



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

BADANIA SYSTEMOWE
Inżynieria Środowiska

**BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW
ZAOPATRZENIA W WODĘ**

Janusz Ryszard Rak

Warszawa 2009



**BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW
ZAOPATRZENIA W WODĘ**

**POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH**

Seria: BADANIA SYSTEMOWE, tom 66

Redaktor naukowy: prof. Jakub Gutenbaum

Podseria: Inżynieria Środowiska

Warszawa 2009

**BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW
ZAOPATRZENIA W WODĘ**

Janusz Ryszard Rak

Publikacja wydana ze środków projektu badawczego MINISTERSTWA NAUKI
i SZKOLNICTWA WYŻSZEGO: nr R 11 001 01

Omówiono problematykę bezpieczeństwa miejskich Systemów Zaopatrzenia w Wodę. Bezpieczeństwo uznawane jest za współczesny miernik jakości działania systemów zaliczanych do tzw. infrastruktury krytycznej. Jednym z podstawowych warunków funkcjonowania aglomeracji miejskich jest zapewnienie bezpieczeństwa dostawy wody do spożycia przez wodociąg publiczny. Definiowane jest ono, jako stan umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na wodę w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony z poszanowaniem ochrony naturalnych zasobów wód. Analizy i oceny ryzyka są pierwszoplanową procedurą zarządzania bezpieczeństwem systemami zaopatrzenia w wodę (SZW). Zaproponowano ilościowe wartości ryzyka zdrowotnego związanego ze spożywaniem wody wodociągowej, które mogą być wykorzystane w analizie zagrożeń w krytycznych punktach kontroli. W analizach efektywności redukcji ryzyka celowe jest stosowanie rachunku kosztów rocznych z uwzględnieniem strat związanych z uszczerbkiem na zdrowiu człowieka. Zaprezentowane instrumenty zarządzania ryzykiem w odniesieniu do zdarzeń pogodowych dają możliwość ochrony przed niepożądanymi warunkami atmosferycznymi. Dokonano interpretacji procedur obróbki danych statystycznych pod kątem analizy ryzyka. Wykorzystano pojęcie semiwariancji i semiodchylenia standardowego jako miary oceny ryzyka.

Recenzenci:

Dr hab. inż. Michał Inkielman

Dr hab. inż. Janusz Łomotowski

Dr hab. inż. Jan Studziński

Komputerowa edycja tekstu: Anna Gostyńska

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2009

Instytut Badań Systemowych PAN

Newelska 6, PL 01-447 Warsaw

Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw IBS PAN

e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl

ISSN 0208-8029
ISBN 978-83-89-47524-4

*W poskromieniu i kontrolowaniu
ryzyka chodzi o to, by przyszłość
stała się szansą, a nie zagrożeniem*

A. Wieczysty

Słowo wstępne

Zagadnienia niezawodności i bezpieczeństwa dla systemów zaopatrzenia w wodę są bardzo istotne, o czym zaświadczaają liczne doniesienia publikacyjne w zagranicznych i krajowych czasopismach naukowych oraz monograficzne wydawnictwa książkowe. Autor zajmuje się tymi zagadnieniami od ponad 30 lat: początkowo w pracy magisterskiej (1976 r.), potem w rozprawie doktorskiej (1986 r.), w pracach prowadzonych w CPBP i w grantach KBN, w rozprawie habilitacyjnej (1994 r.), monografii profesorskiej (2006 r.) i w wielu opublikowanych artykułach naukowych. Podsumowaniem i uwieńczeniem tych dokonań jest 6 monografii z tego zakresu wiedzy [131, 137, 140, 141, 154, 156].

Zadaniem Autora związanym z treściami zawartymi w obecnej pracy było odwołanie się do wrażliwości intelektualnej Czytelnika. Dominantą jest wrażliwość techniczna i matematyczna, ale nie bez znaczenia jest także ekonomiczna oraz humanistyczna. W pracy celowo został złamany podział na to, co jakościowe (opisowe) i tego, co ilościowe (w zapisie matematycznym), w celu uzyskania przez Czytelnika całościowego oglądu wiedzy z zakresu niezawodności i bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wodę. Zdaniem Autora przedstawione treści przyczynią się do pogłębionych przemyśleń teoretycznych i praktycznych na temat ryzyka w zaopatrzeniu w wodę do spożycia.

Inżynieria niezawodności i bezpieczeństwa SZW wymaga ciągłego i systemowego monitorowania wskaźników eksploatacyjnych w celu zapewnienia coraz wyższych wymagań z zakresu ilości i jakości wody do spoży-

cia, w ramach komfortu korzystania z wodociągu publicznego. Prowadzi to do realizacji cyklu: analiza – modyfikacja – synteza – weryfikacja, aż do osiągnięcia wymaganego poziomu niezawodności i bezpieczeństwa SZW. Obecnie w przedsiębiorstwach wodociągowych zaczynają dominować strategie zarządzania marketingowo-logistycznego, które są ukierunkowane na możliwie najlepsze zaspokojenie potrzeb i zadowolenie konsumentów wody. Wymagania konsumentów ciągle rosną, więc producenci muszą podejmować wysiłki na rzecz rozwoju i doskonalenia technik sterowania bezpieczeństwem i niezawodnością, związanych z dostawą wody do spożycia.

Wiedza systemowa o niezawodności i bezpieczeństwie tworzy konieczny dystans do wiedzy specjalistycznej. Stanowi dodatkowy ekwipunek osobisty, który przydaje się w różnych praktycznych sytuacjach decyzyjnych związanych z zastosowaniami wiedzy specjalistycznej. Głęboką jej wymowę zawsze podkreślał nieodżałowany Mistrz naukowy Autora, śp. prof. zw. dr hab. inż. Artur Wieczysty, dr hc. PK, cytując przypowieść Cervantesa: „Są rzeczy, w które trzeba wierzyć, by je zobaczyć”, i dodawał: „...prawdziwa wiara musi być zupełna i wymaga ponoszenia ryzyka”.

Sceptycy twierdzą, że cywilizacje rozwijały się bez unormowanej wiedzy o bezpieczeństwie i niezawodności. Ludzie radzili i radzą sobie w życiu, nie zaprzatając sobie umysłu tą wiedzą, a wielu specjalistów traktuje analizy niezawodnościowe, jako sztukę dla sztuki. Jednak nauka o niezawodności i bezpieczeństwie systemów technicznych posiada już prawa i pojęcia, których przyswojenie wymaga przełamania pewnych barier psychologicznych i logicznych. Coraz większa liczba specjalistów próbuje je pokonać, chociaż są też tacy, którzy nie widzą konieczności ponoszenia dodatkowego wysiłku. Niewątpliwie jest to sprawa indywidualnych predyspozycji, przygotowania zawodowego, oraz aspiracji i chęci. Często odrzucenie potrzeby wiedzy na ten temat ma charakter mimowolny, spowodowany odmiennością w stosunku do dotychczasowych doświadczeń. Niezależnie od tego, czy komuś podoba się to, czy nie, teoria niezawodności i bezpieczeństwa jest praktycznie codziennie weryfikowana, co do jej przydatności w rozwiązywaniu problemów inżynierskich. To ta wiedza była rozstrzygającym czynnikiem rozwoju lotów kosmicznych, urządzeń elektronicznych, przemysłu samochodowego, informatyki itp. Szczególnie przydatna jest w sytuacjach ekstremalnych, czego nie raz już Autor doznał w ramach osobistych doświadczeń. Wielokrotnie pozwoliła mu efektywnie odkrywać dobro i ostrzegać przed złym oraz antycypować rozwój zdarzeń typu ‘efekt domina’. „Tylko dogłębne traktowanie niezawodności bezpieczeństwa może dać nam sukces”, to główna teza frapującego referatu prof. A. Wieczystego nt. „Człowiek i woda – retrospekcja”, wygłoszonego 20 października

2000 roku na Jubileuszowej Sesji Naukowej Instytutu Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska Politechniki Krakowskiej pt. „Systemy zaopatrzenia w wodę i usuwania ścieków u progu trzeciego tysiąclecia”.

Słowa wdzięczności kieruję do Dominiki Początek za pomoc w pracach edytorskich i wszechobecną życzliwość, która mi każdorazowo towarzyszyła przy redagowaniu moich prac.

Autor ma nadzieję, że treści zawarte w tej monografii zostaną przychylnie przyjęte przez Czytelników i przyczynią się do popularyzacji metod zarządzania oraz oceny ryzyka, które współcześnie są tak żywo dyskutowane i z równą mocą rozwijane w zakresie bezpieczeństwa systemów technicznych. Ostateczną ocenę pracy pozostawia Autor Czytelnikom.

Janusz Ryszard RAK

1. Wstęp

Motorem postępu był fakt, że geniusz ludzki od pradziejów był niezadowolony ze swoich osiągnięć. To ciągle udoskonalenie procesów i wyrobów tworzyło postęp cywilizacyjny [36]. Bezpieczeństwo towarzyszyło ludziom „od zawsze” i było związane z zaspokojeniem podstawowych potrzeb. Praczułowiek zbierając runo leśne w celu zaspokojenia głodu starał się nie zatrucić. 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 otwieranie śluz na kanałach nawadniających, jeżeli mogłoby to doprowadzić do zalania przyległych terenów rolniczych. Starożytni greccy filozofowie Platon i Arystoteles definiowali podstawowe pojęcie. Arystoteles w swoim dziele „Logika” (380 r p.n.e.) zdefiniował jakość, „jak to, 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 nigdy nie osiągnie, lecz do której trzeba uporczywie dążyć”. Podstawą japońskich sukcesów gospodarczych jest filozofia usprawniania metodą „małych kroków” i nawyk pracy zespołowej. Uważa się, że systemowe oceny jakości w Europie wprowadził w XVII w. sekretarz stanu Ludwika XIV, J.B. Colbert, w produkcji na rzecz wojska [126]. W filozofii amerykańskiej jakość i bezpieczeństwo jest pochodną sądu wartościującego wydawanego przez klienta. Nie ma konsumenta, nie ma osądu [37].

Legendarny, o paranoidalnej osobowości król Herod Wielki był wybitnym znawcą architektury i za jego czasów na zawsze zmienił się krajobraz Ziemi Świętej. Za jego panowania wybudowano Cezareę Nadmorską,

której nabrzeża chroniły falochrony z betonu wykonanego na bazie pyłu wulkanicznego sprowadzonego z Rzymu. Tą budowlę wodną zniszczyło dopiero tsunami w drugim wieku naszej ery. Monumentalną budowlą stało się Herodium koło Jerozolimy. Był to pałac na 100 metrowym wzgórzu pośród pustyni, w którym część łaźni stanowiła sauna po raz pierwszy konstrukcyjnie zwieńczona kopułą. Kolejnym dziełem była forteca w Masadzie. Przebywała tam w oblężeniu rodzina Heroda, która ocalała dzięki opadom deszczu. Deszcz zapewnił wodę pitną oblężonym i spowodował odstąpienie oblegających. Na pamięć o tym „cudzie” Herod rozkazał wykuć w skałach 20 zbiorników, tzw. cystern wodnych, o łącznej pojemności 40.000 m³, które zasilane były wodą deszczową z gór, doprowadzaną dwoma akweduktami. W ten sposób załoga twierdzy była uodporniona na braki wody w porze suszy pustynnej [109]. Ta mroczna w dziejach chrześcijaństwa postać przyczyniła się do rozbudowy świątyni w Jerozolimie, której pozostałością jest ściana płaczu. Jego dokonania w zakresie szeroko rozumianej gospodarki wodnej na stałe zapisały się w rozwój cywilizacyjny ludzkości.

W drugiej połowie XX wieku wydarzyło się wiele poważnych awarii i katastrof związanych z funkcjonowaniem wodociągów publicznych w aglomeracjach miejsko-przemysłowych. Procesy globalizacji na początku XXI wieku spowodowały, że wiadomości o nich błyskawicznie obiegają świat w informacjach środków masowego przekazu. Znakiem czasów była pierwsza transmisja „na żywo” z przebiegu awarii magistrali wodnej w miejscowości Bethesda – Stan Maryland w USA, która miała miejsce w godzinach porannych 23.12.2008 roku. Wiele stacji telewizyjnych w USA przerwało nadawanie programów, a za pośrednictwem łączy satelitarnych akcję ratowniczą obserwował cały świat. W bezpośrednim pobliżu drogi łączącej luksusowe posiadłości na przedmieściach Waszyngtonu z centrum stolicy USA pękł rurociąg o średnicy 66 cali (~1675 mm). Fragment drogi w obszarze lesistym zamienił się w rwący potok, w którym utknęło kilkanaście samochodów z ludźmi. Do ratowania uwięzionych w samochodach 15 osób użyto śmigłowca. Cała akcja zakończyła się po kilkudziesięciu minutach bez strat w ludziach. W ten sposób ta spektakularna awaria techniczna na tranzyście wody do stolicy USA przeszła do historii globalnego przekazu informacji o zdarzeniach niepożądanych, jakkolwiek samo usuwanie awarii nie było pokazywane w bezpośredniej transmisji. Ta krótka relacja stała się przyczynkiem do rozważań na temat istoty ryzyka występującego w wodociągach publicznych.

Raport Światowego Forum Wody wskazuje, że wynikiem zmian klimatycznych będzie wzrost niedoboru wody na świecie. Wzrost zanieczyszczeń i temperatury wody spowoduje pogorszenie się jakości wody do spoży-

cia. Ocenia się, że każdej doby prawie 6.000 ludzi (głównie dzieci) cierpi na choroby biegunkowe, a rocznie 2,2 miliona umiera na choroby powstałe w wyniku spożywania zanieczyszczonej wody i złych warunków sanitarnych. Raport podkreśla potrzebę redukcji ryzyka, jako integralnej części gospodarowania zasobami wodnymi. O ile liczba katastrof geofizycznych (trzęsienia ziemi, usuwiska ziemi i lawiny błotne) utrzymuje się na stałym poziomie, to liczba kataklizmów związanych z wodą (powodzie, tsunami, susze) podwoiła się od 1996 roku. Wskutek tych kataklizmów w ostatniej dekadzie straciło życie 650.000 ludzi [48].

Międzynarodowe standardy klasyfikują obszary badań naukowych nad bezpieczeństwem i ryzykiem następująco [106]:

- RAM (ang. Risk Assessment and Management)
- ESR (ang. Engineering, Safety and Reliability)
- EER (ang. Environmental and Ecological Risk)
- HR (ang. Health Risk)
- REL (ang. Risk in Everyday Life)
- TR (ang. Technological Risk)
- NH (ang. Natural Hazard)
- PR (ang. Political Risk).

Twórca probabilistycznych metodologii analizy bezpieczeństwa obiektów technicznych, F.R. Framer, stwierdził, że ryzyko zależy nie tylko od ciężkości i rozległości możliwych awarii, ale także od prawdopodobieństwa ich wystąpienia [111]. Ryzyko może być uznane za tolerowane (kontrolowane), gdy rosnącej stracie odpowiada zdecydowanie malejące prawdopodobieństwo wystąpienia poważnej awarii lub katastrofy [113]. „Filozofia Głębokiej Obrony” (ang. Defence in Depth Philosophy) polega na stosowaniu wielokrotnych barier zabezpieczeń fizycznych, technicznych, proceduralnych i organizacyjnych. Uruchomienie każdej bariery powoduje reakcje na lokalnych poziomach bezpieczeństwa systemu [103, 169, 233].

Funkcjonowanie systemu zaopatrzenia w wodę (SZW) jest obarczone ryzykiem. Kluczowe w analizie ryzyka jest określenie miejsca występowania ryzyka, jego wielkości oraz działań mających na celu jego ograniczenie lub wyeliminowanie [98]. Działania związane z badaniem tych relacji, to zarządzanie ryzykiem. Powinno ono mieć charakter zorganizowany i kompleksowy, zarówno w odniesieniu do całego SZW, jak i jego otoczenia [21, 85, 88,

99, 114, 121, 122, 123, 174]. Zawsze bowiem istnieje możliwość pojawienia się efektu domina, czyli zdarzeń związanych z eskalacją ryzyka [134, 157].

Podstawowym celem zarządzania ryzykiem jest zwiększenie bezpieczeństwa funkcjonowania SZW [98, 145]. W przeciwnym wypadku pozostaje oczekiwanie na wystąpienie niepożądanych zdarzeń. Podstawą procesu zarządzania ryzykiem jest rozpoznanie zagrożeń. Efektywne zarządzanie bez tej wiedzy jest bowiem praktycznie niemożliwe. Bezwzględnie najważniejsze jest rozpoznanie zagrożeń technicznych [115]. Poza tym należy zwrócić uwagę na czynnik ludzki (operator–dyspozytor SZW), środowiskowy oraz na struktury organizacyjne i wzajemne powiązania między nimi. Dopiero takie podejście gwarantuje uniknięcie tzw. niezidentyfikowanego ryzyka [176]. W przypadku tzw. ryzyka czystego, związanego z funkcjonowaniem SZW, zostały wypracowane standardowe schematy działań. Rozwiązania standardowe w zakresie ochrony i bezpieczeństwa SZW powinny być adekwatne do możliwych zagrożeń. Przykładowo, stacje osłonowo-ostrzegawcze powinny chronić ujęcia wód powierzchniowych dużych aglomeracji miejskich w wypadku udokumentowanych potencjalnych lub historycznych zagrożeń. Źródłem takich zagrożeń są duże oczyszczalnie ścieków, żeglowne rzeki, szlaki transportowe w pobliżu rzeki (linie kolejowe, autostrady – możliwość karamboli środków transportu przewożących substancje niebezpieczne) [117].

Rozpoznanie ryzyka odbywa się w dwóch etapach: identyfikacji ryzyka oraz oceny jego znaczenia. W fazie identyfikacji nie należy kierować się znaczeniem ryzyka, ale trzeba dążyć do stworzenia jego katalogu [102]. Dopiero po rozpoznaniu ryzyka dokonuje się jego oceny według skali trój- bądź pięciostopniowej [156].

Do efektywnego i skutecznego zarządzania ryzykiem konieczne jest zbieranie informacji statystycznych o możliwych zagrożeniach, które mogą zaburzyć bezpieczeństwo funkcjonowania SZW. Zakres, dokładność oraz aktualność informacji o zagrożeniach ma kluczowe znaczenie w podejmowaniu działań zapobiegawczych i zaradczych związanych z redukcją ryzyka [110, 112]. Z praktyki wynika, że profesjonalnie przedstawiona analiza ryzyka prowadzi do zmiany podejścia menadżerów i operatorów SZW do problematyki bezpieczeństwa. Oprócz waloru edukacyjnego, powoduje także aktywne współtworzenie scenariuszy awaryjnych [1, 24, 131, 175, 184, 211, 214].

Oceny zagrożeń i poziomu bezpieczeństwa SZW oparte są o bazy istotnych informacji kryterialnych, które są niezbędne w procesach podejmowania decyzji, optymalizacji procesów, eksploatacji i sterowania syste-

mami, a także w podejmowaniu działań ochronnych zapobiegających wystąpieniu niekorzystnych skutków zdarzeń [91, 238, 239].

Krajowe i światowe uregulowania prawne, demokratyzacja życia publicznego, wymagają dostosowania i rozwijania metod badawczych związanych z bezpieczeństwem funkcjonowania systemów zaopatrzenia w wodę (SZW). Znaczenia nabierają terminy „bezpieczeństwo” i „ryzyko”, które powszechnie są używane w różnych aspektach praktyki dnia codziennego. Centralizacja produkcji wody i usług z tym związanych, masowe spożycie wody wodociągowej, oczekiwania konsumentów – czysta, zdrowa, smaczna woda – stanowią wyzwanie dla nauki i techniki, szczególnie w obliczu nadzwyczajnych zdarzeń niepożądanych i niespotykanych dotąd zagrożeń terrorystycznych. Wnioski z historii poszczególnych awarii masowego skażenia wody wodociągowej w aglomeracjach miejskich są drogowskazem dla aktywnego zarządzania ryzykiem [56, 93, 118, 213]. W tej sytuacji znaczenia nabiera wypracowanie procedur redukcji ryzyka i narzędzi wsparcia decyzji, opartych na analizach i ocenach ryzyka towarzyszącego funkcjonowaniu SZW, z uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju. Paradygmatem staje się teza: chcemy żyć i spożywać bezpieczną wodę, w warunkach spokoju i pewności, w przekonaniu o braku ryzyka lub o skutecznej przed nim ochronie [224, 231]. W specjalistycznej literaturze naukowej wyraźnie akcentowane są poglądy, że metody ilościowej analizy i oceny ryzyka stanowią podstawę zarządzania bezpieczeństwem SZW [63, 137]. W kraju obowiązują w tym zakresie odnośne unormowania Unii Europejskiej [242 – 281]

Rozpoznanie istoty ryzyka pozwoliło na podjęcie problematyki związanej z jego zarządzaniem w celu zwiększenia bezpieczeństwa SZW [196]. Społeczności postrzegają bezpieczeństwo w sposób uniwersalny, jako wykluczenie zdarzeń niepożądanych, a w odniesieniu do ewentualności wystąpienia takiego zdarzenia oczekują minimalizowania negatywnych skutków do stopnia akceptowalnego [213, 241]. Uważa się, że wobec komfortu bezpieczeństwa wszyscy powinni być równi, a jego zapewnienie w uogólnionym standardzie spoczywa na władzy publicznej [225]. Jednak takie podejście nie jest wolne od wad i może nasuwać różne wątpliwości w zależności od rodzaju zdarzenia niepożądanego. Przeanalizować to można na przykładzie spożywania wody z wodociągu publicznego przez konsumenta [203]. Załóżmy, że spożył on wodę bezpośrednio z domowego kranu i nabawił się dolegliwości gastrycznych. W tym wypadku można domniemać, że winę ponosi konsument – nie spożył wody po przegotowaniu. Stosowane procesy uzdatniania wody, jej dezynfekcja, monitoring jakości, nie uchroniły konsumenta przed uszczerbkiem na zdrowiu. Nasuwa się pytanie, czy firma wodociągowa i służby kontrolujące jakość wody zrobiły wszystko w zakresie

bezpieczeństwa? Odpowiedź jest pozytywna, wypełnienie standardów dostawy wody przez wodociąg publiczny zostały spełnione, a wymóg spożycia przegotowanej wody jest gwarancją jej bezpieczeństwa zdrowotnego. Decyzję o spożyciu nieprzegotowanej wody podjął osobiście konsument, nie biorąc pod uwagę okoliczności towarzyszących tej decyzji. Ryzyko zachorowania konsument wziął na siebie, bez względu na obiektywne zabezpieczenia normatywne. Okazuje się, że odpowiedzialni za jakość wody w wodociągu publicznym, przy obecnym stanie techniki, nie mogą odpowiadać za indywidualną decyzję jego użytkownika, ale wymagane jest od nich wypełnianie procedur ustalonych w unormowaniach dotyczących jakości wody pitnej pobieranej z wodociągu. Reasumując to krótkie rozważanie można stwierdzić, że z jednej strony człowiek podejmuje indywidualne decyzje związane z możliwością stworzenia zagrożenia lub ochrony przed nim (spożywa nieprzegotowaną lub przegotowaną wodę), z drugiej strony istnieją wymagania wspomagające ochronę bezpieczeństwa zdrowotnego konsumenta (organy kontrolujące jakość wody, procesy technologiczne jej uzdatniania, dezynfekcji, itp.) [2, 3, 47, 75, 80, 89, 100, 144, 180, 190, 194].

Konsumenci wody korzystający z wodociągu publicznego mają prawo do informacji o jakości wody, zgodnie z przepisami o dostępie do informacji publicznej. Informacja taka powinna zawierać:

- dane o przekroczeniach dopuszczalnych wartości parametrów jakości wody oraz związanych z nimi zagrożeniach zdrowotnych;
- dane o pogorszeniu jakości wody pod względem organoleptycznym;
- zalecenia minimalizujące zagrożenia dla zdrowia;
- informacje o możliwościach poprawy jakości wody przy użyciu środków dostępnych dla konsumentów;
- informacje o harmonogramie przedsięwzięć naprawczych.

Można więc postawić tezę, że istnieją indywidualne obszary podejmowania decyzji w zakresie bezpieczeństwa, na które nie ma wpływu „zewnątrzna władza publiczna”. Dotyczy to bezpiecznych lub niebezpiecznych zachowań jednostki – konsumenta wody pitnej. Zewnętrzne systemy ochrony i zabezpieczeń pełnią jedynie funkcję wspomagającą w obszarze indywidualnych aktywności człowieka związanych z podejmowaniem decyzji.

Filozofia zorientowana na klienta spowodowała zmianę podejścia w warunkach gospodarki wolnorynkowej z podejścia „cena = koszt + zysk”

na „zysk = cena – koszt”. Matematycznie rzecz biorąc, nic się nie zmieniło, ale drugi wariant pozwala na manewrowanie wartością zysku [98]. W rozmowaniu Amerykanów usterka, wada, awaria, to jest coś, co nie powinno wystąpić. Rzeczą naturalną jest, że wodociąg funkcjonuje poprawnie i woda jest dostępna w dowolnej chwili w mieszkaniu. Dopiero z chwilą, gdy jej z jakiegoś powodu zabraknie, ze zdumieniem zauważa się, że wodociąg to coś, co istnieje. Amerykanie w sposób znaczący przyczynili się do współczesnego rozumienia jakości i bezpieczeństwa systemów technicznych, poprzez:

- organizację produkcji seryjnej;
- wprowadzenie metod statystycznych do kontroli produkcji seryjnej;
- rozwój przemysłu nuklearnego i programów lotów kosmicznych, który wymusił strategię „zero błędów”, co pozwoliło na rozwój metod analiz ryzyka (FMEA) i wymagań (HACCP).

Profil naukowy Katedry, którą Autor kieruje na Politechnice Rzeszowskiej, oraz Prowadzone przez niego prace badawcze związane z niezawodnością i bezpieczeństwem SZW, pozwoliły na nawiązanie kontaktów z Sekcją Podstaw Eksploatacji Komitetu Budowy Maszyn PAN, pod patronatem której odbywają się corocznie Zimowe Szkoły Niezawodności. Czynne uczestnictwo w tych spotkaniach pozwala na bieżąco śledzić rozwój dyscypliny naukowej związanej z niezawodnością i bezpieczeństwem systemów technicznych. Warto w tym miejscu przytoczyć tematyki szkół z ostatnich lat:

XXVII Szkoła (1999) – Metody sieciowe w inżynierii niezawodności

XXVIII Szkoła (2000) – Problemy decyzyjne w inżynierii niezawodności

XXIX Szkoła (2001) – Komputerowo wymagana analiza niezawodności systemów

XXX Szkoła (2002) – Niezawodność systemów

XXXI Szkoła (2003) – Metody prognozowania w inżynierii niezawodności

XXXII Szkoła (2004) – Nadmiarowość w inżynierii niezawodności

XXXIII Szkoła (2005) – Metody badań przyczyn i skutków uszkodzeń

XXXIV Szkoła (2006) – Niekonwencjonalne metody oceny trwałości i niezawodności

XXXV Szkoła (2007) – Problemy niezawodności systemów

XXXVI Szkoła (2008) – Metody utrzymania gotowości systemów

XXXVII Szkoła (2009) – Niezawodność systemów antropotechnicznych.

W obecnie obowiązującej systematyce własności systemów technicznych niezawodność identyfikowana jest z pewnością działania (ang. dependability). Określana jest przez bezpieczeństwo (ang. safety), którą opisują: nieszkodliwość (ang. harmlessnes), niezagrożalność (ang. hazardousness) i ochronialność (ang. security), oraz przez gotowość (ang. availability), którą opisują: nieuszkodzalność (ang. reliability), obsługiwalność (ang. maintainability), nadmiarowość (ang. redundancy), integralność (ang. integrity) i poufność (ang. confidentiality) [153, 205]. Dla wielu przemysłów naukowych zawartych w tej monografii inspiracją były publikacje prezentowane podczas poszczególnych Szkół Niezawodności organizowanych w latach 1999-2009 oraz następujących konferencji zajmujących się tą problematyką:

- Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych oraz grzewczych,
- Bezpieczeństwo i trwałość budowli wodnych,
- Bezpieczeństwo i zagrożenia współczesnego świata,
- Zagadnienia bezpieczeństwa wodnego,
- Problemy szacowania zagrożeń powodziowych i narzędzia wspomagające ich rozwiązanie,
- Strategiczny program zabezpieczeń przeciwpowodziowych,
- Informatyka w zarządzaniu w sytuacjach kryzysowych,
- Eksploatacja infrastruktury w sytuacjach kryzysowych,
- Bezpieczeństwo życia na morzu i ochrona środowiska morskiego,
- Współczesne problemy bezpieczeństwa pożarowego w budownictwie i inżynierii środowiska,
- Nadzwyczajne zagrożenia i ryzyko w środowisku,
- Zarządzanie bezpieczeństwem procesów przemysłowych,
- Zachowanie się w sytuacji ryzyka,
- Bezpieczeństwo i niezawodność systemów,

-
- Niezawodność i bezpieczeństwo systemów technicznych,
 - Bezpieczeństwo systemów,
 - Analiza ryzyka i zarządzanie bezpieczeństwem w systemach technicznych,
 - Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy w przedsiębiorstwie,
 - Strategie zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie,
 - Podstawy metod oceny ryzyka zdrowotnego,
 - Współczesne problemy ekstremalnych zagrożeń środowiska,
 - Bezpieczeństwo energetyczne Polski w kontekście odnawialnych źródeł energii,
 - Bezpieczeństwo miasta - nowe idee,
 - Bezpieczeństwo narodowe i zarządzanie służbami ochrony,
 - Zarządzanie bezpieczeństwem – wyzwania XXI wieku,
 - Bezpieczeństwo człowieka a wartości,
 - Bezpieczeństwo wewnętrzne we współczesnym państwie,
 - Przestrzeganie zasad bezpieczeństwa we współczesnej społeczności lokalnej,
 - Współczesne dylematy bezpieczeństwa w teorii i praktyce,
 - Jakość i bezpieczeństwo żywności,
 - Zarządzanie kryzysowe – inżynieria bezpieczeństwa,
 - Współczesne postrzeganie bezpieczeństwa,
 - Bezpieczeństwo i zarządzanie kryzysowe,
 - Niezawodność instalacji i bezpieczeństwo,
 - Bezpieczne żywienie,
 - Bezpieczeństwo człowieka a wielokierunkowość,
 - Bezpieczeństwo publiczne,
 - Człowiek i technika w systemach bezpieczeństwa i ochrony,

- Bezpieczeństwo mikrobiologiczne produkcji żywności,
- Współczesne i przyszłe zagrożenia bezpieczeństwem,
- Logistyka i bezpieczeństwo transportu,
- Bezpieczeństwo pracy – edukacja – środowisko,
- Biogaz a bezpieczeństwo energetyczne Polski,
- Zagrożenia fizyczne, chemiczne i biologiczne dla bezpieczeństwa środowiska i zdrowia człowieka,
- Bezpieczeństwo systemów energetycznych,
- Bezpieczeństwo – wymiar współczesny oraz perspektywy badań,
- Katastrofy naturalne i cywilizacyjne,
- Awarie budowlane,
- Bezpieczeństwo techniczne w przemyśle chemicznym,
- Zarządzanie bezpieczeństwem funkcjonalnym.

Badania nad ryzykiem w systemach technicznych obejmują klasę poznawczych oraz praktycznych metod analizy i oceny, które stanowią istotny element kompleksowych badań nad ich bezpieczeństwem. Wyróżnia się dwa nurty tych badań, a mianowicie:

- analizę ryzyka, gdzie modele szacujące stanowią podstawę budowy modeli decyzyjnych,
- inżynierię ryzyka, gdzie ocena wariantów projektowych pod względem bezpieczeństwa jest podstawą wyboru rozwiązania najkorzystniejszego.

Poznawczy aspekt badań nad ryzykiem wiąże się z przyjęciem tezy, że ryzyko jest cechą systemową i charakteryzuje system, jako całość, odzwierciedlając wszystkie aspekty jego funkcjonowania i rozwoju. Natomiast aspekt praktyczny wynika z możliwości posługiwania się narzędziem metodologicznym, jakim są metody analizy i oceny ryzyka w procesie projektowania i eksploatacji SZW.

Zasadniczym celem pracy jest wskazanie metod identyfikacji i oceny ryzyka związanego z funkcjonowaniem SZW. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły wskazać obszary i instrumenty skutecznie ograniczające ryzyko.

Realizacja tak postawionego celu wymaga:

- uporządkowania pojęć i zagadnień związanych z ryzykiem,
- dokonania systematyzacji metod stosowanych w zarządzaniu ryzykiem w zaopatrzeniu w wodę poprzez wodociągi publiczne,
- wskazania empirycznej użyteczności opracowanych metod analizy i oceny ryzyka,
- określenia aktualnego stanu praktyki ograniczania ryzyka,
- szczegółowej prezentacji metod pomiaru narażenia SZW na ryzyko i wskazania niezbędnych procedur eksploatacyjnych w celu zabezpieczenia przed ryzykiem nieakceptowalnym.

Pozwoliło to na postawienie następującej tezy pracy: Zastosowanie procedur ograniczenia ryzyka w SZW wymaga posługiwania się metodami ilościowymi oceny ryzyka, zgodnie z zasadą, że „istnienie niechcianego ryzyka wymusza poszukiwanie metod, które ograniczałyby jego obecność”.

Monografia jest adresowana do zarządzających eksploatacją SZW w przedsiębiorstwach wodociągowych, środowiska naukowego, doktorantów i studentów wyższych uczelni technicznych i uniwersytetów, pracowników firm projektowych i praktyków technologii uzdatniania wody, sieci wodociągowych oraz instalacji wewnętrznych.

9. Ocena niezawodności metodą drzewa zdarzeń

9.1. Istota metody drzewa zdarzeń

W badaniach systemów technicznych często stosuje się analizę drzewa zdarzeń [156]. Po wystąpieniu zdarzenia inicjującego lub szczytowego mogą być generowane następne zdarzenia niepożądane. W dużej mierze ich zaistnienie zależy od funkcjonowania oraz mobilności kolejnych podsystemów bezpieczeństwa i ochrony, a także warunków zewnętrznych (otoczenia). Wyrazem funkcjonowania systemów przeciwdziałania jest niedopuszczenie do spożycia przez konsumentów skażonej wody, która już znajduje się w podsystemie dystrybucji.

Metoda drzewa zdarzeń pozwala na antycypację możliwych scenariuszy rozwoju sekwencji zdarzeń po wystąpieniu tzw. niepożądanego zdarzenia inicjującego [159]. Scenariusze w technice drzewa zdarzeń buduje się w odniesieniu do zadziałania barier bezpieczeństwa. Na każdym poziomie drzewa rozpatruje się dwa stany logiczne: sukcesu (tak) i niepowodzenia (nie), które identyfikuje się z zadziałaniem lub niezadziałaniem danej bariery. Procedura analizy drzewa zdarzeń rozpoczyna się od określenia inicjującego zdarzenia awaryjnego, a następnie dokonuje się identyfikacji barier ochrony i bezpieczeństwa [103, 172].

W przypadku SZW rozpatruje się system ochrony i bezpieczeństwa, czyli tzw. system Multibariera [137, 169, 218]. Elementami tego systemu są:

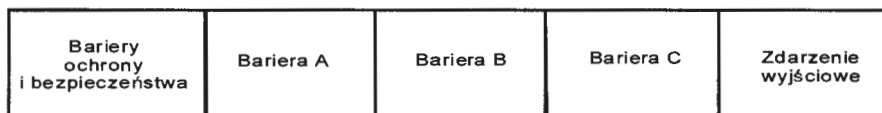
- monitoring jakości wody wczesnego, opóźnionego i późnego ostrzegania
- procesy technologiczne uzdatniania wody
- pojemności asekuracji wody czystej w zbiornikach
- wielokierunkowe zaopatrzenie w wodę do spożycia podsystemu dystrybucji wody z różnych źródeł

- alternatywne sposoby zaopatrzenia w wodę związane z sytuacją kryzysową
- rezerwowe agregaty w pompowniach i hydroforniach.

W analizie ilościowej drzewa zdarzeń niezbędne jest określenie prawdopodobieństwa zadziałania (P_i) lub niezadziałania ($1 - P_i$) poszczególnych barier [203].

Konstrukcja drzewa zdarzeń wykorzystuje graficzny schemat, którego poszczególne fazy tworzenia pokazano na rys. 14 – 17.

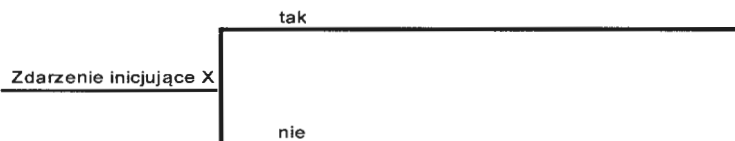
Krok 1.



Zdarzenie inicjujące X

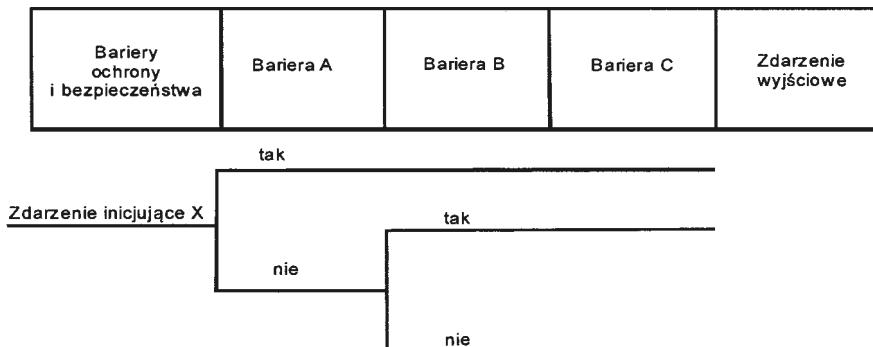
Rys.14. Określenie zdarzenia wejściowego oraz barier ochrony i bezpieczeństwa.

Krok 2.



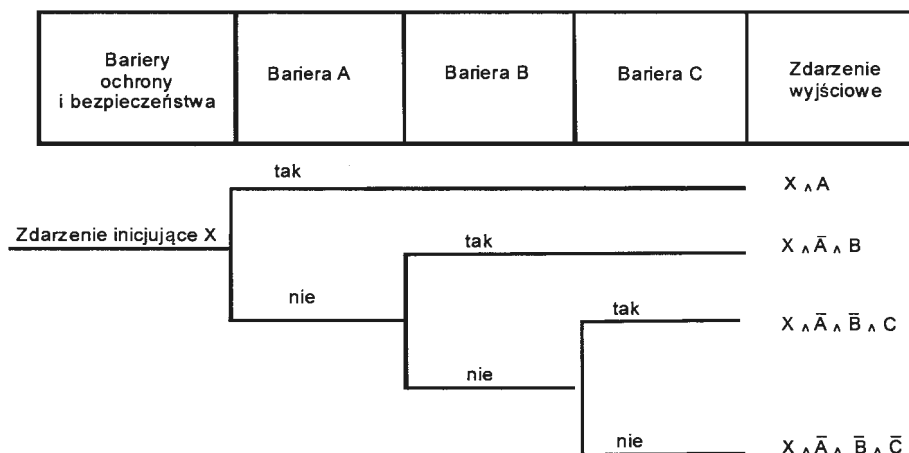
Rys. 15. Rozwój zdarzenia X względem bariery A.

Krok 3.



Rys. 16. Rozwój zdarzenia X względem bariery B.

Krok 4.



Rys. 17. Rozwój zdarzenia X względem bariery C.

Uzyskano w ten sposób cztery zdarzenia wyjściowe, w zależności od tego, która z barier zadziałała lub nie zadziałała. Interpretacja zdarzeń wyjściowych jest następująca:

- $X \wedge A$ – zaszło zdarzenie X i zadziałała bariera A – sytuacja opanowana
- $X \wedge \bar{A} \wedge B$ – zaszło zdarzenie X, nie zadziałała bariera A, zadziałała zaś bariera B – awaria

- $X \wedge \bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C$ – zaszło zdarzenie X, nie zadziałały bariery A i B, zadziałała natomiast bariera C – poważna awaria
- $X \wedge \bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}$ – zaszło zdarzenie X, nie zadziałały bariery A, B i C – katastrofa.

9.2. Ilościowa ocena drzewa zdarzeń

Ilościowa ocena drzewa zdarzeń sprowadza się do wyznaczenia prawdopodobieństwa zdarzenia wyjściowego. Do gałęzi reprezentujących sukces (tak) przypisuje się prawdopodobieństwo P_i , a do gałęzi reprezentujących niepowodzenie (nie) przypisuje się prawdopodobieństwo $1 - P_i$. W związku z tym suma prawdopodobieństwa na każdym rozgałęzieniu musi być równa jedności.

Poszczególne prawdopodobieństwo zdarzeń wyjściowych uzyskuje się poprzez mnożenie prawdopodobieństwa po danej ścieżce – od zdarzenia wejściowego do wyjściowego.

W przedstawionym standardowym drzewie zdarzeń (rys. 4) otrzymano:

- prawdopodobieństwo opanowania sytuacji:

$$P_1 = P(X) P(A) \quad (58)$$

- prawdopodobieństwo awarii:

$$P_2 = P(X) [1 - P(A)] P(B) \quad (59)$$

- prawdopodobieństwo poważnej awarii:

$$P_3 = P(X) [1 - P(A)] [1 - P(B)] P(C) \quad (60)$$

- prawdopodobieństwo katastrofy:

$$P_4 = P(X) [1 - P(A)] [1 - P(B)] [1 - P(C)] \quad (61)$$

Należy także zwrócić uwagę, że suma prawdopodobieństwa zdarzeń wyjściowych musi się równać prawdopodobieństwu zdarzenia wejściowego:

$$P(X) = \sum_j P_j \quad (62)$$

gdzie: j – liczba zdarzeń wyjściowych; w rozpatrywanym przypadku $j = 1, 2, 3, 4$.

Metoda drzewa zdarzeń pozwala także na ilościowe oszacowanie prawdopodobieństwa zdarzeń będących elementami danego scenariusza

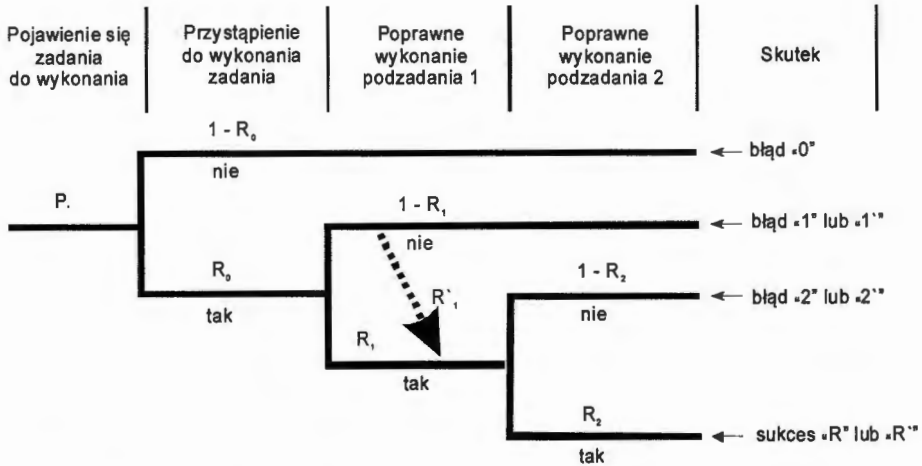
awaryjnego. W tab. 8 podano propozycję standardowych wartości liczbowych prawdopodobieństwa do ich opisów typu werbalnego.

Tabela 8. Standardowe wartości liczbowe prawdopodobieństwa stosowane w metodzie drzewa zdarzeń.

Opis zmiennej lingwistycznej	Prawdopodobieństwo P
Zdarzenie prawie pewne	0,999 i więcej
Zdarzenie bardzo wysoce prawdopodobne	0,99
Zdarzenie wysoce prawdopodobne	0,9
Zdarzenie prawdopodobne	0,7
Zdarzenie niepewne	0,5
Zdarzenie mało prawdopodobne	0,3
Zdarzenie bardzo mało prawdopodobne	0,1
Zdarzenie wysoce nieprawdopodobne	0,01
Zdarzenie prawie niemożliwe	0,001 i mniej

9.3. Metoda poprawy popełnionego błędu

Uwzględnienie niezawodności operatora w analizie ryzyka można przeprowadzić metodą drzewa zdarzeń. Zdarzeniami w drzewie są możliwości popełnienia błędu przy wykonywaniu kolejnych podzadań przez operatora. Przykład drzewa zdarzeń pokazano na rys. 18.



Rys. 18. Drzewo zdarzeń dla wykonania zadania przez operatora z możliwością poprawy popełnionego błędu.

Istnieje następująca gradacja skutków w wyniku popełnionych błędów:

- błąd „0” identyfikowany jest z wystąpieniem zdarzenia katastroficznego
- błąd „1” identyfikowany jest z wystąpieniem zdarzenia awarii
- błąd „2” identyfikowany jest z wystąpieniem zdarzenia incydentu bez następstw.

Prawdopodobieństwo poprawnego wykonania zadania (sukcesu) wyznacza się jako iloczyn prawdopodobieństw wykonania podzadań:

$$R = P R_0 R_1 R_2 \quad (63)$$

Prawdopodobieństwo popełnienia błędu wyznacza się ze wzoru:

$$Q = 1 - R = 1 - P R_0 R_1 R_2 \quad (74)$$

W przypadku, gdy w odniesieniu do podzadania 1 istnieje możliwość poprawy popełnionego błędu z prawdopodobieństwem R'₁ (linia przerywana), to prawdopodobieństwo sukcesu wynosi:

$$R = P R_0 [R_1 + (1 - R_1) R'_1] R_2 \quad (65)$$

Przykład aplikacyjny:

Przyjęto następujące prawdopodobieństwa zdarzeń występujących w drzewie zdarzeń pokazanym na rys. 6:

$$P = 0,4 \quad R_0 = 0,9 \quad R_1 = 0,8 \quad R_2 = 0,7 \quad R'_1 = 0,5$$

- Prawdopodobieństwa wystąpienia określonych skutków w wersji podstawowej (bez możliwości poprawy błędu w wykonywanym podzadania 1) wynoszą:

$$P(\text{błąd „0”}) = P(1 - R_0) = 0,4 \cdot 0,1 = 0,04$$

$$P(\text{błąd „1”}) = P R_0 (1 - R_1) = 0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,2 = 0,072$$

$$P(\text{błąd „2”}) = P R_0 R_1 (1 - R_2) = 0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,3 = 0,0864$$

$$P(\text{sukces „R”}) = P R_0 R_1 R_2 = 0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 0,2016$$

Suma wyliczonych prawdopodobieństw wynosi: $0,04 + 0,072 + 0,0864 + 0,2016 = 0,4$ i równa się prawdopodobieństwu wystąpienia zdarzenia inicjującego $P = 0,4$.

- Prawdopodobieństwo wystąpienia określonych skutków w wersji z możliwością poprawy popełnionego błędu w realizowanym podzadania 1 wynoszą:

$$P(\text{błąd „0”}) = P(1 - R_0) = 0,4 \cdot 0,1 = 0,04$$

$$P(\text{błąd „1”}) = P R_0 \{1 - [R_1 + (1 - R_1) R'_1]\} = 0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,1 = 0,036$$

$$P(\text{błąd „2”}) = P R_0 [R_1 + (1 - R_1) R'_1] (1 - R_2) = 0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,3 = 0,0972$$

$$P(\text{sukces „R”}) = P R_0 [R_1 + (1 - R_1) R'_1] R_2 = 0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,2268$$

Suma wyliczanych prawdopodobieństw wynosi: $0,04 + 0,036 + 0,0972 + 0,2268 = 0,4$ i równa się także prawdopodobieństwu wystąpienia zdarzenia inicjującego $P = 0,4$.

Możliwość korekty poprzez zmniejszenie prawdopodobieństwa popełnienia błędu podzadania 1 skutkuje zwiększeniem prawdopodobieństwa osiągnięcia sukcesu.

Korekta prawdopodobieństwa realizacji podzadania 1 powoduje ponadto:

- zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia awarii
- zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia incydentu.

Kolejnym krokiem powinna być analiza możliwości dokonania korekty poprzez zmniejszenie prawdopodobieństwa popełnienia błędu podczas wykonywania podzadania 2.

9.4. Niezawodność operatora

Poziom niezawodności operatora limitują błędy popełnione przy odbiorze i przetwarzaniu informacji oraz podejmowaniu i wykonywaniu decyzji [147]. Czynnikiem ergonomicznym jest dostosowanie obiektu technicznego (OT) do psychofizjologicznych możliwości operatora (O). Stopień przygotowania zawodowego w sytuacjach normalnych i ekstremalnych, indywidualne cechy procesów percepcyjnych, umysłowych i wykonawczych oraz ogólna kultura bezpieczeństwa są bezpośrednio związane z operatorem jako elementem systemu człowiek-technika-środowisko (Cz-T-Ś). Ważną cechą operatora jest stosunek do ryzyka. Przyczyną wielu błędów człowieka jest „ryzykanctwo”, objawiające się demonstrowaniem nadmiernej odwagi w sytuacjach zagrożenia. Pewnego rodzaju dziedzictwem minionego systemu społeczno-politycznego (nakazowo-rozdzielczego) jest nadmierna skłonność ludzi do omijania i naruszania różnego rodzaju przepisów.

W wysokorozwiniętych gospodarczo krajach badania doświadczalne i analizy jakościowe pozwalają na ocenę roli operatora w systemach Cz-T-Ś. Zasady kultury bezpieczeństwa pozwalają na odpowiedni dobór cech psychofizycznych operatora, metod kształcenia, treningu oraz regenerowania sił witalnych. Psychologia inżynierska wyróżnia osobowości mające predyspozycje do zachowań inercyjnych, co objawia się trudnością do przystosowania się do nieoczekiwanie zmieniających się sytuacji. Tacy „pechowcy” nie powinni współpracować z obiektami technicznymi. Operatora powinna cechować umiejętność szybkiego podejmowania decyzji, zdolność do koncentracji i przekonanie do własnych fachowych umiejętności [138].

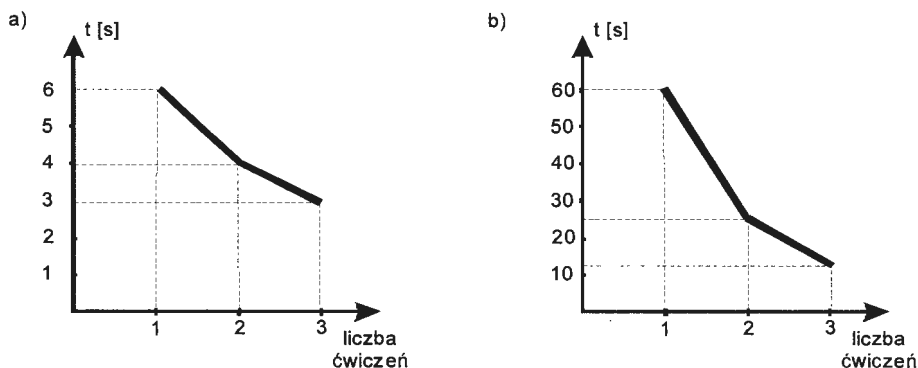
W analizach niezawodności operatora wyróżnia się trzy podstawowe poziomy:

- wprawy – proste czynności o charakterze manipulacyjno-odczytowym
- reguł – złożone czynności wykonywane w oparciu o opracowane procedury
- wiedzy – działania nietypowe wymagające oceny sytuacji i podjęcia decyzji.

Ostatni poziom związany jest z sytuacjami kryzysowymi i dotyczy analiz ryzyka związanego z funkcjonowaniem systemów Cz-T-Ś [20, 22, 39, 177].

Uważa się, że trening wyrabia odporność psychiczną na stres i poczucie wiary w umiejętności w sytuacjach zagrożenia bezpieczeństwa. Poczucie panowania nad sytuacją jest bardzo pożądaną pozytywną emocją operatora, zwiększającą jego niezawodność działania.

Na rys. 19 pokazano wpływ liczby ćwiczeń na czas wykrywania awarii agregatu pompowego (a) i rozpoznawania jej rodzaju (b) w wyniku obserwacji tablicy synoptycznej.



Rys. 19. Zależność czasu od liczby ćwiczeń dotyczących:

a) wykrywania awarii agregatu pompowego, b) rozpoznawania rodzaju awarii.

W piśmiennictwie amerykańskim funkcjonuje model zawodności operatora oparty o zasady wywodzące się z teorii informacji [131]

$$Q = P^{\frac{9}{S-1}} = 0,02^{\frac{9}{S-1}} \quad (66)$$

gdzie: $P = 0,02$ – prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez operatora przy działaniu na granicy możliwości psychofizjologicznych względem informacji

S – miara obciążenia informacyjnego według dziesięciostopniowej skali ocen.

W tab. 9 przedstawiono wpływ obciążenia informacyjnego na prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez operatora wg wzoru (66). Przedstawiono w niej negatywny wpływ nadmiaru informacji potrzebnych do

podjęcia decyzji przez operatora. Prawdopodobieństwo popełnienia błędu rośnie ze wzrostem informacji odbieranych przez operatora i przez niego przetwarzanych.

Tabela 9. Zestawienie zawodności operatora w zależności od obciążenia informacją

S	10	9	8	7
Q	0,02	0,0122647	$6,54 \cdot 10^{-3}$	$2,83 \cdot 10^{-3}$

6	5	4	3	2
$1,50 \cdot 10^{-4}$	$8,74 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$2,26 \cdot 10^{-8}$	$5,12 \cdot 10^{-16}$

9.5. Próby oceny wartości życia

Jedną z najważniejszych kategorii skutków będących następstwem zdarzeń niepożądanych w analizach ryzyka jest utrata życia ludzkiego. Pojawia się więc problem oszacowania wartości życia, którego wielu badaczy nie podejmuje ze względów etycznych i moralnych. Mimo tego istnieją metody pozwalające uwzględnić w analizach ryzyka tego rodzaju „stratę”.

Z ekonomicznego punktu widzenia funkcjonuje pojęcie kapitału ludzkiego [124]. W tym ujęciu życiu ludzkiemu można przypisać wartości dyskontowanej sumy wszystkich przyszłych przychodów (zarobków). W metodzie tej zakłada się, że płaca (pensja) danej osoby jest miarą wartości społecznej. Zatem dyskontując przyszłe zarobki ocenia się stratę, jaką ponosi społeczeństwo w wypadku utraty życia przez człowieka. Metodę można stosować w dwóch wariantach: wartości netto i wartości brutto. W wersji wartości netto od sumy dyskontowanych zarobków odejmuje się sumę dyskontowaną przyszłej konsumpcji. W wersji brutto sumuje się dyskontowane zarobki i konsumpcję.

Pochodną metody kapitału ludzkiego jest opieranie się na orzeczeniach sądowych w sprawie odszkodowań za utratę życia lub wypłat odszkodowań przez firmy ubezpieczeniowe, np. za wypadek samochodowy ze skutkiem śmiertelnym.

Kolejna metoda dotyczy domniemanej wartości życia. Wnioski o wartości życia określa się na podstawie przyszłych decyzji społeczno-gospodarczych. Przykładowo zakłada się, że rocznie na świecie montuje się pasy bezpieczeństwa w 100 milionach samochodów, wydając 50 USD na

każdy samochód. Z danych statystycznych wynika, że pasy bezpieczeństwa ratują życie ludzkie w 50 000 kolizjach drogowych rocznie. Wynika stąd, że wartość życia ludzkiego równa się 100 000 USD. Trudnością w stosowaniu tej metody staje się wielkość możliwych rozpatrywanych przyszłych oszacowań. Według różnych źródeł wartość życia waha się w szerokim zakresie od 20 tysięcy do 200 milionów USD. Z tego względu zarzucono stosowanie tej metody.

Jedyna z ciekawszych metod zakłada, że miarą wartości życia ludzkiego jest ogólna suma odszkodowań, którą zażądałaby społeczność narażona na dobrowolne ryzyko związane z niewielkim dodatkowym prawdopodobieństwem utraty życia w wyniku realizacji jakiegoś projektu. Istnieje dwa sposoby ustalenia wysokości odszkodowań. Pierwszy polega na określeniu różnic w zarobkach osób wykonujących prace obciążone różnymi prawdopodobieństwami utraty życia na skutek wypadkowości. Drugi sposób polega na ankietowaniu osób o wysokości odszkodowania za akceptację przyrostu prawdopodobieństwa śmierci. Informuje się społeczność o liczebności n , że w wyniku realizacji projektu przewidywana jest możliwość m przypadków utraty życia. Prawdopodobieństwo utraty życia wynosi m/n . Dla stosunkowo niewielkich m/n formułuje się pytanie, za jaką cenę członkowie społeczności byłiby skłonni zaakceptować dodatkowe ryzyko śmierci. Suma takich odszkodowań podzielona przez liczebność grupy stanowiłaby o wartości życia ludzkiego. Mankamentem tej *metody odszkodowań* jest trudność pozyskania w praktyce wiarygodnych danych. Z tego względu jest rzadko stosowana.

Przedstawione możliwości oceny wartości życia sygnalizują jedynie problem i należy zdać sobie sprawę z faktu, że nie istnieje uniwersalna metoda, którą można by było stosować w każdych okolicznościach.

13. Podsumowanie

- Jednym z podstawowych warunków funkcjonowania aglomeracji miejskiej jest zapewnienie bezpieczeństwa dostawy wody do spożycia przez wodociąg publiczny. Definiowane jest to, jako stan umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na wodę w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony z poszanowaniem ochrony naturalnych zasobów wód. Bezpieczeństwo zaopatrzenia w wodę uzależnione jest od szeregu czynników, między innymi technicznych, społecznych, ekonomicznych, politycznych i ekologicznych. Spośród czynników technicznych decydujące znaczenie ma niezawodność systemu zaopatrzenia w wodę. Bezpieczeństwo rozumiane jest, jako zdolność systemu do ochrony wewnętrznych wartości przed zewnętrznymi zagrożeniami.
- Zarządzanie bezpieczeństwem SZW polega w fazie wstępnej na utworzeniu bazy danych o zdarzeniach niepożądanych ze szczególnym uwzględnieniem częstości ich występowania i negatywnych skutków z nimi związanych. W fazie zasadniczej zarządzania bezpieczeństwem podejmowane są decyzje o wyborze środków ochrony przed ryzykiem, wdrożenie ich do praktyki eksploatacyjnej oraz kontrola skuteczności zastosowanych rozwiązań. Obserwuje się wzrost ważności ryzyka środowiskowego związanego z funkcjonowaniem systemów technicznych, rozumianego, jako prawdopodobieństwo, że dane zdarzenie niepożądane spowoduje szkody dla zdrowia lub/i środowiska. W skład ryzyka środowiskowego wchodzi ryzyko ekologiczne związane z wpływem zanieczyszczeń na środowisko naturalne i ryzyko zdrowotne związane z wpływem zanieczyszczeń na zdrowie człowieka.
- Z analizy teoretycznych modeli stosowanych do opisu bezpieczeństwa SZW na uwagę zasługują pręźnie rozwijające się modele behawioralne, polegające na rozpoznawaniu preferencji w zakresie akceptacji ryzyka przez konsumentów wody wodociągowej. W oszacowaniach ryzyka występuje problematyka niepewności danych źródłowych, którą należy

uwzględnić w strategiach długoterminowych. Zaproponowane modele Bayes'a i Poissona wydają się być stosunkowo prostymi w zastosowaniach praktycznych uaktualnienia danych eksploatacyjnych estymatorów wskaźników niezawodności.

- Należy uświadamiać społeczności lokalne w zakresie spraw związanych z zagrożeniami po to, by po wystąpieniu zdarzenia niepożądanego ich zachowanie było bardziej adekwatne do okoliczności i poprzez swoją racjonalność wspomagało akcję ratowniczą, w myśl maksymy „należy uczyć się na uniwersytetach, a nie na błędach”. Bezpieczeństwo uznawane jest za współczesny miernik szans przetrwania i rozwoju społeczeństw. Wymaga ono w dalszym ciągu pogłębionych analiz teoretycznych, badań empirycznych i projekcji praktycznej poprzez wdrożenie programów profilaktyczno-kompensacyjnych. Analizy ryzyka środowiskowego wykorzystują wiedzę z różnych dziedzin naukowych (medycyny, toksykologii, nauk środowiskowych) i stanowią złożony interdyscyplinarny proces naukowy.
- Ryzyko czysto losowe nie daje szansy uzyskania przewagi poprzez jego rozpoznanie. Ryzyko poznawalne daje taką szansę. Istnieje możliwość popełnienia w tym zakresie błędu I i II rodzaju. Błąd określenia charakteru ryzyka I rodzaju polega na odrzuceniu hipotezy o poznawalności ryzyka, mimo że w rzeczywistości ma ono charakter poznawalny. Błąd określenia charakteru ryzyka II rodzaju polega na przyjęciu hipotezy o losowości ryzyka, mimo że w rzeczywistości jest ona fałszywa. Skutki przyjęcia fałszywej hipotezy o losowości ryzyka (błąd II rodzaju) powodują, że nie prowadzi się analiz jego rozpoznania i w ten sposób traci szanse uzyskania przewagi nad konkurencją. W wypadku słabego rozpoznania ryzyka ważną staje się jego dywersyfikacja, z którą związane są koszty. Właściwe rozpoznanie ryzyka pozwala na jego retencję we własnym zakresie i ograniczenie kosztów związanych z dywersyfikacją. Istnieje wtedy możliwość zarządzania i sterowania poznawalnym ryzykiem i sprowadzenia jego wielkości do poziomu akceptowalnego.
- Wzrost sprzedaży wody, poprawa jej jakości przez firmę wodociągową, związane są z ryzykiem, ale z kolei ryzyko można zredukować jedynie poprzez poprawę jakości usługi świadczonej na rzecz konsumenta przez firmę wodociągową. Zaproponowanie wielkości ryzyka związanego ze spożywaniem wody wodociągowej wychodzi na przeciw analizie zagrożeń i oszacowaniu ryzyka z nimi związanymi, postulowanej w metodologii analizy zagrożeń w krytycznych punktach kontroli (ang. HACCP –

Hazard Analysis of Critical Control Points), do której zmierzają współczesne normatywy jakości wody do spożycia.

- Każda działalność człowieka obciążona jest ryzykiem. Wyróżnia się ryzyko dobrowolne i narzucone. Przy akceptacji ryzyka dobrowolnego często występuje jego niedoszacowanie, a przy ocenie ryzyka narzuconego często występuje jego przeszacowanie. Obserwuje się ciągłe próby zmian w koncepcjach akceptacji ryzyka. Szczególnie ważne i aktualne są działania, które koncentrują się na integracji ryzyka technicznego i środowiskowego. Przyjęcie tezy o nieunikalności stanów niepożądanych powinno prowadzić do prognozowania częstości ich występowania i potencjalnych strat z nimi związanymi, a to już jest domeną analiz i ocen ryzyka w myśl zasady „zmierzyć ryzyko, aby nim zarządzać”.
- Współczesne SZW cechuje w zakresie zarządzania centralizacja, jak i decentralizacja. W odniesieniu do ryzyka w okresie normalnego funkcjonowania systemu niezbędna jest scentralizowana kontrola, natomiast w okresach zagrożeń wymagane jest zdecentralizowane działanie. Przy analizach ryzyka nie należy kłaść największego nacisku na precyzyjność wyników, ale przede wszystkim na „sukces” lub „porażkę” przedsięwzięć związanych z poprawą bezpieczeństwa będącą wynikiem tych analiz. Celem analiz ryzyka jest dostarczenie informacji niezbędnych do podejmowania decyzji związanych z jego redukcją. W krajach Unii Europejskiej, z metodologicznego punktu widzenia, obserwuje się dwa rodzaje podejścia do problemu poprawy bezpieczeństwa. Są nimi metody jakościowe i ilościowe szacowania ryzyka. W pracy zaproponowano metodę oceny ryzyka zdrowotnego w odniesieniu do modelu indywidualnego konsumenta i modelu grupowego (kolektywnego) użytkowników wody wodociągowej. Rozróżniono w tym względzie grupy wiekowe i podział na płeć konsumentów wody do spożycia. Ze względu na konsekwencje ryzyko dzieli się na czyste i spekulatywne. Zrealizowanie zadania związanego z ryzykiem czystym zawsze przynosi stratę, a brak realizacji nie przynosi żadnych korzyści (pożar, awaria, nieszczęśliwy wypadek). Ryzyko spekulatywne związane jest z pozytywnym lub negatywnym efektem (np. zmiana ceny 1 m³ wody). Niezrealizowanie się tego rodzaju ryzyka nie przynosi ani strat, ani korzyści.
- Sterowanie ryzykiem w SZW polega na udoskonaleniu rozwiązań technicznych i/lub organizacyjnych. Związane z tym koszty powinny być analizowane z uwzględnieniem wielokryterialnego procesu decyzyjnego. Redukcja ryzyka powinna się wiązać z kalkulacją kosztów, związanych

z wprowadzeniem zmian eliminujących zagrożenia, oraz kalkulacją korzyści wynikających z poprawy bezpieczeństwa funkcjonowania SZW. Niezbędne jest ustalenie efektywności redukcji ryzyka z uwzględnieniem czynnika ekonomicznego. Redukcja ryzyka może odbywać się na poziomie projektu modernizacyjnego i procedur prewencji z uwzględnieniem rozwiązań z rezerwowaną oraz aktywną ochroną wymagającą interwencji/nadzoru operatora. Przedstawiona metodologia analizy kosztów i efektów sterowania ryzykiem może być wykorzystana do oceny nowych strategii w procesie zarządzania bezpieczeństwem SZW. Wdrażać należy najbardziej efektywne rozwiązania w sensie redukcji ryzyka. W analizie efektywności redukcji ryzyka celowe jest stosowanie rachunku kosztów rocznych z uwzględnieniem stopy dyskontowej z włączeniem strat związanych z uszczerbkiem na zdrowiu człowieka.

- Identyfikacja stanu SZW może być obarczona błędami. Istnieje możliwość, że faktyczny stan systemu zostanie zidentyfikowany, jako stan inny. W przypadku systemów dwustanowych możliwe są błędy pierwszego i drugiego rodzaju. Błąd pierwszego rodzaju polega na zakwalifikowaniu systemu zdatnego, jako niezdatny. Błąd drugiego rodzaju polega na zakwalifikowaniu systemu niezdatnego, jako zdatny. Znana formuła Wilfredo Pareto głosi, że 20 % populacji ma dostęp do 80 % zasobów, co sugeruje, że 20 % wysiłku przyniesie 80 % wyników. Rozwijając wnioskowanie Pareto uważa się, że 20 % ryzyka stanowi 80 % osiągniętych rezultatów. Wynika z tego, że należy skupiać się na stosunkowo niewielkiej liczbie podstawowych zagrożeń w rozpatrywanych scenariuszach awaryjnych, mając na uwadze, że wywołują one 80 % negatywnych skutków.
- Podejmowanie ryzykownych działań przez człowieka w odniesieniu do zdarzeń niepożądanych można ograniczać poprzez podnoszenie świadomości w wyniku procesów edukacyjnych. Niewątpliwie dobrym rozwiązaniem, z tego punktu widzenia, jest uwzględnienie w standardach nauczania na kierunkach inżynierii i ochrony środowiska przedmiotów „Niezawodność i bezpieczeństwo systemów inżynierskich”, co zapewne pozwoli na propagowanie aktywnych postaw i zachowań w tym zakresie. Oprócz obszaru bezpieczeństwa indywidualnego wyróżnia się obszary bezpieczeństwa mikrospołecznego, lokalnego i państwowego. Przedstawione koncepcje oceny wartości życia ludzkiego mają charakter sygnałny i wskazują kierunki metodyczne w tej drażliwej moralnie sferze poznawczej.

- Metoda drzewa zdarzeń polega na myśleniu „do przodu” względem rozwoju reprezentatywnego zdarzenia niepożądanego. Po wystąpieniu zdarzenia inicjującego są generowane kolejne zdarzenia. Ich zaistnienie zależy od mobilności w podejmowaniu decyzji przez operatora w celu zapewnienia bezpieczeństwa. Podejmowanie decyzji przez operatora systemu, ze względu na aspekt niepewności, obarczone jest:
 - niepewnością realizacji ryzyka, gdyż nie ma pewności np., gdzie i jaka wystąpi awaria w SZW
 - pewnością co do istnienia zagrożenia, ale niepewność dotyczy terminu jego realizacji; np. wiadomo, że wodę należy uzdatniać, ale nie znana jest chwila pojawienia się zanieczyszczenia incydentalnego, które będzie wymagać wprowadzenia korekt w procesie technologicznym uzdatniania wody
 - nieznanym atrybutem ryzyka są konsekwencje wystąpienia zdarzenia niepożądanego związanego z działaniem sił przyrody, np. katastrofy naturalne (powódź, susza).
- Rozpoznanie tematu ryzyka i umiejętne jego upowszechnienie, to zwiększenie bezpieczeństwa funkcjonowania aglomeracji miejskich i ich mieszkańców. Wiąże się z tym także zwiększenie możliwości rozpoznania zagrożenia w przypadku ataku terrorystycznego z wykorzystaniem broni chemicznej lub biologicznej. W kraju powołano 6 Medycznych Zespołów Toksykologicznych na bazie szpitali wojskowych, które są profesjonalnie przygotowane do diagnozowania i leczenia w przypadkach ostrych zatruc związanych także z użyciem tego rodzaju broni masowego rażenia. Rozpoznanie celowych zatruc pozwala na efektywne im przeciwdziałanie. Atak z użyciem środków chemicznych lub biologicznych jest szczególnie groźny ze względu na swój charakter – jest niewidzialny i niesłyszalny, a objawy w przypadku broni biologicznej pojawiają się dopiero po kilku dobach. Przedmiotem ataku mogą być bezpośrednio ludzie, zwierzęta, uprawy rolne, powietrze, gleba, woda itp. Tego typu akty terrorystyczne mogą być anonimowe, gdyż dywersant odpowiedzialny za spowodowanie skażenia ma czas na opuszczenie miejsca zdarzenia. W laboratoriach prowadzi się badania środków chemicznych i biologicznych, jednak rzeczywiste negatywne skutki ich użycia są wieloaspektowe, co wzmaga nasz niepokój przed nimi. Akty terrorystyczne w swej naturze mają gwałtowny charakter i oprócz powodowania ofiar, porażają umysł człowieka. Powodują dezorientację, zamieszanie

nie wśród ludzi, zwiększanie niepewności i sianie paniki. Możliwość użycia broni chemicznej bądź biologicznej najlepiej ilustruje cytat: „jest ona bombą atomową ludzi biednych”. Koszty jej produkcji są relatywnie niskie, jeżeli uwzględni się zasięg działania w stosunku do broni konwencjonalnej. Jej ślad niszczący może być obecny w środowisku przez długi czas. Współcześnie pojawiła się nowa forma terroryzmu związana z atakami hakerów na serwery instytucji publicznych, którą nazwano cyberterroryzmem. Cyberterroryzm wykorzystuje technologie informatyczne do wywierania presji psychologicznej i wyrządzania szkód z pobudek politycznych, ideologicznych lub religijnych.

- Poczucie bezpieczeństwa związane jest z subiektywną oceną człowieka, która pozwala funkcjonować bez narażenia na oddziaływanie zdarzeń niepożądanych i towarzyszącego temu lęku o utratę życia, zdrowia, majątku i innych wartości. Podstawą bezpieczeństwa jednostki są obowiązujące regulacje prawne i instytucjonalne. Z tym musi być związane bezpieczeństwo realne, które jest efektem aktywnej postawy i skutecznego działania w celu zapobiegania występowania zagrożeń bezpieczeństwa, usuwania ich w wypadku pojawienia się, a także likwidowania skutków, które spowodowały. Obowiązujący w kraju specjalny porządek prawny stanu klęski żywiołowej powodzi, w zakresie nakazów, zakazów, ograniczeń praw i wolności odpowiada międzynarodowym standardom. Paradoksalne ze swej istoty ograniczenia pewnych praw i wolności chronią podstawowe prawa człowieka.
- W pracy wykazano możliwość zarządzania ryzykiem w odniesieniu do zdarzeń pogodowych. Analizy i oceny ryzyka w odniesieniu do katastroficznych zdarzeń pogodowych są dobrze udokumentowane poprzez różnego rodzaju ofertę ubezpieczeniową. Zaprezentowane instrumenty zarządzania ryzykiem w odniesieniu do tzw. transakcji pogodowych dają możliwości ochrony w odniesieniu do praktyki dnia codziennego przed niepożądanymi zdarzeniami pogodowymi. Jest to szczególnie przydatne dla różnego rodzaju sektorów gospodarki, których efekty funkcjonowania powiązane są z panującymi warunkami atmosferycznymi (temperatura, opady, wiatry).
- Dokonano interpretacji znanych procedur obróbki danych statystycznych pod kątem analizy ryzyka. Zaproponowano wykorzystanie semiwariancji i semiodchylenia standardowego, jako podstawowych miar oceny ryzyka na podstawie baz danych awaryjności w SZW. Często ryzyko w SZW kojarzone jest ze zdarzeniami niepożądanymi i stratami z nim związa-

nymi. Rozpatrywanie strat ponadprzeciętnych wydaje się być w pełni uzasadnione, w szczególności do rozpatrywania zdarzeń typu poważne awarie i katastrofy.

- Słabości metod oceny ryzyka:
 - Nieuniknioną słabością ocen ryzyka jest niewystarczająca informacja empiryczna. Z tego względu niepełne są bazy danych zdarzeń niepożądanych i przypisanych im prawdopodobieństw pojawienia się. Dla zdarzeń losowych i zdeterminowanych można wyznaczyć estymatory ich częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia. Istnieje jednak klasa zdarzeń występujących bardzo rzadko (incydentalnie), dla których parametry wyznacza się w oparciu o wiedzę ekspercką. Tego rodzaju zdarzenia przyjęto zaliczać do klasy zdarzeń niezdeterminowanych.
 - Często nie ma gwarancji, że zidentyfikowane są wszystkie możliwości prowadzące do danego zdarzenia niepożądanego. Brak dostatecznej wiedzy prowadzić może do pominięcia w analizach ryzyka przyczyn, które także wpływają na powstanie danego rodzaju zdarzeń niepożądanych. Tego rodzaju błędy skutkują zaniżonymi ocenami ryzyka.
 - W podstawowych analizach i ocenach ryzyka nie uwzględnia się skutków wtórnych zdarzeń niepożądanych. Wynika to z faktu, że ocena tego rodzaju skutków jest często niejednoznaczna, a trudność jej wykonania często wykazuje mało istotny wpływ na ogólne ryzyko.
 - Bardzo trudno jest uwzględnić w rozważaniach zagrożenia wprowadzane w sposób umyślny przez człowieka. Model uwzględniający ten rodzaj ryzyka wymaga zrozumienia świadomości i motywacji potencjalnych sabotażystów, terrorystów, dewiantów, wandalii itp.
- Zalety metod oceny ryzyka:
 - Pewnego rodzaju zarzutem wobec analiz i ocen ryzyka jest trudność przedstawienia ich wyników w sposób zrozumiały dla użytkowników. Przykładowo, szczegółowe drzewa zdarzeń i drzewa niezdatności obejmujące wiele scenariuszy zdarzeń katastroficznych, dla osób nie będących specjalistami stwarzają wrażenie, że ryzyko jest znacząco większe od oczekiwanego. Duża liczba szczegółów sprawia, że osoba taka nie jest w stanie zauważyć, że pewne scenariusze są mniej

prawdopodobne i o mniejszych skutkach, wobec tego należy przypisać im mniejszą wagę.

- Podstawową zaletą metod analizy i oceny ryzyka jest fakt, że prowadzone są one według określonego schematu i w oparciu o jednoznaczne założenia. Umożliwia to porównywanie uzyskanych wyników. Jest to główna cecha odróżniająca te metody od ocen intuicyjnych i niejawnych. Istnieje przy tym możliwość ilościowej oceny ryzyka, co jest krokiem do przodu w stosunku do oszacowań jakościowych. Można także zakwestionować niektóre przyjęte założenia i dokonać stosownych zmian, przez co zwiększa się wiarygodność oceny ryzyka.
- Ogół decydentów skazanych wyłącznie na swoją intuicję i doświadczenie nie jest w stanie racjonalnie działać, a poczucie odpowiedzialności powinno ich skłaniać do wykorzystywania metod ilościowych oceny ryzyka. Waga metod formalnych oceny ryzyka będzie wzrastać w miarę złożoności wzajemnych oddziaływań w systemach typu człowiek – technika – środowisko.
- Dają one możliwość ujęcia we wspólne logiczne ramy specjalistycznych ocen ekspertów z różnych dziedzin.
- Znaczenie poszczególnych założeń wstępnych można weryfikować za pomocą metod analizy wrażliwości.
- Podejmowanie decyzji o akceptowalności ryzyka odbywa się na podstawie ilościowych sądów wartościujących.

Literatura

- [1] Abramow N. N.: Pieredača wody na dolnyje roztajania. Wyd. Gastrojizdat, Moskwa 1963.
- [2] Abramow N.N.: Nadieżnost sistiem wodosnabženija. Wyd. Stroizdat, Moskwa 1979.
- [3] Adamski W., Mołczan M.: Oczyszczanie wody z wykorzystaniem procesu MIEX-DOC. Materiały Konferencyjne „Kierunki rozwoju zaopatrzenia w wodę do picia”. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp.z.o.o., Nowogród k/Łomży, 2007, s. 91-104.
- [4] Aven T.: Reliability and Risk Analysis. Copyright by Elsevier, 1992.
- [5] Avizienis A., Laprie J-C., Randell B.: Fundamental Concepts of Dependability. Report UCLA-CSD No 010028, 2000.
- [6] Babiarz B.: Akty prawne dotyczące zabezpieczenia wody przed skażeniem, a techniczne możliwości ich realizacji. Materiały konferencyjne „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych”, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 30. Wydawnictwo LIBER DUO Lublin, Białowieża, 2005, s. 101-112.
- [7] Bajer J., Przebinda A.: Czynniki wpływające na czas usuwania awarii przewodów wodociągowych i ich uzbrojenia. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 3, Warszawa 2005, s. 20-22.
- [8] Bajer J.: Podnoszenie niezawodności ujęć wody do picia za pomocą zbiorników wody surowej. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”. Wydawnictwo PZITS O/Kraków, Zakopane – Kościelisko, 2001, s. 33-44.

-
- [9] Bajer J.: Zagrożenia dla ilości i jakości wody dostarczanej odbiorcom. Wodociągi-Kanalizacja. Wydawnictwa Komunalne, nr 6(52), 2008, s. 40-43.
- [10] Balcerzak W., Knapik K., Kubala M.: Modelowanie zjawiska zanieczyszczenia wody w sieci wodociągowej. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 6, 1999, s. 201-206.
- [11] Berger M., Ways M.: Poszukiwanie przecieków sieci wodociągowych – Poradnik. Wydawnictwo „Seidel-Przywecki” Sp. z o.o. Warszawa, 2003.
- [12] Bernaciak A., Spychała M.: Struktura organizacyjna systemu gospodarki wodnej w Polsce. Miesięcznik Wodociągi i Kanalizacja nr 10/2008. Wydawnictwo Komunalne Abrys, Poznań, 2008 s. 16-19.
- [13] Bertalanffy L.: Ogólna teoria systemów. PWN, Warszawa, 1984.
- [14] Billinton R., Allan R.N.: Reliability Evaluation in Engineering Systems. Concepts and Techniques. Copyright by Plenum Press. London, 1992.
- [15] Birolini A.: Qualität und Zuverlässigkeit technischer Systems. Theorie, Praxis, Management. Copyright by Springer, Berlin, 1990.
- [16] Blazes D.L., Lawler J.V., Lazarus A.A.: Kiedy biotoksyny stają się narzędziem terroru. Medycyna po dyplomie, nr 12(81), 2002. Medical Tribune Polska, s. 69-74.
- [17] Blischke W., Murthy D.N.P: Reliability: Modeling, Prediction and Optimization. Copyright by J. Wiley and Sons, New York, 2000.
- [18] Bochnia T.: Bioindykacja toksycznych sinic jako czynnik zwiększający bezpieczeństwo systemów wodociągowych. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”. Wydawnictwo PZITS O/Kraków, Zakopane – Kościelisko, 2001, s. 77-85.
- [19] Borysiewicz M., Furtek A., Potemski S.: Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi. Wydawnictwo Instytutu Energii Atomowej, Otwock, 2000.
- [20] Brandowski A.: Bezpieczeństwo obiektu technicznego – pojęcia. Materiały XXXIV Zimowej Szkoły Niezawodności PAN. „Niekonwen-

- cyjonalne metody oceny trwałości i niezawodności. Wydawnictwo Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej, Szczyrk, 2006, s. 54-59.
- [21] Brzozowski M.: Przyczyny powstawania awarii na sieciach wodociągowych i metody ich usuwania ze szczególnym uwzględnieniem zaworów regulacyjnych. Materiały Konferencyjne „Kierunki rozwoju zaopatrzenia w wodę do picia”. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Nowogród k/Łomży, 2007, s. 227-234..
- [22] Bukowski L.: Wektorowa koncepcja pojęcia gotowości systemów działania. Materiały XXXVI Szkoły Niezawodności PAN. Wydawnictwo Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej. Szczyrk, 2008, s. 50-57.
- [23] Bukowski L.A., Majewski K.: Uogólniona teoria niezawodności – cele, możliwość, koncepcje. Materiały XXXIV Zimowej Szkoły Niezawodności PAN. „Niekonwencjonalne metody oceny trwałości i niezawodności. Wydawnictwo Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej, Szczyrk, 2006, s. 68-78.
- [24] Bylka H.: Straty wody w układach wodociągowych. Wodociągi-Kanalizacja. Wydawnictwa Komunalne, nr 6(28), Poznań 2006, s. 30-32.
- [25] Chomicz K.: Ulewy i deszcze nawalne w Polsce. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej. z. 2-3, s. 5-88, Warszawa, 1951.
- [26] Croddy E., Perez-Armendariz C., Hart J.: Broń chemiczna i biologiczna. WNT, Warszawa 2003.
- [27] Dąbrowski W.: Dokąd zmierza zapotrzebowanie na wodę. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 10, 2000, s. 394-397.
- [28] Denczew S.: Podwójny aspekt bezpieczeństwa w układach dystrybucji wody. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”. Wydawnictwo PZITS O/Kraków, Zakopane – Kościelisko, 2001, s. 109-117.
- [29] Dhillon S.: Human Reliability with Human Factors, Copyright by Pergamon Press. New York, 1986.

-
- [30] Dohnalik P.: Straty wody w miejskich sieciach wodociągowych. Wydawnictwo Polskiej Fundacji Ochrony Zasobów Wodnych. Bydgoszcz, 2000.
- [31] Dohnalik P., Jędrzejewski Z.: Efektywna eksploatacja wodociągów, ograniczenie strat wody. Wydawnictwo LEMTECH, Kraków, 2004.
- [32] Dohnalik P., Wytrwał P.: Wpływ stanu technicznego i niektórych czynników eksploatacyjnych na ryzyko wtórnego zanieczyszczenia wody w miejskich sieciach wodociągowych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT. nr 11, 2005, s. 31- 33.
- [33] Domieluk B., Stelmasiak J.: Administracyjnoprawny reżim stanu klęski żywiołowej powodzi. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo wewnętrzne we współczesnym państwie” Wydawnictwo RS Druk Rzeszów, Rzeszów, 2008, s. 49-60.
- [34] Dubicki A., Słota H., Zieliński J.: Dorzecze Odry – monografia powodzi lipiec 1997. Wydawnictwo IMGW, Warszawa, 1999.
- [35] Dul T.: Ochrona wody przed skażeniem. Wodociągi-Kanalizacja Wydawnictwa Komunalne, nr 4(7), Poznań 2004, s. 9-11.
- [36] Dwiliński L.: Wstęp do logiki. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1998.
- [37] Dwiliński L.: Podstawy eksploatacji obiektu technicznego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006.
- [38] Environmental and Health. The European Charter and Commentary. World Health Organization Regional Publications. European Series, no. 35. WHO, 1990.
- [39] Faber M. H., Steward M. G.: Risk Assessment for Civil Engineering Facilities: Critical Overview and Discussion. Reliability Engineering and System Safety, no. 80, 2003, s. 173-184.
- [40] Fewtrell L., Bartram J.: Water Quality: Guidelines Standards Health. Assessment of Risk Management for Water Related Infections Disease. World Health Organization Series. IWA Publishing, WHO, Samittskyddisinstytutet, London 2001 (Reprinted 2002).
- [41] Findeisen W.: Analiza systemowa – podstawy i metodologia PWN, Warszawa, 1985.

- [42] Fishman G.: Monte Carlo: concepts, algorithms and applications. Copyright by Springer – Verlag, New York, 1996.
- [43] Fiszer J., Fiszer P.: Katastrofalne zagrożenie środowiska w czasie powodzi. Materiały konferencyjne „Ochrona jakości i zasobów wód”. Wydawnictwo PZITS O/Kraków Zakopane – Kościelisko, 1998, s. 23-30.
- [44] Fiszer J., Fiszer P.: Zarządzanie kryzysowe w przypadkach awaryjnego zanieczyszczenia wód oraz powodzi. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 10, Warszawa 2003, s. 337-339.
- [45] Fritsche A. F.: Wie sicher leben wir. Risikobeurteilung und – Bewältigung in unserer Gesellschaft. Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1986.
- [46] Grabińska-Łoniewska A.: Przenoszenie przez sieć wodociągową mikroorganizmów patogennych i oportunistycznie patogennych. Zagrożenia zdrowotne i główne problemy wymagające rozwiązania. Materiały konferencyjne „Zagadnienia bezpieczeństwa wodnego” Wydawnictwo Instytutu Problemów Współczesnej Cywilizacji, Warszawa, 2005, s. 33-56.
- [47] Graczyk T.K.: Detection and risk assessment of human pathogens in drinking water distribution system. Materiały konferencyjne “Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody” Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Szczyrk, 2005, s. 75-78.
- [48] Graniczny M., Mizerski W.: Katastrofy przyrodnicze, PWN, Warszawa, 2007.
- [49] Guikema S. D., Pate-Cornell M.E.: Component choice for managing risk in engineered systems with generalized risk/cost functions. Reliability Engineering and System Safety, no. 78, 2002, s. 227-238.
- [50] Gutenbaun J.: Modelowanie matematyczne systemów. Prace Instytutu Badań Systemowych PAN. Seria: Badania systemowe. PWN, Warszawa – Łódź, 1987.
- [51] Haas C.N., Rose J.B., Gerba C.P.: Quantitative Microbial Risk Assessment. Copyright by John Wiley and Sons, New York, 1999.
- [52] Hann M., Siemianom J. N., Rosochaci W.: Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa i niezawodności obiektów górnictwa morskiego. Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin, 1998.

- [53] Himer W., Qualität – und risikomana gement In der wasserverteilung. Wasser - Abwasser, GWF, nr 15/2000, s. 20-27.
- [54] Hipel K.W, Kilgour D.M, Zhao N.,Z. Risk analysis of the walker ton drinking water crisis. *Canadian Water Resources Journal*, vol. 28, no 3/2003, s. 395-397.
- [55] Hoffman B.: Oblicza terroryzmu. Wydawnictwo Bertelsmann Media, Warszawa, 1999.
- [56] Hotłoś.: Badania i ocena poziomu niezawodności sieci wodociągowych w wybranych miastach Polski. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”. Wyd. PZITS O/Wielkopolskiego, Poznań – Zakopane, 2006, tom I s. 797-808.
- [57] Humphreys P.: Human Reliability Assessors Guide, Copyright by AEA Technology, 1998.
- [58] Ilin Ju, A.: Rasciet nadzieznosti padaczki wody. Wyd. Nadieznost i Kacziestwo, Moskwa, 1987.
- [59] Ilin Ju. A.: Nadieznost wodoprowodnych sooruzenij i oborudowanija. Wyd. Stroizdat, Moskwa, 1985.
- [60] Iwanejko R.: Bezpieczeństwo funkcjonowania systemów zaopatrzenia w wodę. Materiały konferencyjne „Innowacyjne rozwiązania techniczne i organizacyjne w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych”. Wydawnictwo AQUA S.A. w Bielsku Białej, Szczyrk, 2007, s. 33-44.
- [61] Iwanejko R.: O praktycznym stosowaniu jakościowych metod szacowania ryzyka w systemach zaopatrzenia w wodę. Czasopismo Techniczne z. 9-Ś. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 2005, s.
- [62] Iwanejko R.: Ocena bezpieczeństwa konsumentów w aspekcie jakości wody dostarczonej do spożywania. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”. Wydawnictwo PZITS O/Kraków, Zakopane – Kościelisko, 2001, s. 149-162.
- [63] Iwanejko R.: Preliminary analysis of risks attributed to operation of small surface water intakes. Mat. konf. “Water Supply and Water Qu-

- ality”. Wyd. PZITS O/Wielkopolski, Poznań – Gniezno, 2008, tom I, s. 229-239.
- [64] Iwanejko R., Lubowiecka T.: Analiza ryzyka, jako narzędzie planistyczno-decyzyjne w wodociągach. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”. Wydawnictwo PZITS O/Wielkopolski, Poznań, 2004, tom II, s. 547-558.
- [65] Iwanejko R., Lubowiecka T.: Analiza ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę - studium zagrożeń. Czasopismo Techniczne z. 9-Ś. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 2005, s. 153-168.
- [66] Iwanejko R., Wieczysty A.: O konieczności i sposobach określania ryzyka producenta i odbiorcy wody w systemie wodociągowym. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”. Wydawnictwo PZITS O/Kraków, Zakopane – Kościelisko, 2001, s. 163-172.
- [67] Iwanicka Z., Knapik K.: Problemy racjonalizacji zużycia wody w systemach zaopatrzenia w wodę w Polsce. Instal Wydanie specjalne. Wydawnictwo Ośrodka Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa, 2008, s. 23-26.
- [68] Jaźwiński J., Szpytko J.: Zasady wyznaczania zespołu ekspertów w badaniach niezawodności i bezpieczeństwa urządzeń technicznych. Materiały XXXIV Zimowej Szkoły Niezawodności PAN. „Niekonwencjonalne metody oceny trwałości i niezawodności. Wydawnictwo Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej, Szczyrk, 2006, s. 157-167.
- [69] Jamroz K.: Review of road safety theories and models. Journal of KONBIN, vol. 1, No 1(14)2008, Safety and reliability systems. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa – Wrocław, 2008, s. 89-108.
- [70] Jeż-Wolkowiak J., Sozański M.M.: Jakość wody uzdatnionej wprowadzonej do miejskiej sieci wodociągowej. Przegląd Komunalny nr 5. Wydawnictwo ABRYS, Poznań, 2004, s. 99-106.
- [71] Kaczmarek T.T.: Ryzyko i zarządzanie ryzykiem. Ujęcie interdyscyplinarne. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania i Marketingu. Warszawa, 2005.

- [72] Kempa E.: Nic lepszego nad wodę. Wodociągi-Kanalizacja. Wydawnictwa Komunalne, nr 4(13), Poznań 2005, s. 16-17.
- [73] Knapik K.: Czasowoprzestrzenna symulacja działania systemu dystrybucji wody i jej zastosowania. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, seria: Monografie 89, Kraków, 1989.
- [74] Knapik K.: Problemy i uwarunkowania określenia niezawodności systemów dystrybucji wody. Materiały konferencyjne „Problemy zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków w warunkach gospodarki rynkowej i wymogów UE”. Wydawnictwo AQUA S.A. w Bielsku Białej, Szczyrk, 2005, s. 131-142.
- [75] Kolonko A.: Klasyfikacja oraz charakterystyka metod czyszczenia sieci uzbrojenia podziemnego. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 2, Warszawa 1998, s. 74-77.
- [76] Kołowrocki K.: Asymptotyczne podejście do analizy niezawodności systemów. Monografia Instytutu Badań Systemowych PAN, Warszawa, 2001.
- [77] Kołowrocki K.: Reliability of Large Systems. Copyright by Elsevier, 2004.
- [78] Konieczny J.: Podręczny słownik systemowy. Wydawnictwo WAT, z. 6, Warszawa, 1981.
- [79] Korczak P., Dąbrowski W.: Zagrożenia związane ze skażeniem wody pitnej pierwotniakami Giardia. Czasopismo Techniczne 8-Ś. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005, s. 159-163.
- [80] Korczak P., Kocwa-Haluk R., Dąbrowski W.: Zawracanie wód popłucznych do układu technologicznego w świetle ryzyka skażenia wody pitnej cystami pasożytniczych pierwotniaków. Gospodarka Wodna nr 10. Wydawnictwo Sigma NOT, Warszawa, 2005, s. 402-406.
- [81] Kosmowski K. T.: Sterowanie ryzykiem w systemach technicznych z uwzględnieniem kosztów i efektów. Praca zbiorowa „Zarządzanie ryzykiem w przemyśle chemicznym i procesowym” Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2001 s. 135-155.
- [82] Kowal A.L.: Jakość wody w systemach wodociągowych. Materiały konferencyjne „Problemy zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ście-

- ków w warunkach gospodarki rynkowej i wymogów UE”. Wydawnictwo AQUA S.A. w Bielsku Białej, Szczyrk, 2005, s. 95-102.
- [83] Kowal. A.L.: Przyczyny i zapobieganie zmianom jakości wody w systemach wodociągowych. *Ochrona Środowiska* nr 4. Wydawnictwo PZITS O/Dolnośląski, Wrocław, 2003, s.
- [84] Kuhlman A.: *Introduction to Safety Science*. Copyright Springer – Verlag, New York – Berlin – Heidelberg – Tokyo, 1986.
- [85] Kulbik M.: Komputerowa symulacja i badanie terenowe miejskich systemów wodociągowych. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Monografia 49, Gdańsk, 2004.
- [86] Kumamoto H. Heleny E.J.: *Probabilistic risk assessment and management for engineers and scientists*. Copyright by IEEE Press. New York, 1996.
- [87] Kuo W., Zuo M. J.: *Optimal reliability modeling*. Copyright by Wiley, New Jersey, 2003.
- [88] Kusak J., Kwietniewski M., Sudoł M.: Wpływ różnych czynników na uszkodzalność przewodów sieci wodociągowych w świetle badań niezawodności. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 10, Warszawa 2002, s. 366-371.
- [89] Kuś K., i inni: Wpływ eksploatacji i stanu technicznego sieci na jakość wody wodociągowej. *Ochrona Środowiska* nr 3. Wydawnictwo PZITS O/Dolnośląski, Wrocław, 2001, s. 17-20
- [90] Kwietniewski M., Miszta-Kruk K.: Możliwości GIS w zakresie zarządzania systemami dystrybucji wody. Materiały Konferencyjne „Kierunki rozwoju zaopatrzenia w wodę do picia”. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Nowogród k/Łomży, 2007, s. 57-65.
- [91] Kwietniewski M.: *GIS w wodociągach i kanalizacji*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008.
- [92] Lambor J.: *Hydrologia inżynierska*. Arkady, Warszawa, 1971.
- [93] Latour T.: Kryteria oceny i wymagania dotyczące warunków produkcji i jakości wody w opakowaniach jednostkowych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 9, Warszawa 2001, s. 319-322.

- [94] Leszczyńska M., Sozański M.M.: Metodyki kontroli jakości wody w miejskich sieciach wodociągowych. Przegląd Komunalny nr 5. Wydawnictwo ABRYŚ, Poznań, 2004, s. 106-110.
- [95] Lewis E.E.: Introduction to Reliability Engineering. Copyright by Wiley. New York, 1987.
- [96] Lewitowicz J.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych. Tom 3. Systemy eksploatacji statków powietrznych. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2006.
- [97] Liderman K.: Bezpieczeństwo teleinformatyczne. Wydawnictwo Instytutu Automatyki i Robotyki WAT, Warszawa, 2001.
- [98] Lubowiecka T., Wieczysty A.: Ryzyko w systemach zaopatrzenia w wodę. Monografia Komitetu Gospodarki Wodnej PAN „Ryzyko w gospodarce wodnej” z. 17. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000, s. 113-141.
- [99] Łomotowski J., Siwoń Z.: Metodyka badań eksploatacyjnych przewodów sieci wodociągowych. Materiały II Kongresu Inżynierii Środowiska. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 32. Wydawnictwo LIBER DUO, Lublin, 2005, s. 439-452.
- [100] Łomotowski J., Siwoń Z.: Wykorzystanie programów symulujących skład jonowy wody do oceny stabilności chemicznej wody wodociągowej. Ochrona Środowiska nr 4. Wydawnictwo PZITS O/Dolnośląski, Wrocław, 2004, s. 13-16.
- [101] Malina A., Pawełek B., Wanat S., Elias A.: Statystyczne metody oceny ryzyka w działalności gospodarczej. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków, 1998.
- [102] Marcinkowski J.: Rozkłady prawdopodobieństwa przydatne w rozwiązywaniu problemów transportu. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1997.
- [103] Markowski A.S.: Zapobieganie stratom w przemyśle. Cz. II. Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy. Cz. III. Zarządzanie bezpieczeństwem procesowym. Wydaw. Politechniki Łódzkiej, Łódź 2000.
- [104] Marx G.: People and Risk. Atoms in our hands. Ronald Eötvös Physical Society, Budapest, 1995 s. 51-71.

-
- [105] Mays L. W.: *Reliability Analysis of Water Distribution Systems*. Published by the American Society of Civil Engineers, New York, 1989.
- [106] Mays L. W.: *The Role of Risk Analysis in Water Resources Engineering*. Department of Civil and Environmental Engineering. Arizona State University, 2005.
- [107] Mays L. W.: *Water Supply Systems Security*. Publisher: McGraw – Hill Professional Engineering, Texas, 2004.
- [108] McGill W.L., Ayyub B.A., Kaminskiy M.: *Risk Analysis for Critical Asset Protection*. *Risk Analysis*, Wiley Blackwell, v 27, No 5, 2005 s. 1265-1281
- [109] Mielcarzewicz E.: *O wodociągach i kanalizacji miast starożytnych*. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 5, Warszawa 2003, s. 162-167.
- [110] Mikulik J.: *Wybrane zagadnienia zapewnienia bezpieczeństwa i komfortu w budynkach*. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków, 2008.
- [111] Montgomery D.C., Runger G.C.: *Applied Statistics and Probability for Engineers*. Copyright by John Wiley and Sons, New York, 1994.
- [112] Müller R., Schwarz E.: *Zuverlässigkeit – Management* Copyright by Simens AG. Berlin – München, 1994.
- [113] Murzewski J.: *Niezawodność konstrukcji inżynierskich*, Arkady, Warszawa, 1989.
- [114] Nawrocki W., Piasek Z.: *Analiza metod lokalizacji awarii rurociągów podziemnych*, cz. 1. Metody wibroakustyczne. *GWITS* nr 10, s. 28-32, cz. 2. Metody elektryczne i elektromagnetyczne *GWITS* nr 11, s. 5-9, cz. 3. Metody termiczne *GWITS* nr 12, s. 5-10. Wydawnictwo Sigma – NOT, Warszawa, 2008.
- [115] Nowakowski T.: *Metodyka prognozowania niezawodności obiektów mechanicznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1999.
- [116] Nowakowski T., Plewa M.: *Kanibalizm – metoda utrzymania systemu technicznego*. materiały XXXVII Zimowej Szkoły Niezawodności PAN „Niezawodność systemów antropotechnicznych”. Wydawnictwo

- Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej. Szczyrk, 2009, s. 230-238.
- [117] O'Connor P.D.T.: Practical reliability engineering. Copyright by Wiley. Chichester, 1991.
- [118] Pawełek J., Wojdyna M.: Analiza uszkodzeń przewodów rozdzielczych w dużym systemie wodociągowym. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 2, 2001, s. 49- 54.
- [119] Pham H.: Handbook of Reliability Engineering. Copyright by Springer, London, 2003.
- [120] Piasecki S.: Elementy teorii niezawodności i eksploatacji obiektów o elementach wielostanowych. Monografia Instytutu Badań Systemowych PAN, Warszawa, 1995.
- [121] Piechurski F.: Straty w systemie wodociągowym cz II. Wodociągi-Kanalizacja. Wydawnictwa Komunalne, nr 4(50), Poznań 2008, s. 21-23.
- [122] Piechurski F.: Straty wody w systemie wodociągowym cz I. Wodociągi-Kanalizacja. Wydawnictwa Komunalne, nr 3(49), Poznań 2008, s. 24-26.
- [123] Piechurski F.: Straty wody w systemie wodociągowym cz III. Wodociągi-Kanalizacja. Wydawnictwa Komunalne, nr 5(51), Poznań 2008, s. 57-62.
- [124] Pihowicz W.: Inżynieria bezpieczeństwa technicznego. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
- [125] Płusa T.: Zagrożenie bronią biologiczną. Medycyna po dyplomie, nr 12(81), 2002. Medical Tribune Polska, s. 46-53.
- [126] Pogorzelski W.: Teoria systemów i metody optymalizacji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1999.
- [127] Poradnik projektanta - Finpol Rohr Ltd Rury preizolowane, Warszawa, 1995.
- [128] Preś J.: Zarządzanie ryzykiem pogodowym. Wydawnictwa fachowe Cedetu, Warszawa, 2007.

- [129] Pulkkinen U.: Bayesian Uncertainty Analysis of Probabilistic Risk Models. Technical Research Centre of Finland, Espoo. 1994, s. 1068-1073.
- [130] Rak J.: A Study of the Qualitative Methods for Risk Assessment in Water Supply Systems. Environment Protection Engineering, z. 3-4, 2003. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, s. 123-134.
- [131] Rak J. Istota ryzyka w funkcjonowaniu systemu zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2004.
- [132] Rak J.: Awaryjność sieci wodociągowych w miastach polskich. Kwartalnik Wodociągi Polskie, Wydawnictwo Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie”, nr 3/2003, Bydgoszcz, 2003.
- [133] Rak J.: Metoda szacowania ryzyka globalnego skażenia wody wodociągowej, Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 4, Warszawa 2007, s. 6-9.
- [134] Rak J.: Model awarii systemu zaopatrzenia w wodę typu efekt domina. Materiały II Kongresu Inżynierii Środowiska. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 32. Wydawnictwo LIBER DUO, Lublin, 2005, s. 475-484.
- [135] Rak J.: O potrzebie remontów sieci wodociągowej Rzeszowa.. Kwartalnik techniczny Armatura i Rurociągi. Wydawnictwo PNT CIBET Sp. z o.o., Zeszyt 3/2003, Warszawa, 2003.
- [136] Rak J.: Ocena bezpieczeństwa funkcjonowania SZW metodą grafów ryzyka. Materiały konferencyjne „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych” Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 30. Wydawnictwo LIBER DUO Lublin, Białowieża, 2005, s. 237-246..
- [137] Rak J.: Podstawy bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo – Drukarnia LIBER DUO KOLOR Lublin. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 28, Lublin 2005.
- [138] Rak J.: Ryzyko w funkcjonowaniu operatora SZW - analiza ergonomiczna. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 6, Warszawa 2003, s. 211-214.
- [139] Rak J.: Sterowanie ryzykiem. Wodociągi-Kanalizacja., Wydawnictwa Komunalne, nr 2(60), Poznań 2009, s. 12-15.

- [140] Rak J.: Wybrane zagadnienia niezawodności i bezpieczeństwa w zaopatrzeniu w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008.
- [141] Rak J. R.: Bezpieczna woda wodociągowa – zarządzanie ryzykiem w systemie zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2009.
- [142] Rak J.R.: Method of Reliability Index Determination Concerning Municipal Water Quality. Journal of KONBIN, Safety and Reliability Systems, No 2(5)2008, Publishing and Printing House of the Air Force Institute of Technology, Warszawa, 2008, s. 157-174.
- [143] Rak J.R.: Praktyczne zastosowanie metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Materiały Konferencyjne „Kierunki rozwoju zaopatrzenia w wodę do picia”. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Nowogród k/Łomży, 2007, s. 67-80.
- [144] Rak J.R.: Quality Control of Natural Mineral Waters the Health Safety Side. Mat. konf. “Water Supply and Water Quality”. Wyd. PZITS O/wielkopolski, Poznań – Gniezno, 2008, tom I, s. 279-288.
- [145] Rak J.R.: Stan obecny i perspektywy rozwoju nauki o ryzyku w zaopatrzeniu w wodę. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”. Wydawnictwo PZITS O/Wielkopolski, Poznań - Gniezno, 2008, s. 59-78.
- [146] Rak J. R.: Wieloaspektowa istota ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Czasopismo Techniczne, seria Środowisko z. 7, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 2003, s. 243-254.
- [147] Rak J.R.: Wybrane problemy bezpieczeństwa systemów poboru i dystrybucji wody. Materiały konferencyjne „Innowacyjne rozwiązania techniczne i organizacyjne w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych”. Wydawnictwo AQUA S.A. w Bielsku Białej, Szczyrk, 2007, s. 21-32.
- [148] Rak J., Babiarsz B., Tchórzewska-Cieślak B., Studziński A.: O podstawowych uwarunkowaniach analiz i ocen ryzyka. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 11, Warszawa 2005, s. 42 -45.

- [149] Rak J., Kucharski B.: O gwarancji dostawy wody do spożycia. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Wydawnictwo Sigma NOT, nr 1, Warszawa 2006, s. 7-10.
- [150] Rak J., Kucharski B.: Zdarzenia nadzwyczajne - poważne awarie. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 10, 2003, s. 350-352.
- [151] Rak J., Pietrucha K.: Ryzyko w kontroli jakości wody do spożycia. *Przemysł Chemiczny 87/5*. Wydawnictwo Sigma NOT, Warszawa, 2008, s. 554-556.
- [152] Rak J., Studziński A.: Ryzyko inwestycyjne. *Wodociągi-Kanalizacja*. Wydawnictwa Komunalne, nr 7/8 (39/30), Poznań 2006, s. 29-31.
- [153] Rak J., Studziński A.: Propozycja nowej systematyki wskaźników niezawodności systemu zaopatrzenia w wodę. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Wydawnictwo Sigma NOT, z. 11, Warszawa 2007, 11-15.
- [154] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Czynniki ryzyka w eksploatacji systemów zaopatrzenia w wodę. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej*, Rzeszów 2007.
- [155] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Metoda zintegrowanej oceny ryzyka awarii w podsystemie dystrybucji wody. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 1, Warszawa 2006, s. 11-15.
- [156] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej*, Rzeszów 2005.
- [157] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Modelowanie awarii typu efekt domina. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 11, Warszawa 2005, s. 49- 52.
- [158] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Możliwość zastosowania sieci bayesowskich w analizie niezawodności podsystemu dystrybucji wody. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Wydawnictwo Sigma NOT. nr 1, Warszawa 2007, s 11-14.
- [159] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Review of Matrix Methods for Risk Assessment in Water Supply System. *Międzynarodowa konferencja bezpieczeństwa i niezawodności*. Wydawn. Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, *Journal of Konbin*, t. 1, z. 1, 2006, s. 67-76.

- [160] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Riziki pri eksphuatacje sistiemii ci-stiemii wodopostaczannja. Rinok Instaljacyjnyj, z. 5; 6, 2003. Wydawn. Ekoinform, s. 8-9; 14-15.
- [161] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B., Studziński J.: Wybrane problemy bezpieczeństwa systemu zaopatrzenia w wodę. Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 4. Wydawnictwo Sigma NOT, Warszawa, 2009, s. 10-13.
- [162] Rak J., Tułacz E.: Analiza opinii konsumentów wody do spożycia korzystających z wodociągu publicznego na terenie województwa podkarpackiego. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, seria: Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 42. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2007, s. 123-135.
- [163] Ramowa Dyrektywa Wodna 2000/60/WE. Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich z 22.12.2000 r., nr L327/1.
- [164] Ratajczak Z.T.: Niezawodność człowieka w pracy. PWN, Warszawa, 1988.
- [165] Reducing risk. Promoting Health life. The World health Report, WHO, 2002.
- [166] Roland M.E., Moriarty B., System Safety Engineering and Management. Copyright by John Wiley and Sons. New York. 1990.
- [167] Rozporządzenie WE 1907/2006: Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 roku w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) oraz utworzenie Europejskiej Agencji Chemikaliów.
- [168] Rybicki S.A.: Bezpieczeństwo i ryzyko zaopatrzenia w wodę w stulecie wodociągu krakowskiego. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”. Wydawnictwo PZITS O/Kraków, Zakopane – Kościelisko, 2001, s. 337-354.
- [169] Rybicki S.A.: System multibariera – sposób zmniejszania ryzyka dostarczania wody o niewłaściwej jakości. Ochrona Środowiska, nr 3, 2001. Wydawn. PZITS O/Dolnośląski, Wrocław, s. 7-12.

- [170] Rybicki S.A., Rybicki S.M.: Zmiany jakości wody podczas przepływu przez centralną część podsystemy dystrybucji wody. Materiały konferencyjne „Problemy zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków w warunkach gospodarki rynkowej i wymogów UE”. Wydawnictwo AQUA S.A. w Bielsku Białej, Szczyrk, 2005, s. 155-168.
- [171] Schneeweiss W. G.: Reliability Modeling, Copyright by Lilole – Verlag, Hagen 2001.
- [172] Schneeweiss W. G.: The Fault Tree Method, Copyright by Lilole – Verlag, Hagen 1999.
- [173] Sienkiewicz P.: Teoria efektywności systemów. Wydawnictwo Ossolineum, Wrocław 1987.
- [174] Siwoń Z.: Wybrane problemy eksploatacji systemów dystrybucji wody. Materiały konferencyjne “Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody” Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Szczyrk, 2001, s. 235-245.
- [175] Siwoń Z., Cieżak J., Cieżak W.: Praktyczne aspekty badań strat wody w sieciach wodociągowych. Ochrona Środowiska nr 4/2004. Wydawnictwo PZITS O/Dolnośląski, Wrocław, 2004, s. 25-30.
- [176] Siwoń Z., Łomotowski J.: Problemy modernizacji eksploatowanych układów przesyłu wody wodociągowej. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”. Wydawnictwo PZITS O/Wielkopolski, Poznań, 2004, tom I, s. 187-202.
- [177] Smalko Z., Jadźwiński J.: Wybrana niekonwencjonalna metoda oceny niezawodności i bezpieczeństwa systemów technicznych w warunkach niepewności. Materiały XXXIV Zimowej Szkoły Niezawodności PAN. „Niekonwencjonalne metody oceny trwałości i niezawodności. Wydawnictwo Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej, Szczyrk, 2006, s. 288-297.
- [178] Smith D.J.: Reliability, Maintainability and Risk. Copyright by Butterworth – Heinemann, 2001.
- [179] Sozański M.M.: Technologia uzdatniania wody. Tradycja i problemy współczesne. Mat. Szkoły Jakości Wody. Wydawn. Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, seria: Inżynieria Środowiska, Koszalin-Kołobrzeg 2008, s. 109-131.

- [180] Sozański M.M., Dymaczewski Z., Jeż-Wolkowiak J.: Kierunki rozwoju i nowe technologie uzdatniania wody. Materiały Konferencyjne „Kierunki rozwoju zaopatrzenia w wodę do picia”. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Nowogród k/Łomży, 2007, s. 37-55.
- [181] Speruda S.: Aktywna kontrola wycieków a szybkość napraw. Wodociągi-Kanalizacja. Wydawnictwa Komunalne, nr 7-8(16-17), Poznań 2005, s. 16-17.
- [182] Speruda S., Rodecki R.: Ekonomiczny poziom wycieków. Modelowanie strat w sieciach wodociągowych. Wydawnictwo Translator s.c., Warszawa, 2003.
- [183] Studziński A., Rak J. Aplikacja metody krytyczności oddziaływania uszkodzeń do oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Materiały konferencyjne. „Współczesne problemy bezpieczeństwa pożarowego w budownictwie i inżynierii środowiska”. Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej. Koszalin – Łazy, 2004. s. 387-394.
- [184] Suligowski Z.: Szczególne zagrożenia funkcjonowania wodociągów i kanalizacji. Materiały konferencyjne. „Nowe materiały, urządzenia oraz technologie bezwykopowe w wodociągach i kanalizacji”. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej, seria Budownictwo 44, Kielce-Cedzyna, 2005, s. 323-329.
- [185] Suligowski Z., Bolt A.: Zagrożenia awariom w wodociągach i kanalizacji. Materiały konferencyjne. „Nowe materiały, urządzenia oraz technologie bezwykopowe w wodociągach i kanalizacji”. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej, seria Budownictwo 44, Kielce-Cedzyna, 2005, s. 331-343.
- [186] System ZPU Międzyrzecz preizolowanych rur dla podziemnych sieci ciepłowniczych – katalog firmowy, 2004.
- [187] Systemy kontrolne – preizolowane sieci cieplne system PRIM S.A. Lublin, 2001.
- [188] Systemy nadzoru dla rurociągów ciepłowniczych Brandes; Karta katalogowa, Warszawa, 1999.
- [189] Szopa T.: Niezawodność i bezpieczeństwo maszyn (rozdział 5). W: Podstawy konstrukcji maszyn. PWN, Warszawa, 1986.

- [190] Szuster A.: Jakość wody wodociągowej i możliwości jej poprawy w wyniku zastosowania polifosforanowych inhibitorów korozji. *Przeгляд Komunalny* nr 5. Wydawnictwo ABRYS, Poznań, 2004, s. 110-114
- [191] Szymanek A.: *Bezpieczeństwo i ryzyko w technice*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej. Radom, 2006.
- [192] Szymanek A.: Risk Acceptation Principles in Transport. *Journal of KONBIN, Safety and Reliability Systems*, No 2(5)2008, Publishing and Printing House of the Air Force Institute of Technology, Warszawa, 2008, s. 271-290.
- [193] Świąteczak J., Skotak K., Bratkowski J., Witczak S. i in.: Metale i substancje towarzyszące w wodach przeznaczonych do spożycia w Polsce. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”*, t. 1. Wydawn. PZITS O/Wielkopolski, Poznań 2008, s. 289-301.
- [194] Świdarska-Bróz M., Wolska M.: Korozyjność wody wodociągowej a zjawiska zachodzące w systemie jej dystrybucji. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 1, Warszawa 2003, s. 10-15.
- [195] Świdarska-Bróz M., Wolska M.: Wpływ warunków hydraulicznych na zmiany poziomu zanieczyszczenia wody w systemie dystrybucji. *Materiały II Kongresu Inżynierii Środowiska. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN*, vol. 32. Wydawnictwo LIBER DUO, Lublin, 2005, s. 509-518.
- [196] Tchórzewska-Cieślak B.: Basis of Reliability of Balneotechnical Systems Safety. *Międzynarodowa konferencja bezpieczeństwa i niezawodności*. Wydawn. Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, *Journal of Konbin*, vol. 1, z. 2, 2006, s. 191-200.
- [197] Tchórzewska-Cieślak B.: Method of Assessing of Risk of Failure in Water Supply System. *Risk, Reliability and Societal Safety*, Taylor & Francis, t. 2, Norway 2007, s. 1535-1539.
- [198] Tchórzewska-Cieślak B.: Method of the Identification of the Areas of Risk of Failure in Water-Pipe Network. *Polish Journal of Environmental Studies*, t. 16, z. 2A, 2007, s. 774-776.

- [199] Tchórzewska-Cieślak B.: *Niezawodność i bezpieczeństwo systemów komunalnych na przykładzie systemu zaopatrzenia w wodę*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008.
- [200] Tchórzewska-Cieślak B.: Risk in Water Supply System Crisis Management. *Journal of KONBIN, Safety and Reliability Systems*, No 2(5)2008, Publishing and Printing House of the Air Force Institute of Technology, Warszawa, 2008, s. 175-190.
- [201] Tchórzewska-Cieślak B.: Uncertainty in Analysis of Risk Connected with Water Distribution Subsystem Functioning. *Mat. konf. XIX Krajowej (VII Międzynarodowej) Konferencji „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”*. Poznań–Gniezno, t. 2, 2008, s. 119-129.
- [202] Tchórzewska-Cieślak B.: Use of Maintenance Technique Directed to Reliability to Manage Risk Connected with Water Supply System Operation. *Mat. konf. XIX Krajowej (VII Międzynarodowej) Konferencji „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”*. Poznań–Zakopane, t. 2, 2006, s. 631-638.
- [203] Tchórzewska-Cieślak B., Rak J.: Analysis of Risk Connected with Water Supply System Operating by Means of the Logical Trees Method. *Międzynarodowa konferencja bezpieczeństwa i niezawodności*. Wydawn. Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, *Journal of Konbin*, t. 1, z. 1, 2006, s. 315-322.
- [204] Tchórzewska-Cieślak B., Rak J.: Modele niezawodności bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wodę z wykorzystaniem procesów Markowa. *Materiały II Kongresu Inżynierii Środowiska*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 32. Wydawnictwo LIBER DUO, Lublin, 2005, s. 519-528.
- [205] Tchórzewska-Cieślak B., Rak J.: Propozycja nowej systematyki własności funkcjonowania systemu na przykładzie systemu zaopatrzenia w wodę. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. nr 5/2008. Wydawnictwo Sigma NOT, Warszawa, 2008, s. 20-23.
- [206] Tchórzewska-Cieślak B., Rak J.R.: Hybrydowa metoda analizy scenariuszy awaryjnych w systemie zaopatrzenia w wodę. *Instal nr 10*. Wydawnictwo Ośrodka Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa, 2008, s. 102-105.

- [207] Tchórzewska-Cieślak B., Włoch A.: Method for Risk Assessment in Water Supply Systems. Międzynarodowe sympozjum probabilistyczne. Berlin 2006, s. 279-288.
- [208] Tchórzewska-Cieślak B., Wybraniec E.: Metoda wyznaczania obszarów ryzyka awarii w podsystemie dystrybucji wody. Instal nr 10. Wydawnictwo Ośrodka Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa, 2008, s. 99-101.
- [209] Toczyłowska B.: Monitorowanie jakości wody wodociągowej pod kątem określania przyczyn jej wtórnego zanieczyszczenia w sieciach i instalacjach wodociągowych. Mat. konf. „Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody”. Wydawn. Politechniki Śląskiej, Szczyrk 2003, s. 369-379.
- [210] Tokarski H.: Rola Sztabu Policji w zarządzaniu kryzysowym. Materiały konferencyjne III Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Prawno-ekonomiczne i techniczne aspekty bezpieczeństwa w ruchu drogowym” Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2007 r., s. 477-482.
- [211] Urbaniak A.: Monitorowanie i sterowanie procesami wodociągowymi. Wodociągi-Kanalizacja. Wydawnictwa Komunalne, nr 7/8 (39/30), Poznań 2006, s. 36-39.
- [212] Villemeur A.: Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment. Vol. 1. Copyright by John Wiley and Sons, New York, 1992.
- [213] Wang Y., Siu-Kui Au.: Spatial Distribution of Water Supply Reliability and Critical Links of Water Supply to Crucial Water Consumers under an Earthquake. Reliability Engineering and System Safety. Copyright by Elsevier, 2009, s. 534-541.
- [214] Wasilewski S.: System ewidencjonowania sieci wodociągowej i kanalizacyjnej oraz awarii na tych sieciach. Materiały konferencyjne „GIS, modelowanie i monitoring w zarządzaniu systemami wodociągowymi i kanalizacyjnymi”. Wydawnictwo ZG PZITS, Warszawa, 2005, s. 77-89.
- [215] Węglarczyk S.: Wybrane problemy hydrologii stochastycznej, Monografia nr 235. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 1998.

- [216] Wichrowska B., Kanclerz A.: Interpretacja zmian w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 roku dotyczącym jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Ochrona Środowiska*, nr 4, 2007. Wydawn. PZITS O/Dolnośląski, Wrocław, s. 3-10.
- [217] Wieczorek S.: Subiektywny i obiektywny wymiar bezpieczeństwa człowieka. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo wewnętrzne we współczesnym świecie”. Wydawnictwo RS Druk-Rzeszów, Rzeszów, 2008, s. 534-546.
- [218] Wieczysty A. (red) i inni. Metody oceny i podnoszenia niezawodności działania komunalnych systemów zaopatrzenia w wodę. Monografia Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. vol. 2, Kraków, 2001.
- [219] Wieczysty A., Iwanejko R.: A Method for Evaluating the Producer's and Consumer's Risk in Water Supply Systems. Specialised Conference System Approach to Leakage Control and Water Distribution System Management. Copyright by IWA, Brno, 2001.
- [220] Wieczysty A., Krawczyk P.: Ocena uciążliwości przerw w dostawie wody przez jej odbiorców. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”. Wydawnictwo PZITS O/Kraków, Zakopane – Kościelisko, 2001, s. 409-417.
- [221] Wieczysty A., Lubowiecka T., Iwanejko R.: Człowiek – dyspozytor systemu jako element wpływający na jego bezpieczeństwo. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”. Wydawnictwo PZITS O/Kraków, Zakopane – Kościelisko, 1997, s. 7-21.
- [222] Wieczysty A., Lubowiecka T., Rak J.: Stan aktualny i kierunki rozwoju w zakresie teorii i metod oceny niezawodności systemów wodociągowych w Polsce. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę i jakość wód”*. Wydawn. PZITS O/Wielkopolski, Poznań 2002, s. 143-172.
- [223] Wieczysty A., Rak J., Bajer J.: Określenie niezawodności ujęcia wody przy dużej niestabilności warunków hydrologicznych i sanitarnych. *Gospodarka Wodna*, nr 4, 1988. Wydawn. Sigma NOT, Warszawa, s. 80-83.

- [224] Wieczysty A., Iwanejko R., Lubowiecka T., Rak J.: Bezpieczeństwo podsystemu uzdatniania wody powierzchniowej z monitoringiem jej jakości. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”. Wydawn. PZITS O/Poznań, Poznań 1994, s. 561-578.
- [225] Wolanin J.: Wybrane problemy zarządzania kryzysowego, cz. I. Przegląd Komunalny, nr 11, 2007. Wydawn. Abrys, Poznań, s. 115-128.
- [226] Woliński Sz., Wróbel K.: Niezawodność konstrukcji budowlanych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2001.
- [227] World Health Statistics, WHO, 2007.
- [228] Wójcik A. M.: Istota współczesnego strachu. Czego obawiają się ludzie? Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2007.
- [229] Wykrywanie nieszczelności rurociągów, połączenie instalacji sygnalizacyjnej impulsowej – Instrukcja ZPU Międzyrzecz, 2004.
- [230] Yamijala S., Guikema S.D., Brumbelow K.: Statistical Models for the Analysis of Water Distribution System Pipe Break Data. Reliability Engineering and System Safety. Copyright by Elsevier, 2009, s. 282-293.
- [231] Zakrzewska A., Kuś K.: Czynniki determinujące niezawodność przewodów rozdzielczych – metoda określania. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”. Wyd. PZITS O/Wielkopolskiego, Poznań – Zakopane, 2006, tom II s. 649-660.
- [232] Zalewski J.: Modele stochastyczne i symulacja komputerowa. Zastosowanie do systemów zaopatrzenia w wodę. Wydawn. Naukowe PAN, Warszawa 2004.
- [233] Załęska-Radziwiłł M.: Badania ekotoksylogiczne w procesie ekologicznej oceny ryzyka w środowisku wodnym. Prace naukowe. Inżynieria Środowiska z. 52. Oficyna Wydawnicza Politechniki warszawskiej, Warszawa, 2007.
- [234] Zamorska J., Rak J.: Zagrożenia bezpieczeństwa mikrobiologicznego wody do spożycia. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 10, Warszawa 2003, s. 371-373.
- [235] Zimoch I.: Analiza zmian jakości wody jako element zarządzania procesem monitoringu PsDyW. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Wydawnictwo Sigma NOT, nr 11, Warszawa 2006, s. 78-81.

- [236] Zimoch I.: Interpretacja i zasady szacowania ryzyka wykrycia zanieczyszczenia wody w podsystemie dystrybucji. Instal nr 10. Wydawnictwo Ośrodka Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa, 2008, s. 95-98.
- [237] Zimoch I.: Ryzyko zmian jakości wody w sieci wodociągowej w funkcji generowania THM-ów. Instal nr 10. Wydawnictwo Ośrodka Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa, 2008, s. 64-67.
- [238] Zimoch I.: Zastosowanie analiz ryzyka do oceny technologicznego funkcjonowania zakładu uzdatniania wody. Materiały konferencyjne “Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody” Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Szczyrk, 2005, s. 411-422.
- [239] Zimoch I., Trybulec K.: Monitoring jakości wody w podsystemie dystrybucji w aspekcie bezpieczeństwa funkcjonowania systemu zaopatrzenia w wodę Śląska. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo Sigma NOT, nr 11, Warszawa 2005, s. 52 -55.
- [240] Zio E.: An Introduction to the Basics of Reliability and Risk Analysis, Copyright by Word Scientific, London, 2006.
- [241] Zubrzycki W.: Terroryzm we współczesnym świecie. Materiały konferencyjne „Bezpieczeństwo wewnętrzne we współczesnym państwie” Wydawnictwo RS Druk - Rzeszów, Rzeszów 2008., s. 122-128.
- [242] Wykaz norm
- [243] PN-EN 1508:2002. Zaopatrzenie w wodę. Wymagania dotyczące systemów i ich części składowych przeznaczonych do gromadzenia wody.
- [244] PN-EN 1717:2003. Ochrona przed wtórnym zanieczyszczeniem wody w instalacjach wodociągowych i ogólne wymagania dotyczące urządzeń zapobiegających zanieczyszczenia przez przepływ zwrotny.
- [245] PN-EN 805:2002. Zaopatrzenie w wodę. Wymagania dotyczące systemów zewnętrznych i ich części składowych.
- [246] PN-EN 806-1:2004. Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Część I: Postanowienia ogólne.

- [247] EN 60300-12004 Dependability management – Part 1: Dependability management systems.
- [248] PN-EN 60300-1:2004 U Zarządzanie niezawodnością – Część 1: Systemy zarządzania niezawodnością.
- [249] EN 60300-2:2004 Dependability management – Part 2: Guidelines for dependability management.
- [250] PN-EN 60300-2:2004 U Zarządzanie niezawodnością – Część 2: Wytyczne dotyczące zarządzania niezawodnością.
- [251] IEC 62198: 2001 Project risk management – Application guidelines.
- [252] PN-IEC 62198: 2005 Zarządzanie ryzykiem przedsięwzięcia. Przewodnik zastosowań.
- [253] EN 60300-3-1:2004 Dependability management – Part 3-1: Application guide - Analysis techniques for dependability – Guide on methodology.
- [254] PN-EN 603000-3-1:2004 U Zarządzanie niezawodnością – Część 3–1: Przewodnik zastosowań _ Techniki analizy niezawodności – Przewodnik metodologiczny.
- [255] EN 61014 Programmes for reliability growth.
- [256] PN-EN 61014:2004 U Programy wzrostu nieuszkodzalności.
- [257] IEC 60300-3-10:2001 Dependability management – Part – 3-10: Application guide – Maintainability.
- [258] PN-IEC 60300-3-10: 2005 Zarządzanie niezawodnością – Część 3-10: Przewodnik zastosowań – Obsługiwalność.
- [259] IEC 60300-3-11-1999 Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance.
- [260] PN-IEC 60300-3-11:2004 Zarządzanie niezawodnością – Część 3-11. Przewodnik zastosowań – Obsługa ukierunkowana nieuszkodzalność.
- [261] EN 60300-3-12:2003 Dependability management – Part 3-12 Application guide integrated logistic support.
- [262] PN-EN 60300-3-12:2004U Zarządzanie niezawodnością – Część 3-12 Przewodnik zastosowań – Zintegrowane wspomaganie logistyczne.

- [263] EN 603003-14:2004 Dependability management – Part 3-14: Application guide – Maintenance Support.
- [264] PN-EN 60300-3-14:2004U Zarządzanie niezawodnością – Część 3-14: Przewodnik zastosowań – Obsługa i zapewnienie środków obsługi.
- [265] IEC 60812: 1985 Analysis techniques for system reliability. Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
- [266] PN-IEC 812: 1994 Techniki analizy nieuszkodzalności systemów. Procedura analizy rodzajów i skutków uszkodzeń.
- [267] IEC 61025: 1990 Fault tree analysis (FTA).
- [268] PN-IEC 1025: 1994 Analiza drzewa niezdatności (FTA).
- [269] IEC 61165: 1995 Application of Markov techniques.
- [270] PN-IEC 1165: 1998 Zastosowanie procesów Markowa.
- [271] EN 60300-3-5:2003 Dependability management – Part 3-5: Application guide - Reliability test conditions and statistical test principles.
- [272] PN-EN 60300-3-5:2004 Zarządzanie niezawodnością – Część 3-5: Przewodnik zastosowań – Warunki badań nieuszkodzalności i zasady badań statystycznych.
- [273] IEC 61123: 1991 reliability testing – Compliance test plans for success ratio.
- [274] PN-IEC 1123: 1998 Badanie nieuszkodzalności – Plany badań zgodności dotyczące prawdopodobieństwa sukcesu.
- [275] IEC 61124: 1997 reliability testing – Compliance tests for constant failure rate and constant failure intensity.
- [276] PN-IEC 61124: 2003 Badanie nieuszkodzalności – Badania zgodności w przypadku stałej intensywności uszkodzeń i stałej intensywności strumienia uszkodzeń.
- [277] IEC 61164: 1995 reliability growth – Statistical test and estimation methods.
- [278] PN-IEC 61164: 2002 Wzrost uszkadzalności – Testy statystyczne i metody estymacji.

- [279] IEC 6030-3-2: 1993 Dependability management – Part 3. Application guide – Section 2: Collection of dependability data from the field.
- [280] PN-IEC 60300-3-4: 2001 Zarządzanie niezawodnością – Przewodnik zastosowań – Przewodnik dotyczący specyfikowania wymagań niezawodnościowych.
- [281] IEC 60863: 1986 Presentation of reliability maintainable and availability prediction.
- [282] PN-IEC 863: 1996 Przedstawianie wyników prognozowania nieuszkodzalności, obsługiwalności i gotowości.

ISBN 0208-8029

ISSN 978-83-89-47524-4
