy przyczyn i skutków – CCA, technika rankingu zagrożeń – RRT, technika przewidywania zakresu błędu człowieka – THERP, analiza niezawodności człowieka – HRA i TESEO, zarządzanie drzewem ryzyka i pomyłek – MORT.

Patrząc w przyszłość trzeciego tysiąclecia można zadać pytanie, jakie są szanse na stworzenie nowych narzędzi sprawowania kontroli nad rozległymi obszarami ryzyka. Ciągłe trwają interdyscyplinarne prace nad zrozumieniem natury i istoty ryzyka. Naukowcy odnoszą wrażenie, że mimo wielu genialnych pomysłów i opracowanych metod (przede wszystkim matematycznych i statystycznych), to nieregularność, brak ciągłości oraz wszechobecna zmienność nasilają się, zamiast

zanikać. W świecie globalnych powiązań kontrolowanie i zarządzanie ryzykiem staje się, niestety, coraz bardziej skomplikowane. Brak stosownych zabezpieczeń przed różnego rodzaju niepożądanymi zdarzeniami prawie codziennie jest pierwszoplanowym tematem środków masowego przekazu. Albert Einstein wierzył w kompletny porządek i prawa rządzące światem, których póki co, ludzie nie są w stanie ogarnąć. Analizując rozwój cywilizacji trzeba stwierdzić, że kaprysy natury kryją coraz mniej tajemnic, ale jednocześnie coraz bardziej znaczące są konsekwencje decyzji człowieka w obliczu ich wystąpienia. Na problematykę podejmowania decyzji w obliczu ryzyka zwrócił uwagę w XX wieku Knight Keynes. Spowodowało to rozwój teorii zachowań behawioralnych. Zaczęto poszukiwać przyczyn niedokładności świata za pomocą teorii chaosu. Przebiło się stwierdzenie, że nieliniowość, czyli nieproporcjonalność skutku do wywołującej go przyczyny, jest powodem trudności w przewidywaniu ryzyka i jego konsekwencji. W świecie chaosu nieokiełznana natura rzeczywistości ciągle czeka, by się ujawnić. Kolejne metody „przepowiadania przyszłości” związane są z algorytmami genetycznymi. Sieci neuronowe starają się naśladować zachowania ludzkiego umysłu. Stosując te metody dochodzi się do schematów zachowań, które można powielać w różnych systemach, ponieważ badane systemy, na przykład techniczne, mają na ogół wspólne schematy zachowań i reakcji. Ciągle nie ma jednak żadnej gwarancji, że dzisiejsze wydarzenia przyniosą jutro określone skutki. Jedno jest pewne, że te nowe trendy w nauce dają ludziom wyobrażenie o złożoności otaczającej ich rzeczywistości. Współcześnie do badań ryzyka używa się komputerów o wielkich mocach i szybkościach obliczeniowych. Komputer potrafi, niestety, tylko odpowiadać na zadane przez nas pytania, natomiast nie umie ich jeszcze sam sformułować. Mimo to wnioski płynące z analiz komputerowych wielkich zbiorów danych liczbowych są bardziej precyzyjne niż intuicja, czy domysły, i z tego powodu należy z nich korzystać. Nasuwa się jednak kolejna analogia, że współczesny komputer zastąpił starożytne wyrocznie, do których odwoływano się w tamtych czasach prosząc o wsparcie w sytuacjach podejmowania decyzji w warunkach ryzyka. W obu przypadkach beneficjenci wydawali i wydają się być równie usatysfakcjonowani z otrzymywanych odpowiedzi.

Na przestrzeni ostatnich 500 lat rozwój metod ilościowych rozpoznawania ryzyka kształtował postęp cywilizacyjny. Wszystko to zawdzięczmy intelektowi wybitnych myślicieli, takich jak: hazardzista z epoki renesansu G. Cardano, wybitnie uzdolniony samouk B. Pascal, zakonnik z pod-paryskiego klasztoru Port-Royal, matematyk P. Fermat, szwajcarski ród Bernoullich, by wymienić fanatyków matematyki Daniela i jego wuja Jacoba, nobliwy O. Morgenstern, uszczypliwy F. Galton, pobożni A. de Moivre i T. Bayes, tajemniczy C.F. Gauss i P.S. de Laplace, pełen wigoru astronom E. Halley, uwielbiający żarty J. von Neumann, agno-

styk F. Knight, ekonomiści J.M. Keynes, K. Arrow, H. Markowitz, wierzący w możliwości kontrolowania ryzyka przez człowieka D. Kahneman i A. Tversky (Rak, 2012a). Wszyscy oni i wielu innych przyczynili się do zmiany postrzegania ryzyka, poprzez wyrafinowane, oparte na rachunku prawdopodobieństwa prognozy, pozwalające przejść od bezradności do możliwości wyboru. Żyli w różnych czasach, posiadali różne osobowości, mieli różne przekonania światopoglądowe, ale łączyła ich chęć rozpoznania istoty i natury ryzyka (Rak, 2012a, b).

W wielu dziedzinach życia ryzyko związane jest z możliwością poniesienia szkód lub też uzyskania korzyści. W technice korzyści utożsamiane są z osiągnięciami celów projektowych w praktyce eksploatacyjnej, a szkody powiązane są ze stratami finansowymi na skutek zdarzeń niepożądanych (Borysiewicz i inni, 2000; Brandowski 2006; Faber, Steward, 2003; Hann i inni, 1998; Markowski, 2000; Rak, 2009c). Poznanie ryzyka wymaga określenia możliwych scenariuszy odpowiadających danemu typowi zagrożenia i ustalenia czynników, które je warunkują (Apostolakis, Kaplan, 1981; Aven, 2010, 1992; Balcerzak i inni, 1999; Brandowski, 2006; Iwanek, Lubowiecka, 2005; Kowal, 2003; Rak, 2009c). Doświadczenia i umiejętności pomagają w rozpoznawaniu, które ze scenariuszy są prawdziwe a przyjęte metody ochrony skuteczne, a które są błędne. Rola doświadczenia wynika z faktu, że sama ludzka wyobraźnia jest ograniczona w przypuszczeniach, założeniach czy domysłach, na których człowiek się opiera, próbując poznać ryzyko. Dotychczasowe i przyszłe doświadczenia rzutują na jakość zrozumienia ryzyka, co z kolei implikuje możliwość efektywnego zarządzania ryzykiem.

Przyjęcie tezy, że każde ryzyko jest losowe, jest błędem. Niepewność zdarzeń obarczonych ryzykiem wynika z nieznaności czynników, które je warunkują. Ryzyko losowe często jest nieokreślone, ale z taką klasą zdarzeń potrafimy sobie stosunkowo dobrze radzić poprzez jego modelowanie matematyczne. W wypadku ryzyka nielosowego trudność w zarządzaniu nim wynika z faktu, że każdy może dysponować różnymi danymi determinującymi jego poznanie i zrozumienie. Uprawniona jest teza, że ryzyko wymaga dystrybucji. W przypadku systemów zaopatrzenia w wodę nie można uniknąć ryzyka, przerzucając zagrożenia na konsumentów wody wodociągowej. Można jednak tak rozłożyć ryzyko na zaangażowane strony, żeby zgodnie z ich predyspozycjami ponosili to ryzyko, z którym sobie najlepiej poradzą.

Rozpoznawalność ryzyka nie jest wrodzonym talentem, zdolnością intelektualną itp., nie jest także domeną określonej jednostki. Często informacje uzyskane od postronnych ludzi pozwalają pomóc w zrozumieniu ryzyka. Poznawalność ryzyka wynika ze zbioru zróżnicowanych doświadczeń zbieranych w obliczu coraz to nowych zagrożeń. W miarę zdobywania informacji o ryzyku, zagrożenia z nim związane się mnożą. To z kolei pozwala zdobywać nowe doświadczenia, które

wykorzystuje się w radzeniu sobie z nowymi zagrożeniami. Analizy zmagania z zagrożeniami wskazują, że ich koniec jest zawsze mniej dramatyczny, niż ich początek.

Często ryzyko poznawalne przy braku pełnej informacji uważa się za ryzyko losowe. Przy zdarzeniach losowych nie można przewidzieć biegu wydarzeń, a przy ryzyku poznawalnym trzeba umieć je przewidzieć. O ryzyku losowym nie można zbyt wiele się dowiedzieć, gdyż nie można rozpoznać jego przyczyn ani czynników, które je determinują. W przypadku ryzyka poznawalnego trzeba umieć zmniejszyć niepewność poprzez zdobywanie informacji i odpowiednią ich interpretację. Podstawowym źródłem niepewności jest ograniczenie wiedzy człowieka na temat zdarzeń niepożądanych. Szczegółowe analizy ryzyka wystąpienia naturalnych katastrof czy anomalii pogodowych okazują się przy bliższym poznaniu nie całkiem losowe. Trudno było jednoznacznie przewidzieć tsunami w 2004 roku, które pochłonęło około 250 000 ofiar. Naukowcy połączyli wybuch podwodnego wulkanu na Hawajach ze zniszczeniami wybrzeży Sumatry i przewidywali, że fale tsunami uderzą w Sri Lankę i Indie. Brak komunikacji i brak przygotowania na taką okoliczność doprowadziły do dramatu. Przykład ten ilustruje, że niepewność związana z katastrofami naturalnymi odzwierciedla raczej ograniczenie w rozwoju wiedzy, niż ich całkowitą losowość. Oddzielenie ryzyka losowego od ryzyka poznawalnego polega na znalezieniu opłacalnej ekonomicznie metody zbierania informacji o przyczynach zdarzeń niepożądanych (Rak, 2012b). Ryzyko poznawalne co najmniej w założeniach można zredukować. Paradoksem natomiast jest to, że w przypadku ryzyka losowego nie można rozpoznać decydujących o nim czynników, lecz jednocześnie nie zmniejsza to, czy nie uniemożliwia efektywnego nim zarządzania. Metody zarządzania ryzykiem losowym przez różne podmioty są do siebie zbliżone, natomiast metody oceny i zarządzania ryzykiem poznawalnym mogą się od siebie zdecydowanie różnić. W obu wypadkach można efektywnie zarządzać ryzykiem. Kontrolowanie tych dwóch rodzajów ryzyka jest możliwe, ale najpierw trzeba rozgraniczyć dwa typy zagrożeń. W wypadku ryzyka poznawalnego można określić jego przyczyny i stopień niepewności, a w przypadku ryzyka losowego już nie. Właściwa ocena ryzyka jest podstawą decyzji, „czy warto je podjąć”? Wynika ona z umiejętności określenia strat, które można ponieść. W wypadku ryzyka poznawalnego decydują różnice w umiejętnościach jego pomiaru, a to z kolei zależy od możliwości wykorzystania wiedzy w tym zakresie. Biorąc pod uwagę konkurencyjność, można stwierdzić, że w ocenie ryzyka poznawalnego niektóre podmioty mogą mieć przewagę wynikającą z ich wiedzy, natomiast dla ryzyka losowego nie można już uzyskać takiej przewagi.

Nadmierna ostrożność może prowadzić do zahamowania a nawet eliminacji innowacyjności, postępu naukowego i rozwoju cywilizacyjnego. Motorem postępu

był zawsze fakt, że geniusz ludzki od pradziejów był niezadowolony ze swoich osiągnięć. To ciągle udoskonalenie procesów i wyrobów stymuluje postęp i konkurencyjność rozwiązań a globalnie jest motorem naszej cywilizacji. Niestety, towarzyszą temu coraz to nowe zagrożenia zwane zagrożeniami cywilizacyjnymi, a także działania terrorystyczne i cyberterrorystyczne. Jednak szczęśliwie obserwuje się stały trend do doskonalenia rozwiązań w zakresie teorii i praktyki nauki o bezpieczeństwie. W przypadku przedsiębiorstw wodociągowych wypracowane zostały metody zapewnienia bezpieczeństwa systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW) w obliczu potencjalnych nadzwyczajnych zagrożeń. W ten sposób powstał system zarządzania bezpieczeństwem, formułowany jako wieloaspektowy zestaw działań prawnych, organizacyjnych i technicznych. Określone procedury i instrukcje integrują zasady bezpieczeństwa z zasadami organizacji i zarządzania SZZW. Daje to możliwość skutecznego, efektywnego i praktycznego zapobiegania powstawaniu zdarzeń niepożądanych.

Zapewnienie bezpieczeństwa obywateli RP należy do podstawowych obowiązków państwa na mocy postanowień Konstytucji (art. 5, 38 i 74) i aktów prawnych niższego rzędu, takich jak ustawy i rozporządzenia. Dotyczą one organizacji działań na rzecz bezpieczeństwa z pozycji różnych poziomów struktur państwa i różnych obszarów życia jego obywateli. Problematyka bezpieczeństwa z należytą uwagą dostrzegana jest przez organy administracji państwowej i samorządowej. Objawia się to lepszą organizacją działań na rzecz bezpieczeństwa biotechnicznego i większą ich skutecznością. Jednak największy udział w tym zakresie przypada inżynierskim metodom rozwiązywania problemów bezpieczeństwa. Wynika to z faktu, że to inżynierowie są twórcami techniki, z którą związane są źródła zagrożeń cywilizacyjnych. Nowa dyscyplina nauki, jaką jest inżynieria bezpieczeństwa, pozwoliła na twórcze zastosowania metod analizy i oceny ryzyka. Systemy bezpieczeństwa w różnej skali pozwalają na zarządzanie ryzykiem z możliwością jego redukcji. Umożliwiają przeciwdziałanie zagrożeniom (także nietechnicznym, związanym z działaniem sił natury), a co za tym idzie, zmniejszają konsekwencje zdarzeń niepożądanych w postaci strat i krzywd (ogólnie szkód). Ten znaczący wzrost bezpieczeństwa w projektowaniu i eksploatacji systemów biotechnicznych (człowiek – technika – środowisko) jest skutkiem wzrostu wiedzy naukowej, a w szczególności nauki o bezpieczeństwie (Brandowski, 2006; Denczew, 2001; Iwanejko, 2007, 2001, 2008; Iwanejko, Lubowiecka, 2004; Leszczyński, 2009; Liderman, 2001; Mikulik, 2008; Pihowicz, 2008; Radkowski, 2003; Szopa, 1986, 2009; Szymanek, 2006; Wieczysty, 1997).

Wyróżnia się następujące metody poprawy bezpieczeństwa systemów (Radkowski, 2003; Rak, 2009a):

- prewencja – unikanie niebezpiecznych sytuacji,
- działania pasywne – zmniejszenie negatywnych skutków,
- działania aktywne – wykrywanie niebezpiecznych sytuacji,
- procedury kontrolne – działania w zakresie zarządzania poprzez audyty, inspekcje itp.

Regulacje prawne dotyczące bezpieczeństwa SZZW, to przede wszystkim wytyczne Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) oraz tzw. Ramowa Dyrektywa Wodna (Ramowa Dyrektywa Wodna, 2000; World Health Organization, 2004, 2005; World Health Statistics, 2007). Przepisy krajowe, to przede wszystkim Ustawa Prawo Wodne (2012), Ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i odprowadzaniu ścieków (2001) oraz Rozporządzenie Ministra Zdrowia (2007, 2010) dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Wichrowska, Kanclerz, 2007).

Dyrektywa 98/83/EC z dnia 3 listopada 1998 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi oraz Ramowa Dyrektywa Wodna zobowiązały kraje członkowskie UE do monitoringu jakości wody przeznaczonej do spożycia. Państwa członkowskie powinny podejmować wszelkie środki niezbędne do zapewnienia regularnego monitorowania jakości wody w celu sprawdzenia, czy woda dostępna dla konsumentów spełnia wymagania aktualnych międzynarodowych unormowań prawnych. Ocenia się, że najbardziej skuteczną we wdrażaniu dyrektywy jest Drinking Water Inspectorate, zarządzająca jakością wody do spożycia w Anglii i Walii. Organizacja ta nadzoruje przedsiębiorstwa produkujące wodę do spożycia i dokonuje jej oceny (Castell-Exner, 2012; Harmelin, 2012; Schmitt, 2012).

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) w trzeciej edycji wytycznych dotyczących jakości wody do spożycia (Guidelines for Drinking-Water Quality) przedstawiła pierwsze założenia do opracowania tzw. Planów Bezpieczeństwa wodnego (ang. Water Safety Plan - WSP) (World Health Organization, 2005), które ukierunkowane są przede wszystkim na ochronę zdrowia konsumentów wody. Nowym podejściem jest natomiast forma rozszerzona WSP, zaproponowana przez Komisję Europejską w związku ze zmianami klimatycznymi na Ziemi, tzw. Plany Bezpieczeństwa Obiegu Wody (ang. Water Cycle Safet Plan- WCSP) (Ceu Almeida, Vieira, 2010), które powinny uwzględniać dodatkowo ocenę zagrożeń na każdym etapie obiegu wody w przyrodzie. Analizy i ocena ryzyka w ramach WCSP ukierunkowane są na ochronę konsumentów wody, ale również na ochronę środowiska naturalnego. Plany te powinny być oparte na analizach i ocenach ryzyka i odnosić się do analizy funkcjonowania SZZW pod kątem bezpieczeństwa, z uwzględnie-

niem funkcjonowania innych systemów wchodzących w skład szeroko pojętej gospodarki wodnej.

Należy pamiętać, że nauka o bezpieczeństwie wywodzi się bezpośrednio z teorii niezawodności, której podstawy teoretyczne oraz opracowane modele funkcjonowania systemów dały początek szeroko pojętej inżynierii bezpieczeństwa (Abramow, 1979; Bajer, 2001; Bernardo, 1993; Budziło, 2010; Jamroz, 2008; Królikowska, 2010; Królikowski, Królikowska, 2010; Kuhlman, 1986; Nowakowski, 1999; Pawełek, 1996; Pham, 2003; Piasecki, 1995; Rak, Tchórzewska-Cieślak, 2007b, 2003; Ratajczak, 1988; Schneeweiss, 2001; Smalko, Jadźwiński, 2006; Tchórzewska-Cieślak, 2008a; Wiczysty, Iwanejko, 2001; World Health Organization, 2004; Zakrzewska, Kuś, 2006; Zio, 2006).





IBS PAN *Serw*

47323

Bibl. podręczna

ISSN 0208-8029  
ISBN 83-894-7549-9

---

**INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

tel.: (+48) 22 3810246 / 22 3810277 / 22 3810241 / 22 3810273

e-mail: [biblioteka@ibspan.waw.pl](mailto:biblioteka@ibspan.waw.pl)