

Anna ROLEWICZ-KALIŃSKA

*Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Warszawska*

RYZIKO W SYSTEMIE GOSPODAROWANIA ODPADAMI MEDYCZNYMI

RISK IN MEDICAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM

For few years it has been observed an increasing interest in security issues. This is mainly a result of increasingly emerging threats of various type and intensity natural disasters, pandemic diseases and terrorist attacks. It is implicated to different systems and environments. Healthcare activities can lead to the generation of waste that might be infectious (or hazardous in other way) and cause effects on human health and on the environment. Many factors involved in the hospital waste management system often link to one another, which require a comprehensive analysis to determine the role of each factor in the system. The medical waste management system should be assessed on different stages of the waste treatment from manufacturing, through collection, transportation and disposal recovery. It seems that identification of risks and hazards of medical waste management system should include human, environmental and economic criteria. Knowledge about the risk occurring in the system, allows the appropriate development of the system. It is also necessary to achieve an acceptable level of safety. Taking into account threats in waste management system it seems to be necessary to carry on risk management in this case.

1. Wprowadzenie

Od kilku lat w obserwuje się wzrastające zainteresowanie problematyką szerokokorozumianego bezpieczeństwa [21]. Dzieje się tak głównie na skutek coraz częściej pojawiających się zagrożeń o różnym charakterze i natężeniu. Takimi zagrożeniami są: klęski żywiołowe, choroby o skali pandemicznej czy ataki terrorystyczne. Zapewnienie bezpieczeństwa wyszło poza ramy humanitarne czy militarne, ale znalazło również przełożenie na inne dziedziny, w tym ochronę środowiska i ekonomię. Umiejętność przeprowadzania skutecznych prognoz, dotyczących przebiegu przyszłych zdarzeń, daje możliwość dokonywania racjonalnych wyborów pomiędzy przewidywanymi scenariuszami przebiegów wydarzeń. Ta umiejętność jest jednym z kluczowych elementów sukcesu człowieka i zapewnienia zrównoważonego rozwoju współczesnego świata.

Gospodarowanie pozostałościami powstającymi w związku ze świadczeniem usług medycznych nadal pozostaje wyzwaniem w gospodarce odpadami w Polsce i na świecie. Odpady medyczne, z uwagi na zakaźne właściwości i źródło pochodzenia, należą do jednej z najbardziej kłopotliwych i niebezpiecznych grup odpadów. Według danych Światowej Organizacji Zdrowia ponad 21 milionów zakażeń wirusowym zapaleniem wątroby typu B, milion zakażeń wirusowym zapaleniem wątroby typu C oraz 260 tyś. zakażeń wirusem HIV w szpitalach w 2000 roku spowodowane było przez zakłucia zużytej igłami [29]. Jest to tylko jedno z wielu zagrożeń związanych z gospodarowaniem odpadami szpitalnymi, jednak wskazuje jak poważne ryzyko może nieść za sobą niewłaściwe postępowanie z tą specyficzną grupą odpadów.

2. Odpady medyczne

Ustawa o odpadach zawiera definicję odpadów medycznych. Zgodnie z nią, przez odpady medyczne rozumie się odpady powstające w związku z udzielaniem świadczeń zdrowotnych oraz prowadzeniem badań i doświadczeń naukowych w zakresie medycyny. Dokładna klasyfikacja 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.

Tab. 1 Klasyfikacja odpadów medycznych i weterynaryjnych [15]

Tab. 1. Classification of medical and veterinary waste [15]

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 konserwanty 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 sądenia, 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 do ustawy o odpadach (Dz.U.2013 nr 0 poz. 21).

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):

- 1) kodach 18 01 02*, 18 01 03* i 18 01 82*,
- 2) kodach 18 01 06*, 18 01 08*, 18 01 10*,
- 3) kodach 18 01 01, 18 01 04, 18 01 07, 18 01 09.

W grupie 1) znajdują się odpady medyczne o właściwościach potencjalnie infekcyjnych, w grupie 2) niebezpieczne odpady medyczne nie wykazujące właściwości zakaźnych, a w grupie 3) pozostałe odpady medyczne.

Według Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2014 w roku 2008 w Polsce powstało blisko 35,5 tyś. Mg odpadów medycznych, z czego 29,4 tyś. Mg odpadów medycznych niebezpiecznych. Wskazuje to, że blisko 85% wszystkich odpadów medycznych, stanowią odpady niebezpieczne. Prognoza wykonana w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami przewiduje wytwarzanie odpadów medycznych na poziomie 28,0-29,5 tyś. Mg rocznie. Biorąc pod uwagę proces starzenia społeczeństwa oraz zwiększającą się liczbę zagrożeń epidemiologicznych, należy przypuszczać że liczba wytwarzanych odpadów medycznych utrzyma się na tym samym poziomie lub wzrośnie.

3. System gospodarowania odpadami medycznymi

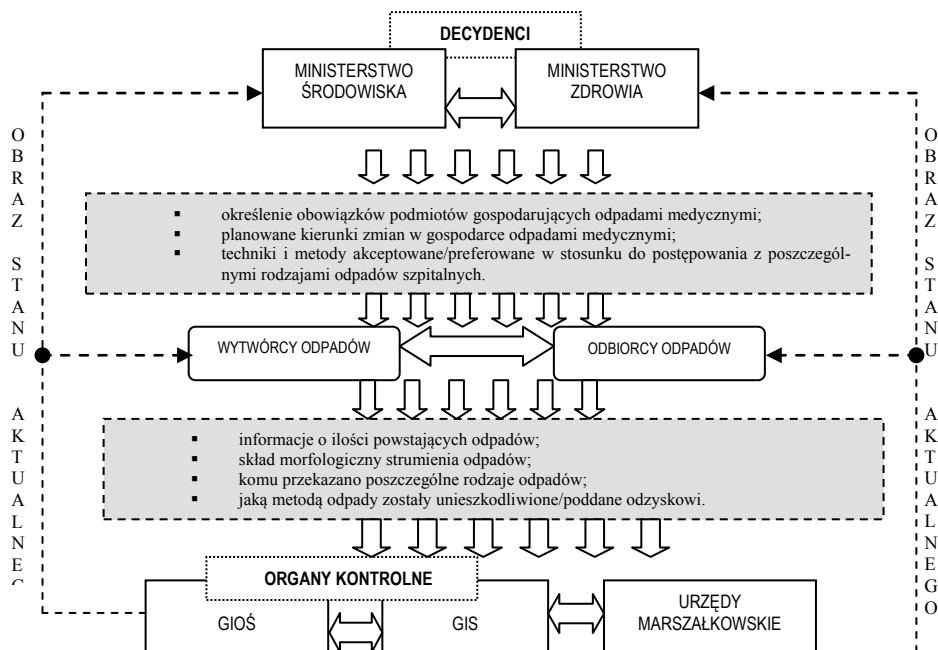
Tradycyjne podejście do problemu zarządzania odpadami zakłada, że kolejne procesy postępowania z nimi stanowią niezależne operacje. Jednak w rzeczywistości wytwarzanie, zbieranie, transport i unieszkodliwianie odpadów są bardzo ściśle ze sobą powiązane, a każdy z tych procesów może wpływać na inne. Takie podejście wymaga planowania uwzględniającego te zależności [19]. Wskazuje też, że zagadnienia z dziedziny gospodarki odpadami mogą być traktowane zgodnie metodyka analizy systemowej.

System gospodarowania odpadami medycznymi można analizować więc zgodnie z metodologią właściwą dla analizy systemowej. Wyodrębniając system gospodarki odpadami medycznymi, należy określić elementy tego systemu i jego relacje z otoczeniem. Jego złożoność jest określona przez liczbę powiązań między składnikami systemu. W przypadku systemu gospodarowania odpadami medycznymi działaniem będzie ilość i jakość świadczonych usług medycznych, skutkiem funkcjonowania systemu będą wywołane przez ten system efekty zdrowotne, środowiskowe i ekonomiczne. Składowe systemu gospodarowania odpadami medycznymi są określone przez występujące w nim podmioty (grupy ludzi, instalacje, obiekty), które mają bezpośrednio do czynienia z odpadami, lub mają istotny wpływ na sposób funkcjonowania systemu jako całości.

W systemie gospodarowania odpadami medycznymi można wyróżnić cztery główne elementy:

- wytwórców,
- odbiorców,
- organy kontrolne,
- decydentów.

Wytwórcami odpadów medycznych są przede wszystkim wszelkiego rodzaju instytucje i prywatne punkty świadczące usługi medyczne i laboratoryjne. Grupa odbiorców uwzględnia firmy zajmujące się transportem i unieszkodliwianiem (bądź odzyskiem) odpadów. Organami podejmującymi decyzje i tworzącymi politykę w zakresie gospodarki odpadami medycznymi są Ministerstwo Zdrowia i Ministerstwo Środowiska. Decyzje tych organów sterują parametrycznie strumieniami usług medycznych oraz wyznaczają ograniczenia dotyczące strumieni odpadów medycznych.



Rys. 1 Struktura systemu gospodarowania odpadami medycznymi [14]

Fig. 1. The structure of medical waste management system [14]

Zgodnie z teorią analizy systemowej funkcjonowanie poszczególnych składowych systemu jest zależne od zachowań pozostałych elementów tego systemu i jego interakcji z otoczeniem [3]. Z uwagi na skomplikowany układ zależności występujących w obrębie analizowanego systemu i ich oddziaływanie na otoczenie, zwykle nie rozważa się jednego celu, ale grupę zadań wymagających jednoczesnej realizacji. W przypadku odpadów medycznych są to:

- zapewnienie jakości i bezpieczeństwa świadczonych usług medycznych,
- minimalizacja ilości wytwarzanych odpadów,
- bezpieczne zbieranie i transport odpadów,
- skuteczne unieszkodliwienie lub odzysk odpadów,

- minimalizacja ryzyka zdrowotnego i środowiskowego związanego z odpadami medycznymi,
- minimalizacja kosztów funkcjonowania systemu.

System gospodarowania odpadami medycznymi podlega różnego rodzaju ograniczeniom, które tworzą warunki brzegowe w procesie jego analizy. Do najważniejszych ograniczeń można zaliczyć:

- finansowo-ekonomiczne,
- lokalizacyjno-logistyczne,
- wynikające ze specyfiki odpadów,
- środowiskowe,
- etyczne i inne.

4. Identyfikacja ryzyka w systemie

O ryzyku mówimy wówczas, kiedy jednoznacznie można określić istniejące zagrożenia i oszacować prawdopodobieństwo jego wystąpienia. W przeciwnym wypadku – kiedy jeden lub oba z ww. elementów są nieznane – mamy do czynienia z niepewnością [11]. Pojęcie ryzyka często jest wykorzystywane w analizie sytuacji decyzyjnych, których przyszły rezultat nie jest znany, lecz istnieją przesłanki do przewidywania możliwych i prawdopodobnych stanów rzeczy [20].

Takie podejście wydaje się mieć również zastosowanie do analizy sytuacji decyzyjnych w problemach dotyczących gospodarki odpadami. Wykorzystując dostępne dane, doświadczenie i wiedzę ekspertów, można przewidywać pewne stany rzeczy, i korzystając z tej wiedzy kształtować rzeczywistość w sposób pozwalający na minimalizację ryzyka w różnych jego aspektach.

Aby jednak ograniczać ryzyko, należy je najpierw zdefiniować – ustalić czym jest, jakie są jego źródła, w których elementach systemu może się pojawić i zakłócić jego funkcjonowanie. Ocena ryzyka przebiega w czterech zasadniczych etapach:

- identyfikacja zagrożenia,
- ocena dawka-reakcja,
- ocena narażenia,
- charakterystyka ryzyka

Pierwszym etapem w ocenie ryzyka jest identyfikacja zagrożeń, która pozwoli określić kategorie ryzyka. Analizując te kwestie, należy brać pod uwagę istotę systemu, w tym przypadku systemu gospodarowania odpadami medycznymi, zadania jakie ma realizować i występujące w nim ograniczenia.

Ryzyko w systemie gospodarki odpadami medycznymi, z punktu widzenia wywołanych zagrożeń, może być rozpatrywane w trzech kategoriach – jako:

- **ryzyko ludzkie**, rozumiane jako utrata zdrowia (w tym cierpienie fizyczne i psychiczne) spowodowane przez zdarzenia występujące w systemie,
- **ryzyko środowiskowe**, rozumiane jako presja systemu gospodarowania odpadami medycznymi na środowisko, czyli m.in. emisje związane z procesami unieszkodliwiania odpadów lub niekontrolowana emisja odpadów do środowiska,
- **ryzyko finansowe**, rozumiane jako zmiana kosztów funkcjonowania systemu, czyli głównie koszty: pojemników i gromadzenia odpadów, transportu, koszty unieszkodliwiania.

4.1. Zagrożenia w systemie gospodarowania odpadami medycznymi

Główne zagrożenia, które mogą wystąpić w systemie gospodarowania odpadami medycznymi przedstawia rys. 1. Najważniejszym wymaganiem, jakie stawia się systemowi gospodarowania odpadami medycznymi, jest zapewnienie jakości i bezpieczeństwa świadczonych usług medycznych. Priorytetowe znaczenie będzie miało minimalizowanie zagrożeń dla ludzi. Zmniejszanie ryzyka strat ludzkich jest wartością samą w sobie [21], jednak znajduje również uregulowanie w obowiązujących aktach prawnych – np. Art. 16 ustawy *o odpadach*, mówi że, gospodarkę odpadami należy prowadzić w sposób zapewniający ochronę życia i zdrowia ludzi oraz środowiska. Zgodnie z powyższym zapisem, kolejny priorytet będą miały zagrożenia środowiskowe, które pośrednio mogą powodować zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi. Ograniczanie zagrożeń ekonomicznych nie wynika wprost z zapisów ustawy, jednak tworzenie długofalowej i zrównoważonej polityki w zakresie gospodarowania odpadami medycznymi, wymaga uwzględnienia tej kategorii zagrożeń w istotnym stopniu. Znaczący koszt funkcjonowania systemu gospodarowania odpadami, w konsekwencji będzie prowadził do większej ilości zdarzeń niepożądanych, w celu obniżenia tych kosztów, a tym samym spowoduje wzrost zagrożenia dla ludzi i środowiska.



Rys. 2 Zagrożenia w systemie gospodarowania odpadami medycznymi

Fig. 2. Threats in medical waste system

Ryzyko można również podzielić na kategorie, z punktu widzenia czynników wywołujących to ryzyko. Zgodnie z tym podziałem można zdefiniować cztery grupy czynników zagrożeń:

- **naturalne** – wynikające z czynników związanych ze środowiskiem naturalnym, np. czynnikami atmosferycznymi,
- **techniczne** – wynikające ze sprawności i zawodności urządzeń technicznych,
- **organizacyjne** – wynikające ze niewłaściwej organizacji i zarządzania, braku nadzoru itp.,
- **osobowe** – wynikające z błędów ludzi.

Grupy te nie wykluczają się wzajemnie, wręcz przeciwnie, bardzo często w trakcie analizy zagrożeń należy rozpatrywać wpływ czynników należących do różnych kategorii. Zdarza się również, że źródło ryzyka trudno jest zaklasyfikować do konkretnej kategorii. W systemie gospodarowania odpadami medycznymi najistotniejszą rolę pełnią czynniki: osobowy i organizacyjny. Czynniki techniczny ma największe znaczenie na etapie unieszkodliwiania odpadów i dotyczy głównie sprawności instalacji do termicznego przekształcania odpadów medycznych.

Ryzyko będzie składową prawdopodobieństwa wystąpienia danego zagrożenia i rozmiaru generowanych przez nie strat.

4.2. Zdarzenia niepożądane

Celem przeprowadzenia analizy ryzyka jest opracowanie rankingu zdarzeń niepożądanych. W każdym systemie, niezależnie od skali, może dochodzić do zdarzeń niepożądanych, których konsekwencjami są różnego rodzaju straty. Zdarzenia niepożądane są właśnie źródłem ryzyka. Zdarzenie niepożądane można zdefiniować jako zajście, którego wystąpienie w danym systemie wywołuje zagrożenie dla chronionych dóbr. Można przy tym wyróżnić trzy główne kategorie chronionych dóbr [21]:

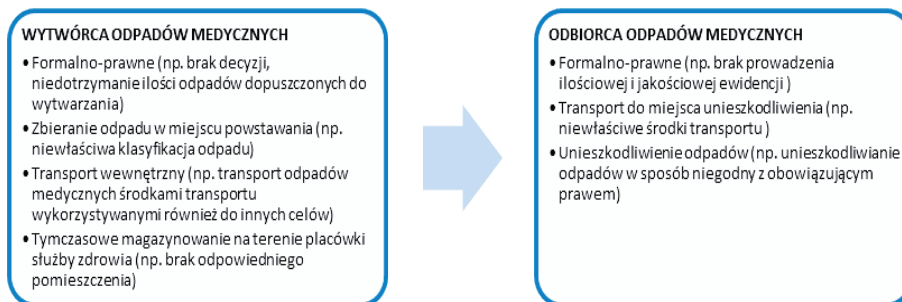
- zdrowie i życie ludzi,
- środowisko naturalne
- dobra materialne (indywidualne i zbiorowe).

W systemie gospodarowania odpadami medycznymi listę zdarzeń niepożądanych można określić, analizując obowiązujące akty prawne i wytyczne w tym zakresie. W niniejszym artykule, założono bowiem, że obowiązujące akty prawne dotyczące odpadów medycznych, pozwalają na zapewnienie bezpieczeństwa systemu gospodarowania odpadami medycznymi. Nie spełnienie wymagań wymienionych dalej ustaw i rozporządzeń, można uznać za zdarzenie niepożądane. Do głównych aktów prawnych dotyczących odpadów medycznych należą:

- 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).

System gospodarowania odpadami medycznymi powinien być analizowany „poziomami”, którymi są poszczególne etapy postępowania z odpadami – zbieranie, transport wewnętrzny, tymczasowe magazynowanie w miejscu wytworzenia, transport i unieszkodliwianie/odzyska odpadów. Na kolejnych etapach występują różne zdarzenia niepożądane. Ten podział nie wyczerpuje jednak wszystkich zagadnień dotyczących systemu gospodarowania odpadami medycznymi. Dodatkową kategorię stanowią będą działania związane z wypełnieniem i dotrzymaniem wymogów formalno-prawnych przez wytwórców i podmioty odbierające/przetwarzające odpady oraz poprawność działania organów administracyjnych (w tym kontrolnych). Poszczególne zdarzenia generują określone zagrożenia dla zdrowia, środowiska i kosztów funkcjonowania systemu. Można je rozpatrywać w różnej skali – w skali wybranego zakładu opieki zdrowotnej, w skali

regionu lub w skali kraju. Określenie skali zagrożeń w systemie w skali kraju, może stanowić wytyczną dotyczącą kierunku zmian w całym systemie.



Rys. 3 Przykłady zdarzeń niepożądanych w systemie gospodarowania odpadami medycznymi

Fig. 3 Examples of adverse events in medical waste system

Pojedyncze zdarzenie niepożądane może być przyczyną kolejnych, wtórnych zdarzeń niepożądanych, z których każde kolejne będzie zwiększało zagrożenie w analizowanym systemie. Zdarzenia niepożądane mogą więc nakładać się na siebie i powodować kumulację ryzyka. W przypadku systemu gospodarowania odpadami medycznymi przykładem zdarzenia niepożądanego pierwotnego, może być brak odpowiedniej decyzji dotyczącej gospodarowania odpadami niebezpiecznymi (np. programu gospodarowania odpadami niebezpiecznymi), co w konsekwencji może być przyczyną kolejnych zdarzeń niepożądanych, takich jak np. niewłaściwe zbieranie odpadów. Dlatego istotne jest odpowiednie uszeregowanie zdarzeń niepożądanych, z uwzględnieniem stopnia ważności, chronologii występowania i wzajemnych oddziaływań między nimi. Ustalenie hierarchii zdarzeń niepożądanych jest niezbędne do przeprowadzenia analizy ryzyka.

5. Właściwości odpadów medycznych jako źródło ryzyka

Ustawa o odpadach jasno określa, że źródło powstania (§4, ust.1,pkt1) jest główną cechą decydującą o klasyfikacji odpadów do danej grupy. Odpady medyczne stanowią trudną grupę odpadów, ze względu na źródło powstania, 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,
- właściwości niebezpiecznych (innych niż infekcyjne) odpadów medycznych,
- 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, pracownicy firm transportujących i unieszkodliwiających odpady,
- słabej kondycji finansowej służby zdrowia, która wymusza szukanie rozwiązań oszczędnościowych.

Znacząca trudność w postępowaniu z odpadami medycznymi wynika więc głównie z ich charakterystyki. Z tego względu, bardzo istotną rolę w systemie gospodarowania odpadami medycznymi, odgrywa właściwa identyfikacja poszczególnych frakcji występujących w strumieniu odpadów, aby można było zaproponować najkorzystniejsze, z punktu widzenia ochrony zdrowia i życia ludzkiego oraz środowiska, metody postępowania z nimi. Światowa Organizacja Zdrowia proponuje dość szczegółowy podział odpadów medycznych na kategorie, właśnie zgodnie z ich właściwościami:

- **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, w przypadku postępowania z nimi w sposób niezgodny z obowiązującymi wytycznymi. Taka wiedza pozwala na identyfikację największego potencjału niebezpieczeństwa w systemie gospodarowania odpadami medycznymi.

5.1. Odpady zakaźne

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 (§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 (§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,
- 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.

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 Światowej Organizacji Zdrowia [29], wśród odpadów medycznych zakaźnych można wyróżnić następujące grupy:

- 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, wyсіki z ran zakażonych lub chirurgicznych, ubrania mocno zabrudzone ludzką krwią lub innymi płynami ustrojowymi),
- odpady z dializ.

Odpady zainfekowane niosą ze sobą głównie ryzyko związane z zakażeniami wszelkiego rodzaju mikroorganizmami chorobotwórczymi. Szczególnie narażone są osoby mające bezpośredni kontakt z odpadami – pacjenci, personel placówek medycznych i firm zajmujących się unieszkodliwianiem odpadów. Niektóre patogeny występujące w szpitalach mają zdolność przeżywania na powierzchniach nieożywionych przez wiele tygodni czy nawet miesięcy. Wśród nich można wyróżnić większość bakterii Gram-dodatnich, takich jak *Enterococcus* sp. (w tym VRE), *Staphylococcus aureus* (w tym MRSA) lub *Streptococcus pyogenes*, które mają 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 wykazuje tę zdolność. Warto również wymienić Mykobakterie, w tym *Mycobacterium tuberculosis*, oraz bakterie przetrwalnikowe, w tym *Clostridium difficile*, *Candida albicans*, – najważniejszy szpitalny patogen grzybiczy, który ma zdolność przeżywania na powierzchniach nawet do 4 miesięcy. Większość wirusów występujących w drogach oddechowych, np. wirusy z grupy corona, coxsackie, wirusy grypy, SARS lub wirusy *rhino*, pozostają na powierzchniach przez okres do kilku dni. Z kolei wirusy bytujące w przewodzie pokarmowym, jak na przykład astrowirusy, HAV, wirus polio lub rotawirusy, mają zdolność przetrwania przez około 2 miesiące. Wirusy przenoszone przez krew, takie jak HBV lub HIV, mają zdolność przetrwania przez ponad tydzień. Herpeswirusy – CMV lub HSV typu 1 i 2 – pozostają na powierzchniach przez okres od kilku godzin do 7 dni [9].

Tab. 2 Drogi przenoszenia drobnoustrojów chorobotwórczych i powodowane przez nie choroby [5]

Tab. 2. Routes of transmission of pathogens and diseases caused by them [5]

Patogen	Powodowane choroby	droga zakażenia/transmisji
<i>Enterobacteria</i> , eg. <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> sp., <i>Vibrio cholera</i> , <i>helminths</i>	choroby przewodu pokarmowego	Wymiociny, kał
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>measles virus</i> , <i>Streptococcus pneumonia</i> ,	choroby układu oddechowego	Droga kropelkowa, wydzieliny, ślina
<i>Herpesvirus</i>	infekcje okulistyczne	wydzieliny z oczu
<i>Neisseria gonorrhoeae</i> : <i>herpesvirus</i>	infekcje narządów płciowych	wydzieliny z narządów płciowych
<i>Staphylococcus</i> spp	posocznica	krew
<i>Coagulase-negative Staphylococcus</i> spp.; <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Streptococcus</i> spp.	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

Do zakażeń związanych z gospodarowaniem odpadami medycznymi dochodzi głównie w wyniku niekontrolowanych skaleczeń, ukłuć i otarć, na skutek których dochodzi do kontaktu krwi z czynnikiem chorobotwórczym [29]. Z tego względu szczególnie niebezpieczny rodzaj odpadów 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. Odsetek zakażeń tą drogą zależy głównie od rodzaju patogenu, głębokości zakłucia, objętości krwi, stadium infekcji pacjenta i skuteczności profilaktyki poekspozycyjnej.

Prawdopodobieństwo zakażenia po zakłuciu zainfekowaną igłą oszacowano następująco [22]:

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

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 [5].

Tab. 3 Prawdopodobieństwo wystąpienia czynników infekcyjnych w odpadach medycznych [4]

Tab. 3. The likelihood of infectious agents in medical waste [4]

Lp.	Rodzaj odpadu	Prawdopodobieństwo [%]
1	Części ostre	98
2	Odpady od osób hospitalizowanych	98
3	Odpady mikrobiologiczne	92
4	Krew i jej produkty	91
5	Odpady z laboratoriów mikrobiologicznych	85
6	Odpady chirurgiczne	84
7	Tkanka ludzka i zwierzęca	84
8	Odpady z dializ	81

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 [2].

5.2. Odpady niebezpieczne, inne niż infekcyjne

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. Można do nich zaliczyć:

- środki farmakologiczne;
- chemiczne odpady niebezpieczne;
- odpady o wysokiej zawartości metali ciężkich;
- pojemniki ciśnieniowe, ostrza nieużywane lub po sterylizacji;
- 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 zagrożenia jakie stanowią, 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 terapii przeciw nowotworowej 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. Skutki wywołane ich dużą dawką mogą być zagrożeniem dla zdrowia i życia człowieka. Szacuje się, że odpady o właściwościach cytotoksycznych stanowią około 1% wszystkich odpadów medycznych sklasyfikowanych jako niebezpieczne [8]. Pozostałe leki, mimo iż nie są zakwalifikowane jako niebezpieczne, mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi oraz środowiska. Należą do nich wszelkiego rodzaju antybiotyki, leki immunosupresyjne (inne niż cytostatyczne, takie jak: sterydy, przeciwciała czy interferony. Odpady w postaci farmaceutyków występują przede wszystkim w aptekach, pokojach pielęgniarstkich, gabinetach zabiegowych, laboratoriach. Odpady cytostatyczne i cytotoksyczne występują przede wszystkim na oddziałach onkologicznych, radiologicznych, w hospicjach i aptekach.

Na indywidualną uwagę zasługują środki w pojemnikach ciśnieniowych i aerozolah, 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.

Kolejną grupę odpadów medycznych specjalnych stanowią odpady stosowane w diagnostyce medycznej. Należy tu przede wszystkim wymienić odpady pochodzące z pracowni RTG, mammograficznych i medycyny nuklearnej. W tej grupie odpadów znajdują się odczynniki chemiczne stosowane w procesach światłoczułych, błony światłoczułe oraz odpady radioaktywne.

Odczynniki fotochemiczne oraz błony światłoczułe zawierają srebro, które można odzyskać z tych odpadów. Występują w pracowniach radiologicznych. Odpady radioaktywne stanowią pozostałość po wykorzystaniu substancji promieniotwórczych. W placówkach służby zdrowia stosuje się promieniowanie α , β , γ oraz rentgenowskie. Promieniowanie rentgenowskie jest emitowane tylko w czasie pracy aparatu rentgenowskiego, natomiast promienie z radionuklidów emitowane są w sposób ciągły i można ich uniknąć jedynie stosując odpowiednie środki ochrony. Izotopy stosowane w diagnostyce medycznej mają zwykle krótki czas połowicznego rozpadu i szybko tracą swoje właściwości promieniotwórcze. Należy podkreślić, że zgodnie z art. 2 ustęp 4 ustawy o *odpadach*, nie ma ona zastosowania w odniesieniu do odpadów promieniotwórczych (w rozumieniu przepisów prawa atomowego). Zgodnie z ustawą z dnia 29 listopada 2000 r. *Prawo atomowe* (Dz.U. 2001 nr 3 poz. 18 ze zmianami), za odpad promieniotwórczy uznaje się odpady stałe, ciekłe lub gazowe, zawierające substancje promieniotwórcze lub skażone tymi substancjami, których wykorzystanie jest niecelowe lub niemożliwe (§3, pkt. 22). Odpady z pracowni medycyny nuklearnej stanowią odpady promieniotwórcze w rozumieniu ustawy *Prawo atomowe* i zgodnie z wymienionymi wyżej przepisami, regulacje dotyczące tej grupy odpadów znajdują się w ustawie *Prawo atomowe* i aktach do niej wykonawczych.

Niektóre z odpadów medycznych mogą być niebezpieczne z uwagi za zawartość metali ciężkich takich jak rtęć i ołów. Należą do nich przede wszystkim termometry i ciśnieniomierze rtęciowe, oraz pozostałości amalgamatu dentystycznego.

Odpady o właściwościach niebezpiecznych innych niż zakaźne mogą powodować zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi oraz dla środowiska. Ich niekontrolowana emisja do środowiska może powodować oddziaływanie na wody powierzchniowe, wody gruntowe oraz gleby i grunty oraz faunę i florę tam bytującą. Ponadto niebezpieczne składniki, zawarte w odpadach, po przeniknięciu np. do wód, mogą stanowić wtórne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi.

6. Wnioski

Z uwagi na różnorodność czynników i szerokie spektrum oddziaływań, zastosowanie analizy ryzyka powinno być nieodłącznym elementem procesu podejmowania decyzji i planowania wariantów funkcjonowania systemów gospodarki odpadami, a w szczególności systemu gospodarowania odpadami medycznymi. Wynika to z różnorodności czynników i szerokiego spektrum oddziaływań tego systemu. System gospodarowania odpadami medycznymi można analizować zgodnie z metodyką właściwą dla analizy systemowej, która daje możliwości odwzorowania złożoności tego systemu i wzajemnych oddziaływań między jego elementami. Model systemu gospodarowania odpadami medycznymi powinien w możliwie rzeczywisty sposób o odwzorowywać ryzyko w tym systemie, gdyż właściwe nim zarządzanie determinuje bezpieczeństwo i jakość jego funkcjonowania. Model ryzyka powinien być realizowany w następujących etapach:

- ustalenie rankingu zdarzeń niepożądanych,
- określenie oczekiwanej wartości ryzyka,
- uwzględnienie częstotliwości występowania i wielkości strat,
- opracowanie propozycji minimalizacji ryzyka,
- ustalenie wariantów, w których ryzyko może osiągnąć krytyczne wartości.

Wiedza o ryzyku występującym w systemie, pozwala na odpowiednie kształtowanie tego systemu, tak aby poziom bezpieczeństwa w nim osiągnął akceptowalny poziom. Analizując źródła i kategorie ryzyka w systemie gospodarowania odpadami medycznymi, należy przede wszystkim brać pod uwagę ich charakterystykę – źródła powstawania i właściwości. Ta wiedza, w połączeniu ze statystykami dotyczącymi jakości funkcjonowania systemu, wydaje się być kluczem do minimalizacji ryzyka, we wszystkich jego aspektach – ludzkim, środowiskowym i ekonomicznym.

Reasumując, analizując zagrożenia jakie może nieść za sobą system gospodarki odpadami medycznymi, zapewnienie w nim bezpieczeństwa wydaje się być koniecznością.

Bibliografia

- [1] Diaz L.F, Egerth L., Enkhtsetseg Sh., Savage G., Characteristics of healthcare wastes, *Waste Management* 28(2008), Elsevier 2008, str. 1219-1226
- [2] Faber J.- Procedura realizacji zamówień publicznych w gospodarce odpadami, *Strategia Gospodarki odpadami szpitalnymi w zakładach opieki zdrowotnej materiały konferencyjne*, Kraków 2004
- [3] Findeisen W., *Analiza systemowa – podstawy i metodologia*. Praca zbiorowa pod red. W. Findeisena, PWN, Warszawa 1985.
- [4] Grabowski Z. Wielgosiński G., *Odpady medyczne i weterynaryjne - warunki unieszkodliwiania, materiały szkoleniowe*, Ministerstwo Środowiska 2008, http://www.mos.gov.pl/kategoria/2463_odpady_medyczne_i_weterynaryjne/
- [5] Hossain S., Santhanam A., Norulainic N., Omar M., *Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment – A review*, *Waste Management*, Volume 31, Issue 4, Elsevier 2011, strony 754–766
- [6] Kaczmarek T., *Ryzyko i zarządzanie ryzykiem. Ujęcie interdyscyplinarne*, Difin, Warszawa 2005.
- [7] Kancłerski K., Głuszyński P., *Zasady bezpiecznego postępowania z odpadami w zakładach świadczących usługi medyczne ze szczególnym uwzględnieniem odpadów zakaźnych*, *Przegląd Epidemiologiczny* nr 62(2008), PZH 2008, str. 801 - 809
- [8] *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"*.
- [9] Kramer A., Schwebke I, Kampf G., *Jak długo patogeny szpitalne mogą przetrwać na powierzchniach nieożywionych? Przegląd systematyczny*, *BioMed Central: Choroby zakaźne*. 2006, <http://www.biomedcentral.com/1471-2334/6/130/prepub>
- [10] Kromka K.- *Badania ankietowe gospodarki odpadami w wybranych szpitalach w Polsce*, *Strategia Gospodarki odpadami szpitalnymi w zakładach opieki zdrowotnej materiały konferencyjne*, Kraków 2004
- [11] Połośki M. Pruszyński K., *Interdyscyplinarny charakter nauki o ryzyku*, *Materiały konferencyjne „Zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwie”*, Ciechocinek 2006.
- [12] Rolewicz-Kalińska A., *Koncepcja Krajowej Strategii Zarządzania Odpadami Medycznymi*, praca dyplomowa magisterska, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Warszawa 2007.
- [13] Rolewicz-Kalińska A., *Odpady medyczne w liczbach*, *Recykling* nr 100-2009/4, Abrys 2009, str. 16-17.
- [14] Rolewicz-Kalińska A., *Możliwości modelowania systemu gospodarki odpadami medycznymi*, *Zeszyty Naukowe „Współczesne problemy inżynierii i ochrony środowiska”*, z.55, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009

- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2001 nr 112 poz. 1206)
- [16] 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),
- [17] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 lipca 2010 r. w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi (Dz.U. 2010 nr 139 poz. 940).
- [18] Safe management of wastes from health-care activities-World Health Organization, Geneva 1999
- [19] Seadon J.K., Sustainable waste management systems, Journal of Cleaner Production 18 (2010), Elsevier 2010, str. 1639–1651
- [20] Sienkiewicz Piotr, Analiza ryzyka w zarządzaniu projektami systemów, Zeszyty Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia, nr 95/2005, str. 9-18,
- [21] Szopa T., Niezawodność i bezpieczeństwo, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009, ISBN 978-83-7207-818-6
- [22] Świątkowska B., Zagrożenia zawodowe pracowników opieki zdrowotnej: Co wiemy i co możemy zrobić?, Problemy Higieny i Epidemiologii 2010, nr 91(4), str. 522-529,
- [23] Uchwała nr 217 rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r., w sprawie „Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2014”, Monitor Polski Nr 101, poz. 1183
- [24] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21),
- [25] Ustawa z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (Dz.U. 2008 nr 234 poz. 1570),
- [26] Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz.U. 2001 nr 3 poz. 18 ze zmianami)
- [27] von Bertalanffy, L.,. General systems theory. Main Currents in Modern Thought 11, 1955, str. 71-75.
- [28] Wandrasz J. W. - Gospodarka odpadami medycznymi.- Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski w Poznaniu, Poznań 2000.
- [29] WHO, 2005. *Healthcare Waste Management*. World Health Organization, Geneva.
- [30] Wielgościński G.-Podstawowa charakterystyka odpadów medycznych. Metody unieszkodliwiania, Gospodarka odpadami medycznymi. Wybrane problemy, Polska Akademia Nauk, Oddział w Łodzi, Łódź 2004.
- [31] Winiarski J., Ryzyko - problemy definicji i systematyki, Przedsiębiorstwo w Otoczeniu Globalnym, Vol. 1 (2009), s. 237-248