



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

BADANIA SYSTEMOWE

Inżynieria Środowiska

**BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW
ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA
W WODĘ**

Janusz Rak

Barbara Tchórzewska-Cieślak

Jan Studziński

Warszawa 2013



**POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH**

Seria: BADANIA SYSTEMOWE

Tom 72

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

Warszawa 2013

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

Prof. Olgierd Hryniewicz - przewodniczący

Prof. Jakub Gutenbaum – redaktor naczelny

Prof. Janusz Kacprzyk

Prof. Tadeusz Kaczorek

Prof. Roman Kulikowski

Prof. Marek Libura

Prof. Krzysztof Malinowski

Prof. Zbigniew Nahorski

Prof. Marek Niezgódka

Prof. Roman Słowiński

Prof. Jan Studziński

Prof. Stanisław Walukiewicz

Prof. Andrzej Weryński

Prof. Antoni Żochowski



**POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH**

Janusz Rak

Barbara Tchórzewska-Cieślak

Jan Studziński

**BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW
ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA
W WODĘ**

Warszawa 2013

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa 2013

Autorzy:

Prof. dr hab. inż. Janusz R. Rak

Politechnika Rzeszowska
rakjan@prz.edu.pl

Dr hab. inż. Barbara Tchórzewska-Cieślak

Politechnika Rzeszowska
cbarbara@prz.edu.pl

Dr hab. inż. Jan Studziński

IBS PAN Warszawa
studzins@ibspan.waw.pl

Recenzenci:

Prof. dr hab. inż. Janusz Łomotowski

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Dr hab. inż. Izabela Zimoch

Politechnika Śląska w Gliwicach

Skład: Aneta M. Pielak

Wydawca:

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

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

ISSN 0208-8029

ISBN 83-894-7549-9

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	9
2. Podstawy analizy ryzyka	21
2.1. Ważniejsze definicje i pojęcia dotyczące systemów technicznych.....	21
2.2. Elementy związane z definicją ryzyka	28
2.3. Aspekt rynkowy w analizach i ocenach ryzyka SZZW	33
3. Teoretyczne modele stosowane w ocenie bezpieczeństwa SZZW	35
4. Zagrożenia endogeniczne i egzogeniczne SZZW	39
5. Wybrane zagadnienia z eksploatacji SZZW	43
5.1. Informacje ogólne	43
5.2. Strategie eksploatacyjne.....	44
5.3. Pojęcie kanibalizmu technicznego	46
5.4. Metody poszukiwania przecieków.....	48
6. Zarządzanie bezpieczeństwem systemu zbiorowego zaopatrzenia w wodę	51
6.1. Podstawy zarządzania bezpieczeństwem	51
6.2. Zarządzanie kryzysowe w Polsce.....	60
6.2.1 Kompetencje organów państwowych i administracyjnych	60
7. Zasady postępowania w obliczu ryzyka	71
7.1. Mechanizmy powstawania zdarzeń niepożądanych.....	71
7.2. Jakościowe rozważania nad percepcją ryzyka	73
7.3. Relacja zagrożenie techniczne – bezpieczeństwo techniczne	76
8. Niepewność w oszacowaniu ryzyka	79
8.1. Przyczyny powstawania ryzyka	79
8.2. Podstawy teoretyczne logiki rozmytej	81
8.3. Rozmyty model analizy ryzyka awarii sieci wodociągowej	88

9. Dopuszczalne ryzyko zdrowotne związane z konsumpcją wody wodociągowej	101
10. Problematyka finansowa sterowania ryzykiem w wodociągach.....	105
10.1. Ekonomiczny aspekt sterowania ryzykiem	105
10.2. Model opcji ryzyka	107
10.3. Redukcja ryzyka	109
10.4. Efektywność finansowa	110
10.5. Analiza kosztów związanych z ryzykiem spożycia zanieczyszczonej wody.....	111
11. Błędy I i II rodzaju przy testowaniu hipotez statystycznych związanych z zaopatrzeniem w wodę	113
11.1. Tło historyczne hipotez statystycznych	113
11.2. Istota testowania hipotez statystycznych	114
11.3. Niepewność źródłem błędów I i II rodzaju	116
11.4. Przykłady interpretacji błędów I i II rodzaju	118
12. Ocena niezawodności metodą drzewa zdarzeń.....	121
12.1. Metoda poprawy popełnionego błędu.....	121
12.2. Niezawodność operatora.....	122
12.3. Próby oceny wartości życia.....	124
13. Odporność systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę na zagrożenia terrorystyczne i cyberterrorystyczne	127
13.1. Definicje terroryzmu	127
13.2. Pojęcie strachu i lęku	129
13.3. Charakterystyka oszustwa.....	130
13.4. Zagrożenie czynnikami chemicznymi	131
13.5. Zagrożenie czynnikami biologicznymi	132
13.6. Sposoby rozpraszania.....	133
13.7. Wrażliwość systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę	134
13.8. Globalne skażenie wody wodociągowej	135
14. Koncepcja statystycznej metody oceny ryzyka.....	139
15. Analiza i ocena strat wody na przykładzie systemu wodociągowego Rzeszowa	143
15.1. Wstęp	143

15.2. Wskaźniki strat wody wg International Water Association (IWA).....	144
15.3. Analiza strat wody wodociągowej w Rzeszowie	145
16. Ochrona systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę w ujęciu securitologii.....	153
16.1. Wstęp	153
16.2. Przedmiot securitologii	154
16.3. Postrzeganie ryzyka w securitologii.....	158
17. Systemy ICT wspomagające niezawodność i bezpieczeństwo miejskich systemów zaopatrzenia w wodę	161
17.1. Przesłanki wdrażania analizy systemowej do zarządzania SZZW	161
17.2. Podstawy hydrauliczne modeli sieci wodociągowych	163
17.3. Komputerowo wspomagane zintegrowane zarządzanie miejskimi systemami zaopatrzenia w wodę	172
17.4. Algorytm modelowania, optymalizacji i sterowania zwiększające niezawodność i bezpieczeństwo sieci wodociągowych	177
17.5. Podsumowanie	214
Literatura	217
Spis tabel	245
Spis rysunków	247
Streszczenie	251
Summary	252

IBS PAN *Serw*

47323

Bibl. podręczna

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

**INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

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

e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl