

**MONITORING SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH WÓD  
POWIERZCHNIOWYCH I OSADÓW DENNYCH  
W LATACH 2009-2010**

**Raport roczny  
2009**

Z.Pietrzak-Flis, L.Rosiak, E.Chrzanowski, A.Adamczyk



Opracowanie wykonano na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (umowa nr 14/2009/F z dnia 28.05.2009) finansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr 168/2009/Wn50/MN-PO-BD/D z dnia 14.05.2009 r.

**Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej**

**Listopad 2009**

## WSTĘP

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w latach 2009-2010 prowadzony jest w oparciu o następujące akty prawne:

1. Ustawa – Prawo ochrony środowiska (Dz.U. Nr 62, poz. 627 z późn. zm.) art. 26. W artykule tym zdefiniowane są cele i zadania Państwowego Monitoringu Środowiska, w tym monitoringu promieniowania jonizującego.
2. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych (Dz.U. Nr 239, poz. 2030), przygotowane na podstawie delegacji zawartej w Prawie Atomowym (Dz.U. z 2001r. Nr 3, poz. 18. z późniejszymi zmianami).

Powyższe akty prawne stanowią podstawę zawartej Umowy nr 14/2009/F pomiędzy Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska z siedzibą w Warszawie, a Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Szczegółowy zakres monitoringu zawiera Załącznik nr 1 do powyższej Umowy.

Monitoring skażeń promieniotwórczych zaleca Komisja Europejska w Rekomendacji z 8 czerwca 2000 roku o stosowaniu Artykułu 36 Traktatu Euroatomu dotyczącego monitoringu poziomów radioaktywności w środowisku w celu oceny ekspozycji całej populacji.

W niniejszym Raporcie przedstawiono wyniki monitoringu prowadzonego w 2009 roku.

## ZAKRES PRACY

Próbki wody i osadów dennych pobierano w 18 punktach, usytuowanych w dorzeczu Wisły (7 punktów), w dorzeczu Odry (5 punktów) i w sześciu jeziorach. Wykaz punktów poboru wody i osadów dennych oraz współrzędne geograficzne miejscowości, w których pobierano próbki podano w Tabeli 1 i 2. W Tabeli 1 podano również odległości punktów poboru z Wisły od punktu zerowego oraz odległości punktów poboru z Odry od granicy państwa.

Terminy poboru próbek były następujące:

1. Termin wiosenny – od 4 czerwca do 19 lipca;
2. Termin jesienny - od 8 września do 11 października.

W ramach Programu Monitoringu oznaczono  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach oraz  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  i  $^{238}\text{Pu}$  w osadach dennych.

**Tabela 1.** Punkty poboru próbek wody i osadów dennych z rzek

Rzeka	Miejsce poboru próbek	Długość geograficzna wschodnia DMS <sup>a)</sup>	Szerokość geograficzna północna DMS	Odległość od punktu zerowego, km
Wisła	Kraków Tynec	20°10'48"	50°42'50"	63,7
	Annopol	21°51'33"	50°53'10"	295
	Warszawa	21°00'59"	52°14'07"	510
	Płock	19°41'52"	52°32'50"	632
	Kieżmark	18°55'51"	54°15'14"	926
Narew	Pułtusk	21°05'08"	52°42'18"	-
Bug	Wyszków	21°27'22"	52°36'10"	-
Odra	Chałupki	18°19'10"	49°55'22"	0 <sup>b)</sup>
	Wrocław	17°02'12"	51°06'34"	249 <sup>b)</sup>
	Głogów	16°04'55"	51°39'11"	393 <sup>b)</sup>
	Krajnik	14°28'50"	53°11'44"	690 <sup>b)</sup>
Warta	Poznań	16°55'21"	52°24'30"	-

<sup>a)</sup> stopnie, minuty, sekundy    <sup>b)</sup> odległość od granicy państwa

**Tabela 2.** Punkty poboru próbek wody i osadów dennych z jezior

Jezioro i miejsce poboru	Województwo	Długość geograficzna wschodnia DMS <sup>a)</sup>	Szerokość geograficzna północna DMS
Drawsko, Stare Drawsko	zachodnio-pomorskie	16°11'51"	53°36'08"
Wadąg, Myki	warmińsko-mazurskie	20°32'35"	53°49'10"
Wielkie Partęczyny	kujawsko-pomorskie	19°13'02"	53°28'13"
Rogóżno	lubelskie	22°59'25"	51°22'03"
Niestysz, Niesulice	lubuskie	15°24'05"	52°12'41"
Wigry, Stary Folwark	podlaskie	23°03'24"	54°05'07"

<sup>a)</sup> stopnie, minuty, sekundy

## METODYKA MONITORINGU

### Pobór próbek i wstępna preparatyka

Próbki wody z rzek pobierano z głównego nurtu, natomiast wodę z jezior z pomostów, przy użyciu obciążonego wiadra z liną. Objętość próbki wynosiła 20 litrów. Wodę z wiadra przenoszono do pojemników polietylenowych i zakwaszano kwasem azotowym. Osady denne pobierano używając szufelki, z trzech miejsc oddalonych od siebie o ok. 50 m i sporządzano próbkę zbiorczą o masie ok. 1 kg. Po przywiezieniu do laboratorium wodę odparowywano z dodatkiem kwasu azotowego; osady denne po usunięciu kamyków i części roślin, suszono w temp. 105°C do stałej wagi i przesiewano przez sito o średnicy oczek 2 mm.

### Metody analityczne

$^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach oraz  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  i  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach dennych oznaczano zgodnie z zatwierdzoną przez Prezesa PAA „Techniką pomiarową do ilościowego oznaczania  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach powierzchniowych” i „Techniką pomiarową do ilościowego oznaczania  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  i  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach dennych”. W przypadku  $^{90}\text{Sr}$  określano wydajność chemiczną wydzielania strontu przez dodanie znanej aktywności znacznika ( $^{85}\text{Sr}$ ) przed rozpoczęciem analizy i pomiarze aktywności tego izotopu po jej zakończeniu. Ze względu na niskie stężenia plutonu w osadach dennych, zwiększono masę analizowanej próbki do 50g.

### $^{137}\text{Cs}$ i $^{90}\text{Sr}$ w wodzie

$^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  oznaczano w tej samej próbce. Metoda oznaczania  $^{137}\text{Cs}$  polega na selektywnej sorpcji cezu na złożu fosfomolibdenianu amonu (AMP) i pomiarze aktywności  $\beta$  preparatu. Do oznaczenia  $^{90}\text{Sr}$  stosowano metodę polegającą na oznaczeniu  $^{90}\text{Y}$ , krótkożyciowego izotopu ( $T_{1/2}$  - 64,2 h) powstającego w wyniku rozpadu  $^{90}\text{Sr}$ . Wydajność radiochemiczna oznaczeń  $^{90}\text{Sr}$  była wysoka i wynosiła w próbkach analizowanych w okresie wiosennym średnio  $96 \pm 3$ , a w próbkach analizowanych w okresie jesiennym  $92 \pm 6\%$ .

Do pomiaru aktywności  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  stosowano niskotłowy zestaw aparaturowy, produkcji duńskiej, oparty na licznikach przepływowych GM (Riso GM-25-5) o biegu własnym około 0,2 imp/min i wydajności pomiaru ok. 40%. Kalibrację aparatury prowadzono za pomocą roztworów wzorcowych  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$ . Wzorce do kalibracji aparatury wykonywano w taki sam sposób jak analizowane próbki. Wydajność osadzania  $^{137}\text{Cs}$  na złożu AMP wynosi ok. 99%, a jego granica oznaczalności dla czasu pomiaru 180 min wynosi 0,32 mBq/l. Granica oznaczalności  $^{90}\text{Sr}$  dla czasu pomiaru 120 min wynosi 0,45 mBq/l.

### **$^{137}\text{Cs}$ , $^{238}\text{Pu}$ i $^{239,240}\text{Pu}$ w osadach dennych**

$^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych oznaczano metodą spektrometrii gamma. Po wstępnej preparatyce naważki osadu przenoszono do pojemników typu Marinelli o objętości 450 ml i umieszczano w układzie pomiarowym.

Stosowany do pomiaru spektrometr składa się z detektora germanowego (HP Ge) znajdującego się w ołowianym domku osłonowym o grubości ścianek 10 cm i wyłożonym 2-mm warstwą miedzi. Detektor połączony jest z wielokanałowym analizatorem amplitudy impulsów MULTIPORT II MCA z oprogramowaniem spektrometrycznym GENIE-2000 firmy Canberra. Zdolność rozdzielcza detektora wynosi 1,8 keV dla  $^{60}\text{Co}$  (1332 keV), a względna wydajność 33%. Czas pomiaru dobierano w taki sposób, aby błąd pomiaru nie przekraczał 10%. Granica detekcji przy czasie pomiaru 250000 s wynosi 0,20 Bq/kg suchej masy osadu dennego.

Kalibrację układu pomiarowego prowadzono stosując wzorzec w geometrii Marinelli, zawierające mieszaninę izotopów o energiach od 0,088 MeV do 1,836 MeV w jednorodnej matrycy o gęstości 1,3 g/cm<sup>3</sup>.

Zasada metody oznaczania  $^{239,240}\text{Pu}$  i  $^{238}\text{Pu}$  polega na wydzieleniu plutonu z badanej próbki, elektrodepozycji i pomiarze aktywności metodą  $\alpha$ -spektrometryczną. Analizę prowadzono w obecności znacznika ( $^{242}\text{Pu}$ ), co pozwala na określenie wydajności chemicznej i wydajności pomiaru. Pluton wydzielano z próbki stosując wymianę jonową, a następnie prowadzono elektrodepozycję plutonu na krążkach stalowych. Aktywność izotopów plutonu mierzono za pomocą spektrometru  $\alpha$ . Pomiar prowadzono przez 164000 s, granica detekcji wynosiła 0,2 mBq/ próbkę. Wydajność radiochemiczna plutonu wynosiła średnio w próbkach pobranych w okresie wiosennym  $55 \pm 9\%$ , a w okresie jesiennym  $56 \pm 19\%$ .

## **WYNIKI I ICH OMÓWIENIE**

### **$^{137}\text{Cs}$ i $^{90}\text{Sr}$ w wodach**

W Tabeli 3 przedstawiono stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w próbkach wody pobranej w rzekach i w jeziorach, w okresie wiosennym i jesiennym 2009 roku, średnie roczne stężenie tego radionuklidu oraz podano daty poboru próbek wody i osadów dennych oraz Średnie stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w wodach rzek mieściły się w granicach od 1,56 mBq/l w Warcie (Poznań) do 4,13 mBq/l w Odrze (Wrocław), natomiast w jeziorach wynosiły od 2,18 mBq/l (Wigry i Partęczyny) do 5,85 mBq/l w jeziorze Rogóźno.

**Tabela 3.** Stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w wodach Wisły, Odry i ich dopływów oraz w jeziorach w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenie tego radionuklidu w 2009 r.

Lp.	Miejsce poboru próbki	Data poboru próbki	$^{137}\text{Cs}$ , wiosna mBq l <sup>-1</sup>	Data poboru	$^{137}\text{Cs}$ , jesień, mBq l <sup>-1</sup>	$^{137}\text{Cs}$ , średnia roczna mBq l <sup>-1</sup>
1.	Wisła Kraków Tyniec	19.07	3,20 ± 0,29 <sup>a)</sup>	05.10	4,45 ± 0,42	3,82 ± 0,52
2.	Wisła Anopol	19.07	1,27 ± 0,15	06.10	2,82 ± 0,31	2,05 ± 0,35
3.	Wisła Warszawa	04.06	2,18 ± 0,26	08.09	3,24 ± 0,34	2,71 ± 0,43
4.	Wisła Płock	22.06	1,84 ± 0,23	17.09	2,80 ± 0,30	2,32 ± 0,38
5.	Wisła Kiezmark	21.06	1,53 ± 0,23	17.09	2,37 ± 0,33	1,95 ± 0,40
6.	Narew Pułtusk	04.06	1,91 ± 0,23	08.09	2,23 ± 0,26	2,07 ± 0,35
7.	Bug Wyszaków	04.06	2,36 ± 0,28	08.09	2,44 ± 0,28	2,40 ± 0,39
8.	Odra Chałupki	19.07	2,26 ± 0,24	05.10	4,13 ± 0,39	3,20 ± 0,46
9.	Odra Wrocław	10.06	3,31 ± 0,35	05.10	4,94 ± 0,46	4,13 ± 0,57
10.	Odra Głogów	10.06	3,19 ± 0,34	11.10	3,36 ± 0,35	3,28 ± 0,49
11.	Odra Krajnik	08.06	2,25 ± 0,26	09.10	2,39 ± 0,27	2,32 ± 0,38
12.	Warta Poznań	09.06	1,98 ± 0,24	10.10	1,14 ± 0,18	1,56 ± 0,30
13.	Wigry Stary Folwark	21.06	1,53 ± 0,21	18.09	2,84 ± 0,31	2,18 ± 0,37
14.	Wadąg Myki	21.06	1,83 ± 0,23	18.09	3,63 ± 0,37	2,73 ± 0,43
15.	Wielkie Partęczyny	22.06	1,78 ± 0,23	17.09	2,58 ± 0,28	2,18 ± 0,36
16.	Drawsko Stare Drawsko	08.06	2,81 ± 0,30	09.10	2,28 ± 0,26	2,55 ± 0,16
17.	Niesłysz Niesulice	09.06	2,55 ± 0,29	10.10	2,78 ± 0,31	2,66 ± 0,16
18.	Rogóżno Rogóżno	19.07	5,07 ± 0,42	06.10	6,57 ± 0,55	5,85 ± 0,12

<sup>a)</sup>Wartość ± Całkowita Względna Niepewność (CWN) przy poziomie ufności 95%.

**Tabela 4.** Stężenie  $^{90}\text{Sr}$  w wodach Wisły, Odry ich dopływów i w jeziorach w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenie tego radionuklidu w 2009 r.

Lp.	Miejsce poboru próbki	$^{90}\text{Sr}$ , wiosna $\text{mBq l}^{-1}$	$^{90}\text{Sr}$ , jesień, $\text{mBq l}^{-1}$	$^{90}\text{Sr}$ , średnia roczna $\text{mBq l}^{-1}$
1.	Wisła Kraków Tyniec	$7,38 \pm 0,47^{\text{a}}$	$5,71 \pm 0,43$	$6,55 \pm 0,64$
2.	Wisła Annopol	$3,46 \pm 0,29$	$2,78 \pm 0,28$	$3,12 \pm 0,40$
3.	Wisła Warszawa	$2,54 \pm 0,26$	$3,37 \pm 0,31$	$2,96 \pm 0,40$
4.	Wisła Płock	$3,34 \pm 0,30$	$3,25 \pm 0,30$	$3,30 \pm 0,42$
5.	Wisła Kiezmark	$2,61 \pm 0,25$	$3,34 \pm 0,31$	$2,98 \pm 0,40$
6.	Narew Pułtusk	$1,96 \pm 0,23$	$3,28 \pm 0,29$	$2,62 \pm 0,47$
7.	Bug Wyszków	$2,81 \pm 0,27$	$3,19 \pm 0,28$	$3,00 \pm 0,39$
8.	Odra Chałupki	$3,42 \pm 0,25$	$4,70 \pm 0,38$	$4,06 \pm 0,45$
9.	Odra Wrocław	$3,70 \pm 0,33$	$5,67 \pm 0,41$	$4,69 \pm 0,53$
10.	Odra Głogów	$4,46 \pm 0,36$	$4,47 \pm 0,35$	$4,47 \pm 0,50$
11.	Odra Krajnik	$2,27 \pm 0,25$	$3,28 \pm 0,20$	$2,78 \pm 0,32$
12.	Warta Poznań	$3,66 \pm 0,32$	$3,20 \pm 0,28$	$3,43 \pm 0,43$
13.	Wigry Stary Folwark	$2,02 \pm 0,24$	$1,57 \pm 0,19$	$1,80 \pm 0,31$
14.	Wadąg Myki	$2,74 \pm 0,26$	$2,80 \pm 0,28$	$2,77 \pm 0,38$
15.	Wielkie Partęczyny	$2,33 \pm 0,24$	$2,31 \pm 0,25$	$2,32 \pm 0,35$
16.	Drawsko Stare Drawsko	$3,58 \pm 0,32$	$3,31 \pm 0,28$	$3,45 \pm 0,43$
17.	Niesłysz Niesulice	$1,82 \pm 0,22$	$1,49 \pm 0,19$	$1,66 \pm 0,29$
18.	Rogóżno Rogóżno	$7,97 \pm 0,49$	$9,96 \pm 0,57$	$8,97 \pm 0,75$

<sup>a)</sup>Wartość  $\pm$  CWN przy poziomie ufności 95%.

Stężenie  $^{90}\text{Sr}$  w wodach rzek i jezior było wyższe niż stężenie  $^{137}\text{Cs}$  (Tabela 4). Średnie roczne stężenie tego radionuklidu wahało się od 2,62 mBq/l w wodzie z Narwi (Pułtusk) do 6,55 mBq/l w wodzie pobranej z Wisły w Tyńcu. W jeziorach zakres stężeń był szerszy i wynosił od 1,66 mBq/l w wodzie pobranej w jeziorze Niestysz do 8,97 mBq/l w wodzie pobranej w Rogóźnie.

Średnie stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w wodach dorzecza Wisły, dorzecza Odry i w jeziorach oraz wartości średnie dla wszystkich wód, pobieranych w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne przedstawiono w Tabeli 5. Średnie stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w 2009 roku było najniższe w dorzeczu Wisły i wynosiło 2,47 mBq/l wody. W wodach dorzecza Odry i jezior stężenie tego radionuklidu było ok. 20% wyższe od jego stężenia w wodach dorzecza Wisły. Średnie stężenie  $^{137}\text{Cs}$  we wszystkich badanych wodach wynosiło ok. 2,8 mBq/l.

**Tabela 5.** Średnie stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w wodach dorzecza Wisły, Odry i jezior w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenie tego izotopu

Lokalizacja poboru próbek	$^{137}\text{Cs}$ mBq l <sup>-1</sup> wiosna	$^{137}\text{Cs}$ mBq l <sup>-1</sup> jesień	$^{137}\text{Cs}$ mBq l <sup>-1</sup> średnia roczna
Dorzecze Wisły (7) <sup>a)</sup>	2,04 ± 0,63 <sup>b)</sup>	2,91 ± 0,76	2,47 ± 0,64 (14)
Dorzecze Odry (5)	2,60 ± 0,61	3,19 ± 1,60	2,90 ± 0,98 (10)
Jeziora (6)	2,60 ± 1,31	3,45 ± 1,60	3,02 ± 1,39 (12)
Średnia ogólna (18)	2,38 ± 0,91	3,17 ± 1,26	2,77 ± 1,00 (36)

<sup>a)</sup> Liczba próbek wody

<sup>b)</sup> Wartość średnia ± Odchylenie Standardowe (OS)

Średnie stężenia  $^{90}\text{Sr}$  w próbkach wody było bardziej wyrównane niż stężenie  $^{137}\text{Cs}$  i praktycznie nie zależało od miejsca poboru próbek. Średnie roczne stężenie aktywności  $^{90}\text{Sr}$  w dorzeczu Wisły i w jeziorach wynosiło odpowiednio 3,50 mBq/l i 3,49 mBq/l, a w dorzeczu Odry 3,88 mBq/l (Tabela 6).

Stosunek stężeń  $^{90}\text{Sr}$  do  $^{137}\text{Cs}$  prawie we wszystkich próbkach wody pobranej z rzek było większe od jedności, jedynie w czterech próbkach było bliskie jedności (od 0,99 do 1,04). W wodach pobranych w jeziorach, w czterech przypadkach stężenie  $^{137}\text{Cs}$  przewyższało stężenie  $^{90}\text{Sr}$ . Średnie wartości stosunku aktywności  $^{90}\text{Sr}$  do  $^{137}\text{Cs}$  w wodach dorzecza Wisły, dorzecza



Odry i jezior w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne wartości przedstawiono w Tabeli 7.

**Tabela 6.** Średnie stężenie  $^{90}\text{Sr}$  w wodach dorzecza Wisły, Odry i jezior w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenie tego izotopu

Lokalizacja poboru próbek	$^{90}\text{Sr}$ mBq l <sup>-1</sup> wiosna	$^{90}\text{Sr}$ mBq l <sup>-1</sup> jesień	$^{90}\text{Sr}$ mBq l <sup>-1</sup> średnia roczna
Dorzecze Wisły (7) <sup>a)</sup>	3,44 ± 1,81	3,56 ± 0,97	3,50 ± 1,36 (14)
Dorzecze Odry (5)	3,50 ± 0,79	4,26 ± 1,04	3,88 ± 0,78 (10)
Jeziora (6)	3,41 ± 2,32	3,57 ± 3,21	3,49 ± 2,76 (12)
Średnia ogólna (18)	3,45 ± 1,70	3,76 ± 1,93	3,60 ± 1,75 (36)

<sup>a)</sup> Liczba próbek wody

<sup>b)</sup> Wartość średnia ± OS

**Tabela 7.** Średni stosunek stężeń aktywności  $\text{Sr-90}$  do  $\text{Cs-137}$  w dorzeczu Wisły, Odry i w wodach jezior w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne

Lokalizacja poboru próbek	$\frac{^{90}\text{Sr}}{^{137}\text{Cs}}$ wiosna Średnia i zakres	$\frac{^{90}\text{Sr}}{^{137}\text{Cs}}$ jesień Średnia i zakres	$\frac{^{90}\text{Sr}}{^{137}\text{Cs}}$ średnia roczna Średnia i zakres
Dorzecze Wisły (7) <sup>a)</sup>	1,70 ± 0,64 1,03 – 2,73	1,24 ± 0,20 0,99 – 1,47	1,47 ± 0,29 (14) 1,10 – 1,86
Dorzecze Odry (5)	1,38 ± 0,33 1,01 – 1,85	1,56 ± 0,71 1,14 – 2,81	1,47 ± 0,49 (10) 1,13- 2,33
Jeziora (6)	1,28 ± 0,30 0,71 – 1,57	0,95 ± 0,43 0,54 – 1,52	1,12 ± 0,32 (12) 0,63 – 1,54
Średnia ogólna (18)	1,47 ± 0,48 0,71 – 2,73	1,14 ± 0,31 0,54 – 2,81	1,34 ± 0,38 (36) 0,63 – 2,33

<sup>a)</sup>Liczba próbek

Średni roczny stosunek aktywności  $\text{Sr-90}$  do  $\text{Cs-137}$  w wodach dorzecza Wisły i Odry wynosił 1,47. W wodach jezior był niższy i wynosił 1,12. W Tabeli 7 podane zostały również zakresy wartości  $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ . Zakresy te mieszczą się w szerokich granicach, co może wynikać z różnego stopnia wymywania obu izotopów z gleby do zbiorników wodnych oraz wielkości zlewni.

### $^{137}\text{Cs}$ , $^{239,240}\text{Pu}$ i $^{238}\text{Pu}$ w osadach dennych

Stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych Wisły, Odry ich dopływów i w jeziorach w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenie tego radionuklidu w 2009 roku przedstawiono w Tabeli 8. Średnie roczne stężenia tego izotopu zawierały się w granicach od 0,61 Bq/kg w próbce pobranej w Wiśle w Płocku do 41,4 Bq/kg w osadzie dennym pobranym w jeziorze Rogóźno. W wielu przypadkach wystąpiły wyraźne różnice w stężeniu  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych pobranych w okresie wiosennym i jesiennym w tym samym punkcie poboru. Średnie stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych dorzecza Wisły, dorzecza Odry oraz jezior pobranych w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenia przedstawiono w Tabeli 9. Najniższe stężenia  $^{137}\text{Cs}$ , podobnie jak w przypadku wody, obserwowano w dorzeczu Wisły (średnia roczna wynosiła 2,66 Bq/kg), w dorzeczu Odry było ono ok. 30% wyższe (3,65 Bq/kg), a w jeziorach prawie 5 krotnie wyższe (12,6 Bq/kg). Na wyższe średnie stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych jezior miał wpływ bardzo wysoki poziom tego radionuklidu w osadzie pobranym w okresie jesiennym w jeziorze Rogóźno (76,3 Bq/kg).

Stężenie  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach dennych pobranych w okresie wiosennym i jesiennym w dorzeczu Wisły, Odry i w jeziorach przedstawiono w Tabeli 10. W Tabeli podano również średnie roczne stężenie powyższych izotopów.

Średnie roczne stężenie  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach dennych rzek zawiera się w granicach od 6,79 mBq/kg w Odrze (Wrocław) do 68,3 mBq/kg w Chałupkach (Odra). W jeziorach zakres ten był nieco mniejszy i wynosi od 9,81 mBq/kg w Drawsku do 46,3 mBq/kg w Rogóźnie. Podobnie jak w przypadku  $^{137}\text{Cs}$  najniższe średnie stężenia  $^{239,240}\text{Pu}$  obserwowano w dorzeczu Wisły, następnie w dorzeczu Odry i w jeziorach (Tabela 11). Średni poziom  $^{239,240}\text{Pu}$  w rzekach i jeziorach był niski. Jedynie w osadzie dennym w Chałupkach (Odra) oraz w jeziorze Niesłysz i Rogóźno stężenie  $^{239,240}\text{Pu}$  przekraczało dwa do trzech razy wartości średnie.

W osadach, równoległe z  $^{239,240}\text{Pu}$  oznaczano  $^{238}\text{Pu}$ . Stężenie tego ostatniego izotopu było w większości próbek mniejsze od granicy detekcji (2 mBq/kg). Obecność  $^{238}\text{Pu}$  powyżej granicy detekcji daje możliwość określenia stosunku aktywności  $^{238}\text{Pu}$  do  $^{239,240}\text{Pu}$ , a następnie źródła pochodzenia  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach dennych. Stosunek ten w opadzie po próbnych wybuchach jądrowych mieścił się w zakresie od 0,03 do 0,05. Z powodu krótszego okresu połowicznego rozpadu  $^{238}\text{Pu}$  wartość tego stosunku uległa zmniejszeniu i w 2000 roku wynosiła średnio 0,029. Stosunek aktywności  $^{238}\text{Pu}$  do  $^{239,240}\text{Pu}$  w opadzie po awarii czarnobylskiej był znacznie wyższy i wynosił średnio 0,5.  $^{238}\text{Pu}$  w stężeniach wyższych od 2

mBq/kg oznaczono w siedmiu próbkach osadów pobranych w okresie wiosennym i w czterech próbkach pobranych jesienią.

**Tabela 8.** Stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych Wisły, Odry ich dopływów i w jeziorach w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenie tego radionuklidu w 2009 r.

Lp.	Miejsce poboru próbki	$^{137}\text{Cs}$ , wiosna $\text{Bq kg}^{-1}$	$^{137}\text{Cs}$ , jesień, $\text{Bq kg}^{-1}$	$^{137}\text{Cs}$ , średnia roczna $\text{Bq kg}^{-1}$
1.	Wisła Kraków Tynec	$1,75 \pm 0,16^{\text{a}}$	$2,59 \pm 0,24^{\text{a}}$	$2,17 \pm 0,29$
2.	Wisła Annopol	$2,54 \pm 0,25$	$1,48 \pm 0,16$	$2,01 \pm 0,30$
3.	Wisła Warszawa	$0,67 \pm 0,07$	$4,38 \pm 0,42$	$2,52 \pm 0,43$
4.	Wisła Płock	$0,94 \pm 0,20$	$0,28 \pm 0,09$	$0,61 \pm 0,09$
5.	Wisła Kieźmark	$1,85 \pm 0,10$	$0,86 \pm 0,04$	$1,35 \pm 0,06$
6.	Narew Pułtusk	$9,65 \pm 0,88$	$6,87 \pm 0,64$	$8,26 \pm 1,09$
7.	Bug Wyszków	$1,04 \pm 0,11$	$2,33 \pm 0,24$	$1,69 \pm 0,26$
8.	Odra Chałupki	$14,4 \pm 1,41$	$10,0 \pm 1,07$	$12,2 \pm 1,77$
9.	Odra Wrocław	$0,62 \pm 0,07$	$0,81 \pm 0,08$	$0,72 \pm 0,11$
10.	Odra Głogów	$2,81 \pm 0,29$	$4,36 \pm 0,42$	$3,59 \pm 0,51$
11.	Odra Krajnik	$1,04 \pm 0,14$	$0,35 \pm 0,04$	$0,70 \pm 0,15$
12.	Warta Poznań	$1,39 \pm 0,14$	$0,68 \pm 0,07$	$1,04 \pm 0,16$
13.	Wigry Stary Folwark	$5,87 \pm 0,54$	$4,65 \pm 0,44$	$5,26 \pm 0,70$
14.	Wadąg Myki	$5,09 \pm 0,54$	$11,2 \pm 1,03$	$8,13 \pm 1,13$
15.	Wielkie Partęczyny	$12,7 \pm 1,15$	$7,59 \pm 0,70$	$10,1 \pm 1,35$
16.	Drawsko Stare Drawsko	$6,29 \pm 0,58$	$1,43 \pm 0,14$	$3,86 \pm 0,60$
17.	Niesłysz Niesulice	$8,03 \pm 0,75$	$5,62 \pm 0,75$	$6,83 \pm 0,91$
18.	Rogóźno Rogóźno	$6,52 \pm 0,60$	$76,3 \pm 6,94$	$41,4 \pm 6,97$

<sup>a)</sup>Wartość  $\pm$  CWN przy poziomie ufności 95%.

**Tabela 9.** Średnie stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych dorzecza Wisły, Odry i jezior w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenie tego izotopu

Lokalizacja poboru próbek	$^{137}\text{Cs}$ $\text{Bq kg}^{-1}$ wiosna	$^{137}\text{Cs}$ $\text{Bq kg}^{-1}$ jesień	$^{137}\text{Cs}$ $\text{Bq kg}^{-1}$ średnia roczna
Dorzecze Wisły (7) <sup>a)</sup>	$2,63 \pm 3,16$ <sup>b)</sup>	$2,68 \pm 2,28$	$2,66 \pm 2,55$ (14)
Dorzecze Odry (5)	$4,05 \pm 5,84$	$3,24 \pm 4,12$	$3,65 \pm 4,93$ (10)
Jeziora (6)	$7,41 \pm 2,74$	$17,8 \pm 28,8$	$12,6 \pm 14,3$ (12)
Średnia ogólna (18)	$4,62 \pm 4,27$	$7,88 \pm 17,4$	$6,25 \pm 9,46$ (36)

a) Liczba próbek osadów dennych

b) Wartość średnia  $\pm$  OS

W Tabeli 12 przedstawiono stężenie  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach pochodzenia globalnego i czarnobylskiego. Udział plutonu czarnobylskiego w górnym biegu Wisły wynosił ok. 21%, w Narwi i Bugu od ok. 23 do ok. 33%. W Odrze, jedynie w Chałupkach stężenie  $^{238}\text{Pu}$  w osadach przekraczało granicę detekcji i określony udział plutonu czarnobylskiego wynosił od 16 do 47%. W czterech z sześciu jezior (Wigry, Rogóźno, Wadąg i Niesłysz) pluton czarnobylski stanowił od ok. 6 do ok. 33%.

Na podstawie wyników podanych w Tabeli 12 można wnioskować, że w wyniku awarii czarnobylskiej tylko niektóre rejony Polski zostały skażone izotopami plutonu.

#### **Stężenie aktywności $^{137}\text{Cs}$ i $^{90}\text{Sr}$ w wodach oraz $^{137}\text{Cs}$ i $^{239+240}\text{Pu}$ w osadach dennych rzek i jezior w Polsce w latach 2004 - 2009**

Przebieg czasowy średnich stężeń aktywności  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach oraz  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239+240}\text{Pu}$  w osadach rzek i jezior w latach 2004 – 2009 przedstawiono w Tabeli 13 oraz na Rys.1 i Rys. 2. Przedstawione wartości są średnimi arytmetycznymi z oznaczeń poszczególnych radionuklidów w próbkach wody i osadów dennych pobranych w okresach wiosennych i jesiennych, w kolejnych latach monitoringu. Każda wartość przedstawiona w Tabeli 13 i na Rysunkach jest wartością średnią z 36 próbek, z wyjątkiem 2006 roku, w którym nie monitorowano jezior. Najwyższy średni poziom stężeń badanych radionuklidów zanotowano w pierwszym roku obserwacji. W kolejnych dwóch latach (2005 – 2006) średni poziom  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach nie ulegał zmianie, najniższe wartości wystąpiły w 2007 roku, a następnie stężenia tych radionuklidów nieco wzrosły. W ciągu całego okresu obserwacji stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych podlegały wahaniom, natomiast stężenia plutonu w latach 2007 – 2009 pozostawały na zbliżonym poziomie.

**Tabela 10.** Stężenie  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach dennych Wisły, Odry ich dopływów i w jeziorach w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenie tego radionuklidu, 2009r.

Lp.	Miejsce poboru próbki	$^{239,240}\text{Pu}$ wiosna $\text{mBq kg}^{-1}$	$^{239,240}\text{Pu}$ jesień $\text{mBq kg}^{-1}$	$^{239,240}\text{Pu}$ średnia roczna $\text{mBq kg}^{-1}$
1.	Wisła Kraków Tyniec	$25,3 \pm 3,72$	$24,9 \pm 5,36$	$25,1 \pm 6,53$
2.	Wisła Annopol	$26,0 \pm 4,02$	$19,4 \pm 5,81$	$22,7 \pm 7,06$
3.	Wisła Warszawa	$10,8 \pm 2,26$	$20,1 \pm 4,60$	$15,4 \pm 5,13$
4.	Wisła Płock	$10,9 \pm 2,78$	$7,14 \pm 3,36$	$9,02 \pm 4,36$
5.	Wisła Kieźmark	$13,2 \pm 2,83$	$7,74 \pm 3,65$	$10,5 \pm 4,62$
6.	Narew Pułtusk	$32,3 \pm 3,89$	$23,3 \pm 6,13$	$27,8 \pm 7,26$
7.	Bug Wyszaków	$25,7 \pm 3,72$	$7,44 \pm 1,72$	$16,6 \pm 4,10$
8.	Odra Chałupki	$80,1 \pm 7,48$	$47,4 \pm 6,12$	$68,3 \pm 9,66$
9.	Odra Wrocław	$7,73 \pm 2,48$	$5,86 \pm 3,40$	$6,79 \pm 4,21$
10.	Odra Głogów	$22,6 \pm 3,48$	$30,1 \pm 10,3$	$26,3 \pm 10,9$
11.	Odra Krajnik	$14,8 \pm 3,50$	$16,0 \pm 5,47$	$15,4 \pm 6,49$
12.	Warta Poznań	$18,0 \pm 2,93$	$8,37 \pm 3,97$	$13,2 \pm 4,94$
13.	Wigry Stary Folwark	$41,1 \pm 4,63$	$11,1 \pm 5,31$	$26,1 \pm 7,04$
14.	Wadąg Myki	$23,9 \pm 3,26$	$25,0 \pm 4,67$	$24,4 \pm 5,69$
15.	Wielkie Partęczyny	$12,4 \pm 3,18$	$12,6 \pm 5,07$	$12,5 \pm 5,98$
16.	Drawsko Stare Drawsko	$17,2 \pm 3,36$	$2,42 \pm 2,35$	$9,81 \pm 4,10$
17.	Niesłysz Niesulice	$23,0 \pm 3,80$	$69,2 \pm 15,0$	$46,1 \pm 15,5$
18.	Rogóżno Rogóżno	$38,8 \pm 4,02$	$53,8 \pm 5,75$	$46,3 \pm 7,02$

<sup>a)</sup>Wartość  $\pm$  CWN przy poziomie ufności 68%.

**Tabela 11.** Średnie stężenie  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach dennych dorzecza Wisły, Odry i jezior w okresie wiosennym i jesiennym oraz średnie roczne stężenie tych izotopów w 2009 roku

Lokalizacja poboru próbek	$^{239,240}\text{Pu}$ mBq kg <sup>-1</sup> wiosna	$^{239,240}\text{Pu}$ mBq kg <sup>-1</sup> jesień	$^{239,240}\text{Pu}$ mBq kg <sup>-1</sup> średnia roczna
Dorzecze Wisły (7) <sup>a)</sup>	20,6 ± 8,75 <sup>b)</sup>	15,7 ± 7,97	18,5 ± 4,47 <sup>c)</sup>
Dorzecze Odry (5)	28,6 ± 26,2	21,5 ± 17,3	25,1 ± 14,0
Jeziora (6)	26,1 ± 11,6	29,0 ± 26,6	27,6 ± 11,8
Średnia ogólna (18)	24,7 ± 16,7	21,8 ± 18,3	23,3 ± 5,84

a) Liczba próbek osadów dennych

b) Średnia ± OS

c) Średnia ± błąd standardowy średniej

**Tabela 12.** Stężenie  $^{239+240}\text{Pu}$  w osadach dennych, pochodzącego z opadu globalnego i czarnobylskiego w 2009 roku

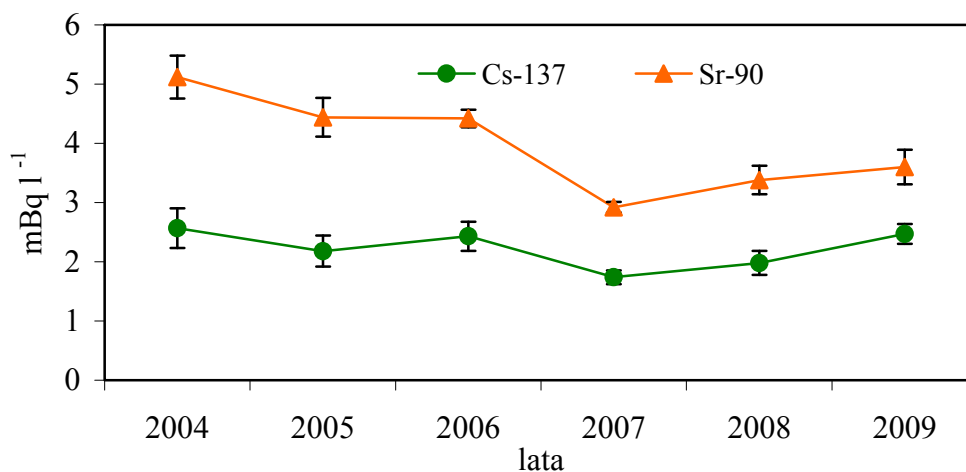
L.p.	Miejsce poboru próbek	Stężenie Pu globalnego mBq kg <sup>-1</sup>		Stężenie Pu czarnobylskiego mBq kg <sup>-1</sup>		Udział Pu czarnobylskiego %	
		wiosna	jesień	wiosna	jesień	wiosna	jesień
1.	Wisła Kraków Tynec	19,9	-	5,38	-	21	-
2.	Wisła Annopol	21,4	-	5,58	-	21	-
3.	Narew Pułtusk	24,8	15,9	7,50	7,40	23	32
4.	Bug Wyszaków	17,3	-	8,35	-	33	-
5.	Odra Chałupki	67,4	40,5	12,7	6,85	16	47
6.	Wigry Stary Folwark	30,9	-	10,2	-	25	-
7.	Rogóżno	29,9	-	8,88	-	23	-
8.	Wadąg Myki	-	16,7	-	8,30	-	33
9.	Niesłysz Niesulice	-	64,9	-	4,32	-	6,2

**Tabela 13.** Średnie roczne stężenie aktywności  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach oraz  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239+240}\text{Pu}$  w osadach dennych rzek i jezior w Polsce w latach 2004 - 2009

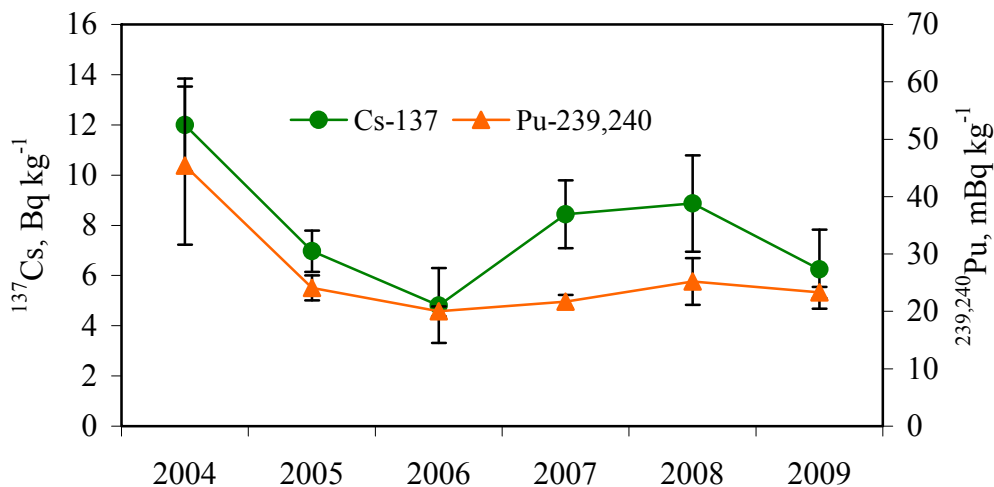
Lata	$^{137}\text{Cs}$ w wodzie $\text{mBq l}^{-1}$	$^{90}\text{Sr}$ w wodzie $\text{mBq l}^{-1}$	$^{137}\text{Cs}$ w osadach dennych $\text{Bq kg}^{-1}$	$^{239+240}\text{Pu}$ w osadach dennych $\text{mBq kg}^{-1}$
2004	$3,45 \pm 0,34^{\text{a)}$	$5,12 \pm 0,36$	$12,0 \pm 1,85$	$45,4 \pm 13,8$
2005	$2,87 \pm 0,26$	$4,44 \pm 0,33$	$6,97 \pm 0,82$	$24,1 \pm 2,18$
2006 <sup>b)</sup>	$2,81 \pm 0,25$	$4,42 \pm 0,15$	$4,81 \pm 1,49$	$20,0 \pm 0,85$
2007	$2,40 \pm 0,21$	$2,92 \pm 0,19$	$8,44 \pm 1,35$	$21,7 \pm 1,18$
2008	$2,55 \pm 0,20$	$3,38 \pm 0,24$	$8,87 \pm 1,92$	$25,2 \pm 4,07$
2009	$2,77 \pm 0,17$	$3,60 \pm 0,29$	$6,25 \pm 1,58$	$23,3 \pm 0,97$

a) Wartość średnia  $\pm$  błąd standardowy średniej

b) Średnie roczne nie obejmowały wód i osadów dennych jezior



Rys. 1. Średnie stężenie aktywności  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach rzek i jezior w latach 2004 -2009



Rys. 2. Średnie stężenie aktywności  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach dennych rzek i jezior w Polsce w latach 2004- 2009

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. W ramach monitoringu skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w 2009 roku pobrano dwukrotnie próbki wody i osadów dennych w 18 punktach, zlokalizowanych w dorzeczu Wisły (7 punktów poboru), w dorzeczu Odry (5 punktów poboru) i w wybranych jeziorach (6 jezior). Miejsca poboru próbek były zgodne z ustaleniami z Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska.
2. Średnie roczne stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w wodach rzek mieściło się w granicach od 1,56 mBq/l w Warcie (Poznań) do 4,13 mBq/l w Odrze (Wrocław), natomiast w jeziorach wynosiło od 2,18 mBq/l w Wigrach do 5,85 mBq/l w Rogóźnie. Dorzecze Wisły charakteryzowało się nieco niższym stężeniem  $^{137}\text{Cs}$  w wodzie niż dorzecze Odry i jeziora. Poziom  $^{90}\text{Sr}$  był bardziej wyrównany.
3. Stężenie  $^{90}\text{Sr}$  w wodach rzek i jezior było na ogół wyższe niż stężenie  $^{137}\text{Cs}$ . Średnie stężenie  $^{90}\text{Sr}$  wynosiło od 2,62 mBq/l w wodzie z Narwi (Pułtusk) do 6,55 mBq/l w wodzie pobranej w Wiśle w Tyńcu. W jeziorach zakres stężeń był szerszy i wynosił od 1,66 mBq/l w wodzie pobranej w jeziorze Niesłysz do 8,97 mBq/l w Rogóźnie.
4. Średni roczny stosunek aktywności Sr-90 do Cs-137 w wodach dorzecza Wisły i Odry był taki sam i wynosił 1,47, podczas gdy w jeziorach wartość średnia wynosiła 1,12. Zakres wartości stosunków aktywności jest dość szeroki - od 0,63 do 2,33. Może to



wynikać z jednej strony z różnego stopnia wymywania izotopów z gleby do zbiorników wodnych, z drugiej strony z wielkości obszaru, z którego spływa woda do akwenu.

5. W wodach powierzchniowych stężenie aktywności  $^{90}\text{Sr}$  jest w większości przypadków większe niż stężenie  $^{137}\text{Cs}$ , mimo że w środowisku lądowym stężenie  $^{137}\text{Cs}$  wielokrotnie przewyższa stężenie  $^{90}\text{Sr}$ . Próbną wybuchy jądrowe wprowadziły na półkulę Północną ok. 1,7 razy więcej  $^{137}\text{Cs}$  niż  $^{90}\text{Sr}$ , zaś awaria czarnobylska ok. 10 razy więcej  $^{137}\text{Cs}$  niż  $^{90}\text{Sr}$ .  $^{137}\text{Cs}$  jest silniej wiązany ze składnikami gleby i trudniej wymywany przez wody do rzek i jezior niż  $^{90}\text{Sr}$  i proces wymywania  $^{90}\text{Sr}$  do zbiorników wodnych zachodzi również obecnie.
6. Średnie roczne stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych rzek zawierały się w granicach od 0,61 Bq/kg w próbce pobranej w Wiśle w Płocku do 12,2 Bq/kg w osadzie dennym pobranym w Odrze w Chałupkach.
7. Średnie roczne stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych jezior mieści się w zakresie od 3,86 Bq/kg w jeziorze Drawsko do 41,4 Bq/kg w jeziorze Rogóźno. We wszystkich jeziorach, z wyjątkiem Rogóźna stężenie  $^{137}\text{Cs}$  wynosiło od 1,43 Bq/kg (Drawsko, jesień) do 12,7 Bq/kg (Partęczyny, wiosna). W jeziorze Rogóźno, w próbce pobranej jesienią stężenie  $^{137}\text{Cs}$  było wyjątkowo wysokie i osiągnęło wartość 76,3 Bq/kg. Pobrany osad charakteryzował się małą gęstością ( $1,1\text{gcm}^{-3}$ ) i dużą zawartością substancji organicznych, które silnie wiążą  $^{137}\text{Cs}$ .
8. Średnie roczne stężenie  $^{239,240}\text{Pu}$  w osadach dennych rzek zawiera się w granicach od 6,79 mBq/kg w Odrze (Wrocław) do 68,3 mBq/kg w Chałupkach (Odra). W jeziorach zakres ten wynosił od 9,81 mBq/kg w Drawsku do 46,3 mBq/kg w Rogóźnie. Średni poziom  $^{239,240}\text{Pu}$  był bardzo wyrównany i mieścił się w zakresie od 18,5 mBq/kg w dorzeczu Wisły do 27,6 mBq/kg w jeziorach.
9. Stężenie  $^{238}\text{Pu}$  było w większości próbek mniejsze od granicy detekcji (2 mBq/kg). Jedynie w 7 próbkach osadów pobranych w okresie wiosennym i w 5 próbkach pobranych w okresie jesiennym oznaczono stężenie  $^{238}\text{Pu}$ , a na podstawie stosunku aktywności  $^{238}\text{Pu}$  do  $^{239,240}\text{Pu}$  obliczono udział  $^{239,240}\text{Pu}$  pochodzenia czarnobylskiego. Udział plutonu czarnobylskiego w górnym i środkowym biegu Wisły wynosił od 21 do 48%, w Narwi ok. 35%, w Głogowie i Chałupkach od ok. 15 do ok. 60%, a w Wigrach – 56% i w Rogóźnie od 14 do 42%. Powyższe wyniki potwierdzają wcześniejsze obserwacje, że terytorium Polski w niewielkim stopniu zostało skażone plutonem po awarii reaktora w Czarnobylu.

10. Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych pozwala na stwierdzenie, że skażenie wód powierzchniowych  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  jest niewielkie. Również skażenie  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239,240}\text{Pu}$  osadów dennych pozostaje na niskim poziomie.
11. Od 2004 roku monitoring wód powierzchniowych i osadów dennych prowadzono zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. (Dz.U. Nr 239, poz. 2030). W myśl tego Rozporządzenia oznaczano stężenie aktywności  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach oraz  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239+240}\text{Pu}$  w osadach dennych rzek i jezior. Uzyskane w okresie sześciu lat wyniki pozwalają stwierdzić, że stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w wodach w ciągu sześciu lat pozostawało na zbliżonym poziomie. Stężenie  $^{90}\text{Sr}$  wykazywało tendencję malejącą w latach 2004 – 2007, a w dalszych latach poziom tego radionuklidu nieznacznie wzrósł. Stężenie  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239+240}\text{Pu}$  w osadach dennych zmniejszało się w okresie 2004 – 2006, a w dalszym okresie obserwacji poziom  $^{239+240}\text{Pu}$  praktycznie nie zmieniał się, podczas gdy stężenie  $^{137}\text{Cs}$  w 2007 i w 2008 roku nieco wzrosło, a w 2009 roku osiągnęło poziom z 2005 roku.
12. Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że w nie wystąpiły nowe uwolnienia izotopów promieniotwórczych do środowiska.