



# Podstawy rozpoznania i oceny źródeł zdarzeń radiacyjnych w środowisku pracy w placówkach przetwarzania odpadów

## Principles of recognising and assessing sources of radiation emergencies in the work environment in waste processing facilities

mgr inż. MAREK GARUS

<http://orcid.org/0000-0002-7720-6547>

e-mail: Marek.Garus@sanepid.gov.pl

mgr inż. MATEUSZ MALICKI

mgr inż. AGNIESZKA CZYREK

mgr inż. IRENA WIĄCEK

mgr inż. JERZY CHYTŁA

dr inż. ADAM SIDOR

<https://orcid.org/0000-0002-6733-0077>

Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Rzeszowie [MG, MM, AC, IW, JC, AS]

Provincial Sanitary and Epidemiological Station in Rzeszów, Rzeszów, Poland

Uniwersytet Rzeszowski [AS]

University of Rzeszów, Rzeszów, Poland

### Streszczenie

Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny na podstawie ustawy – Prawo atomowe zapewnia wsparcie merytoryczne wojewodzie w zakresie: pomiarów dozymetrycznych i spektrometrycznych na miejscu zdarzenia radiacyjnego, oznaczeń laboratoryjnych, interpretacji wyników i analiz, oceny zagrożenia i rozwoju sytuacji awaryjnej, opracowania projektu informacji wyprzedzającej dla ludności. Ponadto współpracuje z wojewodą w zakresie ewentualnych działań interwencyjnych typu: ewakuacja, podanie preparatów ze stabilnym jodem, wydanie zakazu lub ograniczenia spożywania skażonej żywności i skażonej wody przeznaczonej do spożycia. Zakres potencjalnych działań jest więc szeroki i wymaga kompleksowej wiedzy analitycznej. W artykule omówiono działania związane z postępowaniem w zdarzeniach radiacyjnych, praktyczne aspekty związane z: wyszukaniem materiału promieniotwórczego będącego przyczyną zdarzenia i jego identyfikacją oraz postępowaniem po wykryciu materiału promieniotwórczego i jego zabezpieczeniem, opierając się na doświadczeniu praktycznym z działań związanych ze zdarzeniami, które zaistniały na terenie województwa podkarpackiego. Omówiono również sposób zabezpieczenia osób interwenujących podczas zdarzenia radiacyjnego przed czynnikami biologiczno-chemicznymi mogącymi pojawić się w miejscu jego zgłoszenia oraz wyposażenie pomiarowe stosowane podczas interwencji w zdarzeniach radiacyjnych. Scharakteryzowano możliwości analityczne w przypadku zdarzeń o zasięgu zakładowym oraz wojewódzkim. Ponadto scharakteryzowano wymianę informacji z Wojewódzkim Centrum Zarządzania Kryzysowego, Państwową Strażą Pożarną i Centrum Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki oraz pracownikami jednostki organizacyjnej, w której nastąpiło zdarzenie.

**Słowa kluczowe:** zdarzenie radiacyjne, prawo atomowe, radioizotop, ekipa awaryjna.

## Abstract

Acting on the basis of the Atomic Law, the State Voivodeship Sanitary Inspector provides substantive support to the Voivode (provincial governor) in the scope of: dosimetric and spectrometric measurements at the site of a radiation emergency, laboratory determinations, the interpretation of results and analyses, the assessment of risk and the development of an emergency situation, and drafting a pre-emptive warning information for citizens. In addition, the inspector cooperates with the Voivode concerning potential intervention activities, such as: evacuation, the administration of preparations with stable iodine, and issuing a prohibition or restriction regarding the consumption of contaminated food and contaminated drinking water. The range of potential actions is therefore wide and requires comprehensive analytical knowledge. The article discusses activities related to the actions to take in the event of radiation emergencies. It explains some practical aspects regarding the search for radioactive material causing radiation emergencies and ways of identifying an emergency, and explains the procedure once radioactive material has been detected and how to safeguard it. This is all based on the practical experience developed during interventions related to the radiation emergencies that occurred in the Podkarpackie Voivodship. The article looks at the methods of protecting the intervenors against biological and chemical agents that may appear at the location of a radiation emergency, as well as the signalling and measuring equipment used during the interventions related to radiation emergencies. The analytical possibilities were characterised in the case of events on a factory or voivodship scale. The article discusses aspects related to communication with the Provincial Crisis Management Centre, the State Fire Service and the Radiation Emergency Centre of the National Atomic Energy Agency, as well as with employees of the organisational unit where the radiation emergency occurred.

**Keywords:** radiation emergency, atomic law, radioisotope, emergency team.

## WPROWADZENIE

Zgodnie z ustawą – Prawo atomowe (Ustawa... 2000) zdarzenie radiacyjne<sup>1</sup> jest to nietypowa sytuacja lub zdarzenie związane ze źródłem promieniowania jonizującego, wymagające podjęcia pilnych działań interwencyjnych w celu:

- a) złagodzenia poważnych niepożądanych skutków dla zdrowia ludzi, ich bezpieczeństwa, jakości życia, mienia lub środowiska lub
- b) zmniejszenia ryzyka, które mogłoby doprowadzić do poważnych niepożądanych skutków (o których mowa w wyliczeniu a).

Zdarzenie radiacyjne może wystąpić na terenie kraju lub poza jego granicami, stwarzając możliwość przekroczenia wartości dawek granicznych promieniowania jonizującego, określonych w przepisach (Rozporządzenie... 2021), a więc wymaga podjęcia pilnych działań w celu ochrony pracowników lub ludności (<https://www.gov.pl/web/paa/reagowanie-w-zdarzeniach-radiacyjnych>).

Przykładowo, dawka graniczna promieniowania jonizującego dla pracownika jest wyrażona jako dawka skuteczna (efektywna) i wynosi 20 mSv w ciągu roku kalendarzowego (Ustawa... 2020).

Według raportu rocznego Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki w latach 2020-2021 zgłoszono odpowiednio 22 i 27 incydentów związanych ze źródłami promieniowania jonizującego lub obiektami jądrowymi, głównie dotyczących nieplanowanego narażenia pracowników na promieniowanie jonizujące (<https://www.gov.pl/attachment/c8bfc81c-b1fb-4417-af1f-9838cc7f6892>; <https://www.gov.pl/attachment/df08ef6c-7b67-4ce8-8912-b394481c46d5>).

Zdarzenia radiacyjne są najczęściej inicjowane przez sygnalizację obecności źródła promieniowania jonizującego w brankach dozymetrycznych, które na podstawie art. 43f Prawa atomowego (Ustawa... 2000) muszą być instalowane m.in. w jednostkach zajmujących się przetwórstwem złomu metali lub skupem o rocznej wielkości przekraczającej 100 000 ton złomu. Natomiast instalacja takich urządzeń w spalarniach odpadów i na wysypiskach wynika z dostosowania się do wymagań określonych w ustawie o odpadach (Ustawa... 2012).

<sup>1</sup> Definicje terminów związanych z promieniowaniem jonizującym i zdarzeniami radiacyjnymi zamieszczono w załączniku.

## RAMY PRAWNE POSTĘPOWANIA W PRZYPADKU ZAISTNIENIA ZDARZENIA RADIACYJNEGO

Zasady działania podczas wystąpienia zdarzenia radiacyjnego są regulowane prawnie i dzielą się na zdarzenia zakładowe (mieszczące się na terenie jednostki organizacyjnej) oraz na zdarzenia o zasięgu wojewódzkim i krajowym (Rozporządzenie... 2021).

Wojewódzki „Plan Postępowania Awaryjnego w Przypadku Zdarzeń Radiacyjnych” jest formalnym dokumentem aplikacyjnym na poziomie kompetencji wojewody, dotyczącym postępowania w sytuacji zdarzenia radiacyjnego. Bazuje on na przepisach ustawy – Prawo atomowe, która

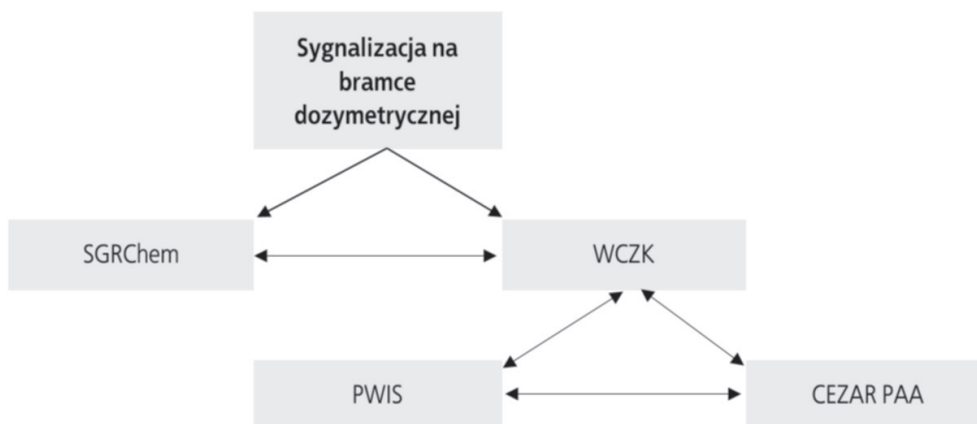
mówi o kompetencjach wojewody oraz Państwowej Inspekcji Sanitarnej w przypadku wystąpienia zdarzeń radiacyjnych. Projekt takiego planu jest uzgadniany przez wojewodę z Państwowym Wojewódzkim Inspektorem Sanitarnym (PWIS). Działania PWIS podczas zdarzenia radiacyjnego o zasięgu wojewódzkim polegają na współpracy z wojewodą i dotyczą likwidacji zagrożenia oraz usuwania skutków zdarzenia (Ustawa... 2000).

## TRYB POSTĘPOWANIA W SYTUACJI WYSTĄPIENIA ZDARZENIA RADIACYJNEGO

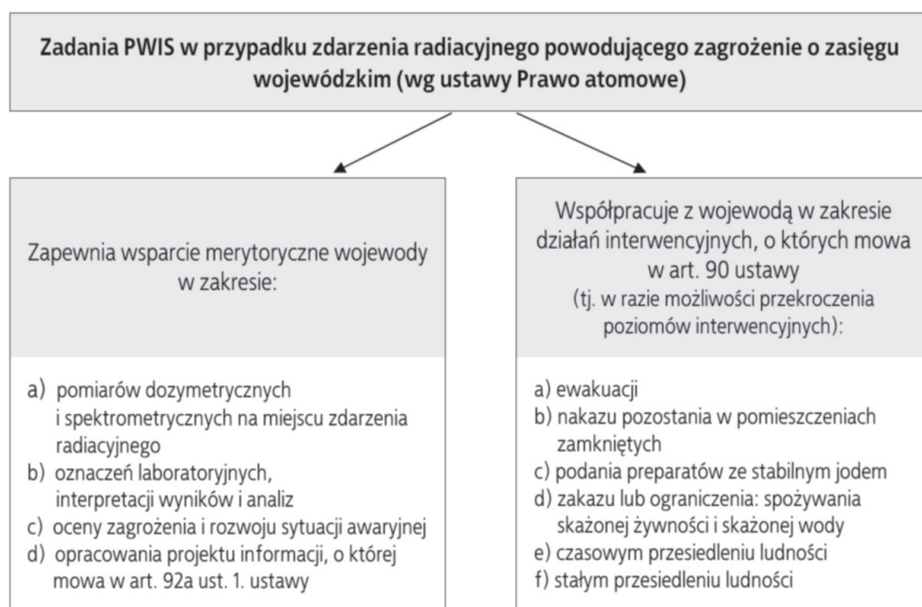
W sytuacji wystąpienia zdarzenia radiacyjnego do zapewnienia łączności na potrzeby koordynowania działań między wszystkimi podmiotami uczestniczącymi w reagowaniu na takie zdarzenie, są przewidziane wszystkie systemy łączności przewodowej i radiowej będące w dyspozycji organów i jednostek organizacyjnych włączonych do Wojewódzkiego Centrum Zarządzania Kryzysowego (WCZK). WCZK pełni funkcję koordynującą w procesie wymiany informacji w czasie sytuacji awaryjnej spowodowanej przez zdarzenie radiacyjne, na wszystkich poziomach systemu kierowania bezpieczeństwem i zarządzania kryzysowego. W przypadku zdarzenia radiacyjnego dysponowana

jest również Specjalistyczna Grupa Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego (SGRChem) Państwowej Straży Pożarnej (PSP), która posiada odpowiednio przeszkolonych i wyposażonych strażaków – ratowników, działających na podstawie zdefiniowanych procedur (Zasady organizacji... 2021).

W tego typu zdarzeniach główne działania dotyczą: identyfikacji zagrożenia, wyznaczenia strefy awaryjnej oraz ewakuacji ewentualnych poszkodowanych (Dudziński i in. 2022; Rozporządzenie... 2021). PWIS otrzymuje informacje od WCZK (ryc. 1).



**Rycina 1.** Ogólny schemat postępowania podmiotów zaangażowanych w usuwanie skutków zdarzenia radiacyjnego  
**Figure 1.** General scheme of interaction between the entities involved in removing the effects of a radiation emergency



**Rycina 2.** Zadania PWIS w ramach współpracy z wojewodą w razie wystąpienia zdarzenia radiacyjnego, określone na podstawie ustawy – Prawo atomowe (Ustawa... 2000)

**Figure 2.** The Sanitary Inspection's tasks in cooperation with the Voivode (provincial governor) in the event of a radiation emergency, as set out by the Atomic Law (Act ... 2000)

Po identyfikacji źródła zdarzenia radiacyjnego informacja o nim jest przekazywana do Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych (**CEZAR**) Państwowej Agencji Atomistyki (**PAA**) z informacją dotyczącą rodzaju zidentyfikowanych izotopów, zmierzonej mocy dawki i informacją, czy wyznaczono strefę awaryjną. CEZAR wydaje dyspozycje co do dalszego sposobu postępowania (dotyczące sposobu utylizacji źródła lub czasu, po jakim wykonuje się ponowne jego pomiary kontrolne).

Działania PWIS w przypadku zaistnienia zdarzenia radiacyjnego wynikają bezpośrednio z ustawy – Prawo atomowe i dotyczą zdarzeń powodujących zagrożenie o zasięgu zakładowym oraz wojewódzkim. W tym celu PWIS zapewnia

wsparcie merytoryczne wojewodzie w zakresie pomiarów dozymetrycznych i spektrometrycznych w strefie zdarzenia radiacyjnego (ryc. 2), (Rozporządzenie... 2021; Ustawa... 2000). Dla efektywnej współpracy wojewody i PWIS konieczne jest zapewnienie odpowiednich zdolności analitycznych, pomiarowych i osobowych w strukturze oraz zasobach kadrowych i technicznych PWIS, od którego wymagane będzie wsparcie merytoryczne w trakcie zaistnienia zdarzenia. Z tego powodu konieczne jest zapewnienie odpowiedniej kadry osobowej, szkoleń pracowników, wyposażenia pomiarowego, środków ochronnych itd. (Ustawa... 2000).

## TYPowe Źródła Zdarzeń Radiacyjnych

Procedura zdarzeń radiacyjnych jest zwykle uruchamiana z powodu sygnalizacji wykrycia źródła promieniowania jonizującego przez bramki dozymetryczne mieszczące się na wjeździe do zakładów termicznego przetwarzania odpadów komunalnych lub złomowisk (<https://www.polonizot.pl/katalog-produktow/mierniki-skazenia-promieniotworczego/>

system-detekcji-skazenia-bramka-dozymetryczna/). W takim przypadku, po otrzymaniu informacji telefonicznej od WCZK na telefon alarmowy Wojewódzkiej Stacji Sanitarно-Epidemiologicznej (**WSSE**), osoby pełniące dyżur udają się w miejsce wystąpienia zdarzenia radiacyjnego (Wojewódzki... 2015; Załącznik... 2015; <https://rzeszow.uw.gov.pl/wojewoda/komitet-y-komisje-i-zespoły>).

W razie zaistnienia zdarzeń radiacyjnych w obiektach typu Zakład Instalacji Termicznego Przetwarzania Odpadów (ZITPO) np. komunalnych można się spodziewać źródeł promieniowania jonizującego użytkowanych w: medycynie,

przemysłe lub w nauce. Źródła promieniowania jonizującego, które identyfikowane są podczas interwencji w placówkach przetwarzania odpadów, są z reguły zmieszane z odpadami komunalnymi.

## INNE ZAGROŻENIA W PLACÓWKACH PRZETWARZANIA ODPADÓW

Obiekty typu ZITPO to miejsca, gdzie pracownicy i służby sanitarne mogą się spotkać z wieloma zagrożeniami: biologicznymi, fizycznymi i chemicznymi (Buczyńska i in. 2006; Cyprowski i in. 2019; Kalwasińska i in. 2014; Lis i in. 2004; Michalkiewicz, Piskorek 2008).

Do zagrożeń w postaci źródeł promieniowania jonizującego dochodzą pyły oraz takie czynniki zagrożenia biologicznego, jak bioareozole, które powstają w czasie rozkładunku śmieci. Fazę rozproszoną tworzą w nich drobne cząsteczki płynów oraz substancje stałe, np. pyłki roślin, drobnoustroje saprofityczne i patogenne: bakterie, zarodniki grzybów, drożdże, wirusy. Ponadto źródłem zagrożeń chemicznych są substancje, które mogą (choć nie powinny) się znaleźć w takich odpadach komunalnych, jak np. rozpuszczalniki czy pozostałości środków ochrony roślin. W odpadach mogą znajdować się również takie drobne, ostre

obiekty, jak: igły, szkło, gwoździe itp. stanowiące zagrożenie ze względu na możliwość uszkodzenia mechanicznego ciała pracownika.

Za bezpieczeństwo pracowników zgodnie z Kodeksem pracy (Obwieszczenie... 2022) odpowiada pracodawca. Wymagania dotyczące ochrony pracownika przed szkodliwymi czynnikami biologicznymi reguluje rozporządzenie Ministra Zdrowia (Rozporządzenie... 2020). Czynniki biologiczne podzielono na 4 grupy w zależności od patogenności dla człowieka i na podstawie tego podziału są dobierane środki ochrony osobistej. Wymagania dotyczące ochrony pracownika przed narażeniem na szkodliwe dla zdrowia czynniki chemiczne i fizyczne w środowisku pracy określają m.in. rozporządzenie Ministra Zdrowia (Rozporządzenie... 2011) oraz rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej (Rozporządzenie... 2018).

## PRAKTYCZNA REALIZACJA PRZEZ WSSE W RZESZOWIE DZIAŁAŃ ZWIĄZANYCH ZE ZDARZENIAMI RADIACYJNYMI

### 1. Ekipa awaryjna

Pracownicy WSSE działają jako przedstawiciele PWIS i uczestniczą w akcji lokalizacji oraz identyfikacji źródeł skażenia promieniotwórczego jako członkowie ekipy awaryjnej. Według ustawy – Prawo atomowe członek ekipy awaryjnej to osoba pełniąca określoną funkcję podczas zdarzenia radiacyjnego, która może zostać narażona podczas wykonywania zadań w związku ze zdarzeniem radiacyjnym – w szczególności pracownik jednostki organizacyjnej, w której wystąpiło zdarzenie radiacyjne, pracownik organu, funkcjonariusz służby lub żołnierz – biorący udział w likwidacji

zagrożeń, w tym w działaniach ratowniczych, lub usuwaniu skutków zdarzenia radiacyjnego (Ustawa... 2000).

W skład ekipy awaryjnej wchodzi przeszkoleni pracownicy Laboratorium Pomiarów Promieniowania (LPP) oraz Oddziału Higieny Radiacyjnej (OHR) WSSE. W opracowaniu zdarzenia radiacyjnego uczestniczy dwóch pracowników będących na dyżurze (Ustawa... 2000). Pracownicy ci powinni być przeszkoleni w zakresie: uniwersalnych zasad ochrony radiologicznej, obsługi mierników dozymetrycznych, używania odzieży ochronnej i środków ochrony indywidualnej. Plan szkolenia dotyczącego zdarzeń radiacyjnych jest dostosowany



wywany do wykształcenia każdego pracownika i jego doświadczenia w obszarze ochrony radiologicznej. Pracownicy korzystają z dostępnych szkoleń, tj. szkoleń tematycznych, szkoleń z zakresu Inspektora Ochrony Radiologicznej typu R, szkoleń Inspektora Ochrony Radiologicznej typu IOR-1, IOR-3, opracowań takich uznanych organizacji, jak Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (MAEA) i Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR).

Do sprawnej realizacji powierzonych zadań związanych ze zdarzeniami radiacyjnymi w WSSE w Rzeszowie wprowadzono dyżury domowe poza obowiązującym wymiarem czasu pracy dla pracowników LPP oraz OHR. WSSE w Rzeszowie zapewnia środek transportu oraz pomieszczenia do przechowywania wyposażenia, utrzymania czystości ubioru ochronnego, prysznicze dla pracowników. Dojazd ekipy awaryjnej do miejsca zdarzenia w godzinach pracy WSSE wynosi od 1 godziny do 4 godzin. Poza godzinami pracy WSSE czas reakcji na zasygnalizowane zdarzenie radiacyjne wynosi około 4 godzin (włączając dojazd pracowników z miejsca zamieszkania do siedziby WSSE, sprawdzenie wyposażenia i dojazd do miejsca zdarzenia), (Procedura... 2022).

## 2. Pomiary promieniowania jonizującego podczas zdarzenia radiacyjnego

### Lokalizacja (wyszukiwanie) źródła

W praktyce interwencji dotyczących zdarzeń radiacyjnych sygnalizowanych w instalacjach przetwarzania odpadów (sortowniach, spalarniach itp.) źródła promieniotwórcze są zmieszane z odpadami. Przed rozpoczęciem wyszukiwania źródła promieniotwórczego zlokalizowanego w przestrzeni ładunkowej pojazdu transportującego odpady, wyznacza się narażenie na promieniowanie dotyczące głowy i tułowia kierowcy i pasażera oraz przy sterownikach do rozładunku odpadów (mieszających się w kabinie i przy naczepie).

Wyszukiwanie źródeł promieniowania podczas rozładowywania ciężarówki pełnej odpadów jest możliwe dzięki zastosowaniu zasady: im bliżej źródła, tym większa moc dawki promieniowania. W ten sposób można zlokalizować obszar, w którym może znajdować się źródło promieniotwórcze: na początku, na środku lub w tylnej części ładunkowej. W przypadku, gdy źródło promieniotwórcze znajduje się przy końcowej części ładunku,

odpady są wysypywane z naczepy bezpośrednio na betonowy plac. Pozwala to na szybkie zlokalizowanie podejrzanego obiektu. Gdy odpady znajdują się w innych lokalizacjach, to początkowo odpady są wysypywane bezpośrednio do komory składowej spalarni, a gdy izotop promieniotwórczy przemieści się do tylnej części ładunkowej ciężarówki, to odpady są tak wysypywane, jak w przypadku opisanym powyżej. Przemieszczanie się radioizotopu w naczepie (ryc. 3) jest na bieżąco monitorowane miernikiem typu EKO-C (scharakteryzowanym w dalszej części artykułu).

Poszukiwane odpady promieniotwórcze należy wyselekcjonować z dużej objętości pierwotnej śmieci rozładowanych ze śmieciarki czy też ze sterty złomu lub ładunku w kontenerze transportowym. Należy mieć świadomość, że odpady skompresowane w ładowni śmieciarki to objętość ok. 15 m<sup>3</sup>. Po swobodnym wysypaniu na betonowy plac jest to objętość rzędu kilkudziesięciu metrów sześciennych, gdyż nominalna kompresja objętościowa w ładowni śmieciarki to ok. 1:4. Ekipa awaryjna w trakcie wyszukiwania materiału promieniotwórczego ma zatem do czynienia ze stertą odpadów często o średnicy 5 metrów i wysokości 1 m. Dlatego posortowane „czyste” (nieskażone) śmieci zabiera się poza strefę poszukiwań, najlepiej z pomocą pracowników instalacji, gdzie ma miejsce zdarzenie (odpowiednio wyposażonych do odrzucania „czystych” odpadów).

Praca z odpadami przy takich warunkach grozi upadkiem, zabrudzeniem niezidentyfikowanymi substancjami z odpadów, w tym promieniotwórczymi, zranieniem resztkami rozbitego szkła, igłami czy ostrymi elementami. Podobnie wygląda sytuacja na złomowiskach. Z tego powodu należy zdecydowanie unikać chodzenia po stercie odpadów ze względu na możliwość poważnego zranienia – w takim wypadku akcja ratownicza, której wymaga zraniony członek ekipy awaryjnej, mogłaby wydłużyć czas konieczny do wyszukania i identyfikacji źródła promieniotwórczego.

### Identyfikacja źródła

Doświadczenie praktyczne LPP WSSE w Rzeszowie wskazuje, że najczęściej podczas interwencji związanych z sygnalizacją zdarzeń radiacyjnych w placówkach przetwarzania odpadów można się spotkać z takimi radionuklidami, jak: <sup>131</sup>I (jod), <sup>99m</sup>Tc (technet), <sup>137</sup>Cs (cez), <sup>57</sup>Co i <sup>60</sup>Co (kobalt). Źródeł wspomnianych izotopów można się tam

spodziewać w odpadach komunalnych pochodzących najczęściej od pacjentów w trakcie leczenia radioizotopowego, którzy pozbywają się środków higienicznych typu chusteczki, pieluchy, pieluchomajtki, pampersy, lub w odpadach z Zakładów Medycyny Nuklearnej, które pozbywają się igieł i aplikatorów doprowadzających substancje promieniotwórcze do pacjenta lub materiałów do utrzymania czystości powierzchni i innych odpadów laboratoryjnych oraz zużytych opakowań z laboratorium izotopowego pracującego ze źródłami otwartymi. Inny jest profil źródeł znajdujących na złomowiskach, gdzie można się spodziewać takich obiektów pochodzenia laboratoryjnego lub przemysłowego, jak awionika pokładowa (np. zegar lotniczy z radioaktywną farbą radową) czy metalowe opakowania źródeł promieniotwórczych.

Wspomniane typowe obiekty, powodujące sygnalizację zdarzeń radiacyjnych w placówkach przetwarzania odpadów, to obiekty o niewielkiej objętości (rzędu 1–3 litrów) w porównaniu do objętości odpadów w naczepie ciężarówki transportującej odpady do przetworzenia.

Typowe radioizotopy medyczne, które zostały wykryte przez LPP podczas interwencji związanych ze zdarzeniami radiacyjnymi, scharakteryzowano w tabeli 1. W ramach działań LPP

stwierdzono również jednostkowo inne radionuklidy w obiektach powodujących zdarzenia radiacyjne:  $^{51}\text{Cr}$  (chrom),  $^{54}\text{Mn}$  (mangan),  $^{56}\text{Zn}$  (cynk) i  $^{241}\text{Am}$  (ameryk).

Najczęściej możemy spotkać się ze źródłami promieniowania gamma, których detekcja poza laboratorium jest łatwiejsza niż pomiar źródeł alfa i beta.

Pomiary materiałów promieniotwórczych wykonuje się z użyciem mierników radiometrycznych z funkcją spektrometrii promieniowania  $\gamma$ , służących do pomiarów mocy dawki promieniowania  $\beta$  i  $\gamma$ , wykrycia promieniowania  $\alpha$  oraz identyfikacji i oceny aktywności izotopów  $\gamma$  promieniotwórczych. Mierniki takie podlegają wzorcowaniu w akredytowanych laboratoriach (Rozporządzenie... 2002) oraz sprawdzeniom okresowym (celem weryfikacji czy ich wyniki mieszczą się w zakresie określonym w specyfikacji technicznej urządzeń lub w świadectwach wydanych przez laboratoria wzorcujące). Pomiary substancji lub materiałów promieniotwórczych wykonuje się przy wilgotności względnej powietrza i temperaturze otoczenia zgodnych ze specyfikacją techniczną mierników. Warunki środowiskowe są monitorowane w trakcie realizacji całego procesu badania i dokumentowane w zapisach z badań.



**Rycina 3.** Ciężarówka przewożąca odpady komunalne z zaznaczonym źródłem poszukiwanym podczas zdarzenia radiacyjnego. Strzałki oznaczają kierunek przemieszczania się źródła w momencie wyładunku (źródło: WSSE w Rzeszowie)

**Figure 3.** A truck carrying municipal waste with a marked source to be searched during the radiation emergency. The arrows indicate the direction in which source is moving at the time of discharge (source: WSSE in Rzeszów)

**Tabela 1.** Charakterystyka typowych radioizotopów wykorzystywanych w medycynie nuklearnej, które powodują zdarzenia radiacyjne  
**Table 1.** Characteristics of typical radioisotopes used in nuclear medicine, which cause radiation emergencies

Lp.	Nazwa izotopu	Skrót	Czas półrozpadu	Rodzaj promieniowania	Energie
1.	technet	$^{99m}\text{Tc}$	6,01 h	gamma	140 keV
2.	jod	$^{131}\text{I}$	8,02 dnia	gamma	365 keV

Do interwencji podczas zdarzeń radiacyjnych LPP wykorzystuje się (ryc. 4, tab. 2):

- mierniki do pomiaru dawki, mocy dawki, identyfikacji nuklidów wraz z oszacowaniem aktywności, akwizycji widma oraz analizy otrzymanego widma (InInspector 1000 z sondami NaI(Tl) 1.5 × 1.5 oraz 2.0 × 2.0), (Canberra-Packard, USA),
- mierniki z detektorem promieniowania (licznik Geigera-Müllera) do pomiaru skażeń nuklidami beta i gamma promieniotwórczymi, oraz z załączoną sondą scyntylacyjną do pomiaru skażeń nuklidami alfa promieniotwórczymi (EKO-C), (Polon-Ekolab).

Mierniki skażeń będące na wyposażeniu LPP posiadają sygnalizator akustyczny. Częstość sygnału dźwiękowego zwiększa się wraz z narastaniem wartości mocy dawki.

Do analizy otrzymanego widma z miernika InInspector1000 wykorzystuje się oprogramowanie Genie™ 2000 firmy Canberra.

Ponadto w trakcie zdarzeń radiacyjnych pracownicy są wyposażeni w indywidualne dozymetry EKO-OD, które są dodatkowym źródłem informacji dla członków ekipy awaryjnej odnośnie do mocy dawki oraz indywidualnego równoważnika dawki Hp(10), (<https://www.polonizot.pl/katalog-produktow/mierniki-skazenia-promieniotworczego/system-detekcji-skazenia-bramka-dozymetryczna/>).

Urządzenia są sprawdzane każdorazowo przed wykonaniem badań przy użyciu źródeł kontrolnych (Rozporządzenie... 2021).

W celu określenia tła promieniotwórczego w miejscu zdarzenia radiacyjnego wykorzystuje się wyniki monitoringu radiologicznego w województwie podkarpackim prowadzonego przez WSSE w Rzeszowie przy pomocy stacji PMS w Sanku (widmo promieniowania, moc dawki, opad atmosferyczny, temperatura) oraz stacji TDLGE w Rzeszowie, Przemyślu i Tarnobrzegu (moc dawki). Wyniki są zbierane on-line i analizowane przy użyciu oprogramowania mStations (TD-electronics), (Rozporządzenie... 2002).

Strefę awaryjną wyznacza się i oznakowuje dla źródła promieniotwórczego, dla którego (Procedura... 2022; Ustawa... 2000):

- moc dawki promieniowania wynosi co najmniej 100  $\mu\text{Sv/h}$ , lub
- dawka powierzchniowa dla promieniowania  $\beta+\gamma$  wynosi co najmniej 1000  $\text{Bq/cm}^2$ , lub
- dawka powierzchniowa dla promieniowania  $\alpha$  wynosi co najmniej 100  $\text{Bq/cm}^2$ .

Ekipa awaryjna oznakowuje rozpoznaną strefę awaryjną białą-czerwoną taśmą.

Sprawdzenie, czy w odpadach znajdują się źródła  $\alpha$  i  $\beta$  promieniotwórcze, następuje dopiero po ich wyładunku z uwagi na małą przenikliwość promieniowania  $\alpha$  i  $\beta$ . Występowanie promieniowania  $\beta$  jest sprawdzane bezpośrednio nad odpadem, natomiast aby sprawdzić, czy występuje promieniowanie  $\alpha$ , wykonuje się wymazy z powierzchni odpadu, a następnie w części „czystej” spalarni sprawdza się miernikiem EKO-C z sondą scyntylacyjną, czy cząstki  $\alpha$  są w próbce wykrywalne.

**Tabela 2.** Charakterystyka pomiarowa mierników wykorzystywanych przez LPP podczas zdarzeń radiacyjnych

**Table 2.** The characteristics of measurement devices used by laboratory during radiation emergencies

Lp.	Typ miernika	Zakres pomiarowy promieniowania gamma	Zakres energetyczny; funkcjonalności
1.	EKO-C	0,01–1000 $\mu\text{Sv}$	zakres energetyczny promieniowania: – gamma: 30 keV – 1,5 MeV – beta: >100 keV – alfa: >4 MeV pomiar częstości impulsów (cząstki) beta: 0,1–9999 cps pomiar skażenia powierzchni (cząstki alfa): 0,1–9999 $\text{Bq/cm}^2$
2.	InInspector 1000	100 nSv – 1 Sv (10 nSv/h – 100 mSv/h)	zakres energetyczny promieniowania gamma: 50 keV – 3,0 MeV pomiar częstości impulsów (cząstki) beta: 50–500 kcps (z biblioteką do identyfikacji nuklidów – oprogramowanie Genie™ 2000 firmy Canberra-Packard, USA)
3.	EKO-OD	indywidualny równoważnik dawki Hp(10): 1 $\mu\text{Sv}$ – 999 mSv moc dawki: 1–999 $\mu\text{Sv/h}$	zakres energetyczny promieniowania gamma: 60 keV – 1,5 MeV ustawiane progi sygnalizacji: – dawki co: 10, 50 lub 99 $\mu\text{Sv}$ – mocy dawki co: 5, 25 lub 99 $\mu\text{Sv/h}$



Wykryte źródło promieniotwórcze umieszcza się w etykietowanym pojemniku, oznaczonym takimi informacjami, jak: data pomiaru, identyfikacja radionuklidu  $\gamma$  promieniotwórczego lub rodzaj wykrytego promieniowania ( $\alpha$  lub  $\beta$ ), moc dawki w odległości 10 i 100 cm od źródła. Następnie pojemnik zostaje umieszczony w wyizolowanym pomieszczeniu na terenie zakładu, w którym doszło do zdarzenia radiacyjnego (Procedura... 2022).

Identyfikację radionuklidu dokonuje się przy wykorzystaniu przenośnego analizatora spektrometrycznego InSpector 1000. Na podstawie zbranego widma pracownicy identyfikują izotop  $\gamma$  promieniotwórczy po jego energii wyrażonej w keV.

Zapisy z przebiegu zdarzenia radiacyjnego są umieszczane w „Karcie badań”. Znajdują się w niej informacje dotyczące miejsca zdarzenia, daty i godziny, warunków atmosferycznych, wykorzystanych mierników pomiarowych, wyniki pomiaru tła promieniowania w chwili wykonywania pomiarów dla odpowiednich lokalizacji (Rzeszów, Tarnobrzeg, Przemyśl, Sanok) odczytanych z sond TDLGE i pozostałe wyniki pomiarów (w tym narażenia pracowników transportujących i wyładowujących odpady) oraz identyfikacji radionuklidów. Widmo promieniowania gamma odczytane miernikiem InSpector 1000 jest archiwizowane

z możliwością późniejszej dodatkowej analizy. W trakcie pracy ekipy WSSE w Rzeszowie jest zapewniona bezpośrednia łączność z: WCZK, SGRChem PSP i CEZAR PAA w celu koordynacji działań i wypracowania ostatecznych decyzji (Dudziński i in. 2022; Rozporządzenie... 2021). Po identyfikacji źródła wiadomość jest przekazywana do CEZAR PAA z informacją dot. rodzaju zidentyfikowanych izotopów, zmierzonej mocy dawki oraz informacją, czy wyznaczono strefę awaryjną. CEZAR wydaje dyspozycje co do sposobu postępowania, tzn. określa, po jakim czasie LPP wykonuje pomiary kontrolne źródła. Jest to obliczane na podstawie czasu połowicznego rozpadu  $T_{1/2}$  wykrytych izotopów. Jeśli moc dawki promieniowania izotopów wykrytych w odpadach, po pomiarach kontrolnych jest na poziomie promieniowania tła, to zgodnie z dyspozycją CEZAR zostaje on zutylizowany. Informacja podsumowująca jest przekazywana także do WCZK (Ustawa... 2020; Wojewódzki plan postępowania... 2015; Załącznik... 2015; <https://rzeszow.uw.gov.pl/wojewoda/komitet-y-komisje-i-zespo-y>). W pozostałych przypadkach Służba Awaryjna (CEZAR) PAA decyduje o utylizacji i przekazaniu odpadów do Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie.

a)



b)



c)



**Rycina 4.** Wyposażenie pomiarowe stosowane w badaniach promieniowania jonizującego: a) źródła promieniotwórcze do sprawdzania mierników; b) miernik typu InSpector 1000; c) miernik typu EKO-C (źródło: WSSE w Rzeszowie)

**Figure 4.** Equipment used in ionising radiation tests: a) reference radioactive sources for radiometer checks; b) an InSpector 1000 device; c) an EKO-C device (source: WSSE in Rzeszów)

### 3. Bezpieczeństwo ekipy awaryjnej podczas zdarzenia radiacyjnego

Miejscami szczególnie niebezpiecznymi ze względu na narażenie na czynniki biologiczno-chemiczne i fizyczne są: wysypiska śmieci, składowiska odpadów przemysłowych, złomowiska, spalarnie śmieci itp. W zależności od miejsca zasygnalizowania zdarzenia radiacyjnego pracownicy LPP przy wykonywaniu pomiarów stosują zróżnicowane środki ochrony indywidualnej. Są to środki niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa osób wykonujących te prace, a także uniknięcia ewentualnego przeniesienia skażenia czy zanieczyszczenia biologicznego, chemicznego lub radiacyjnego na kolejne miejsca, np. środek transportu, czy też inne osoby, w tym domowników, ale jednocześnie umożliwiające sprawne działania.

Za podstawowe środki ochrony indywidualnej należy uznać sprzęt ochrony układu oddechowego, środki ochrony rąk i nóg oraz kombinezon ochronny na całe ciało. Kombinezon powinien być szczelny i stanowić skuteczną ochronę przed nieorganicznymi i organicznymi związkami chemicznymi oraz biologicznymi w postaci cieczy, cieczy rozpylonej oraz pyłu. Szczelna odzież ochronna powinna dawać poczucie swobody podczas ruchu i być odporna na ewentualne rozerwanie. Na rycinie 5a przedstawiono osobę w pełni przygotowaną do wykonywania pomiarów w przypadku zdarzenia radiacyjnego. Urządzenia pomiarowe stosowane w trudnych warunkach również powinny być zabezpieczone środkami ochronnymi. W LPP do tego celu wykorzystuje się worki strunowe (zabezpieczające sprzęt pomiarowy przed: płynami, aerozolami, pyłami itp.), (ryc. 5b).

W przypadku wystąpienia zdarzenia radiacyjnego w miejscu, gdzie występuje narażenie na czynniki biologiczne i chemiczne, w LPP są stosowane: ubrania ochronne typu 3 z nałożonym kapturem (PN-EN 1073-2:2005, PN-EN 14126:2005, PN-EN 14605:2008) oraz nałożoną półmaską filtrującą o najwyższej klasie ochrony FFP3, okulary ochronne, buty z metalową wkładką odporną na przebicie, kaski oraz szczelne rękawice ochronne jednorazowego użycia. Ze względu na możliwość uszkodzenia środków ochrony rąk na podstawie doświadczenia praktycznego można zalecić stosowanie co najmniej dwóch par rękawic (dwuwarstwowo) – aby zabezpieczyć się przed skażeniem w razie rozerwania jednej z nich. Na buty ochronne

stosuje się dodatkową ochronę poprzez założenie worków i sklejenie ich razem z kombinezonem taśmą klejącą. Tak zastosowane środki ochrony indywidualnej pozwalają wyeliminować dostanie się na odzież, jak i ciało pracownika cieczy, pyłów, aerozoli itp.

Podczas zdarzenia radiacyjnego przydatne są również płyny w spryskiwaczach przeznaczone nie tylko do dezynfekcji skóry, lecz także do powierzchni wielorazowego użytku. Doświadczenie praktyczne wskazuje, że do wspomnianego zabezpieczenia butów lub do zaklejenia rękawic wraz z rękawami kombinezonu za pomocą taśmy klejącej najlepszym materiałem jest taśma warsztatowa – ze względu na możliwości jej dzielenia bez użycia dodatkowych narzędzi.

Zakładanie, jak i zdejmowanie środków ochrony indywidualnej powinno się odbywać poza rejonem zdarzenia radiacyjnego, w możliwie jak najbezpieczniejszym miejscu, przy zachowaniu szczególnej ostrożności. W ramach przygotowania do reagowania na zdarzenia radiacyjne członkowie ekipy odbywają podstawowe ćwiczenia w warunkach bezpiecznych poruszania się w kombinezonie, kasku i okularach, wraz z wyposażeniem pomiarowym, w celu adaptacji do procedury postępowania w warunkach rzeczywistych oraz dla nabrania swobody poruszania i manewrowania przyrządami pomiarowymi.

Wszystkie stosowane środki ochrony indywidualnej powinny zapewniać parametry ochronne zgodne z wymaganiami rozporządzenia (UE) 2016/425 i norm z nim zharmonizowanych oraz być oznakowane znakiem zgodności „CE”. Środki te należą do III kategorii ryzyka i przy oznakowaniu znakiem „CE” powinien być numer jednostki notyfikowanej, która sprawuje nadzór nad ich jakością.

Jeśli po wykonanych czynnościach pomiarowych i sprawdzeniu miernikiem EKO-C poziomu skażeń środki ochrony indywidualnej, w tym: kombinezon ochronny wraz z rękawicami, półmaską filtrującą oraz workami strunowymi, są uznane za czyste radiologicznie (środki ochrony indywidualnej nie są skażone substancją promieniotwórczą) – to mogą być one utylizowane jako odpad komunalny. Umieszcza się je w mocnych polietylenowych workach 120-litrowych, które są następnie utylizowane jako odpad komunalny.

Natomiast w przypadku, kiedy na ubraniu stwierdzony zostanie radioizotop w postaci pyłu, cieczy itp., powinna wówczas nastąpić dekontaminacja osób skażonych – w tym celu zostaje wykorzystywany samochód do dekontaminacji zagrożeń chemicznych, biologicznych i radiologicznych (CBRNE). Na rycinie 6 przedstawiono

samochód dekontaminacyjny CBRNE wchodzący w skład wyposażenia SGRChem PSP. Samochód ten pozwala wykonać zarówno dekontaminację ratowników i osób skażonych, jak również dekontaminację sprzętu (np. sprzętu pomiarowego) i wyposażenia użytego przez służby ratownicze w zdarzeniach radiacyjnych.

a)



b)



c)



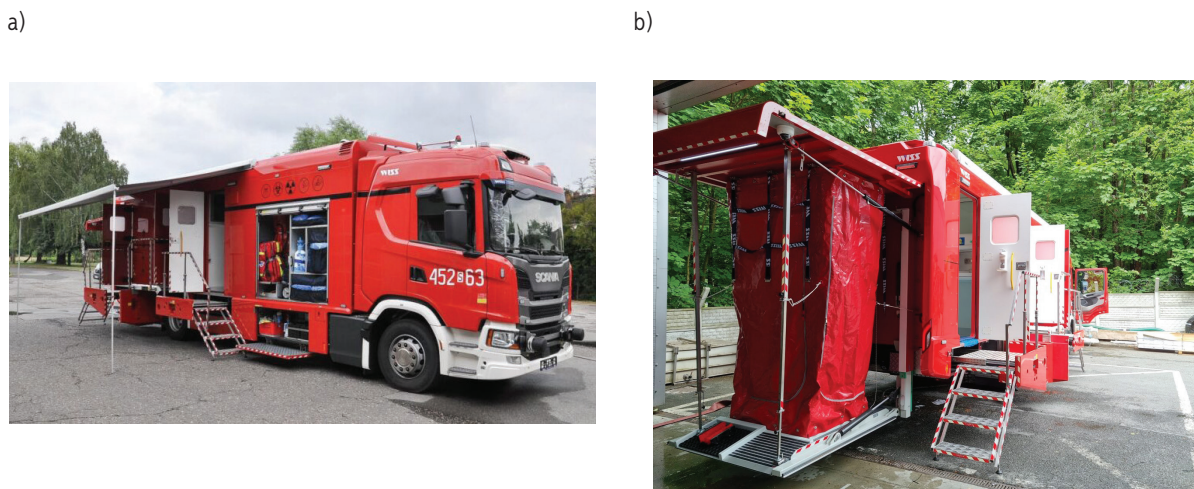
d)



**Rycina 5.** Zabezpieczenie przed zanieczyszczeniami środowiskowymi podczas pracy na terenie placówki przetwarzania odpadów: a) członek ekipy awaryjnej zabezpieczony środkami ochrony indywidualnej; b) sposób zabezpieczenia miernika pomiarowego; c) półmaska filtrująca o klasie ochrony FFP3; d) etykieta ubrania ochronnego (źródło: WSSE w Rzeszowie)

**Figure 5.** Protection against environmental pollution while intervention at the location of municipal waste processing: a) a member of the emergency team protected using personal protective equipment; b) the method of securing the measuring meter; c) protection filtering half mask class FFP3; d) label of the protection suit (source: WSSE in Rzeszów)





**Rycina 6.** Samochód dekontaminacyjny CRBNE: a) widok z boku; b) widok z tyłu (źródło: KP PSP w Leżajsku)  
**Figure 6.** Fire department decontamination car CBRNE: a) side view; b) rear view (source: KP PSP in Leżajsk)

## PODSUMOWANIE

W perspektywie działania służb zespolonych w ramach WCZK personel WSSE w Rzeszowie jest zespołem analitycznym wspierającym wojewodę podkarpackiego. Obecnie zdolność podejmowania decyzji jest uwarunkowana sprawnie przepływającymi informacjami analitycznymi i prognostycznymi.

Dotychczasowe interwencje, w których uczestniczyli pracownicy WSSE w Rzeszowie, dotyczyły źródeł promieniowania powodujących względnie małej mocy dawki promieniowania. Mimo to cały proces przygotowywania się pracowników do reagowania powinien uwrażliwiać ich na to, że skażenie promieniotwórcze jest niewykrywalne zmysłami, dlatego polegamy jedynie na zasadach ochrony radiologicznej, miernikach dozymetrycznych, odzieży i innych indywidualnych środkach ochronnych. Instalacja bramek dozymetrycznych i opisany powyżej tryb postępowania zabezpiecza pracowników zakładów przed otrzymaniem niekontrolowanych dawek promieniowania. W pozostałych przypadkach (braku bramek dozymetrycznych) nie mamy i nie będziemy mieć informacji o poziomie narażenia pracujących tam pracowników, zwłaszcza w sytuacji dalszego rozwoju Medycyny Nuklearnej i Energetyki Jądrowej.

Z tego powodu jest wymagana staranność w stosowaniu zasad ochrony radiologicznej

i rozwijanie kompetencji, aby w sytuacji realnej ograniczyć skalę stresujących i potencjalnie groźnych sytuacji. Stąd zaangażowanie WSSE w unowocześnianie zaplecza analitycznego, wyposażenia pomiarowego, rozwijanie kompetencji poprzez kontakty z takimi służbami i instytucjami, jak: Państwowa Straż Pożarna, Straż Graniczna, Policja, Państwowa Agencja Atomistyki, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

*Autorzy niniejszego opracowania składają podziękowania pracownikom i funkcjonariuszom współpracujących służb i instytucji za wszelkie wskazówki uzyskiwane podczas szkoleń, konferencji i treningów związanych z problematyką reagowania na zdarzenia radiacyjne.*



## Wykaz skrótów stosowanych w artykule

CBRNE	zagrożenia chemiczne, biologiczne, radiologiczne, nuklearne i wzmacnianej broni konwencjonalnej	TDLGE	wysokoczuła sonda do ciągłego pomiaru w środowisku mocy przestrzennego równoważnika dawki, H*(10)
CEZAR	Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki	WCZK	Wojewódzkie Centrum Zarządzania Kryzysowego
LPP	Laboratorium Pomiarów Promieniowania WSSE	WPPA	Wojewódzki Plan Postępowania Awaryjnego
OHR	Oddział Higieny Radiacyjnej WSSE	WSSE	Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna
PAA	Państwowa Agencja Atomistyki	ZITPO	Zakład Instalacji Termicznego Przetwarzania Odpadów
PSP	Państwowa Straż Pożarna	ZMN	Zakład Medycyny Nuklearnej
PMS	Permanent Monitoring Station (stacja ciągłego monitoringu radiologicznego)		
PWIS	Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny		
SGRChem PSP	Specjalistyczna Grupa Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego Państwowej Straży Pożarnej		

## PIŚMIENNICTWO

- Buczyńska A., Cyprowski M., Szadkowska-Stańczyk I. (2006). Czynniki biologiczne, szkodliwe dla zdrowia, występujące w powietrzu na terenie składowisk odpadów komunalnych. *Med. Pr.* 57(6), 531–535.
- Cyprowski M., Ławniczek-Wałczyk A., Gołofit-Szymczak M. i in. (2019). Bacterial aerosols in a municipal landfill environment. *Sci. Total Environ.* 660, 288–296.
- Czerwiński A. (1998). Energia jądrowa i promieniotwórczość. Wyd. I. Oficyna Edukacyjna Krzysztof Pazdro, Warszawa.
- Dudziński Ł., Glinka M., Kubiak T. i in. (2022). Zdarzenia związane z promieniowaniem jonizującym w praktyce Państwowej Straży Pożarnej – obserwacja 7-letnia. *Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna. Biuletyn informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki* 3/2022, 27–33.
- Hrynkiewicz A. (2001). Człowiek i promieniowanie jonizujące. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Kalwasinska A., Burkowska A., Swiontek Brzezinska M. (2014). Exposure of workers of municipal landfill site to bacterial and fungal aerosol, *Clean – Soil, Air, Water* 42(10), 1337–1343.
- Lis D.O., Ulfig K., Wlazlo A. i in. (2004). Microbial air quality in offices at municipal landfills. *J. Occup. Environ. Hyg.* 1(2), 62–68.
- Michalkiewicz M., Piskorek J. (2008). Składowiska odpadów jako źródło skażenia mikrobiologicznego. *Rynek Instalacyjny* 10.
- Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 czerwca 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy (2022). *Kodeks pracy. DzU 2022, poz. 1510.*
- PN-EN 1073-2:2005 Odzież chroniąca przed skażeniami promieniotwórczymi – Część 2: Wymagania i metody badań dotyczące niewentylowanej odzieży chroniącej przed skażeniami cząstkami promieniotwórczymi.
- PN-EN 14126:2005 Odzież ochronna – Wymagania i metody badań dla odzieży chroniącej przed czynnikami infekcyjnymi.
- PN-EN 14605:2008. Odzież chroniąca przed ciekłymi środkami chemicznymi – Wymagania dotyczące odzieży chroniącej całe ciało lub jego poszczególne części, z połączeniami nieprzepuszczającymi cieczy w postaci płynnej (Typ 3) lub rozpylonej (Typ 4).
- Procedura Badawcza LPP (2022). Nr PB/PP-08, wyd. 2 z dnia 30.05.2022 r.
- Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU 2018, poz. 1286 ze zm.*
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU 2011, poz. 166 ze zm.*

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 grudnia 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. DzU 2020, poz. 2234.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych. DzU 2002, poz. 2030.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozymetrycznego. DzU 2002, poz. 2031.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 maja 2021 r. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych. DzU 2021, poz. 1086.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 sierpnia 2021 r. w sprawie wskaźników pozwalających na wyznaczenie dawek promieniowania jonizującego stosowanych przy ocenie narażenia na promieniowanie jonizujące. DzU 2021, poz. 1657.

Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 16 września 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo atomowe. DzU 2021, poz. 1941.

Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach. DzU 2022, poz. 699.

Wojewódzki plan postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych. Zarządzenie nr 47/15 Wojewody Podkarpackiego z dnia 6 marca 2015 r. zmieniające Zarządzenie w sprawie powołania i funkcjonowania Wojewódzkiego Zespołu Zarządzania Kryzysowego.

Załącznik do zarządzenia nr 47/15 Regulamin Wojewódzkiego Zespołu Zarządzania Kryzysowego.

Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym. KG PSP, Warszawa, listopad 2021 r.

## Strony internetowe

Oficjalna strona Państwowej Agencji Atomistyki, <https://www.gov.pl/web/paa/reagowanie-w-zdarzeniach-radiacyjnych>.

Oficjalna strona Podkarpackiego Urzędu Wojewódzkiego w Rzeszowie, <https://rzeszow.uw.gov.pl/wojewoda/komitet-y-komisje-i-zespoły>.

Oficjalna strona polskiego producenta sprzętu pomiarowego dla przemysłu i laboratoriów, <https://www.polonizot.pl/katalog-produktow/mierniki-skazenia-promieniotworczego/system-detekcji-skazenia-bramka-dozymetryczna/>.

Oficjalna strona producenta izotopowej aparatury pomiarowej TD-electronics, <https://td-electronics.pl/produkty/srodowiskowe/sonda-tdlg-tdlge/>.

Raport roczny (2021). Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2020 roku, <https://www.gov.pl/attachment/c8bfc81c-b1fb-4417-af1f-9838cc7f6892>.

Raport roczny (2022). Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2021 roku, <https://www.gov.pl/attachment/df08ef6c-7b67-4ce8-8912-b394481c46d5>.

### Adres do korespondencji/Contact details:

mgr inż. MAREK GARUS<sup>1</sup>

dr inż. ADAM SIDOR<sup>1,2</sup>

Marek.Garus@sanepid.gov.pl

lpp.wsse.rzeszow@sanepid.gov.pl

<sup>1</sup> Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Rzeszowie

Laboratorium Pomiarów Promieniowania  
ul. Wierzbowa 16, 35-959 Rzeszów, Polska

<sup>2</sup> Kolegium Nauk Medycznych, Uniwersytet Rzeszowski  
Al. Kopisto 2a, 35-959 Rzeszów, Polska

## DEFINICJE TERMINÓW DOTYCZĄCYCH ZDARZEŃ RADIACYJNYCH/ TERMS AND DEFINITIONS REGARDING RADIATION EMERGENCIES

aktywność powierzchniowa	przy pomiarach skażenia z powierzchni jednostkowej, szybkości rozpadu promieniotwórczego jąder atomowych, wyrażona w bekerelach/cm <sup>2</sup> ; 1 Bq = 1 rozpad/s ( <i>Czerwiński</i> 1998)
aktywność promieniotwórcza	szybkość rozpadu promieniotwórczego jąder atomowych, wyrażona w bekerelach; 1 Bq = 1 rozpad/s ( <i>Czerwiński</i> 1998)
bramka dozymetryczna	urządzenie do wykrywania źródeł niekontrolowanych (Ustawa... 2020), przeznaczone do monitoringu pojazdów lub osób pod kątem skażenia izotopami gamma. Elementem detekcyjnym są scyntylatory ( <i>Czerwiński</i> 1998)
cps	szybkość zdarzeń na sekundę rejestrowanych przez miernik aktywności źródła promieniowania jonizującego (wg specyfikacji technicznej aparatury pomiarowej)
członek ekipy awaryjnej	osoba pełniąca określoną funkcję podczas zdarzenia radiacyjnego, która może zostać narażona podczas wykonywania zadań w związku ze zdarzeniem radiacyjnym – w szczególności pracownik jednostki organizacyjnej, w której wystąpiło zdarzenie radiacyjne, pracownik organu, funkcjonariusz służby lub żołnierz – biorący udział w likwidacji zagrożenia, w tym w działaniach ratowniczych, lub usuwaniu skutków zdarzenia radiacyjnego (Ustawa... 2020)
dawka graniczna	wartość dawki promieniowania jonizującego pochodzącej od kontrolowanej działalności zawodowej, której poza przypadkami przewidzianymi w przepisach ustawy nie wolno przekroczyć (Ustawa... 2020), wyrażona jako: a) dawka skuteczna (efektywna), b) dawka równoważna
dawka pochłonięta	energia pochłonięta w jednostce masy, wyrażona w greyach; 1 Gy = 1 J/kg
dawka równoważna	dawka pochłonięta w tkance lub w narzędziu, ważona dla rodzaju i energii promieniowania, wyrażona w siverdach; 1 Sv = 1 J/kg (Ustawa... 2020)
dawka skuteczna (efektywna)	suma ważonych dawek równoważnych od zewnętrznego i wewnętrznego napromienienia tkanek i narządów, wyrażona w siverdach; 1 Sv = 1 J/kg (Ustawa... 2020)
dozymetria promieniowania jonizującego	pomiar mocy dawki promieniowania wraz z określeniem rodzaju promieniowania jonizującego ( <i>Czerwiński</i> 1998)
indywidualny równoważnik dawki Hp(d)	równoważnik dawki w miękkiej tkance, na odpowiedniej głębokości d, poniżej określonego punktu w ciele; 1 Sv = 1 J/kg ( <i>Brodecki</i> i in. 2012)
izotop promieniotwórczy, radionuklid, radioizotop	odmiany pierwiastków, których jądra atomów są niestabilne i samorzutnie ulegają przemianie promieniotwórczej. W wyniku tej przemiany powstają inne jądra atomowe i emitowane są cząstki elementarne, a także uwalniana jest energia oraz może być emitowane promieniowanie gamma ( <i>Czerwiński</i> 1998)
promieniowanie α	jonizujące promieniowanie korpuskularne, strumień cząstek alfa, które są jądrami helu (2 protony i 2 neutrony), ( <i>Czerwiński</i> 1998)
promieniowanie β	jonizujące promieniowanie korpuskularne, strumień elektronów (z rozpadu β <sup>-</sup> ) lub pozytonów (z rozpadu β <sup>+</sup> ), ( <i>Czerwiński</i> 1998)
promieniowanie γ	jonizujące promieniowanie elektromagnetyczne wytwarzane w wyniku przemian jądrowych albo zderzeń jąder lub cząstek subatomowych ( <i>Czerwiński</i> 1998)
przestrzenny równoważnik dawki H*(d)	równoważnik dawki w punkcie pola promieniowania, który byłby wytworzony na głębokości d przez odpowiednie pole rozciągnięte i zorientowane w kuli ICRU (definiowanej jako: kula z materiału równoważnego tkance, o średnicy 30 cm i gęstości 1 g/cm <sup>3</sup> , której skład masowy to 76,2% tlenu, 11,1% węgla, 10,1% wodoru i 2,6% azotu [wg International Commission on Radiation Units and Measurements]); 1 Sv = 1 J/kg ( <i>Brodecki</i> i in. 2012)
skażenie promieniotwórcze	niezamierzona lub niepożądana obecność substancji promieniotwórczych: a) na powierzchni lub w ciałach stałych, cieczach lub gazach, b) wewnątrz lub na powierzchni ciała ludzkiego (Ustawa... 2020)
spektrometria promieniowania gamma	ilościowy pomiar widma promieniowania gamma z określeniem emitowanej energii przez nuklidy ( <i>Hryniewicz</i> 2001)

substancja promieniotwórcza	substancja zawierająca jeden lub więcej izotopów promieniotwórczych o takiej aktywności lub stężeniu promieniotwórczym, które nie mogą być pominięte z punktu widzenia ochrony radiologicznej (Ustawa... 2020)
zdarzenie radiacyjne	nietyпова sytuacja lub zdarzenie związane ze źródłem promieniowania jonizującego, wymagające podjęcia pilnych działań interwencyjnych w celu: a) złagodzenia poważnych niepożądanych skutków dla zdrowia ludzi, ich bezpieczeństwa, jakości życia, mienia lub środowiska, lub b) zmniejszenia ryzyka, które mogłoby doprowadzić do poważnych niepożądanych skutków (o których mowa w wyliczeniu a), (Ustawa... 2020)

definicje podano zgodnie z:

(Brodecki i in. 2012) Brodecki M., Domienik J., Zmysłony M. (2012). System wielkości dozymetrycznych do oceny poziomu dawek otrzymanych przez personel zawodowo narażony na zewnętrzne źródła promieniowania jonizującego, Med. Pr. 63(5), 607–617.

(Czerwiński 1998) Czerwiński A. (1998). Energia jądrowa i promieniotwórczość. Wyd. I Oficyna Edukacyjna Krzysztof Pazdro, Warszawa.

(Hrynkiewicz 2001) Człowiek i promieniowanie jonizujące (2001). [Red.] A. Hrynkiewicz. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.

(Ustawa... 2020) Ustawa z dn. 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 16 września 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo atomowe (DzU 2021, poz. 1941).