

POLITECHNIKA WARSZAWSKA
Wydział Inżynierii Środowiska



ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Anna
Rolewicz-Kalińska

**Analiza ryzyka w systemie
gospodarki odpadami
medycznymi**

**WARSZAWA
2015**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Inżynierii Środowiska

ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Anna Rolewicz-Kalińska

Analiza ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi



Promotor

prof. dr hab. inż. Marek Nawalany

Warszawa, 2015

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Inżynierii Budowlanej

ROZPRAWA DOKTORSKA

Praca doktorska

Wydział Inżynierii Budowlanej



*Pracę tę dedykuję pamięci mojej Babci,
Prof. dr. hab. Danuty Przeworskiej-Rolewicz,
która zawsze była dla mnie wzorem wytrwałości,
zarówno w walce z trudami życia codziennego,
jak i w pracy naukowej.*

Podziękowania

Bardzo serdecznie dziękuję wszystkim, dzięki którym realizacja tej pracy była możliwa.

*Przede wszystkim ogromnie dziękuję mojemu Promotorowi,
Prof. dr. hab. inż. Markowi Nawalanemu – za poświęcony czas,
bezcenne uwagi i okazaną życzliwość.*

*Bardzo serdecznie dziękuję Dr. inż. Piotrowi Manczarskiemu –
za wsparcie merytoryczne, pomoc w pozyskiwaniu danych oraz
stworzenie przyjaznych warunków do pracy naukowej.*

*Szczególne podziękowania kieruję do Pana mgr. inż. Aleksandra
Warchałowskiego, bez którego wsparcia, niezachwianej wiary w moje
możliwości i inspiracji powstałych w trakcie wielogodzinnych
rozmów, ta praca nigdy by nie powstała.*

*Serdeczne podziękowania składam Ekspertom, którzy zgodzili się na
udział w badaniu ankietowym; zwłaszcza Panu prof. dr. hab. inż.
Januszowi W. Wandraszowi za dyskusję i cenne uwagi.*

*Dziękuję również moim Koleżankom z Zespołu Gospodarki
Odpadami, za niezwykle życzliwą atmosferę, w której mogłam
pracować w trakcie realizacji niniejszej rozprawy.*

*Osobne podziękowania składam moim Bliskim; Rodzicom za wszelkie
wsparcie pozwalające na realizację pracy naukowej; Mężowi
Łukaszowi i Córce Zosi, za ich wyrozumiałość i motywowanie mnie
do pracy.*

Niniejsza rozprawa doktorska podejmuje temat analizy ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi. Celem pracy było zaproponowanie metody analizy ryzyka, która umożliwi porównywanie ryzyka w systemach gospodarki odpadami medycznymi w skali różnych regionów – np. porównanie ryzyka w wybranym wojewódzkim i krajowym systemie gospodarki odpadami medycznymi. Ryzyko rozpatrywano w kontekście potencjalnych strat ludzkich, środowiskowych i ekonomicznych.

Pracę podzielono na dwie zasadnicze części – część teoretyczną i część metodyczną. W części teoretycznej przedstawiono ramy funkcjonującego w Polsce systemu gospodarki odpadami medycznymi oraz zaprezentowano obecny stan wiedzy dotyczący stosowanych metod analizy systemów gospodarki odpadami i zagadnień związanych z analizą ryzyka.

Część metodyczna rozprawy koncentruje się na zdefiniowaniu metodyki oceny ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi. W pracy zaproponowano zastosowanie autorskiej metody oceny i analizy ryzyka, będącej modyfikacją metod PHA i Risc Score. Wykorzystane podejście ma charakter jakościowo-ilościowy; polega na identyfikacji zdarzeń niepożądanych w systemie gospodarki odpadami medycznymi i przypisanie tym zdarzeniom wielkości powodowanych przez nie strat. Wielkość strat została określona z wykorzystaniem metody delfickiej (metoda ankietyzacji eksperckiej).

Ostatnią część rozprawy stanowi podsumowanie realizacji celów pracy oraz wnioski i proponowane kierunki dalszych działań. Najważniejszym stwierdzeniem zawartym ww. części jest uzyskanie pozytywnego rezultatu realizacji celu rozprawy doktorskiej, czyli zaproponowanie metody analizy ryzyka, która w oparciu o statystykę dotyczącą występowania zdarzeń niepożądanych w systemie gospodarki odpadami medycznymi, umożliwia określenie zagrożenia powodowanego przez strumień tych odpadów w skali wybranego regionu (województwa, kraju). Pozostałe wnioski odnoszą się do postawionych tez i innych konkluzji wynikających z realizacji pracy. Rozprawę zamykają proponowane kierunki dalszych badań związanych z analizą ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi.

Uzupełnienie zasadniczej części rozprawy stanowi siedem załączników zawierających dodatkowe obliczenia oraz wzór przeprowadzonej ankiety eksperckiej.

Słowa kluczowe: odpady medyczne, gospodarka odpadami, analiza ryzyka.

This dissertation undertakes the theme of risk analysis in medical waste management system. Aim of this study was to propose a method of risk analysis, that allows comparing risk in different medical waste management systems – eg. a comparison of risk in selected vovoidship with risk level in national medical waste management system. The risk was considered in the context of the potential of human, environmental and economic losses.

The paper is divided into two main parts - theoretical and methodological. In the theoretical section it is presented framework of medical waste management system in Poland. It is also introduced the state of art referring to the methods of analysis of waste management systems and issues related to risk analysis.

Methodological part of the doctoral dissertation focuses on proposing a risk assessment methodology dedicated to medical waste management system. In the dissertation author proposes and applies new method of risk assessment and analysis based on the PHA and Risc Score methods. Presented qualitative-quantitative approach is based on identification of adverse events in medical waste management system and attributing to these events the caused losses. Human, environmental and economic losses were established with the Delphi technique (the method of expert questionnaires).

The last part of the doctotal dissertation contains a summary of achieved objectives, conclusions and proposed guidelines for further research. The most important finding is proposing risk analysis method that allows one to specify risks caused by the medical waste stream in the scale of the selected region (vovoidship, country). Other results correspond to raised theses and other conclusions arising from the research conducted in dissertation. The work is completed with suggestions for further research on risk analysis in medical waste management system.

Supplement to the main part of the dissertation is seven annexes containing additional calculations and expert survey design.

Keywords: medical waste, waste management, risk analysis.

Rozdział 1. Wstęp	13
1.1. Cel i zakres pracy	15
1.2. Tezy pracy	17
1.3. Uzasadnienie i geneza tematu	18
I. CZĘŚĆ LITERATUROWA	20
Rozdział 2. Wymagania dotyczące gospodarki odpadami medycznymi w Polsce	21
2.1. Rys historyczny legislacji dotyczącej odpadów medycznych	22
2.2. Wytyczne dotyczące gospodarki odpadami medycznymi zawarte w obowiązującej ustawie o odpadach i innych aktach prawnych.	25
2.3. Klasyfikacja odpadów medycznych	27
2.4. Zasady postępowania z odpadami medycznymi	29
2.5. Unieszkodliwianie odpadów medycznych	31
2.6. Wnioski z rozdziału 2	33
Rozdział 3. System gospodarki odpadami medycznymi w Polsce – aspekty praktyczne	34
3.1. Odpady medyczne zakaźne	35
3.2. Odpady medyczne niebezpieczne o właściwościach innych niż zakaźne	40
3.3. Ilość i skład morfologiczny odpadów medycznych	41
3.4. Odpady pozostałe	46
3.5. Instalacje do unieszkodliwiania odpadów medycznych	46
3.6. Proces termicznego przekształcania odpadów medycznych	48
3.7. Postępowanie z odpadami poprocesowymi	52
3.8. Wnioski z rozdziału 3	54
Rozdział 4. Stosowane metody analizy SGOM	55
4.1. Wnioski z rozdziału 4	57
Rozdział 5. Przegląd metod analizy ryzyka	59
5.1. Pojęcie ryzyka	59
5.2. Podział metod analizy i oceny ryzyka	61
5.3. Wybrane metody analizy ryzyka	66
5.3.1 Analiza rodzajów błędów i ich skutków FMEA	66
5.3.2 Wstępna Analiza Zagrożeń PHA	68
5.3.3 Risc Score	71
5.3.4 Analiza Drzewa Zdarzeń ETA	73
5.3.5 Sieci Bayesa BN	75
5.4. Wnioski z rozdziału 5	76
II. CZĘŚĆ METODYCZNA	77
Rozdział 6. Systemowe ujęcie problemu gospodarki odpadami medycznymi	79
6.1. Wnioski z rozdziału 6	90
Rozdział 7. Analiza danych dotyczących wytwarzania i unieszkodliwiania odpadów medycznych ..	91
7.1. Wnioski z rozdziału 7	100

Rozdział 8. Źródła ryzyka i obszary narażenia w SGOM	101
8.1. Zdarzenia niepożądane w SGOM	101
8.2. Związki przyczynowo-skutkowe pomiędzy zdarzeniami niepożądanymi	104
8.3. Zewnętrzne czynniki ryzyka w SGOM.....	105
8.4. Identyfikacja ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi	108
8.5. Ryzyko ludzkie	109
8.6. Ryzyko środowiskowe	110
8.7. Ryzyko finansowe.....	112
8.8. Miara stopnia zagrożenia	113
8.9. Wnioski z rozdziału 8	115
Rozdział 9. Propozycja metody oceny ryzyka w SGOM	116
9.1. Katalog zdarzeń niepożądanych.....	117
9.2. Ocena stopnia zagrożenia na podstawie ankiet eksperckich	118
9.2.1 Zmodyfikowana metoda delficka.....	119
9.2.2 Analiza ankiety	120
9.2.3 Wyniki ankiety.....	124
9.3. Proponowana metoda oceny ryzyka.....	128
9.3.1 Przykład oceny ryzyka w SGOM z wykorzystaniem metody macierzowej	137
9.4. Wnioski z rozdziału 9	142
Rozdział 10. Propozycja metodyki analizy i oceny ryzyka w SGOM	145
10.1. Wnioski z rozdziału 10	153
Rozdział 11. Podsumowanie i wnioski końcowe	154
11.1. Podsumowanie i realizacja celów pracy.....	154
11.2. Wnioski	156
11.3. Kierunki dalszych badań	158
Spis tabel	160
Spis ilustracji	161
Bibliografia	162
Inne źródła informacji	170
Załącznik nr 1 Statystyczna analiza danych z Centralnego Systemu Odpadowego	171
Załącznik nr 2 Szczegółowy wykaz rodzajów odpadów powstających w placówkach służby zdrowia.....	175
Załącznik nr 3 Ankieta, Runda 1.....	178
Załącznik nr 4a Wyniki ankiety wraz z podstawowymi miarami statystycznymi – RUNDA 1.....	186
Załącznik nr 4b Wyniki ankiety wraz z podstawowymi miarami statystycznymi – RUNDA 2.....	189
Załącznik nr 5 Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń niepożądanych w SGOM	191
Załącznik nr 6 Schemat postępowania przy wyznaczaniu odległości Mahalanobisa	192
Załącznik nr 7 Schemat postępowania przy wyznaczaniu współczynnika W_i	196
Załącznik nr 8 Pismo z GIOŚ dotyczące udostępniania danych.....	198

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW

BAT	najlepsza dostępna technika (<i>ang. Best Available Techniques</i>)
CSO	Centralny System Odpadowy Ministerstwa Środowiska
GIOŚ	Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
GIS	Główny Inspektorat Sanitarny
GUS	Główny Urząd Statystyczny
ETA	analiza drzewa zdarzeń (<i>ang. Event Tree Analysis</i>)
FMEA	analiza skutków i przyczyn błędów (<i>ang. Failure Mode and Effects Analysis</i>)
ICRC	Międzynarodowy Komitet Czerwonego Krzyża (<i>ang. International Committee of the Red Cross</i>)
IOŚ	Inspekcja Ochrony Środowiska
KPGO	Krajowy Plan Gospodarki Odpadami
NASA	Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej – agencja rządu Stanów Zjednoczonych (<i>ang. National Aeronautics and Space Administration</i>)
NIK	Najwyższa Izba Kontroli
MŚ	Ministerstwo Środowiska
MZ	Ministerstwo Zdrowia
PIS	Państwowa Inspekcja Sanitarna
PPIS	Państwowy Powiatowy Inspektorat Sanitarny
PHA	wstępna analiza zagrożeń (<i>ang. Preliminary Hazard Analysis</i>)
SGOM	system gospodarki odpadami medycznymi
WHO	Światowa Organizacja Zdrowia (<i>ang. World Health Organization</i>)
WIOŚ	Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH JEDNOSTEK I OZNACZEŃ

18 01	oznacza odpady medyczne ogółem, oznaczenie zgodne z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2001 nr 112 poz. 1206)
18 01 03*	oznacza odpady medyczne o właściwościach zakaźnych (Inne odpady, które zawierają żywe drobnoustroje chorobotwórcze lub ich toksyny oraz inne formy zdolne do przeniesienia materiału genetycznego, o których wiadomo lub co do których istnieją wiarygodne podstawy do sądzenia, że wywołują choroby u ludzi i zwierząt, z wyłączeniem 18 01 80 i 18 01 82); oznaczenie zgodne , oznaczenie zgodne z rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2001 nr 112 poz. 1206)
d	odległość Mahlanobisa, wykorzystywana do określenia odległości punktu danego zdarzenia niepożądanego N_i od wektora pożądanego N_{min} (d_{min}) i punktu katastrofy N_{max} (d_{max})
Mg	10^6 g = 10^3 kg, 1Mg = 1t (tona) – jednostka masy
N_i	zdarzenie niepożądane i
P_i	prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niepożądanego N_i
R_i	ryzyko będące funkcją wielkości strat S_i i prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego P_i
R	łączy poziom ryzyka dla wszystkich N_i występujących w analizowanym SGOM
S_i	wielkość strat łącznych powodowanych przez zdarzenie niepożądane N_i
S_{Li}	wielkość strat ludzkich spowodowana przez zdarzenie niepożądane N_i ,
S_{Si}	wielkość strat środowiskowych spowodowana przez zdarzenie niepożądane N_i ,
S_{min}	punkt pożądaný, określający najmniejsze możliwe straty powodowane przez zdarzenie niepożądane N , jeden z dwóch punktów skrajnych
S_{max}	punkt katastrofy, określający największe możliwe straty powodowane przez zdarzenie niepożądane N , jeden z dwóch punktów skrajnych
W	współczynnik zgodności Kendall'a i Smith'a
W_i	współczynnik związany z wielkością strumienia odpadów w regionie (województwie/kraju)

Rozdział 1. WSTĘP

W ostatnich latach zagadnienie bezpieczeństwa staje się coraz istotniejszą kwestią w różnych sferach życia pojedynczych ludzi i całych społeczności. Potwierdza to duża liczba publikacji i prac naukowych w tym zakresie (np. Kaczmarek, 2005; Sienkiewicz, 2005; Szopa, 2009). Dzieje się tak na skutek licznych zagrożeń pojawiających się w otaczającej rzeczywistości. Są to zarówno zagrożenia powodowane przez czynniki niezależne od człowieka i związane z nieprzewidywalnością natury – klęski żywiołowe, choroby o charakterze pandemicznym oraz te których sprawcą jest człowiek – wynikające z zaniedbania, rutyny lub negatywnych intencji. Są też takie, które wynikają z zawodności systemów technicznych – np. awarie sprzętu, infrastruktury itp. Niezależnie od przyczyny zagrożenia, sytuacjom w których się ono pojawia towarzyszy poczucie strachu i niepewności. Racjonalnym odruchem jest poszukiwanie sposobów przewidywania przyszłych zdarzeń/zagrożeń oraz zastosowanie odpowiednich środków prewencji w celu zapanowania nad ich źródłem, w stopniu zapewniającym stabilność rzeczywistości której dotyczą. Właśnie potrzeba przewidywania przyszłych stanów rzeczywistości stoi u podstaw *analizy ryzyka*.

Niniejsza praca dotyczy zagrożenia cywilizacyjnego związanego z pozostałościami powstającymi w związku ze świadczeniem usług medycznych. Gospodarowanie odpadami medycznymi jest nadal poważnym wyzwaniem w gospodarce odpadami w Polsce i na świecie. Dzieje się tak przede wszystkim ze względu na właściwości odpadów medycznych, które z uwagi na źródło powstawania mogą wykazywać właściwości szczególnie niebezpieczne, w tym infekcyjne; z tego względu, niewłaściwe gospodarowanie nimi może stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa sanitarno-epidemiologicznego.

Tradycyjne podejście do problemu zarządzania gospodarką odpadami zakłada, że kolejne procesy postępowania z odpadami stanowią niezależne operacje. W rzeczywistości jednak wytwarzanie, zbieranie, transport i magazynowanie odpadów są bardzo ściśle ze sobą powiązane, a każdy z tych procesów może wpływać na inne. Takie podejście wymaga planowania uwzględniającego te zależności (Seadon, 2010) oraz traktowania zagadnień z dziedziny gospodarki odpadami zgodnie metodyką analizy systemowej, uwzględniającej wzajemne relacje elementów i procesów składających się na dany system (w tym przypadku system gospodarki odpadami medycznymi). Biorąc powyższe pod uwagę, w niniejszej

rozprawie podjęto zagadnienie dotyczące analizy ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi, mając nadzieję na zdefiniowanie potencjału metodycznego do przewidywania zagrożeń i powodowanych przez nie strat w tym systemie.

1.1. CEL I ZAKRES PRACY

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej jest zaproponowanie metody analizy ryzyka dla systemu gospodarki odpadami medycznymi (SGOM), która umożliwi odniesienie danych dotyczących strumienia wytwarzanych odpadów medycznych do potencjalnych strat powodowanych przez niewłaściwe postępowanie z tym strumieniem odpadów w skali określonego regionu (województwa, kraju). Zagrożenia towarzyszące gospodarce odpadami medycznymi są rozważane w trzech kategoriach – ludzkiej, środowiskowej i strat finansowych.

W swoim zakresie praca objęła dwie części – teoretyczną i metodyczną. W części teoretycznej został przeanalizowany stan aktualny dotyczący systemu gospodarki odpadami medycznymi w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem obowiązujących uwarunkowań formalno-prawnych oraz aspektów praktycznych. Ponadto, krótko przytoczono metody analizy stosowane najczęściej w odniesieniu do systemów gospodarki odpadami, w tym zwłaszcza w odniesieniu do systemu gospodarki odpadami medycznymi. Przeanalizowano również wykorzystywane w różnych dziedzinach metody analizy ryzyka, starając się zidentyfikować te, które mogą być wykorzystane do analizy ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi. Część teoretyczna pracy została mocno rozbudowana, niemniej jednak wydało się to istotne z uwagi na jej metodyczny charakter. Celem części teoretycznej było:

- określenie aktualnych ram gospodarki odpadami medycznymi w Polsce;
- wskazanie źródeł zagrożeń w SGOM;
- przedstawienie aktualnych metod analizy systemów gospodarki odpadami, w tym odpadami medycznymi, jako tła porównawczego dla proponowanej metody analizy ryzyka;
- wskazanie metod analizy ryzyka, które mogłyby znaleźć zastosowanie do analizy ryzyka w SGOM.

W części metodycznej pracy dokonano interpretacji zależności i powiązań w SGOM, zgodnie z zasadami właściwymi dla analizy systemowej. Ponadto przeanalizowano aktualny stan SGOM w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem jakości i dostępności danych dotyczących tego systemu oraz obecnego i przyszłego kształtowania się strumienia odpadów medycznych. Kolejnym krokiem w pracy była identyfikacja wzajemnych oddziaływań w SGOM, stanowiąca punkt wyjścia do rozpoznania i zdefiniowania metod, które mogą być

wykorzystane w odniesieniu do planowanej analizy ryzyka. Najważniejszym etapem realizacji niniejszej rozprawy było zaproponowanie metody analizy ryzyka dla SGOM oraz przeprowadzanie przykładowej analizy. Ponadto, podsumowując część metodyczną, zaproponowano metodykę oceny i analizy ryzyka dla SGOM.

Doprecyzowanie zakresu niniejszej pracy wymagało przyjęcia pewnych warunków początkowych, które na potrzeby niniejszej rozprawy zostały potraktowane jako aksjomat; są one sformułowane w postaci następujących stwierdzeń:

- przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej są tylko i wyłącznie odpady medyczne, w rozumieniu ustawy *o odpadach*; nie są brane pod uwagę odpady weterynaryjne;
- w niniejszej rozprawie przyjęto założenie, że przestrzeganie obowiązujących w Polsce aktów prawnych zapewnia bezpieczne gospodarowanie odpadami medycznymi;
- rozważając możliwości postępowania z odpadami medycznymi, pod uwagę brane są jedynie rozwiązania zgodne z obowiązującymi aktami prawnymi.

1.2. TEZY PRACY

W niniejszej rozprawie doktorskiej podjęto próbę udowodnienia następujących tez:

Teza 1

Można zaproponować metodę oceny ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi, wyrażoną w postaci formuły matematycznej, która umożliwi powiązanie statystyki odnoszącej się do strumienia odpadów medycznych, uzupełnionej o wiedzę ekspertów, z poziomem narażenia ludności, ryzyka środowiskowego oraz stratami finansowymi.

Teza 2

Można zaproponować metodę analizy i oceny ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi, która umożliwi porównywanie ryzyka w systemach gospodarki odpadami medycznymi w różnej skali – np. porównanie ryzyka w wojewódzkim systemie gospodarki odpadami medycznymi z ryzykiem w systemie krajowym.

Teza 3

Można skonstruować model ryzyka dla systemu gospodarki odpadami medycznymi, umożliwiający identyfikację tych elementów systemu gospodarki odpadami medycznymi, które mają największy udział w skumulowanym ryzyku środowiskowym, poziomie bezpieczeństwa ludności oraz w kosztach funkcjonowania tego systemu.



1.3. UZASADNIENIE I GENEZA TEMATU

Podjęcie przez autorkę tematu odpadów medycznych w niniejszej rozprawie doktorskiej, jest rezultatem kilkuletnich analiz i świadomą kontynuacją dotychczasowej pracy badawczej w tym zakresie. Złożoność zagadnienia sprawia, że mimo iż problem gospodarowania odpadami medycznymi w Polsce nie jest problemem nowym, pozostaje nadal kwestią nierozwiązaną. Świadczą o tym publikacje informujące o nieprawidłowościach związanych z gospodarowaniem tą specyficzną grupą odpadów w prasie codziennej (TVP, 2012; TVN24, 2013; Wprost, 2013) oraz niepokojące wyniki raportów kontrolnych (dane udostępnione przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie, 2010; NIK, 2007). Wynikający z ww. źródeł obraz rzeczywistości rodzi pytanie o potencjalne skutki, głównie sanitarno-epidemiologiczne, związane z nieprawidłowym funkcjonowaniem systemu gospodarki odpadami medycznymi. U podstawy tych obaw leżą przede wszystkim właściwości odpadów medycznych, wynikające ze źródła ich powstawania. Odpady medyczne powstają bowiem w wyniku udzielania świadczeń zdrowotnych (głównie w trakcie procedur medycznych) w placówkach służby zdrowia; głównie szpitalach i przychodniach. Z uwagi na kontakt odpadów z płynami ustrojowymi, część z tych odpadów może wykazywać właściwości zakaźne. Jest to tylko jeden z wielu aspektów dotyczących zagrożeń związanych z gospodarowaniem odpadami medycznymi, wskazuje on jednak rangę rzeczywistych problemów związanych z tą specyficzną grupą odpadów. Zagrożenia związane z nieprawidłową gospodarką odpadami medycznymi, ich identyfikacja i kategoryzacja, stały się głównym bodźcem do kontynuacji tematu związanego z gospodarką odpadami medycznymi w niniejszej rozprawie doktorskiej.

Na podstawie dokonanego w rozdziale 4 przeglądu literatury stwierdzono, że istnieje potrzeba uzupełnienia dostępnych metod analizy systemów gospodarki odpadami, w tym gospodarki odpadami medycznymi, o metodę która umożliwiłaby ocenę jakości i bezpieczeństwa funkcjonowania tego systemu, głównie z punktu widzenia nieprawidłowości i zagrożeń w nim występujących.

W pracy zaproponowano metodę analizy ryzyka w regionalnym systemie gospodarki odpadami medycznymi, opierając się na podejściu stosowanym w innych obszarach/dziedzinach; głównie w naukach o niezawodności i bezpieczeństwie. Podejście to nie zostało wykorzystane wprost, lecz stało się podstawą do zaproponowania oryginalnej metody analizy i oceny ryzyka dla SGOM.

Niniejsza rozprawa z pewnością nie wyczerpuje tematu. Proponowane obszary dalszych badań zostały umieszczone w rozdziale ostatnim, obejmującym podsumowanie i wnioski z realizacji pracy doktorskiej.

I. CZĘŚĆ LITERATUROWA

W części literaturowej niniejszej rozprawy podjęto analityczno-faktograficzną próbę nakreślenia ram obecnie funkcjonującego w Polsce systemu gospodarki odpadami medycznymi (rozdziały 2 i 3). Ramy te określono opierając się na obowiązujących aktach prawnych (z zachowaniem chronologii ich rozwoju) oraz dostępnej literaturze tematu i piśmiennictwie naukowo-branżowym. W rozdziale 4 zarysowano stan wiedzy dotyczący obecnie stosowanych metod analizy systemów gospodarki odpadami, w tym odpadami medycznymi, aby uzasadnić potrzebę i celowość realizacji niniejszej pracy. W rozdziale 5 zostały przedstawione zagadnienia dotyczące analizy ryzyka; w tym określono czym właściwie jest ryzyko, sklasyfikowano metody oceny i analizy ryzyka oraz przytoczono wybrane metody w kontekście możliwości ich wykorzystania do analizy SGOM.

Rozdział 2. WYMAGANIA DOTYCZĄCE GOSPODARKI ODPADAMI MEDYCZNYMI W POLSCE

Zapis dotyczący ochrony środowiska znajduje się już w Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej, w części opisującej wolności i prawa ekonomiczne, socjalne i kulturalne obywateli. Na mocy tych zapisów władze publiczne mają obowiązek zapewnić bezpieczeństwo ekologiczne i ochronę środowiska, a także wspierać działania obywateli na rzecz poprawy stanu środowiska. Podstawowym aktem prawnym dotyczącym wszelkich aspektów ochrony środowiska w Polsce jest ustawa *Prawo ochrony środowiska* z dnia 27 kwietnia 2001 roku (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627 ze zm.). Akt ten został wprowadzony w życie ustawą z dnia 27 lipca 2001 r. *o wprowadzeniu ustawy - Prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych ustaw* (Dz.U. 2001 nr 100 poz. 1085) i obowiązuje od dnia 1 października 2001 roku. Ustawa *Prawo ochrony środowiska* jest zbiorem przepisów dotyczących ogólnych zasad ochrony środowiska. Jeżeli chodzi o poszczególne komponenty środowiska oraz oddziaływanie na nie, ustawa opisuje dokładnie jedynie aspekty ochrony powietrza i ochrony przed hałasem oraz promieniowaniem niejonizującym. W pozostałych przypadkach zawiera odniesienia do ustaw szczegółowych. Gospodarka odpadami w Polsce regulowana jest odrębną ustawą – z dnia 14 grudnia 2012 r. *o odpadach* (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21 ze zmianami). Ustawa *o odpadach* implementuje do prawodawstwa polskiego prawo unijne, w tym m.in. dyrektywę *2008/98/WE* dotyczącą gospodarki odpadami. W założeniu, przyjęte w ustawie zasady postępowania z odpadami, mają na celu ochronę życia i zdrowia ludzi oraz ochronę środowiska – zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Cele te mają być realizowane w przez następujące działania:

- zapobieganie powstawaniu odpadów;
- ograniczanie ich wytwarzania;
- zmniejszanie negatywnego oddziaływania odpadów na środowisko;
- przygotowanie odpadów do ponownego użycia i wykorzystania.

Ustawa *o odpadach* reguluje obowiązki wytwórców i posiadaczy odpadów, sprzedawców i pośredników w obrocie nimi oraz organów administracji publicznej. Ponadto zawiera podstawowe terminy i definicje dotyczące gospodarki odpadami.

2.1. RYS HISTORYCZNY LEGISLACJI DOTYCZĄCEJ ODPADÓW MEDYCZNYCH

Pierwsze istotne postanowienie dotyczące odpadów medycznych w okresie powojennym można odnaleźć w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 30 września 1980 r. w *sprawie ochrony środowiska przed odpadami i innymi zanieczyszczeniami oraz utrzymaniu czystości i porządku w miastach i wsiach* (Dz.U. 1980 nr 24 poz. 91). Zawiera ono pierwszą formalną definicję odpadów związanych ze świadczeniem usług medycznych. Definiuje *odpady grożące zakażeniem*, czyli odpady zawierające drobnoustroje chorobotwórcze. Akt nie określa sposobów i warunków postępowania z tą specyficzną grupą odpadów, narzuca jednak na podmioty wytwarzające i usuwające odpady obowiązek ustalania zasad ich usuwania i unieszkodliwiania z organami administracji rządowej szczebla wojewódzkiego oraz z Państwowym Wojewódzkim Inspektorem Sanitarnym.

Kolejnym aktem prawnym, który wprost odnosi się do odpadów związanych ze świadczeniem usług medycznych, jest rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 3 sierpnia 1993 r. w *sprawie ustalenia listy odpadów niebezpiecznych* (Dz.U. 1993 nr 76 poz. 362). Wykaz odpadów uznanych za niebezpieczne otwierają odpady sanitarne pochodzące ze szpitali, ośrodków medycznych i klinik.

W roku 1997 została wprowadzona pierwsza ustawa *o odpadach* (Dz.U. 1997 nr 96 poz. 592), a na jej podstawie zostało wydane rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 24 grudnia 1997 r. w *sprawie klasyfikacji odpadów* (Dz.U. 1997 nr 162 poz. 113). Rozporządzenie wprowadza klasyfikację odpadów oraz określa listę odpadów niebezpiecznych. W grupie 18 sklasyfikowane są *odpady pochodzące z działalności służb medycznych i weterynaryjnych, oraz związanych z nimi badań*. W rozporządzeniu znajduje się ponadto szczegółowe wyróżnienie odpadów z grupy medycznych, uznanych za niebezpieczne. Kształt podziału odpadów na grupy wprowadzony tym rozporządzeniem jest bardzo zbliżony do aktualnie obowiązującego, wynikającego z rozporządzenia Ministra Środowiska w *sprawie katalogu odpadów* (Dz.U. 2001 Nr 112, poz. 1206).

Kolejnym aktem prawnym związanym z gospodarką odpadami medycznymi jest rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 1998 r. w *sprawie szczegółowych zasad usuwania, wykorzystywania i unieszkodliwiania odpadów niebezpiecznych*. Rozporządzenie to wskazuje, że odpady medyczne i weterynaryjne

o właściwościach niebezpiecznych, winny być unieszkodliwiane poprzez następujące procesy termiczne:

- A1 procesy spalania odpadów niebezpiecznych niezawierających związków chlorowcoorganicznych ani związków cynku, miedzi, kadmu, niklu, kobaltu i rtęci w ilości przekraczającej 0,5% wagowych suchej masy odpadów łącznie w przeliczeniu na masę pierwiastków,
- A2 procesy spalania odpadów niebezpiecznych zawierających związki chlorowcoorganiczne, w tym PCB, przy ilości metali ciężkich jak dla procesu A1,
- A3 procesy spalania odpadów niebezpiecznych w piecach obrotowych do produkcji wapna i cementu,
- A4 procesy pirolitycznego rozkładu odpadów.

Rozporządzenie określa ponadto warunki gromadzenia tych odpadów.

Chronologiczny układ kolejnych aktów prawnych dotyczących odpadów medycznych od okresu powojennego do chwili obecnej zaprezentowano w tabeli 2.1. Ww. zestawienie pokazuje jak w Polsce ewaluowały ramy formalno-prawne dotyczące zagadnienia związanego z gospodarką odpadami medycznymi.

Tabela 2.1. Chronologiczny układ przepisów dotyczących gospodarki odpadami medycznymi (opracowanie własne)

Table 2.1. Chronological order of regulations relating to medical waste management in Poland (own work)

Rok	Ustawa/Rozporządzenie	Najważniejsze zapisy
1980	ustawa z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska (Dz.U. 1980 nr 3 poz. 6)	zawiera definicję odpadów i odniesienie do ustawy o odpadach
	rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 września 1980 r. w sprawie ochrony środowiska przed odpadami i innymi zanieczyszczeniami oraz utrzymaniu czystości i porządku w miastach i wsiach. (Dz.U. 1980 nr 24 poz. 91)	wprowadza definicję „odpadów groźących zakażeniem”; jednostki wytwarzające oraz usuwające te odpady uzgadniają zasady postępowania z nimi z organami administracji rządowej stopnia wojewódzkiego
1993	rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 3 sierpnia 1993 r. w sprawie ustalenia listy odpadów niebezpiecznych. (Dz.U. 1993 nr 76 poz. 362)	umieszcza odpady medyczne i weterynaryjne na liście odpadów niebezpiecznych
1997	ustawa z dnia 27 czerwca 1997 r. o odpadach (Dz.U. 1997 nr 96 poz. 592 ze zm.)	nie odnosi się w sposób szczegółowy do odpadów medycznych, zawiera ogólne zasady gospodarki odpadami.
	rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 24 grudnia 1997 r. w sprawie klasyfikacji odpadów (Dz.U. 1997 nr 162 poz. 1135)	reguluje klasyfikację i podział odpadów; odpady medyczne i weterynaryjne zostają zaklasyfikowane w grupie 18
1998	rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 1998 r. w sprawie szczegółowych zasad usuwania, wykorzystywania i unieszkodliwiania odpadów niebezpiecznych. (Dz.U. 1998 nr 145 poz. 942)	odpady niebezpieczne pochodzenia medycznego i weterynaryjnego wg rozporządzenia mogą podlegać unieszkodliwieniu w procesach termicznych; określa warunki gromadzenia odpadów (czas, temperatura, pojemniki)
2001	ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach. (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 628 ze zm.)	definiuje odpady medyczne, wskazuje Ministerstwo Zdrowia jako organ właściwy do określenia sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych.
	rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2001 nr 112 poz. 1206)	reguluje klasyfikację i podział odpadów; odpady medyczne są sklasyfikowane w grupie 18 01, a odpady weterynaryjne w grupie 18 02.
2002	rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów medycznych i weterynaryjnych, których poddawanie odzyskowi jest zakazane. (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 103)	określa wg kodów rodzaje odpadów medycznych i weterynaryjnych, których nie można poddawać procesom odzysku
	rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych. (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 104)	określa metody (termiczne przekształcanie, autoklawowanie, dezynfekcja termiczna, działanie mikrofalami, obróbka fizyczno-chemiczna) i warunki unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych
2005	ustawa z dnia 29 lipca 2005 r. o zmianie ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz.U. 2005 nr 175 poz. 1458).	wprowadza „zasadę bliskości” oraz zapis pozwalający unieszkodliwiać zakazne odpady medyczne i weterynaryjne jedynie w spalaniach odpadów.
2007	ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz.U. Nr 39 Poz. 251 t.j.)	reguluje zasady gospodarki odpadami; w tym odpadami medycznymi
	rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 sierpnia 2007 r. w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi (Dz.U. 2007 nr 162 poz. 1153)	określa zasady postępowania z poszczególnymi rodzajami odpadów medycznych, dzieli odpady na „zakazne”, „specjalne”, „pozostałe”
2010	rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 lipca 2010 r. w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi (Dz.U. 2010 nr 139 poz. 940)	określa zasady postępowania z poszczególnymi rodzajami odpadów medycznych
2013	ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21 ze zm.)	reguluje zasady gospodarki odpadami; w tym odpadami medycznymi
2014	rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 stycznia 2014 r. w sprawie dokumentu potwierdzającego unieszkodliwienie zakaźnych odpadów medycznych lub zakaźnych odpadów weterynaryjnych (Dz.U. 2014 poz. 107)	określa wzór dokumentu potwierdzającego unieszkodliwienie odpadów medycznych

2.2. WYTYCZNE DOTYCZĄCE GOSPODARKI ODPADAMI MEDYCZNYMI ZAWARTE W OBOWIĄZUJĄCEJ USTAWIE O ODPADACH I INNYCH AKTACH PRAWNYCH.

Ustawa o odpadach określa ogólne zasady postępowania z odpadami, zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju; w szczególności koncentruje się na zapobieganiu powstawaniu odpadów, minimalizacji ilości powstających odpadów i ich negatywnego wpływu na środowisko oraz na zasadach odzysku i unieszkodliwiania odpadów.

W ustawie o odpadach zawarto podstawowe zasady dotyczące gospodarki odpadami, w tym odpadami medycznymi. Aby dokładnie zrozumieć zasadniczy przedmiot analizy niniejszej rozprawy, należy jednoznacznie zdefiniować pojęcie *systemu gospodarki odpadami medycznymi*. Podstawą są definicje zawarte w ustawie o odpadach; w rozdziale 2, art. 3; są tam dwie definicje – definicja *gospodarki* i *gospodarowania odpadami*. Przez *gospodarowanie odpadami* ustawodawca rozumie zbieranie, transport, przetwarzanie odpadów, łącznie z nadzorem nad tego rodzaju działaniami, jak również późniejsze postępowanie z miejscami unieszkodliwiania odpadów oraz działania wykonywane w charakterze *sprzedawcy* odpadów lub *pośrednika* w obrocie odpadami. Natomiast *gospodarka odpadami* obejmuje wytwarzanie odpadów i gospodarowanie nimi. Dalej, w tym samym rozdziale (art. 3), ujęta jest definicja *odpadów medycznych*, która mówi, że są to odpady powstające w związku z udzielaniem świadczeń zdrowotnych oraz prowadzeniem badań i doświadczeń naukowych w zakresie medycyny. Bardziej szczegółowa klasyfikacja i podział odpadów medycznych znajduje się w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2001 nr 112 poz. 1206). Kolejna wzmianka w ustawie o odpadach dotyczy *zasady bliskości* w odniesieniu do odpadów medycznych. Zakazuje się bowiem unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych poza obszarem województwa, na którym zostały wytworzone (art. 3 ust. 3). Wyjątek stanowi sytuacja, w której w danym województwie nie ma odpowiedniej instalacji lub gdy brakuje mocy przerobowych – w takim przypadku dopuszcza się unieszkodliwienie zakaźnych odpadów medycznych na obszarze innego województwa, w najbliższej położonej instalacji (art. 3 ust. 5).

W kolejnych zapisach ustawa o odpadach reguluje kwestię zbierania i transportu zakaźnych odpadów medycznych; między innymi zakazuje się ich zbierania poza miejscem wytworzenia (art. 23 ust. 2). W tym samym artykule, w ustępie 4, znajduje się jednak zapis, mówiący że jeżeli ze względów bezpieczeństwa lub w celu zapewnienia ciągłości odbioru zakaźnych odpadów medycznych ich zbieranie jest konieczne, to Marszałek Województwa

może zezwolić (w drodze decyzji) na ich zbieranie. Decyzja taka może być wydana maksymalnie na rok (ust.6).

W rozdziale 9 ustawy uregulowana została kwestia odpowiedzialności za gospodarowanie odpadami, w tym odpadami medycznymi. Zgodnie z zawartymi w tym fragmencie zapisami, wytwórca zakaźnych odpadów medycznych jest zwolniony z odpowiedzialności za zbieranie lub przetwarzanie tych odpadów, z chwilą dokonania ich unieszkodliwienia przez następnego posiadacza odpadów przez termiczne przekształcenie w spalarni odpadów niebezpiecznych (art. 27 ust. 5).

W ustawie uregulowano ponadto kwestię uzyskiwania pozwoleń na przekształcanie odpadów; jest m.in. zapis mówiący że zezwolenie na unieszkodliwianie zakaźnych odpadów medycznych wymaga zgody Głównego Inspektora Sanitarnego (art. 41, ust. 7). W tej części ustawy wymienione są również warunki uzyskiwania pozwolenia na wytwarzanie odpadów.

Najobszerniej kwestia odpadów medycznych została omówiona w dziale VII *Szczególne zasady gospodarki niektórymi rodzajami odpadów*; rozdział 3 *Odpady medyczne i odpady weterynaryjne* – artykuł 94 i 95. Art. 94 dotyczy możliwości odzysku odpadów medycznych. Wynika z niego, że poddawanie ich odzyskowi jest zakazane, z wyjątkiem tych, które zostaną dopuszczone do tego procesu osobnym rozporządzeniem (art. 94 ust. 2). Art. 95 odnosi się do sposobu unieszkodliwiania odpadów medycznych i zgodnie z nim zakaźne odpady medyczne mogą być unieszkodliwiane wyłącznie przez termiczne przekształcanie w spalarniach odpadów niebezpiecznych (ust. 2).

Ustawa *o odpadach* określa również, iż Minister Zdrowia w porozumieniu z Ministrem Środowiska, na drodze rozporządzenia, określi wymagania i sposoby unieszkodliwiania odpadów medycznych (art. 95 ust. 11), w tym:

- dopuszczalne sposoby unieszkodliwiania odpadów medycznych i odpadów weterynaryjnych, nieposiadających właściwości zakaźnych;
- dopuszczalne sposoby unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych i zakaźnych odpadów weterynaryjnych;
- warunki prowadzenia procesów unieszkodliwiania odpadów medycznych i odpadów weterynaryjnych, nieposiadających właściwości zakaźnych;
- warunki prowadzenia procesów unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych i zakaźnych odpadów weterynaryjnych;
- sposób i zakres prowadzenia monitoringu procesów, o których mowa w pkt 3 i 4, oraz metodykę i częstotliwość badań odpadów powstałych w wyniku prowadzenia

procesów unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych i zakaźnych odpadów weterynaryjnych.

Po stronie Ministra Środowiska znajduje się przygotowanie rozporządzenia określającego szczegółowy sposób wydawania dokumentu potwierdzającego unieszkodliwienie, terminy jego przekazywania oraz wzór tego dokumentu, kierując się potrzebą zapewnienia wiarygodnych dokumentów potwierdzających spełnienie wymagań w zakresie unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych (art. 95 ust. 13).

Na chwilę bieżącą nie wszystkie ww. rozporządzenia zostały wydane. Wprowadzono rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 stycznia 2014 r. w *sprawie dokumentu potwierdzającego unieszkodliwienie zakaźnych odpadów medycznych lub zakaźnych odpadów weterynaryjnych* (Dz.U. 2014 poz. 107). Natomiast jeśli chodzi o resort zdrowia, to obecnie obowiązują następujące akty wykonawcze dotyczące odpadów medycznych:

- rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w *sprawie rodzajów odpadów medycznych i weterynaryjnych, których poddawanie odzyskowi jest zakazane* (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 103),
- rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w *sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych* (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 104),
- rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 września 2004 r. *zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych* (Dz.U. 2004 nr 200 poz. 2061),
- rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 lipca 2010 r. w *sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi* (Dz.U. 2010 nr 139 poz. 940).

2.3. KLASYFIKACJA ODPADÓW MEDYCZNYCH

Ustawa o odpadach zawiera definicję odpadów medycznych. Dokładna klasyfikacja tych odpadów zawarta jest w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w *sprawie katalogu odpadów*. Rozporządzenie dzieli odpady na grupy i podgrupy ze względu na źródła powstawania. Dodatkowo, zarówno w ustawie o odpadach, jak i w rozporządzeniu w *sprawie katalogu odpadów*, wskazano które odpady uznaje się za niebezpieczne.

W obowiązującym katalogu odpadów, podobnie jak we wcześniejszych przepisach, odpady medyczne i weterynaryjne zostały zaklasyfikowane do grupy 18. Do podgrupy 18 01 zaliczono *odpady z diagnozowania, leczenia i profilaktyki medycznej*. Są to wszelkiego

rodzaju odpady powstające w wyniku świadczenia usług medycznych dla ludzi – odpady z grupy 18 01 zostały wyszczególnione w tabeli 2.2.

Tabela 2.2. Klasyfikacja odpadów medycznych i weterynaryjnych wg rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów

Table 2.2. Classification of medical and veterinary waste by the ordinance of the Minister of Environment on waste catalogue

18	Odpady medyczne i weterynaryjne
18 01	Odpady z diagnozowania, leczenia i profilaktyki medycznej
18 01 01	Narzędzia chirurgiczne i zabiegowe oraz ich resztki (z wyłączeniem 18 01 03)
18 01 02*	Części ciała i organy oraz pojemniki na krew i konserwaty służące do jej przechowywania (z wyłączeniem 18 01 03)
18 01 03*	Inne odpady, które zawierają żywe drobnoustroje chorobotwórcze lub ich toksyny oraz inne formy zdolne do przeniesienia materiału genetycznego, o których wiadomo lub co do których istnieją wiarygodne podstawy do sądzenia, że wywołują choroby u ludzi i zwierząt (np. zainfekowane pieluchomajtki, podpaski, podkłady), z wyłączeniem 18 01 80 i 18 01 82
18 01 04	Inne odpady niż wymienione w 18 01 03
18 01 06*	Chemikalia, w tym odczynniki chemiczne, zawierające substancje niebezpieczne
18 01 07	Chemikalia, w tym odczynniki chemiczne, inne niż wymienione w 18 01 06
18 01 08*	Leki cytotoksyczne i cytostatyczne
18 01 09	Leki inne niż wymienione w 18 01 08
18 01 10*	Odpady amalgamatu dentystycznego
18 01 80*	Zużyte kąpiele lecznicze aktywne biologicznie o właściwościach zakaźnych
18 01 81	Zużyte kąpiele lecznicze aktywne biologicznie inne niż wymienione w 18 01 80
18 01 82*	Pozostałości z żywienia pacjentów oddziałów zakaźnych

Odpady niebezpieczne zostały wyróżnione w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów symbolem (*). Są to odpady niebezpieczne w rozumieniu art. 3 ustęp 4 ustawy o odpadach. W przypadku odpadów medycznych i weterynaryjnych oznacza to, że wykazują jedną z właściwości od H1 do H15 z załącznika 3 ustawy.

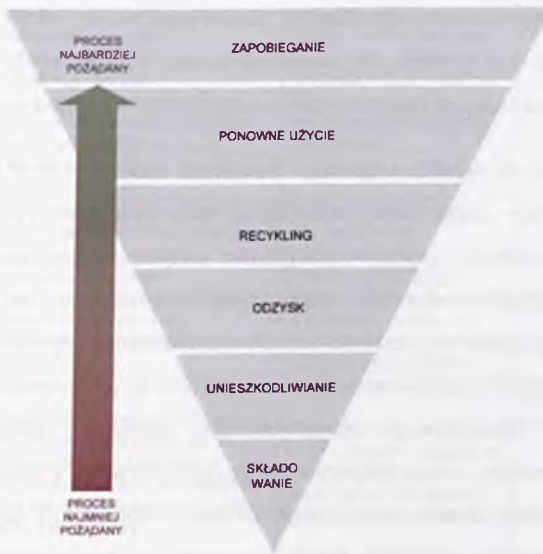
Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 lipca 2010 r. w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi wprowadza z kolei podział odpadów medycznych na trzy grupy (§1, ust. 1):

- I. o kodach 18 01 02*, 18 01 03* i 18 01 82*;
- II. o kodach 18 01 06*, 18 01 08*, 18 01 10*;
- III. o kodach 18 01 01, 18 01 04, 18 01 07, 18 01 09.

W pierwszej grupie znajdują się odpady medyczne o właściwościach potencjalnie infekcyjnych, w grupie drugiej niebezpieczne odpady medyczne nie wykazujące właściwości zakaźnych, a w grupie trzeciej pozostałe odpady medyczne – nie wykazujące właściwości niebezpiecznych.

2.4. ZASADY POSTĘPOWANIA Z ODPADAMI MEDYCZNYMI

Ogólne zasady postępowania z odpadami medycznymi zawarte są w ustawie *o odpadach* i są to generalne zasady odnoszące się do wszystkich rodzajów odpadów. W pierwszej kolejności gospodarkę odpadami należy prowadzić w sposób zapewniający ochronę życia i zdrowia ludzi oraz środowiska (art. 16 ust. 1 ustawy *o odpadach*). Kolejnym istotnym wymogiem (art. 17) jest postępowanie z odpadami medycznymi zgodne z hierarchią sposobów postępowania z odpadami (rysunek 2.1.). Pozostałe zasady dotyczące postępowania z odpadami medycznymi, zawarte w ustawie *o odpadach*, zostały opisane w rozdziale 2.2.



Rysunek 2.1. Hierarchia sposobów postępowania z odpadami (na podstawie WHO, 2013)

Figure 2.1 Waste management hierarchy (based on WHO, 2013)

Szczegółowe sposoby postępowania z odpadami medycznymi zostały określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 30 lipca 2010 r. w *sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi* (Dz.U. 2010 nr 139 poz. 940). Akt ten reguluje kwestie takie jak:

- postępowanie z odpadami medycznymi powstałymi w wyniku udzielania świadczeń medycznych w miejscu wezwania (w sytuacji kiedy odpady medyczne powstają w wyniku udzielania świadczeń zdrowotnych poza placówką służby zdrowia – np. działania pogotowia ratunkowego);
- zasady zbierania i czasowego magazynowania odpadów medycznych przed poddaniem procesowi unieszkodliwiania lub przed transportem do miejsca unieszkodliwiania (dotyczy to postępowania z odpadami w placówkach służby zdrowia wytwarzających odpady medyczne oraz w miejscach unieszkodliwiania odpadów medycznych);
- warunki transportu wewnętrznego odpadów medycznych w miejscu wytworzenia.

Odpady powstałe w wyniku udzielania świadczeń medycznych w miejscu wezwania powinny być usuwane przez osoby udzielające tych świadczeń (§2, ust. 2). Kolejny paragraf (§3) rozporządzenia zawiera szczegółowe wytyczne dotyczące sposobu zbierania poszczególnych rodzajów odpadów medycznych – określone są rodzaje worków, pojemników, dopuszczalne wypełnienie, sposób oznakowania, częstotliwość wymian oraz postępowanie w przypadku uszkodzenia. Ponadto, określa się jak powinno być przygotowane pomieszczenie do tymczasowego magazynowania odpadów medycznych (§5) oraz dopuszczalną temperaturę i czas magazynowania (§6). Sposoby zbierania poszczególnych rodzajów odpadów medycznych zostały przedstawione w tabeli 2.3. W kolejnych paragrafach (§7 i §8) rozporządzenie precyzuje zasady transportu wewnątrzszpitalnego oraz sposób mycia, dezynfekcji i przechowywania środków do tego transportu. Na mocy rozporządzenia, każdy podmiot udzielający świadczeń medycznych lub prowadzący badania w zakresie medycyny, powinien opracować szczegółową procedurę postępowania z odpadami medycznymi na stanowiskach pracy, gdzie wytwarzane są te odpady (§9).

Tabela 2.3. Sposoby zbierania poszczególnych rodzajów odpadów medycznych

Table 2.3. Methods for collecting different types of medical waste

Kody i charakterystyka odpadów	Przykłady	Sposób zbierania	
18 01 02*, 18 01 03*, 18 01 82* Odpady potencjalnie infekcyjne	Odpady które miały kontakt z czynnikami potencjalnie zakaźnymi: hodowle i posiewy z laboratoriów, preparaty biologiczne, aktywne szczepionki, zużyte opatrunki, podkłady, fartuchy i ubrania ochronne, opakowania na płyny ustrojowe, kąpiele biologiczne i inne.	Worki jednorazowe z folii polietylenowej, koloru czerwonego, nieprzezroczyste, wytrzymałe, odporne na działanie wilgoci i środków chemicznych, z możliwością jednokrotnego zamknięcia	– Worki jednorazowego użycia umieszcza się na stoleżach lub w sztywnych pojemnikach;
18 01 06*, 18 01 08*, 18 01 10* Odpady niebezpieczne, inne niż infekcyjne	Leki i farmaceutyki stosowane w kuracjach nowotworowych, leczeniu immunosupresyjnym i innych terapiach, opakowania zanieczyszczone tymi farmaceutykami. Substancje chemiczne wykorzystywane w laboratoriach, środki do dezynfekcji wykazujące właściwości niebezpieczne. Odpady amalgamatu dentystycznego.	Worki jednorazowe z folii polietylenowej, koloru żółtego, nieprzezroczyste, wytrzymałe, odporne na działanie wilgoci i środków chemicznych, z możliwością jednokrotnego zamknięcia	– pojemniki lub worki należy zapełniać do 2/3 ich objętości w sposób umożliwiający bezpieczne zamknięcie; – niedopuszczalne jest otwieranie raz zamkniętych pojemników lub worków jednorazowego użycia;
18 01 01, 18 01 04, 18 01 07, 18 01 09 Odpady inne niż niebezpieczne	Przeterminowane, wycofane z użycia, lub zużyte leki i środki farmaceutyczne. Substancje chemiczne wykorzystywane w laboratoriach, środki do dezynfekcji nie wykazujące właściwości niebezpiecznych.	Pojemniki wielokrotnego użycia lub worki jednorazowe z folii polietylenowej, koloru innego niż żółty i czerwony, wytrzymałe, odporne na działanie wilgoci i środków chemicznych zamknięcia	– pojemniki lub worki powinny być wymieniane nie rzadziej niż co 72 h; – każdy worek/pojemnik powinien posiadać widoczne oznakowanie;
Odpady o ostrych końcach i krawędziach Stanowią zagrożenie z uwagi na podwyższone ryzyko uszkodzenia ciała w kontakcie z nimi	Wszelkiego rodzaju zużyte ostre lub szklane narzędzia stosowane w służbie zdrowia i badaniach laboratoryjnych takie jak: skalpele, igły, narzędzia chirurgiczne, pipety, szkło laboratoryjne.	Pojemniki jednorazowego użycia, sztywne, odporne na działanie wilgoci, mechanicznie odporne na przekłucie lub przecięcie,	– uwzględniające: kod odpadów, adres wytwórcy, datę zamknięcia.

2.5. UNIESZKODLIWIANIE ODPADÓW MEDYCZNYCH

Kwestię unieszkodliwiania odpadów medycznych porusza artykuł 95 ustawy *o odpadach*, zgodnie z nim jedyną dopuszczalną metodą postępowania z zakaźnymi odpadami medycznymi jest ich termiczne przekształcanie w spalarniach odpadów niebezpiecznych.

Szczegółowo warunki prowadzenia procesu omówione są w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie *dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych* (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 104 ze zm.). Rozporządzenie pochodzi z roku 2002, kiedy zapisy obowiązującej wówczas ustawy *o odpadach* (Dz. U. Nr 62 z 2001 r., poz. 627) dopuszczały również inne niż spalanie metody

unieszkodliwiania odpadów medycznych. W związku z powyższym, w rozporządzeniu wymienione są następujące metody nieszkodliwiania odpadów medycznych (§9):

- termiczne przekształcanie odpadów w instalacjach lub urządzeniach zlokalizowanych na lądzie (D10),
- autoklawowanie (D9)
- dezynfekcja termiczna (D9),
- działanie mikrofalami (D9),
- obróbka fizykochemiczna inna niż wymieniona (D9).

Na chwilę obecną jednak metody te nie są legalne (zgodnie z obowiązującym stanem prawnym), co wynika z hierarchii prawa obowiązującej w Polsce. Rozporządzenie bowiem nie może wprowadzać regulacji naruszających normy wyższego rzędu, a więc w tym przypadku ustawy *o odpadach*, która jednoznacznie nakazuje nieszkodliwienie zakaźnych odpadów medycznych wyłącznie w spalarniach odpadów niebezpiecznych.

Szczegółowe warunki prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów medycznych zawiera załącznik 2 do rozporządzenia w sprawie *dopuszczalnych sposobów i warunków nieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych* (Dz.U. 2003 nr 8, poz. 104 ze zm.); najważniejsze warunki prowadzenia procesu to:

- zapewnienie aby temperatura gazów powstających w wyniku spalania, zmierzona w pobliżu wewnętrznej ściany lub innym reprezentatywnym punkcie komory spalania lub dopalania, wynikającym ze specyfikacji technicznej instalacji, po ostatnim doprowadzeniu powietrza, nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach, utrzymywana była na poziomie nie niższym niż 1100°C;
- konieczność umieszczania zakaźnych odpadów medycznych bezpośrednio w piecu, bez wcześniejszego mieszania z innymi kategoriami odpadów.

Ponadto w ww. załączniku zostały scharakteryzowane elementy, w jakie musi być wyposażona instalacja do termicznego nieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych:

- minimum jeden włączający się automatycznie palnik pomocniczy do stałego utrzymywania wymaganej temperatury procesu oraz wspomaganie jego rozruchu i zatrzymania;
- automatyczny system podawania odpadów;

- urządzenia techniczne do odprowadzania gazów spalinowych, gwarantujące dotrzymanie norm emisyjnych, urządzenia techniczne do odzysku ciepła powstającego w procesie termicznego przekształcania odpadów – jeśli jest taka możliwość;
- urządzenia techniczne do ochrony gleby oraz wód powierzchniowych i podziemnych;
- urządzenia techniczne do gromadzenia suchych pozostałości poprocesowych.

W załączniku do rozporządzenia znajdują się również zapisy dotyczące postępowania w sytuacjach odbiegających od normalnych i zasady postępowania z pozostałościami poprocesowymi.

2.6. WNIOSKI Z ROZDZIAŁU 2

W Polsce gospodarka odpadami, w tym odpadami medycznymi, regulowana jest ustawą z dnia 14 grudnia 2012 r. *o odpadach* (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21), która stanowi transpozycję Dyrektywy 2008/98/WE *w sprawie odpadów* (dyrektywa ramowa) do prawa polskiego. Kompetencje w zakresie określania aktów wykonawczych dotyczących odpadów medycznych są podzielone pomiędzy Ministra Środowiska i Ministra Zdrowia (art. 95, ust. 11 ustawy *o odpadach*).

Szczegółowa klasyfikacja i podział odpadów medycznych znajduje się w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. *w sprawie katalogu odpadów* (Dz.U. 2001 nr 112 poz. 1206 ze zmianami). Ogólne zasady postępowania z odpadami medycznymi zawarte są w ustawie *o odpadach* i są to generalne zasady dotyczące postępowania ze wszystkimi rodzajami odpadów oraz zapisy dotyczące unieszkodliwiania odpadów medycznych, w tym w szczególności odpadów medycznych zakaźnych. Szczegółowe zasady postępowania z odpadami medycznymi zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 30 lipca 2010 r. *w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi* (Dz.U. 2010 nr 139 poz. 940).

W świetle obowiązujących aktów prawnych, jedyną dopuszczalną metodą unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych, jest spalanie ich w spalarniach odpadów niebezpiecznych (art. 95 ustawy *o odpadach*). Szczegółowo warunki prowadzenia tego procesu omówione są w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. *w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych* (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 104 ze zm.).

Rozdział 3. SYSTEM GOSPODARKI ODPADAMI MEDYCZNYMI W POLSCE – ASPEKTY PRAKTYCZNE

Ustawa *o odpadach* jasno określa, że *źródło powstawania* (art.4 ust.1 pkt1) jest główną cechą decydującą o zaklasyfikowaniu odpadu do danej grupy. Odpady medyczne stanowią trudną grupę odpadów, właśnie ze względu na źródło pochodzenia, które determinuje ich właściwości i stwarza ograniczenia w postępowaniu z nimi. W przypadku odpadów powstających w miejscach udzielania świadczeń zdrowotnych – szpitalach, przychodniach, gabinetach lekarskich i innych, trudność ta wynika z:

- czynników chorobotwórczych, które mogą być przenoszone w odpadach;
- względów etycznych – w odpadach medycznych znajdują się również części ciała, płyny ustrojowe, organy i ich części itp.;
- liczby osób które mogą być narażone na kontakt z odpadami – pacjenci i ich bliscy, pracownicy służby zdrowia;
- słabej kondycji finansowej służby zdrowia, która wymusza szukanie rozwiązań ograniczających ponoszone koszty.

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) proponuje podział odpadów medycznych rozszerzony i uszczegółowiony w stosunku do podziału zdefiniowanego w obowiązującym w Polsce prawie (rozdział 2.2). W oparciu o właściwości odpadów i stopień ryzyka związany z poszczególnymi grupami, WHO dzieli odpady medyczne na następujące kategorie (WHO, 2013):

- odpady zainfekowane – odpady zawierające, lub co do których istnieje podejrzenie, że zawierają patogeny lub ich toksyny w stężeniu mogącym powodować choroby. Przykładami takich odpadów zainfekowanych są narzędzia i materiały które miały kontakt płynami ustrojowymi (torebki na krew, podkłady itp.);
- odpady patologiczne i części ciała – ta grupa zawiera organy i ich tkanki, części ciała, płyny ustrojowe. Odpady z tej grupy są zawsze uważane za potencjalnie zainfekowane;
- niebezpieczne środki farmakologiczne – przeterminowane, wycofane z użycia oraz zanieczyszczone środki farmakologiczne, leki i szczepionki; w tej grupie uwzględnia się również dozowniki i opakowania, które miały bezpośredni kontakt z tymi środkami;
- chemiczne odpady niebezpieczne – zużyte środki chemiczne, które były stosowane w procesach dezynfekcji, czyszczenia i innych w ośrodkach służby zdrowia;

- odpady o wysokiej zawartości metali ciężkich – odpady zawierające duże ilości metali ciężkich, np. kadm i rtęć pochodzące z termometrów i manometrów; odpady te stanowią podgrupę odpadów chemicznych, ale wymagają indywidualnego postępowania;
- pojemniki ciśnieniowe – puste lub napełnione pojemniki ciśnieniowe i aerozole;
- ostrza – wszelkiego rodzaju narzędzia i przedmioty stosowane w profilaktyce medycznej mogące powodować nacięcia (np. skalpele) i rany punktowe (np. igły); niezależnie czy są zainfekowane czy nie, traktuje się je jako bardzo niebezpieczne i potencjalnie zainfekowane;
- odpady silnie zainfekowane – odpady zawierające hodowle i posiewy z laboratoriów analitycznych z czynnikami silnie zakaźnymi oraz płyny ustrojowe pacjentów oddziałów zakaźnych;
- odpady genotoksyczne i cytotoksyczne – leki stosowane w chemioterapii oraz mocz, odchody i treść żołądkowa pacjentów u których stosowano te leki;
- odpady radioaktywne – odpady emitujące promieniowanie jonizujące stanowiące zagrożenie dla ludzi.

Ostatnie cztery grupy odpadów zostały uznane za szczególnie niebezpieczne i wymagają bardzo ostrożnego traktowania. Automatycznie stanowią również największe źródło ryzyka. Wiedza na temat źródła i skali potencjalnego ryzyka pozwala na identyfikację największego potencjału niebezpieczeństwa występującego w analizowanym systemie – w tym przypadku w systemie gospodarki odpadami medycznymi. Podział zaproponowany przez WHO najlepiej odzwierciedla szerokie spektrum zagadnień jakie mogą dotyczyć odpadów powstających w związku ze udzielaniem świadczeń zdrowotnych.

3.1. ODPADY MEDYCZNE ZAKAŻNE

Przez medyczne odpady zakaźne, zgodnie z załącznikiem 4 do ustawy *o odpadach*, rozumie się odpady niebezpieczne, które zawierają żywe mikroorganizmy lub ich toksyny, o których wiadomo, lub co do których istnieją wiarygodne podstawy, że wywołują choroby zakaźne u ludzi lub innych żywych organizmów. W tym miejscu należy się odnieść do ustawy z dnia 5 grudnia 2008 r. *o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi* (Dz.U. 2008 nr 234 poz. 1570), w której zdefiniowano pojęcie choroby zakaźnej. *Choroba zakaźna* jest to choroba, która została wywołana przez biologiczny czynnik chorobotwórczy (art. 2, pkt. 3). W tej samej ustawie zdefiniowano pojęcie *biologicznego czynnika chorobotwórczego*, przez który rozumie się posiadające zdolność wywoływania objawów

chorobowych drobnoustroje komórkowe lub wytwarzane przez nie produkty, zewnętrzne i wewnętrzne pasożyty człowieka lub wytwarzane przez nie produkty, cząstki bezkomórkowe zdolne do replikacji lub przenoszenia materiału genetycznego, w tym zmodyfikowane genetycznie hodowle komórkowe lub wytwarzane przez nie produkty (art.2 pkt. 2). Podsumowując, w myśl obowiązujących w Polsce aktów prawnych, przez zakaźne odpady medyczne, należy rozumieć odpady mogące zawierać: drobnoustroje komórkowe lub wytwarzane przez nie produkty (zdolne do wywoływania objawów chorobowych) oraz zewnętrzne i wewnętrzne pasożyty człowieka lub wytwarzane przez nie produkty oraz cząstki bezkomórkowe zdolne do replikacji lub przenoszenia materiału genetycznego, w tym zmodyfikowane genetycznie hodowle komórkowe lub wytwarzane przez nie produkty. W praktyce przyjmuje się, że potencjalnie infekcyjne są wszystkie odpady, które miały kontakt z tkankami i płynami ustrojowymi ludzi (w tym również same tkanki i płyny ustrojowe).

Opierając się na wytycznych WHO (WHO, 2005), wśród odpadów medycznych zakaźnych można wyróżnić następujące grupy, różnicując je w odniesieniu do właściwości oraz źródeł powstawania:

- odpady anatomiczne lub części ciała;
- zainfekowane igły i ostrza;
- materiały z pracy laboratoryjnej;
- odpady z chirurgii i autopsji u pacjentów z chorobami zakaźnymi (np. tkaniny i materiały lub sprzęt, które miały kontakt z krwią lub innymi płynami ustrojowymi);
- pozostałości od pacjentów oddziałów zakaźnych (np. odchody, wysięki z ran zakażonych lub chirurgicznych, ubrania mocno zabrudzone ludzką krwią lub innymi płynami ustrojowymi);
- odpady z dializ.

Odpady medyczne zakaźne stanowią główne zagrożenie dla osób mających bezpośredni kontakt z nimi – pracowników placówek medycznych i firm zajmujących się unieszkodliwianiem odpadów, pacjentów przebywający na oddziałach szpitalnych.

Do zakażeń związanych z gospodarowaniem odpadami medycznymi dochodzi głównie w wyniku niekontrolowanych skaleczeń, ukłuć i otarć, na skutek których dochodzi do kontaktu krwi osoby narażonej z czynnikiem chorobotwórczym. Do najczęstszych i najpoważniejszych zagrożeń związanych z wtórnymi zakażeniami zalicza się wirusowe zapalenie wątroby typu *B* i *C* oraz wirusa *HIV* (WHO, 2013).

Tabela 3.1. Drogi przenoszenia drobnoustrojów chorobotwórczych i powodowane przez nie choroby (Hossaina i inni, 2011)

Table 3.1. Routes of transmission of pathogens and diseases caused by them (Hossain et al., 2011)

Patogen	Powodowane choroby	Droga zakażenia/transmisji
<i>Enterobacteria, eg. Salmonella, Shigella sp., Vibrio cholera, helminths</i>	choroby przewody pokarmowego	wymiciny, kał
<i>Mycobacterium tuberculosis, measles virus, Streptococcus pneumonia,</i>	choroby układu oddechowego	droga kropelkowa, wydzieliny, ślina
<i>Herpesvirus</i>	infekcje okulistyczne	wydzieliny z oczu
<i>Neisseria gonorrhoeae: herpesvirus</i>	infekcje narządów płciowych	wydzieliny z narządów płciowych
<i>Staphylococcus spp</i>	posocznica	krew
<i>Coagulase-negative Staphylococcus spp.; Staphylococcus aureus, Enterobacter, Enterococcus, Klebsiella, Streptococcus spp.</i>	bakteriemia	krew
<i>Candida albicans</i>	fungemia	krew
wirus wątroby typu A	wirusowe zapalenie wątroby typu A	wydzieliny
wirusy wątroby typu B i C	wirusowe zapalenie wątroby typu B lub C	krew, płyny ustrojowe

Ponadto poza ryzykiem bezpośredniego zakażenia, niewłaściwa gospodarka odpadami medycznymi może powodować przenikanie czynników chorobotwórczych do wody i gleby, a tym samym powodować wtórne zakażenia. Tą drogą przenoszone są głównie bakterie (Hossaina i inni, 2011). Główne czynniki ryzyka w zakaźnych odpadach medycznych oraz wywoływane przez nie choroby przedstawia tabela 3.1.

Szczególnie niebezpieczny rodzaj odpadów zakaźnych stanowią zainfekowane ostrza. W przypadku kontaktu z tym rodzajem pozostałości istnieje wysokie ryzyko niekontrolowanego urazu skóry. Ponadto ostrza są najczęściej zanieczyszczone resztkami krwi lub innych płynów ustrojowych, gdyż wynika to ze sposobu ich używania w trakcie procedur medycznych. Odsetek zakażeń tą drogą zależy głównie od rodzaju patogenu, głębokości zakłucia, objętości krwi która miała kontakt z czynnikiem ryzyka, stadium infekcji i skuteczności profilaktyki poekspozycyjnej. Prawdopodobieństwo zakażenia po zakłuciu zainfekowaną igłą w literaturze oszacowano następująco (Światkowska, 2010) :

- wirusowe zapalenie wątroby typu B (*HBV*) – ryzyko około 6-30%,
- wirusowe zapalenie wątroby typu C (*HCV*) – ryzyko około 2-7% ,
- ludzki wirus niedoboru odporności (*HIV*) – ryzyko na poziomie 0,3-0,5% .

Bardziej szczegółowe dane podają portugalscy badacze (Ferreira, 2010), którzy na podstawie danych literaturowych oraz badań własnych, określili prawdopodobieństwo

zarażenia czynnikiem infekcyjnym dla pracowników służby zdrowia. Ryzyko zakażeń badacze wyznaczyli z zależności:

$$RZ = (A \times B \times C \times D \times E) + (A \times B \times C)(1 - D) \quad (3.1)$$

gdzie:

- A – prawdopodobieństwo wystąpienia czynnika infekcyjnego;
- B – prawdopodobieństwo zakłucia;
- C – prawdopodobieństwo serokonwersji;
- D – prawdopodobieństwo zastosowania szczepionki;
- E – prawdopodobieństwo odporności na szczepionkę.

Prawdopodobieństwo zakażenia określone na podstawie tych badań przedstawia tabela 3.2.

Tabela 3.2. Prawdopodobieństwo wystąpienia czynników infekcyjnych w odpadach medycznych (Ferreira i inni, 2010)

Table 3.2. The likelihood of infectious factors in medical waste (Ferreira et al, 2010)

Czynnik infekcyjny	Prawdopodobieństwo zastosowania szczepień poekspozycyjnych zmniejszających ryzyko zakażenia [%]	Zakłucia zużytymi igłami/ostrzami		Zakłucia zużytymi igłami/ostrzami pochodzącymi tylko z odpadów medycznych	
		Ryzyko zakażenia [na osobę na rok]	Liczba zakażeń na rok w wybranej populacji pracowników służby zdrowia	Ryzyko zakażenia [na osobę na rok]	Liczba zakażeń na rok w wybranej populacji pracowników służby zdrowia
HIV	100	$8,30 \times 10^{-8}$	0,083 na 1 000 000	$9,43 \times 10^{-9}$	0,009 na 1 000 000
	50	$2,39 \times 10^{-7}$	0,239 na 1 000 000	$2,72 \times 10^{-8}$	0,027 na 1 000 000
	0	$3,95 \times 10^{-7}$	0,395 na 1 000 000	$4,49 \times 10^{-8}$	0,045 na 1 000 000
HBV	100	0	0	0	0
	50	$1,08 \times 10^{-4}$	1 na 9 300	$1,22 \times 10^{-5}$	1 na 80 000
	0	$2,15 \times 10^{-4}$	1 na 4 650	$2,44 \times 10^{-5}$	1 na 40 000
HCV	100	$8,37 \times 10^{-6}$	1 na 119 500	$9 \times 51 \times 10^{-7}$	0,951 na 1 000 000

Odpady potencjalnie zakaźne są wytwarzane we wszystkich gabinetach lekarskich, zabiegowych, oddziałach szpitalnych oraz we wszelkiego rodzaju placówkach związanych ze służbą zdrowia (hospicja, punkty krwiodawstwa, stacje dializ i inne). Głównym źródłem ich powstawania są laboratoria analityczne, oddziały i gabinety zabiegowo-chirurgiczne, ginekologiczno-położnicze oraz patologiczne (WHO, 2011).

Jak podaje Międzynarodowy Komitet Czerwonego Krzyża (ICRC) stężenie mikroorganizmów chorobotwórczych w odpadach medycznych, z wyjątkiem hodowli laboratoryjnych patogenów i pozostałości pacjentach oddziałów zakaźnych, na ogół nie jest wyższe niż w odpadach komunalnych. Badania prowadzone w krajach o wysokich dochodach wskazują, że w porównaniu do populacji ogólnej, w przypadku osób zatrudnionych przy przetwarzaniu odpadów (nie koniecznie medycznych) występuje następujący wzrost zagrożeń zdrowotnych w porównaniu do populacji ogólnej (ICRC, 2000):

- ryzyko zakażenia czynnikiem infekcyjnym jest 6 razy wyższe,
- ryzyko zarażenia alergiczną chorobą płuc jest 2,6 razy większe,
- ryzyko zachorowania na przewlekłe zapalenie oskrzeli jest 2,5 razy wyższe,
- ryzyko zapalenia wątroby jest 1,2 razy większe.

Odpady medyczne zawierają szerszą gamę mikroorganizmów niż przeciętne odpady np. komunalne, jednak czas przetrwania mikroorganizmów w odpadach medycznych jest stosunkowo krótki – prawdopodobnie dlatego, że odpady zawierają środki dezynfekujące (ICRC, 2000). Przybliżony czas przetrwania wybranych czynników infekcyjnych przedstawia tabela 3.3.

Tabela 3.3. Zdolność przetrwania wybranych czynników chorobotwórczych (ICRC, 2000)

Table 3.3. The ability of survival of selected pathogens (ICRC, 2000)

Czynnik chorobotwórczy	Obserwowany czas przetrwania
HBV	<ul style="list-style-type: none"> - kilka tygodni na powierzchni przy suchym powietrzu - 1 tydzień na powierzchni przy temperaturze 25°C - kilka tygodni w zaschniętej krwi - 10 h w 60°C - przeżywa w 70% etanolu
Zakaźna dawka wirusów HBV i HCV	<ul style="list-style-type: none"> - 1 tydzień w zaschniętej krwi w igle do iniekcji podskórnych
HCV	<ul style="list-style-type: none"> - 7 dni we krwi w temperaturze 4°C
HIV	<ul style="list-style-type: none"> - dezaktywacja w 56°C - przeżywa 15 minut w 70% etanolu - przeżywa 21 dni w 2 µl krwi w temperaturze otoczenia - suszenie ogranicza koncentrację wirusa o 90-99% na kilka następujących godzin

Szersze informacje dotyczące zdolności do przetrwania również innych patogenów podają w swojej pracy niemieccy biolodzy (Kramer i inni, 2006). Według ich badań większość bakterii gram-dodatnich, takich jak *Enterococcus* sp. (w tym VRE ang. *Vancomycin-Resistant Enterococcus*), *Staphylococcus aureus* (w tym MRSA, ang. *methicillin-resistant Staphylococcus aureus*) lub *Streptococcus pyogenes*, ma zdolność

przetrwania na powierzchniach suchych przez wiele miesięcy. Wiele bakterii gram-ujemnych, tj. *Acinetobacter* spp., *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens* lub *Shigella* spp. także posiada tę zdolność. Mykobakterie, w tym *Mycobacterium tuberculosis*, oraz bakterie przetrwalnikowe, w tym *Clostridium difficile*, pozostają na powierzchniach przez wiele miesięcy. *Candida albicans*, najważniejszy szpitalny patogen grzybiczy, ma zdolność przeżywania na powierzchniach nawet do 4 miesięcy. Możliwości przetrwania wykazywane przez inne drożdże, tj. *Tolulopsis glabrata*, są podobne (5 miesięcy) lub krótsze (łac. *Candida parapsilosis* – 14 dni). Większość wirusów występujących w drogach oddechowych, np. wirusy z grupy corona, coxsackie, wirusy grypy, SARS (ang. *Severe Acute Respiratory Syndrome* – zespół ostrej ciężkiej niewydolności oddechowej) lub wirusy *rhino*, pozostają na powierzchniach przez okres do kilku dni. Z kolei wirusy bytujące w przewodzie pokarmowym, jak na przykład astrowirusy, HAV (łac. *Hepatitis A Virus*), wirus polio lub rotawirusy, mają zdolność przetrwania przez około 2 miesiące. Wirusy przenoszone przez krew, takie jak HBV (łac. *Hepatitis B Virus*) lub HIV (ang. *Human Immunodeficiency Virus*) mają zdolność przetrwania przez ponad tydzień. Herpeswirusy – CMV (Cytomegalowirus) lub HSV (łac. *herpes simplex virus*) typu 1 i 2 – pozostają na powierzchniach przez okres od kilku godzin do 7 dni (Kramer i inni, 2006).

3.2. ODPADY MEDYCZNE NIEBEZPIECZNE O WŁAŚCIWOŚCIACH INNYCH NIŻ ZAKAŻNE

Odpady niebezpieczne, o właściwościach innych niż zakaźne, mogą stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego lub środowiska ze względu na swoje specyficzne własności fizyczne lub chemiczne. W tej kategorii można wyróżnić następujące odpady:

- środki farmakologiczne;
- chemiczne odpady niebezpieczne;
- odpady o wysokiej zawartości metali ciężkich;
- pojemniki ciśnieniowe;
- leki cyto- i genotoksyczne oraz odpady radioaktywne.

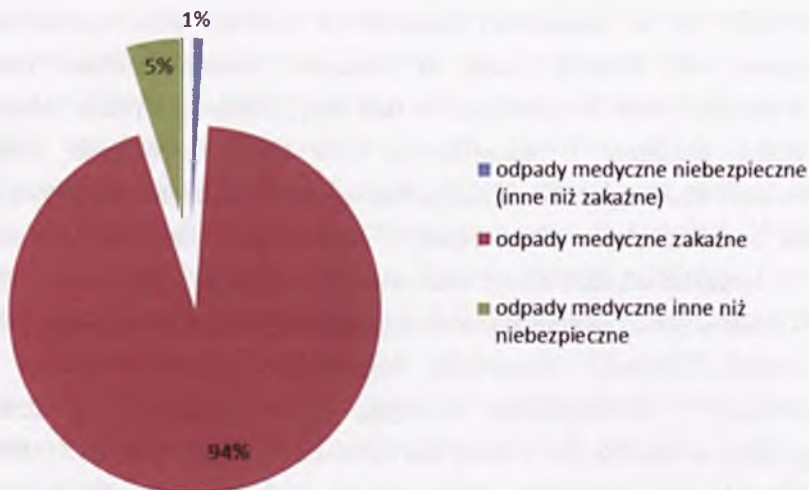
Środki farmakologiczne mają bardzo zróżnicowany skład chemiczny w zależności od zastosowania – od łagodnych preparatów ziołowych i witaminowych, przez antybiotyki po środki psychotropowe. Z tego względu nie można jednoznacznie scharakteryzować ich właściwości i zagrożeń jakie mogą powodować, gdyż należałoby rozpatrywać każdy preparat indywidualnie. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów klasyfikuje leki jako odpad inny niż niebezpieczny. Wyjątek stanowią leki cytostatyczne

i cytotoksyczne. Są to farmaceutyki stosowane w terapiach przeciwnowotworowych i chemioterapii. Ich działanie polega na niszczeniu komórek, zarówno rakowych jak i prawidłowych. Wiele ze stosowanych w tych lekach substancji wykazuje właściwości kancerogenne, mutagenne i reprotoksyczne CMR (ang. *Carcinogenic, Mutagenic and Reprotoxic*). Skutki wywołane ich dużą dawką mogą być zagrożeniem dla zdrowia i życia człowieka. Szacuje się, że w Polsce odpady o właściwościach cytotoksycznych stanowią około 1% wszystkich odpadów medycznych sklasyfikowanych jako niebezpieczne (KPGO, 2010). Odpady w postaci farmaceutyków występują przede wszystkim w aptekach, pokojach pielęgniarskich, gabinetach zabiegowych, laboratoriach. Odpady w postaci leków cytostatycznych i cytotoksycznych występują przede wszystkim na oddziałach onkologicznych, radiologicznych, w hospicjach i aptekach (Wandrasz 2000; WHO 2005)

Na indywidualną uwagę zasługują również środki w pojemnikach ciśnieniowych i aerozolach, z uwagi na właściwości palne i wybuchowe. W takich pojemnikach występują zarówno środki farmaceutyczne, jak i gazy o zastosowaniach medycznych (tlenek azotu, tlen). Pojemniki z gazami medycznymi występują na wszystkich oddziałach szpitalnych.

3.3. ILOŚĆ I SKŁAD MORFOLOGICZNY ODPADÓW MEDYCZNYCH

Jakość danych dotyczących ilości i jakości wytwarzanych w Polsce odpadów medycznych nie jest dotychczasowa i z pewnością wymaga poprawy. Dostępne w literaturze dane w większości są już nieaktualne, a dane bieżące – występujące m.in. w Centralnym Systemie Odpadowym – są obciążone licznymi błędami. Ostatnim oficjalnym dokumentem informującym o ilości wytworzonych odpadów jest Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014 (KPGO, 2010). Według KPGO w roku 2008 w Polsce powstało blisko 35,5 tys. Mg odpadów medycznych, z czego 29,4 tys. Mg odpadów medycznych niebezpiecznych. Wskazuje to, że blisko 83% wszystkich odpadów medycznych stanowiły odpady niebezpieczne, potencjalnie zakaźne. Prognoza wykonana w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami przewiduje wytwarzanie odpadów medycznych na poziomie 28,0-29,5 tys. Mg rocznie (KPGO, 2010).



Rysunek 3.1. Struktura wytworzonych odpadów medycznych, wg średniej wartości w latach 2002-2011 (opracowanie własne na podstawie danych z CSO)

Figure 3.1. The structure of medical waste generated, according to the average value in the years 2002-2011 (based on data from CSO)

Z kolei dane uzyskane z Centralnego Systemu Odpadowego Ministerstwa Środowiska wskazują, że w tym samym roku w Polsce powstało 42,7 tys. Mg odpadów medycznych, z czego 94% stanowiły odpady medyczne niebezpieczne o właściwościach potencjalnie infekcyjnych (strukturę strumienia wytwarzanych odpadów medycznych przedstawiono na rysunku 3.1.). Więcej informacji dotyczących ilości wytwarzanych w Polsce odpadów medycznych przedstawiono w rozdziale 7.

Ilość odpadów medycznych oceniana jest również za pomocą wielkości wskaźnikowych odnoszących się do liczby łóżek w szpitalu lub ilości udzielonych porad. Pojęcie *łóżko* jest skrótem branżowym oznaczającym w istocie całą otoczkę kadrowo-lokalowo-sprzętowo-kosztową, zaangażowaną bezpośrednio lub pośrednio w proces leczenia szpitalnego (Ministerstwo Zdrowia, 2006).

W zakresie wskaźników nagromadzenia odpadów dla Polski dostępne są dane sprzed 8–10 lat. Według danych literaturowych (Wielgosiński, 2004) po każdym pacjencie pozostaje w szpitalu 2-4 kg różnych odpadów na dobę. Wskaźnik ten jest zróżnicowany w zależności od specyfiki, wielkości i lokalizacji placówki służby zdrowia. Przykładowe ilości odpadów

wytworzonych w placówkach szpitalnych i wskaźniki nagromadzenia odpadów medycznych dla tych placówek przedstawiają tabele 3.3. i 3.4.

Tabela 3.4. Przykładowe ilości odpadów wytworzonych w wybranych placówkach szpitalnych wg rodzaju placówki (opracowanie własne na podstawie badań własnych oraz danych z badań z prac dyplomowych – Kołubiec, 2009; Kur, 2009; Kondej, 2011; Szustorowska, 2012)

Table 3.4. Sample quantities of waste generated in selected health institutions by type of institution (own work based on research and data from master's and bachelor's theses - Kołubiec, 2009; Kur, 2009; Kondej, 2011; Szustorowska, 2012)

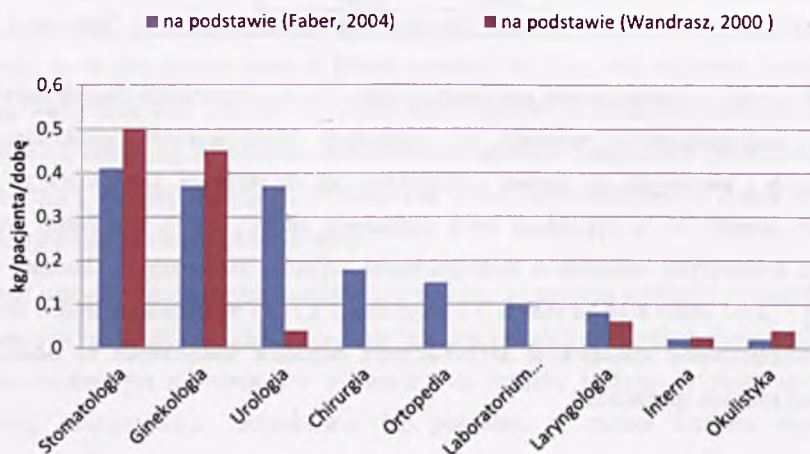
Rodzaj placówki	Rok	Wskaźnik nagromadzenia [kg/łożko/dobę]	Średni wskaźnik nagromadzenia w analizowanym okresie czasu [kg/łożko/dobę]
Klinika onkologiczna (z chirurgią onkologiczną i ginekologią)	2009	1,311	1,388
	2010	1,465	
Instytut gruźlicy i chorób płuc	2006	0,448	0,464
	2007	0,452	
	2008	0,491	
Duży szpital kliniczny	2006	0,570	0,605
	2007	0,507	
	2008	0,656	
	2009	0,686	
Szpital powiatowy	2007	0,506	0,506
Szpital powiatowy 2	2007	0,154	0,190
	2008	0,197	
	2009	0,220	

Jeżeli chodzi o zróżnicowanie wewnątrzszpitalne, to wg dostępnych danych najwięcej odpadów niebezpiecznych powstaje na oddziałach chirurgicznych, ginekologiczno-położniczych i zakaźnych, co wynika z charakteru ich działalności. Ilość łóżek na tych oddziałach stanowi 35 % wszystkich łóżek szpitalnych (ICRC, 2011). Dla Polski brakuje bieżących dotyczących wskaźników nagromadzenia odpadów medycznych. Dostępne dane pochodzą z przed około 8-10 lat (tabela 3.5. i rysunek 3.2.) i na tej podstawie trudno oceniać obecne zróżnicowanie wskaźników nagromadzenia odpadów medycznych na oddziałach szpitalnych różnych specjalności.

Tabela 3.5. Przykładowe wskaźniki nagromadzenia odpadów wg rodzaju placówek służby zdrowia (Skalmowski, 2006)

Table 3.5. Examples of indicators of waste accumulation by type of health care facility (Skalmowski, 2006)

Rodzaj placówki	Wskaźnik nagromadzenia
Szpital ogólny	0,16-0,30 kg/tóżko/dobę
Szpital psychiatryczny	0,16 kg/tóżko/dobę
Sanatorium rehabilitacyjne	
Ośrodki leczenia odwykowego	
Zakłady pielęgnacyjno-opiekuńcze	
Zakłady leczniczo-wychowawcze	
Zakłady opiekuńczo lecznicze	
Szpitale uzdrowiskowe	
Sanatoria uzdrowiskowe	
Hospicja	
Przychodnie	0,005 kg/poradę
Ośrodki zdrowia	
Poradnie	
Punkty lekarskie	
Praktyki lekarskie	



Rysunek 3.2. Ilość odpadów medycznych powstających w gabinetach medycznych wybranych specjalności (opracowanie własne na podstawie Faber, 2004; Wandrasz 2000)

Figure 3.2. The amount of medical waste generated in selected types of surgeries (own work based on Faber, 2004; Wandrasz 2000)

Wg dostępnych danych ilość odpadów medycznych niebezpiecznych powstających w szpitalach, oddawanych do unieszkodliwienia, jest w istotnym stopniu zależna od tego, czy placówka dysponuje własną spalarnią odpadów. W szpitalach posiadających własną spalarnię liczba odpadów niebezpiecznych powstających na dobę wynosi 0,15-3,0 kg/łóżko/dobę. W przypadku oddawania odpadów niebezpiecznych do zewnętrznego zakładu unieszkodliwiania wskaźnik nagromadzenia waha się w granicach 0,05-0,1 kg/łóżko/dobę (Wielgoński, 2004). Różnica ta jest związana z kosztem unieszkodliwiania odpadów i możliwościami finansowymi placówek służby zdrowia. Z uwagi na okres pochodzenia danych i generalne zmiany w systemie gospodarki odpadami, obecnie ta struktura przedstawia się prawdopodobnie nieco inaczej. Brakuje jednak bieżących publikacji w tym zakresie.

Tabela 3.6. Skład morfologiczny odpadów medycznych (Wandrasz, 2006)

Table 3.6. Composition of medical waste (Wandrasz, 2006)

Rodzaj odpadów	Wartości graniczne [%]
Tworzywa sztuczne	10,2-28,0
Tkanka ludzka oraz zwierzęca	0,5-6,0
lignina	8,0-30,0
wata	3,5-8,5
bandaże	2,1-7,5
Papier i tektura	10,0-22,0
szkło	2,8-10,5
Metale	0,3-3,5
Materiały tekstylne	1,0-10,05
Opatrunki gipsowe	1,0-4,0
Odpady spożywcze	3,0-3,8
Przeterminowane leki	0,5-5,0
Inne odpady	2,0-8,0

Skład morfologiczny (tabela 3.6.) odpadów medycznych przekłada się na ich wartość opałową, w związku z powyższym można wprowadzić podział odpadów medycznych, z punktu widzenia i wartości opałowej, np. na cztery grupy (Wandrasz, 2000):

- palne o wartości opałowej około 20 MJ/kg, mieszanina odpadów takich jak papier, lignina itp., zawierają około 10% wilgoci i 5% części niepalnych;
- odpady pozabiegowe i pooperacyjne o wartości opałowej około 2,5 MJ/kg, zawierają do 85% wilgoci;
- odpady z tworzyw sztucznych – wartość opałowa 46,5 MJ/kg;
- odpady o znikomej wartości opałowej takie jak np. igły, leki.

3.4. ODPADY POZOSTAŁE

Odpady pozostałe nie powstają bezpośrednio w wyniku świadczenia usług medycznych, stanowią jednak około 70% odpadów powstających w placówkach służby zdrowia. Są to następujące grupy odpadów:

- odpady opakowaniowe;
- odpady związane z eksploatacją budynku użyteczności publicznej;
- odpady elektryczne i elektroniczne;
- odpady o charakterze komunalnym.

W placówkach związanych ze służbą zdrowia występują przede wszystkim:

- opakowania z papieru i tektury;
- opakowania ze szkła;
- opakowania z tworzyw sztucznych.

Wśród opakowań z papieru i tektury dominują zbiorcze kartony i opakowania po lekach. Opakowania z tworzyw sztucznych to przede wszystkim plastikowe butelki po napojach oraz opakowania po różnego rodzaju preparatach wykorzystywanych w placówkach medycznych. Produkty mające bezpośredni kontakt z lekami i płynami infuzyjnymi nie są traktowane jak opakowania w myśl przepisów o odpadach.

Szczegółowy wykaz rodzajów odpadów powstających w placówkach służby zdrowia znajduje się w tabeli załączniku nr 2.

3.5. INSTALACJE DO UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW MEDYCZNYCH

Jedyną dopuszczoną przez polskie prawo metodą unieszkodliwiania *zakaźnych* odpadów medycznych (zagadnienie zostało szczegółowo opisane w rozdziale 2.5.), które stanowią główną frakcję w strumieniu odpadów medycznych (rysunek 4.1), jest ich termiczne przekształcanie w spalarniach odpadów niebezpiecznych.



Rysunek 3.3. Instalacje gospodarki odpadami niebezpiecznymi według stanu na dzień 30 czerwca 2010 r., w tym instalacje do termicznego unieszkodliwiania odpadów medycznych (KPGO, 2010)

Figure 3.3. Hazardous waste management facilities for 30th June 2010, including installations for thermal treatment of medical waste (KPGO, 2010)

W Polsce w roku 2008 funkcjonowało 45 spalarni o łącznej mocy przerobowej 40,4 tys. Mg (KPGO, 2010). Rysunek 3.3. przedstawia podstawowe instalacje gospodarki odpadami niebezpiecznymi według stanu na dzień 30 czerwca 2010 r., w tym instalacje do termicznego unieszkodliwiania odpadów medycznych (wg KPGO). Równoległym źródłem informacji o istniejących instalacjach jest wykaz instalacji do termicznego przekształcania odpadów medycznych udostępniony przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie, zawierający zestawienie danych z następujących instytucji/źródeł (stan na koniec roku 2010):

- Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska,
- Centralnego Systemu Odpadowego,
- Urzędów Marszałkowskich – dane o instalacjach z CSO wraz z ich dopuszczalnymi mocami przerobowymi zostały zweryfikowane poprzez skonfrontowanie ich z decyzjami Marszałków.

W wykazie tym znajdują się 43 instalacje o łącznej maksymalnej mocy przerobowej:

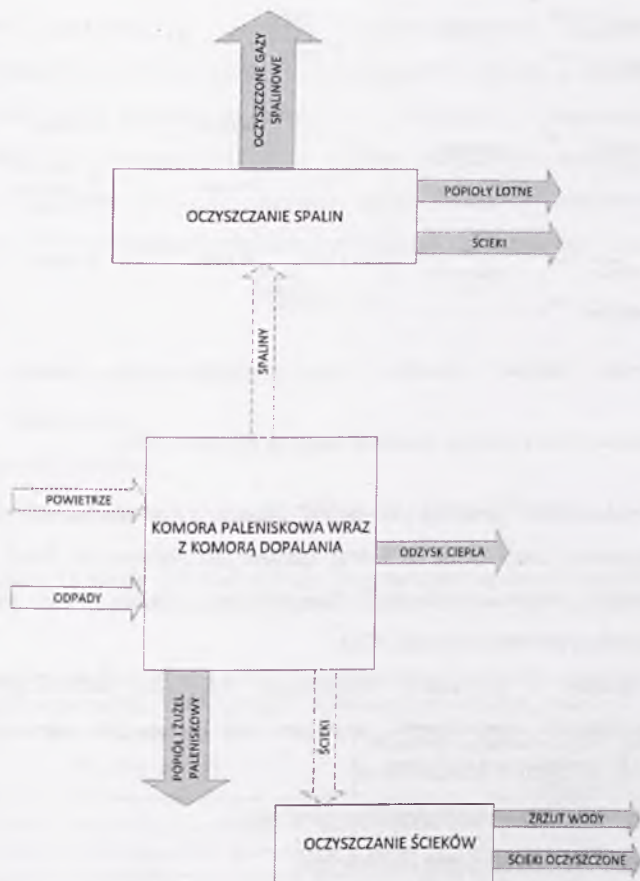
- wg danych z WIOŚ 105,4 tys. Mg/rok,
- wg danych z CSO 83, 1 tys. Mg/rok,
- wg danych z CSO, zweryfikowanych z decyzjami Marszałków 32,7 tys. Mg/rok.

Powyższe dane pokazują jak duże rozbieżności występują w różnych zestawieniach i bazach danych dotyczących gospodarki odpadami medycznymi. Poza problemem inwentaryzacji dostępnych mocy przerobowych instalacji do unieszkodliwiania, istotną kwestią pozostaje właściwe, stosowne do strumienia wytwarzanych odpadów, rozmieszczenie tych instalacji. Problem ten jest szczególnie widoczny na przykładzie województwa mazowieckiego, w którym powstaje blisko 11-12% wszystkich odpadów medycznych wytwarzanych w Polsce (wg danych z CSO, rozdział 7), a zgodnie z danymi Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie z roku 2013 w województwie funkcjonowała jedna mała instalacja do termicznego przekształcania zakaźnych odpadów medycznych o wydajności 298,5 Mg/rok (WIOŚ Warszawa, 2013). Taki rozkład przestrzenny prowadzi do nieuchronnego naruszania zasady bliskości (opisanej szczegółowo w rozdziale 2.2), odpady są bowiem wywożone do instalacji znajdujących się w całej Polsce.

Przytoczone w tym rozdziale dane wskazują na istotne problemy dotyczące aspektów organizacyjnych SGOM; w tym w szczególności związane z unieszkodliwianiem inwentaryzacją i kontrolą strumienia odpadów medycznych. Są one przesłankami świadczącymi o możliwości występowania ryzyka w tym systemie.

3.6. PROCES TERMICZNEGO PRZEKSZTAŁCANIA ODPADÓW MEDYCZNYCH

Najważniejszym celem metody termicznej jest pozbawienie zakaźnych odpadów medycznych ich właściwości infekcyjnych (i innych właściwości niebezpiecznych), zmniejszenie objętości i ciężaru odpadu końcowego, zastosowanie odzysku energii z kalorycznych odpadów (jeżeli technologia na to pozwala) oraz finalnie wytworzenie odpadów nadających się do dalszego zagospodarowania (unieszkodliwiania lub odzysku) w bezpieczny dla środowiska i zgodny z prawem sposób. W trakcie procesu dochodzi do wytworzenia produktów ubocznych w postaci: emisji gazów spalinowych, ścieków i odpadów poprocesowych (rysunek 3.4.).

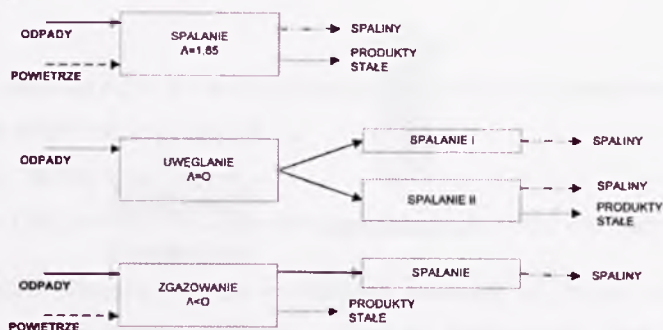


Rysunek 3.4. Ideowy schemat procesu termicznego przekształcania odpadów medycznych (na podstawie BAT Section V.A.2., 2014)

Figure 3.4. A schematic diagram of the process of thermal treatment of medical waste (base on BAT Section V.A.2., 2014)

Termiczne unieszkodliwianie odpadów, w tym odpadów medycznych, w zależności od parametrów termicznych i organizacji procesu może być prowadzone przez (Wandrasz, 2000):

- spalanie,
- uwęglanie,
- zgazowanie.



Rysunek 3.5. Schematy realizacji procesów termicznego przekształcania odpadów (na podstawie Wandrasz, 2000)

Figure 3.5. Schemes of waste incineration process (based on Wandrasz, 2000)

Procesy przedstawione powyżej różnią się między sobą stosunkiem nadmiaru tlenu (stosunek rzeczywistej masy tlenu, w której spalane jest paliwo, do ilości potrzebnej do całkowitego spalania paliwa – wielkość stechiometryczna), udziału tlenu w substratach oraz temperaturą przebiegu procesu (rysunek 3.5.).

Z kolei zgodnie z projektem wytycznych BAT dla technologii termicznego przekształcania odpadów medycznych, dopuszcza się następujące warianty termicznego przekształcania (BAT Section V.A.2, 2014):

- odgazowanie i/lub zgazowanie odpadów (piroliza);
- spalanie z wykorzystaniem pieca obrotowego;
- spalanie na ruszcie specjalnie przystosowanym dla medycznych odpadów zakaźnych (linia w ramach spalarni odpadów komunalnych);
- spalanie w piecach ze złożem fluidalnym.

Innym referencyjnym dokumentem dotyczącym metod unieszkodliwiania odpadów medycznych jest wydane przez Organizację Narodów Zjednoczonych (program na rzecz środowiska) *Kompendium technologii do unieszkodliwiania odpadów z placówek służby zdrowia* (UNEP, 2012). W kompendium wykonano przegląd stosowanych technologii unieszkodliwiania odpadów medycznych, przeanalizowano łącznie 65 technologii, z czego 10 stanowią technologie oparte o termiczne przekształcanie odpadów.

W trakcie prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów medycznych zakaźnych w warunkach polskich muszą zostać przede wszystkim dotrzymane warunki określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie

dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 104 ze zmianami) – opisane w rozdziale 2.5.

Dotrzymanie norm emisyjnych (tabela 3.7.) zawartych w rozporządzeniu Ministra Środowiska dnia 22 kwietnia 2011 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz.U. z dnia 10 maja 2011 r.) wymaga zastosowania wielostopniowego systemu oczyszczania spalin w spalarniach odpadów medycznych zawierającego m.in. (Wielgoński, 2012):

- odpylanie;
- usuwanie gazów kwaśnych (SO₂, HCl i HF);
- usuwanie tlenków azotu;
- usuwanie metali ciężkich;
- usuwanie związków organicznych – produktów niepełnego spalania.

Tabela 3.7. Standardy emisyjne z instalacji spalania i współspalania odpadów na podstawie rozporządzenia Ministra Środowiska dnia 22 kwietnia 2011 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz.U. z dnia 10 maja 2011 r.)

Table 3.7. Emission standards for the incineration and co-incineration of waste on the basis of the regulation of the Minister of Environment from 22nd April 2011 on the installation emission standards

Lp.	Nazwa substancji	Standardy emisyjne w mg/m ³ _a (dla dioksyn i furanów w ng/m ³ _a), przy zawartości 11 % tlenu w gazach odlotowych ¹⁾		
		Średnie dobowe	Średnie trzydziestominutowe	
			A	B
1	2	3	4	5
1	pył ogółem	10	30	10
2	substancje organiczne w postaci gazów i par wyrażone jako całkowity węgiel organiczny	10	20	10
3	chlorowodór	10	60	10
4	fluorowodór	1	4	2
5	dwutlenek siarki	50	200	50
6	tlenek węgla ²⁾	50	100	150 ³⁾
7	tlenek azotu i dwutlenek azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu z istniejących instalacji ⁴⁾ o zdolności przerobowej ⁵⁾ większej niż 6 Mg odpadów spalanych w ciągu godziny lub z nowych instalacji	200	400	200
	tlenek azotu i dwutlenek azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu z istniejących instalacji ⁴⁾ o zdolności przerobowej ⁵⁾ do 6 Mg odpadów spalanych w ciągu godziny		400	-
8	metale ciężkie i ich związki wyrażone jako metal	Średnie z próby o czasie trwania od 30 minut do 8 godzin		
	kadm + tal	0,05		
	rtęć	0,05		
	antymon + arsen + ołów + chrom + kobalt + miedź + mangan + nikiel + wanad	0,5		
9	dioksyny i furany	Średnia z próby o czasie trwania od 6 do 8 godzin 0,1 ⁶⁾		

3.7. POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI POPROCESOWYMI

Istotnym elementem gospodarki odpadami medycznymi jest postępowanie z odpadami wtórnymi, pozostającymi po procesie unieszkodliwiania. Wybór metody bezpiecznego zagospodarowania pozostałości poprocesowych, istotnie wpływa na efekt ekologiczny i aspekt ekonomiczny procesu unieszkodliwiania odpadów medycznych.

W procesie termicznego unieszkodliwiania odpadów powstają następujące rodzaje odpadów:

- żużel po procesie spalania odpadów 09 01 11* lub 09 01 12;
- odpady stałe z pirolizy odpadów 09 01 17* lub 09 01 18;
- odpady z procesu oczyszczania spalin:
 - popioły lotne 09 01 13* lub 09 01 14;
 - pyły 09 01 15* lub 09 01 16;
 - płacki filtracyjne, szlamy i inne 09 01 05, 01 09 06 lub 09 01 07*;
 - zużyte sorbenty z procesu oczyszczania spalin (węgiel aktywny) 09 01 10*;

Katalog odpadów uwzględnia możliwość sklasyfikowania odpadów pozostających po spalaniu odpadów medycznych jako inne niż niebezpieczne. Sposób klasyfikacji jest zależny od zawartości substancji niebezpiecznych takich jak np. metale ciężkie. Tabela 3.8. przedstawia zawartość metali ciężkich z popiołów w spalarniach odpadów medycznych w różnych krajach, w tym w Polsce (Zawadzka, 2007). Badania przeprowadzone i przedstawione przez autorkę ww. pracy świadczą o tym, że popioły ze spalarni odpadów medycznych w Polsce zawierają o blisko rząd wielkości więcej metali ciężkich niż odpady z analogicznych obiektów w innych krajach. Rozbieżności te mogą wynikać z wielu faktów – różnicy w morfologii odpadów wejściowych, warunków prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów z wykorzystaniem różnych technologii, aż w końcu ze zróżnicowanej metodyki badań. Niemniej jednak wyniki te są niepokojące i dają podstawę do wnioskowania o dużej toksyczności popiołów ze spalania odpadów medycznych.

Tabela 3.8. Porównanie zawartości metali w popiołach pochodzących ze spalarni medycznych zlokalizowanych w różnych krajach świata w mg/kg (Zawadzka, 2007)

Table 3.8. Comparison of metal content in the ash from the medical waste incinerators located in different countries of the world in mg/kg (Zawadzka, 2007)

Metal	Polska	Argentyna	Włochy	Kuwejt	Malezja	Turcja	Indie
Ni	761±51	-	45	-	278±23	66-460	26-580
Cu	1811±158	10	173	300	698±64	113-176	145-230
Cr	1239±90	20	109	100	95±8	3-87	54-88
Pb	920±60	5	964	300	16±3	9-220	8-775
Hg	86±15	-	-	1000	0,05±0,01	-	0-1
Cd	59±8	2,5	85	30	0,17±0,02	-	0,61-5,5
Co	221±20	-	45	-	4,6±0,2	10-72	0,61-5,5
Mn	6719±572	-	105	-	-	50-119	26-580

Aby odpad został zaklasyfikowany jako inny niż niebezpieczny musi być przebadany zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne. W praktyce sytuacja taka występuje w przypadku żużla. Możliwe metody zagospodarowania odpadów po termicznym procesie unieszkodliwiania odpadów medycznych przedstawia tabela 3.9.

Tabela 3.9. Metody postępowania z pozostałościami po termicznym unieszkodliwianiu odpadów (Wielgosiński, 2003)

Table 3.9. Methods of dealing with the remnants of thermal waste treatment (Wielgosiński, 2003)

Rodzaj odpadu	Metoda postępowania
Żużel i popioły paleniskowe	W przypadku niskiej wymywalności metali możliwe budowlane wykorzystanie lub składowanie na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne lub obojętne, w pozostałych przypadkach składowisko odpadów niebezpiecznych
Koks pirolityczny	Spalenie w spalarni odpadów niebezpiecznych
Popioły lotne i pył z układów odpylania	Składowisko odpadów niebezpiecznych, wskazane zestalanie poprzez betonowanie odpadów w bloczki
Stałe produkty reakcji z układów oczyszczania gazów	Składowisko odpadów niebezpiecznych, wskazane zestalanie poprzez betonowanie odpadów w bloczki
Osady z oczyszczania ścieków	Składowisko odpadów niebezpiecznych, wskazane zestalanie poprzez betonowanie odpadów w bloczki
Zużyte katalizatory	Składowisko odpadów niebezpiecznych lub zakład przetwórczy
Zużyty węgiel aktywny	Najczęściej spalanie w spalarni odpadów niebezpiecznych (może być we własnej jako dodatek do innych spalanych odpadów)

W przypadku stwierdzenia, że dany odpad nie musi być klasyfikowany jako niebezpieczny, można pozostałość wykorzystać jako dodatek do materiałów budowlanych lub zdeponować na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne. Pozostałe odpady, tzn. odpady stałe z procesu pirolizy oraz z oczyszczania gazów, zawierają duże ilości substancji niebezpiecznych traktowane są przeważnie jako odpad niebezpieczny.

3.8. WNIOSKI Z ROZDZIAŁU 3

Odpady medyczne stanowią grupę odpadów trudną do unieszkodliwiania, głównie ze względu na źródło powstawania, które determinuje ich specyficzne właściwości i stwarza ograniczenia w postępowaniu z nimi. W strumieniu wszystkich wytwarzanych w Polsce odpadów medycznych ponad 94% stanowią odpady o charakterze potencjalnie infekcyjnym (rozdział 3.3). W odpadach tych mogą być przenoszone różne patogeny chorobotwórcze, które stanowią ryzyko dla ludzi (problem został szczegółowo opisany w rozdziale 3.1). Ponadto odpady medyczne mają inne właściwości niebezpieczne, które mogą powodować zagrożenia dla ludzi i środowiska. Z ww. względów bezpieczne funkcjonowanie SGOM wymaga odpowiednich metod i środków do unieszkodliwiania odpadów medycznych.

Zgodnie z obowiązującym stanem prawnym (rozdział 2) odpady medyczne zakaźne mogą być unieszkodliwiane wyłącznie przez termiczne przekształcanie w spalarniach odpadów niebezpiecznych. Termiczne przekształcanie odpadów niebezpiecznych, w tym medycznych zakaźnych, jest procesem bardzo złożonym technologicznie i w konsekwencji kapitałochłonnym (rozdział 3.6). Nieprawidłowości pojawiające się na etapie unieszkodliwiania odpadów medycznych, w tym zwłaszcza odpadów medycznych niebezpiecznych, mogą powodować presję SGOM na środowisko (emisja zanieczyszczeń do powietrza, emisja ścieków, emisja niebezpiecznych odpadów poprocesowych), a w konsekwencji zagrożenie dla ludzi. Ponadto brak przemyślanego systemu unieszkodliwiania odpadów medycznych i kontroli nad nim (rozdział 3.5), może być źródłem nieuzasadnionego wzrostu kosztów funkcjonowania SGOM.

Rozdział 4. STOSOWANE METODY ANALIZY SGOM

Obserwując publikacje dotyczące analizy systemów gospodarki odpadami można stwierdzić, że w ostatnich latach dominują metody hybrydowe, łączące w sobie kilka podejść, aby w efekcie analizować systemy gospodarki odpadami w odniesieniu do wielu aspektów ich funkcjonowania (Anada i inni, 2009; Pires i inni, 2011). Podejście zintegrowane w tych analizach ma na celu kreowanie systemów gospodarki odpadami, zrównoważonych z punktu widzenia kilku czynników – głównie środowiska, ekonomii i społeczeństwa.

Najczęściej wykorzystywanymi metodami są metody opierające się na analizie wielokryterialnej (ang. *Multi Criteria Decision Analysis* – MCDA) (Aragonés-Beltrán i inni, 2010; Korucu i inni, 2012; Morrissey i inni, 2004) i analizie cyklu życia (ang. *Life Cycle Assessment* – LCA) (den Boer i inni, 2003; Nessi i inni, 2013; Tarantini i inni, 2009) lub na różnych kompilacjach tych metod razem lub z innymi metodami (Pires i inni, 2011). MCDA i LCA nadają się przede wszystkim do scenariuszowej/wariantowej oceny systemów gospodarki odpadami (Linkov, 2011). Ponadto nadal istotne miejsce wśród metod modelowania systemów gospodarki odpadami stanowią tradycyjne metody optymalizacji systemów gospodarki odpadami (Biedugnis i Cholewiński, 1992). Coraz powszechniejsze w odniesieniu do analizy i planowania systemów gospodarki odpadami stają się również zaawansowane metody wykorzystujące systemy wspomagania komputerowego; np. oparte o metodologię modelowania zorientowanego obiektowego z zastosowaniem zaawansowanych środowisk programistycznych (Gaska, 2007 i 2012).

Powyższe metody znalazły zastosowanie również w odniesieniu do zagadnień dotyczących odpadów medycznych. W zastosowaniach tych nacisk położony został głównie na aspekty środowiskowe i finansowe oraz szukanie optymalnego scenariusza gospodarki odpadami medycznymi. W przeglądzie literatury zidentyfikowano prace dotyczące optymalizacji systemu gospodarki odpadami medycznymi i doboru optymalnej struktury funkcjonowania takiego systemu, również w ujęciu dynamicznym (Walery, 2011 i 2013). Autorka przytoczonych prac wykorzystała metody optymalizacyjne do planowania systemu wywozu i unieszkodliwiania odpadów medycznych, aby ostatecznie dokonać wyboru wariantu najkorzystniejszego pod względem technicznym, eksploatacyjnym oraz inwestycyjnym z zachowaniem wymogów ochrony środowiska.

W literaturze można również znaleźć zastosowania analizy wielokryterialnej do rozwiązywania problemów związanych z gospodarką odpadami medycznymi, w tym również z uwzględnieniem zagadnień dotyczących ryzyka. Podobnie jak w przypadku innych systemów gospodarki odpadami, najczęściej jest wykorzystywana metoda porządkowania hierarchicznego AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*) (Brent i inni, 2007; Morrissey i inni, 2004; Karamuz i inni; 2007). Poniżej przytoczono kilka prac opisujących wykorzystanie tej metody w odniesieniu do odpadów medycznych.

Badacze z Uniwersytetu w Pretorii w Południowej Afryce wykorzystali metodę AHP do minimalizacji ryzyka w systemach gospodarki odpadami medycznymi w krajach rozwijających się. Do oceny systemów gospodarki odpadami medycznymi włączono piętnastu ekspertów, reprezentujących różne grupy uczestników systemu gospodarki odpadami. Przeanalizowane zostały kolejne etapy postępowania z odpadami medycznymi w różnych wariantach unieszkodliwiania odpadów – w miejscu wytworzenia i w scentralizowanym punkcie unieszkodliwiania odpadów medycznych. Efektem końcowym była ocena ryzyka związanego z funkcjonowaniem różnych wariantów systemu gospodarki odpadami medycznymi, na podstawie określenia ryzyka dla procesów cząstkowych. Ryzyko było estymowane na podstawie wskaźników ryzyka przypisanych do poszczególnych wariantów postępowania z odpadami. Wskaźniki te były określane na podstawie wiedzy i doświadczenia autorów badania i miały charakter umowny – służyły pokazaniu możliwości zastosowania modelu. Całość była realizowana z uwzględnieniem analizy cyklu życia LCA (Brent i inni, 2007; Rogers i inni, 2009). W zastosowaniu tym, nacisk został położony na wybór najlepszego wariantu postępowania z odpadami i medycznymi z punktu widzenia różnych możliwości ich unieszkodliwiania.

Badacze greccy zastosowali metodę AHP do oceny alternatywnych scenariuszy unieszkodliwiania odpadów medycznych. Scenariusze różniły się zastosowaną metodą i miejscem unieszkodliwiania odpadów (w miejscu wytworzenia lub scentralizowanym punkcie unieszkodliwiania) oraz odległością transportu do miejsca unieszkodliwiania. Przeanalizowano siedem scenariuszy, biorąc pod uwagę kryteria środowiskowe i ekonomiczne. W rezultacie prowadzonych badań stwierdzono dużą wrażliwość prowadzonej analizy na wagi przykładane do poszczególnych kryteriów oceny, co stanowi główną wadę tej metody (Karagiannidis i inni, 2010). Ta praca miała bardzo zbliżony charakter do zaprezentowanej przez badaczy z Pretorii (Brent i inni, 2007; Rogers i inni, 2009), z tą różnicą, że nie uwzględniała analizy LCA.

Innym przykładem wykorzystania metody AHP w odniesieniu do zagadnienia związanego z odpadami medycznymi jest projekt dotyczący *oceny efektu środowiskowego* różnych metod postępowania z tymi odpadami w wybranych szpitalach w prowincji Khuzestan w Iranie; pod uwagę wzięto również koszty związane z presją poszczególnych szpitali na środowisko. Omawiana praca badawcza była podstawą do stworzenia zarysu Planu Gospodarki Odpadami Medycznymi, który z uwzględnieniem obowiązujących w Iranie przepisów, pozwoliłby na ograniczenie do środowiska emisji związanej z funkcjonowaniem SGOM oraz na bardziej efektywną gospodarkę odpadami medycznymi na wszystkich etapach postępowania – wytwarzania, zbierania, transportu i unieszkodliwiania (Karamouz i inni, 2007).

Jeszcze inny przykład zastosowania metody AHP przedstawili badacze z Tajwanu, którzy wykorzystali ją do wyboru najlepszego, z punktu widzenia kilku czynników, odbiorcy odpadów medycznych. Wyboru kryteriów oceny dokonano za pomocą opinii ekspertów, przy wykorzystaniu uproszczonej metody delfickiej (Hsu i inni, 2008).

Do tej pory zostało przeprowadzone stosunkowo niewiele badań dotyczących oceny systemu gospodarki odpadami medycznymi z punktu widzenia metody LCA. Przykładem zastosowania LCA w odniesieniu do problematyki odpadów medycznych, jest porównanie metody termicznej i metod alternatywnych (sterylizacja parowa) unieszkodliwiania odpadów infekcyjnych (Zhao i inni, 2009). Badacze porównali pięć możliwości unieszkodliwiania odpadów medycznych, w tym wariant z odzyskiem energii. Technologie były analizowane z punktu widzenia ich presji na środowisko.

4.1. WNIOSKI Z ROZDZIAŁU 4

Stosowane dotychczas metody analizy systemów gospodarki odpadami, w tym odpadami medycznymi, koncentrują się na wariantowych sposobach ich analizy. W omówionych w tym rozdziale przykładach literaturowych wykazano możliwość uwzględnienia w ww. analizach czynników środowiskowych, ekonomicznych, społecznych i innych aspektów dotyczących analizowanych systemów gospodarki odpadami. Wymienione w rozdziale 4 metody bazują na analizie scenariuszowej, zakładającej kilka alternatywnych możliwości działania/rozwoju rzeczywistości, aby w efekcie poszukać tej najkorzystniejszej (zgodnie z przyjętymi kryteriami i metodyką).

Niemniej jednak, mimo szerokiego wyboru metod stosowanych do analizy systemów gospodarki odpadami, w przypadku tak charakterystycznej grupy odpadów jaką są odpady

medyczne, istnieje potrzeba uzupełnienia stosowanych metod o metodę dedykowaną do analizy ryzyka w SGOM. Metoda ta powinna wspierać diagnozę stanu aktualnego, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości odpadów medycznych i oddziaływań jakie mogą powodować. Bazując na wnioskach z rozdziału 3, analiza ta powinna koncentrować się głównie na obszarze związanym z ryzykiem ludzkimi, w dalszej kolejności na szkodliwości dla środowiska i potencjalnych stratach finansowych. Finalnym celem takiej analizy powinny być wnioski niezbędne dla stworzenia zrównoważonego systemu gospodarki odpadami medycznymi, który zgodnie z ustawą o *odpadach* (rozdział 2), będzie zapewniał ochronę życia i zdrowia ludzi oraz środowiska.

Rozdział 5. PRZEGLĄD METOD ANALIZY RYZYKA

5.1. POJĘCIE RYZYKA

Etymologia wyrazu ryzyko nie została do tej pory jednoznacznie wyjaśniona. Słowo to ma w wielu językach różne (choć niejednokrotnie zbliżone) znaczenie (Kaczmarek, 2005):

- w języku perskim *rozi(k)* to los, dzienna zapłata ale i również chleb,
- w języku łacińskim czasownik *riscare* oznacza omijanie czegoś,
- w języku arabskim słowo *risq* to dopust boży, los,
- w języku hiszpańskim *ar-risco* oznacza odwagę i niebezpieczeństwo, podobnie jest w języku francuskim,
- w słownikach niemieckich z XVIII wieku słowo *risco*, *risico*, określa niebezpieczeństwo związane z naruszeniem uczciwych zasad handlowych,
- w języku angielskim wyróżnia się dwa słowa o zbliżonym znaczeniu: *risk* i *hazard*, pierwsze jest używane do charakterystyki sytuacji powodującej niebezpieczeństwo lub potencjalne źródło niebezpieczeństwa, natomiast słowo *hazard* jest używane jedynie w drugim znaczeniu,
- w języku włoskim słowo *ris(i)co* lub *rischio* oznacza rafę, którą statek powinien ominąć, określa niebezpieczeństwo, którego żeglarze muszą unikać.

Frank Knight w latach 30. wieku XX podjął naukową próbę sformułowania definicji ryzyka, poprzez odróżnienie ryzyka od niepewności. Przyjął, że niepewność to pojęcie dużo szersze od ryzyka. Założył, że niepewność to sytuacja, w której można zidentyfikować źródła potencjalnego niepowodzenia, ale nie można w sposób ścisły określić prawdopodobieństwa ich materializacji. Z kolei ryzyko, to niepewność, która można wyrazić za pomocą liczb (Winiarski, 2005). Warunkiem rozróżniającym te dwa pojęcia – niepewności i ryzyka – jest możliwość wykorzystania miary prawdopodobieństwa. Wg innej definicji można przyjąć, że o ryzyku mówimy wówczas, kiedy jednoznacznie można określić istniejące zagrożenia i oszacować prawdopodobieństwo ich wystąpienia. W przeciwnym wypadku – kiedy jeden lub oba z ww. elementów są nieznane – mamy do czynienia z niepewnością (Połoński, 2006). Przyjęta definicja ryzyka w dużej mierze zależy od celu analizy ryzyka i rozpatrywanego zagadnienia. Na potrzeby niniejszej pracy, odnoszącej się do ryzyka w systemie gospodarki

odpadami medycznymi, najbardziej odpowiednia wydaje się definicja przyjęta przez Tadeusza Szopę.

Definicja ryzyka (Szopa, 2009): *jest to możliwość pojawienia się określonych strat (szkód) w rozważanym systemie człowiek-technika-otoczenie w określonym czasie jego funkcjonowania.*

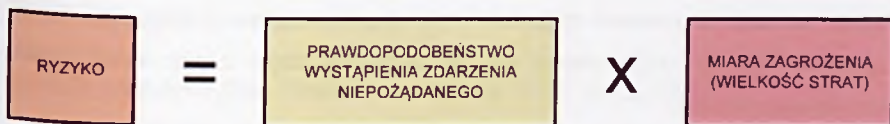
Pojęcie ryzyka jest ściśle powiązane z pojęciem bezpieczeństwa i niezawodności. Analiza ryzyka jest częścią inżynierii bezpieczeństwa, której celem jest ograniczanie strat w określonych obszarach działalności i życia ludzi. Pojęcie bezpieczeństwa jest pojęciem przeciwnym do pojęcia ryzyka.

Z kolei oba pojęcia – bezpieczeństwa i ryzyka – wywodzą się z teorii niezawodności, która jako dyscyplina naukowa została wprowadzona w życie w roku 1955 w Stanach Zjednoczonych (Rak i inni, 2005). Teoria niezawodności oparta jest na teorii prawdopodobieństwa, która zajmuje się badaniem i prognozowaniem zdarzeń losowych. Określa prawdopodobieństwo występowania uszkodzeń/niesprawności poszczególnych elementów rozpatrywanego systemu. W odróżnieniu od teorii niezawodności, która bada wszystkie uszkodzenia/niesprawności występujące w procesie eksploatacji, teoria bezpieczeństwa zajmuje się z kolei badaniem uszkodzeń/niesprawności stwarzających stany zagrożenia bezpieczeństwa. Natomiast teoria ryzyka, pozwala na określenie prawdopodobieństwa zaistnienia nieprzewidzianych zdarzeń losowych mogących powodować straty i niebezpieczeństwo (Denczew, 2007).

Istotnymi pojęciami, które należy zdefiniować na potrzeby analizy ryzyka, są *zagrożenia* i *zdarzenia niepożądane*; zależność pomiędzy tymi dwoma pojęciami a pojęciem ryzyka przedstawia rysunek 5.1.

Definicja zdarzenia niepożądanego (Szopa, 2009): *jest to zdarzenie, którego zajście w danym systemie człowiek-technika-otoczenie może powodować straty w odniesieniu do chronionych dóbr.*

Definicja zagrożenia (Szopa, 2009): *jest to możliwość powstania określonych strat, ustalana dla sytuacji powstałej po zajściu pojedynczego zdarzenia niepożądanego w rozpatrywanym systemie człowiek-technika-otoczenie.*



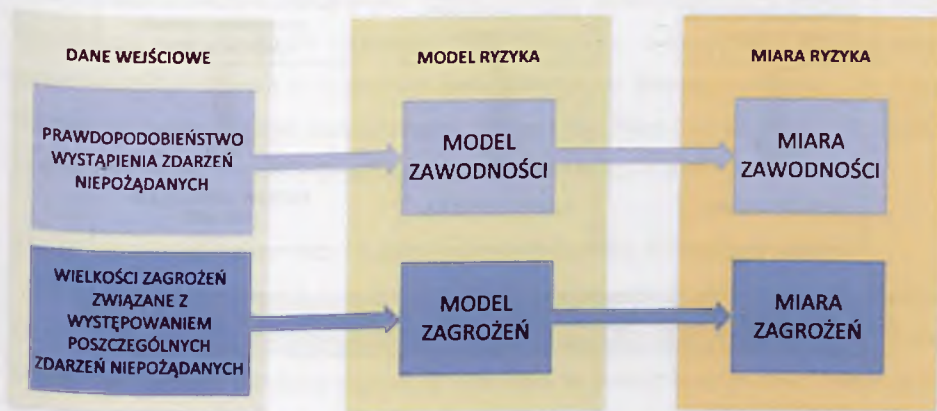
Rysunek 5.1. Miara ryzyka

Figure 5.1. Risk measure

Ocena i analiza ryzyka wymagają przełożenia zjawisk na wielkości, które umożliwiają określenie miar ryzyka, będących podstawą do jego interpretacji i kwalifikacji. Sposób formułowania tych miar wprowadza podział metod analizy ryzyka, opisany w rozdziale 5.2.

5.2. PODZIAŁ METOD ANALIZY I OCENY RYZYKA

Istotą procesu analizy ryzyka jest dokonanie oceny ryzyka. W tym celu należy dobrać odpowiedni model ryzyka, który w możliwie wierny sposób odwzoruje warunki rzeczywiste.



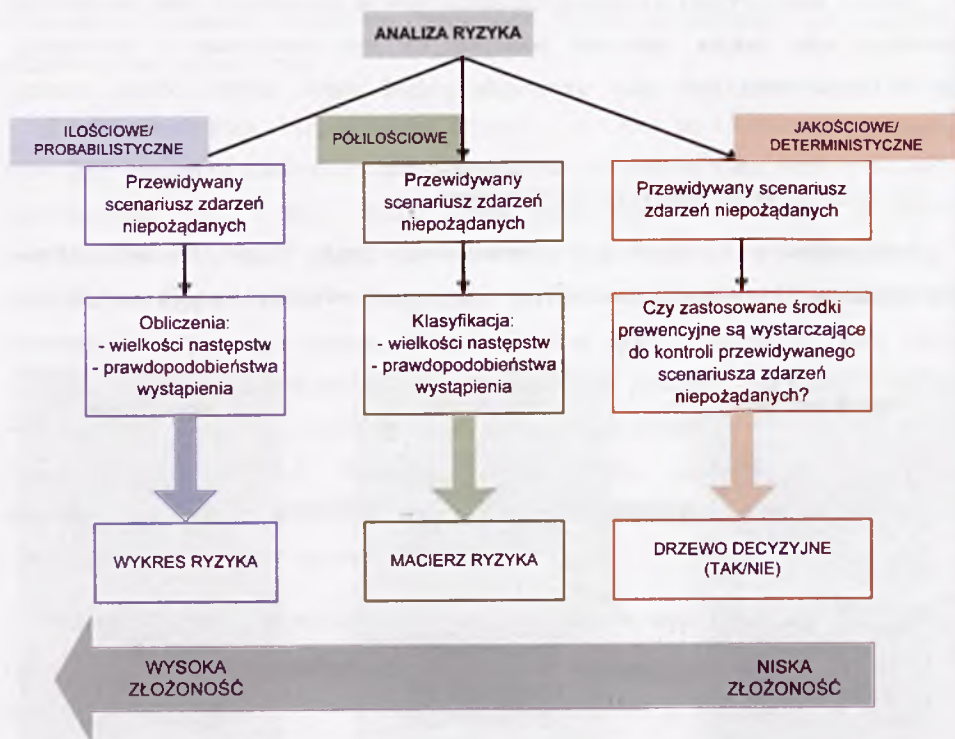
Rysunek 5.2. Model ryzyka (opracowanie własne w oparciu o Szopa, 2009 ; Pinedo i in., 2014)

Figure 5.2. Risk model (own based on the Szopa, 2009; Pinedo i in., 2014)

Podstawą modelu ryzyka jest wyznaczenie miary ryzyka, zgodnie z zależnością przedstawioną na rysunku 5.2. Zgodnie z ujęciem zaproponowanym przez (Szopa, 2009) model ryzyka składa się z następujących części: modelu zawodności i modelu zagrożeń. Model zawodności określa prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń niepożądanych

w danym systemie, natomiast model zagrożeń polega na przypisaniu miar zagrożeń do określonych zdarzeń. Szacowanie zagrożeń i prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych może być wykonywane różnymi metodami; część z tych metod została scharakteryzowana poniżej.

Metody analizy ryzyka można różnicować z punktu widzenia kilku czynników, jednak najważniejszym jest sposób określania wielkości zagrożeń i częstości występowania zdarzeń niepożądanych. Ideowy podział metod analizy ryzyka przedstawiono na rysunku 5.3.



Rysunek 5.3. Podział metod analizy ryzyka z uwzględnieniem ich czasochłonności (na podstawie Dziubiński i inni, 2006; Kozak 2011)

Figure 5.3. Distribution of risk analysis methods with regard to their time-consuming (based on Dziubiński et al, 2006; Kozak 2011)

Bazując na przeglądzie literatury można wyróżnić cztery zasadnicze grupy metod analizy ryzyka (Rak i inni, 2005):

- metody jakościowe;
- metody ilościowe;

- metody deterministyczne;
- metody probabilistyczne.

Metody jakościowe (Rak i Tchórzewska-Cieślak, 2005; Szopa, 2009)

Metody jakościowe nie posiadają ścisłego matematycznego zapisu, opierają się na wiedzy historycznej, doświadczeniu i intuicji. Można je zastosować w sytuacji, gdy brak jest danych pozwalających na zastosowanie metod ilościowych i probabilistycznych. Często bazują na opiniach ekspertów z różnych dziedzin. W metodach jakościowych dokonuje się kategoryzacji prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia ilościowego i miary zagrożenia, przypisując im zmienne lingwistyczne (np. *małe, średnie, duże*) lub skalę punktową. Do metod jakościowych zaliczane są między innymi metody macierzowe, stosowane np. w ocenie ryzyka zawodowego (zgodnie z amerykańską normą MIL-STD-882 lub Polską Normą PN-N-18002).

Metody ilościowe (Rak i Tchórzewska-Cieślak, 2005; Zimoch, 2009)

Metody ilościowe w ścisły matematyczny sposób (za pomocą funkcji gęstości) opisują wystąpienie zdarzenia określonego niepożądanego, powodującego wymierne straty. Umożliwiają one określenie liczbowych miar ryzyka w sytuacji, gdy analizę można przeprowadzić w oparciu o archiwalne dane statystyczne dotyczące systemu. Do metod ilościowych można zaliczyć: metodę drzewa błędów (ang. *Fault Tree Analysis FTA*), analizę modeli markowskich, metody symulacyjne (np. metodę *Monte-Carlo*).

Metody deterministyczne (Rak i Tchórzewska-Cieślak, 2005; Kirchsteiger 1999)

Deterministyczne metody analizy ryzyka stosowane są w odniesieniu do analizy systemów deterministycznych, które opisane są znaną regułą/równaniem, tak iż można określić stan każdego składnika systemu w dowolnym momencie w przyszłości i przeszłości. W deterministycznym podejściu do analizy ryzyka oblicza się *poziom bezpieczeństwa* analizowanego systemu w przestrzeń wszystkich możliwości, które mogą pojawić się w analizowanej rzeczywistości. Dokonywana jest ocena negatywnych skutków możliwych zdarzeń niepożądanych. Koncepcja postępowania w metodach deterministycznych opiera się na założeniu, że powinny zostać zastosowane takie środki zapobiegawcze w celu ochrony mienia, ludzi i środowiska, żeby w przypadku wystąpienia scenariuszy mniej niebezpiecznych od najbardziej negatywnego, zastosowana ochrona była wystarczająca.

Metody probabilistyczne (Rak i Tchórzewska-Cieślak, 2005; Kirchsteiger 1999)

Wywodzą się z klasycznej definicji ryzyka i bazują na iloczynie negatywnych skutków oraz prawdopodobieństwie ich wystąpienia. Bazują na klasycznym rachunku prawdopodobieństwa i metodach statystycznych. Zastosowanie tych metod szacowania i pomiaru ryzyka jest znacznie trudniejsze niż zastosowanie metod jakościowych, z uwagi na wymagania dotyczące ilości danych. Czasami trudnością jest również zaakceptowanie podejścia, w którym szacowana jest przyszłość na podstawie zdarzeń z przeszłości. Dzieje się tak np. wówczas gdy analizowane systemy są stochastycznie niestacjonarne lub, w przypadku deterministycznym, ewoluują nieliniowo w czasie. Do metod probabilistycznych zalicza się m.in. następujące metody: *metodę drzewa niezdatności* (ang. *Fault Tree Analysis – FTA*), *metodę drzewa zdarzeń* (ang. *Event Tree Analysis – ETA*) czy *metodę sieci Bayesa* (ang. *Bayesian Network – BN*)

W literaturze, w odniesieniu do analizy systemów technicznych, można znaleźć również inną systematykę metod analizy ryzyka, z podziałem na (Kozak, 2011):

metody porównawcze (wykorzystanie wiedzy o podobnych instalacjach)

- metody indeksowe (np. DOW Index, OPS Index),
- listy kontrolne.

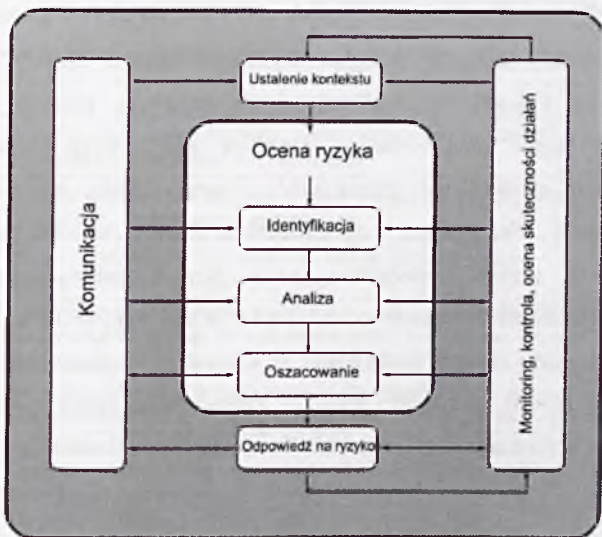
metody przeglądowe (systematyczny przegląd zagrożeń)

- PHA (ang. *Preliminary Hazard Analysis – Wstępna Analiza Zagrożeń*),
- HAZOP (ang. *Hazard nad Operability Study – Studium Zagrożeń i Zdolności Operacyjnych*),
- *What – If* (Co będzie jeśli....).

metody analityczne: (wykrycie zagrożeń i ilościowa ocena scenariuszy awaryjnych)

- FMEA (ang. *Fault Mode and Effect Analysis*),
- FTA (ang. *Fault Tree Analysis*),
- ETA (ang. *Event Tree Analysis*),
- CCA (ang. *Cause Consequence Analysis*).

Wybór metody analizy ryzyka zależy od wielu czynników, w tym od przyjętego zakresu i celu analizy ryzyka. Ogólny zarys procesu oceny ryzyka przedstawiony jest na rysunku 5.4.



Rysunek 5.4. Schemat blokowy procesu oceny ryzyka (opracowano na podstawie epa.gov.pl)

Figure 5.4. Block diagram of the risk evaluation process (based on epa.gov.pl)

Analiza ryzyka jest procesem, w którym następuje identyfikacja zagrożeń, ocena prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych oraz ocena możliwych konsekwencji (strat powstających w wyniku wystąpienia/zrealizowania się zagrożeń). Pierwszym etapem w analizie ryzyka jest identyfikacja zagrożeń, która stanowi podstawę określania kategorii ryzyka. Analizując tę kwestię, należy brać pod uwagę istotę systemu (w tym przypadku systemu gospodarki odpadami medycznymi), zadania jakie ma realizować i występujące w nim ograniczenia. Niespełnienie tych zadań lub/i negatywny wpływ ograniczeń (zadania mogą być nierealizowane właśnie na skutek występujących ograniczeń), wynikających z różnych czynników, powoduje generowanie zagrożeń. Ocena ryzyka jest procesem, w którym tworzy się tzw. *ranking zdarzeń niepożądanych*, oceniając częstotliwość wystąpienia takich zdarzeń oraz wielkość ewentualnych strat z nimi skojarzonych. Ostatnim etapem w procesie analizy i oceny ryzyka jest *komunikacja ryzyka* oraz wykorzystanie zdobytych wcześniej informacji do jego minimalizacji. W etapie tym następuje wymiana informacji pomiędzy wszystkimi uczestnikami systemu, w którym analizowane jest ryzyko i proponowanie sposobów/działania służących jego minimalizacji.

5.3. WYBRANE METODY ANALIZY RYZYKA

Poniżej zamieszczony jest przegląd wybranych metod analizy ryzyka, zarówno jakościowych, jak i ilościowych. Metody te są stosowane głównie w ocenie ryzyka zawodowego i ocenie niezawodności systemów technicznych. Wymienione metody są szeroko opisane w literaturze, jednak każda z metod dedykowana jest do określonego zakresu zastosowań. Wymienione w tym rozdziale metody stanowią podstawę podejścia, zastosowanego w części metodycznej pracy. Nie wszystkie zostały wykorzystane w proponowanej autorskiej metodzie oceny ryzyka, jednak wydaje się że każda z opisanych dalej metod w pewnym zakresie może zostać wykorzystana do analizy określonych aspektów funkcjonowania SGOM. Możliwe przyszłe zastosowania (poza tymi wykorzystanymi w rozdziale 9) są wskazane w rozdziale 11.3 *Kierunki dalszych badań*.

5.3.1 ANALIZA RODZAJÓW BŁĘDÓW I ICH SKUTKÓW FMEA (Rhee 2003; Rychły-Lipińska, 2007).

FMEA (ang. *Failure Mode and Effects Analysis*) tradycyjnie jest techniką jakościową, jednak we współczesnych zastosowaniach pojawiają się jej modyfikacje z wykorzystaniem metod probabilistycznych. Podejście ma charakter indukcyjny, w którym analiza przebiega *z dołu do góry*. Metoda FMEA polega na analitycznym ustalaniu związków przyczynowo-skutkowych powstawania potencjalnych wad produktu/systemu. W FMEA analizuje się po kolei każdy element systemu z punktu widzenia przyczyn powodujących jego niezdatność/wadliwe działanie oraz szacuje się skutek tej niezdatności/wadliwego działania dla funkcjonowania całego systemu.

Najważniejszym aspektem FMEA jest ocena poziomu ryzyka potencjalnych awarii określonych dla każdego elementu systemu. Łączna wartość szkód wyrażona liczbą oceny ryzyka (RPN), który uzyskuje się z przemnożenia następujących parametrów: prawdopodobieństwa wystąpienia niesprawności (P), ważności skutków/konsekwencji (Z), wykrywalności błędu/niesprawności (W) – wzór 5.1.

$$RPN = P * Z * W \quad (5.1.)$$

Poniżej, w tabelach 5.1.-5.3., przedstawiono oszacowanie (w skali 10-punktowej) kolejno dla parametrów: ważności skutków/konsekwencji (Z), wykrywalności niesprawności (W) i prawdopodobieństwa wystąpienia niesprawności (P).

Tabela 5.1. Oszacowanie (w skali 10-punktowej) parametru Z – ważności skutków/konsekwencji

Table 5.1. Estimation (in the 10-point scale) of parameter Z – importance of the effects / consequences

Skutek	Stopień zagrożenia	Punktacja
Niebezpieczny bez ostrzeżenia	Wpływa na bezpieczne działanie systemu lub pociąga za sobą niezgodność z przepisami; wada nastąpi bez ostrzeżenia	10
Niebezpieczny z ostrzeżeniem	Wpływa na bezpieczne działanie systemu lub pociąga za sobą niezgodność z przepisami; wada nastąpi z ostrzeżeniem	9
Bardzo poważny	Znaczne zakłócenia w pracy systemu, stan w 100% wpływa na bezpieczeństwo, utrata funkcji systemu.	8
Poważny	Niewielkie zakłócenia w pracy systemu, stan wpływa poniżej 100% na bezpieczeństwo, zmniejszenie rezultatów pracy systemu, bez utraty funkcji.	7
Średni	Niewielkie zakłócenia w pracy systemu, stan poniżej 100% wpływa na bezpieczeństwo systemu, praca systemu wymaga zmniejszenia rezultatów.	6
Mały	Niewielkie zakłócenia w pracy systemu, niewielki wpływ na bezpieczeństwo, niektóre czynności/działania są uciążliwe bez zmniejszenia rezultatów.	5
Bardzo mały	Niewielkie zakłócenia w pracy systemu, stan nie wpływa na bezpieczeństwo, uciążliwości są odczuwalne tylko dla części uczestników systemu.	4
Znikomy	Niewielkie zakłócenia pracy systemu, niewielka część uczestników systemu zauważa uciążliwości.	3
Bardzo znikomy	Niewielkie zakłócenia pracy systemu, pojedynczy uczestnicy systemu zauważają uciążliwości.	2
Żaden	Bez efektu	1

Tabela 5.2. Oszczzowanie (w skali 10-punktowej) parametru W – wykrywalności niesprawności

Table 5.2. Estimation (in the 10-point scale) of parameter W – detection level of failures

Wykrywalność	Prawdopodobieństwo wykrycia wady	Punktacja
Prawie niemożliwa	Brak kontroli zagrożeń	10
Bardzo znikoma	Bardzo znikome prawdopodobieństwo wykrycia nieprawidłowości przez bieżące kontrole	9
Znikoma	Znikome prawdopodobieństwo wykrycia nieprawidłowości przez bieżące kontrole	8
Bardzo mała	Bardzo małe prawdopodobieństwo nieprawidłowości przez bieżące kontrole	7
Mała	Małe prawdopodobieństwo wykrycia nieprawidłowości przez bieżące kontrole	6
Średnia	Srednie prawdopodobieństwo wykrycia nieprawidłowości przez bieżące kontrole	5
Średnio duża	Srednio duże prawdopodobieństwo wykrycia nieprawidłowości przez bieżące kontrole	4
Duża	Duże prawdopodobieństwo wykrycia nieprawidłowości przez bieżące kontrole	3
Bardzo duża	Bardzo duże prawdopodobieństwo wykrycia nieprawidłowości przez bieżące kontrole	2
Prawie pewna	Bieżące kontrole prawie na pewno wykryją nieprawidłowości; niezawodne kontrole są znane z podobnych procesów/systemów	1

Tabela 5.3. Oszczercowanie (w skali 10-punktowej) parametru P – prawdopodobieństwa wystąpienia niesprawności

Table 5.3. Estimation (in the 10-point scale) of parameter P – probability of failure occurrence

Wystąpienie	Prawdopodobieństwo wystąpienia nieprawidłowości	Punktacja
Bardzo często	Nieprawidłowości prawie nie da się uniknąć	10
Bardzo często	Nieprawidłowości prawie nie da się uniknąć	9
Często	Nieprawidłowości powtarza się cyklicznie	8
Często	Nieprawidłowość powtarza się cyklicznie	7
Przeciętnie	Nieprawidłowość zdarza się sporadycznie co jakiś czas	6
Przeciętnie	Nieprawidłowość zdarza się sporadycznie co jakiś czas	5
Przeciętnie	Nieprawidłowość zdarza się sporadycznie co jakiś czas	4
Rzadko	Zdarza się stosunkowo mało nieprawidłowości	3
Bardzo rzadko	Zdarza się stosunkowo mało nieprawidłowości	2
Nieprawdopodobne	Wystąpienie nieprawidłowości jest nieprawdopodobne	1

5.3.2 WSTĘPNA ANALIZA ZAGROZEŃ PHA (BORYSIEWICZ, 2000; KRÓLIKOWSKA, 2011)

Wstępna Analiza Zagrożeń (PHA ang. *Preliminary Hazard Analysis*) jest metodą półindukcyjną służącą do identyfikowania (zwłaszcza na etapie projektowania) wszystkich faz życia określonego systemu/podsystemu/elementu, identyfikowania zagrożeń, sytuacji zagrożeń i zdarzeń zagrażających, mogących spowodować negatywne skutki dla analizowanego systemu. Metoda ta jest polecana do stosowania we wczesnej fazie projektu, gdy jest niewiele informacji dotyczących szczegółów projektowych lub procedur działania i może stanowić wstęp do dalszych badań. Metoda ta jest odpowiednia również do analizy istniejących systemów, w sytuacji gdy okoliczności (dostępne dane na temat funkcjonowania systemu) nie pozwalają na użycie bardziej rozbudowanej techniki.

Metoda polega na stworzeniu listy zagrożeń adekwatnej do poziomu szczegółowości dostępnych informacji. Dla każdego elementu analizowanego systemu określa się możliwe przyczyny i skutki zagrożeń oraz konstruuje tabelę ryzyka, w której podaje się oszacowane prawdopodobieństwo wystąpienia skutków i ich skalę oraz poziom ryzyka w analizowanym systemie. Metodę PHA stosuje się wykorzystując:

- informacje stanowiące zestawienie znanych zagrożeń występujących w obrębie danego obiektu/systemu;
- wyniki analizy własnej dotyczącej możliwości oddziaływania systemu na otoczenie i związanych z tym zagrożeń.

Wynikiem metody jest zidentyfikowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego, jakościowe wyznaczenie zasięgu prawdopodobnych szkód i zidentyfikowanie środków zapobiegawczych.

W metodzie PHA wraz ze zdobywaniem nowej wiedzy o obiekcie/systemie dokonuje się bieżącej aktualizacji odnośnie możliwych zagrożeń, ich skali i prawdopodobieństwa wystąpienia. Analiza ryzyka prowadzona metodą PHA obejmuje następujące etapy:

- określenie granic systemu dla którego jest przeprowadzana ocena;
- sporządzenie listy zidentyfikowanych zagrożeń;
- dokonanie oceny dotkliwości skutku (szkody) wg przyjętej skali (S);
- oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego wg przyjętej skali (P);,
- wartościowanie ryzyka będące funkcją skali wyrządzonych szkód i prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego (R);
- ocena ryzyka, przez przypisanie go do odpowiedniej klasy.

Ryzyko obliczane jest z zależności 5.2.:

$$R=S \times P \quad (5.2.)$$

Poniżej przedstawiono przykładową ocenę stopnia szkód (tabela 5.4.) oraz oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych (tabela 5.5.) w metodzie PHA.

Tabela 5.4. Przykładowa ocena stopnia szkód w metodzie PHA

Table 5.4. Example of assessment of losses in the PHA method

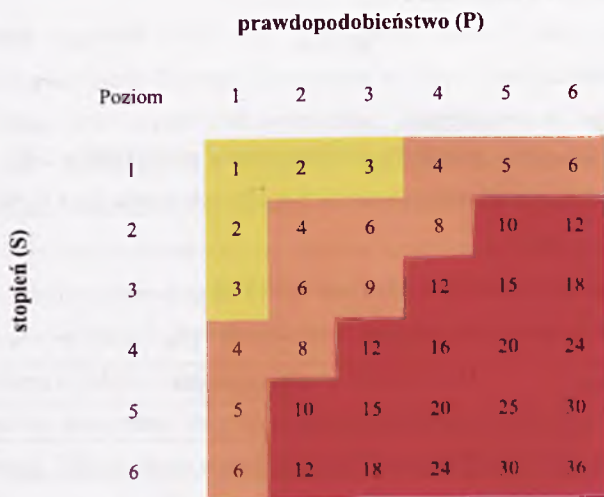
Poziom	Charakterystyka
1	Znikome urazy, lekkie szkody
2	Lekkie obrażenia, wymierne szkody
3	Ciężkie obrażenia, znaczne szkody
4	Pojedyncze wypadki śmiertelne, ciężkie szkody
5	Zbiorowe wypadki śmiertelne
6	Zbiorowe wypadki śmiertelne, szkody na dużą skalę poza terenem zakładu

Tabela 5.5. Oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych w metodzie PHA (za pomocą zmiennych lingwistycznych)

Table 5.5. Estimation of the probability of occurrence of adverse events in the PHA method (using linguistic variables)

Poziom	Charakterystyka
1	Bardzo nieprawdopodobne
2	Mało prawdopodobne, zdarzające się raz na 10 lat
3	Doraźne wydarzenie, zdarzające się raz w roku
4	Dosyć częste wydarzenia zdarzające się raz w miesiącu
5	Częste, regularne wydarzenia, zdarzające się raz do roku
6	Duże prawdopodobieństwo wydarzenia

Po oszacowaniu parametrów ryzyko wartościowane jest na podstawie macierzy ryzyka – rysunek 5.5. i oceniane zgodnie z zaproponowaną skalą interpretacji – tabela 5.6.



Rysunek 5.5. Macierz wartościowania ryzyka (na podstawie Rak, 2003)

Figure 5.5. Risk evaluation matrix (based on Rak, 2003)

Tabela 5.6. Skala interpretacji ryzyka (na podstawie Rak, 2003)

Table 5.6. Risk scale (based on Rak, 2003)

Poziom ryzyka	Ocena ryzyka
1-3	Ryzyko akceptowalne
4-9	Dopuszczalna akceptacja ryzyka po ocenie ryzyka
>10	Ryzyko niedopuszczalne - wymaga zmniejszenia ryzyka

5.3.3 RISC SCORE (PIETRZAK 2004; SZOPA, 2009)

Metoda *Risk Score* została opracowana w Stanach Zjednoczonych na potrzeby marynarki. Jest wykorzystywana przede wszystkim do oceny ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy (Bryła, 2007). *Risc Score* jest jakościową, wskaźnikową metodą oceny ryzyka, w której określane w definicji ryzyka prawdopodobieństwo skutków zdarzenia jest uszczegółowione i przedstawione przez dwa parametry ryzyka tj. *ekspozycję na zagrożenie* i *prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia*. W metodzie tej ryzyko wyznaczane jest za pomocą następującej zależności 5.3.

$$R = S * E * P \quad (5.3.)$$

gdzie:

S – miara potencjalnych skutków;

E – ekspozycja obiektu narażonego na oddziaływanie;

P – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia.

W tabelach 5.7.-5.9. przedstawiono kolejno wartości przypisywane dla parametrów charakteryzujących: potencjalne skutki zdarzenia (S), ekspozycję obiektu na oddziaływanie (E) i prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia (P). Tabela 5.10 przedstawia wartość ryzyka i jego interpretację.

Tabela 5.7. Potencjalne skutki zdarzenia (na podstawie Bryła, 2007)

Table 5.7. The potential impact of events (based on Bryła, 2007)

Wartość S	Szacowanie strat	Straty ludzkie
100	Poważna katastrofa	Wiele ofiar śmiertelnych
40	Katastrofa	Kilka ofiar śmiertelnych
15	Bardzo duża	Jedna ofiara śmiertelna
7	Duża	Ciężkie uszkodzenie ciała
3	Średnia	Absencja
1	Mała	Udzielenie pierwszej pomocy

Tabela 5.8. Ekspozycja na zagrożenie (na podstawie Bryła, 2007)

Table 5.8. Exposure to threat (based on Bryła, 2007)

Wartość E	Charakterystyka
10	Stać
6	Częsta (codziennie)
3	Sporadyczna (raz w tygodniu)
2	Okazjonalna (raz w miesiącu)
1	Minimalna (kilka razy rocznie)
0,5	Znikoma (raz do roku)

Tabela 5.9. Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia (na podstawie Bryła, 2007)

Table 5.9. The probability of occurrence of threat (based on Bryła, 2007)

Wartość P	Opis	Szansa w %
10	Bardzo prawdopodobne	50 (1 na 2)
6	Całkiem możliwe	10 (1 na 10)
3	Mało prawdopodobne, ale możliwe	1 (1 na 100)
1	Tylko sporadycznie możliwe	0,1 (1 na 1000)
0,5	Możliwe do pomyślenia	0,01 (1 na 10 000)
0,2	Praktycznie niemożliwe	0,001 (1 na 100 000)
0,1	Tylko teoretycznie możliwe	0,0001 (1 na 1 000 000)

Tabela 5.10. Wartość ryzyka (na podstawie Bryła, 2007)

Table 5.10. Risk value (based on Bryła, 2007)

Kategorie ryzyka	Wartość [R]	Dopuszczalność ryzyka	Niezbędne działania
Bardzo małe	$R < 20$	Dopuszczalne	Wskazana kontrola
Małe	$20 \leq R < 70$		Potrzebna kontrola
Średnie	$70 \leq R < 200$		Potrzebna poprawa
Duże	$200 \leq R < 400$	Niedopuszczalne	Potrzebna natychmiastowa poprawa
Bardzo duże	$R \geq 400$		Wskazane wstrzymanie pracy

5.3.4 ANALIZA DRZEWA ZDARZEŃ ETA (PIETRZAK 2004; SZOPA, 2009)

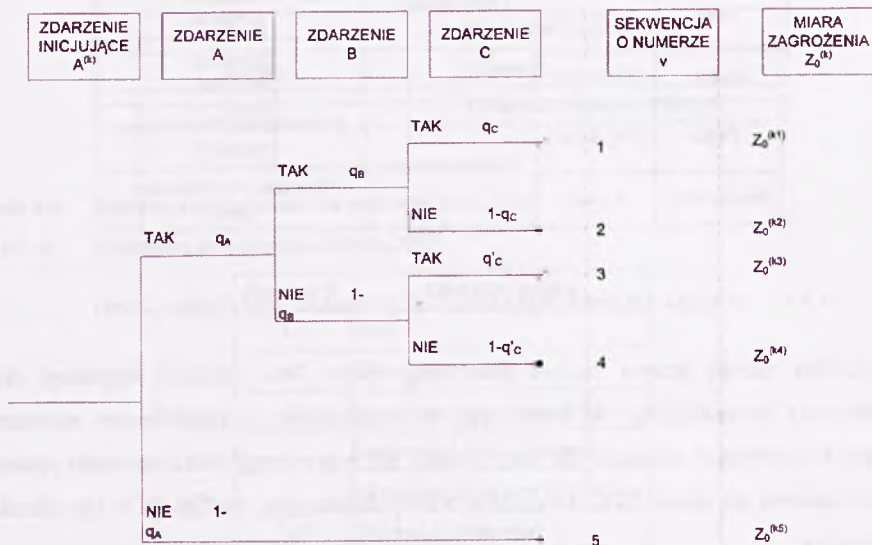
Analiza metodą drzewa zdarzeń (ETA ang. *Event Tree Analysis*) rozpatruje drogę od zdarzenia początkującego do końcowego, ze szczególnym uwzględnieniem momentów mających decydujące znaczenie dla stanu obiektu lub poprawnego funkcjonowania systemu. W odróżnieniu od analiz FTA, które mają naturę dedukcyjną, analiza ETA ma charakter indukcyjny.

Definicja drzewa zdarzeń (Szopa, 2009): *Drzewo zdarzeń jest to graficzne przedstawienie chronologicznego ciągu złożonych zdarzeń, istotnych ze względu na funkcjonowanie obiektu/systemu, występujących po wybranym zdarzeniu, inicjującym ten ciąg.*

W wielu sytuacjach pojedyncze zdarzenie może prowadzić do wielu różnorodnych następstw, w zależności od sprawności lub niesprawności elementów systemu i działań przewidzianych do zapobiegania zdarzeniom niepożądanym. Kombinacja zdarzenia początkującego oraz sprawności/niesprawności elementów definiuje poszczególne ciągi zdarzeń w analizie ETA. Procedura analiz ETA składa się z sześciu głównych etapów:

- identyfikacji zdarzenia inicjującego, które może doprowadzić do założonej awarii,
- identyfikacji funkcji bezpieczeństwa, przewidzianych do łagodzenia skutków zdarzenia inicjującego,
- konstrukcji drzewa zdarzeń,
- opisu wynikających z konstrukcji drzewa sekwencji awaryjnych,
- wyznaczenia minimalnych przekrojów drzewa.

Metoda drzewa zdarzeń jest stosowana w analizach ryzyka do szczegółowego opisu (modelowania) zagrożenia, które może być wywołane zajściem określonego zdarzenia. Poszczególnym zdarzeniom wyróżnionym w drzewie przypisuje się prawdopodobieństwa wystąpienia, a dla każdej sekwencji określa się poziom zagrożenia. Przykład drzewa zdarzeń niepożądanych przedstawia rysunek 5.6.



Rysunek 5.6. Przykład drzewa zdarzeń niepożądanych (na podstawie Szopa, 2009)

Figure 5.6. Example of adverse events tree (based on Szopa, 2009)

Model zagrożenia wywołanego zajściem zdarzenia $A^{(k)}$ można przedstawić w bardziej zwartej formie, określającej miarę $Z_0^{(k)}$ ekwiwalentnego zagrożenia, które zostało wywołane tym zdarzeniem. Można przyjąć, że miara ekwiwalentnego zagrożenia, jest opisana zależnością 5.4.

$$Z_0^{(k)} = \sum_{v=1}^{\rho_k} q^{kv} Z_0^{(kv)} \quad (5.4.)$$

gdzie:

ρ_k – liczba sekwencji w drzewie zdarzeń k;

$q^{(kv)}$ – prawdopodobieństwo wystąpienia v-tej sekwencji zdarzeń w tym drzewie.

5.3.5 SIECI BAYESA BN

Sieci Bayesa (ang. *Bayesian Network*) są znane również jako sieci przekonań lub sieci probabilistyczne i są wykorzystywane w koncepcji wnioskowania w warunkach niepewności. Coraz częściej sieci Bayesa są wykorzystywane do analizy ryzyka (Lee, 2005; Fenton 2012).

Koncepcja sieci Bayesa wynika wprost z koncepcji prawdopodobieństwa warunkowego. W sieciach Bayesa mamy do czynienia z probabilistyczną reprezentacją modelu w postaci acyklicznego grafu. Węzły sieci Bayesa przedstawiają zmienne, natomiast łuki grafu reprezentują związki (często przyczynowo-skutkowe) pomiędzy węzłami.

Definicja Sieci Bayesa (Pourret i inni, 2008): *Rozważając n zmiennych losowych X_1, X_2, \dots, X_n , oraz acykliczny graf z n -liczbą węzłów, w którym węzeł j ($1 \leq j \leq n$) grafu jest reprezentacją zmiennej X_j , możemy uznać, że ten graf jest siecią Bayesa reprezentującą zmienne X_1, X_2, \dots, X_n , jeśli jest spełniona zależność:*

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{j=1}^n P(X_j | \text{rodziców}(X_j)) \quad (5.5)$$

gdzie: rodzice (X_j) oznaczają zbiór wszystkich zmiennych X_i , takich że istnieje łuk od węzła i do węzła j w grafie.

W sieci Bayesa zależności między węzłami grafu wyrażone są za pomocą prawdopodobieństw warunkowych. Każda zmienna X_j mająca „rodziców” reprezentowana jest przez tabelę prawdopodobieństw warunkowych $P(X_j | \text{rodziców}(X_j))$, dla której zdarzenia rodziców (X_i) są pierwotnymi przyczynami wystąpienia zdarzeń X_j . Każdy węzeł X , który nie ma rodziców, nazywany jest *korzeniem sieci*, a jego tabela redukuje się do rozkładu prawdopodobieństwa bezwzględnego $P(X)$ wystąpienia różnych stanów węzła, tj. różnych wartości zmiennej reprezentowanej przez węzeł-korzeń (Ribeiro-Neto i inni, 1999).

Sieć Bayesa reprezentuje łączny rozkład prawdopodobieństwa, jako złożenie warunkowych prawdopodobieństw poszczególnych zmiennych względem ich rodziców. Rozkład prawdopodobieństwa $P(X_1, X_2, \dots, X_n)$ możemy więc zapisać w postaci:

$$\begin{aligned} P(X_1, X_2, \dots, X_n) &= P(X_1)P(X_2, \dots, X_n | X_1) = P(X_1)P(X_2 | X_1)P(X_3, \dots, X_n | X_1 X_2) = \\ &= \dots = P(X_1)P(X_2 | X_1) \dots P(X_n | X_1, \dots, X_{n-1}) \end{aligned} \quad (5.4)$$

Sieć bayesowska określając relacje pomiędzy zmiennymi losowymi pozwala obliczyć prawdopodobieństwa zajścia zdarzeń reprezentowanych przez te zmienne losowe. W ogólności topologia grafu sieci bayesowskiej odwzorowuje przyczynowo-skutkową strukturę rozpatrywanej dziedziny. Zastosowanie praktyczne sieci bayesowskiej polega na wprowadzeniu do niej tych informacji, które są aktualnie dostępne – ustaleniu wartości niektórych zmiennych losowych, a następnie aktualizacji rozkładów prawdopodobieństw dla pozostałych zmiennych losowych (Król, 2014).

Literatura podaje niewiele zastosowań tej metody w odniesieniu do systemów gospodarki odpadami, w szczególności do systemów gospodarki odpadami medycznymi. W kilku przykładach sieci Bayesa są wykorzystywane do modelowania ryzyka, w tym związanego z obiektem zajmującym się unieszkodliwianiem odpadów radioaktywnych (Lee, 2005). W pracy tej przeanalizowano ryzyko narażenia na wysoki poziom promieniowania w przypadku wystąpienia różnych zdarzeń niepożądanych w postaci zjawisk ekstremalnych (powodzi, trzęsienia ziemi, nawałnych deszczy).

Szereg zastosowań tej metody można znaleźć w odniesieniu do analizy bezpieczeństwa systemów (Cheng i Hadjisophocleous, 2009; Kannan, 2007; Pollino i inni, 2007)

5.4. WNIOSKI Z ROZDZIAŁU 5

Analiza ryzyka wymaga doświadczenia i wiedzy o analizowanym systemie oraz odpowiednich zasobów danych. Dostępność danych w znacznej decyduje o wyborze metody analizy ryzyka. W przypadku braku lub niedoboru danych zastosowanie znajdują metody jakościowe lub jakościowo-probabilistyczne. Wymienione w tym rozdziale metody (PHA, ETA, FMEA, Risc Score, BN) są wykorzystywane przede wszystkim do oceny ryzyka zawodowego i analizy bezpieczeństwa systemów, w tym zwłaszcza systemów technicznych (Denczew, 2007; Rak i Tchórzewska-Cieślak, 2005; Szopa, 2009). Wydaje się jednak, że po odpowiedniej modyfikacji ww. metody mogą być wykorzystywane do analizy innych systemów, w tym systemu gospodarki odpadami medycznymi.

II. CZĘŚĆ METODYCZNA

W części metodycznej niniejszej rozprawy doktorskiej podjęto próbę stworzenia metodyki oceny ryzyka dla SGOM analizującej ww. system w skali określonego regionu (województwa) lub całego kraju. Z tego względu niezbędne wydaje się usystematyzowanie i skategoryzowanie ryzyka występującego w SGOM z punktu widzenia czynników powodujących to ryzyko oraz obszarów narażenia i związanych z tym narażeniem zagrożeń. Zaproponowanie modelu ryzyka ma stworzyć bazę wiedzy wpierającą efektywne podejmowanie decyzji dotyczących kreowania zrównoważonego i bezpiecznego systemu gospodarki odpadami medycznymi. Podstawą opisu rzeczywistości w proponowanym podejściu jest *ujęcie systemowe*. W związku z tym rozpatrywane są elementy/obiekty systemu i występujące w nim zależności oraz interakcje tego systemu z otoczeniem. Relacje te stanowią punkt wyjścia do określenia źródeł ryzyka i obszarów narażenia.

Jednym z celów stworzenia modelu analizy ryzyka w odniesieniu do systemu gospodarki odpadami medycznymi jest identyfikacja tych elementów systemu, które mogą istotnie zagrażać jego bezpieczeństwu.

Analiza systemu gospodarki odpadami medycznymi i metod analizy ryzyka wskazała obszary nauki o bezpieczeństwie i ryzyku, które mogą być wykorzystane w analizie SGOM; źródłem wiedzy w tym zakresie mogą być zwłaszcza nauki o bezpieczeństwie pracy (Podgórski, 200; Świątkowska, 2010) oraz niezawodności systemów technicznych (Denczew, 2007; Kozak, 2011; Szopa, 2009). Na podstawie analizy literaturowej obejmującej zagadnienia związane z: funkcjonowaniem SGOM (z uwzględnieniem aspektów formalno-prawnych oraz praktycznych), analizą systemów gospodarki odpadami, a także analizą ryzyka, do oceny ryzyka w SGOM zaproponowano zmodyfikowaną metodę, bazującą na metodzie PHA i Risc Score.

W metodzie tej zastosowano podejście mieszane, wykorzystujące zarówno metody jakościowe (bazujące na opiniach ekspertów i wykorzystaniu miar ryzyka), jak i probabilistyczne. Wynika to z faktu iż nie ma wystarczającej bazy danych, w postaci rozkładów statystycznych, która pozwoliłaby na zastosowanie wyłącznie metod ilościowych i probabilistycznych. Braki te dotyczą głównie rozmiarów strat powodowanych przez poszczególne zdarzenia niepożądane na zdrowie ludzi, środowisko i koszty funkcjonowania systemu gospodarki odpadami medycznymi. Do oszacowania tych wielkości wykorzystano metodę ekspercką, bazującą na ankietach, będących narzędziem wyrażania opinii przez

ekspertów. Ankieta została przygotowana w oparciu o technikę delficką, która jest metodą ankietową opartą na pytaniach zamkniętych, wymagających odpowiedzi o wartościach liczbowych. Argumenty i kontrargumenty ograniczają się tylko do tego rodzaju kwantyfikacji. Metoda korzysta z opinii ekspertów, pracujących niezależnie od pozostałych (Antoszkiewicz, 1982).

Rozdział 6. SYSTEMOWE UJĘCIE PROBLEMU GOSPODARKI ODPADAMI MEDYCZNYMI

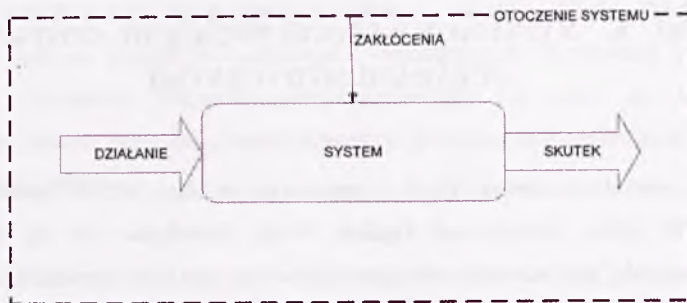
Podejście systemowe zostało oficjalnie opracowane w roku 1955 w artykule Ludwika von Bertalanffy, który sformułował Ogólną Teorię Systemów. W jej istocie była interdyscyplinarność, jako narzędzie do zgeneralizowania wszelkich zagadnień konkretnych, konceptualnych i abstrakcyjnych (von Bertalanffy, 1955). Kolejne lata badań wykazały, że wykorzystanie Ogólnej Teorii Systemów do unifikowania nauki jest dyskusyjne i ciężko jest sformułować zasady mające zastosowanie do wszelkiego rodzaju systemów (Capra 1996; Checkland, 2000). Wydaje się, że zamiast dążyć do próby unifikacji systemów, należy traktować podejście systemowe jako narzędzie do reprezentowania pewnych złożoności. Zrozumienie złożoności systemu może umożliwić budowę podstawowych zasad systemowych, z których część będzie mieć zastosowanie do różnych systemów, a inne – specyficzne, będą odpowiednie do konkretnych zastosowań (Dubrovsky, 2004).

Tradycyjne podejście do gospodarki odpadami zakłada, że kolejne procesy postępowania z nimi stanowią niezależne operacje, jednak w rzeczywistości wytwarzanie, zbieranie, transport i magazynowanie odpadów są bardzo ściśle ze sobą powiązane, a każdy z tych procesów może wpływać inne (Seadon, 2010). Seadon (2010) wskazuje też, że zagadnienia z dziedziny gospodarki odpadami mogą być traktowane zgodnie z metodyką *analizy systemowej*. To stwierdzenie stanowi punkt wyjścia do dalszych analiz w niniejszej rozprawie doktorskiej.

Pojęcie systemu opisane jest przez trzy podstawowe właściwości (Findenstein, 1985):

- system jest to pewna całość, która znajduje się w określonych wzajemnych stosunkach ze swoim otoczeniem (dzięki ograniczeniu tych stosunków system zachowuje pewną autonomię);
- system składa się z podsystemów/obiektów, które oddziałują na siebie wzajemnie, przy czym interakcje te mają istotny wpływ na właściwości systemu jako całości;
- system podlega mniejszym lub większym zmianom w czasie, ale zachowuje przy tym pewne właściwości podstawowe, swoją istotę.

Schematyczną koncepcję relacji systemu z otoczeniem przedstawia rysunek 6.1.



Rysunek 6.1. System i jego otoczenie (na podstawie Findeisen, 1985)

Figure 6.1. System and its environment (based on Findeisen, 1985)

W ergonomii, zajmującej się dostosowaniem środowiska pracy do możliwości psychofizycznych człowieka, stosuje się pojęcie *system człowiek-technika-środowisko*. Dzięki takiemu podejściu, możliwe jest przedstawienie elementów otaczającej rzeczywistości oraz wzajemnych relacji między tymi elementami (Szopa, 2005). Wiedza na temat systemu pozwala na właściwe kształtowanie jego parametrów.

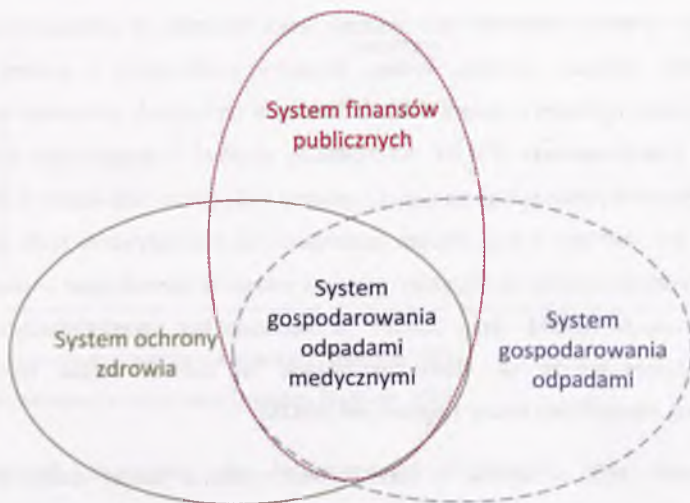
System gospodarki odpadami medycznymi można analizować zgodnie z metodologią właściwą dla analizy systemowej. Wyodrębniając SGOM, należy określić elementy/obiekty tego systemu i jego relacje z otoczeniem. Jego złożoność określona jest przez liczbę powiązań między elementami/obiektami. O strukturze i sposobie funkcjonowania SGOM w Polsce decydują akty prawne różnej rangi, rozwiązania organizacyjne w służbie zdrowia, aspekty lokalizacyjno-przestrzenne oraz uwarunkowania ekonomiczno-finansowe. Punktem wyjścia do analizy SGOM jest ustalenie związanego z nim zakresu pojęciowego i przypisanie mu właściwości definiujących system wg Findenstein'a – rysunek 6.1.

Działanie – w przypadku SGOM działaniem inicjującym jest strumień (ilość i jakość) świadczonych usług medycznych. Wynika to zawartej w ustawie *o odpadach* definicji odpadów medycznych. To właśnie udzielanie świadczeń zdrowotnych indukuje powstawanie strumienia odpadów medycznych, którym zajmuje się (przetwarza) SGOM.

Skutek – skutkiem funkcjonowania SGOM są efekty zdrowotne, środowiskowe i koszty (operacyjne) wynikające z funkcjonowania tego systemu, a w szczególności te związane z poszczególnymi etapami postępowania z odpadami medycznymi. Skutki wywoływane przez SGOM są zależne od jakości jego funkcjonowania.

Otoczenie systemu stanowią inne systemy które wchodzą w sprzężenie z SGOM – głównie system ochrony zdrowia, system finansów publicznych i system gospodarki odpadami w sensie ogólnym (rysunek 6.2.). Działania w tych trzech systemach mogą istotnie wpływać na funkcjonowanie SGOM. Komplikację stanowi występowanie oddziaływania zwrotnego– zjawiska polegającego na tym, że procesy i zdarzenia zachodzące w SGOM mogą wpływać na ww. systemy a tym samym (pośrednio) na oddziaływanie tych systemów na SGOM. Na potrzeby niniejszej rozprawy przyjęto podejście uproszczone – rozważany jest wpływ otoczenia na SGOM oraz SGOM na otoczenie bez uwzględniania oddziaływań zwrotnych. Zależności te są scharakteryzowane w dalszej części tego rozdziału w szczególowej identyfikacji celów i ograniczeń SGOM.

Zakłócenia – jako zakłócenie w jakimkolwiek systemie należy rozumieć powstanie czynników uniemożliwiających lub utrudniających jego normalną pracę. W przypadku SGOM powstanie takich warunków może być spowodowane zachwianiem – utratą stabilności któregoś z systemów bezpośrednio z nim powiązanego. Na podstawie przeglądu literatury, analizy stanu aktualnego oraz możliwych stanów wszystkich czterech powiązanych ze sobą systemów zidentyfikowano dwa najważniejsze zakłócenia, które mogą znacząco zakłócić jego pracę; są to to załamanie finansowania w systemie ochrony zdrowia lub wystąpienie choroby silnie zakaźnej w nasileniu pandemicznym (to zagadnienie zostanie poddane szerszej analizie w dalszej części pracy). Można również zidentyfikować inne – mniejsze zakłócenia, powodujące odczuwalne utrudnienia w pracy systemu. Takim przykładem może być nowelizacja ustawy o *odpadach* z roku 2005, która pozostawiła jedynie jedną z wcześniej dopuszczonych pięciu metod unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych (zagadnienie opisane w rozdziale 2.1). Innym rodzajem zakłóceń będą zdarzenia niepożądane (opisane w rozdziale 8.1), które są skutkiem nieprawidłowości wewnątrz systemu. Problematyka zdarzeń niepożądanych i ich oddziaływanie na SGOM zostały szczegółowo omówione w kolejnych rozdziałach pracy (głównie w rozdziałach 8 i 9).



Rysunek 6.2. Interakcja SGOM z innymi systemami (opracowanie własne)

Figure 6.2. Interaction of medical waste management system with other systems (own work)

Organizacja wewnętrzna SGOM jest zdefiniowana przez jego poszczególne elementy – grupy ludzi wyposażone w środki techniczne, transportowe, instalacje i rozwiązania organizacyjne, które mają bezpośrednio do czynienia z odpadami medycznymi, lub mają istotny wpływ na sposób funkcjonowania systemu jako całości oraz wzajemne relacje pomiędzy tymi elementami. W SGOM można wyróżnić cztery główne grupy elementów funkcjonalnych:

- wytwórców;
- odbiorców;
- organy kontrolne;
- decydentów.

Wytwórcami odpadów medycznych są przede wszystkim wszelkiego rodzaju instytucje i prywatne punkty świadczące usługi medyczne i laboratoryjne, między innymi (WHO, 2013):

- szpitale;
- kliniki specjalistyczne;
- centra medyczne;
- prywatne kliniki;
- przychodnie;
- laboratoria analityczne;

- centra krwiodawstwa;
- hospicja;
- prywatne gabinety (w tym głównie ginekologiczne i stomatologiczne);
- ambulatoria;
- ośrodki terapii uzależnień;
- domy opieki;
- apteki.

Wytwórcy odpadów medycznych są istotnie zróżnicowani z punktu widzenia ilości i jakości wytwarzanych odpadów. Dlatego należy rozróżnić poszczególne grupy wytwórców odpadów medycznych, zarówno z punktu widzenia ilości, jak i składu morfologicznego wytwarzanych odpadów medycznych (WHO, 2013).

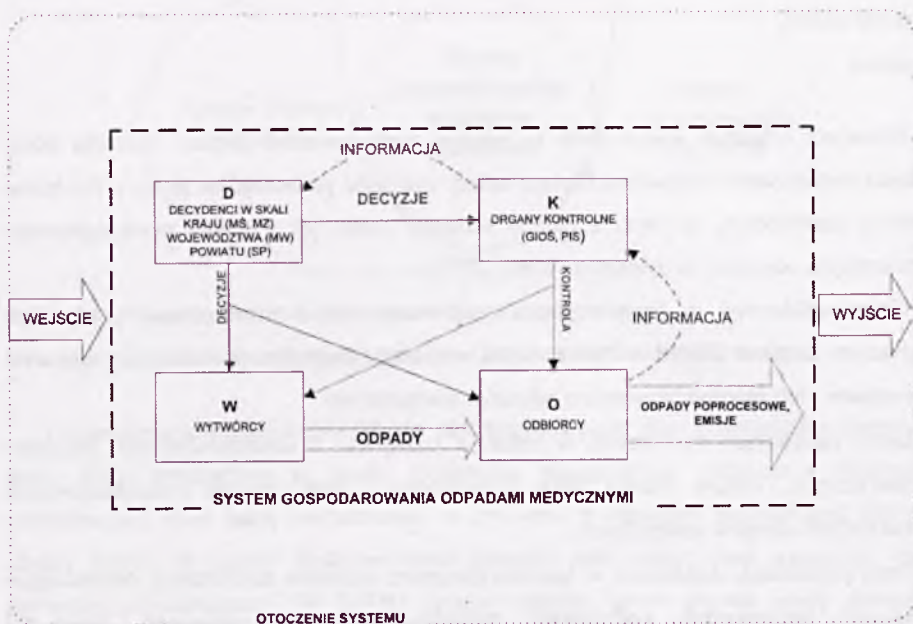
Grupa **odbiorców** to firmy zajmujące się transportem i przetwarzaniem odpadów. W obecnym kształcie SGOM w Polsce można wyróżnić następujące podmioty zajmujące się odbieraniem i lub zagospodarowaniem odpadów medycznych:

- firmy prowadzące działalność w zakresie transportu i unieszkodliwiania odpadów medycznych, mające własny tabor transportowy i instalację do unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych,
- firmy prowadzące działalność w zakresie transportu odpadów medycznych, przekazujące odpady bezpośrednio podmiotowi unieszkodliwiającemu (mającemu instalację) tzw. pośrednicy (nie posiadają statusu posiadacza odpadów),
- firmy prowadzące działalność w zakresie unieszkodliwiania odpadów medycznych (posiadające instalację do unieszkodliwiania odpadów medycznych, nie prowadzące działalności w zakresie transportu odpadów).

Organami kontrolującymi SGOM są przede wszystkim Inspekcja Ochrony Środowiska, której zadania wykonują Główny Inspektorat Ochrony Środowiska oraz wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska oraz Państwowa Inspekcja Sanitarna, której zadania wykonują Główny Inspektorat Sanitarny, państwowy powiatowy inspektor sanitarny, państwowy wojewódzki inspektor sanitarny oraz powiatowe stacje sanitarno-epidemiologiczne. Ponadto SGOM może być kontrolowany przez Najwyższą Izbę Kontroli pełniącą funkcję niezależnego organu kontroli państwowej.

Organami podejmującymi decyzje (decydentami) i tworzącymi politykę w zakresie gospodarki odpadami medycznymi są Minister Zdrowia i Minister Środowiska (zgodnie

z obowiązującymi przepisami opisanymi w rozdziale 2). Organami podejmującymi decyzje w zakresie poszczególnych podmiotów i zakresu ich działalności w SGOM są organy administracji wojewódzkiej – Marszałkowie Województwa lub samorządowej – Starostowie Powiatu. Decyzje ww. organów sterują parametrycznie strumieniami usług medycznych oraz wyznaczają ograniczenia dotyczące strumienia odpadów medycznych.



Rysunek 6.3. Obieg informacji w systemie gospodarki odpadami medycznymi (opracowanie własne)

Figure 6.3. Information flow in medical waste system (own work)

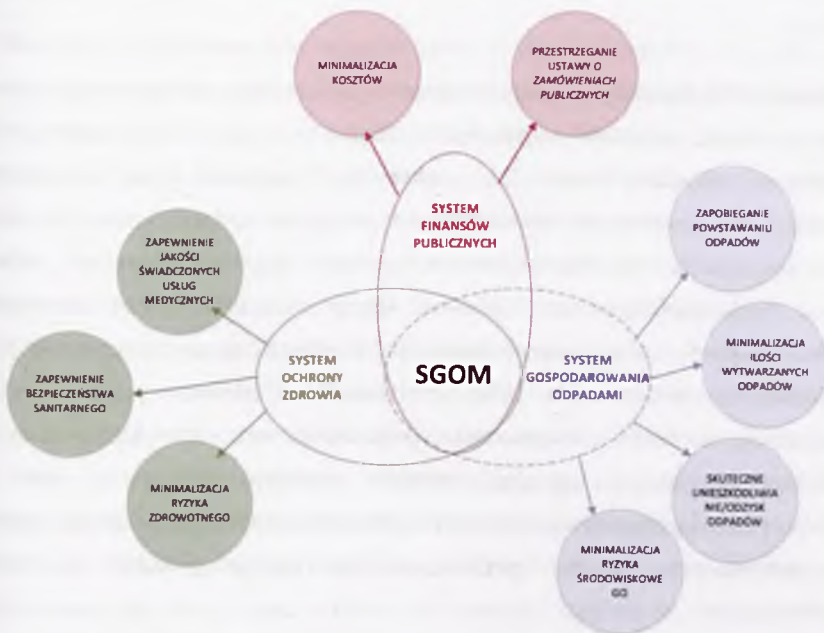
Podstawowe zależności w systemie gospodarki odpadami medycznymi, pomiędzy jego poszczególnymi elementami, przedstawia rysunek 6.3.

Dla każdego systemu należy zdefiniować cel, który system ten ma realizować i ograniczenia, którym podlega. Z uwagi na skomplikowany układ zależności występujących w obrębie SGOM i ich oddziaływanie na otoczenie, zwykle nie rozważa się jednego celu, ale grupę zadań wymagających jednoczesnej realizacji. W przypadku SGOM można wyróżnić następujące cele:

- współtworzenie jakości i bezpieczeństwa świadczonych usług medycznych;
- minimalizacja ilości wytwarzanych odpadów;
- bezpieczne zbieranie i transport odpadów;

- skuteczne unieszkodliwienie odpadów;
- minimalizacja ryzyka zdrowotnego i środowiskowego związanego z odpadami medycznymi (na każdym etapie postępowania);
- minimalizacja kosztów funkcjonowania systemu.

Cele te wynikają z obowiązujących aktów prawnych oraz powiązania systemu gospodarki odpadami medycznymi z systemem ochrony zdrowia i systemem finansów publicznych (rysunek 6.4.).



Rysunek 6.4. Powiązanie SGOM z innymi systemami (opracowanie własne)

Figure 6.4. Linking medical waste management system to other systems (own work)

Współtworzenie jakości i bezpieczeństwa świadczonych usług medycznych. System gospodarki odpadami medycznymi jest systemem podlegającym systemowi opieki zdrowotnej, który ma na celu realizację świadczeń i usług profilaktyczno-leczniczych i rehabilitacyjnych, mających zabezpieczyć i poprawić stan zdrowia jednostki i zbiorowości (Kautsch, 2011). Jedną z podstawowych zasad etycznych w medycynie jest *Primum non nocere* (łac. po pierwsze nie szkodzić) i ta zasada jest naczelnym wyznacznikiem działań

w zakresie usług i świadczeń zdrowotnych. Automatycznie zasada ta przekłada się na system gospodarki odpadami medycznymi, który musi funkcjonować w sposób nie zagrażający bezpieczeństwu ludzi. Biorąc powyższe pod uwagę, można uznać, że właściwie funkcjonujący SGOM, jest jednym z elementów współdecydujących o jakości i bezpieczeństwie świadczonych usług medycznych. Z tego względu wszelkie zasady dotyczące gospodarki odpadami medycznymi powinny w pierwszej kolejności być analizowane pod kątem ich wpływu na zapewnienie jakości i bezpieczeństwa systemu opieki zdrowotnej.

Minimalizacja ilości wytwarzanych odpadów jest kolejnym celem jaki musi realizować system gospodarki odpadami medycznymi. Zasada ta wynika z hierarchii sposobów postępowania z odpadami (rysunek 2.1., rozdział 2). W przypadku odpadów medycznych, ograniczenie ich powstawania jest w praktyce trudne do realizacji; głównie z powodu charakteru i sposobu świadczenia usług medycznych. Organizacja systemu gospodarki odpadami medycznymi powinna realizować zasady minimalizacji ilości wytwarzanych odpadów, w sposób nie zagrażający realizacji celu poprzedniego – zapewnienia jakości i bezpieczeństwa świadczonych usług medycznych. Częściowo polityka związana z zachowaniem hierarchii postępowania z odpadami, może być realizowana przez prowadzenie prawidłowej segregacji odpadów w miejscu wytworzenia oraz przez przemyślaną politykę zaopatrzeniową w zakładach opieki zdrowotnej (np. ograniczanie utraty okresu ważności przez stosowane preparaty, zakupy wybranych produktów w zbiorczych opakowaniach itp.).

Bezpieczne zbieranie i transport odpadów – system gospodarki odpadami medycznymi powinien być zorganizowany w sposób zapewniający bezpieczne zbieranie i transport odpadów medycznych. Cel ten wynika z obowiązujących aktów prawnych – ustawy *o odpadach* i rozporządzenia Ministra Środowiska *w sprawie szczegółowego postępowania z odpadami medycznymi* (zasady te są szczegółowo opisane w rozdziale 2.2 i 2.4). Zbieranie odpadów jest pojęciem dość szerokim i zgodnie z definicją obejmuje gromadzenie odpadów przed ich transportem do miejsc przetwarzania, w tym wstępne sortowanie nie prowadzące do zasadniczej zmiany charakteru i składu odpadów i nie powodujące zmiany klasyfikacji odpadów oraz tymczasowe magazynowanie odpadów (art. 3. ust. 34 ustawy *o odpadach*). Oznacza to że pod tym pojęciem kryje się prawidłowa segregacja odpadów, zastosowanie odpowiednich pojemników/worków, dotrzymanie warunków tymczasowego magazynowania

oraz sposób realizacji transportu wewnętrznego odpadów medycznych. W odniesieniu do transportu zewnętrznego, SGOM poza spełnieniem przytoczonych już aktów prawnych, powinien realizować racjonalną logistykę uwzględniającą zarówno koszty transportu jak i ryzyko związane z transportem odpadów medycznych. Ponadto w kwestii realizacji procesu transportu należy uwzględnić wymagania konwencji dotyczącej drogowego przewozu towarów i ładunków niebezpiecznych ADR (fr. *L' Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route*).

Skuteczne unieszkodliwienie odpadów powinno zapewnić możliwie najlepszy sposób ostatecznego zagospodarowania wytworzonych odpadów, z punktu widzenia - środowiska, bezpieczeństwa procesu oraz kosztów. W hierarchii sposobów postępowania z odpadami pierwszy w kolejności jest odzysk materiałowy – recykling, następnie odzysk i ostatecznie unieszkodliwianie. Odzysk jest to proces, którego głównym wynikiem jest taka postać/stan odpadów, by mogły one służyć użytecznemu zastosowaniu przez zastąpienie innych materiałów (które w przeciwnym przypadku zostałyby użyte do spełnienia danej funkcji) lub w wyniku którego odpady są przygotowywane do spełnienia takiej funkcji w danym zakładzie lub ogólnie w gospodarce. W chwili obecnej odzysk odpadów medycznych jest zakazany, z wyjątkiem rodzajów odpadów które zostaną wymienione w osobnych przepisach (rozdział 2.2). Jeżeli chodzi o unieszkodliwianie to ustawa definiuje ten proces w sposób ogólnikowy, określając go jako proces nie będący odzyskiem, nawet jeżeli wtórnym skutkiem takiego procesu jest odzysk substancji lub energii. Istotą procesu unieszkodliwiania jest doprowadzenie odpadów do stanu, w którym nie stwarzają zagrożeń dla życia, zdrowia ludzi oraz dla środowiska. W świetle obowiązujących aktów prawnych zakażne odpady medyczne, które stanowią ponad 90% całego strumienia odpadów medycznych (rozdział 3.4), mogą być unieszkodliwianie w spalarniach odpadów niebezpiecznych (rozdział 2.5). System musi więc zapewnić odpowiednią liczbę instalacji i mocy przerobowych, z uwzględnieniem ich rozmieszczenia, aby realizować cel bezpiecznego transportu odpadów.

Realizacja celów SGOM, jest zdeterminowana ograniczeniami jakim podlega ten system; do najważniejszych można zaliczyć następujące ograniczenia:

- finansowo-ekonomiczne;
- lokalizacyjno-logistyczne;
- wynikające ze specyfiki odpadów;
- środowiskowe;
- etyczne.

Ograniczenia finansowo-ekonomiczne – analiza sytuacji finansowej sektora służby zdrowia, którego elementem w sensie ekonomicznym jest system gospodarki odpadami medycznymi, wykazuje brak równowagi w jego funkcjonowaniu. Przejawami braku równowagi są problemy finansowe placówek służby zdrowia i zjawisko permanentnego zadłużania jednostek udzielających świadczeń medycznych (Ministerstwo Zdrowia, 2008). Taka sytuacja powoduje ograniczenia w kreowaniu systemu gospodarki odpadami medycznymi, gdyż automatycznie powoduje, iż poszukiwanie rozwiązań ograniczających koszty operacyjne staje się jednym ze stałych czynników występujących w SGOM.

Kolejną kwestią pozostaje stosowanie ustawy z dnia 29 stycznia 2004 r. *Prawo zamówień publicznych* (Dz. U. z 2010 r. Nr 113, poz. 759 ze zmianami). Podmioty publiczne, którymi w znacznej mierze są placówki służby zdrowia, są zobowiązane do stosowania przepisów o zamówieniach publicznych, co warunkuje sposób zakupu usług i towarów, w tym między innymi usługi transportu i unieszkodliwiania odpadów medycznych.

Ograniczenia lokalizacyjno-przestrzenne wynikają z warunków urbanistycznych, demograficznych, lokalizacji placówek służby zdrowia i obiektów unieszkodliwiania odpadów. Obiekty przeznaczone do termicznego przekształcania odpadów niebezpiecznych, w których można unieszkodliwiać zakaźne odpady medyczne, są zgodnie z rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w *sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko* przedsięwzięciami mogącymi zawsze znacząco oddziaływać na środowisko (§2.1. ustęp 41). Oznacza to że inwestycje te podlegają obowiązkowi uzyskania decyzji środowiskowej i przeprowadzeniu oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko – zgodnie z art. 59 i art. 71 ustawy z dnia 3 października 2008 r. *o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko* (Dz.U. 2008 nr 199 poz. 1227 ze zmianami). Ponadto lokalizacja takich obiektów często wiąże się z brakiem akceptacji społecznej, zwłaszcza w sytuacji gdy są lokalizowane w sąsiedztwie szpitala lub w pobliżu miejsc zamieszkałych przez ludzi. Istotne znaczenie ma również logistyka i możliwości transportu odpadów, jak również praktyczna realizacja zasady bliskości wynikającej z zapisu art. 3, ust. 3 ustawy *o odpadach*. Odrębną formę ograniczeń lokalizacyjno-przestrzennych stanowi możliwość zagospodarowania przestrzeni w samych placówkach służby zdrowia, wynikająca z możliwości adaptacyjnych i architektury budynków. Możliwości (lub ich brak) adaptacji powierzchni często stanowią znaczące utrudnienie w realizacji systemu gospodarki

odpadami na poziomie placówki udzielającej świadczeń medycznych np. w aspekcie rozmieszczania pojemników na odpady czy organizacji ich transportu wewnętrznego.

Ograniczenia wynikające ze specyfiki odpadów – ograniczenia te są ściśle związane ze źródłem powstawania i składem morfologicznym strumienia odpadów medycznych. Odpady medyczne mogą być potencjalnie zakaźne i z tego względu wymagają specjalnych warunków gromadzenia i unieszkodliwiania. Warunki te przejawiają się między innymi w przepisach o dopuszczalnym czasie i temperaturze tymczasowego gromadzenia odpadów w miejscu wytworzenia (wymagania dotyczące gromadzenia odpadów medycznych są opisane szczegółowo w rozdziale 2.4). Wymagania te znacząco ograniczają także możliwy sposób zbierania, transportu i przetwarzania odpadów medycznych. Ponadto w przypadku tej grupy odpadów, hierarchia sposobów postępowania z odpadami musi być realizowana tak, aby nie powodować naruszenia wymagań jakości i bezpieczeństwa świadczonych usług medycznych, które są nadrzędnym celem systemu gospodarki odpadami medycznymi.

Ograniczenia środowiskowe – wszystkie systemy gospodarki odpadami podlegają ograniczeniom środowiskowym. Ograniczenia te wynikają z jednej strony z wymogu ograniczania presji systemu gospodarki odpadami na środowisko, z drugiej strony, z warunków środowiskowych, w których funkcjonuje system (dostępna przestrzeń, obszary chronione, uwarunkowania klimatyczne). W przypadku systemu gospodarki odpadami medycznymi ograniczenia środowiskowe będą miały najistotniejsze znaczenie w przypadku lokalizacji obiektów zajmujących się unieszkodliwianiem – termicznym przekształcaniem odpadów medycznych, co jest ściśle powiązane z **ograniczeniami lokalizacyjno-przestrzennymi**. W przypadku odpadów medycznych ograniczeniem istotnie wpływającym na dopuszczalne sposoby zbierania zakaźnych odpadów medycznych, są również warunki klimatyczne i temperatura powietrza.

Ograniczenia etyczne – istotne znaczenie ma aspekt społeczno-etyczny postępowania z odpadami medycznymi, zwłaszcza w odniesieniu do odpadów patologicznych, w których znajdują się np. części ciała ludzkiego. W takiej sytuacji poza aspektami prawno-technologicznymi należy brać pod uwagę również względy etyczne. Zagadnienia dotyczące problematyki moralnej w kontekście gospodarki odpadami medycznymi dotyczą ciała ludzkiego i jego elementów, traktowanych jako integralny element osobowego bytu człowieka, a tym samym wymagających zachowania podmiotowości i godności

na wszystkich etapach postępowania z nimi – zgodnie z zasadami obowiązującymi w bioetyce.

Koncepcję SGOM wraz z występującymi w nim ograniczeniami przedstawia rysunek 6.5.



Rysunek 6.5. Ograniczenia w SGOM (opracowanie własne)

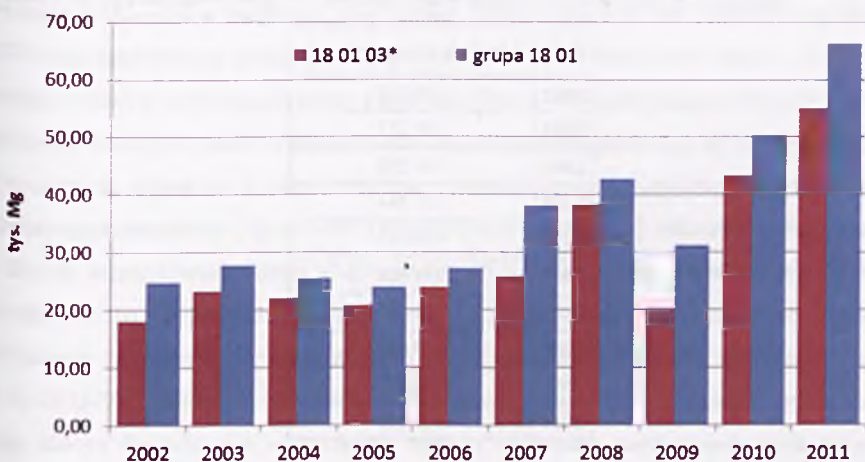
Figure 6.5. Limitations on medical waste management system (own work)

6.1. WNIOSKI Z ROZDZIAŁU 6

System gospodarki odpadami medycznymi należy analizować zgodnie z podejściem systemowym, zakładając że jego składowe/elementy są wzajemnie zależne oraz że zależą od jego interakcji z otoczeniem. Analizując SGOM należy uwzględnić cele jakie ma ten system realizować i ograniczenia którym podlega. Określenie zbioru założeń przyjętych do analizy, jest istotne dla identyfikacji modeli zależności w tym systemie, w tym zależności dotyczących ryzyka. Założenia te są zdefiniowane jako cele i ograniczenia, wynikające z relacji SGOM z otoczeniem, w tym zwłaszcza z systemem opieki zdrowotnej, systemem finansów publicznych i systemem gospodarki odpadami (w sensie ogólnym).

Rozdział 7. ANALIZA DANYCH DOTYCZĄCYCH WYTWARZANIA I UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW MEDYCZNYCH

Analizę systemu gospodarowania odpadami medycznymi oraz procesów w nim zachodzących rozpoczyna się zwyczajowo od oszacowania wielkości i parametrów strumienia wytwarzanych odpadów na podstawie dostępnych danych. Właśnie wytwarzanie strumienia odpadów medycznych jest działaniem indukującym potencjalne ryzyko w SGOM. Z tego względu istotnym elementem analizy ryzyka w SGOM jest identyfikacja ilości i rodzaju wytwarzanych odpadów medycznych oraz prognoza zmian strumienia tych odpadów w kolejnych latach. To jak strumień ten będzie się kształtował w przyszłości, w powiązaniu z wiedzą o ryzyku z nim związanym, jest wskazówką do odpowiedniego kształtowania SGOM (z uwzględnieniem zależności opisanych w rozdziale 6). Źródłem informacji na temat ilości wytwarzanych w Polsce odpadów medycznych jest Centralny System Odpadowy Ministerstwa Środowiska. Dane na temat ilości odpadów medycznych wytworzonych w Polsce w latach 2002-2011 przedstawia rysunek 7.1.



Rysunek 7.1. Masa odpadów medycznych wytworzonych w Polsce w latach 2002-2011 (opracowanie własne na podstawie danych z CSO)

Figure 7.1. The amount of medical waste generated in Poland in the years 2002-2011 (own work, based on CSO data base)

Strumień odpadów medycznych jest wielkością bezpośrednio związaną z ilością udzielanych świadczeń medycznych, co wynika z definicji odpadów medycznych zawartej

w ustawie o odpadach (rozdział 2). Podstawowym wskaźnikiem stosowanym do oceny wielkości strumienia odpadów medycznych, jest wskaźnik nagromadzenia odpadów medycznych, odniesiony do jednego łóżka szpitalnego – zagadnienie zostało opisane w rozdziale 3.3. Z tego względu istotną wielkością związaną ze strumieniem odpadów medycznych jest liczba łóżek szpitalnych (w tym na oddziałach poszczególnych specjalności) oraz ich obłożenie. Spośród 180,6 tys. łóżek odnotowanych w roku 2011 w szpitalach ogólnych (bez szpitali Ministerstwa Obrony Narodowej i Ministerstwa Sprawiedliwości) największą liczbą łóżek dysponowały oddziały o specjalnościach chirurgicznych – łącznie 40,3 tys. (22,3% wszystkich łóżek), następnie chorób wewnętrznych – 25,8 tys. (14,3%) i ginekologiczno-położniczych – 18,5 tys. (10,2%) (GUS, 2012). Są to oddziały specjalności z wysokim wskaźnikiem nagromadzenia odpadów medycznych (Faber 2004; Wandrasz, 2000). Jeżeli chodzi o wykorzystanie łóżek, to na podstawie danych z lat 2000-2012, można przyjąć że wynosi ono średnio około 247 dni w roku (GUS, 2012). Liczbę łóżek szpitalnych w Polsce w latach 2002-2011 przedstawia tabela 7.1.

Tabela 7.1. Liczba łóżek szpitalnych w Polsce w latach 2002-2011 (opracowanie własne, na podstawie danych z GUS)

Table 7.1. The amount of hospital beds in Poland in the years 2002-2011(own work, based on GUS data)

Rok	Liczba łóżek szpitalnych
2002	190 503
2003	185 113
2004	183 280
2005	179 493
2006	176 673
2007	175 023
2008	183 565
2009	183 040
2010	181 077
2011	180 606

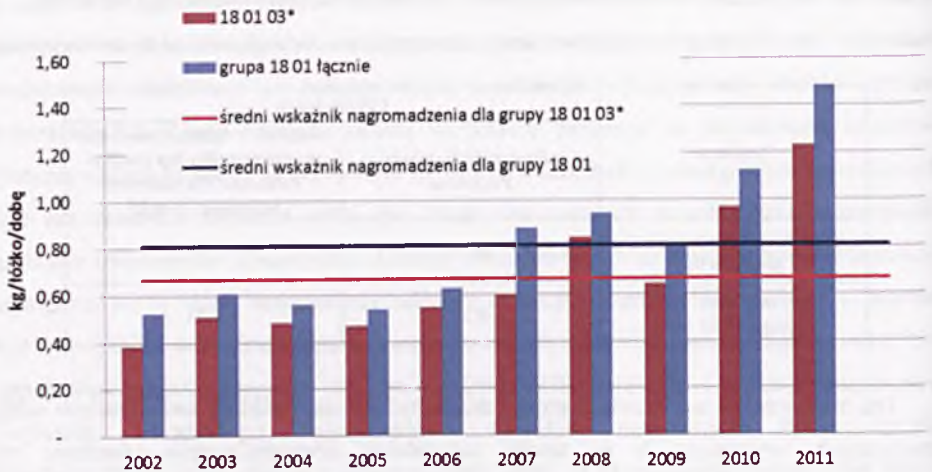
Statystyczna analiza danych dotyczących strumienia wytworzonych w Polsce odpadów medycznych i liczby łóżek szpitalnych wykazała, że nie ma istotnych statystycznie związków pomiędzy masą wytworzonych odpadów medycznych, a liczbą łóżek szpitalnych. Współczynniki korelacji r-Pearsona i wartości odczytane z tablic rozkładu współczynnika korelacji r-Pearsona (dla poziomu istotności $\alpha=0,05$ i n-2 stopni swobody) są przedstawione w tabeli 7.2.

Tabela 7.2. Współczynniki korelacji pomiędzy masą wytworzonych odpadów medycznych a liczbą łóżek

Table 7.2. The correlation coefficients between the mass of generated medical waste and the number of beds

Zmienne	Liczba łóżek	
	współczynnik korelacji r-Pearsona	wartość z tablicy rozkładu współczynnika korelacji r-Pearsona dla poziomu istotności $\alpha=0,05$
Odpady medyczne ogółem grupa 18 01	-0,17	0,63
Odpady medyczne zakaźne grupa 18 01 03	-0,22	0,63

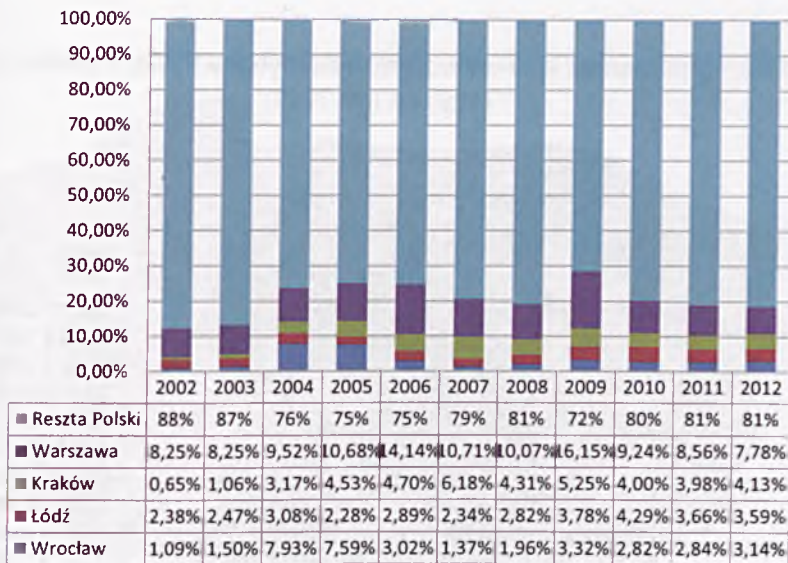
Ten brak oczekiwanej korelacji można tłumaczyć zmianą struktury świadczonych usług medycznych, występujących na skutek czynników: demograficznych (starzenie się społeczeństwa, wydłużanie długości życia itp.), zmian w sposobie świadczenia usług medycznych (zwiększanie liczby placówek medycznych, wzrost placówek prywatnych, zmiany w materiałach/produktach wykorzystywanych w usługach medycznych, zmiany związane z ograniczaniem zakażeń wewnątrzszpitalnych), zmian w prawodawstwie (zwiększone wymagania w zakresie gospodarki odpadami medycznymi). Zmiany te mogą być przyczyną wykazania w ewidencji zwiększonej ilości wytwarzanych odpadów (wg danych z CSO) bez odnotowania proporcjonalnego przyrostu liczby łóżek (wg danych GUS). Brak korelacji w danych dotyczących liczby łóżek szpitalnych w Polsce w latach 2001-2011 i masy wytworzonych w tych latach odpadów medycznych, utrudnia swobodne obliczenie wskaźnika nagromadzenia odpadów w skali kraju na podstawie danych uzyskanych z CSO (masa wytworzonych odpadów) i danych GUS (liczba łóżek szpitalnych). Niemniej jednak, bazując na danych literaturowych (Basel Convention, 2003; Diaz i inni, 2008; Ferreira i Ribau Teixeira, 2010), poprawne jest podejście odnoszące masę wytworzonych odpadów medycznych do liczby łóżek szpitalnych (z uwzględnieniem ich obłożenia). Z tego względu dla lat 2002-2011 obliczono wskaźniki nagromadzenia oraz średni wskaźnik nagromadzenia z tego okresu dla odpadów medycznych ogółem i odpadów medycznych infekcyjnych – rysunek 7.2.



Rysunek 7.2. Wskaźnik nagromadzenia odpadów medycznych i odpadów medycznych zakaźnych (grupa 18 01 03*) wytworzonych w Polsce w latach 2002-2011 (opracowanie własne na podstawie tabeli 7.1 i 7.2)

Figure 7.2. The rate of accumulation of medical waste and infectious medical waste (18 01 03*) generated in Poland in the years 2002-2011 (own work based on data in table 7.1 and 7.2)

Uzyskany średni wskaźnik nagromadzenia odpadów medycznych z lat 2002-2011 wynosi 0,81 kg/łóżko/dobę i jest trochę wyższy od danych literaturowych przedstawionych w rozdziale 3.3 *Ilość i skład odpadów medycznych* oraz od wskaźników uzyskanych z badań prowadzonych w ramach prac dyplomowych przytoczonych w tym samym rozdziale (około 0,5 kg/łóżko/dobę). Średni wskaźnik nagromadzenia odpadów medycznych o kodzie 18 01 03* (*odpady, które zawierają żywe drobnoustroje chorobotwórcze lub ich toksyny, o których wiadomo lub co do których istnieją wiarygodne podstawy do sądu, że wywołują choroby u ludzi i zwierząt – z wyłączeniem części ciała, organów i pojemników na krew*) z lat 2002-2011 wynosi 0,67 kg/łóżko/dobę. Ostatecznie, wskaźniki przyjęto zakładając średnie obłożenie łóżek na poziomie 247 dni w roku (Wojtyński, 2006; GUS, 2012).

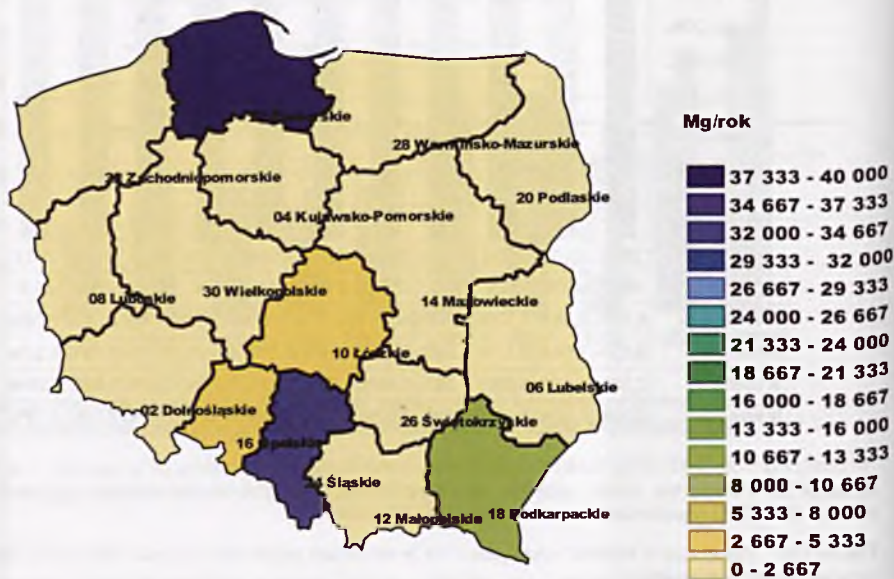


Rysunek 7.3. Procentowy udział odpadów medycznych wytworzonych w największych miastach Polski w latach 2002-2012 (opracowanie własne na podstawie danych z CSO)

Figure 7.3. Proportion of medical waste generated in the largest Polish cities in years 2002-2012 (own work with data from CSO database)

Ponadto analizując dane z CSO można stwierdzić że w czterech największych miastach Polski powstało w zależności od roku, między 12% a 28% wszystkich wytworzonych w kraju odpadów medycznych (średnio 20%), w tym blisko 10% w Warszawie (rysunek 7.3). Ta informacja ma istotne znaczenie z punktu widzenia transportu i unieszkodliwiania odpadów medycznych. Należy również przypuszczać, że taki układ będzie się umacniał z uwagi na migrację ludności do dużych aglomeracji miejskich (Okólski i Topińska, 2012). Ponadto biorąc pod uwagę obowiązującą *zasadę bliskości*, bardzo istotna jest zależność pomiędzy mocami przerobowymi do unieszkodliwiania odpadów medycznych, a ilością odpadów medycznych wytwarzanych w poszczególnych województwach. Rozkład tych wielkości w poszczególnych województwach jest przedstawiony na rysunkach 7.4. i 7.5 (rysunki opracowano przy użyciu programu *Statistica Mapy* firmy StatSoft® na podstawie danych z CSO i danych uzyskanych z GIOŚ).

Moce przerobowe spalarni odpadów medycznych wg województw (stan na rok 2010)

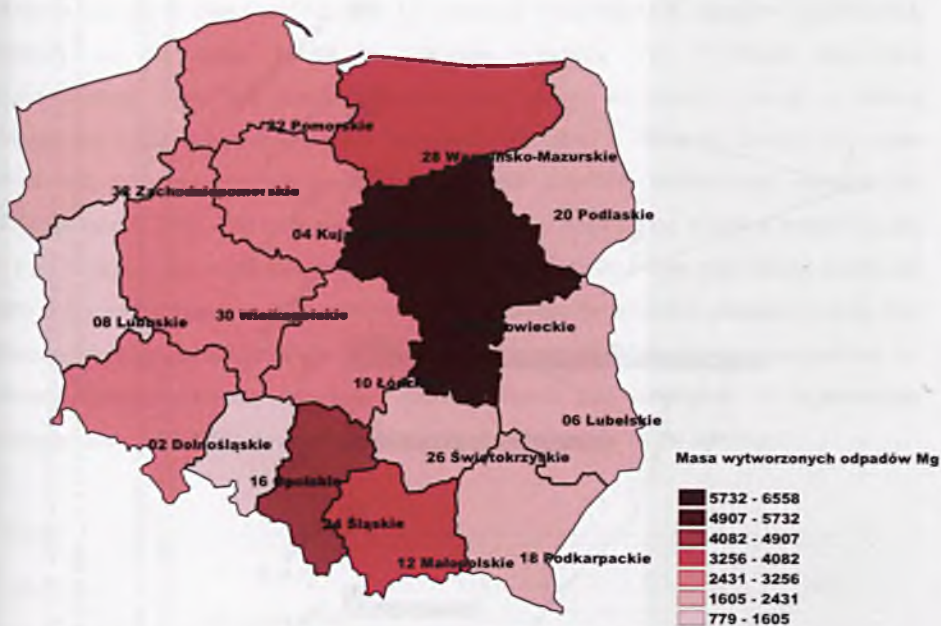


Rysunek 7.4. Moce przerobowe spalarni odpadów medycznych w roku 2010 wg województw (opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z GIOŚ, dane pochodzące z baz WIOŚ – ilości dopuszczone decyzjami Marszałków Województw)

Figure 7.4. Capacities of medical waste incineration plants by voivodship (based on data obtained from the GIOŚ, data from WIOŚ databases - the quantity released with Marshals decisions)

Porównując mapę z rysunku 7.4. z mapą z rysunku 7.5. można zauważyć, że obszary mające największe moce przerobowe nie pokrywają się z obszarami o największej masie wytworzonych odpadów. Największe moce spalarni odpadów medycznych znajdują się w województwach pomorskim, śląskim i podkarpackim; natomiast największa masa odpadów powstaje w województwie mazowieckim, śląskim, małopolskim i warmińsko-mazurskim. Te różnice są bardziej widoczne na rysunku 7.6. W przypadku mocy przerobowych przedstawionych na rysunku 7.6. wykorzystano inną bazę danych (bazę danych Ministerstwa Środowiska, a nie jak w przypadku rysunku 7.4. Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska).

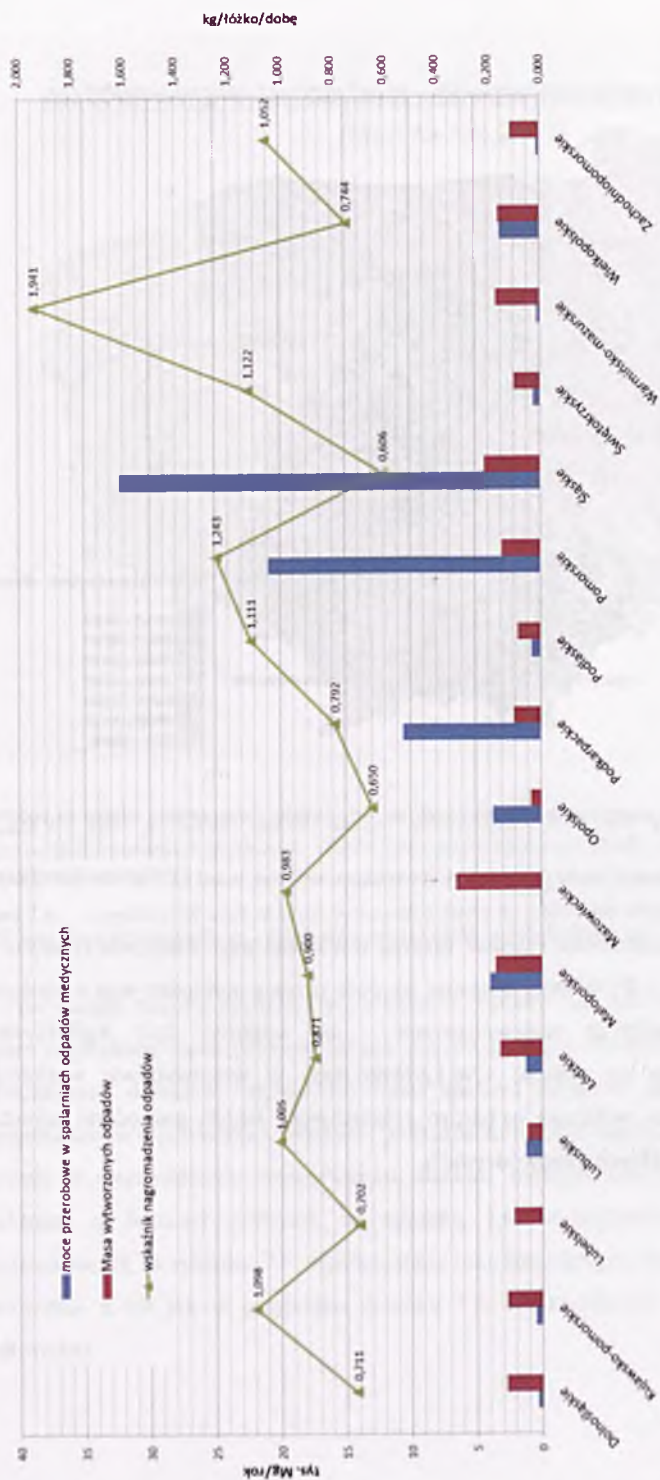
Masa wytworzonych odpadów medycznych wg województw



Rysunek 7.5. Ilości odpadów medycznych wytworzonych wg województw (opracowanie własne na podstawie danych z CSO)

Figure 7.5. Quantities of medical waste generated by voivodship (own work based on data from the CSO)

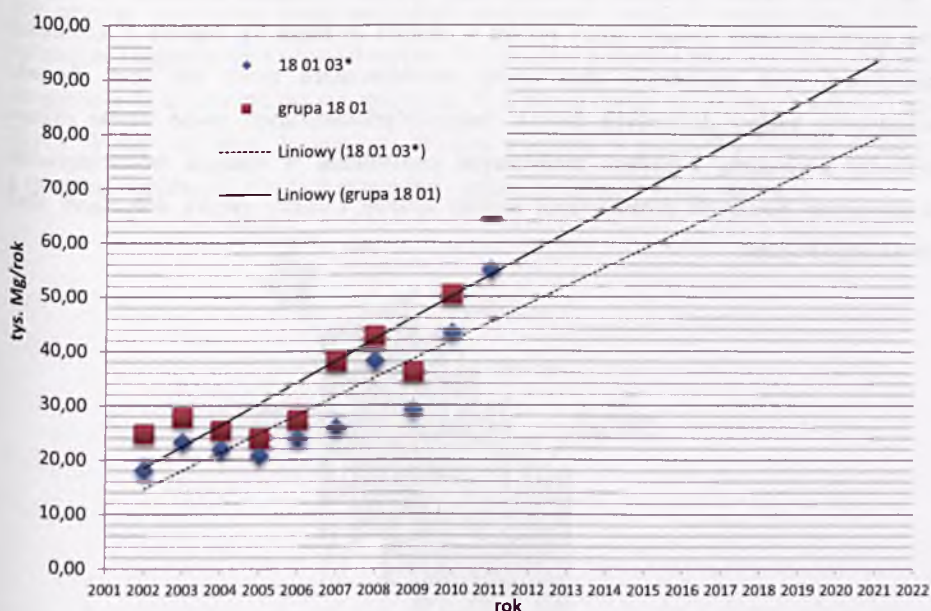
Na rysunku 7.6 przedstawiono również rozkład wskaźnika nagromadzenia odpadów na terytorium Polski dla roku 2010, który obrazuje jak duże różnice pomiędzy jego wartościami występują w poszczególnych województwach – od wartości 0,61 kg/łóżko/dobę w województwie śląskim po wartość 1,96 kg/łóżko/dobę w województwie warmińsko-mazurskim. Takie różnice wskazują na bardzo zróżnicowaną jakość gospodarki odpadami medycznymi w poszczególnych województwach.



Rysunek 7.6. Zestawienie ilości odpadów medycznych wytworzonych w Polsce w roku 2010 (dane z CSO) wg województw w porównaniu z mocami przerobowymi spalarni odpadów medycznych w tym samym roku (dane z bazy MŚ uzyskane z GIOŚ) oraz w zestawieniu ze wskaźnikiem nagromadzenia odpadów (opracowanie własne na podstawie danych z CSO i danych z GUS, 2010)

Figure 7.6. Summary the amount of medical waste generated in Poland in 2010 (data from the CSO) by voivodship compared with capacity in medical waste incineration plants in the same year (data from the MŚ database obtained from GIOŚ) and compared with waste accumulation factor (own work based on data from CSO and data from GUS, 2010)

Na podstawie danych o ilości wytworzonych odpadów wykonano prognozę ilości wytwarzanych odpadów (szczegółowe obliczenia i analiza znajdują się w załączniku nr 1) i oszacowano, że w ciągu najbliższych lat strumień wytwarzanych odpadów medycznych zwiększy się do około 80–90 tys. Mg/rok (rysunek 7.7). Wielkość strumienia prognozowanego może być jednak przeszacowana; przede wszystkim z uwagi na wzrost skuteczności funkcjonowania systemu ewidencji odpadów w ostatnich latach, co mogło powodować sztuczny przyrost masy wytworzonych odpadów medycznych wykazanych w CSO w latach 2002-2011; odpady te były częściowo wytwarzane również wcześniej, ale nie były wykazywane w systemie ewidencji. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę trendy na rynku usług medycznych, należy przypuszczać że nastąpi zwiększenie strumienia odpadów medycznych w ciągu najbliższych lat i decyzje dotyczące SGOM powinny uwzględniać co najmniej 15-20% przyrosty ich masy. Takie podejście jest niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa w SGOM i podejmowania racjonalnych decyzji w tym zakresie.



Rysunek 7.7. Prognoza trendu do roku 2020 wytwarzanych odpadów medycznych (kod 18 01) i medycznych zakaźnych (o kodzie 18 01 03*)

Figure 7.7. Forecast trend of generated medical waste till 2020 (waste code 18 01) and infectious medical waste (waste code 18 01 03*)

7.1. WNIOSKI Z ROZDZIAŁU 7

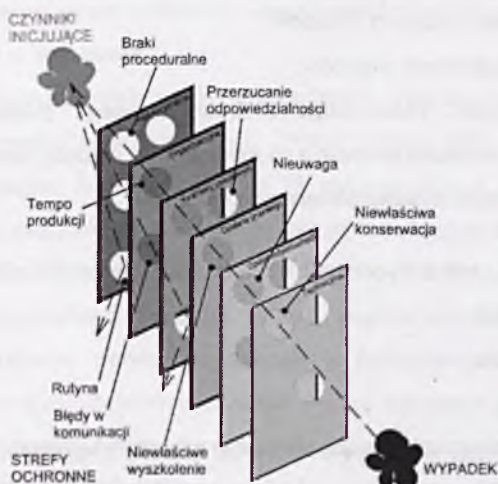
Analiza danych dotyczących ilości wytworzonych w Polsce w latach 2001-2011 odpadów medycznych oraz danych dotyczących istniejących w Polsce mocy przerobowych do unieszkodliwiania (spalania) odpadów medycznych (stan na rok 2010) wskazała na kilka istotnych problemów, które można zidentyfikować w SGOM. Pierwszym problemem jest jakość danych dotyczących systemu. Poszczególne bazy danych różnią się od siebie znacząco, wskazując zupełnie odmienne wartości. Ponadto przeprowadzona analiza wskazuje na liczne problemy związane z funkcjonowaniem SGOM; w tym m.in. na brak praktycznej możliwości realizacji zasady bliskości – województwa w których powstaje znacząca ilość odpadów medycznych nie mają odpowiednich mocy przerobowych do ich unieszkodliwienia. Z kolei, w tych województwach, w których znajdują się znaczące moce przerobowe strumień wytwarzanych odpadów medycznych jest niewystarczający by te moce wykorzystać.

Niniejszy rozdział wymieniając wybrane problemy występujące w SGOM analizowanym w skali Polski stanowi podstawę do identyfikacji ryzyka i obszarów narażenia (rozdział 8) oraz zaproponowania metody oceny ryzyka w SGOM (rozdział 9), właśnie w kontekście identyfikacji tych problemów oraz oceny powodowanych przez nie strat. Ponadto na podstawie analizy dostępnych danych ilościowo-przestrzennych widać istotne różnice pomiędzy gospodarką odpadami medycznymi prowadzoną w różnych województwach, co potwierdza zasadność poszukiwania metody analizy i oceny ryzyka dotyczącej skali określonego regionu.

Rozdział 8. ŹRÓDŁA RYZYKA I OBSZARY NARAŻENIA W SGOM

8.1. ZDARZENIA NIEPOŻĄDANE W SGOM

W każdym złożonym systemie mogą występować zdarzenia niepożądane, wynikające z działania czynnika ludzkiego oraz czynników technicznych i organizacyjnych (Cagliano i inni, 2011). Wg teorii przedstawionej przez Reason'a zdarzenia niepożądane rzadko są skutkiem pojedynczego błędu (technologicznego czy ludzkiego), najczęściej powodowane są przez łańcuch błędów, a ostateczne zdarzenie niepożądane stanowi końcowy element ciągu przyczynowo-skutkowego (rysunek 8.1). Niektóre z błędów mogą mieć charakter utajony i być bardzo trudne lub niemożliwe do wykrycia (Reason, 2002). Istnienie bezpośrednich i utajonych przyczyn zdarzeń niepożądanych występujących w łańcuchach przyczynowo-skutkowych wskazuje na potrzebę systemowego podejścia do analizy ryzyka, aby uzyskać całościowy obraz wszystkich możliwych interakcji uwzględniając ludzkie, techniczne i organizacyjne czynniki ryzyka. W literaturze podejście takie jest rekomendowane szczególnie do analizy ryzyka występującego w systemie opieki zdrowotnej (Cagliano i inni, 2011). Wydaje się więc, że jest ono również właściwe w przypadku SGOM, zwłaszcza z uwagi na wspólny cel obu tych systemów – ochronę zdrowia i życia ludzkiego.



Rysunek 8.1. Model Reasona (wg Cagliano i inni, 2011)

Figure 8.1. Reason's Model (based on Cagliano et al., 2011)

Podstawową kwestią w procesie analizy ryzyka związanego z funkcjonowaniem systemu gospodarki odpadami medycznymi jest zdefiniowanie zdarzeń niepożądanych. W systemie opieki zdrowotnej (systemie ochrony zdrowia) istnieje definicja zdarzeń niepożądanych, które są określone jako szkoda wywołana w trakcie lub w wyniku leczenia, nie związana z naturalnym przebiegiem choroby lub stanem zdrowia pacjenta. Ta definicja dotyczy głównie uszczerbków na zdrowiu wynikających z niewłaściwych procedur/wypadków w trakcie świadczenia usług medycznych (Ministerstwo Zdrowia, 2011). Nie może być ona jednak stosowana w identyfikacji zdarzeń niepożądanych w SGOM, ponieważ ogranicza się wyłącznie do zagrożeń związanych ze zdrowiem ludzkim, a tym samym jest zbyt zawężona na potrzeby rozważań dotyczących SGOM. Z uwagi na brak odniesień literaturowych należy zaproponować definicję i zakres zdarzeń niepożądanych w systemie gospodarki odpadami medycznymi, posługując się ogólną definicją zdarzeń niepożądanych zawartą w rozdziale 8.1. Przywołując tę definicję, za *zdarzenia niepożądane należy uznać te, które powodują zagrożenie dla chronionych dóbr*. Istotą identyfikacji zdarzeń niepożądanych, jest więc ustalenie czym są *dobra chronione* w odniesieniu do SGOM. Wynikają one częściowo z relacji SGOM z otoczeniem opisanych w rozdziale 5, w tym głównie z celów jakie SGOM ma spełniać; są to następujące cele:

- współtworzenie jakości i bezpieczeństwa świadczonych usług medycznych;
- minimalizacja ilości wytwarzanych odpadów;
- bezpieczne zbieranie i transport odpadów;
- skuteczne unieszkodliwienie odpadów;
- minimalizacja ryzyka zdrowotnego i środowiskowego związanego z odpadami medycznymi – od momentu powstania do momentu ich finalnego unieszkodliwienia;
- minimalizacja kosztów funkcjonowania systemu.

Ogólnie, w SGOM można wyodrębnić trzy zasadnicze grupy chronionych dóbr:

- zdrowie i życie ludzi,
- środowisko naturalne,
- dobra materialne.

Można zatem przyjąć następującą definicję zdarzeń niepożądanych; przez *zdarzenie niepożądane w SGOM rozumie się zdarzenia związane z gospodarowaniem odpadami medycznymi powodujące utratę zdrowia lub życia ludzkiego, straty w środowisku (naturalnym i cywilizacyjnym) lub straty materialne (rozumiane jako wzrost kosztów funkcjonowania systemu)*. Wprowadzenie definicji zdarzeń niepożądanych w SGOM jest wstępem do analizy

ryzyka. Identyfikacja zdarzeń niepożądanych w praktyce wymaga stworzenia jednoznacznych procedur identyfikacji, lub inaczej *katalogu zdarzeń niepożądanych*. Podstawową identyfikacji może być wiedza na temat aktualnego stanu funkcjonowania SGOM (poparta statystykami), dane literaturowe lub odniesienie do obowiązujących wymogów. W niniejszej pracy przyjęto, że obowiązujące w Polsce akty prawne dotyczące odpadów medycznych (opisane w rozdziale 2) zapewniają bezpieczeństwo funkcjonowania systemu gospodarki odpadami medycznymi, a naruszenie przepisów występujących w tych aktach prowadzi do zdarzeń niepożądanych i jest przyczyną występowania ryzyka. Założenie to jest warunkiem początkowym do dalszej analizy. Powyższe założenie jest istotne z dwóch względów; po pierwsze określa zakres analizy ryzyka; po drugie pozwala przyjąć pewną metodologię szczegółowej identyfikacji zdarzeń niepożądanych, które jako naruszenie obowiązującego prawa mogą być identyfikowane w czasie kontroli uczestników SGOM (wytwórców, odbiorców itd.). Kontrola może być realizowana wewnętrznie (audyt, kontrola organów wewnętrznych danej organizacji) lub zewnętrznie przez organy kontrolne (GIOŚ, NIK, PIS itp.).

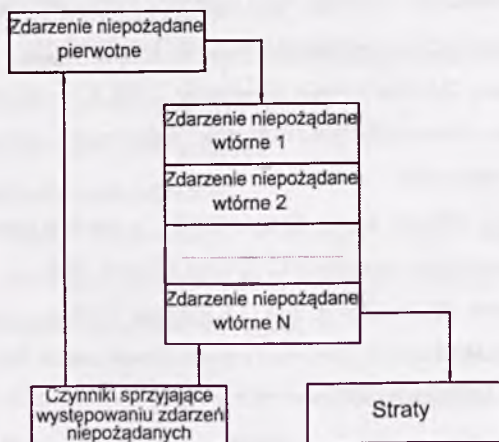
Podsumowując, nie spełnienie wymagań niżej wymienionych - ustawy i rozporządzeń:

- ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. *o odpadach* (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21);
- rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. *w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych* (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 104 ze zmianami);
- rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 lipca 2010 r. *w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi* (Dz.U. 2010 nr 139 poz. 940);
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 stycznia 2014 r. *w sprawie dokumentu potwierdzającego unieszkodliwienie zakaźnych odpadów medycznych lub zakaźnych odpadów weterynaryjnych* (Dz.U. 2014 poz. 107);

na danym etapie postępowania z odpadami, można uznać za *zdarzenie niepożądane*. Akty te nie wyczerpują podstawy prawnej wyznaczającej funkcjonowanie SGOM w Polsce. Dodatkowo należy uwzględnić wszystkie zapisy ogólne dotyczące gospodarki odpadami, w tym akty wykonawcze do ustawy o odpadach (nie odnoszące się wprost do odpadów medycznych, ale mogące ich dotyczyć).

8.2. ZWIĄZKI PRZYCZYNOWO-SKUTKOWE POMIĘDZY ZDARZENIAMI NIEPOŻĄDANYMI

Zgodnie ze wspomnianą w rozdziale 8.1 teorią Reason'a, zdarzenia niepożądane rzadko są skutkiem pojedynczego błędu (technologicznego czy ludzkiego), najczęściej powodowane są przez łańcuch błędów, a ostateczne zdarzenie niepożądane stanowi końcowy element ciągu przyczynowo-skutkowego. Biorąc powyższe pod uwagę SGOM powinien być analizowany „poziomami”, którymi są kolejne etapy postępowania z odpadami medycznymi – zbieranie, transport wewnętrzny, tymczasowe magazynowanie w miejscu wytworzenia (tj. w zakładzie opieki zdrowotnej), transport zewnętrzny, unieszkodliwianie/odzysk odpadów i zagospodarowanie odpadów końcowych (rysunek 8.2). Na poszczególnych etapach mogą bowiem występować różne zdarzenia niepożądane, będące skutkiem różnych czynników – znanych i nieznanych. Pojedyncze zdarzenie niepożądane może być przyczyną kolejnych – wtórnych zdarzeń niepożądanych, z których każde kolejne będzie zwiększało zagrożenie w analizowanym systemie. Zdarzenia niepożądane mogą nakładać się na siebie i powodować kumulację ryzyka.



Rysunek 8.2. Następowanie po sobie zdarzeń niepożądanych (Kariuki i Lowe, 2007)

Figure 8.2. Succession of adverse events (Kariuki and Lowe, 2007)

Poszczególne zdarzenia niepożądane generują określone straty zdrowia i życia ludzi, straty w środowisku oraz straty ekonomiczne wynikające ze wzrostu kosztów funkcjonowania

systemu. Można je rozpatrywać w różnej skali – w skali wybranego zakładu opieki zdrowotnej, w skali regionu lub w skali kraju. W niniejszej pracy nacisk położono na zagrożenia występujące w skali regionu (województwa) lub w skali kraju. Określenie zagrożeń w skali kraju, może bowiem stanowić wytyczną dotyczącą kierunku zmian w całym systemie.

Istotne jest odpowiednie uszeregowanie zdarzeń niepożądanych, z uwzględnieniem stopnia ważności, chronologii występowania i wzajemnych oddziaływań między nimi. W niniejszej rozprawie doktorskiej nie są analizowane zależności przyczynowo skutkowe pomiędzy kolejnymi zdarzeniami niepożądanymi. Wynika to z braku danych i dostatecznej bazy wiedzy, która pozwoliłaby na wiarygodne ustalenie takich zależności. Z tego względu poszczególne zdarzenia niepożądane są traktowane jako zdarzenia niezależne. Jest to podejście uproszczone i w przyszłości powinno zostać uzupełnione o szczegółową analizę wzajemnych zależności pomiędzy zdarzeniami niepożądanymi w SGOM, która wymaga jednak przeprowadzenia specjalnych i szerokich badań i obserwacji w tym zakresie. Niniejsza praca może stanowić punkt wyjścia dla takich badań.

8.3. ZEWNĘTRZNE CZYNNIKI RYZYKA W SGOM

Wymieniony w rozdziale 7.1 sposób interpretacji zdarzeń niepożądanych można uznać za wewnętrzny czynnik ryzyka – czyli taki, który jest bezpośrednio związany z funkcjonowaniem SGOM i z zależnościami/zjawiskami w nim występującymi. Należy jednak pamiętać o tym, że każdy system wchodzi w relacje z otoczeniem (rozdział 6) i w SGOM mogą pojawić się oddziaływania, będące bezpośrednio skutkiem wpływu czynników zewnętrznych. W takiej sytuacji poza wewnętrznymi czynnikami ryzyka należy zdefiniować potencjalne zewnętrzne źródła ryzyka, które mogą powodować straty zdrowia i życia ludzkiego, straty w środowisku lub straty materialne w SGOM. Takim czynnikiem dla SGOM jest wystąpienie choroby o charakterze zakaźnym w nasileniu pandemicznym. W najnowszym poradniku WHO dotyczącym bezpiecznego gospodarki odpadami medycznymi (WHO, 2013), to właśnie występowanie chorób zakaźnych o nasileniu pandemicznym i nowych infekcji chorób zakaźnych jest wskazane jako jedno z wyzwań na przyszłość w gospodarce odpadami medycznymi.

W przeciągu ostatnich 20 lat na świecie zdiagnozowano przypadki ponad 30 nowych chorób (w tym np. SARS, nowe typy ptasiej i świńskiej grypy) (Prognoza EABiZwP, 2007). W chwili obecnej pod uwagę bierze się możliwość wystąpienia epidemii następujących chorób zakaźnych, o etiologii bakteryjnej lub wirusowej (Wojewódzki Plan, 2009):

- bakteryjne czynniki etiologiczne: laseczka wąglika, prątek gruźlicy, maczugowiec błonicy, pałeczka krztuśca, pałeczka legionelli, przecinkowiec cholery, czynniki etiologiczne bakteryjnego zapalenia opon mózgowo – rdzeniowych, krętek borelli, pałeczka dżumy;
- wirusowe czynniki etiologiczne: wirus ospy prawdziwej, wirus zapalenia wątroby typu C, wirus HIV, wirus wścieklizny, wirus grypy, wirus gorączek krwotocznych – żółtej gorączki, Hantaan, Q, Ebola, Marburg, Lassa.

Z uwagi na globalizację życia na naszej planecie, problemy zdrowotne wstępujące w jednym kraju mogą stać się problemami całego globu i prowadzić do ataków epidemicznych i pandemicznych, a co za tym idzie do gwałtownego wzrostu liczby zachorowań i hospitalizacji (Gummow, 2010). Można wyróżnić następujące czynniki sprzyjające wybuchom pandemii (Garlicki, 2009; Waldvogel, 2004):

- globalny charakter transportu i handlu żywnością;
- powszechne podróżowanie (cele turystyczne, biznesowe);
- migracja ludności;
- klęski żywiołowe;
- nowe patogeny i choroby (w tym odzwierzęce);
- choroby przenoszone drogą płciową;
- ryzyko ataku terrorystycznego z użyciem czynnika biologicznego.

Wiele z nowych chorób, w tym chorób zakaźnych, wymaga leczenia w warunkach szpitalnych, częściowo na oddziałach intensywnej opieki medycznej. Ilość wytwarzanych odpadów medycznych jest ściśle związana z liczbą świadczonych usług medycznych. Z tego względu gwałtowny wzrost zachorowań może prowadzić do przeciążenia systemu gospodarki odpadami medycznymi. Dodatkowym problemem jest sposób klasyfikacji odpadów medycznych w warunkach wystąpienia epidemii i pandemii chorób zakaźnych; w takiej sytuacji normalne procedury klasyfikacji mogą okazać się nie wystarczające i dla zapewnienia bezpieczeństwa sanitarno-epidemiologicznego trzeba będzie wprowadzić bardziej rygorystyczne działania. W sytuacji wystąpienia chorób zakaźnych o nasileniu pandemicznym i epidemicznym można przewidywać wystąpienie szeregu zagrożeń dla funkcjonowania SGOM:

- może wystąpić przeciążenie systemu ochrony zdrowia spowodowane:
 - zwiększoną liczbą zachorowań,

- zwiększoną liczbą zgonów,
 - zwiększoną liczbą pacjentów na oddziałach intensywnej opieki medycznej,
 - brakiem personelu medycznego;
- odpady *nie zakaźne* mogą stać się *zakaźnymi*;
- dostępność mocy przerobowych do unieszkodliwienia odpadów medycznych może okazać się niewystarczająca;
- mogą wzrosnąć koszty funkcjonowania placówek służby zdrowia.

Przeciążenie systemu ochrony zdrowia będzie wynikało ze zwiększonej liczby zachorowań, zgonów i hospitalizacji (w tym na oddziałach intensywnej opieki medycznej, w których wskaźnik nagromadzenia odpadów jest wyższy niż w oddziałach ogólnych). Równocześnie w czasie wybuchu epidemii choroby zakaźnej najbardziej narażoną grupą ludzi są pracownicy służby zdrowia (Gummow, 2010), co jednocześnie może prowadzić do braków personelu medycznego. Z uwagi na powiązanie systemu ochrony zdrowia z systemem gospodarki odpadami medycznymi, przeciążenie tego pierwszego może spowodować przeciążenie SGOM. Ponadto, w przypadku braków w personelu medycznym, zwiększa się ryzyko niedotrzymania obowiązujących procedur, w tym procedur dotyczących postępowania z odpadami medycznymi. Gwałtowne zwiększenie strumienia odpadów medycznych może spowodować problemy z tymczasowym magazynowaniem odpadów w miejscu ich wytworzenia.

Odpady *nie zakaźne* mogą stać się *zakaźnymi* – w sytuacji wystąpienia epidemii choroby zakaźnej o istotnym zagrożeniu, zwłaszcza przenoszonej drogą wziewną (kropelkową) lub będącej skutkiem działania wirusa/bakterii o dużej oporności na działanie czynników chemicznych i fizycznych, może się okazać, że obowiązujące procedury kwalifikacji odpadów medycznych są niewystarczające i wymagają zaostrzenia, w celu ograniczenia rozprzestrzenienia się infekcji. W takiej sytuacji odpady normalnie kwalifikowane jako „nie zakaźne”, mogą stać się odpadami „zakaźnymi”.

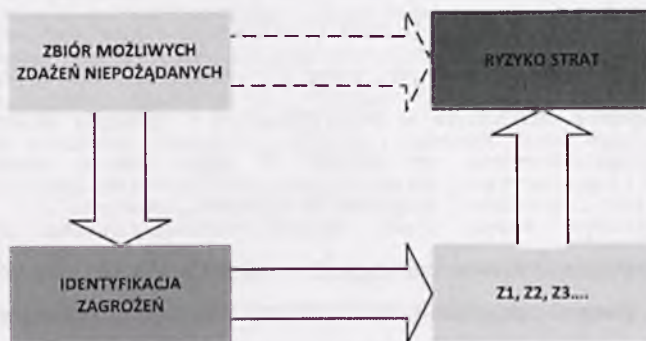
W sytuacji zwiększenia strumienia odpadów medycznych pojawia się również **ryzyko związane z mocami przerobowymi instalacji do unieszkodliwiania odpadów medycznych**. Istniejące instalacje przeznaczone do unieszkodliwiania odpadów medycznych mają określoną zdolność przerobową. W przypadku wystąpienia choroby silnie zakaźnej o nasileniu epidemiologicznym/pandemicznym może dojść do gwałtownego zwiększenia

strumienia odpadów w krótkim okresie czasu. To z kolei może spowodować braki mocy przerobowych instalacji do unieszkodliwiania odpadów medycznych.

Ostatnim czynnikiem zagrożenia związanym z wystąpieniem choroby o charakterze pandemicznym jest wzrost kosztów zagospodarowania odpadów medycznych w placówkach służby zdrowia. Placówki służby zdrowia są w dużej mierze podmiotami dysponującymi środkami publicznymi i mają z góry zarezerwowane środki na planowe działania. Nagły wzrost kosztów może spowodować problemy z właściwym funkcjonowaniem SGOM, zarówno w skali danej placówki medycznej jak i w skali regionalnej (województwa, kraju).

8.4. IDENTYFIKACJA RYZYKA W SYSTEMIE GOSPODARKI ODPADAMI MEDYCZNYMI

Zgodnie z przytoczoną w rozdziale 4.1 definicją ryzyka zaproponowaną przez Szopę (2009), przez ryzyko rozumie się możliwość pojawienia się określonych strat w rozważanym systemie człowiek-technika-otoczenie w określonym przedziale czasu jego funkcjonowania. Z uwagi na cel analizy ryzyka w SGOM (scharakteryzowany w rozdziale 7.1) i powiązania w nim występujące (rozdział 5) wydaje się, że właśnie ta definicja ryzyka jest właściwa do zastosowania w przypadku analizy SGOM. Straty w systemie są skutkiem wystąpienia w SGOM zdarzeń niepożądanych (rozdziały 8.1 i 8.2) lub zewnętrznych czynników ryzyka zakłócających prawidłowe funkcjonowanie SGOM (rozdział 8.3). Podstawą określenia ryzyka, jest identyfikacja potencjalnych zagrożeń w SGOM, która odbywa się zgodnie z koncepcją przedstawioną na rysunku 8.3.



Rysunek 8.3. Koncepcja identyfikacji zagrożeń (na podstawie Szopa, 2009)

Figure 8.3. The concept of threats' identification (based on Szopa, 2009)

Ryzyko w systemie gospodarki odpadami medycznymi, z punktu widzenia wywoływanych konsekwencji – strat, powinno być rozpatrywane w trzech podstawowych kategoriach:

- ryzyko ludzkie,
- ryzyko środowiskowe,
- ryzyko finansowe.

Ww. kategorii są scharakteryzowane w rozdziałach 8.5-8.7.

8.5. RYZYKO LUDZKIE

Ryzyko ludzkie w SGOM jest rozpatrywane jako ryzyko utraty zdrowia, w tym cierpienie fizyczne lub psychiczne osób mających kontakt z SGOM, wywołwane przez zdarzenia niepożądane. Analizując ryzyko ludzkie w SGOM rozpatrywane są straty jakie może ponieść pojedynczy człowiek. Osobami narażonymi są przede wszystkim pracownicy placówek służby zdrowia, pacjenci, osoby odwiedzające pacjentów oraz pracownicy firm odbierających i zajmujących się przetwarzaniem odpadów medycznych. Głównym źródłem ryzyka w SGOM są właściwości infekcyjne odpadów medycznych (ICRC 2000; WHO, 2013,), które mogą powodować zakażenia czynnikami chorobotwórczymi. Potencjalne drogi zakażeń wybranych zarazków oraz ryzyko zakażenia najczęściej występującymi chorobami zakaźnymi są opisane w rozdziale 3.1. Ryzyko ludzkie może również wynikać z właściwości niebezpiecznych innych niż infekcyjne odpadów medycznych (rozdział 3.2.). Ponadto niewłaściwe postępowanie z odpadami medycznymi może prowadzić do urazu psychicznego lub traumy, np. w przypadku niekontrolowanego kontaktu z odpadami patologicznymi.

Przyjmuje się, że stopień narażenia osób mających do czynienia z odpadami medycznymi jest co najmniej taki (lub większy), jak w przypadku osób mających do czynienia jak z odpadami komunalnymi (rozdział 3.1). Dla SGOM można wyróżnić następujące zagrożenia w sferze ryzyka ludzkiego:

- zakażenie bakteryjnym czynnikiem etiologicznym;
- zakażenie z wirusowym czynnikiem etiologicznym;
- fizyczny uraz ciała;
- zatrucie substancją chemiczną;
- uraz psychiczny lub etyczny.

W przypadku SGOM rozpatrywane ryzyko ludzkie jest zwykle związane z występowaniem ubytków zdrowia spowodowanych przez pojedyncze zdarzenia

niepożądane lub czynniki zewnętrzne, mające charakter impulsów. W niniejsze pracy nie są brane pod uwagę ubytki zdrowia wynikające z długotrwałego narażenia na działanie czynników szkodliwych, związane np. z uciążliwościami związanymi z emisjami z transportu odpadów lub oddziaływaniem zakładów unieszkodliwiania odpadów medycznych (w tym głównie spalarni odpadów medycznych). Wynika to z faktu iż przedmiotem analizy ryzyka w realizowanej pracy doktorskiej są zagrożenia bezpośrednie, powodowane przez zdarzenia w SGOM lub istotne zakłócenia zewnętrzne mogące wpływać na system, nie są natomiast analizowane zagrożenia wtórne, będące skutkiem wystąpienia zagrożeń pierwotnych. Niemniej jednak należy mieć na uwadze, że analiza ryzyka ludzkiego związanego z wtórnym i długotrwałym oddziaływaniem SGOM jest również zagadnieniem istotnym i powinna stanowić przedmiot odrębnych badań.

W systemie gospodarki odpadami medycznymi można wyróżnić dwie grupy zbiorowości ludzkich potencjalnie zagrożonych niewłaściwym działaniem systemu:

- osoby przebywające na terenie placówki służby zdrowia w której są wytwarzane odpady – personel medyczny, personel pomocniczy, pacjenci, osoby towarzyszące/odwiedzający;
- osoby przebywające poza placówką służby zdrowia w której są wytwarzane odpady – pracownicy firm transportujących odpady, pracownicy firm zajmujących się unieszkodliwianiem odpadów, pozostali ludzie którzy mogą mieć kontakt z odpadami (np. nielegalnie składowanymi).

8.6. RYZYKO ŚRODOWISKOWE

Ryzyko środowiskowe jest to ryzyko negatywnego wpływu SGOM na komponenty środowiska. W procesie analizy ryzyka środowiskowego należy wskazać i uwzględnić:

- możliwe czynniki stresogenne dla środowiska mogące się pojawić w wyniku wystąpienia zdarzenia niepożądanego w SGOM (lub zewnętrznego czynnika zakłócającego jego działanie),
- elementy środowiska, które mogą być narażone na szkodliwe oddziaływanie w sytuacji wystąpienia danego zdarzenia niepożądanego,
- potencjalne szkody w środowisku.

W przypadku analizy *ryzyka środowiskowego* związanego z funkcjonowaniem SGOM można wyróżnić następujące zagrożenia:

- niekontrolowane przedostanie się odpadów medycznych bezpośrednio do środowiska,

- emisję zanieczyszczeń z odpadów medycznych (również pośrednio z procesów ich przetwarzania) do powietrza,
- emisja zanieczyszczeń z odpadów medycznych (również pośrednio z procesów ich przetwarzania) do gleb i gruntów,
- emisję zanieczyszczeń z odpadów medycznych (również pośrednio z procesów ich przetwarzania) do wód,
- zakłócenie hierarchii sposobów postępowania z odpadami.

Głównym czynnikiem ryzyka środowiskowego jest niekontrolowana emisja odpadów do środowiska i szkody jakie w związku z tym mogą wystąpić. W wyniku niekontrolowanego przedostania się odpadów medycznych bezpośrednio do środowiska, na którymkolwiek etapie postępowania z nimi w SGOM, może dojść do zanieczyszczenia gleb, gruntów oraz wód. Zanieczyszczenie środowiska może być w tym przypadku spowodowane zarówno migracją czynników zakaźnych, jak i substancji niebezpiecznych. W konsekwencji może nastąpić skażenie komponentów środowiska (tj. gleb, gruntów oraz wód), a następnie, wtórne oddziaływanie na ludzi oraz na faunę i florę. Istotnym źródłem presji na środowisko ze strony odpadów medycznych są emisje związane z transportem odpadów i ich przetwarzaniem. Są to przede wszystkim emisje do powietrza (transport, unieszkodliwianie) oraz emisje w odprowadzanych ściekach i odpadach poprocesowych (procesy unieszkodliwiania). Potencjalne zagrożenia dla środowiska związane z procesem termicznego przekształcania odpadów są opisane szczegółowo w rozdziale 3.5. Na skutek emisji zanieczyszczeń do powietrza może dojść do pogorszenia stanu jakości powietrza atmosferycznego, i podobnie jak w przypadku emisji odpadów, w efekcie wtórnym do negatywnego oddziaływania na ludzi oraz faunę i florę. Nie należy również pomijać hierarchii sposobów postępowania z odpadami, której celem jest stosowanie działań najkorzystniejszych z punktu widzenia ochrony środowiska i racjonalnej gospodarki surowcami.

W niniejszej pracy doktorskiej przyjęto, że przez straty w środowisku rozumie się pogorszenie jakości stanu środowiska na skutek nieprawidłowego/wadliwego funkcjonowania SGOM; analizowane są jedynie pierwotne oddziaływania na środowisko, bez uwzględniania oddziaływań wtórnych. Ponadto, podobnie jak w przypadku ryzyka ludzkiego, analizowane są straty w środowisku wywołane przez pojedyncze zdarzenia niepożądane w SGOM (spowodowane czynnikami wewnętrznymi i zewnętrznymi), natomiast nie rozważa się skumulowanych strat w środowisku.

8.7. RYZYKO FINANSOWE

Ryzyko finansowe, rozumiane jest jako odczuwalna zmiana, zwykle wzrost, kosztów wewnętrznych funkcjonowania SGOM (głównie kosztów zbierania, transportu i unieszkodliwiania odpadów medycznych), spowodowany wystąpieniem w SGOM zdarzeń niepożądanych. Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM może prowadzić z kolei do większej liczby zdarzeń niepożądanych, np. wskutek wdrożenia w systemie „tańszych” procedur, prowadzących niekiedy do zagrożenia ludzi i środowiska.

Ryzyko finansowe w SGOM rozumiane jako:

- wzrostu kosztów zbierania i tymczasowego magazynowania odpadów w miejscu wytworzenia,
- wzrostu kosztów transportu,
- wzrostu kosztów unieszkodliwiania odpadów,
- wzrostu kosztów administracyjnych.

Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM może wynikać ze wzrostu kosztów w dowolnych konfiguracjach wymienionych wyżej kategorii kosztów.

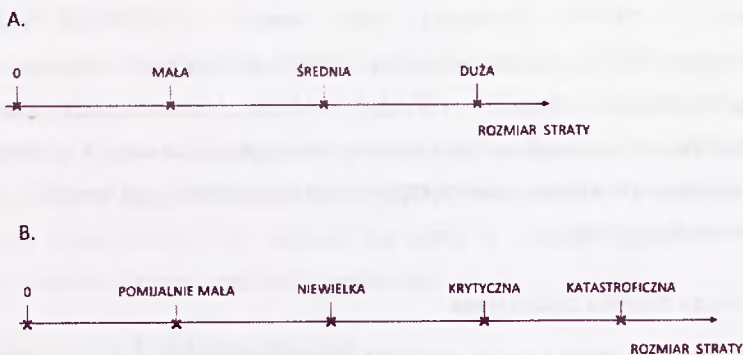
Należy jednak zauważyć, że wystąpienie zdarzeń niepożądanych powoduje niekiedy zmniejszenie bezpośrednich kosztów funkcjonowania systemu, czyli prowadzi do sytuacji odwrotnej, do opisanej powyżej. Takie sytuacje mogą wystąpić w przypadku gdy podmioty uczestniczące w SGOM (wytwórcy, odbiorcy odpadów) dążąc do zwiększenia zysku lub obniżenia kosztów własnych, decydują się na obniżenie standardów gospodarowania odpadami medycznymi. Tego rodzaju postępowanie prowadzi w większości przypadków do wzrostu ryzyka ludzkiego i środowiskowego oraz kosztów pośrednich z tym ryzykiem związanych. Takie sytuacje nie będą rozpatrywane w proponowanym w niniejszej pracy modelu ryzyka, ponieważ w ten sposób analiza miałaby charakter zapętłony i wystąpiłaby trudność w ustaleniu zależności przyczynowo-skutkowej. Ponadto analiza kosztów wymagałaby w tej sytuacji wykonania rachunku ciągniętego podmiotów gospodarczych biorących udział w SGOM, a tym samym oznaczałoby rozszerzenie (zmianę definicji) analizowanego systemu. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że redukcja kosztów postępowania z odpadami wynikająca z ekonomiki pojedynczych podmiotów biorących udział w SGOM (wytwórców/odbiorców) i potencjalnie mogąca powodować nieprawidłową gospodarkę odpadami, medycznymi może wywołać wzrost kosztów administracyjnych w SGOM (większa liczba kontroli, interwencje, koszty postępowania). Biorąc powyższe pod uwagę, w niniejszej rozprawie przewiduje się uproszczoną analizę start

finansowych w SGOM, obejmującą wzrost kosztów wewnętrznych (operacyjnych) funkcjonowania SGOM na skutek wystąpienia zdarzeń niepożądanych. Bardziej szczegółowa analiza zależności ekonomicznych w obrębie SGOM, uwzględniająca precyzyjnie ekonomikę podmiotów będących uczestnikami tego systemu oraz występujące w nim sprzężenie zwrotne wymaga zastosowania odrębnych niż zaproponowane w niniejszej pracy narzędzi i powinna być przedmiotem odrębnej analizy.

8.8. MIARA STOPNIA ZAGROŻENIA

Istotną kwestią w analizie ryzyka w SGOM pozostaje właściwe oszacowanie potencjalnych strat, które mogą powstać w wyniku wystąpienia zdarzeń niepożądanych. W rozdziałach 8.5–8.7 są scharakteryzowane kategorie strat ważne z punktu widzenia funkcjonowania SGOM – ludzkie, środowiskowe i finansowe.

Pomiary i ocena wielkości strat, będących następstwem zagrożeń ludzkich, środowiskowych i finansowych są trudne i kosztowne. Ponadto, w przypadku systemu gospodarki odpadami medycznymi, brak jest ukierunkowanych badań (pomiarów, ocen i interpretacji), na podstawie których można by scharakteryzować straty występujące w SGOM za pomocą metod probabilistycznych. Częstkowe analizy oddziaływania poszczególnych elementów SGOM (np. zagrożenia powodowane przez odpady medyczne w skali podmiotu wytwarzającego odpady) są przedmiotem szeregu publikacji (np. Ferreira i in., 2010; Hossain i in., 2011; Park i in., 2009; Singh i in., 2007). Z publikacji tych wynika, że na potrzeby określenia miar zagrożenia w SGOM najbardziej konstruktywne jest odejście polegające na wykonaniu dyskretyzacji zagrożeń i podzieleniu ich na kategorie, tak jak ocenia się indywidualne straty ludzkie w polskiej normie dotyczącej oceny ryzyka zawodowego (PN-N-18002, 2011) lub w jej amerykańskim odpowiedniku (MIL-STD-882E, 2012). Istotnym krokiem w procesie dyskretyzacji zagrożeń jest ustalenie wielkości skali dla wszystkich rozważanych typów zagrożeń. Najprostsze spotykane skale wyróżniają 3-4 kategorie strat (PN-N-18002, 2011; MIL-STD-882E; 2012) (rysunek 8.4).



Rysunek 8.4. Kategorie strat wg normy PN-N-18002:2011 (rys a.) oraz MIL-STD-882E:2012 (rys. b.)

Figure 8.4. Severity categories according to PN-N-18002:2011 (a.) and MIL-STD-882E:2012 (pic. b.)

W celu oceny zagrożeń w SGOM w niniejszej pracy proponuje się zastosowanie skali sześciostopniowej. Proponowane kategorie strat dla zagrożeń ludzkich, środowiskowych i finansowych są opisane w tabeli 8.1. Kategorie te są dalej wykorzystane do oceny wielkości strat powodowanych przez zdarzenia niepożądane występujące w SGOM. Ocena przeprowadzono metodą ekspercką wykorzystującą zmodyfikowaną *metodę delficką* (rozdział 9.2).

Tabela 8.1. Propozycja kategorii strat ludzkich, środowiskowych i finansowych w SGOM (opracowanie własne)

Table 8.1. Severity categories proposal for medical waste management system (own work)

Rozmiar strat	Straty ludzkie	Straty środowiskowe	Straty finansowe
Krytyczne	Może powodować liczne przypadki śmiertelne	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób nieodwracalny.	Wzrost kosztów uniemożliwiający funkcjonowanie SGOM
Bardzo duże	Może powodować przypadki pojedyncze śmiertelne, występują liczne zachorowania lub urazy, powodujące trwałe uszkodzenia na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób istotny w skali regionu.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali regionu o ponad 50%
Duże	Może powodować zachorowania lub urazy, powodujące trwałe uszkodzenia na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób istotny w skali subregionu.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali regionu o ponad 25%
Umiarkowane	Może powodować zachorowania powodujące, w rzadkich przypadkach, trwałe uszkodzenia na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób odczuwalny w skali subregionu.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali regionu o ponad 10%.
Małe	Może powodować zachorowania lub razy, nie powodujące trwałego uszkodzenia na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób odczuwalny w skali lokalnej – w wybranych miejscach.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali wybranych podmiotów
Pomijalnie małe	Nie powoduje wpływu na stan zdrowia	Nie powoduje wpływu na środowisko	Nie wpływa na koszty funkcjonowania SGOM

8.9. WNIOSKI Z ROZDZIAŁU 8

W systemie gospodarki odpadami medycznymi mogą występować zdarzenia niepożądane, przez które rozumie się zdarzenia związane z gospodarowaniem odpadami medycznymi powodujące straty zdrowia i życia ludzkiego, straty dla środowiska lub straty materialne (rozumiane jako wzrost kosztów funkcjonowania SGOM). Ich występowanie może być źródłem ryzyka. W niniejszej pracy przyjęto, że obowiązujące w Polsce akty prawne dotyczące odpadów medycznych zapewniają bezpieczeństwo funkcjonowania systemu gospodarki odpadami medycznymi, a naruszenie przepisów występujących w tych aktach, prowadzi do zdarzeń niepożądanych. Jest to założenie niezbędne do realizacji niniejszej pracy. Ryzyko w systemie gospodarki odpadami medycznymi, z punktu widzenia obszarów narażenia, powinno być rozpatrywane w trzech podstawowych kategoriach; jako ryzyko ludzkie, środowiskowe i finansowe. W pracy zaproponowano sześciostopniową skalę strat ludzkich, środowiskowych i finansowych powstających w wyniku wystąpienia zdarzeń niepożądanych w SGOM.

Rozdział 9. PROPOZYCJA METODY OCENY RYZYKA W SGOM

Dobór metody analizy ryzyka w SGOM powinien być ściśle uwarunkowany celem tej analizy i zasobem dostępnych danych. Charakterystyka wybranych metod analizy ryzyka jest przedstawiona w rozdziale 5.3. W przypadku SGOM istotnym problemem ograniczającym możliwość zastosowania metod ilościowych do szacowania ryzyka jest brak bazy danych zawierającej zakres i ilość danych, które są wymagane w metodach statystycznych/probabilistycznych. Dotyczy to zwłaszcza ilościowych danych charakteryzujących zależności pomiędzy zdarzeniami niepożądanymi, a skalą i wielkością powodowanych przez nie strat (zagadnienia te są szerzej opisane w rozdziale 8). Z tego względu najbardziej wskazane wydaje się zastosowanie *metod probabilistyczno-jakościowych* lub *jakościowych*. Dostępne zbiory danych określające jakość funkcjonowania SGOM i występujące w nim zdarzenia niepożądane bazują na informacjach pozyskiwanych w trakcie kontroli prowadzonych przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska (WIOŚ), Najwyższą Izbę Kontroli (NIK), danych uzyskanych z ankietyzacji prowadzonej przez Państwowy Zakład Higieny (PZH) oraz na danych znajdujących się w Centralnym Systemie Odpadowym (CSO) Ministerstwa Środowiska. Choć dane te zawierają błędy i nieścisłości (rozdział 3.3, rozdział 7), w chwili obecnej nie ma w Polsce lepszej niż ww. bazy wiedzy na temat ilości wytwarzanych odpadów medycznych i sposobów postępowania z nimi. Pierwotnie zakładano, że w niniejszej pracy zostanie wykonana analiza przedstawiająca rzeczywistą sytuację w SGOM. Z uwagi na gorszą niż oczekiwano, jakość danych w ww. bazach wiedzy, w pracy zaproponowano metodologię postępowania w odniesieniu do analizowanego zagadnienia, a do przykładowych analiz ryzyka zostały wykorzystane jedyne dostępne w Polsce dane (a więc zawierające błędy i nieścisłości). Ponadto, z uwagi na brak bazy danych opartej na badaniach przypadków, umożliwiającej określenie, w oparciu o miary statystyczne, wielkości strat powodowanych przez poszczególne zdarzenia niepożądane, wykorzystano metodę ankietową ekspercką, która odwołuje się do wiedzy i doświadczenia osób znających istotę zagadnień związanych z funkcjonowaniem SGOM i problemy występujące w tym systemie.

Poniżej omówione są podstawowe przesłanki modelowania ryzyka w SGOM w oparciu o metody analizy wykorzystywane w innych dziedzinach. Metody te są odpowiednio zmodyfikowane w kontekście potrzeb analizy ryzyka w SGOM; przede wszystkim w odniesieniu do skali i sposobu szacowania zagrożeń środowiskowych i ludzkich wywołanych przez zdarzenia niepożądane. Dobór odpowiedniej metody analizy ryzyka wymaga doprecyzowania

w jakim celu jest ona wykonywana i jakiej skali/ zakresu danego zagadnienia dotyczy. W tym miejscu należy przywołać cel niniejszej rozprawy doktorskiej (rozdział 1.1), którym jest zdefiniowanie metody analizy ryzyka umożliwiającej odniesienie danych statystycznych dotyczących wielkości strumienia wytwarzanych odpadów medycznych do wielkości/miar potencjalnych zagrożeń powodowanych przez ten strumień odpadów w skali określonego regionu (województwa, kraju).

9.1. KATALOG ZDARZEŃ NIEPOŻĄDANYCH

Utworzenie katalogu zdarzeń niepożądanych polega na określeniu zbioru potencjalnych błędów, które mogą mieć miejsce w pewnym analizowanym obszarze działalności/systemie (Pasięka, 2012). Katalog zdarzeń niepożądanych dla SGOM został stworzony na podstawie założeń przedstawionych w rozdziałach 8.1 i 8.2. Katalog zdarzeń niepożądanych nie powinien być i nie jest zbiorem zamkniętym. Tworząc go należy mieć na uwadze, że musi on mieć możliwość ewolucji wraz ze zmieniającymi się aktami prawnymi/przepisami/wytycznymi dotyczącymi postępowania z odpadami medycznymi. Katalog zdarzeń niepożądanych powinien być tworzony przez zespół ekspertów i specjalistów działających w obszarze, którego ma dotyczyć. Poniżej - w tabeli 9.1., przedstawiony jest przykładowy katalog zdarzeń niepożądanych, zgodny zakresem ankiety eksperckiej opracowanej w niniejszej pracy i przedstawionej w rozdziale 9.2.

Tabela 9.1. Proponowany katalog zdarzeń niepożądanych (N) (opracowanie własne)**Table 9.1.** Proposed catalogue of adverse events (N) (own work)

N1	Brak decyzji na wytwarzanie odpadów medycznych (jeśli jest wymagana)
N2	Przekroczenie ilości odpadów dopuszczonych do wytwarzania w decyzji (jeśli jest)
N3	Wytwarzanie odpadów innych niż dopuszczone w decyzji
N4	Nieprawidłowa ewidencja odpadów
N5	Przekazywanie odpadów nieuprawnionym odbiorcom
N6	Naruszenie zasady bliskości
N7	Niewłaściwe magazynowanie w miejscu wytworzenia (niedotrzymanie czasu, temperatury lub niedostosowanie pomieszczenia)
N8	Naruszenie ustawy o zamówieniach publicznych
N9	Błędna klasyfikacja i segregacja odpadów w trakcie zbierania (np. odpady zakaźne do wrzucone do worka innego niż czerwony lub odpady niezakaźne do worka czerwonego)
N10	Nieprawidłowości w transporcie wewnętrznym
N11	Brak pozwolenia na unieszkodliwianie odpadów medycznych
N12	Niedotrzymanie warunków procesu unieszkodliwiania odpadów
N13	Brak decyzji na wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza
N14	Brak pomiarów emisji gazów i pyłów do powietrza
N15	Przekroczenia dopuszczalnych wartości emisji gazów i/lub pyłów wprowadzanych do powietrza
N16	Nieprawidłowości w procesie oczyszczania gazów odlotowych
N17	Brak analiz odpadów poprocesowych powstałych po procesie termicznego przekształcania odpadów
N18	Brak wymaganego monitoringu procesu termicznego przekształcania odpadów medycznych
N19	Brak świadectw ADR u kierowców
N20	Nieprawidłowości w ewidencji odpadów
N21	Nielegalne magazynowanie odpadów/porzucenie odpadów

9.2. OCENA STOPNIA ZAGROŻENIA NA PODSTAWIE ANKIET EKSPERCKICH

Ocena ryzyka w SGOM wymaga wiedzy na temat zagrożeń powodowanych przez poszczególne zdarzenia niepożądane. Jak już wspomniano w rozdziale 8.5, nie ma wystarczającej bazy wiedzy opartej na badaniach przypadków, która pozwoliłaby na określenie tych wielkości w oparciu o miary statystyczne. Biorąc powyższe pod uwagę, wykorzystano metodę ankietową ekspercką, która odwołuje się do wiedzy i doświadczenia osób znających istotę zagadnień związanych z funkcjonowaniem SGOM i problemami w nim występującymi. Zastosowania wiedzy eksperckiej w ocenie ryzyka wielokrotnie opisywane w literaturze (np. Beaudric i in.,

2011; Bryant i in., 2007; Cook i in., 2008; Goossens i in., 2008,) stały się podstawą wyboru metodyki oceny wielkości strat w SGOM.

Eksperci biorący udział w badaniu ankietowym realizowanym na potrzeby niniejszej pracy doktorskiej zostali poinformowani o celu badania oraz zapoznani z zastosowaną skalą oceny. Ankieta została przygotowana w oparciu o zmodyfikowaną technikę delficką. Do ankiety zaproszono 9 ekspertów, 7 zgodziło się na udział w badaniu. Zaproszeni eksperci to pracownicy naukowcy zajmujący się zagadnieniami związanymi z odpadami medycznymi (z Politechniki Warszawskiej, Politechniki Śląskiej, Polskiego Zakładu Higieny, Akademii Medycznej w Warszawie) oraz osoby pracujące w kontroli systemu gospodarki odpadami (pracownicy WIOŚ i PIS).

9.2.1 ZMODYFIKOWANA METODA DELFICKA

Metoda delficka zaliczana jest do metod heurystycznych. Po raz pierwszy metoda ta została opisana w latach 60 w ramach badań przeprowadzonych przez firmę *Rand Corporation* w Stanach Zjednoczonych w okresie zimnej wojny (Dalkey i in., 1963). W swojej pierwotnej formie *metoda delficka* była wykorzystywana do prognozowania nieznanymi zjawisk/trendów w oparciu o strukturalną iterację wynikającą z wiedzy ekspertów biorących udział w badaniu (Gupta i in., 1996). Na poziomie praktycznym *metoda delficka* jest alternatywą dla oficjalnych spotkań, bezpośrednich wywiadów czy paneli eksperckich (Geist, 2010). Choć klasycznie metoda ma na celu ustalenie w kolejnych iteracjach konsensusu dotyczącego danego zagadnienia, istnieją odmiany dopuszczające niezgodę wśród ekspertów i szeroki zakres opinii bez osiągnięcia konsensusu (Paul, 2014).

W badaniu *metodą delficką* biorą udział eksperci i znawcy przedmiotu, do których rozsyłane są ankiety. W ankietach umieszczone są pytania dotyczące przewidywanych zjawisk i wydarzeń. Istotne jest, aby eksperci biorący udział w badaniu, nie mieli możliwości kontaktu między sobą i konsultowania odpowiedzi (Gupta i in., 1996). Po zebraniu ankiet od uczestników, osoba prowadząca badania porównuje odpowiedzi i dokonuje podsumowania statystycznego wyników, które następnie wysyła po raz kolejny do tej samej grupy ekspertów. Eksperti mają w ten sposób okazję wzajemnego zapoznania się z ocenami innych ekspertów (nadal bez możliwości kontaktowania się ze sobą oraz ustalenia swoich personaliów); mogą zmieniać, podtrzymywać i rewidować swoje poprzednie opinie itd. Badanie realizowane *metodą delficką* kończy się w momencie przekazania przez ekspertów ich ostatecznych opinii (Geist, 2010). W *zmodyfikowanej metodzie delfickiej* komunikacja z ekspertami odbywa się za pomocą Internetu, bez

bezpośredniego kontaktu (Geist, 2010). W niniejszej pracy ankieta została przeprowadzona w dwóch rundach.

9.2.2 ANALIZA ANKIETY

W ankiecie wzięło udział 7 ekspertów, którym zadano 21 pytań. Każde z pytań dotyczyło rozmiaru strat powodowanych przez pojedyncze zdarzenie niepożądane (zgodnie z tabelą 8.1.) i proponowanym katalogiem zdarzeń niepożądanych (tabela 9.1) w trzech analizowanych w rozprawie aspektach (ankieta stanowi załącznik nr 3 do pracy). Do oceny wielkości strat wykorzystano sześciostopniową skalę opisową zaproponowaną w rozdziale 7.5. Zmiennym lingwistycznym zostały przypisane kolejno wartości liczbowe scharakteryzowane w tabeli 9.2.

Tabela 9.2. Wartości liczbowe przypisane do wartości opisowych charakteryzujących straty (opracowanie własne)

Table 9.2. The numerical values assigned to the descriptors characterizing losses (own work)

Rozmiar strat	Skala liczbowa		
	Straty ludzkie	Straty środowiskowe	Straty finansowe
Krytyczne	6	6	6
Bardzo duże	5	5	5
Duże	4	4	4
Umiarkowane	3	3	3
Małe	2	2	2
Pomijalnie małe	1	1	1

Wyniki uzyskane w pierwszej rundzie pytań, waz z podstawową analizą statystyczną znajdują się w załączniku 4a do pracy. Do podstawowej oceny statystycznej uzyskanych ankiet wykorzystano następujące miary:

- wartość średnią,
- medianę,
- wartość modalną,
- przedział kwartyłowy.

W uwagach trzech ekspertów pojawiła się wątpliwość co do zasadności oceny skutków z punktu widzenia zagrożeń finansowych – eksperci zasugerowali, że analiza aspektu strat finansowych jest trudna i wyniki realizowane w formie zaproponowanej analizy ankietowej będą niemiernodajne. Przytoczone argumenty dotyczyły przede wszystkim z faktu, iż przyczyną zdarzeń

niepożądanych mogą być działania zmierzające do obniżenia kosztów własnych przez podmioty biorące udział w SGOM – pozornie ograniczające koszty funkcjonowania SGOM (np. klasyfikacja odpadów medycznych jako komunalne ogranicza koszty unieszkodliwiania). W takiej sytuacji zmiana kosztów funkcjonowania SGOM jest przyczyną (bodźcem) indukującym zdarzenia niepożądane. Podobne uwagi nie pojawiły się w odniesieniu do aspektów środowiskowych i zdrowotnych. Z tego względu autorka pracy podjęła decyzję o wyłączeniu tego aspektu z oceny – została wprowadzona modyfikacja zakresu analizy ryzyka, ograniczająca go do oceny rozmiaru strat ludzkich i środowiskowych.

Wyniki ankiety uzyskane w drugiej rundzie (po rezygnacji z oceny aspektów finansowych) zostały poddane ponownej analizie statystycznej, tym razem z wykorzystaniem *współczynnika konkordancji Kendall'a i Smith'a* (nazywanego również *współczynnikiem W Kendall'a* lub *współczynnikiem zgodności Kendall'a*) w celu scharakteryzowania przeciętnego stopnia zgodności poglądów wszystkich ekspertów. *Współczynnik konkordancji Kendall'a i Smith'a* stanowi miarę zgodności szeregów preferencyjnych. *Współczynnik podobieństwa Kendall'a* oraz test χ^2 wykorzystywany jest w analizie badań sondażowych rynku do oceny zgodności opinii sędziów kompetentnych (osoby posiadające bardzo dużą wiedzę na temat przedmiotu badania; w tym przypadku na temat SGOM). Przybiera on wartości z przedziału (0,1). Im wyższa jego wartość, tym zgodność opinii ekspertów jest większa (Cabała, 2010; Cieślak, 2001). *Współczynnik zgodności Kendall'a i Smith'a* opisany jest wzorem:

$$W = \frac{S}{n^2(k^3 - k)} \quad (9.1.)$$

gdzie:

- n – liczba ekspertów; w przypadku niniejszej pracy n = 7;
- k - liczba wariantów (liczba czynników ocenianych przez ekspertów); w przypadku niniejszej pracy k = 21;
- S – suma kwadratów odchyłeń faktycznych wartości rang.

$$S = \sum_{j=1}^k (\sum_{i=1}^n x_{ij} - \bar{x})^2 \quad (9.2.)$$

gdzie:

\bar{x} - średnia wartość sumy rang dla wszystkich wariantów; w przypadku niniejszej pracy będzie to średnia wartość oceny odpowiedzi wszystkich ekspertów (n=7); dla wszystkich ocenianych czynników (odpowiadających kolejnym pytaniom w ankiecie; k=21); określana osobno dla strat ludzkich i środowiskowych; wartości te wynoszą odpowiednio $\bar{x}_{ludzkie} = 2,70$; $\bar{x}_{środowiskowe} = 3,70$;

x_{ij} - ocena i-tego eksperta dla j czynnika; w przypadku niniejszej pracy ocena danego aspektu funkcjonowania SGOM (w skali od 1 do 6) przez jednego z siedmiu ekspertów dla kolejnych 21 pytań z ankiety.

W analizowanym przypadku występuje przykład uszeregowania słabego i rang wiązanych (występowania obserwacji o równej wartości ocenianej zmiennej). Wynika to z faktu, iż eksperci nadawali tę samą rangę (wielkość strat), różnym obiektom (zdarzeniom niepożądanym). W związku z powyższym rangi są uśrednione i została wprowadzona poprawka w mianowniku współczynnika konkordancji, zgodnie ze wzorem 9.3. (Cabała, 2010).

$$W = \frac{S}{\frac{n^2(k^3-k)}{12} - nT} \quad (9.3)$$

Wartość T, oznacza poprawkę na rangi wiązane występujące we wszystkich szeregach; wyliczono ją ze wzoru:

$$T = \frac{n^2(k^3-k)}{12} - G \quad (9.4)$$

Wartość G jest sumą odchyłeń wszystkich rang od średniej szeregu; została ona policzona z wykorzystaniem następującego wzoru:

$$G = \sum_{i,j=1}^{n,k} (a_{ij} - \frac{(k+1)}{2})^2 \quad (9.5)$$

gdzie:

a_{ij} - rangi nadawane obiektom przez kolejnych ekspertów (wartości strat przypisywane kolejnym zdarzeniom niepożądanym w analizowanych kategoriach - ludzkiej i środowiskowej)

W literaturze proponuje się następującą postać zhierarchizowania stopni zgodności współczynnika konkordancji W (Kowal, 2011):

- dostateczny: W z przedziału 0,20-0,40;
- dobry: W z przedziału 0,41-0,60;
- plus dobry: W z przedziału 0,61-0,80;
- bardzo dobry: W z przedziału 0,81-0,95;
- idealny: W z przedziału 0,96-1,00.

W tabeli 9.3. przedstawiono wyniki analizy stopnia zgodności ekspertów, obliczone osobno dla aspektów ludzkich i środowiskowych.

Tabela 9.3. Współczynnik Kendall'a i Smith'a dla wyników przeprowadzonej ankiety eksperckiej

Table 9.3. Kendall and Smith factor for the results of the expert survey

Rodzaj skutków	Współczynnik W
Ludzkie	0,468
Środowiskowe	0,515

Wynik ten, zgodnie z ww. hierarchią zaproponowaną przez Kowala (2011), oznacza że wynik, zarówno w przypadku skutków ludzkich jak i środowiskowych, można przyporządkować do kategorii *dobry*; wyższą wartość współczynnika zgodności uzyskano w przypadku współczynnika dotyczącego strat środowiskowych.

Do oceny istotności współczynnika konkordancji wykorzystuje się statystykę χ^2 o k-1 stopniach swobody. Wartość tej statystyki obliczono z zależności 9.6. (wyniki przedstawiono w tabeli 9.4.):

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{nk(k+1)}{12} - \frac{1}{k-1} T} \quad (9.6.)$$

Test istotności pozwala ocenić statystyczną zgodność opinii grup ekspertów stawiając hipotezy (Kowal, 2011):

- H_0 : zbieżność opinii ekspertów jest przypadkowa;
- H_1 : zbieżność opinii nie jest przypadkowa – eksperci są kompetentni.

Jeśli wynik testu wskaże, iż są podstawy do odrzucenia hipotezy zerowej będzie to oznaczało, że zbieżność opinii ekspertów nie jest przypadkowa oraz istnieje zgodność stanowisk ekspertów. Wówczas zespół specjalistów wyłonionych w celowym wyborze (ang. *judgmental sampling*, *purposive sampling*) należy uznać za kompetentny (Kowal, 2011; Stabryła, 2010).

Tabela 9.4. Wartości współczynnika chi-kwadrat policzone na potrzeby testu istotności

Table 9.4. The values of chi-square calculated for the test of significance

Rodzaj skutków	Obliczona wartość χ^2
Ludzkie	65,47
Środowiskowe	72,09

Wartość χ^2 odczytana z tablic dla poziomu istotności $\alpha=0,05$ i $k-1=20$ stopni swobody wynosi $\chi^2_{\alpha}=31,41$. Ponieważ w obu przypadkach wartość obliczonej statystyki (χ^2) jest większa od tej odczytanej z tablic (χ^2_{α}), można odrzucić hipotezę zerową mówiącą o braku przypadkowej zbieżności pomiędzy opiniami ekspertów i uznać ich za kompetentnych do oceny analizowanego zjawiska.

Zarówno w przypadku oceny zdarzeń powodujących skutki (straty) o charakterze ludzkim jak i środowiskowym odnotowano poziom zgodności ekspertów, który zgodnie z przytoczonym wyżej zhierarchizowaniem stopni zgodności, można uznać za dobry. Nieco lepsze wyniki uzyskano w przypadku oceny zagrożeń środowiskowych.

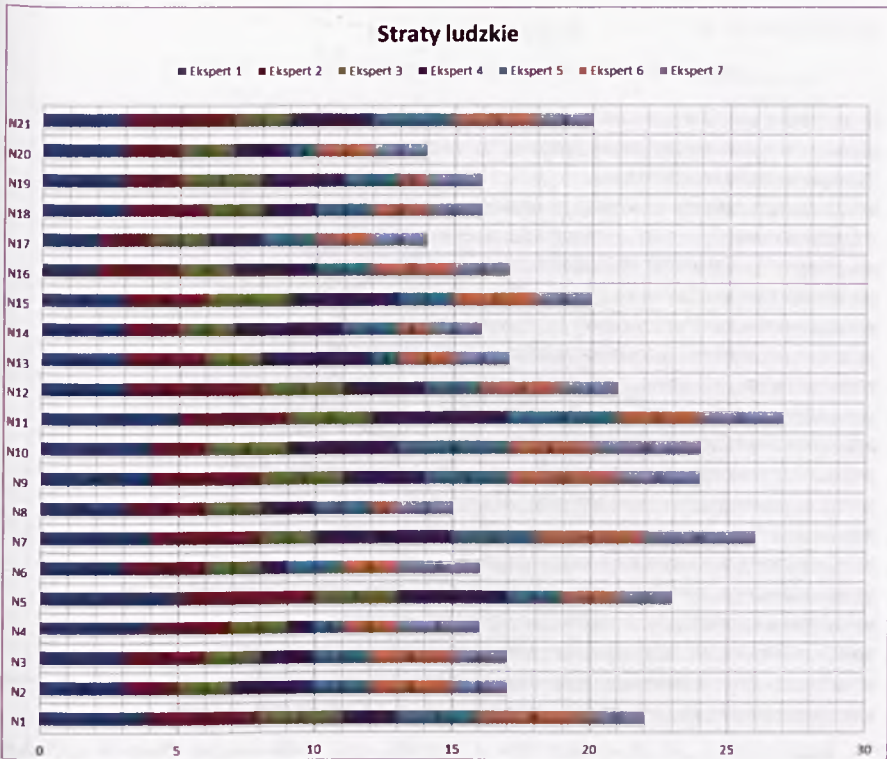
9.2.3 WYNIKI ANKIETY

Wyniki uzyskane z ankiet w I i II rundzie znajdują się w złączniku 4a (runda I) i 4b (runda II). Wyniki z II rundy, w której eksperci mogli porównać swoje poglądy z opiniami innych ekspertów (eksperci byli anonimowi), a następnie je zweryfikować. Rezultaty badania przedstawiono w formie graficznej na rysunkach 9.1 (straty ludzkie) i 9.2 (straty środowiskowe). Zdarzenia niepożądane ponumerowano od N1 do N21, zgodnie z zaproponowanym w rozdziale 9.1 katalogiem zdarzeń niepożądanych (tabela 9.1).

Ponieważ po uwagach ekspertów w rundzie I podjęto decyzję o rezygnacji z badania oddziaływania na aspekt finansowy, w II rundzie wyłączono już tę kwestię z badania. Ostateczny wynik badania przedstawiono na rysunku 9.3.

Analizując skumulowane oceny wszystkich ekspertów dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych, można zauważyć, że za najbardziej szkodliwe zagrożenia dla zdrowia ludzkiego (ze zbioru zdarzeń wymienionych w ankiecie) eksperci uznali:

- N11 – brak pozwolenia na unieszkodliwianie odpadów medycznych,
- N7 – niewłaściwe magazynowanie w miejscu wytworzenia (niedotrzymanie czasu, temperatury lub niedostosowanie pomieszczenia),
- N9 – błędna klasyfikacja i segregacja odpadów w trakcie zbierania (np. odpady zakaźne wrzucone do worka innego niż czerwony lub odpady niezakaźne do worka czerwonego),
- N10 – nieprawidłowości w transporcie wewnętrznym,
- N5 – Przekazywanie odpadów nieuprawnionym odbiorcom.

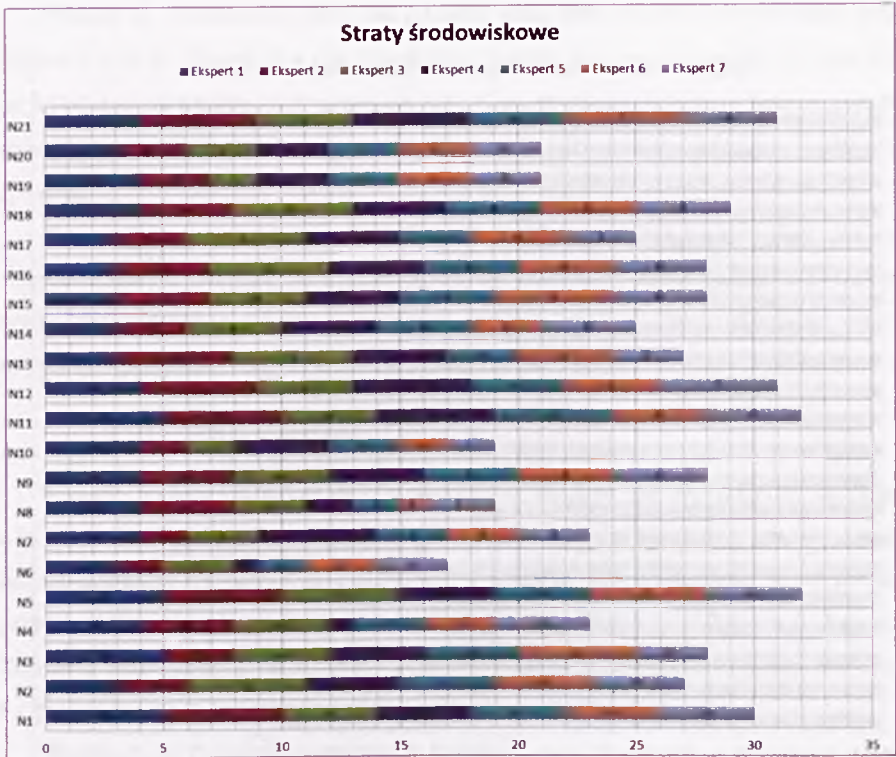


Rysunek 9.1. Wielkość strat ludzkich wg opinii ekspertów dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych N (opracowanie własne)

Figure 9.1. Size of life losses according to the opinion of experts for individual adverse events N (own work)

Z kolei za najbardziej szkodliwe zagrożenia dla środowiska eksperci określili następujące zdarzenia niepożądane:

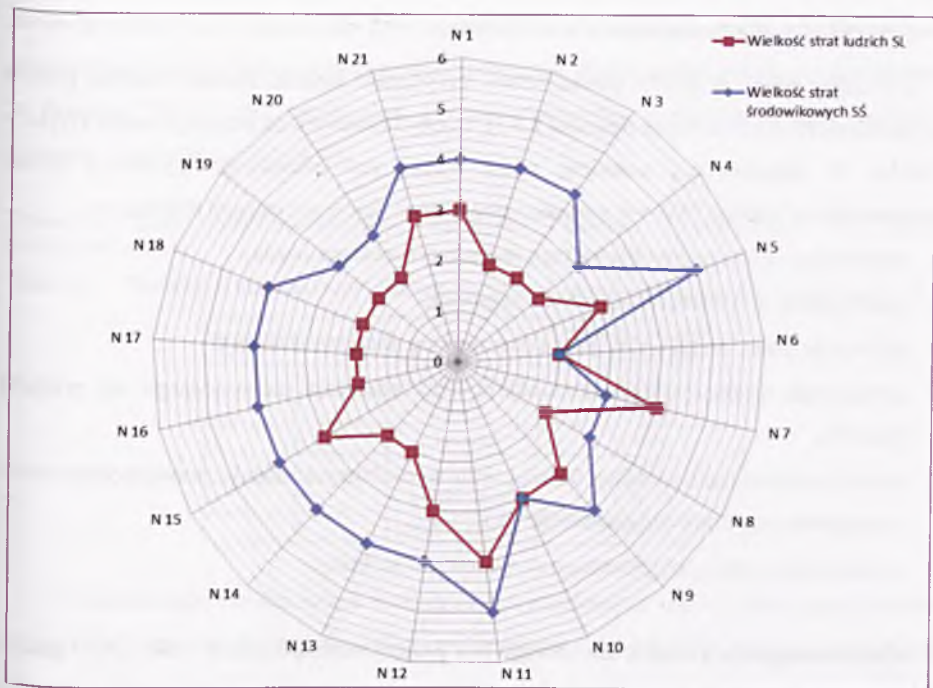
- N11 – brak pozwolenia na unieszkodliwianie odpadów medycznych,
- N5 – przekazywanie odpadów nieuprawnionym odbiorcom,
- N12 – niedotrzymanie warunków procesu unieszkodliwiania odpadów,
- N21 – nielegalne magazynowanie odpadów/porzucenie odpadów,
- N1 – brak decyzji na wytwarzanie odpadów medycznych (jeśli jest wymagana).



Rysunek 9.2. Wielkość strat środowiskowych wg opinii ekspertów dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych N (opracowanie własne)

Figure 9.2. Size of environmental losses according to the opinion of experts for individual adverse events N (own work)

Analizując zagregowane wyniki uzyskane z ankiet, można stwierdzić, że zdaniem ekspertów biorących udział w badaniu, zdarzenia niepożądane stanowią większe ryzyko z punktu widzenia środowiska, niż z punktu widzenia życia i zdrowia ludzkiego. Jedynym wyjątkiem jest zdarzenie niepożądane N7 – *niewłaściwe magazynowanie w miejscu wytworzenia* (straty środowiskowe oceniono jako *umiarkowane*, straty ludzkie jak *znaczące*). Za największe zagrożenia eksperci uznali zdarzenie N11 – *brak pozwolenia na unieszkodliwianie odpadów medycznych* (straty środowiskowe oceniono jako *bardzo duże*, straty ludzkie jako *znaczące*) oraz N5 – *przekazywanie odpadów nieuprawnionym odbiorcom* (straty środowiskowe oceniono jako *bardzo duże*, straty ludzkie jako *umiarkowane*).



Rysunek 9.3. Wielkość oszacowanych strat ludzkich i środowikowych dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych N (opracowanie własne)

Figure 9.3. Human and environmental losses estimated on the basis of experts survey for individual adverse events N (own work)

W przypadku powtarzania badania w przyszłości należałoby podzielić ekspertów na grupy wg kompetencji którymi dysponują i zawęzić obszar ocenianych przez nich zagadnień. Podział obszarów powinien dotyczyć osobnej grupy ekspertów dla aspektów dotyczących zdrowia i życia ludzkiego oraz środowiska, jak również właściwe wydaje się rozróżnienie etapów postępowania z odpadami – inni eksperci powinni oceniać zdarzenia niepożądane występujące u wytwórcy, inni te identyfikowane na etapie transportu i unieszkodliwiania odpadów medycznych. Najprawdopodobniej zawężenie ocenianych obszarów pozwoliłoby na uzyskanie wyższych wskaźników podobieństwa (rozdział 9.1.2), a tym samym bardziej wiarygodnych wyników. Wskazane byłoby również zwiększenie liczby ekspertów biorących udział w badaniu. Z uwagi na pionierski charakter badania, uzyskane wyniki stanowią istotną wskazówkę do prowadzenia takich badań w zakresie oddziaływań i skali ryzyka w SGOM w przyszłości.

9.3. PROPONOWANA METODA OCENY RYZYKA

Do analizy ryzyka w SGOM postanowiono wykorzystać autorską metodę, bazującą głównie na metodach PHA i Rise Score (rozdział 5.3.2), zmodyfikowanych na potrzeby analizy ryzyka w SGOM. W proponowanej metodzie, ocena ryzyka jest prowadzona zgodnie z trybem postępowania w analizie PHA i w związku z powyższym kolejnymi etapami działania są:

- określenie granic systemu dla którego jest przeprowadzana ocena;
- sporządzenie listy zidentyfikowanych zagrożeń;
- dokonanie oceny dotkliwości skutku (szkody) wg przyjętej skali (S);
- oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego wg przyjętej skali (P);
- wartościowanie ryzyka będące funkcją skali wyrządzonych szkód i prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego (N);
- ocena ryzyka, przez przypisanie go do odpowiedniej klasy.

Określenie granic systemu dla którego jest przeprowadzana ocena – dla SGOM granice są określone zgodnie z założeniami przedstawionymi w rozdziale 6. Kwestią wymagającą doprecyzowania pozostaje skala dla której prowadzona jest ocena. Dla SGOM można wyróżnić dwie podstawowe skale – skalę regionu (kraju, województwa) lub skalę wybranego obiektu związanego z gospodarką odpadami medycznymi (zakładu opieki zdrowotnej, zakładu przetwarzania odpadów). Zgodnie z przyjętymi we wcześniejszych rozdziałach założeniami, w niniejszej pracy ocena ryzyka koncentruje się na skali regionu.

Sporządzenie listy zidentyfikowanych zagrożeń – dla SGOM jest to katalog zdarzeń niepożądanych, zgodnych z definicją przyjętą w rozdziale 8.1 i ich wyszczególnieniem znajdującym się w rozdziale 9.1.

Dokonanie oceny dotkliwości skutku (szkody) wg przyjętej skali (S) – oznacza to przyjęcie miary strat powodowanych przez zdarzenia niepożądane. W niniejszej pracy analiza ryzyka obejmuje wyłącznie straty ludzkie i środowiskowe wywołane zdarzeniami niepożądanymi w SGOM (zgodnie z wnioskami z rozdziału 9.2). Sposób oceny wielkości szkód w SGOM i w środowisku w skali 6-stopniowej przedstawiono w rozdziale 8.

Oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego wg przyjętej skali (P) – informacje o występowaniu zdarzeń niepożądanych w SGOM pochodzą z wyników kontroli. Statystyki z kontroli podmiotów związanych z gospodarką odpadami medycznymi

stanowią podstawę do wyznaczania prawdopodobieństwa zdarzeń niepożądanych. Na potrzeby proponowanej metody zaproponowano sześciostopniową skalę (zgodnie z trybem postępowania w metodzie PHA), która przedziałom prawdopodobieństwa przypisuje wartość punktową i zmienną lingwistyczną (tabela 9.5)

Tabela 9.5. Skala prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego w SGOM (opracowanie własne)

Table 9.5. The scale of likelihood of adverse event in medical waste management system (own work)

Wartość punktowa	Opis	Prawdopodobieństwo wystąpienia
1	pomijalnie małe	≤ 5%
2	małe	≤ 15%
3	średnie	≤ 30%
4	duże	≤ 50%
5	bardzo duże	≤ 70 %
6	prawie pewne	> 70%

Wartościowanie ryzyka będące funkcją skali wyrządzonych szkód i prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego (R) – w klasycznej metodzie PHA ocenia się pojedyncze zdarzenie niepożądane i wartościowanie ryzyka jest określane zgodnie z równaniem 4.2. Przyjmując oznaczenia przyjęte dla SGOM równanie to przyjmie postać przedstawioną poniżej (wzór 9.8).

$$R_i(N_i) = P_i \times S_i \quad (9.8.)$$

gdzie:

- R_i – ryzyko związane z wystąpieniem zdarzenia niepożądanego N_i ;
- N_i – zidentyfikowane zdarzenie niepożądane z katalogu zdarzeń niepożądanych;
- P_i – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niepożądanego P_i w SGOM;
- S_i – wartość strat łącznych powodowanych przez zdarzenie niepożądane N_i .

Niemniej jednak w przypadku analizy ryzyka w SGOM pod uwagę należy brać również strumień odpadów, który jest czynnikiem bezpośrednio indukującym ryzyko. Na podstawie analizy przeprowadzonej w rozdziale 7, można stwierdzić że rozkład strumienia wytwarzanych odpadów i dostępnych mocy przerobowych jest niejednorodny w różnych województwach w Polsce. Zróżnicowanie to ma wpływ na wielkość ryzyka R_i . przypadku oceny ryzyka w SGOM wydaje się więc niezbędne wprowadzenie dodatkowego parametru, który wyrazi ekspozycję na narażenie przez odniesienie do wielkości strumienia odpadów medycznych w danym regionie.

W metodzie FMEA (rozdział 5.3.1) stosuje się dodatkowy element w ocenie ryzyka

(poza wielkością strat i prawdopodobieństwem wystąpienia niesprawności używanymi w klasycznej definicji ryzyka – rozdział 5.2 i metodzie PHA – rozdział 5.3.2) i jest nim *wykrywalność niesprawności*. Natomiast w metodzie Risc Score stosuje się wielkość mówiącą o *ekspozycji na narażenie*. Do wzoru określającego wartość ryzyka zaproponowano wprowadzenie *parametru ekspozycji W*, odzwierciedlającego powiązanie ryzyka z wielkością (intensywnością) strumienia odpadów, który niejako jest odpowiednikiem wskaźnika dotyczącego *ekspozycji na narażenie* w metodzie Risc Score. Wynika to z faktu, że im większe natężenie odpadów występuje w danym regionie, tym większa jest ekspozycja na to narażenie, a tym samym wzrasta ryzyko. Można więc zaproponować następujący wzór określający wielkość ryzyka wynikającego z danego zdarzenia niepożądanego w SGOM:

$$R_i(N_i) = P_i \times S_i \times W_i \quad (9.9.)$$

gdzie:

- R_i – ryzyko związane z wystąpieniem zdarzenia niepożądanego N_i ;
- N_i – zidentyfikowane zdarzenie niepożądane z katalogu zdarzeń niepożądanych;
- P_i – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niepożądanego P_i w regionie;
- S_i – wartość strat łącznych powodowanych przez zdarzenie niepożądane N_i ;
- W_i – współczynnik ekspozycji związany z wielkością strumienia odpadów w regionie (województwie/kraju).

Określenie współczynnika W_i wymaga określenia porównawczej miary obciążenia strumieniem odpadów medycznych dla różnych regionów. Na podstawie analizy wykonanej w rozdziale 7 wydaje się, że taką miarą obciążenia (zagęszczenia) odpadami medycznymi danego regionu na etapie dotyczącym wytwarzania i transportu odpadów medycznych jest *wskaźnik nagromadzenia odpadów*. Natomiast w przypadku ryzyka związanego z procesem unieszkodliwiania odpadów medycznych, należy się odnieść do mocy przerobowych instalacji do unieszkodliwiania odpadów w danym regionie.

W tabeli 9.6. zaproponowano autorską skalę dla *wskaźnika ekspozycji W*. Wartości poszczególnych klas wyznaczono tworząc szereg rozdzielnicy (Pusz i Zaręba, 2006). Wskaźnik ekspozycji jest wyrażony przez wartości *wskaźników nagromadzenia odpadów medycznych* (wyrażony w kg wytworzonych odpadów medycznych na liczbę łóżek szpitalnych na rok – dotyczy analizowanego regionu) oraz wskaźników odnoszących moc instalacji do liczby łóżek szpitalnych dla poszczególnych województw (wyrażonych w kg zainstalowanych mocy przerobowych do unieszkodliwiania odpadów medycznych do liczby łóżek szpitalnych – dla jednego roku dla danego regionu). Na potrzeby niniejszej pracy wskaźniki ekspozycji

wyznaczono na podstawie danych przedstawionych w rozdziale 7; szczegółowy tok obliczeń wartości W_i dla poszczególnych województw znajdują się w załączniku 7.

Tabela 9.6. Skala określająca ekspozycję na ryzyko W_i , odniesiona do wielkości strumienia odpadów medycznych w SGOM (opracowanie własne)

Table 9.6. Scale indicating exposure W_i to risk, with respect to the volume of the medical waste stream in SGOM (own work)

Wartość punktowa	Kategoria	dla zdarzeń niepożądanych N1- N10 oraz N21	dla zdarzeń niepożądanych N11- N20
0,8	znikoma	$\leq 0,49$	$\leq 1,15$
1	średnia	$\leq 0,98$	$\leq 2,30$
1,2	duża	$\leq 1,48$	$\leq 3,44$
1,4	bardzo duża	$\leq 1,96$	$\leq 3,44$

Ocena ryzyka w SGOM jest oceną ryzyka łącznego wynikającego z wystąpienia wszystkich zdarzeń niepożądanych, niemniej jednak istotna jest również ocena ryzyka powodowanego przez konkretne zdarzenie, gdyż taka perspektywa pozwoli w rezultacie zaproponować odpowiednie środki lub działania ochronne zapobiegające wystąpieniom danego zdarzenia. Ocena ryzyka jest realizowana przez przypisanie go do odpowiedniej klasy. Na potrzeby oceny ryzyka w SGOM, zgodnie z założeniami przedstawionymi powyżej, miara ryzyka musi się odnosić do łącznego ryzyka we wszystkich analizowanych kategoriach – w tym przypadku ludzkiej i środowiskowej. Można rozpatrywać osobno ryzyko ludzkie i ryzyko środowiskowe, jednak wtedy trudno wprowadzić hierarchię poszczególnych zdarzeń niepożądanych na podstawie samej analizy ryzyka – w takiej sytuacji należałoby uzupełnić analizę ryzyka o analizę wielokryterialną, z hierarchicznym uszeregowaniem poszczególnych zdarzeń niepożądanych wg określonych preferencji.

W podejściu proponowanym w niniejszej rozprawie proponuje się jednak realizację wielowymiarowej macierzy strat, obejmującej wszystkie aspekty związane z wystąpieniem danego zdarzenia niepożądanego. Inspiracją do zastosowania tego podejścia jest metoda MRISK, którą przedstawił statystyk Douglas Brown'a z *Booz Allen Hamilton* (firma consultingowa pracująca dla NASA i armii amerykańskiej) w konkursie *Virtual NASA Project Management (PM) challenge 2012* (Brown D., Bezos-O'Connor, 2012). Najistotniejszym elementem tej metody jest utworzenie wielowymiarowej macierzy strat, analizowanej w skończonej liczbie wymiarów, którą ostatecznie sprowadza się do liniowej skali; wykorzystuje się przestrzenne usytuowanie punktu S_i (oznaczającego skutki łączne powodowane przez analizowane źródło ryzyka; w tym przypadku straty łączne powodowane przez dane zdarzenie niepożądane),

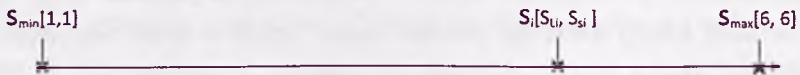
względem zdefiniowanych *punktów skrajnych* – *punktu pożądanego* (najmniejsze możliwe straty) i *punktu katastrofy* (maksymalne wartości strat brane pod uwagę w analizie). W przypadku prowadzonej analizy ryzyka, po uwzględnieniu wniosków z rozdziału 9.2, łączna wartość strat jest określona dwoma wymiarami – wymiarem strat ludzkich i wymiarem strat środowiskowych (zapis 9.10).

$$S_i [S_{Li}, S_{Si}] \tag{9.10}$$

gdzie:

- S_i – punkt reprezentujący straty łączne powodowane przez i -te zdarzenie niepożądane z katalogu zdarzeń niepożądanych gdzie $i \in \{1, j\}$, j – oznacza liczbę wszystkich rozpatrywanych zdarzeń niepożądanych;
- S_{Li} – wielkość strat ludzkich spowodowana przez zdarzenie niepożądane N_i ;
- S_{Si} – wielkość strat środowiskowych spowodowana przez zdarzenie niepożądane N_i .

Zgodnie z notacją 9.10. i sposobem zdefiniowania punktów skrajnych, *punkt pożądaný* będzie miał współrzędne $S_{min}[1,1]$, natomiast *punkt katastrofy* współrzędne $S_{max}[6,6]$. Wartości S_i mogą być usytuowane wewnątrz odcinka łączącego te dwa skrajne punkty, w zależności od przyjętej miary odległości (metryki). W ten sposób uzyskuje się uszeregowanie wielkości strat łącznych poszczególnych zdarzeń niepożądanych na prostej (rysunek 9.4).



Rysunek 9.4. Skala strat łącznych

Figure 9.4. Scale of total losses

Podobnie można określać wzajemne położenie strat łącznych powodowanych przez zdarzenia niepożądane dla *dowolnej wymiarowości* macierzy strat (oznaczającej liczbę kategorii strat powodowanych przez SGOM). Perspektywicznie metoda ta daje możliwość poszerzenia analizy o większą liczbę kategorii strat (dodatkowe wymiary); oprócz analizowanych obecnie ludzkich i środowiskowych, w przyszłości można dołączyć np. aspekty finansowe (dotyczące SGOM) lub straty związane z wpływem zdarzeń niepożądanych na funkcjonowanie systemu opieki zdrowotnej. Warunkiem koniecznym do takich uogólnionych rozważań jest jednak powiązanie

strat ekonomicznych uczestników SGOM oraz parametrów (jakości) funkcjonowania systemu opieki zdrowotnej z występowaniem zdarzeń niepożądanych.

Do wyznaczenia położenia danego punktu S_i na skali strat należy się posłużyć odległością d , która oblicza się ze wzoru (Brown D., Bezos-O'Connor, 2012):

$$d = \frac{d_{\min}(S_i, S_{\min})}{d_{\min}(S_i, S_{\min}) + d_{\max}(S_i, S_{\max})} \quad (9.11.)$$

Odległość strat S_i powodowanych przez zdarzenie niepożądane N_i od punktu pożądanego S_{\min} najprościej jest określić za pomocą *odległości Euklidesowej* opisanej wzorem (Pogorzelski, 1959):

$$d(S_i, S_{\min}) = \sqrt{(S_{Li} - S_{L\min})^2 + (S_{Si} - S_{S\min})^2} \quad (9.12.)$$

gdzie:

- S_i – straty łączne powodowane przez zdarzenie niepożądane N_i ;
- S_{\min} – straty w punkcie pożądanym;
- S_{Li} – straty ludzkie powodowane przez zdarzenie niepożądane N_i ;
- S_{Si} – straty środowiskowe powodowane przez zdarzenie niepożądane N_i ;
- $S_{L\min}$ – straty ludzkie w punkcie pożądanym;
- $S_{S\min}$ – straty środowiskowe w punkcie pożądanym.

Odległość Euklidesowa jest metryką powszechnie stosowaną, jednak w przypadku możliwości wystąpienia korelacji pomiędzy cechami (zdarzenia niepożądane, obiekty, etc.), w literaturze sugeruje się stosowanie *odległości Mahalanobisa* (Bazyl i inni, 2012; Brown i Bezos-O'Connor, 2012; Kaczmarek i inni, 2008). Jest to odległość ważona macierzą kowariancji, przez co porównywać można obiekty/zdarzenia opisane wzajemnie skorelowanymi cechami. *Odległość Mahalanobisa* jest innymi słowy uogólnieniem *odległości Euklidesowej*, uwzględniającym skorelowanie zmiennych. Jeżeli bowiem zmienne niezależne nie są powiązane, to *odległość Mahalanobisa* jest równa *odległości Euklidesowej*. Ponadto *odległość Mahalanobisa* wyraźniej wskazuje/wyróżnia wartości skrajne; d odległość strat powodowanych przez dane zdarzenie niepożądane od punktu pożądanego jest określona następującym wzorem 9.13. (PQStat, 2014).

$$d_{\min}(S_i, S_{\min}) = \sqrt{(S_i - S_{\min})^T S^{-1} (S_i - S_{\min})} \quad (9.13.)$$

gdzie:

S_i – straty powodowane przez zdarzenie niepożądane N_i ;

S_{\min} – straty w punkcie pożądanym;

S^{-1} – macierz kowariancji;

Straty występujące po prawej stronie wzoru (9.13) są w tym przypadku dwuwymiarowymi wektorami reprezentującymi odpowiednio – $S_i = (S_{Li}, S_{Si})$;

$S_{\min} = (S_{L\min}, S_{S\min})$.

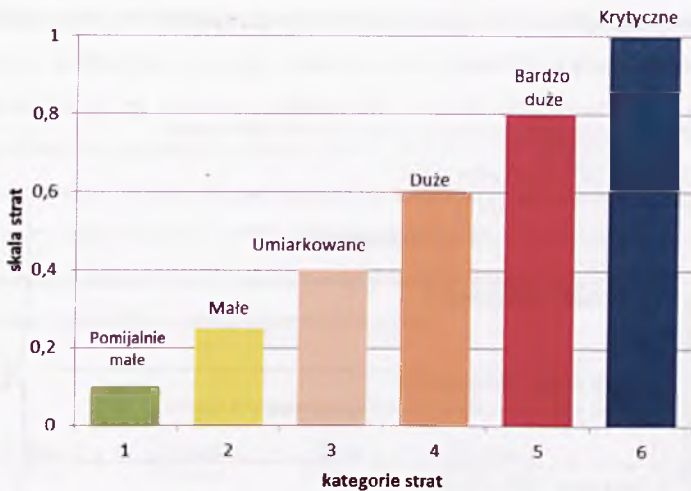
Analogicznie liczy się odległość Mahalanobisa dla punktu określającego straty wynikające z wystąpienia danego zdarzenia niepożądanego od punktu katastrofy – $d_{\max}(S_i, S_{\max})$. Po obliczeniu odległości Mahalanobisa $d_{\min}(S_i, S_{\min})$ oraz $d_{\max}(S_i, S_{\max})$ i wyznaczeniu odległości d_i dla wszystkich zdarzeń niepożądanych uzyska się uszeregowanie strat łącznych na jednej skali. Wielkości tych strat można przypisać do kategorii, zgodnie z wykorzystywaną wcześniej skalą sześciostopniową (tabela 9.7).

Tabela 9.7. Skala strat w SGOM (opracowanie własne)

Table 9.7. Scale of losses in SGOM (own work)

Wartość punktowa	Kategoria strat	Wielowymiarowa wartość strat (określona na podstawie odległości d_i)
	Krytyczne	$> 0,8$
5	Bardzo duże	$\leq 0,8$
4	Duże	$\leq 0,6$
3	Umiarkowane	$\leq 0,4$
2	Małe	$\leq 0,25$
1	Pomijalnie małe	$\leq 0,1$

Skalę można również zaprezentować w formie graficznej, która pozwala na łatwiejszą interpretację otrzymanego uszeregowania.



Rysunek 9.5. Skala strat w SGOM, prezentacja graficzna (opracowanie własne)

Figure 9.5. Scale of losses in medical waste management system, graphical presentation (own work)

Ostatnim etapem jest policzenie ryzyka i przypisanie go do odpowiedniej klasy oraz łączna ocena wielkości ryzyka w SGOM na podstawie wszystkich zidentyfikowanych zdarzeń niepożądanych.

Ryzyko dla każdego zdarzenia niepożądanego zostanie określone podobnie jak w metodzie Risk Score z zależności 9.9 i na tej podstawie zostanie dokonana interpretacja ryzyka. W tabeli 9.8 zaproponowano skalę interpretacji ryzyka, odniesioną do założeń niniejszej rozprawy, czyli do analizy ryzyka w skali określonego regionu (kraju, województwa). Ryzyko podzielono na dwie kategorie – *akceptowalne* i *nieakceptowalne*. Ryzyko *akceptowalne*, jest rozumiane jako ryzyko nie zakłócające normalnego funkcjonowania SGOM. Ryzyko *nieakceptowalne*, to takie, które zagraża stabilności funkcjonowania systemu.

Ryzyko *akceptowalne* nie oznacza braku potrzeby wprowadzenia działań, które będą to ryzyko ograniczały lub zmniejszały. Działania te są wymagane w przypadku ryzyka *akceptowalnego*, poza ryzykiem *małym*, oraz w każdym przypadku ryzyka *nieakceptowanego*. Proponowane działania dzielą się na dwie kategorie:

- działania systemowe,
- działania indywidualne.

Działania systemowe oznaczają działania wprowadzane na poziomie polityki, zarządzania i organizacji SGOM na poziomie regionu (systemowe kontrole, działania na poziomie wydawania decyzji itp.). *Działania indywidualne* oznaczają dedykowane działania w poszczególnych

ogniskach ryzyka (głównie w instytucjach wytwarzających lub w przedsiębiorstwach przetwarzających odpady medyczne).

Tabela 9.8. Proponowana skala interpretacji ryzyka (opracowanie własne)

Table 9.8. Proposed scale of risk (own work)

Poziom ryzyka $R_i(N_i)$	Ocena ryzyka	
≤ 6	Ryzyko małe – akceptowalne	AKCEPTOWALNE
≤ 11	Ryzyko średnie – akceptowalne Wskazane jest zastosowanie działań ograniczających ryzyko.	
≤ 20	Ryzyko duże – akceptowalne Wymaga podjęcia systemowych i indywidualnych środków ograniczających	NIEAKCEPTOWALNE
≤ 50	Ryzyko bardzo duże – niedopuszczalne Wymaga podjęcia natychmiastowych działań ograniczających – indywidualnych i systemowych	
> 50	Ryzyko krytyczne – niedopuszczalne Wymaga podjęcia natychmiastowych działań na poziomie zarządzania kryzysowego w skali analizowanego regionu	

Ostatnim etapem analizy ryzyka w SGOM jest *ocena istotności ryzyka dla rozpatrywanej skali*, z uwzględnieniem wszystkich występujących w tym systemie (oznaczającym SGOM rozważany w danej skali) zagrożeń. Przeprowadzanie tej oceny wymaga wprowadzenia łącznej miary dla wszystkich zdarzeń niepożądanych. Dla scharakteryzowania istotności ryzyka dla rozpatrywanej skali wprowadzono zależność:

$$R = \sum_{j=1}^l R_j \quad (9.13.)$$

gdzie:

$\sum R_i$ – suma ryzyka powodowanego przez poszczególne zdarzenia niepożądane N_i gdzie $i \in \{1, j\}$, j – oznacza liczbę wszystkich rozpatrywanych zdarzeń niepożądanych.

Niemniej jednak z uwagi na różne znaczenie dla SGOM klas ryzyka, proponuje się zdefiniowanie całkowitego średniego poziomu ryzyka w SGOM jako średniej ważonej z wartości

średnich w poszczególnych klasach, z przypisaniem im wag odpowiadających poszczególnym klasom. Kwestią dyskusyjną pozostają wartości ww. wag. Niestety w literaturze brakuje odniesienia, które mogło by stanowić podstawę dla przyjęcia takich wartości. Wydaje się, że kwestia ta powinna w przyszłości również zostać włączona do procesu oceny eksperckiej. Niemniej jednak bazując na dotychczasowej wiedzy i doświadczeniu autorki pracy, przypisano klasie ryzyka *krytycznego* ważność o 50% większą niż założona jest dla ryzyka *małego*. Kolejno dla ryzyka *średniego*, *dużego* i *bardzo dużego* współczynniki wagowe wyniosły kolejno: 1,1; 1,2 oraz 1,3. Zależność tę określono następującym równaniem:

$$R = \left(1.0 * \frac{\sum R_{\text{małe}}}{\sum N_{\text{małe}}} + 1.1 * \frac{\sum R_{\text{średnie}}}{\sum N_{\text{średnie}}} + 1.2 * \frac{\sum R_{\text{duże}}}{\sum N_{\text{duże}}} + 1.3 * \frac{\sum R_{\text{bardzo duże}}}{\sum N_{\text{bardzo duże}}} + 1.5 * \frac{\sum R_{\text{krytyczne}}}{\sum N_{\text{krytyczne}}} \right) * \sum N_i \quad (9.14.)$$

gdzie:

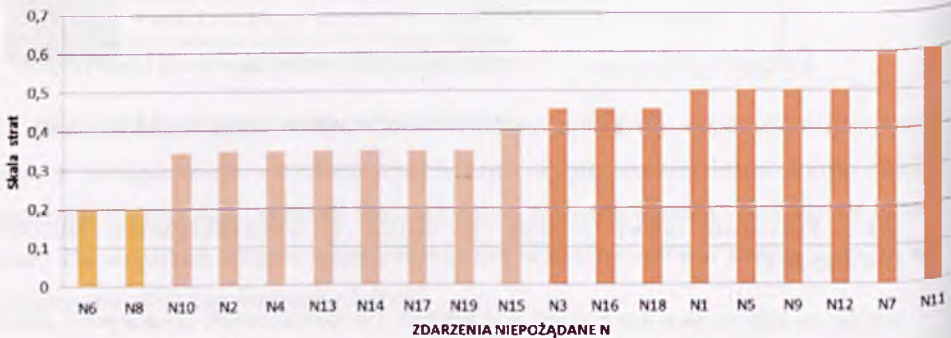
$\sum R_{\text{małe}} \dots - \sum R_{\text{krytyczne}}$	suma wartości ryzyka powodowanego przez poszczególne zdarzenia niepożądane w danej klasie ryzyka;
$\sum N_{\text{małe}} - \sum N_{\text{krytyczne}}$	liczba zdarzeń niepożądanych w danej klasie ryzyka;
1,0 – 1,5	wskazniki wagowe dla poszczególnych klas ryzyka.

9.3.1 PRZYKŁAD OCENY RYZYKA W SGOM Z WYKORZYSTANIEM METODY MACIERZOWEJ

Bazując na informacjach dotyczących strat ludzkich i środowiskowych uzyskanych z ankiet eksperckich (rozdział 9.2) oraz na danych pochodzących z wyników kontroli z 63 obiektów wytwarzających i przetwarzających odpady medyczne z województwa mazowieckiego (kontrolowanych w latach 2007-2011) podjęto próbę opisu hipotetycznego SGOM, o parametrach w miarę możliwości zbliżonych do rzeczywistych uwarunkowań występujących w SGOM w województwie mazowieckim. Niestety dane te odnosiły się przede wszystkim do wytwórców odpadów, co częściowo wynika z faktu że w województwie mazowieckim brak jest dostatecznej (pokrywającej zapotrzebowanie wynikające ze strumienia wytwarzanych odpadów) instalacji do unieszkodliwiania odpadów medycznych (rozdział 7). Dane uzyskane z WIOŚ uzupełniono więc o statystyki z kontroli NIK (NIK, 2007) w latach 2006-2006 (również 64

obiekty) oraz o dane z Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska dotyczące spalarni odpadów medycznych (dane z 43 obiektów w całej Polsce).

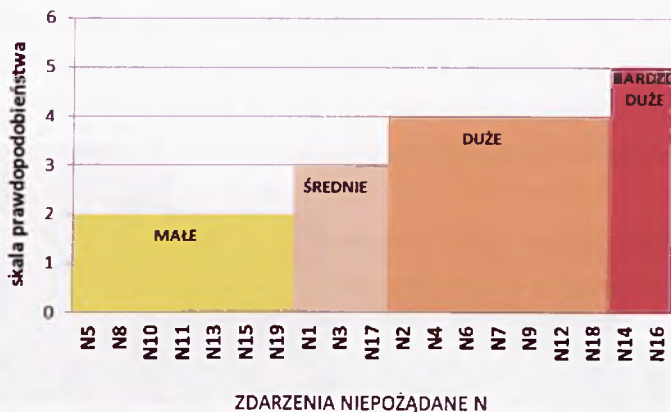
Dla dostępnych, zintegrowanych danych zastosowano metody szacowania i klasyfikacji ryzyka w SGOM opisane w poprzednim rozdziale. Na wstępie policzono wspólną skalę strat w oparciu o metodykę wielowymiarowej macierzy strat z wykorzystaniem odległości Mahalanobisa. Obliczenia odległości Mahalanobisa wykonano z wykorzystaniem wersji testowej programu PQStat v.1.4.8 (szczegółowy schemat obliczeń zawiera załącznik 6). W analizie uwzględniono zdarzenia niepożądane od N1 do N19. Dla zdarzeń N20 *Nieprawidłowości w ewidencji odpadów* (u podmiotów przetwarzających odpady) i N21 *Nielegalne magazynowanie odpadów/porzucenie odpadów* nie było dostępnych danych na temat częstości ich występowania – zdarzenia te nie były identyfikowane w czasie kontroli, których wyniki wykorzystano do analizy. Kolejnym krokiem było policzenie odległości d_i i wykonanie wykresu wielkości strat dla poszczególnych N_i (rysunek 9.6) wraz z przypisaniem ich do kategorii wymienionych w tabeli reprezentującej skalę strat w tabeli 9.7. (rozdział 9.3).



Rysunek 9.6. Skala strat w analizowanym SGOM dla zaproponowanego katalogu zdarzeń niepożądanych na podstawie wartości strat ludzkich i środowiskowych uzyskanych z ankiet (rozdział 9.2) (opracowanie własne)

Figure 9.6. Scale of loss in medical waste management system of example system for the proposed catalog of adverse events, on the basis of loss of life and environmental obtained from questionnaires – (chapter 9.2) (own work)

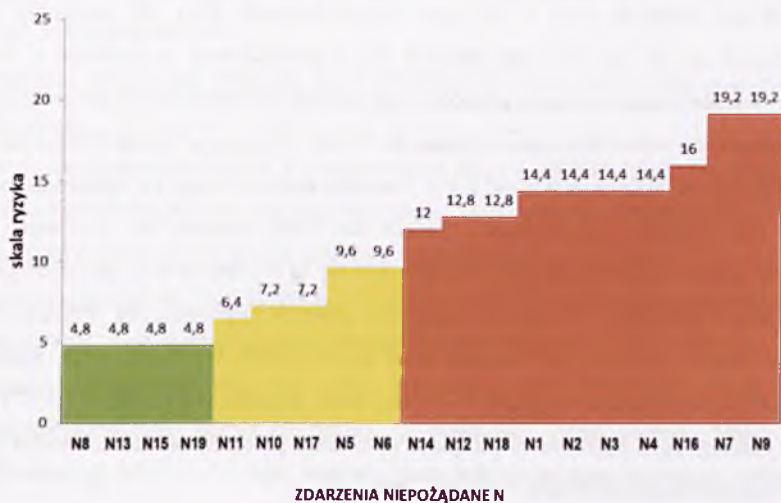
Na podstawie danych dotyczących wystąpienia zdarzeń niepożądanych przedstawionych w załączniku 5 wyodrębniono klasy określające prawdopodobieństwo wystąpienia danego zdarzenia niepożądanego; zastosowano zmienne lingwistyczne i szczęściopniową skalę (wykres w załączniku 5). Rozkład prawdopodobieństwa dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych w podziale na klasy dla analizowanego przykładu przedstawia rysunek 9.7.



Rysunek 9.7. Skala prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych N dla analizowanego SGOM (opracowanie własne)

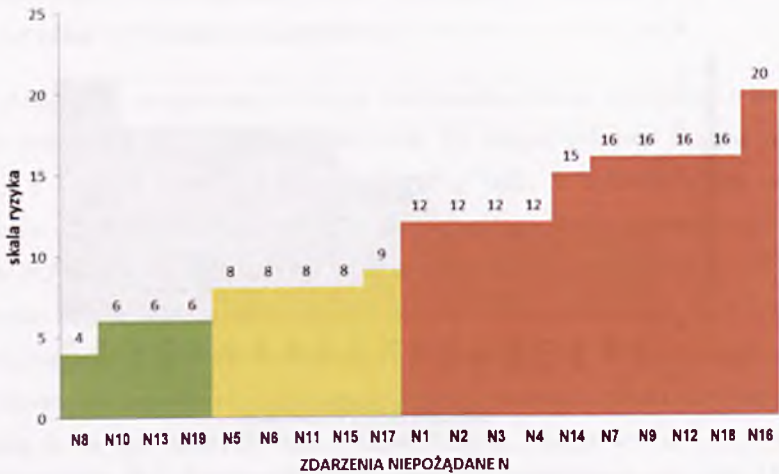
Figure 9.7. The scale of the likelihood of adverse events N for analyzed medical waste management system (own work)

Dysponując wartościami strat i prawdopodobieństwa dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych wykonano diagramy ryzyka dla analizowanego SGOM (rysunki 9.8. i 9.9.).



Rysunek 9.8. Diagram ryzyka dla analizowanego SGOM w wariancie przyjęcia wskaźnika ekspozycji dla województwa mazowieckiego (opracowanie własne)

Figure 9.8. The final risk diagram for analyzed medical waste management system in variant of rate exposure for the mazowieckie voivodship (own work)



Rysunek 9.9. Diagram ryzyka dla analizowanego SGOM w wariancie przyjęcia wskaźnika ekspozycji dla Polski (opracowanie własne)

Figure 9.9. The final risk diagram for analyzed medical waste management system in variant of rate exposure for Poland (own work)

Wykonano dwie analizy – z wykorzystaniem wskaźnika ekspozycji dla województwa mazowieckiego (rysunek 9.8.) i dla całej Polski (rysunek 9.9.). W przypadku zdarzeń niepożądanych od N1 do N10 (dotyczących etapu postępowania z odpadami u wytwórcy odpadów) wskaźnik nagromadzenia odpadów medycznych dla województwa mazowieckiego jest bardzo zbliżony do wskaźnika nagromadzenia dla Polski – $W_{N1-N10maz}$ wynosi 0,981 natomiast dla Polski wskaźnik ten przyjmuje wartość 0,978. Niemniej jednak z uwagi na wprowadzony podział klasowy województwo mazowieckie i średnia dla Polski znalazły się w różnych klasach i otrzymały różne wartości punktowe, co przełożyło się na finalną wartość otrzymanego ryzyka. Istotne różnice wystąpiły również w przypadku zdarzeń niepożądanych dotyczących etapu unieszkodliwiania odpadów. W województwie mazowieckim jest tylko jedna instalacja do unieszkodliwiania odpadów medycznych o małej mocy przerobowej (rozdział 3.5 i 7) i z tego względu ekspozycja na zdarzenia niepożądane związane z procesem unieszkodliwiania odpadów medycznych jest niższa niż średnia dla Polski (załącznik 7).

Przyjmując wskaźnik ekspozycji dla województwa mazowieckiego z przeprowadzonej analizy ryzyka można wyciągnąć następujące wnioski:

- najmniejsze ryzyko jest związane ze zdarzeniami N8 *naruszenie ustawy o zamówieniach publicznych*, N13 *brak decyzji na wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza*, N15 *Przekroczenie dopuszczalnych wartości emisji gazów i pyłów wprowadzanych do powietrza*, N19 *brak świadectw ADR u kierowców*;
- najwyższym poziomem ryzyka w analizowanym SGOM charakteryzują się zdarzenia N9 *błędna klasyfikacja odpadów w trakcie zbierania* oraz N7 *niewłaściwe magazynowanie w miejscu wytworzenia*;
- zdarzenia niepożądane N8, N13, N19, N15, N19, N11, N10, N17, N5 oraz N6 przyjmują akceptowalny poziom ryzyka i nie wymagają wprowadzania działań naprawczych systemowych;
- działania niepożądane N14, N12, N18, N1, N2, N3, N4, N7, N16 i N9 są na nieakceptowalnym poziomie ryzyka i zagrażają bezpiecznemu funkcjonowaniu analizowanego SGOM – z tego względu poza indywidualnymi wymagają systemowych działań naprawczych.

Z kolei przyjmując wskaźnik ekspozycji dla Polski z przeprowadzonej analizy ryzyka można wyciągnąć następujące wnioski:

- najmniejsze ryzyko jest związane ze zdarzeniem N8 *naruszenie ustawy o zamówieniach publicznych*,
- najwyższym poziomem ryzyka w analizowanym SGOM charakteryzuje się zdarzenie N16 *nieprawidłowości w procesie oczyszczania gazów odlotowych*; to zdarzenie mieści się jeszcze w kategorii *ryzyko duże*, ale jest na granicy z kategorią *ryzyko bardzo duże*;
- zdarzenia niepożądane N8, N10, N13, N15, N19, N5, N6, N11 i N17 przyjmują akceptowalny poziom ryzyka i nie wymagają wprowadzania działań naprawczych systemowych;
- działania niepożądane N1, N2, N3, N4, N14, N7, N9, N12, N18, N16 są na nieakceptowalnym poziomie ryzyka i zagrażają bezpiecznemu funkcjonowaniu analizowanego SGOM – z tego względu poza indywidualnymi wymagają systemowych działań naprawczych.

Należy pamiętać, że wykonana analiza odnosi się do ryzyka w skali analizowanego systemu i jego wartość jest pochodną wielkości strat powodowanych zdarzeniami niepożądanymi, prawdopodobieństwa ich wystąpienia i wielkości związanej z ekspozycją wyrażoną za pomocą

wskaźnika nagromadzenia odpadów lub wskaźnika odnoszącego moc przerobową w regionie do liczby łóżek szpitalnych. Z tego względu, nawet zdarzenia powodujące istotne straty, jeżeli występują w niewielkim nasileniu nie muszą stanowić istotnego ryzyka w skali analizowanego systemu (regionu). Można również rozważać sytuację odwrotną – zdarzenia niepożądane powodujące straty umiarkowanej wielkości, jeżeli występują w dużym nasileniu, mogą stanowić znaczące ryzyko w rozważanym regionie.

Ponadto dla analizowanego SGOM (w obu wariantach) obliczono łączny poziom ryzyka R , korzystając ze notacji 9.14.:

$$R_{\text{mazowieckie}} = 598$$

$$R_{\text{polska}} = 978$$

Sama wartość poziomu ryzyka w SGOM nie ma wartości informacyjnej w sensie bezwzględny. Niemniej jednak, można ją wykorzystać do porównywania rozpatrywanego SGOM w rozpatrywanym województwie z SGOM w innych województwach. Niestety brak odpowiednich danych uniemożliwił wykonanie takiego porównania w niniejszej pracy.

9.4. WNIOSKI Z ROZDZIAŁU 9

W niniejszym rozdziale zaproponowano metodę analizy ryzyka realizując zasadniczy cel rozprawy, który sformułowano jako: *zaproponowanie metody analizy ryzyka dla systemu gospodarki odpadami medycznymi (SGOM), która pozwoli odnieść dane statystyczne dotyczące strumienia wytwarzanych odpadów medycznych do skali potencjalnych zagrożeń – rozważanych w kategoriach zagrożeń ludzkich, środowiskowych i strat finansowych – powodowanych przez ten strumień odpadów w skali określonego regionu (województwa, kraju)*. W znacznym stopniu zadanie to wykonano, najmniej jednak w trakcie pozyskiwania danych i realizacji badań ankietowych skonfrontowano cel niniejszej pracy z możliwościami pozyskania danych oraz wiedzą i doświadczeniem ekspertów biorących udział w badaniu. Na podstawie analizy literaturowej i wniosków z rozdziału 7 określono, że braki w danych dotyczących strumienia odpadów medycznych oraz ich niska jakość powodują, że w ocenie ryzyka w SGOM bardziej wskazane wydaje się wykorzystanie metody jakościowej.

W zaproponowanej metodzie oceny ryzyka punktem wyjścia stało się określenie zdarzeń niepożądanych (rozdział 8.1), czyli nieprawidłowości powodujących straty w wybranych obszarach analizowanego systemu. Zgodnie z celem pracy, omawiana metoda miała odnosić dane statystyczne dotyczące strumienia odpadów medycznych do potencjalnej wielkości

zagrożeń ludzkich, środowiskowych i finansowych. Dane statystyczne dotyczące strumienia odpadów medycznych określają ilości, rodzaje i miejsca wytwarzania odpadów, sposoby postępowania z nimi oraz charakterystyki jakościowe prowadzonej gospodarki odpadami. Jakość ta jest wyrażona jako stopień przestrzegania pewnych przyjętych norm i uregulowań (w tym przypadku obowiązujących aktów prawnych). Z uwagi na brak danych dotyczących wielkości strat powodowanych przez określone zdarzenia niepożądane w analizowanych obszarach – ludzkim, środowiskowym i finansowym, w pracy zdecydowano się posłużyć metodą ankiety eksperckiej w oparciu o *metodę delficką* (rozdział 9.2). Oszacowano wielkości strat powodowane przez zdarzenia niepożądane zdefiniowane w katalogu zdarzeń niepożądanych (rozdział 9.1) w aspekcie ludzkim i środowiskowym. W trakcie badania zrezygnowano z analizy aspektu ekonomicznego, gdyż trzech z siedmiu ekspertów zasugerowało, że ten sposób analizy zagadnienia nie pozwoli na uzyskanie miarodajnych wyników (rozdział 9.2.2). Przeprowadzone testy istotności wykazały, że statystyczna zgodność grupy ekspertów jest wystarczająca, aby uznać ich za odpowiednio dobranych do oceny strat ludzkich i środowiskowych powodowanych przez występowanie zdarzeń niepożądanych w systemie gospodarki odpadami medycznymi. W przypadku powtarzania badania ankietowego w przyszłości należałoby podzielić ekspertów na grupy i zawęzić obszar ocenianych przez nich zagadnień, co umożliwiłoby uzyskanie wyższych wskaźników podobieństwa, a tym samym bardziej uzyskać wyższą zgodność statystyczną wyników.

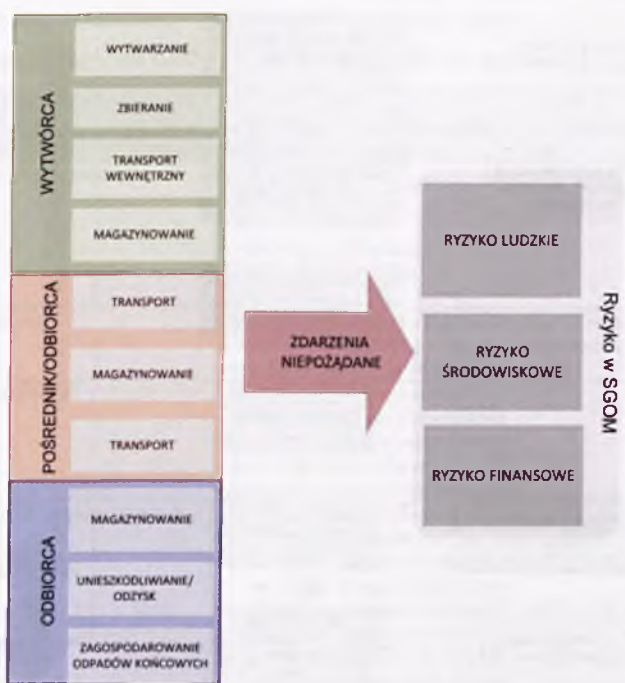
W prezentowanej w pracy metodzie analizy ryzyka posłużono się schematem postępowania określonym w metodzie PHA. Metodę jednak zmodyfikowano i połączono z elementami metody Risc Score. Główną przyczyną wprowadzenia modyfikacji była potrzeba określenia łącznej wartości ryzyka, obejmującej wszystkie rodzaje zagrożeń powodowanych przez dane zdarzenie niepożądane. Finalnie oceniono aspekt strat ludzkich i środowiskowych, jednak przedstawiona metoda ma charakter uniwersalny i możliwość aplikacji również dla większej liczby kategorii strat. Zaproponowano utworzenie macierzy strat, którą ostatecznie daje się sprowadzić do jednej skali strat dla danego źródła ryzyka (w przypadku niniejszej pracy zdarzenia niepożądanego), wykorzystując przestrzenne usytuowanie tego punktu względem określonych *punktów skrajnych*. Położenie to jest określane z wykorzystaniem metryki Mahalanobisa, która uwzględni stopień korelacji pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Położenie względem *punktów skrajnych* (wielkość względna) jest punktem wyjścia do wyznaczenia wielkości strat na skali ryzyka. Dalej postępowanie przebiega podobnie jak w przypadku metody Risc Score – określane jest ryzyko będące iloczynem wielkości strat, prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego oraz wskaźnika dotyczącego ekspozycji na strumień odpadów w danym regionie. Dodatkowo

w metodzie wprowadzono sumaryczny wskaźnik ryzyka mający wskazywać na wielkość ryzyka w całym systemie, aby umożliwić wzajemne porównania wielkości ryzyka pomiędzy analizowanymi regionami.

Na podstawie dostępnych danych (rozdział 9.2 i załączniki 4b i 5) w rozdziale 9.3.1 przeprowadzono przykładową analizę ryzyka. Na jej podstawie określono zdarzenia niepożądane stwarzające największe zagrożenie oraz algorytm postępowania – zgodnie ze skalą interpretacji ryzyka umieszczoną w rozdziale 9.2.

Rozdział 10. PROPOZYCJA METODYKI ANALIZY I OCENY RYZYKA W SGOM

W niniejszym rozdziale opisano metodykę analizy i oceny ryzyka związanego z występowaniem zdarzeń niepożądanych w systemie gospodarki odpadami medycznymi. Aby można było określić ryzyko w danym SGOM, należy dokładnie przeanalizować i ocenić poszczególne etapy postępowania z odpadami w tym systemie, zgodnie z drogą jaką przebywa strumień odpadów – od momentu wytworzenia aż do finalnego unieszkodliwienia. Etapy te zostały zdefiniowane na rysunku 10.1.



Rysunek 10.1. Powstawanie ryzyka w SGOM (opracowanie własne)

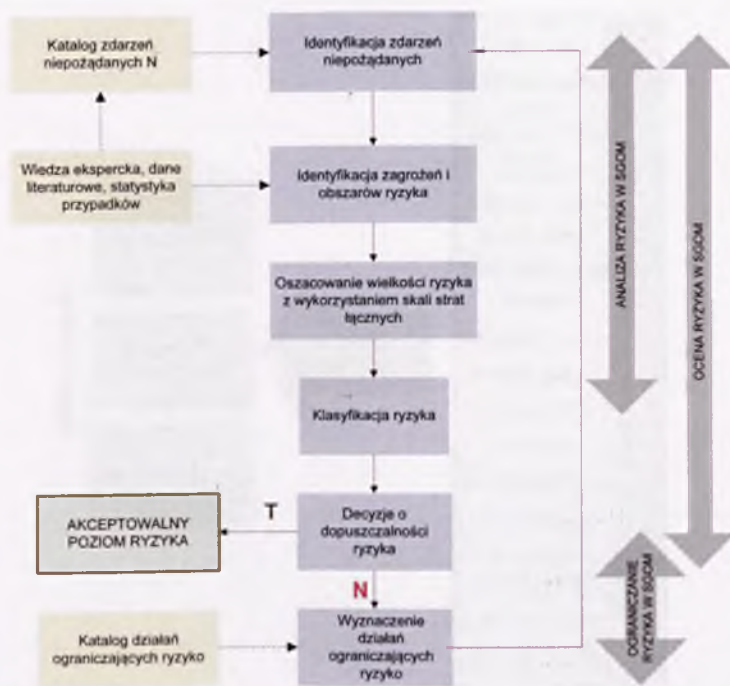
Figure 10.1. Formation of risk in medical waste management system (own work)

Proponowana metodyka analizy ryzyka przyjmuje wyjściowo zastosowanie metody oceny ryzyka zaproponowanej w rozdziale 9, niemniej jednak w przypadku uzyskania danych dotyczących statystyki poszczególnych elementów SGOM, można rozważyć zastąpienie

(w wybranych obszarach) metod jakościowych metodami ilościowymi. Na metodykę oceny i analizy ryzyka składają się następujące elementy:

- wybór metody oceny ryzyka,
- charakterystyka obszarów ryzyka wraz z identyfikacją zagrożeń (w tym elementów analizowanego systemu i ludzi narażonych na ryzyko),
- określenie sposobu identyfikacji zagrożeń,
- propozycja katalogu działań prewencyjnych i ograniczających, będących odpowiedzią na zidentyfikowane ryzyko.

Schematyczny model analizy i oceny ryzyka w SGOM, z uwzględnieniem etapów właściwych dla proponowanej metodyki, przedstawia rysunek 10.2.



Rysunek 10.2. Model ryzyka w SGOM (opracowanie własne)

Figure 10.2. Risk model in medical waste management system (own work)

Prowadzenie analizy i oceny ryzyka, w sposób umożliwiający porównanie ryzyka występującego w różnych regionach lub w różnych okresach czasu wymaga ujednocnionej procedury i identyfikacji zagrożeń i identyfikacji obszarów ryzyka (obszarów narażenia). Z tego

względu na poziomie praktycznym powinny zostać wprowadzone zunifikowane schematy kontrolne w zakresie identyfikacji zdarzeń niepożądanych, odniesione do poszczególnych etapów postępowania z odpadami, zgodnie ze scharakteryzowanymi na rysunku 10.1. Takie podejście pozwoliłoby na jednoznaczną identyfikację występowania zdarzeń niepożądanych w SGOM analizowanym w danej skali i jednocześnie na analizę porównawczą z innymi regionami. Z tego względu należy wprowadzić wytyczne dotyczące identyfikacji zdarzeń niepożądanych SGOM w postaci karty oceny ryzyka, która umożliwi zidentyfikowanie potencjalnych ognisk ryzyka, zdarzeń niepożądanych oraz osób narażonych. Na tej postawie również łatwiej nakreślić, jak mają być skonstruowane działania naprawcze i którym obszarom SGOM powinny być dedykowane. Przykładową kartę dla etapu zbierania w miejscu wytwarzania przedstawiono w tabeli 10.1.

Tabela 10.1. Przykładowa karta oceny ryzyka w SGOM (opracowanie własne)

Table 10.1. An example of a risk assessment sheet in medical waste management system (own work)

Etap: Zbieranie w miejscu wytwarzania	
Identyfikacja szczegółowa: Szpital, zakład opieki zdrowotnej (przychodnia), punkt krwiodawstwa, stacja dializ, gabinet medyczny, hospicjum	
Miejsca wytwarzania i zbierania	<ul style="list-style-type: none"> - pokoje zabiegowe - sale operacyjne - gabinety lekarskie - pracownie analityczne - punkty krwiodawstwa - stacje dializ
Obowiązujące wytyczne	rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 lipca 2010 r. w sprawie szczególnego sposobu postępowania z odpadami medycznymi (Dz.U. 2010 nr 139 poz. 940)
Osoby zaangażowane	<ul style="list-style-type: none"> - personel medyczny lekarski - personel medyczny pielęgniarski - personel medyczny pomocniczy - pracownicy gospodarczy - inni pracownicy/współpracownicy¹
Identyfikacja zdarzeń niepożądanych N	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zaklasyfikowanie odpadu medycznego jako komunalny 2. Zbieranie odpadów ostrych do worków 3. Zbieranie odpadu o kodzie 18 01 02*, 18 01 03*, 18 01 82* do worka innego niż czerwony 4. Zbieranie odpadu o kodzie 18 01 08*, 18 01 03*, 18 01 10* do worka innego niż żółty 5. Zbieranie odpadu o kodzie 18 01 01, 18 01 04, 18 01 09* do worka czerwonego lub żółtego 6. Przepięnienie worków ponad 2/3 objętości 7. Brak stelaża lub sztywnego pojemnika do umieszczania worka 8. Worki zmieniane rzadziej niż co 72h 9. Brak oznakowania worków/pojemników
Osoby narażone	<ul style="list-style-type: none"> - personel medyczny lekarski - personel medyczny pielęgniarski - personel medyczny pomocniczy - pracownicy gospodarczy - pacjenci - odwiedzający - inni pracownicy/współpracownicy¹

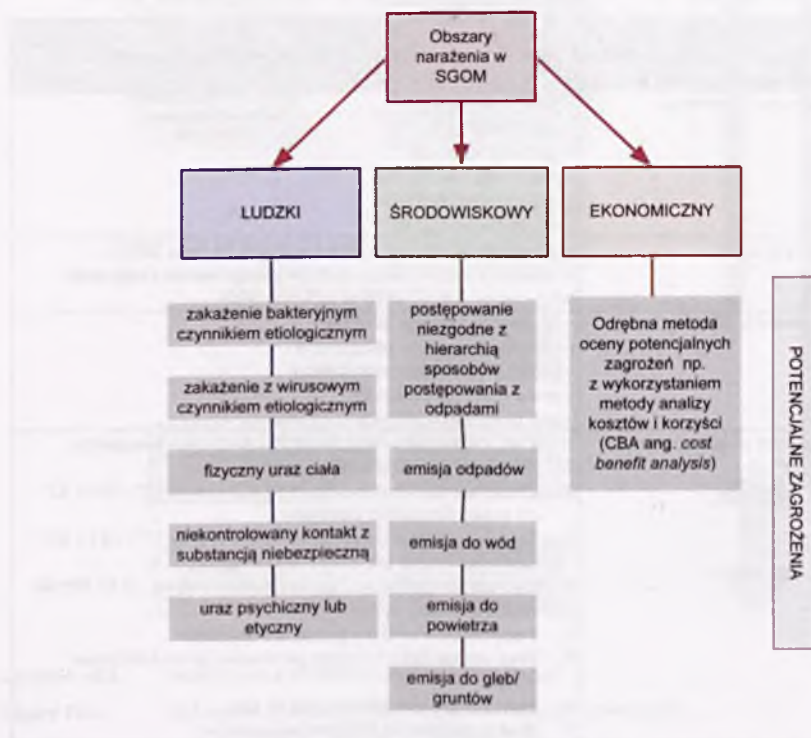
Organy wewnętrzne odpowiedzialne za prawidłową gospodarkę odpadami medycznymi w miejscu wytwarzania	specjalista ds. opadów ²
Organy zewnętrzne uprawnione do kontroli w zakresie odpadów medycznych	inspekcja sanitarna inspekcja ochrony środowiska

* odpad niebezpieczny

¹ niektóre zadania mogą być zlecane firmom zewnętrznym (np.. transport wewnętrzny odpadów)

² w zakładach opieki zdrowotnej w Polsce najczęściej nie ma osoby dedykowanej do gospodarki odpadami w kwestii odpadów medycznych osobą odpowiedzialną jest np. pielęgniarka epidemiologiczna lub specjalista ds. BHP.

Każde zdarzenie niepożądane powinno zostać scharakteryzowane z punktu widzenia strat jakie może powodować w rozważanych kategoriach (ludzkiej, środowiskowej i ekonomicznej), aby dać podstawę do tworzenia statystyki przypadków, która w przyszłości pozwoli zastąpić ocenę ekspercką (rozdział 9.2) rozkładami statystycznymi. Obszary narażenia – potencjalne straty, które mogą wystąpić w SGOM przedstawiono na rysunku 10.3.



Rysunek 10.3. Obszary narażenia w SGOM (opracowanie własne)

Figure 10.3. Fields of exposure in medical waste management system (own work)

Na rysunku 10.3. uwzględniono również narażenie w obszarze ekonomicznym, związane z potencjalnymi stratami finansowymi występującymi w związku z występowaniem zdarzeń niepożądanych. Mimo, iż wykluczono ten aspekt z analizy w niniejszej pracy, wydaje się że analiza ryzyka w SGOM musi być nieodłącznie powiązana z analizą uwarunkowań ekonomicznych; w tym w szczególności korzyści i strat finansowych w SGOM związanych z występowaniem zdarzeń niepożądanych. Z tego względu proponując ogólną metodykę oceny ryzyka w SGOM należy pamiętać o uwzględnieniu tego aspektu. Szczegółowa metoda oceny tego ryzyka stanowi odrębny przedmiot badań, który finalnie nie został uwzględniony w niniejszej rozprawie. Niemniej jednak, bazując na wynikach niniejszej pracy i danych literaturowych, wydaje się właściwe rozważenie do zastosowania np. metody analizy kosztów i korzyści (CBA – ang. *Cost-benefit analysis*) (May-Tin i inni, 1995; Yuana i inni, 2011) w połączeniu z metodą procesu hierarchicznego (AHP – ang. *Analytic Hierarchy Process*) (Karamuz i inni, 2007; Morrissey i inni, 2004).

Do każdego zdarzenia niepożądanego powinny zostać przypisane systemowe działania naprawcze ograniczające ryzyko. Działania indywidualne, na poziomie poszczególnych podmiotów, są realizowane w postaci zarządzeń pokontrolnych, indywidualnie dostosowanych do sytuacji formalno-organizacyjnej danego podmiotu, wydawanych przez terenowe jednostki kontrolujące (WIOS, PPIS). Niemniej jednak bardzo istotne jest równoległe wprowadzenie działań systemowych na poziomie regionu, dla którego przeanalizowano i oceniono ryzyko w SGOM, zwłaszcza w obszarach w których zidentyfikowano ryzyko przyjmujące wartość *średnie* i wyższe (zgodnie z klasyfikacją ryzyka zaproponowaną w rozdziale 9.2).

Tabela 10.2. Propozycja przykładowej karty identyfikacji zagrożeń dla danego zdarzenia niepożądanego N wraz z listą proponowanych działań naprawczych (opracowanie własne)

Table 10.2. Proposal of sample hazard identification card for the adverse event N together with a list of corrective actions (own work)

N2 – zbieranie odpadów ostrych do worków		
9.5.	PYTANIA KONTROLNE	TAK/NIE
Zagrożenia ludzkie	może wystąpić zakażenie bakteryjnym czynnikiem etiologicznym u osób narażonych	T
	może wystąpić zakażenie bakteryjnym czynnikiem etiologicznym u osób narażonych	T
	może spowodować fizyczny uraz ciała u osób narażonych	T
	może spowodować niekontrolowany kontakt z substancją niebezpieczną u osób narażonych	T
	może spowodować uraz psychiczny lub etyczny u osób narażonych	N
Zagrożenia środowiskowe	może naruszać hierarchię postępowania z odpadami	N
	może powodować emisję odpadów do środowiska	N
	może powodować emisję zanieczyszczeń do wód	N
	może powodować emisję zanieczyszczeń do powietrza	N
	może powodować emisję zanieczyszczeń do gleb/gruntów	N
Zagrożenia strat finansowych	odrębna metoda analizy	
PROPONOWANE DZIAŁANIA OGRANICZAJĄCE RYZYKO		
D1	program szkoleń dla osób zaangażowanych	
D2	systemowa kontrola miejsc wytwarzania i zbierania ze szczególnym uwzględnieniem weryfikacji procedur postępowania z odpadami medycznymi na stanowiskach pracy	
D3	przygotowanie materiałów informacyjnych dotyczących prawidłowego zbierania odpadów medycznych i rozpowszechnienie ich u wtwórców odpadów medycznych	
D4	wprowadzenie wymagań dotyczących kwalifikacji zawodowych dla osób odpowiedzialnych za gospodarkę odpadami medycznymi w miejscu wytwarzania (stosowanie do skali działalności podmiotów)	

Podsumowując niniejszy rozdział oraz rozdział 9 można zdefiniować następujący algorytm działań w procesie analizy i oceny ryzyka w SGOM:

- I. identyfikacja zdarzeń niepożądanych w SGOM wraz z propozycją katalogu zdarzeń niepożądanych;
- II. określenie wielkości strat ludzkich, środowiskowych i ekonomicznych dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych; np. w oparciu o kartę identyfikacji zagrożeń (tabela 10.2);
- III. przypisanie wielkości strat do odpowiednich kategorii zgodnie z propozycją przedstawioną w rozdziale 8.8;

Tabela 10.3. Propozycja kategorii strat ludzkich, środowiskowych i finansowych w SGOM (opracowanie własne) (powtórzenie tabeli 8.1. i 9.2.)

Table 10.3. Categories of losses proposal for medical waste management system (own work) (repeating table 8.1. and 9.2.)

Skala punktowa	Rozmiar strat	Straty ludzkie	Straty środowiskowe	Straty finansowe
6	Krytyczne	Może powodować liczne przypadki śmiertelne	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób nieodwracalny.	Wzrost kosztów uniemożliwiający funkcjonowanie SGOM
5	Bardzo duże	Może powodować przypadki pojedyncze śmiertelne, występują liczne zachorowania lub urazy, powodujące trwałe uszkodzenia na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób istotny w skali regionu.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali regionu o ponad 50%
4	Duże	Może powodować zachorowania lub urazy, powodujące trwałe uszkodzenia na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób istotny w skali subregionu.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali regionu o ponad 25%
3	Umiarkowane	Może powodować zachorowania powodujące, w rzadkich przypadkach, trwałe uszkodzenia na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób odczuwalny w skali subregionu.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali regionu o ponad 10%.
2	Małe	Może powodować zachorowania lub urazy, nie powodujące trwałego uszkodzenia na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób odczuwalny w skali lokalnej – w wybranych miejscach.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali wybranych podmiotów
1	Pomijalnie małe	Nie powoduje wpływu na stan zdrowia	Nie powoduje wpływu na środowisko	Nie wpływa na koszty funkcjonowania SGOM

IV. określenie prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych zdarzeń niepożądanych w analizowanym SGOM i przypisanie ich do sześciostopniowej skali (zgodnie z metodą zaproponowaną w rozdziale 9.3);

Tabela 10.4. Skala prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego w SGOM (opracowanie własne) (powtórzenie tabeli 9.5.)

Table 10.4. The scale of likelihood of an adverse event in medical waste management system (own work) (repeating table 9.5.)

Wartość punktowa	Opis	Prawdopodobieństwo wystąpienia
1	pomijalnie małe	≤ 5%
2	małe	≤ 15%
3	średnie	≤ 30%
4	duże	≤ 50%
5	bardzo duże	≤ 70 %
6	prawie pewne	> 70%

V. określenie wielowymiarowych strat łącznych dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych w oparciu o metodę zaproponowaną w rozdziale 9.3 bazującą na wielowymiarowej macierzy strat wykorzystującej odległość Mahalanobisa;

VI. przypisanie strat do odpowiednich kategorii zgodnie z zaproponowaną skalą;

Tabela 10.5. Skala strat w SGOM (opracowanie własne) (powtórzenie tabeli 9.6.)

Table 10.5. Scale of losses in SGOM (own work) (repeating table 9.6.)

Wartość punktowa	Kategoria	Wielowymiarowa wartość strat
	Krytyczne	$> 0,8$
2	Bardzo duże	$\leq 0,8$
3	Duże	$\leq 0,6$
4	Umiarkowane	$\leq 0,4$
5	Małe	$\leq 0,25$
6	Pomijalnie małe	$\leq 0,1$

VII. określenie współczynnika W mówiącego o natężeniu strumienia odpadów medycznych w danym regionie, będącego miarą ekspozycji obszarów narażenia na skutki zdarzeń niepożądanych;

Tabela 10.6. Skala określająca ekspozycję na ryzyko W , odniesiona do wielkości strumienia odpadów medycznych w SGOM (opracowanie własne) (powtórzenie tabeli 9.6.)

Table 10.6. Scale indicating exposure W to risk, with respect to the volume of the medical waste stream in SGOM (own work) (repeating table 9.6.)

Wartość punktowa	Kategoria	dla zdarzeń niepożądanych N1- N10 oraz N21	dla zdarzeń niepożądanych N11- N20
0,8	znikoma	$\leq 0,76$	$\leq 0,15$
1	mała	$\leq 0,89$	$\leq 0,37$
1,2	średnia	$\leq 0,98$	$\leq 1,56$
1,4	duża	$\leq 1,14$	$\leq 2,98$
1,6	bardzo duża	$\leq 1,60$	$\leq 5,15$
1,8	krytyczna	$> 1,60$	$> 5,15$

VIII. określenie ryzyka dla każdego zdarzenia niepożądanego i utworzenie diagramu ryzyka w analizowanym SGOM;

IX. przypisanie wartości ryzyka do zaproponowanej w rozdziale 9.2 skali ryzyka;

Tabela 10.7. Proponowana skala interpretacji ryzyka (opracowanie własne) (powtórzenie tabeli 9.7.)

Table 10.7. Proposed scale of risk (own work) (repeating table 9.7.)

Poziom ryzyka	Ocena ryzyka	
	Ryzyko małe – akceptowalne	} AKCEPTOWALNE
	Ryzyko średnie – akceptowalne Wskazane jest zastosowanie systemowych działań ograniczających ryzyko	
	Ryzyko duże – akceptowalne Wymaga podjęcia systemowych i indywidualnych środków ograniczających	
	Ryzyko bardzo duże – niedopuszczalne Wymaga podjęcia natychmiastowych działań ograniczających (indywidualnych) i systemowych	} NIEAKCEPTOWALNE
	Ryzyko krytyczne – niedopuszczalne Wymaga podjęcia natychmiastowych działań na poziomie zarządzania kryzysowego w skali analizowanego regionu	

- X. w przypadku wystąpienia ryzyka *nieakceptowalnego* propozycja działań naprawczych zgodnych z katalogiem działań naprawczych (np. z *karty identyfikacji zagrożeń* dla danego zdarzenia niepożądanego N);
- XI. obliczenie i ocena poziomu istotności łącznego ryzyka dla rozpatrywanej skali, z uwzględnieniem wszystkich stępujących w tym systemie zagrożeń (zgodnie z równaniami 9.13. i 9.14.) umożliwiającą dalsze analizy/porównania.

10.1. WNIOSKI Z ROZDZIAŁU 10

Na podstawie metodyki analizy i oceny ryzyka opisanej w rozdziale 10 można w przyszłości zaproponować system wspomagania decyzji, który będzie wykorzystywany do analizy ryzyka w SGOM. Podstawą do stworzenia takiego systemu może być przedstawiony algorytm działań. Zaproponowana metodyka systematyzuje również sposób zbierania danych niezbędnych do określania ryzyka w danym SGOM. Jest ona autorską propozycją, będącą jednym z efektów realizacji niniejszej rozprawy i w przyszłości może być wykorzystana na poziomie praktycznym, jak element efektywnego zarządzania systemem gospodarki odpadami medycznymi w Polsce.

Rozdział 11. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Po przeanalizowaniu stanu obecnego dotyczącego gospodarki odpadami medycznymi w rozprawie doktorskiej przyjęto następujące założenia:

- przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej są tylko i wyłącznie odpady medyczne, w rozumieniu ustawy *o odpadach*; nie są brane pod uwagę odpady weterynaryjne,
- przestrzeganie obowiązujących w Polsce uregulowań formalno-prawnych, zapewniające bezpieczne gospodarowanie odpadami medycznymi,
- rozważając możliwości postępowania z odpadami medycznymi, pod uwagę brane są jedynie rozwiązania zgodne z obowiązującymi przepisami,
- zdarzenia niepożądane są od siebie niezależne (nie uwzględniono zależności przyczynowo – skutkowych pomiędzy nimi),
- przyjęto, że kluczowe systemy zewnętrzne w stosunku do SGOM (System Ochrony Zdrowia, System Gospodarki Odpadami, System Finansów Publicznych) działają niezależnie od SGOM, tj. nie występują sprzężenia zwrotne pomiędzy SGOM a tymi systemami.

Przyjęcie tych założeń ma kluczowe znaczenie dla oceny zakresu zagadnień poruszonych w niniejszej pracy, zwłaszcza tych dotyczących zagrożeń występujących w systemie gospodarki odpadami medycznymi.

11.1. PODSUMOWANIE I REALIZACJA CELÓW PRACY

1. W niniejszej rozprawie doktorskiej postawiono następujący cel: *zaproponowanie metody analizy ryzyka dla systemu gospodarki odpadami medycznymi (SGOM), która umożliwi odniesienie danych dotyczących strumienia wytwarzanych odpadów medycznych do potencjalnych strat powodowanych przez niewłaściwe sterowanie tym strumieniem odpadów w skali określonego regionu (województwa, kraju). Cel ten udało się zrealizować, ponieważ głównym rezultatem niniejszej rozprawy jest metoda analizy ryzyka, bazującą na wielowymiarowej macierzy ryzyka, która w oparciu o statystykę dotyczącą występowania zdarzeń niepożądanych w systemie gospodarki odpadami medycznymi, umożliwi określenie zagrożenia powodowanego przez występowanie strumienia odpadów w skali wybranego regionu (województwa, kraju). Zagrożenia te mogą być*

określone w kilku obszarach jednocześnie; w tym w kategorii zdrowia ludzkiego, środowiska i strat finansowych.

2. W toku realizacji pracy podjęto próbę weryfikacji i udowodnienia słuszności postawionych na wstępie tez.

1. *Można zaproponować metodę oceny ryzyka w Systemie Gospodarki Odpadami Medycznymi, która umożliwi powiązanie statystyk odnoszących się do strumienia odpadów medycznych, uzupełnionych o wiedzę ekspertów, z poziomem narażenia ludności, ryzyka środowiskowego oraz stratami finansowymi.*

W pracy zaprezentowano metodę analizy ryzyka, która pozwala odnieść statystyki dotyczące strumienia odpadów medycznych, wyrażone za pomocą prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych na poszczególnych etapach postępowania z tymi odpadami, uzupełnione o wiedzę ekspertów w zakresie wielkości strat powodowanych przez te zdarzenia, z poziomem narażenia życia i zdrowia ludzi oraz ryzyka środowiskowego.

W trakcie pracy zrezygnowano z oceny aspektu strat finansowych z wykorzystaniem ankiety eksperckiej. Po konsultacjach z ekspertami, uznano, że metoda ta nie pozwoli na uzyskanie miarodajnych rezultatów (rozdział 9.2). Ryzyko finansowe można oceniać z wykorzystaniem zaproponowanej wielowymiarowej macierzy ryzyka, jednak wielkość strat finansowych (w odniesieniu do zdarzeń niepożądanych) należy wyznaczyć inną metodą niż zaproponowana ankieta delficka. Mając powyższe na uwadze, należy stwierdzić, że teza I okazała się słuszna, z wyjątkiem aspektu dotyczącego możliwości oceny strat finansowych z wykorzystaniem *ankiety eksperckiej* (w postaci sformułowanej na potrzeby niniejszej pracy). Wynika to z faktu, iż ankietę skonstruowano z założeniem negatywnych oddziaływań w wybranych obszarach powodowanych przez występowanie zdarzeń niepożądanych. Eksperci biorący udział w badaniu, zwrócili jednak uwagę, że zdarzenia niepożądane mogą prowadzić do pozornych oszczędności w SGOM i w ten sposób powodować kwazi-pozytywne oddziaływanie zdarzenia niepożądanego w aspekcie finansowym. Z tego względu zdecydowano, że ocena tego zagadnienia wymaga innego narzędzia/metody niż zaproponowana metoda ankiet eksperckich. Z uwagi na brak danych do przeprowadzenia szerszej analizy powiązań zdarzeń niepożądanych ze stratami/zyskami w SGOM, w niniejszej pracy zrezygnowano z analizy tego aspektu.

- II. *Można zaproponować metodę oceny ryzyka w Systemie Gospodarki Odpadami Medycznymi, która umożliwi porównywanie ryzyka w systemach gospodarki odpadami medycznymi w różnej skali – np. porównania ryzyka w wojewódzkim systemie gospodarki odpadami medycznymi do ryzyka w systemie krajowym.*

Zaproponowana metoda analizy ryzyka umożliwia porównanie ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi ocenianego w różnej skali. W szczególności można wykorzystać do tego zaproponowany w rozdziale 9.3 wskaźnik R, wyrażony jako poziom ryzyka w SGOM, zdefiniowany średnią ważoną z wartości średnich ryzyka w poszczególnych klasach, z przypisaniem im wag odpowiadających poszczególnym klasom. Dzięki wykorzystaniu tego wskaźnika można w sposób względny ocenić ryzyko w danym regionie – np. porównując poziomy ryzyka w poszczególnych województwach lub odnosząc poziom ryzyka w danym województwie do poziomu ryzyka w SGOM w skali kraju.

- III. *Można skonstruować model ryzyka dla Systemu Gospodarki Odpadami Medycznymi, który umożliwi identyfikację tych elementów systemu gospodarki odpadami medycznymi, które mają największy udział w skumulowanym ryzyku środowiskowym, poziomie bezpieczeństwa ludności oraz w kosztach funkcjonowania tego systemu.*

Model analizy i oceny ryzyka przedstawiony w pracy, opierający się na identyfikacji zdarzeń niepożądanych w danym systemie gospodarki odpadami medycznymi, pozwala na jednoznaczną identyfikację tych elementów SGOM, które mają największy udział w skumulowanym ryzyku. Zgodnie z metodą oceny ryzyka zaproponowaną w rozdziale 9.2, ryzyko to może być rozpatrywane w dowolnych aspektach, w tym w aspekcie ryzyka środowiskowego, poziomu narażenia ludności i ryzyka strat finansowych. Istotną kwestią, wymagającą dalszych badań, pozostaje jednak nadal powiązanie zdarzeń niepożądanych z wielkością powodowanych przez nie strat finansowych w SGOM.

11.2. WNIOSKI

1. Z uwagi na poważne konsekwencje jakie może powodować niewłaściwe postępowanie z odpadami medycznymi, niezbędnym elementem procesu planowania i postępowania z tą szczególną grupą odpadów jest wprowadzenie narzędzi metodycznych umożliwiających wielowymiarową analizę relacji zachodzących w systemie gospodarki odpadami medycznymi i ocenę ryzyka wynikającą z jego funkcjonowania.

2. Systemy gospodarki odpadami, w tym system gospodarki odpadami medycznymi, można analizować zgodnie z podejściem właściwym dla analizy systemowej. Zastosowanie tego podejścia zakłada, że wszystkie elementy SGOM są zależne od zachowań pozostałych elementów systemu i jego interakcji z otoczeniem – tj. z innymi systemami. Powiązanie systemu gospodarki odpadami medycznymi z innymi systemami – systemem ochrony zdrowia i systemem finansów publicznych – definiuje cele jakie SGOM ma realizować oraz ograniczenia, którym podlega.
3. Dostępne dane dotyczące systemu gospodarki odpadami medycznymi w Polsce charakteryzują się dużą niedokładnością i licznymi błędami. Ponadto brakuje statystyki przypadków, która pozwoliłaby na ocenę ryzyka powodowanego przez zdarzenia niepożądane w aspekcie ryzyka ludzkiego, środowiskowego i strat finansowych z wykorzystaniem metod ilościowych. W tej sytuacji właściwe wydaje się, że rozwiązaniem jest wykorzystanie kombinacji metod jakościowych (bazujących na opiniach ekspertów) oraz probabilistycznych.
4. W sytuacji gdy w danym obszarze brakuje danych, lub gdy dane te są mało wiarygodne, zasadne jest zastosowanie metod analizy, które odwołują się do wiedzy i doświadczenia osób znających istotę zagadnień i problemy związane z danym zagadnieniem – czyli ekspertów w danej dziedzinie. Należy przypuszczać, że takie podejście pozwala na uzyskanie bardziej wiarygodnego obrazu modelowanej rzeczywistości.
5. Zdarzenia niepożądane, rozumiane jako zdarzenia powodujące straty zdrowia i życia ludzkiego, straty dla środowiska lub straty materialne, wynikające z prowadzonej w danym regionie gospodarki odpadami medycznymi, mogą stanowić podstawę do określania wielkości ryzyka w analizowanej skali SGOM.
6. Ryzyko w systemie gospodarki odpadami medycznymi jest skutkiem zdarzeń niepożądanych (czynnika wewnętrznego), ale może być również wywołane przez zewnętrzne czynniki ryzyka, co wynika z interakcji SGOM z otoczeniem (w tym z innymi systemami).
7. Zastosowanie macierzy strat, wykorzystującej odległość – mierzoną w metryce *Mahlanobisa* – punktu określającego wartość strat powodowanych przez dane zdarzenie niepożądane N_i względem punktów skrajnych, pozwala na ocenę strat łącznych, ocenianych z punktu widzenia kilku kryteriów jednocześnie.

8. W oparciu o zaproponowaną metodę wielowymiarowej macierzy strat można stworzyć diagram ryzyka, określający rozkład ryzyka wynikającego z poszczególnych zdarzeń niepożądanych N_i . Na jego podstawie można zidentyfikować te zdarzenia niepożądane, które mają największy udział w skumulowanym ryzyku w skali analizowanego SGOM.

11.3. KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ

1. Dalszego rozwijania wymaga katalog zdarzeń niepożądanych i ankietowa ocena wielkości strat. Katalog zdarzeń niepożądanych zaproponowany w niniejszej pracy realizowany był w trakcie intensywnych zmian formalno-prawnych w dziedzinie gospodarki odpadami. Z tego względu jest częściowo nieaktualny. Warto też rozważyć uzupełnienie katalogu zdarzeń niepożądanych o niektóre wytyczne wynikające z tzw. *dobrej praktyki* (np. wytyczne WHO).
2. Istnieje potrzeba prowadzenia badań ilościowych w zakresie analizy zdarzeń niepożądanych i powodowanych przez nie strat w SGOM. Wytyczną do identyfikacji wielkości charakteryzujących straty w poszczególnych kategoriach może stanowić obszar narażenia w SGOM zdefiniowany na rysunku 10.2 (rozdział 10).
3. W przeprowadzonej analizie ryzyka nie uwzględniono aspektu związanego z *wykrywalnością* zdarzeń niepożądanych. Jest to aspekt istotny, ale i trudny do identyfikacji i z pewnością jego wpływ na proces kształtowania ryzyka w SGOM wymaga dalszych badań.
4. W niniejszej pracy skoncentrowano się na macierzowej metodzie analizy ryzyka. Niemniej jednak na podstawie analizy przeprowadzonej w rozdziale 5.3 należy mieć na uwadze inne metody, które mogą mieć zastosowanie do analizy ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi; szczególnie w odniesieniu do różnych zasobów danych i przy uwzględnieniu różnych celów tego modelowania. Z tego względu metody analizy ryzyka w SGOM wymagają dalszych badań. Szczególnie interesujące wydają się dwa konteksty prowadzenia tych prac:
 - I. modelowanie ryzyka w sytuacji wystąpienia zewnętrznego czynnika ryzyka (rozdział 8.3) takiego jak pandemia choroby silnie zakaźnej o wysokim wskaźniku hospitalizacji ludności. W tym wypadku zastosowanie mogą znaleźć: metoda

drzewa zdarzeń (ETA) lub metoda sieci Bayesa (BN) (Chang-Ju i Ku Jai, 2006; Cheng i Hadjisophocleous, 2009; Fenton i Neil, 2012).

- II. uwzględnienie zależności pomiędzy zdarzeniami niepożądanymi (rozdział 8.2); w niniejszej pracy założono, że kolejne zdarzenia niepożądane są od siebie niezależne; jest to uproszczenie rzeczywistości i z tego względu modelowanie ryzyka z uwzględnieniem powiązań pomiędzy kolejnymi zdarzeniami niepożądanymi wymaga dalszych badań, szczególnie takich które pomogą zidentyfikować te powiązania; do tego typu analizy ryzyka zastosowanie mogą znaleźć w szczególności modele oparte na sieciach Bayesa (BN) (Cheng i Hadjisophocleous, 2009; Kannan, 2007; Pollino i inni, 2007).
5. Dalszych prac badawczych wymaga analiza wpływu zdarzeń niepożądanych w SGOM na aspekty finansowe. Aspekty te odrzucono z analizy ryzyka w kontekście uwag ekspertów. Z tego względu celowym jest zidentyfikowanie innej niż zaproponowana w niniejszej pracy metody analizy tego zagadania. Można rozważyć wykorzystanie analizy kosztów i korzyści (CBA – ang. *Cost-benefit analysis*) (May-Tin i inni, 1995; Yuana i inni, 2011) w połączeniu z metodą procesu hierarchicznego (AHP ang. *Analytic Hierarchy Process*) (Karamuz i inni, 2007; Morrissey i inni, 2004).
6. Podejście zaproponowane w niniejszej pracy może zostać przeniesione na analizę innych systemów gospodarki odpadami, w szczególności systemów gospodarki odpadami niebezpiecznymi. Niemniej jednak, zastosowanie opisanej w pracy metodyki wydaje się mieć sens jedynie w odniesieniu do specyficznych grup odpadów, w przypadku których występowanie zdarzeń niepożądanych może powodować szczególne ryzyko. Taką grupą odpadów mogą być np. odpady promieniotwórcze.

SPIS TABEL

Tabela 2.1.	Chronologiczny układ przepisów dotyczących gospodarki odpadami medycznymi.....	24
Tabela 2.2.	Klasyfikacja odpadów medycznych i weterynaryjnych wg rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów	28
Tabela 2.3.	Sposoby zbierania poszczególnych rodzajów odpadów medycznych	31
Tabela 3.1.	Drogi przenoszenia drobnoustrojów chorobotwórczych i powodowane przez nie choroby	37
Tabela 3.2.	Prawdopodobieństwo wystąpienia czynników infekcyjnych w odpadach medycznych	38
Tabela 3.3.	Zdolność przetrwania wybranych czynników chorobotwórczych	39
Tabela 3.4.	Przykładowe ilości odpadów wytworzonych w wybranych placówkach szpitalnych wg rodzaju placówki	43
Tabela 3.5.	Przykładowe wskaźniki nagromadzenia odpadów wg rodzaju placówek służby zdrowia	44
Tabela 3.6.	Skład morfologiczny odpadów medycznych	45
Tabela 3.7.	Standardy emisyjne z instalacji spalania i współspalania odpadów.....	51
Tabela 3.8.	Porównanie zawartości metali w popiołach pochodzących ze spalarni medycznych zlokalizowanych w różnych krajach świata w mg/kg	53
Tabela 3.9.	Metody postępowania z pozostałościami po termicznym unieszkodliwianiu odpadów	53
Tabela 5.1.	Oszacowanie (w skali 10-punktowej) parametru Z – ważności skutków/konsekwencji	67
Tabela 5.2.	Oszacowanie (w skali 10-punktowej) parametru W – wykrywalności niesprawności.....	67
Tabela 5.3.	Oszacowanie (w skali 10-punktowej) parametru P – prawdopodobieństwa wystąpienia niesprawności	68
Tabela 5.4.	Przykładowa ocena stopnia szkód w metodzie PHA	69
Tabela 5.5.	Oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych w metodzie PHA	70
Tabela 5.6.	Skala interpretacji ryzyka	71
Tabela 5.7.	Potencjalne skutki zdarzenia	72
Tabela 5.8.	Ekspozycja na zagrożenie	72
Tabela 5.9.	Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia.....	72
Tabela 5.10.	Wartość ryzyka	73
Tabela 7.1.	Liczba łóżek szpitalnych w Polsce w latach 2002-2011	92
Tabela 7.2.	Współczynniki korelacji pomiędzy masą wytworzonych odpadów medycznych a liczbą łóżek	93
Tabela 8.1.	Propozycja kategorii strat ludzkich, środowiskowych i finansowych w SGOM	114
Tabela 9.1.	Proponowany katalog zdarzeń niepożądanych (N).....	118
Tabela 9.2.	Wartości liczbowe przypisane do wartości opisowych charakteryzujących straty.....	120
Tabela 9.3.	Współczynnik Kendall'a i Smith'a dla wyników przeprowadzonej ankiety eksperckiej	123
Tabela 9.4.	Wartości współczynnika chi-kwadrat policzone na potrzeby testu istotności	123
Tabela 9.5.	Skala prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego w SGOM	129
Tabela 9.6.	Skala określająca ekspozycję na ryzyko W_i , odniesiona do wielkości strumienia odpadów medycznych w SGOM	131
Tabela 9.7.	Skala strat w SGOM	134
Tabela 9.8.	Proponowana skala interpretacji ryzyka	136
Tabela 10.1.	Przykładowa karta oceny ryzyka w SGOM	147
Tabela 10.2.	Propozycja przykładowej karty identyfikacji zagrożeń dla danego zdarzenia niepożądanego N wraz z listą proponowanych działań naprawczych	150
Tabela 10.3.	Propozycja kategorii strat ludzkich, środowiskowych i finansowych w SGOM	151
Tabela 10.4.	Skala prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego w SGOM	151
Tabela 10.5.	Skala strat w SGOM	152
Tabela 10.6.	Skala określająca ekspozycję na ryzyko W_i , odniesiona do wielkości strumienia odpadów medycznych w SGOM	152
Tabela 10.7.	Proponowana skala interpretacji ryzyka	153

SPIS ILUSTRACJI

Rysunek 2.1.	Hierarchia sposobów postępowania z odpadami	29
Rysunek 3.1.	Struktura wytworzonych odpadów medycznych, wg średniej wartości w latach 2002-2011	42
Rysunek 3.2.	Ilość odpadów medycznych w gabinetach medycznych wybranych specjalności	44
Rysunek 3.3.	Instalacje gospodarki odpadami niebezpiecznymi według stanu na dzień 30 czerwca 2010 r.	47
Rysunek 3.4.	Ideowy schemat procesu termicznego przekształcania odpadów medycznych	49
Rysunek 3.5.	Schematy realizacji procesów termicznego przekształcania odpadów	50
Rysunek 5.1.	Miara ryzyka	61
Rysunek 5.2.	Model ryzyka	61
Rysunek 5.3.	Podział metod analizy ryzyka z uwzględnieniem ich czasochłonności	62
Rysunek 5.4.	Schemat blokowy procesu oceny ryzyka	65
Rysunek 5.5.	Macierz wartościowania ryzyka	70
Rysunek 5.6.	Przykład drzewa zdarzeń niepożądanych	74
Rysunek 6.1.	System i jego otoczenie	80
Rysunek 6.2.	Interakcja SGOM z innymi systemami	82
Rysunek 6.3.	Obieg informacji w systemie gospodarki odpadami medycznymi	84
Rysunek 6.4.	Powiązanie SGOM z innymi systemami	85
Rysunek 6.5.	Ograniczenia w SGOM	90
Rysunek 7.1.	Masa odpadów medycznych wytworzonych w Polsce w latach 2002-2011	91
Rysunek 7.2.	Wskaźnik nagromadzenia odpadów medycznych i odpadów medycznych zakaźnych (grupa 18 01 03*) wytworzonych w Polsce w latach 2002-2011	94
Rysunek 7.3.	Procentowy udział odpadów medycznych wytworzonych w największych miastach Polski w latach 2002-2012 (opracowanie własne na podstawie danych z CSO)	95
Rysunek 7.4.	Mocze przerobowe spalarni odpadów medycznych w roku 2010 wg województw	96
Rysunek 7.5.	Ilości odpadów medycznych wytworzonych wg województw	97
Rysunek 7.6.	Zestawienie ilości odpadów medycznych wytworzonych w Polsce w roku 2010 (dane z CSO) wg województw w porównaniu z mocami przerobowymi spalarni odpadów medycznych w tym samym roku (dane z bazy MŚ uzyskane z GIOŚ) oraz w zestawieniu ze wskaźnikiem nagromadzenia odpadów	98
Rysunek 7.7.	Prognoza trendu do roku 2020 wytwarzanych odpadów medycznych (kod 18 01) i medycznych zakaźnych (o kodzie 18 01 03*)	99
Rysunek 8.1.	Model Reasona	101
Rysunek 8.2.	Następowanie po sobie zdarzeń niepożądanych)	104
Rysunek 8.3.	Koncepcja identyfikacji zagrożeń	108
Rysunek 8.4.	Kategorie strat wg normy PN-N-18002:2011 (rys. a.) oraz MIL-STD-882E:2012 (rys. b.)	114
Rysunek 9.1.	Wielkość strat ludzkich wg opinii ekspertów dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych N	125
Rysunek 9.2.	Wielkość strat środowiskowych dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych	126
Rysunek 9.3.	Wielkość oszacowanych strat ludzkich i środowiskowych	127
Rysunek 9.4.	Skala strat łącznych	132
Rysunek 9.5.	Skala strat w SGOM, prezentacja graficzna	135
Rysunek 9.6.	Skala strat w analizowanym SGOM dla zaproponowanego katalogu zdarzeń niepożądanych na podstawie wartości strat ludzkich i środowiskowych uzyskanych z ankiet	138
Rysunek 9.7.	Skala prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych dla analizowanego SGOM	139
Rysunek 9.8.	Diagram ryzyka dla analizowanego SGOM w wariancie przyjęcia wskaźnika ekspozycji dla województwa mazowieckiego	139
Rysunek 9.9.	Diagram ryzyka dla analizowanego SGOM w wariancie przyjęcia wskaźnika ekspozycji dla Polski	140
Rysunek 10.1.	Powstawanie ryzyka w SGOM	145
Rysunek 10.2.	Model ryzyka w SGOM	146
Rysunek 10.3.	Obszary narażenia w SGOM	148

BIBLIOGRAFIA

1. **Ananda J., Herath G. (2009):** *A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning*, Ecological Economics. 68(2009), str. 2535–2548.
2. **Antoszkiewicz J. (1982):** *Metody heurystyczne*, wyd. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
3. **Aragónés-Beltrán P., Pastor-Ferrando J., García-García F., Pascual-Agulló A. (2010):** *An Analytic Network Process approach for siting a municipal solid waste plant in the Metropolitan Area of Valencia (Spain)*, Original Research Article, Journal of Environmental Management, Volume 91, Issue 5, wyd. Elsevier, str. 1071-1086.
4. **Basel Convection Guidelines (2003):** *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Healthcare Wastes (Y1; Y3)*. Basel Convention series/SBC No. 2003/3.
5. **Bazyl, M., Książek M., Owczareczuk M., Szulc A., Wiśniowski A., Witkowski B. (2012):** *Mikroekonometria: Modele i metody analizy danych indywidualnych*. Wydanie II., wydawca Wolters Kluwer Sp z o.o., ISBN 978-83-264-5184-3
6. **Beaudrie C., Kandlikar M., Ramachandran G. (2011):** *Using Expert Judgment for Risk Assessment (Chapter 5). Assessing Nanoparticle Risks to Human Health*. A volume in Micro and Nano Technologies, wyd. William and Andrew Associated Science Publishers, str. 109–138.
7. **Biedugnis S., Cholewiński J (1992):** *Optymalizacja gospodarki odpadami*, wyd. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
8. **Borysiewicz M., Furtek A., Potemski S. (2000):** *Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi*, wyd. Instytut Energii Atomowej, Otwock – Świerk.
9. **Brent A. Rogers D., Ramabitsa-Siimane T., Rohwer M. (2007):** *Application of the analytical hierarchy process to establish health care waste management systems that minimize infection risks in developing countries*. European Journal of Operational Research 181 (2007), wyd. Elsevier, str. 403–424.
10. **Brown D., Bezos-O'Connor G. (2012):** *Multidimensional RISK For Risk Management Of Aeronautical Research Projects. Risk integrated with cost, schedule, technical performance*. Environmentally Responsible Aviation. Materials from systems engineering conference, Washington 2012 r.
11. **Bryant D., Abkowitz M. (2007):** *Estimation of terrestrial chemical spill risk factors using a modified Delphi approach*. Journal of Environmental Management Volume 85, Issue 1, wyd. Elsevier, str. 112–120.
12. **Bryła S. (2007):** *Bezpieczne stanowisko pracy*, Ocena ryzyka i instrukcje stanowiskowe. Listy kontrolne. wyd. Elamed, 2007.
13. **Cabala P. (2010):** *Zastosowanie współczynnika konkordancji w pomiarze zgodności ocen ekspertów*. Przegląd statystyczny, zeszyt 2-3, tom 56, wyd. Polska Akademia Nauk Komitet Statystyki i Ekonometrii, str. 36-52.
14. **Cagliano A., Grimaldi S., Rafele C. (2011):** *A systemic methodology for risk management in healthcare sector*. Safety Science, vol. 49 (2011), wyd. Elsevier, str. 695-708.
15. **Capra F. (1996):** *The Web of Life: A New Synthesis of Mind and Matter*, wyd. Anchor Books, str. 47-69.
16. **Cain J. (2001):** *Planning improvements in natural resources management*, wyd. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, ISBN0903741009 .
17. **Chang-Ju L., Ku Jai L (2006):** *Application of Bayesian network to the probabilistic risk assessment of nuclear waste disposal*. Reliability Engineering and System Safety nr : 91, Issue: 5, wyd. Elsevier, str. 515-532.
18. **Chaerul M., Tanaka M., Shekdar A. (2008):** *A system dynamics approach for hospital waste management*, Waste Management 28(2008), wyd. Elsevier, str. 442–449.
19. **Checkland, P. (2000):** *Soft systems methodology: a thirty year perspective*. Systems Research and Behavioral Science 17 (S1), wyd. John Wiley & Sons, Ltd., str. 11-58.
20. **Cheng H., Hadjisophocleous G. (2009):** *The modeling of fire spread in buildings by Bayesian network*, Fire Safety Journal 44 (2009), wyd. Elsevier, str. 901–908.

21. Cieślak M. (2001): *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*, wyd. Polskie Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2001.
22. Cook R. Goossens R. (2008): *TU Delft expert judgment data base*. Reliability Engineering & System Safety, Volume 93, Issue 5, wyd. Elsevier, str. 657–674.
23. Dalkey N., Helmer O. (1963): *An experimental application of the Delphi method to the use of experts*. Journal of the Institute of Management Science, 9 (3) (1963), str. 458–467.
24. den Boer J., Jager J., Szpadt E., Maćków I., Mrowiński J., Sebastian M., Szpadt R. (2003): *Zastosowanie analizy cyklu życia do modelowania rozwoju zintegrowanych strategii gospodarki odpadami dla szybko rozwijających się miast i regionów*. Techniczno-ekonomiczno-organizacyjne aspekty gospodarki odpadami, V Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami, Poznań-Gniezno.
25. Denczew S. (2007): *Niezawodność, bezpieczeństwo i ryzyko systemów eksploatacji wodociągów w aspekcie infrastruktury krytycznej*. Eksploatacja i niezawodność 2(34)/2007, wyd. Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne (Warszawa), str. 15-21.
26. Diaz L.F, Egerth L., Enkhtsetseg Sh., Savage G. (2008): *Characteristics of healthcare wastes*. Waste Management 28(2008), wyd. Elsevier, str. 1219-1226.
27. Dubrovsky V. (2004): *Toward system principles: general system theory and the alternative approach*. Systems Research and Behavioral Science 21 (2), wyd. John Wiley & Sons, Ltd, str. 109–122.
28. Dziubiński M., Frątczak M, Markowski A. (2006): *Aspects of risk analysis associated with major failures of fuel pipelines*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 19/2006, wyd. Elsevier, str. 399–408.
29. EEA (2003). European Environment Agency. *Assessment of information related to waste and material flows - a catalogue of methods and tools – technical report*, ISBN: 92-9167-577-6.
30. Faber J. (2004): *Procedura realizacji zamówień publicznych w gospodarce odpadami*. Strategia Gospodarki odpadami szpitalnymi w zakładach opieki zdrowotnej – materiały konferencyjne, Kraków 2004.
31. Fenton N., Neil M. (2012): *Risk Assessment and Decision Analysis with Bayesian Networks*, ISBN 9781439809105, wyd. CRC Press, London.
32. Ferreira V., Ribau Teixeira M., (2010): *Healthcare waste management practices and risk perceptions: Findings from hospitals in the Algarve region, Portugal*. Waste Management 30 (2010), wyd. Elsevier, str. 2657–2663.
33. Findeisen W. (1985): *Analiza systemowa – podstawy i metodologia*. Praca zbiorowa pod red. W. Findeisena, wyd. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1985.
34. Garlicki A.M. (2009): *Współczesne zagrożenia chorobami zakaźnymi w Polsce – czy oddziały obserwacyjno-zakaźne są nadal potrzebne?*, materiały Wojewódzkiego Konsultanta w dziedzinie chorób zakaźnych, Kraków 2009.
35. Gaska K. (2007): *Modelowanie zintegrowanych systemów gospodarki odpadami z wykorzystaniem metodologii zorientowanej obiektowo*. Efektywne Zarządzanie Gospodarką Odpadami, VII Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami, wyd. Polski Związek Techników Sanitarnych, Kalisz-Poznań, str. 487-508.
36. Gaska K. (2012): *Modelowanie zintegrowanych systemów gospodarki odpadami z wykorzystaniem metodologii zorientowanej obiektowo*, wyd. Politechnika Śląska, ISBN: 978-83-7335-921-5
37. Geist M. (2010): *Using the Delphi method to engage stakeholders: A comparison of two studies*. Evaluation and Program Planning 33 (2010), wyd. Elsevier, str. 147–154.
38. Goossens L. Cooke R. Hale A. Rodic' -Wiersma L. (2008): *Fifteen years of expert judgement at TUDelft*. Safety Science, Volume 46, Issue 2, wyd. Elsevier, str. 234–244.
39. Grabowski Z. Wielgosiński G. (2008): *Odpady medyczne i weterynaryjne - warunki unieszkodliwiania*, materiały szkoleniowe, Ministerstwo Środowiska 2008.
40. Gummow B. (2010): *Challenges posed by new and re-emerging infectious diseases in livestock production, wildlife and humans*. Livestock Science 130 (2010), wyd. Elsevier, str. 41–46.
41. Gupta U. Clarke R. (1996): *Theory and application of the Delphi technique*. Technological Forecasting and Social Change, 53(2), wyd. Elsevier, str. 185–211.

42. GUS (2012). *Zdrowie i ochrona zdrowia w 2011 r. Opracowania i informacje statystyczne*. Wydawca: Zakład Wydawnictw Statystycznych. Warszawa. ISSN 2084-0470.
43. Hossain S., Santhanam A., Norulainin N., Omar M. (2011): *Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment – A review*. Waste Management, Volume 31, Issue 4, wyd. Elsevier, str. 754–766.
44. Hsu P., Wu C., Li Y (2008): *Selection of infectious medical waste disposal firms by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis*. Waste Management 28 (2008), wyd. Elsevier, str. 1386–1394.
45. ICRC (2011): *Medical waste management reference*, International Committee of the Red Cross, Genewa 2011.
46. Kaczmarek T.(2005): *Ryzyko i zarządzanie ryzykiem. Ujęcie interdyscyplinarne*, wyd. Difin, Warszawa 2005.
47. Kaczmarek Z., Czajka S., Adamska E. (2008): *Propozycja metody grupowania obiektów jedno- i wieloetapowych z zastosowaniem odległości Mahalanobisa i analizy skupień*. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin nr 248, Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie, str. 9-18.
48. Kanclerski K., Gluszyński P. (2008): *Zasady bezpiecznego postępowania z odpadami w zakładach świadczących usługi medyczne ze szczególnym uwzględnieniem odpadów zakaźnych*, Przegląd Epidemiologiczny nr 62(2008), wyd. Polski Zakład Higieny, str. 801-809.
49. Kannan P. (2007): *Bayesian networks: Application in safety instrumentation and risk reduction*. ISA Transactions 46(2007), wyd. Elsevier, str. 255–259.
50. Karagiannidis A., Papageorgiou A., Perkoulidis G., Sanida G., Samaras P. (2010): *A multi-criteria assessment of scenarios on thermal processing of infectious hospital wastes: A case study for Central Macedonia*, Waste Management Volume 30 (2010), wyd. Elsevier, str. 251–262.
51. Karamouz M.,Zahraie B., Kerachian R.,Jaafarzadeh N., Mahjouri N. (2007): *Developing a master plan for hospital solid waste management: A case study*. Waste Management 27 (2007), wyd. Elsevier, str. 626–638.
52. Kariuki S.G., Lowe K. (2007): *Integrating human factors into process hazard analysis*. Reliability Engineering and System Safety 92 (2007), wyd. Elsevier, str. 1764–1773.
53. Katusch M. (2001): *Cele systemu ochrony zdrowia a efektywność w ochronie zdrowia w Polsce, Problemy Zarządzania*, vol. 9, nr 3 (33)/2011, wyd. Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, str. 62– 78.
54. Kirchsteiger C. (1999): *On the use of probabilistic and deterministic methods in risk analysis*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 12 (1999), wyd. Elsevier, str. 399–419.
55. Kolubiec D. (2011): *Ocena gospodarki odpadami medycznymi w Instytucie Gruźlicy i Chorób Płuc w Warszawie*, praca dyplomowa inżynierska, Wydział Inżynierii Środowiska Politechnika Warszawska.
56. Kondej N. (2009): *Ocena gospodarki odpadami medycznymi w szpitalu powiatowym w Garwolinie*, praca dyplomowa licencjacka, Wydział Inżynierii Środowiska Politechnika Warszawska.
57. Korucu K. M., Erdagi B. (2012): *A criticism of applications with multi-criteria decision analysis that are used for the site selection for the disposal of municipal solid wastes*. Waste Management 32 (2012), wyd. Elsevier, str. 2315-2323.
58. Kowal D. (2011): *Metodyka identyfikacji kluczowych czynników kształtujących wartość przedsiębiorstwa górniczego węgla kamiennego*. Zeszyty naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 685 Finanse, rynki finansowe, ubezpieczenia nr 46, wyd. Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica Kraków, str. 457-471.
59. Kozak A. (2011): *Bezpieczeństwo procesowe w obiektach przemysłowych*, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, nr 2 (2011), ISSN: 2081-3279, str. 319-323.
60. KPGO 2010 (2006): *Krajowy plan gospodarki odpadami 2010*. Załącznik do uchwały nr 233 Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2006 r. w sprawie uchwalenia "Krajowego planu gospodarki odpadami 2010", (M.P. z 2010 nr 101 poz. 1183).
61. KPGO 2014 (2010): *Krajowy plan gospodarki odpadami 2014*. Załącznik do uchwały nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r., w sprawie „Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2014” (Monitor Polski Nr 101, poz. 1183)

62. **Kramer A. Schwebke I, Kampf G. (2006):** *Jak długo patogeny szpitalne mogą przetrwać na powierzchniach nieożywionych? Przegląd systematyczny*, BioMed Central: Choroby zakaźne. 2006.
63. **Kromka K. (2004):** *Badania ankietowe gospodarki odpadami w wybranych szpitalach w Polsce*. Strategia Gospodarki odpadami szpitalnymi w zakładach opieki zdrowotnej – materiały konferencyjne, wyd. ABRYS, Kraków 2004.
64. **Król A. (2014):** *Sieci Bayesowskie jako narzędzie wspomagające proces podejmowania decyzji*. Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Organizacja i zarządzanie z. 71, wyd. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, str. 209-2015.
65. **Królikowska J. (2011):** *Zastosowanie metody PHA do oceny ryzyka uszkodzeń sieci kanalizacyjnej na przykładzie systemu kanalizacyjnego miasta Krakowa*, Rocznik Ochrona Środowiska Tom 13, wyd. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, ISSN 1506-218X, str. 693-710.
66. **Kruk A., Kupiec G. (2011):** *Zalecenia konsultanta krajowego w dziedzinie pielęgniarstwa dla dobrej praktyki pielęgniarskiej bezpieczny szpital – bezpieczny pacjent zarządzanie ryzykiem zdarzeń niepożądanych*. Projekt bezpiecznej praktyki medycznej, Ministerstwo Zdrowia 2011 r.
67. **Kur P. (2009):** *Ocena stanu gospodarki odpadami medycznymi w szpitalu powiatowym w Sokolowie Podlaskim*, praca dyplomowa inżynierska, Wydział Inżynierii Środowiska Politechnika Warszawska.
68. **Leonowicz A.(2002):** *Z problematyki porównywalności kartogramów*, Polski Przegląd Kartograficzny T. 34 nr 1/2002, str.22–33.
69. **Linkov, I., Ramadan, A. (2004):** *Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making*. wyd. Kluwer, str. 15-54.
70. **Ludwikowski A. (2013):** *Dokąd z odpadami medycznymi? Problemy nadzoru nad gospodarką zakaźnymi odpadami medycznymi w województwie mazowieckim*. Mazowiecki Wojewódzki Inspektor Ochrony Środowiska – prezentacja z wystąpienia, Włocławek.
71. **May Tin A., Wise D., Su W., Reutergardh L., Lee S.(1995):** *Cost-benefit analysis of the municipal solid waste collection system in Yangon, Myanmar*, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 14, wyd. Elsevier, str. 103-131.
72. **MIL-STD-882E (2012):** Amerykańska norma dotycząca bezpieczeństwa, maj 2012 r.
73. (<http://www.system-safety.org/Documents/MIL-STD-882E.pdf>)
74. **Ministerstwo Zdrowia (2007):** *Strategia organizacji ochrony opieki medycznej podczas pandemii grypy*. Załącznik do polskiego planu przeciwdziałania wystąpieniu pandemii grypy i działań w przypadku jej wystąpienia. materiały informacyjne Ministerstwa Zdrowia, Warszawa 2007
75. **Ministerstwo Zdrowia (2008).** *Zielona Księga II. Finansowanie ochrony zdrowia w Polsce*. Raport opracowany na zlecenie Ministra Zdrowia.
76. <http://www2.mz.gov.pl/wwwmz/index?mr=&ms=&ml=pl&mi=435&mx=0&ma=11992>
77. **Moberg A. (1999):** *Environmental systems analysis tools -differences and similarities*, Master Degree thesis in Natural Resources Management, Department of Systems Ecology Stockholm University, Stockholm.
78. **Morrissey A., Browne J. (2004):** *Waste management models and their application to sustainable waste management*. *Waste Management* 24(2004), wyd. Elsevier, str. 297–308.
79. **Okoli C., Pawlowski S. (2004):** *The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications*. *Information & Management* Volume 42, Issue 1, wyd. Elsevier str. 15–29.
80. **Okólski M., Topińska I. (2012):** *Spoleczne skutki emigracji i migracji ze wsi do miast w Europie Środkowo-Wschodniej*. Streszczenie. Praca na zlecenie Komisji Europejskiej, Wydział (DG) Zatrudnienia, spraw społecznych i włączenia społecznego. (www.ec.europa.eu/social)
81. **Park II., Lee K., Kim M., Lee J., Seong S., Ko G. (2009):** *Detection and hazard assessment of pathogenic microorganisms in medical wastes*. *Journal of Environmental Science and Health Part A* 44/2009, str. 995–1003.
82. **Pasieka E. (2012):** *Katalog potencjalnych zdarzeń niepożądanych jako narzędzie doskonalenia jakości w rentgenodiagnostyce*, XVI Ogólnopolska Konferencja Jakości w Opiece Zdrowotnej, Kraków, 28-29 maja 2012r., materiały konferencyjne, str. 127-132.

83. Pinedo J., Ibáñez R., Irabien A. (2014): *A comparison of models for assessing human risks of petroleum hydrocarbons in polluted soils*. Environmental Modelling & Software 55 (2014), str. 61-69.
84. Pieńkowski J. (2004): *Generacja odpadów szpitalnych w świetle rozwoju nowych technik medycznych*, Strategia Gospodarki odpadami szpitalnymi w zakładach opieki zdrowotnej – materiały konferencyjne, Kraków.
85. Pietrzak L. (2004): *Badanie wypadków przy pracy – modele i metody*. Wyd. CIOP-BIP, Warszawa.
86. Pires A., Martinho G., Chang N. (2011): *Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques*, Journal of Environmental Management 92 (2011), wyd. Elsevier, str. 1033-1050.
87. Podgórski D., Pawłowska Z. (2001): *Ocena ryzyka zawodowego jako element systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ocena ryzyka zawodowego. T.1 Podstawy metodyczne*. Zarządzaniem Bezpieczeństwem i Higieną Pracy, wyd. PIB CIOP, Warszawa 2001.
88. Pogorzelski W. (1959): *Geometria analityczna*. Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa 1959.
89. Pollino C., Woodberry O., Nicholson A., Korb K., Hart B. (2007): *Parameterisation and evaluation of a Bayesian network for use in an ecological risk assessment*, Environmental Modelling & Software 22 (2007), wyd. Elsevier, str. 1140-1152.
90. Połoński M., Pruszyński K. (2006): *Interdyscyplinarny charakter nauki o ryzyku*, Materiały konferencyjne „Zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwie”, Ciechocinek 2006.
91. Pourret O., Naim P., Marcot B., (2008): *Bayesian Networks. A practical guide to applications*, wyd. Wiley&Sons Ltd., Great Britain 2008.
92. PN-N-18002:2011 (2011): *Polska Norma Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy – Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego*.
93. Prognoza EABiZwP (2007): *Prognoza ekspercka dotycząca nowo powstających biologicznych czynników ryzyka zawodowego (BHP)*, Europejska Agencja Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy, Facts 68/PI, Belgia 2007
94. Pusz P., Zaręba L. (2006): *Elementy statystyki*, wyd. Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów; ISBN978-83-88845-73-X
95. Rak J. (2003): *Metoda szacowania ryzyka zagrożenia systemu zaopatrzenia w wodę*. Ochrona Środowiska R. 25, nr 2, wydawca Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Dolnośląski, str. 33-36.
96. Rak J., Tchórzewska-Cieślak B. (2005): *Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę*, wydawca Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005. ISBN 83-7199-374-9
97. Reason, J. (2002): *Combating omission errors through task analysis and good reminders*. Quality and Safety in Health Care 11 (1) 2002, str. 40-44.
98. Ribeiro-Neto B., Baeza-Yates R. (1999): *Modern Information Retrieval*, wyd. Addison Wesley Longman and Limited, ACM Press New York.
99. Rhee S., Ishii K. (2003): *Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability*, Advanced Engineering Informatics Volume 17, Issues 3-4, wyd. Elsevier, str. 179-188.
100. Rogers, D., A. Brent. (2004): *Life cycle check us a decision support tool for medical waste*, materiały konferencyjne, Institute of Waste Management of Southern Africa (IWMSA) 2004.
101. Rolewicz-Kalińska A. (2007): *Koncepcja Krajowej Strategii Zarządzania Odpadami Medycznymi*, praca dyplomowa magisterska, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Warszawa 2007.
102. Rolewicz-Kalińska A. (2009): *Możliwości modelowania systemu gospodarki odpadami medycznymi*. Zeszyty Naukowe „Współczesne problemy inżynierii i ochrony środowiska”, z.55, wyd. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, str. 91-104.
103. rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów medycznych i weterynaryjnych, których poddawanie odzyskowi jest zakazane (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 103),

104. rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych (Dz.U. 2003 nr 8 poz. 104),
105. rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 września 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych (Dz.U. 2004 nr 200 poz. 2061),
106. rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 lipca 2010 r. w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi (Dz.U. 2010 nr 139 poz. 940).
107. rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko przedsięwzięciami mogącymi zawsze znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2010 nr 213 poz. 1397 ze zm.).
108. rozporządzenie Ministra Środowiska dnia 22 kwietnia 2011 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz.U. z dnia 10 maja 2011 r.)
109. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 stycznia 2014 r. w sprawie dokumentu potwierdzającego unieszkodliwienie zakaźnych odpadów medycznych lub zakaźnych odpadów weterynaryjnych (Dz.U. 2014 poz. 107)
110. Rychły-Lipińska A. (2007): *FMEA – analiza rodzajów błędów oraz ich skutków*, Zeszyty Naukowe Instytutu Ekonomii i Zarządzania Nr 1, wyd. Politechnika Koszalińska, s. 47-60.
111. Seadon J.K. (2010): *Sustainable waste management systems*, Journal of Cleaner Production 18 (2010), wyd. Elsevier, str. 1639–1651.
112. Sienkiewicz P. (2005): *Analiza ryzyka w zarządzaniu projektami systemów*, Zeszyty Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia. Nr 95/2005, str. 9-18.
113. Singh S., Prakash V. (2007): *Toxic Environmental Releases from Medical Waste Incineration: A Review*. Journal of Environmental Monitoring and Assessment (2007)132, str. 67–81.
114. Skalmowski K. (2006): *Poradnik gospodarki odpadami. Podręcznik dla specjalistów referentów ds. ochrony środowiska.*, wyd. Verlag Dashofer.
115. Stabryła A. (2010): *Analiza i projektowanie systemów zarządzania przedsiębiorstwem* pod redakcją Adam Stabryła, seria wydawnicza Encyklopedia Zarządzania, wyd. Mfiles.pl
116. Stachowiak K. (2002): *Wielokryterialna analiza decyzyjna w badaniach przestrzenno-ekonomicznych*. wyd. Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
117. Suchy M. (2004): *Problem unieszkodliwiania odpadów szpitalnych w świetle doświadczeń inspektoratów ochrony środowiska*. Strategia Gospodarki odpadami szpitalnymi w zakładach opieki zdrowotnej – materiały konferencyjne, wyd. ABRYS, Kraków.
118. Szopa T. (2009): *Niezawodność i bezpieczeństwo*. wyd. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa. ISBN 978-83-7207-818-6.
119. Szustrowska M. (2012): *Ocena gospodarki odpadami medycznymi na terenie Kliniki Onkologii Centrum Onkologii w Warszawie*, praca dyplomowa inżynierska, Wydział Inżynierii Środowiska Politechnika Warszawska.
120. Świątkowska B. (2010): *Zagrożenia zawodowe pracowników opieki zdrowotnej: Co wiemy i co możemy zrobić?*, Problemy Higieny i Epidemiologii 2010, nr 91(4), wyd. Państwowy Zakład Higieny, str. 522-529.
121. Tarantini M., Loprieno A., Cucchi E., Frenquellucci F. (2009): *Life Cycle Assessment of waste management systems in Italian industrial areas: Case study of 1st Macrolotto of Prato*, Energy 34, wyd. Elsevier 2009, str. 613–622.
122. Tavares G., Zsigraiová Z., Semlao V. (2011): *Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste*, Waste Management, Volume 31, Issues 9–10, wyd. Elsevier, str. 1960-1972.
123. Ten Haaf W., Bikker H., Adriaanse D.J.(2011): *Fundamentals of Business Engineering and Management, A systems approach to people and organisations*, Ebook ISBN 9789065622273.

124. **UNEP (2012):** Compendium of Technologies for Treatment/Destruction of Healthcare Waste, United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka, Japan (<http://www.unep.org>).
125. ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku *Prawo ochrony środowiska* (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627 ze zm.).
126. ustawa z dnia 27 lipca 2001 r. *o wprowadzeniu ustawy - Prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych ustaw* (Dz.U. 2001 nr 100 poz. 1085).
127. ustawa z dnia 3 października 2008 r. *o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko* (Dz.U. 2008 nr 199 poz. 1227 ze zmianami).
128. ustawa z dnia 5 grudnia 2008 r. *o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi* (Dz.U. 2008 nr 234 poz. 1570).
129. ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. *o odpadach* (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21).
130. **Vego G., Kucar-Draglicevic S., Koprivanac N. (2008):** *Application of multi-criteria decision-making on strategic municipal solid waste management in Dalmatia, Croatia*, Waste Management 28 (2008), wyd. Elsevier, str. 2192–2201.
131. **von Bertalanffy, L.(1955):** *General systems theory*, Main Currents in Modern Thought 11, wyd. Center for Integrated Education, str. 71-82.
132. **Waldvogel, F. (2004):** *Infectious diseases in the 21st century: old challenges and new opportunities*. International Journal of Infectious Diseases (2004) 8, wyd. Elsevier, str. 5-12.
133. **Walery M. (2011):** *Jednostkowy koszt transportu odpadów medycznych a wskaźnik ekonomicznej efektywności systemu*. Inżynieria Ekologiczna Nr 25, 2011, str. 167-164.
134. **Walery M. (2013):** *Analiza wpływu wybranych parametrów wejściowych systemu gospodarki odpadami medycznymi na koszt jego funkcjonowania i strukturę*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich Nr 14/2010, wyd. Polska Akademia Nauk, oddział w Krakowie, str. 13–21
135. **Wandrasz J. (2001):** *Gospodarka odpadami medycznymi*, wydawca Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski w Poznaniu, ISBN 83-911077-5-2.
136. **Wandrasz J. (2006):** *Restrukturyzacja technik i technologii w gospodarce odpadami medycznymi*, materiały konferencyjne z konferencji „Unieszkodliwianie odpadów medycznych”, wyd. ABRYS, Poznań 2006 r.
137. **WHO (1999):** *Safe management of wastes from health-care activities*. World Health Organization, Geneva 1999.
138. **WHO (2005):** *Healthcare Waste Management*. World Health Organization, Geneva 2005.
139. **WHO(2011):** *Waste from health-care activities*, Fact sheet N°253, World Health Organization, Geneva 2011.
140. **WHO (2013):** *Safe management of wastes from health-care activities 2nd edition*, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, ISBN 978 92 4 154856 4
141. **Wielgosiński G., Pajak T. (2003):** *Wytyczne sporządzenia przeglądów ekologicznych spalarni odpadów*, praca wykonana na zlecenie Departamentu Polityki Ekologicznej Ministerstwa Środowiska. Łódź- Kraków-Warszawa 2003.
142. **Wielgosiński G. (2004):** *Podstawowa charakterystyka odpadów medycznych. Metody unieszkodliwiania. Gospodarka odpadami medycznymi*. Wybrane problemy, wyd. Polska Akademia Nauk, Oddział w Łodzi, Łódź 2004.
143. **Wielgosiński G. (2004):** *Polskie instalacje do spalania odpadów medycznych i weterynaryjnych*, Gospodarka odpadami medycznymi. Wybrane problemy, wyd. Polska Akademia Nauk, Oddział w Łodzi, Łódź 2004.
144. **Wielgosiński G, Zawadzka A. (2012):** *Analiza skuteczności różnych reagentów w procesie usuwania HCl ze spalin w spalarni odpadów medycznych metodą suchą*, Ochrona powietrza atmosferycznego – wybrane zagadnienia, Sienna – Czarna Góra 2012 r., ISBN 978-83-61775-04-1, wyd. PZITS nr 898, s. 319–326.

145. Winiarski J. (2009): *Ryzyko - problemy definicji i systematyki*, Przedsiębiorstwo w Otoczeniu Globalnym, Vol. I (2009), s. 237-248.
146. Wojewódzki Plan (2009): *Wojewódzki Plan działania na wypadek wystąpienia epidemii dla województwa opolskiego*. Wojewoda Opolski. Opole 2009.
147. Wojtyniak B., Goryński P., Kuszewski K. (2006): *Wskaźniki do projektu tworzenia sieci szpitali z elementami analizy sytuacji demograficznej i stanu zdrowia ludności*, wyd. Państwowy Zakład Higieny, Warszawa grudzień 2006 r.
148. Woolridgea A., Morrissey A., Phillipsa P. (2005): *The development of strategic and stactical tools, using systems analysis, for waste management in large complex organizations: a case study in UK healthcare waste*, Volume 44, Issue 2, str. 115–137.
149. Xi B., Huang J., Qin X., Jiang Y., Huo S., Ji D., Yao D.(2010): *An integrated optimization approach and multi-criteria decision analysis for supporting the waste-management system of the City of Beijing, China*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume 23, Issue 4, wyd. Elsevier, str. 620-631.
150. Yuana H., Shena L., Haob J., Luc W. (2011): *A model for cost–benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain*, Resources, Conservation and Recycling, Volume 55, wyd. Elsevier, str. 604–612.
151. Zawadzka A. (2007): *Zawartość metali ciężkich w popiołach ze spalarni odpadów medycznych, materiały konferencyjne z konferencji unieszkodliwianie odpadów medycznych*, materiały z XIV ogólnopolskiej konferencji szkoleniowej Unieszkodliwianie Odpadów Medycznych, wyd. ABRYS, Poznań, ISBN 83-89018-78-0, str. 93-104.
152. Zimoch I. (2009): *Bezpieczeństwo działania systemu zaopatrzenia w wodę w warunkach zmian jakości wody w sieci wodociągowej*, Ochrona Środowiska vol. 3/2009, str. 51-55.
153. Zhao W., van der Voet E., Huppes G. (2009): *Comparative life cycle assessments of incineration and non-incineration treatments for medical waste*, International Journal of Life Cycle Assessment 14, wyd. Springer, str. 114-121.
154. Zotos G., Karagiannidis A., Zampetoglou S., Malamakis A., Antonopoulos I.-S., Kontogianni S, Tchobanoglous G. (2009): *Developing a holistic strategy for integrated waste management within municipal planning: Challenges, policies, solutions and perspectives for Hellenic municipalities in the zero-waste, low-cost direction*, Waste Management 29 (2009), wyd. Elsevier, str. 1686–1692.

Strony internetowe:

155. http://www.healthcarewaste.org/en/730_fin_large.html
(dostęp 12.07.2011)
156. <http://www.wprost.pl/ar/399210/Zakopywal-w-ogrodzie-fragmenty-ludzkich-cial-W-sumie-30-ton/>
(dostęp 06.08.2013)
157. <http://www.tvn24.pl/wiadomosci-z-kraju,3/nielegalne-skladowisko-odpadow-medycznych-mowilismy-mu-zeby-tego-nie-robil,325515.html>
(dostęp 06.08.2013)
158. <http://tv.pl/archiwum/68756,express-nielegalne-wysypisko-odpadow-medycznych,1947.html>
(dostęp 06.08.2013)
159. <http://www.polskieradio.pl/5/3/Artykul/734932,7-ton-odpadow-medycznych-Nielegalne-wysypisko>
(dostęp 06.08.2013)

INNE ŹRÓDŁA INFORMACJI

- [1] dane udostępnione przez Departament Gospodarki Odpadami Ministerstwa Środowiska (2014): *Dane dotyczące ilości odpadów medycznych wytworzonych w Polsce w latach 2010-2011*; dane udostępnione w formie cyfrowej, styczeń 2014 r.
- [2] dane udostępnione przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (2010): *Dane dotyczące ilości wytworzonych odpadów medycznych w latach 2002-2009*; dane z Centralnej Bazy Opadowej, dane udostępnione w formie cyfrowej, czerwiec 2010 r.
- [3] dane udostępnione przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (2011): *Dane dotyczące ilości mocy przerobowych instalacji do termicznego przekształcania odpadów medycznych (stan na grudzień 2010)*; dane udostępnione w formie pisemnej, sierpień 2011 r.
- [4] dane udostępnione przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie (2010): *Dane z wyników kontroli podmiotów związanych z gospodarowaniem odpadami medycznymi w latach 2006-2009*; dane udostępnione w formie pisemnej, dane objęte są klauzulą poufności i zakazem rozpowszechniania innego niż wykorzystanie w celach statystycznych bez udostępniania danych podmiotów, których dotyczą; październik 2011 r.

**ZALĄCZNIK NR 1 STATYSTYCZNA ANALIZA DANYCH Z CENTRALNEGO SYSTEMU
ODPAADOWEGO MINISTERSTWA ŚRODOWISKA**

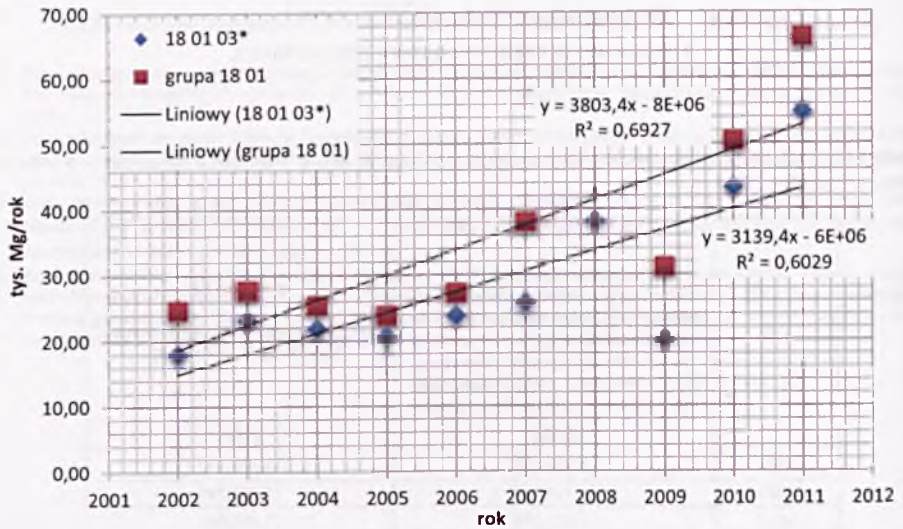
Tabela 1 Ilość odpadów medycznych wytworzonych w Polsce w latach 2002-2011 (opracowanie własne na podstawie danych z CSO)

rok	kod 18 01 03*	grupa 18 01
	Odpady, które zawierają żywe drobnoustroje chorobotwórcze lub ich toksyny, o których wiadomo lub co do których istnieją wiarygodne podstawy do sądenia, że wywołują choroby u ludzi i zwierząt (z wyłączeniem części ciała, organów i pojemników na krew)	Odpady z diagnozowania, leczenia i profilaktyki medycznej
	[Mg]	[Mg]
2002	18 064,898	24 733,455
2003	23 226,928	27 773,195
2004	21 955,158	25 407,065
2005	20 743,469	23 875,351
2006	23 880,920	27 266,642
2007	25 791,456	38 095,388
2008	38 181,102	42 748,614
2009	20 160,487	31 110,790
2010	43 344, 120	50 400,000
2011	54 946, 180	66 200,000

Ocena tendencji zmian

Ocena tendencji zmian ilości wytwarzanych odpadów medycznych w czasie została wykonana metodą analityczną polegającą na wyznaczeniu funkcji trendu. Parametry funkcji zostały obliczone metodą najmniejszych kwadratów, zakładającą minimalizację odchyłeń wartości zaobserwowanych (y_i) od oszacowanych (\hat{y}_i) za pomocą funkcji.

W pierwszej kolejności dokonano graficznej analizy szeregu. Dla zbliżonych zmian (przyrostów lub spadków) ilości odpadów w kolejnych latach zastosowano liniową funkcję trendu. Dla danych o ilości odpadów medycznych – grupa 18 01 wytworzonych w latach 2002-2011 i danych o ilości wytworzonych odpadów medycznych zakaźnych o kodzie 18 01 03* wytworzonych w latach 2002-2011 wykorzystano liniową funkcję trendu.



Rysunek 1 Linie trendu – dla odpadów medycznych ogółem (grupa 18 01) wytworzonych w latach 2002-2011 i odpadów medycznych zakaźnych (o kodzie 18 01 03*) wytworzonych w latach 2002-2011.

Miara dopasowania funkcji do danych empirycznych (ocena dobroci dopasowania).

Z szeregu czasowego można wyodrębnić trzy składniki wpływające na wartości obserwowane – prawidłowość określoną funkcją trendu, wahaniami okresowymi oraz wahaniami przypadkowymi (losowymi). Miarami, które służą ocenie dobroci dopasowania funkcji do danych empirycznych są poziom (odchylenie standardowe składnika resztowego – S_e) i natężenie wahań przypadkowych (współczynnik zmienności przypadkowej – V_e). Natomiast udział wahań przypadkowych w kształtowaniu zmienności w czasie badanego zjawiska określony jest za pomocą współczynnika zbieżności Φ^2 .

Poniżej znajdują się ww. parametry policzone dla odpadów medycznych ogółem:

$$\bar{y}_1 = 30\,126,312$$

$$S_{1c} = 5380,5$$

$$V_{1c} = 17,86\%$$

$$\Phi_1^2 = 0,53$$

$$R_1^2 = 0,47$$

I dla odpadów medycznych zakaźnych (18 01 03*):

$$\bar{y}_2 = 49\,098,266$$

$$S_{2c} = 4526,0$$

$$V_{2c}=17,34\%$$

$$\Phi_2^2=0,25$$

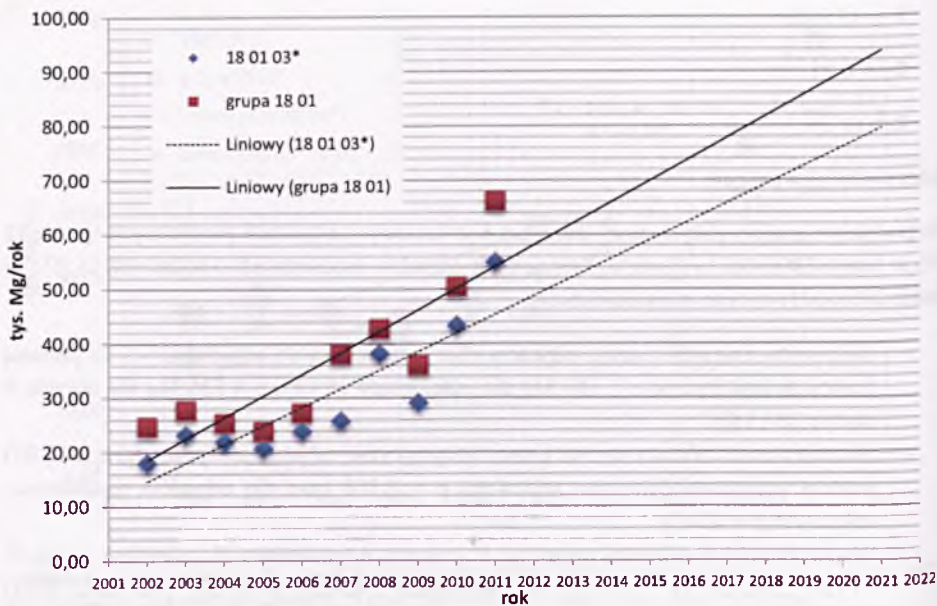
$$R_2^2=0,75$$

Interpretacja wyników

Na podstawie analizy statystycznej danych o wytworzonych odpadach medycznych (grupa 18 01) w latach 2002-2011 i ilości wytworzonych odpadów medycznych o kodzie 18 01 03* w latach 2002-2011 można stwierdzić, że:

- Ilość wytworzonych rocznie odpadów różni się średnio od oszacowanych za pomocą funkcji trendu średnio o 5 380 Mg dla całej grupy 18 01 i o 4 526 Mg dla odpadu o kodzie 18 01 03.
- Funkcje trendu okazały się być istotne statystycznie: odpady medyczne (grupa 18 01) wartość prawdopodobieństwa testowego $p = 0,008$ oraz dla odpadów medycznych zakaźnych $p = 0,003$.
- Współczynniki zmienności resztowej V wynoszą odpowiednio dla odpadów grupy 18 01 (lata 2002-2011) $V_{1c}=17,86\%$ i dla odpadu o kodzie 18 01 03* (lata 2002-2011) $V_{2c}=17,34\%$. Przyjmuje się, że szacowanie nieznanymi wartościami cechy Y na podstawie linii regresji jest dopuszczalne przy wartości $V < 20\%$. Dla obu strumieni odpadów dopuszczalne jest więc wykonanie analizy z liniową linią trendu.
- Współczynnik determinacji można interpretować następująco:
 - 0,0 - 0,5 - dopasowanie niezadowalające
 - 0,5 - 0,6 - dopasowanie słabe
 - 0,6 - 0,8 - dopasowanie zadowalające
 - 0,8 - 0,9 - dopasowanie dobre
 - 0,9 - 1,0 - dopasowanie bardzo dobre

Zgodnie z powyższym można uznać że dla danych o wytworzonych odpadach medycznych (grupa 18 01) w latach 2002-2011 ($R^2=0,69$ dopasowanie liniowej funkcji trendu jest zadowalające, podobnie dla danych o ilości wytworzonych odpadów medycznych o kodzie 18 01 03* w latach 2002-2008 ($R^2=0,75$). Oznacza to że 75% zmienności w ilości wytworzonych odpadów z grupy 18 01 i odpadów o kodzie 18 01 03* w latach 2002-2011 jest wyjaśnione liniową funkcją trendu, a 25% jest spowodowane czynnikami przypadkowymi. Na podstawie powyższych wyników została wykonana prognoza ilości wytwarzanych odpadów na 10 lat do przodu.



Rysunek 2 Prognoza trendu do roku 2020 wytwarzanych odpadów medycznych (grupa 18 01) i medycznych zakaźnych (o kodzie 18 01 03*)

**ZAŁĄCZNIK NR 2 SZCZEGÓLOWY WYKAZ RODZAJÓW ODPADÓW POWSTAJĄCYCH W
PLACÓWKACH SŁUŻBY ZDROWIA**

Szczegółowy wykaz rodzajów odpadów powstających w placówkach służby zdrowia

KLASYFIKACJA ODPADÓW MOGĄCYCH WYSTĘPOWAĆ W PLACÓWKACH SŁUŻBY ZDROWIA		CHARAKTERYSTYKA	GŁÓWNE ŹRÓDŁA POWSTAWANIA
Klasyfikacja wg wytycznych WHO	Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów		
Odpady zainfekowane	<p>18 01 03* Inne odpady, które zawierają żywe drobnoustroje chorobotwórcze lub ich toksyny oraz inne formy zdolne do przeniesienia materiału genetycznego, o których wiadomo lub co do których istnieją wiarygodne podstawy do sądenia, że wywołują choroby u ludzi i zwierząt (np. zainfekowane pieluchomajtki, podpaski, podkłady)</p> <p>18 01 80* Zużyte kąpiele lecznicze aktywne biologicznie o właściwościach zakaźnych</p>	<p>Odpady które miały kontakt z czynnikami potencjalnie zakaźnymi: hodowle i posiewy z laboratoriów, preparaty biologiczne, aktywne szczepionki, zużyte opatrunki, podkłady, fartuchy i ubrania ochronne, opakowania na płyny ustrojowe, kąpiele biologiczne i inne.</p>	<p>Gabinety lekarskie i zabiegowe, pracownice analityczne, punkty krwiodawstwa i stacje dializ, sale operacyjne. Powstają praktycznie we wszystkich oddziałach szpitalnych.</p>
Odpady patologiczne i części ciała	<p>18 01 02* Części ciała i organy oraz pojemniki na krew i konserwanty służące do jej przechowywania</p>	<p>Ludzkie odpady patologiczne – tkanki, organy, części ciała, płyny ustrojowe (krew, mocz i inne). Wszystkie odpady z tej grupy powinny być uznane za potencjalnie zainfekowane.</p>	<p>Sal operacyjne, gabinety zabiegowe, sale chorych. Powstają głównie na oddziałach chirurgicznych, patologii i autopsji, ginekologii.</p>
Odpady silnie zainfekowane	<p>18 01 02* Części ciała i organy oraz pojemniki na krew i konserwanty służące do jej przechowywania</p> <p>18 01 03* Inne odpady, które zawierają żywe drobnoustroje chorobotwórcze lub ich toksyny oraz inne formy zdolne do przeniesienia materiału genetycznego, o których wiadomo lub co do których istnieją wiarygodne podstawy do sądenia, że wywołują choroby u ludzi i zwierząt (np. zainfekowane pieluchomajtki, podpaski, podkłady)</p> <p>18 01 80* Zużyte kąpiele lecznicze aktywne biologicznie o właściwościach zakaźnych</p> <p>18 01 82* Pozostałości z żywienia pacjentów oddziałów zakaźnych</p>	<p>Odpady które miały kontakt z chorobami zakaźnymi, szczególnie niebezpiecznymi dla ludzi np.: HIV, HCV, HBV, wścieklizna, gruźlica i inne. Kontakt z nimi może stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego.</p>	<p>Oddziały zakaźne, laboratoria analityczne.</p>

<p>Zainfekowane ostrza</p>	<p>18 01 03* Inne odpady, które zawierają żywe drobnoustroje chorobotwórcze lub ich toksyny oraz inne formy zdolne do przeniesienia materiału genetycznego, o których wiadomo lub co do których istnieją wiarygodne podstawy do sądenia, że wywołują choroby u ludzi i zwierząt (np. zainfekowane pieluchomajtki, podpaski, podkłady)</p>	<p>Wszelkiego rodzaju zużyte ostre lub szklane narzędzia stosowane w służbie zdrowia i badaniach laboratoryjnych takie jak: skalpele, igły, narzędzia chirurgiczne, pipety, szkło laboratoryjne. Odpady te stanowią zagrożenie nie tylko ze względu na czynnik chorobotwórczy, ale również z uwagi na podwyższone ryzyko uszkodzenia ciała w kontakcie z nimi.</p>	<p>Gabinety lekarskie i zabiegowe, sale operacyjne. Powstają głównie na oddziałach chirurgicznych, ginekologicznych, ostrym dyżurze</p>
<p>Środki farmakologiczne</p>	<p>18 01 09 Leki inne niż wymienione w 18 01 08 18 01 07 Chemikalia, w tym odczynniki chemiczne, inne niż wymienione w 18 01 06</p>	<p>Przeterminowane, wycofane z użycia, lub zużyte leki i środki farmaceutyczne</p>	<p>Powstają na wszelkiego rodzaju oddziałach szpitalnych, aptekach i hospicjach.</p>
<p>Chemiczne odpady niebezpieczne</p>	<p>18 01 06* Chemikalia, w tym odczynniki chemiczne, zawierające substancje niebezpieczne 09 01 01* Wodne roztwory wywoływaczy i aktywatorów 09 01 04* Roztwory utrwalaczy 09 01 80* Przeterminowane odczynniki fotograficzne 15 01 10* Opakowania zawierające pozostałości substancji niebezpiecznych lub nimi zanieczyszczone</p>	<p>Substancje chemiczne wykorzystywane w laboratoriach, środki do dezynfekcji, niebezpieczne odpady stosowane w procesach światłoczułych w pracowniach RTG i mammograficznych. Do tej grupy należy również zaliczyć opakowania po tych środkach, które są nimi zanieczyszczone.</p>	<p>Pracownie RTG i radiologiczne.</p>
<p>Odpady o wysokiej zawartości metali ciężkich</p>	<p>18 01 10* Odpady amalgamatu dentystycznego 06 04 04* Odpady zawierające rtęć</p>	<p>Odpady amalgamatu dentystycznego, termometry rtęciowe i manometry</p>	<p>Gabinety stomatologiczne, oddziały szpitalne.</p>
<p>Pojemniki ciśnieniowe</p>	<p>16 05 04* Gazy w pojemnikach (w tym halony) zawierające substancje niebezpieczne 16 05 05 Gazy w pojemnikach inne niż wymienione w 16 05 04 15 01 11* Opakowania z metali zawierające niebezpieczne porowate elementy wzmocnienia konstrukcyjnego (np. azbest), włącznie z pustymi pojemnikami ciśnieniowymi</p>	<p>Środki farmakologiczne i chemiczne w pojemnikach ciśnieniowych i aerosolach oraz puste pojemniki ciśnieniowe.</p>	<p>Powstają na wszelkiego rodzaju oddziałach szpitalnych i w aptekach.</p>
<p>Ostrza, nieużywane lub po sterylizacji.</p>	<p>18 01 01 Narzędzia chirurgiczne i zabiegowe oraz ich resztki (z wyłączeniem 18 01 03)</p>	<p>Wszelkiego rodzaju ostre lub szklane narzędzia stosowane w służbie zdrowia i badaniach laboratoryjnych takie jak: skalpele, igły, narzędzia chirurgiczne, pipety, szkło laboratoryjne, które nie miały kontaktu z czynnikami zakaźnymi i substancjami niebezpiecznymi.</p>	<p>Gabinety lekarskie i zabiegowe, sale operacyjne.</p>

<p>Odpady genotoksyczne i cytotoksyczne</p>	<p>18 01 08* Leki cytotoksyczne i cytostatyczne</p> <p>15 01 10* Opakowania zawierające pozostałości substancji niebezpiecznych lub nimi zanieczyszczone</p>	<p>Leki i farmaceutyki stosowane w kuracjach nowotworowych, leczeniu immunosupresyjnym i innych terapiach. Opakowania zanieczyszczone tymi farmaceutykami.</p>	<p>Oddziały onkologiczne, apteki oraz hospicja.</p>
<p>Odpady radioaktywne</p>	<p>-</p>	<p>Izotopy promieniotwórcze stosowane w leczeniu schorzeń tarczycy i terapii nowotworowej, izotopy stosowane w diagnostyce medycznej, napromieniowane opakowania i środki ochrony indywidualnej.</p>	<p>Pracownie radiologiczne, zakłady medycyny nuklearnej.</p>
<p>Dodatkowe odpady (nie ujęte w wytycznych WHO)</p>	<p>Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów</p>	<p>CHARAKTERYSTYKA</p>	<p>GLÓWNE ŹRÓDŁA POWSTAWANIA</p>
<p>Pozostałe odpady z pracowni RTG, Mammograficznej</p>	<p>09 01 07 Błony i papier fotograficzny zawierające srebro lub związki srebra</p> <p>09 01 08 Błony i papier fotograficzny nie zawierające srebra</p>	<p>Zużyte i uszkodzone błony do obrazowania medycznego.</p>	<p>Pracownie RTG i radiologiczne.</p>
<p>Odpady opakowaniowe</p>	<p>15 01 01 Opakowania z papieru i tektury</p> <p>15 01 02 Opakowania z tworzyw sztucznych</p> <p>15 01 04 Opakowania z metali</p> <p>15 01 05 Opakowania wielomateriałowe</p> <p>15 01 07 Opakowania ze szkła</p>	<p>Wszelkiego rodzaju zużyte opakowania powstałe w obiektach służby zdrowia.</p>	
<p>Odpady związane z eksploatacją budynku użyteczności publicznej</p>	<p>16 02 11* Zużyte urządzenia zawierające freony, HCFC, HFC</p> <p>16 02 13* Zużyte urządzenia zawierające niebezpieczne elementy</p> <p>16 02 14 Zużyte urządzenia inne niż wymienione w 16 02 09 do 16 02 13</p> <p>16 02 15* Niebezpieczne elementy lub części składowe usunięte z zużytych urządzeń</p>	<p>Zużyte i nienadające się do zastosowania gaśnice i źródła światła (głównie jarzeniówki). Lodówki, zamrażarki, klimatyzatory, inne urządzenia chłodnicze lub klimatyzujące (mogą zawierać freony, HCFC, HFC)</p>	

Ankieta, Runda I

Cel ankiety

Niniejsza ankieta jest realizowana na potrzeby pracy doktorskiej mgr inż. Anny Rolewicz-Kalińskiej pt. „*Analiza ryzyka w systemie gospodarki odpadami medycznymi*”.

Celem ankiety jest określenie strat wynikających z niewłaściwego funkcjonowania systemu gospodarki odpadami medycznymi. Ankieta odnosi się wyłącznie do zagadnień związanych z odpadami medycznymi.

Metodyka badania

Ankieta jest elementem badania metodą delficką realizowanego w ramach pracy doktorskiej. W badaniu metodą delficką biorą udział eksperci i znawcy przedmiotu, do których rosyłane są ankiety; w ankietach umieszczone są pytania dotyczące przewidywanych zjawisk i wydarzeń.

Istotne jest, aby eksperci biorący udział w badaniu, nie mieli możliwości kontaktu między sobą i konsultowania odpowiedzi. Po zebraniu ankiet od wszystkich uczestników, osoba prowadząca badania porównuje odpowiedzi i dokonuje podsumowania statystycznego wyników, które następnie wysyła po raz kolejny do tej samej grupy ekspertów. Eksperti mają w ten sposób okazję wzajemnego zapoznania się z ocenami innych ekspertów (bez możliwości kontaktowania się ze sobą oraz ustalenia swoich personaliów), mogą zmieniać, podtrzymywać i rewidować swoje poprzednie opinie itd. Badanie realizowane metodą delficką kończy się w momencie przekazania przez ekspertów ich ostatecznych opinii.

Ankieta jest ankietą ekspercką i odpowiedzi powinny być udzielane na podstawie wiedzy, doświadczenia i intuicji.

Pojęcie strat w ankiecie

Straty w ankiecie rozumiane jako najbardziej prawdopodobne konsekwencje rozważanego zdarzenia niepożądanego (zdarzenia wymienione w pytaniach 1-22). W realizowanej pracy przyjęto, że obowiązujące w Polsce akty prawne i wytyczne dotyczące odpadów medycznych, pozwalają na zapewnienie bezpieczeństwa systemu gospodarki odpadami medycznymi.

Straty rozważane są w trzech kategoriach:

straty ludzkie, rozumiane jako utrata zdrowia (w tym cierpienie fizyczne i psychiczne) osób mających kontakt z odpadami medycznymi, spowodowane przez zdarzenia występujące w systemie gospodarki odpadami medycznymi,

straty środowiskowe, rozumiane jako presja systemu gospodarki odpadami medycznymi na środowisko, czyli m.in. emisje związane z procesami unieszkodliwiania odpadów lub niekontrolowana emisja odpadów do środowiska,

straty finansowe, rozumiane jako wzrost kosztów funkcjonowania systemu gospodarki odpadami medycznymi, czyli wzrost kosztów pojemników i gromadzenia odpadów, transportu, koszty unieszkodliwiania.

Kategorie i skalę przedstawia tabela poniżej

Rozmiar strat	Straty ludzkie	Straty środowiskowe	Straty finansowe
Krytyczne	Może powodować liczne przypadki śmiertelne	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób nieodwracalny.	Wzrost kosztów uniemożliwiający funkcjonowanie SGOM
Bardzo duże	Może powodować przypadki pojedyncze śmiertelne, występują liczne zachorowania lub urazy, powodujące trwałe uszczerbek na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób istotny w skali regionu.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali regionu o ponad 50%
Duże	Może powodować zachorowania lub urazy, powodujące trwałe uszczerbek na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób istotny w skali subregionu.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali regionu o ponad 25%
Umiarkowane	Może powodować zachorowania powodujące, w rzadkich przypadkach, trwałe uszczerbek na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób odczuwalny w skali subregionu.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali regionu o ponad 10%.
Małe	Może powodować zachorowania lub razy, nie powodujące trwałego uszczerbku na zdrowiu	Emisja pogarszająca stan środowiska w sposób odczuwalny w skali lokalnej – w wybranych miejscach.	Wzrost kosztów funkcjonowania SGOM odczuwalny w skali wybranych podmiotów zajmujących się gospodarowaniem odpadami medycznymi.
Pomijalnie małe	Nie powoduje wpływu na stan zdrowia	Nie powoduje wpływu na środowisko	Nie wpłynie na koszty funkcjonowania SGOM

Wybraną odpowiedź proszę zaznaczyć „X”

WYTWÓRCA ODPADÓW MEDYCZNYCH

1. Brak decyzji na wytwarzanie odpadów medycznych (jeśli jest wymagana)

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

2. Przekroczenie ilości odpadów dopuszczonych do wytwarzania w decyzji (jeśli jest)

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

3. Wytwarzanie odpadów innych niż dopuszczone w decyzji

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

4. Nieprawidłowa ewidencja odpadów

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

5. Przekazywanie odpadów nieuprawnionym odbiorcom

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

6. Naruszenie zasady bliskości

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

7. Niewłaściwe zbieranie w miejscu wytworzenia (niedotrzymanie czasu, temperatury lub niedostosowanie pomieszczenia)

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

8. Naruszenie ustawy o zamówieniach publicznych

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

9. Błędna klasyfikacja i segregacja odpadów w trakcie zbierania (np. odpady zakaźne do wrzucenie do worka innego niż czerwony lub odpady niezakaźne do worka czerwonego)

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

10. Nieprawidłowości w transporcie wewnętrznym

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

ODBIORCA ODPADÓW MEDYCZNYCH

11. Brak pozwolenia na unieszkodliwianie odpadów medycznych

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

12. Niedotrzymanie warunków procesu unieszkodliwiania odpadów

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

13. Brak decyzji na wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

14. Brak pomiarów emisji gazów i pyłów do powietrza

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

15. Przekroczenia dopuszczalnych wartości emisji gazów i/lub pyłów wprowadzanych do powietrza

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

16. Nieprawidłowości w procesie oczyszczania gazów odlotowych

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

17. Brak analiz odpadów poprocesowych powstałych po procesie termicznego przekształcania odpadów

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

18. Brak wymaganego monitoringu procesu termicznego przekształcania odpadów medycznych

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

19. Brak świadectw ADR u kierowców

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

20. Nieprawidłowości w ewidencji odpadów

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

21. Nielegalne magazynowanie odpadów/porzucenie odpadów

Straty ludzkie

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty środowiskowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

Straty finansowe

Pomijalnie małe	Małe	Umiarkowane	Duże	Bardzo duże	Krytyczne

UWAGI EKSPERTA

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ZALĄCZNIK NR 4A WYNIKI ANKIETY WRAZ Z PODSTAWOWYMI MIARAMI
STATYSTYCZNYMI – RUNDA 1**

	Ekspert 1	Ekspert 2	Ekspert 3	Ekspert 4	Ekspert 5	Ekspert 6	Ekspert 7	Wartość średnia	Mediana	Wartość modalna	Przedział kwartylowy <percentyl25%, percentyl 75%>	
N występujące u wytwórcy odpadów												
1. Brak decyzji na wytwarzanie odpadów medycznych (jeśli jest wymagana)											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	4	4	3	2	3	4	2	3,0	3,00	4,00	2,0	4,0
Straty środowiskowe	5	5	4	4	4	4	4	4,0	4,00	4,00	4,0	4,0
Straty finansowe	6	2	4	2	2	3	1	3,0	2,00	2,00	2,0	3,0
2. Przekroczenie ilości odpadów dopuszczonych do wytwarzania w decyzji (jeśli jest)											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	3	2	2	3	2	3	2	2,4	2	2	2,0	3,0
Straty środowiskowe	3	3	5	4	4	4	5	4,0	4	4	4,0	5,0
Straty finansowe	4	4	2	4	4	2	3	3,3	4	4	3,0	4,0
3. Wytwarzanie odpadów innych niż dopuszczone w decyzji											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	4	3	2	2	2	3	2	2,6	2,5	2	2,0	3,0
Straty środowiskowe	5	3	4	4	4	5	3	4,0	4	4	3,0	4,0
Straty finansowe	4	3	2	3	2	2	1	2,4	2	2	2,0	3,0
4. Nieprawidłowa ewidencja odpadów											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	5	3	2	1	1	2	3	2,4	2	3	1,0	3,0
Straty środowiskowe	5	4	4	1	3	3	4	3,4	4	4	3,0	4,0
Straty finansowe	5	2	2	2	2	1	2	2,3	2	2	2,0	2,0
5. Przekazywanie odpadów nieuprawnionym odbiorcom											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	5	5	3	4	2	2	2	3,3	3	2	2,0	4,0
Straty środowiskowe	5	5	5	4	4	5	3	4,4	5	5	4,0	5,0
Straty finansowe	5	1	2	1	2	1	2	2,0	2	1	1,0	2,0
6. Naruszenie zasady bliskości											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	3	3	2	1	2	2	3	2,3	2	3	2,0	3,0
Straty środowiskowe	3	2	3	1	2	3	3	2,4	3	3	2,0	3,0
Straty finansowe	4	2	2	1	1	2	1	1,9	2	2	1,0	2,0
7. Niewłaściwe zbieranie w miejscu wytworzenia (niedotrzymanie czasu, temperatury lub niedostosowanie pomieszczenia)											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	5	4	2	5	3	4	4	3,9	4	4	3,0	4,0
Straty środowiskowe	5	2	3	5	3	3	3	3,4	3	3	3,0	3,0
Straty finansowe	3	1	2	1	2	1	2	1,7	2	1	1,0	2,0
8. Naruszenie ustawy o zamówieniach publicznych											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	4	3	2	2	2	1	2	2,3	2	2	2,0	2,0
Straty środowiskowe	4	4	3	2	2	1	3	2,7	3	4	2,0	3,0
Straty finansowe	4	2	4	5	5	4	5	4,1	4	4	4,0	5,0

9 Błędna klasyfikacja i segregacja odpadów w trakcie zbierania (np. odpady zakaźne do worka innego niż czerwony lub odpady niezakaźne do worka czerwonego)											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	5	4	3	3	3	4	3	3,6	3	3	3,0	4,0
Straty środowiskowe	5	4	4	4	4	4	4	4,1	4	4	4,0	4,0
Straty finansowe	5	2	2	3	3	2	3	2,9	3	2	2,0	3,0
10. Nieprawidłowości w transporcie wewnętrznym											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	5	2	3	4	4	3	4	3,6	4	4	3,0	4,0
Straty środowiskowe	5	2	2	4	3	2	2	2,9	2	2	2,0	3,0
Straty finansowe	2	1	2	2	1	2	1	1,6	2	2	1,0	2,0
11. Brak pozwolenia na unieszkodliwienie odpadów medycznych											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	5	4	3	5	4	3	3	3,9	4	3	3,0	4,0
Straty środowiskowe	5	5	4	5	5	4	4	4,6	5	5	4,0	5,0
Straty finansowe	5	2	3	5	3	2	1	3,0	3	5	2,0	3,0
12. Niedotrzymanie warunków procesu unieszkodliwiania odpadów											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	3	5	3	3	2	3	2	3,0	3	3	2,0	3,0
Straty środowiskowe	4	5	4	5	4	4	5	4,4	4	4	4,0	5,0
Straty finansowe	4	2	2	3	2	3	2	2,6	2	2	2,0	3,0
13. Brak decyzji na wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	3	3	2	4	1	2	2	2,4	2	2	2,0	3,0
Straty środowiskowe	3	5	5	4	3	4	3	3,9	4	3	3,0	5,0
Straty finansowe	3	2	4	2	1	2	1	2,1	2	2	1,0	2,0
14. Brak pomiarów emisji gazów i pyłów do powietrza											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	3	2	2	4	2	1	2	2,3	2	2	2,0	2,0
Straty środowiskowe	3	3	4	4	4	3	4	3,6	4	4	3,0	4,0
Straty finansowe	3	2	2	2	1	2	2	2,0	2	2	2,0	2,0
15. Przekroczenia dopuszczalnych wartości emisji gazów i/lub pyłów wprowadzanych do powietrza											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	3	3	3	4	2	3	2	2,9	3	3	2,0	3,0
Straty środowiskowe	3	4	4	4	4	5	4	4,0	4	4	4,0	4,0
Straty finansowe	3	3	3	2	2	2	1	2,3	2	3	2,0	3,0
16. Nieprawidłowości w procesie oczyszczania gazów odlotowych											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	3	3	2	3	2	3	2	2,6	3	3	2,0	3,0
Straty środowiskowe	3	4	5	4	4	4	4	4,0	4	4	4,0	4,0
Straty finansowe	3	2	3	3	2	2	2	2,4	2	2	2,0	3,0
17. Brak analiz odpadów poprocesowych powstałych po procesie termicznego przekształcania odpadów											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	3	2	2	2	2	2	2	2,1	2	2	2,0	2,0
Straty środowiskowe	3	3	5	4	3	4	3	3,6	3	3	3,0	4,0
Straty finansowe	3	2	2	4	1	2	2	2,3	2	2	2,0	2,0
18. Brak wymaganego monitoringu procesu termicznego przekształcania odpadów medycznych											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	3	3	2	2	2	2	2	2,3	2	2	2,0	2,0

Straty środowiskowe	3	4	5	4	4	4	4	4,0	4	4	4,0	4,0
Straty finansowe	3	3	2	2	3	2	1	2,3	2	3	2,0	3,0
19. Brak świadectw ADR u kierowców											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	5	2	3	3	2	1	2	2,6	2	2	2,0	3,0
Straty środowiskowe	4	3	2	3	3	3	3	3,0	3	3	3,0	3,0
Straty finansowe	3	2	1	1	1	1	2	1,6	1	1	1,0	2,0
20. Nieprawidłowości w ewidencji odpadów											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	5	2	2	2	1	2	2	2,3	2	2	2,0	2,0
Straty środowiskowe	5	3	3	3	3	3	4	3,4	3	3	3,0	3,0
Straty finansowe	5	3	2	3	2	1	2	2,6	2	2	2,0	3,0
21. Nielegalne magazynowanie odpadów/porzucenie odpadów											percentyl25%	percentyl75%
Straty ludzkie	5	4	2	3	3	3	2	3,1	3	3	2,5	3,0
Straty środowiskowe	5	5	4	5	4	5	4	4,6	5	5	4,0	5,0
Straty finansowe	5	1	2	3	2	3	2	2,6	2	2	2,0	3,0

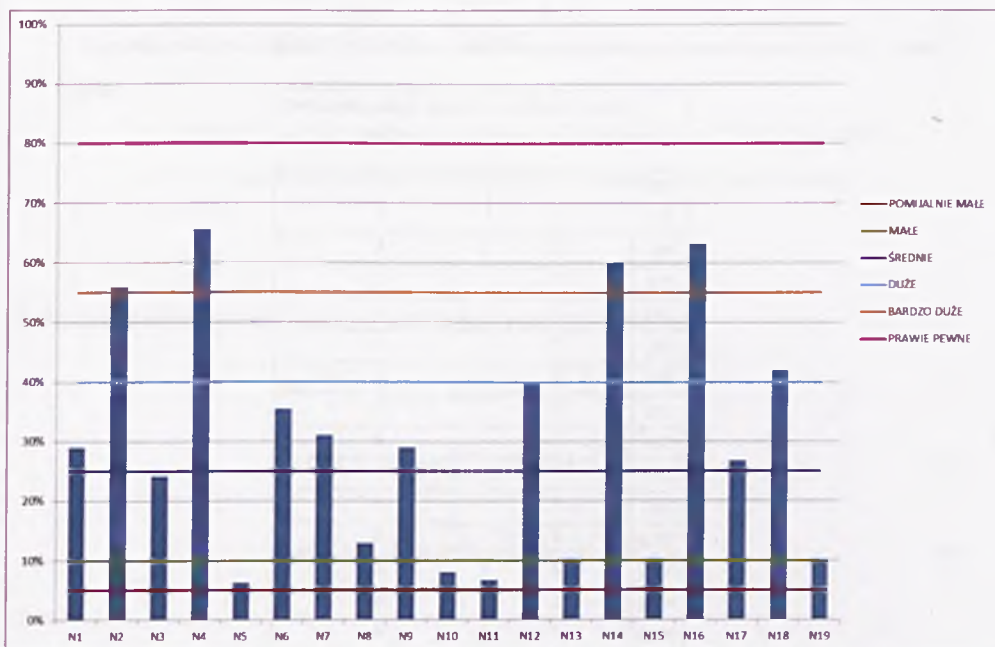
**ZAŁĄCZNIK NR 4B WYNIKI ANKIETY WRAZ Z PODSTAWOWYMI MIARAMI
STATYSTYCZNYMI – RUNDA 2**

	Ekspert 1	Ekspert 2	Ekspert 3	Ekspert 4	Ekspert 5	Ekspert 6	Ekspert 7	Wartość średnia	Mediana	Wartość modalna
1. Brak decyzji na wytwarzanie odpadów medycznych (jeśli jest wymagana)										
Straty ludzkie	4	4	3	2	3	4	2	3,1	3,00	4,00
Straty środowiskowe	5	5	4	4	4	4	4	4,3	4,00	4,00
2. Przekroczenie ilości odpadów dopuszczonych do wytwarzania w decyzji (jeśli jest)										
Straty ludzkie	3	2	2	3	2	3	2	2,4	2	2
Straty środowiskowe	3	3	5	4	4	4	4	3,9	4	4
3. Wytwarzanie odpadów innych niż dopuszczone w decyzji										
Straty ludzkie	3	3	2	2	2	3	2	2,4	2	2
Straty środowiskowe	5	3	4	4	4	5	3	4,0	4	4
4. Nieprawidłowa ewidencja odpadów										
Straty ludzkie	4	3	2	1	1	2	3	2,3	2	3
Straty środowiskowe	4	4	4	1	3	3	4	3,3	4	4
5. Przekazywanie odpadów nieuprawnionym odbiorcom										
Straty ludzkie	5	5	3	4	2	2	2	3,3	3	2
Straty środowiskowe	5	5	5	4	4	5	4	4,6	5	5
6. Naruszenie zasady bliskości										
Straty ludzkie	3	3	2	1	2	2	3	2,3	2	3
Straty środowiskowe	3	2	3	1	2	3	3	2,4	3	3
7. Niewłaściwe zbieranie w miejscu wytworzenia (nieodtrzymanie czasu, temperatury lub niedostosowanie pomieszczenia)										
Straty ludzkie	4	4	2	5	3	4	4	3,7	4	4
Straty środowiskowe	4	2	3	5	3	3	3	3,3	3	3
8. Naruszenie ustawy o zamówieniach publicznych										
Straty ludzkie	3	3	2	2	2	1	2	2,1	2	2
Straty środowiskowe	4	4	3	2	2	1	3	2,7	3	4
9 Błędna klasyfikacja i segregacja odpadów w trakcie zbierania (np. odpady zakaźne do wrzucenie do worka innego niż czerwony lub odpady niezakaźne do worka czerwonego)										
Straty ludzkie	4	4	3	3	3	4	3	3,4	3	3
Straty środowiskowe	4	4	4	4	4	4	4	4,0	4	4
10. Nieprawidłowości w transporcie wewnętrznym										
Straty ludzkie	4	2	3	4	4	3	4	3,4	4	4
Straty środowiskowe	4	2	2	4	3	2	2	2,7	2	2
11. Brak pozwolenia na unieszkodliwienie odpadów medycznych										
Straty ludzkie	5	4	3	5	4	3	3	3,9	4	3
Straty środowiskowe	5	5	4	5	5	4	4	4,6	5	5
12. Nietrzymanie warunków procesu unieszkodliwiania odpadów										
Straty ludzkie	3	5	3	3	2	3	2	3,0	3	3
Straty środowiskowe	4	5	4	5	4	4	5	4,4	4	4

13. Brak decyzji na wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza										
Straty ludzkie	3	3	2	4	1	2	2	2,4	2	2
Straty środowiskowe	3	5	5	4	3	4	3	3,9	4	3
14. Brak pomiarów emisji gazów i pyłów do powietrza										
Straty ludzkie	3	2	2	4	2	1	2	2,3	2	2
Straty środowiskowe	3	3	4	4	4	3	4	3,6	4	4
15. Przekroczenia dopuszczalnych wartości emisji gazów i/lub pyłów wprowadzanych do powietrza										
Straty ludzkie	3	3	3	4	2	3	2	2,9	3	3
Straty środowiskowe	3	4	4	4	4	5	4	4,0	4	4
16. Nieprawidłowości w procesie oczyszczania gazów odlotowych										
Straty ludzkie	2	3	2	3	2	3	2	2,4	2	2
Straty środowiskowe	3	4	5	4	4	4	4	4,0	4	4
17. Brak analiz odpadów poprocesowych powstałych po procesie termicznego przekształcania odpadów										
Straty ludzkie	2	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2
Straty środowiskowe	3	3	5	4	3	4	3	3,6	3	3
18. Brak wymaganego monitoringu procesu termicznego przekształcania odpadów medycznych										
Straty ludzkie	3	3	2	2	2	2	2	2,3	2	2
Straty środowiskowe	4	4	5	4	4	4	4	4,1	4	4
19. Brak świadectw ADR u kierowców										
Straty ludzkie	3	2	3	3	2	1	2	2,3	2	3
Straty środowiskowe	4	3	2	3	3	3	3	3,0	3	3
20. Nieprawidłowości w ewidencji odpadów										
Straty ludzkie	3	2	2	2	1	2	2	2,0	2	2
Straty środowiskowe	3	3	3	3	3	3	3	3,0	3	3
21. Nielegalne magazynowanie odpadów/porzucenie odpadów										
Straty ludzkie	3	4	2	3	3	3	2	2,9	3	3
Straty środowiskowe	4	5	4	5	4	5	4	4,4	4	4

ZAŁĄCZNIK NR 5 PRAWDOPODOBIENSTWO WYSTĄPIENIA ZDARZEŃ NIEPOŻĄDANYCH W SGOM

Dane pochodzą z wyników kontroli z 63 obiektów z województwa mazowieckiego. Obiekty były kontrolowane w latach 2007-2011. Brakujące dane zostały uzupełnione o statystyki z kontroli NIK w latach 2006-2006 (badanie objęło 64 obiekty) (NIK, 2007) oraz dane s Głównego Inspektoratu ochrony Środowiska dotyczące spalarni odpadów medycznych (dane z 43 obiektów). Dane zostały następnie podzielone na kategorie zaproponowane w rozdziale 9.3 (tabela 9.5).



Rysunek 1 Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń niepożądanych w SGOM z podziałem na kategorie

**ZAŁĄCZNIK NR 6 SCHEMAT POSTĘPOWANIA PRZY WYZNACZANIU ODLEGŁOŚCI
MAHALANOBISA**

Wyznaczenie odległości Mahalanobisa wymaga określenia kolejnych wartości S_i dla poszczególnych zdarzeń niepożądanych, określonych przez zbiory zmiennych wyrażających wielkość strat ludzkich i wielkość strat środowiskowych. Wartości te zostały określone na podstawie przeprowadzonych ankiet eksperckich (rozdział 9.2, załącznik 4a). Ostatecznie przyjęto wartość średnią z opinii wszystkich ekspertów zaokrągloną do jedności, zgodnie z zasadą że jeżeli odrzucaną cyfrą jest 0-4 to zaokrąglą się w dół, w pozostałych przypadkach w górę. Otrzymano wartości przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1 Zbiór zmiennych losowych wyrażających wielkość strat ludzkich i wielkość strat środowiskowych.

N_i	straty ludzkie S_{li}	straty środowiskowe S_{si}
N1	3	4
N2	2	4
N3	2	4
N4	2	3
N5	3	5
N6	2	2
N7	4	3
N8	2	3
N9	3	4
N10	3	3
N11	4	5
N12	3	4
N13	2	4
N14	2	4
N15	3	4
N16	2	4
N17	2	4
N18	2	4
N19	2	3
N_{min}	1	1
N_{max}	6	6

Zgodnie ze wzorem na odległość Mahalanobisa (1) należy wyznaczyć macierz odwrotną kowariancji S^{-1} .

$$d_{min}(S_i, S_{min}) = \sqrt{(S_i - S_{min})^T S^{-1} (S_i - S_{min})} \quad (1)$$

gdzie:

S_i – straty powodowane przez zdarzenie niepożądane N_i

S_{\min} – straty minimalne w punkcie pożądanym

S^{-1} – macierz kowariancji

Macierz kowariancji będzie miała następującą postać (Brown i Bezos-O'Connor, 2012; Pusz i Zaręba, 2006):

$$\begin{bmatrix} \text{Var}(S_l) & \text{Cov}(S_l, S_s) \\ \text{Cov}(S_l, S_s) & \text{Var}(S_s) \end{bmatrix} \quad (2)$$

gdzie:

S_l – zbiór zmiennych losowych określających wielkość strat ludzkich (tabela 1),

S_s – zbiór zmiennych losowych określających wielkość strat środowiskowych (tabela 1).

Kolejne składowe macierzy zostały wyznaczone z poniższych równań:

$$\text{Var}(S_l) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (S_{li} - \bar{S}_l)^2 \quad (3)$$

$$\text{Var}(S_s) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (S_{si} - \bar{S}_s)^2 \quad (4)$$

$$\text{Cov}(S_l, S_s) = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{li} - \bar{S}_l)(S_{si} - \bar{S}_s)}{n-1} \quad (5)$$

gdzie:

S_l – zbiór zmiennych losowych określających wielkość strat ludzkich (tabela 1),

S_s – zbiór zmiennych losowych określających wielkość strat środowiskowych (tabela 1),

n – liczba zmiennych losowych.

Odległość Mahalanobisa obliczono z wykorzystaniem wersji testowej programu PQStat v.1.4.8. Wyznaczono odległości Mahalanobisa, zgodnie z równaniem (1).

Tabela 2 Odległości Mahalanobisa obliczone w programie PQStat v.1.4.8.

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19
N1	0,00	1,01	1,37	1,01	0,00	1,99	1,37	1,99	0,00	2,75	1,37	0,00	1,01	1,01	1,38	1,37	1,01	1,37	1,01
N2	1,01	0,00	1,38	0,00	1,01	1,38	1,97	1,38	1,01	2,55	1,97	1,01	0,00	0,00	1,37	1,38	0,00	1,38	0,00
N3	1,37	1,38	0,00	1,38	1,37	2,75	2,73	2,75	1,37	3,87	2,73	1,37	1,38	1,38	2,55	0,00	1,38	0,00	1,38
N4	1,01	0,00	1,38	0,00	1,01	1,38	1,97	1,38	1,01	2,55	1,97	1,01	0,00	0,00	1,37	1,38	0,00	1,38	0,00
N5	0,00	1,01	1,37	1,01	0,00	1,99	1,37	1,99	0,00	2,75	1,37	0,00	1,01	1,01	1,38	1,37	1,01	1,37	1,01
N6	1,99	1,38	2,75	1,38	1,99	0,00	2,01	0,00	1,99	1,37	2,01	1,99	1,38	1,38	1,01	2,75	1,38	2,75	1,38
N7	1,37	1,97	2,73	1,97	1,37	2,01	0,00	2,01	1,37	1,99	0,00	1,37	1,97	1,97	1,01	2,73	1,97	2,73	1,97
N8	1,99	1,38	2,75	1,38	1,99	0,00	2,01	0,00	1,99	1,37	2,01	1,99	1,38	1,38	1,01	2,75	1,38	2,75	1,38
N9	0,00	1,01	1,37	1,01	0,00	1,99	1,37	1,99	0,00	2,75	1,37	0,00	1,01	1,01	1,38	1,37	1,01	1,37	1,01
N10	2,75	2,55	3,87	2,55	2,75	1,37	1,99	1,37	2,75	0,00	1,99	2,75	2,55	2,55	1,38	3,87	2,55	3,87	2,55
N11	1,37	1,97	2,73	1,97	1,37	2,01	0,00	2,01	1,37	1,99	0,00	1,37	1,97	1,97	1,01	2,73	1,97	2,73	1,97
N12	0,00	1,01	1,37	1,01	0,00	1,99	1,37	1,99	0,00	2,75	1,37	0,00	1,01	1,01	1,38	1,37	1,01	1,37	1,01
N13	1,01	0,00	1,38	0,00	1,01	1,38	1,97	1,38	1,01	2,55	1,97	1,01	0,00	0,00	1,37	1,38	0,00	1,38	0,00
N14	1,01	0,00	1,38	0,00	1,01	1,38	1,97	1,38	1,01	2,55	1,97	1,01	0,00	0,00	1,37	1,38	0,00	1,38	0,00
N15	1,38	1,37	2,55	1,37	1,38	1,01	1,01	1,01	1,38	1,38	1,01	1,38	1,37	1,37	0,00	2,55	1,37	2,55	1,37
N16	1,37	1,38	0,00	1,38	1,37	2,75	2,73	2,75	1,37	3,87	2,73	1,37	1,38	1,38	2,55	0,00	1,38	0,00	1,38
N17	1,01	0,00	1,38	0,00	1,01	1,38	1,97	1,38	1,01	2,55	1,97	1,01	0,00	0,00	1,37	1,38	0,00	1,38	0,00
N18	1,37	1,38	0,00	1,38	1,37	2,75	2,73	2,75	1,37	3,87	2,73	1,37	1,38	1,38	2,55	0,00	1,38	0,00	1,38
N19	1,01	0,00	1,38	0,00	1,01	1,38	1,97	1,38	1,01	2,55	1,97	1,01	0,00	0,00	1,37	1,38	0,00	1,38	0,00
N _{min}	2,83	1,99	3,26	1,99	2,83	1,01	3,02	1,01	2,83	1,97	3,02	2,83	1,99	1,99	2,01	3,26	1,99	3,26	1,99
N _{max}	2,81	3,74	3,94	3,74	2,81	4,03	2,01	4,03	2,81	3,76	2,01	2,81	3,74	3,74	3,02	3,94	3,74	3,94	3,74

Poniżej przedstawiono tabelę zawierającą odległości Mahalanobisa d_{\min} i d_{\max} dla strat wywołanych zdarzenia niepożądanego N_i . Odległość ta jest wyznaczana jako odległości pomiędzy wektorami punktem określającym straty S_i i *punktem pożądanym* S_{\min} oraz pomiędzy punktem określającym straty S_i i *punktem krytycznym* S_{\max} (zgodnie z równaniem 1). Wielkość skalarna d_i określa położenie wartości strat dla danego zdarzenia niepożądanego N_i na skali strat łącznych; określana jest zgodnie z równaniem 9.11 (str. 133).

Tabela 3 Odległości d_i

N_i	$d_{\min}(S_i, S_{\min})$	$d_{\max}(S_i, S_{\max})$	d_i
N1	2,83	2,81	0,50
N2	1,99	3,74	0,35
N3	3,26	3,94	0,45
N4	1,99	3,74	0,35
N5	2,83	2,81	0,50
N6	1,01	4,03	0,20
N7	3,02	2,01	0,60
N8	1,01	4,03	0,20
N9	2,83	2,81	0,50
N10	1,97	3,76	0,34
N11	3,02	2,01	0,60
N12	2,83	2,81	0,50
N13	1,99	3,74	0,35
N14	1,99	3,74	0,35
N15	2,01	3,02	0,40
N16	3,26	3,94	0,45
N17	1,99	3,74	0,35
N18	3,26	3,94	0,45
N19	1,99	3,74	0,35

Na podstawie danych z rozdziału 7 wyznaczono współczynniki W_i dla poszczególnych województw i dla skali kraju wyrażone w kg/łózko/dobę (tabela 1).

Tabela 1 Współczynniki W_i dla poszczególnych województw i dla skali kraju wyrażone w kg/łózko/dobę (opracowanie własne)

Analizowany region	W_i [kg/łózko/dobę]	W_i [kg/łózko/dobę]
	dla zdarzeń niepożądanych N1- N10 oraz N21	dla zdarzeń niepożądanych N11- N20
dolnośląskie	0,761	0,100
kujawsko-pomorskie	1,099	0,211
lubelskie	0,717	0,000
lubuskie	1,014	1,100
łódzkie	0,894	0,352
małopolskie	0,903	1,020
mazowieckie	0,981	0,010
opolskie	0,652	3,092
podkarpackie	0,795	4,050
podlaskie	1,099	0,437
pomorskie	1,243	8,896
śląskie	0,606	4,592
świętokrzyskie	1,137	0,287
warmińsko-mazurskie	1,967	0,118
wielkopolskie	0,746	0,717
zachodniopomorskie	1,051	0,108
średnio dla Polski	0,978	1,568

Dla powyższych wartości wprowadzono podział na klasy tworząc szereg rozdzielczy (Pusz i Zaręba, 2006). Liczbę klas wyznaczono na podstawie wielkości próby; zgodnie z równaniem:

$$k = \sqrt{n} \quad (1)$$

gdzie:

n – wielkość próby, n wynosi 16;

k – liczba klas.

Zgodnie z równaniem (1) wyznaczono podział na 4 klasy. Następnie określono długość klasy korzystając z następującej zależności:

$$b \approx \frac{R}{k} \quad (2)$$

gdzie:

R – rozstęp próby, czyli różnica pomiędzy najmniejszą i największą wartością w próbie.

k – liczba klas; k wynosi 4.

Za dolną granicę klasy w obu przypadkach (wskaźnika dotyczącego wytwarzanych odpadów oraz mocy przerobowych w regionie) przyjęto zero. Górną granicę wyznaczono korzystając z wartości b mówiącej o długości klasy.

Tabela 2 Obliczone granice klas dla wskaźnika nagromadzenia i wskaźnika mocy przerobowych

wskaźnik nagromadzenia kg/łożko/dobę			wskaźnik mocy przerobowych kg/łożko/dobę		
numer klasy	dolna granica	górną granica	numer klasy	dolna granica	górną granica
1	0,000	0,492	1	0	1,15
2	0,492	0,984	2	1,15	2,30
3	0,984	1,476	3	2,30	3,44
4	1,476	brak ogr.	4	3,44	brak ogr.

W obliczeniach wprowadzono dwie modyfikacje:

I. W przypadku wskaźnika mocy przerobowych obliczając rozstęp R, jako wartość maksymalną przyjęto wartość 4,592 (wartość dla województwa śląskiego). Uznano, że przyjęcie w tym przypadku wartości 8,896 (województwo pomorskie), wpłynie na niewłaściwy podział klasowy.

II. Nie ograniczenia górnej granicy w ostatniej klasie, uwzględniając możliwość wystąpienia szczególnie wysokich wartości wskaźników, znacznie różniących się od pozostałych.

Ostatnim etapem było przypisanie poszczególnym klasom kategorii i wartości punktowej.

Tabela 3 Skala określająca ekspozycję na ryzyko W_i , odniesiona do wielkości strumienia odpadów medycznych w SGOM (opracowanie własne)

Wartość punktowa	Kategoria	dla zdarzeń niepożądanych N1- N10 oraz N21	dla zdarzeń niepożądanych N11- N20
0,8	znikoma	$\leq 0,49$	$\leq 1,15$
1	średnia	$\leq 0,98$	$\leq 2,30$
1,2	duża	$\leq 1,48$	$\leq 3,44$
1,4	bardzo duża	$\leq 1,96$	$\leq 3,44$



**GŁÓWNY INSPEKTORAT
OCHRONY ŚRODOWISKA**

Departament Inspekcji i Orzecznictwa

Tel: (0-22) 825-15-24
Tel/Fax: (0-22)825-15-09

ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa

DliO/074/41/11/as

Warszawa, dnia 23.08.2011 r.

Pan
Dr inż. Piotr Manczarski
Kierownik Zespołu Gospodarki Odpadami
Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechniki Warszawskiej
ul. Nowowiejska 20
00-653 Warszawa

Odpowiadając na pismo z dnia 18 lipca 2011 r. w sprawie udostępnienia informacji dotyczących postępowania z odpadami medycznymi Pani mgr inż. Annie Rolewicz-Kalińskiej doktorantce Wydziału Inżynierii Środowiska przekazuję w załączeniu wykaz spalarni odpadów medycznych zaktualizowany na koniec roku 2010.

Upierzejmie informuję, że informacje dotyczące nieprawidłowości w funkcjonowaniu pozostałych podmiotów biorących udział w systemie gospodarowania odpadami medycznymi, pozyskane w działalności kontrolnej nie są zbierane przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska i mogą być dostępne w poszczególnych wojewódzkich inspektoratach ochrony środowiska.

Dyrektor Departamentu
Inspekcji i Orzecznictwa
[Podpis]
mgr inż. Joanna Piłkarska

