



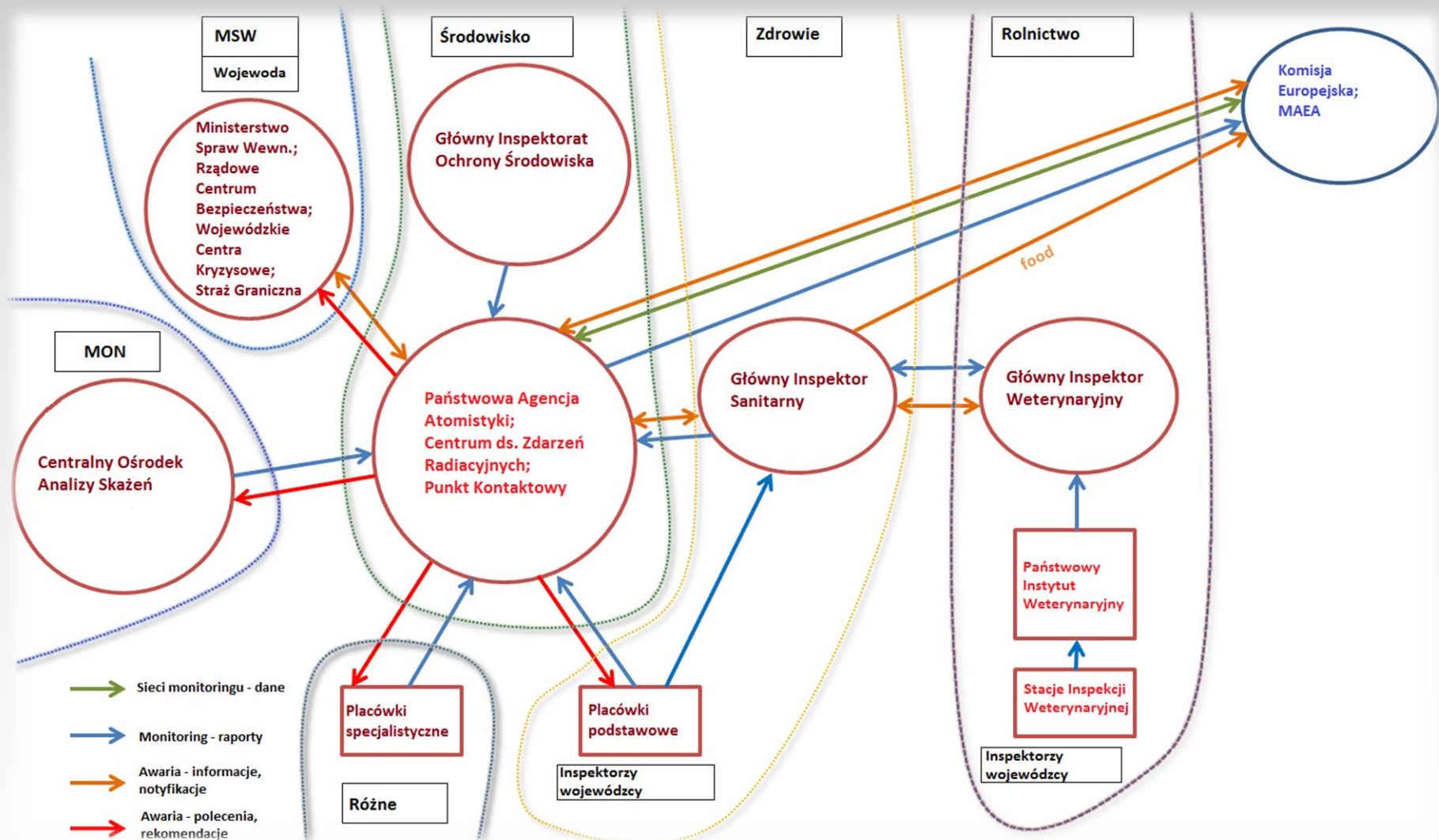
Monitoring radiacyjny w Polsce

PAWEŁ LIPIŃSKI

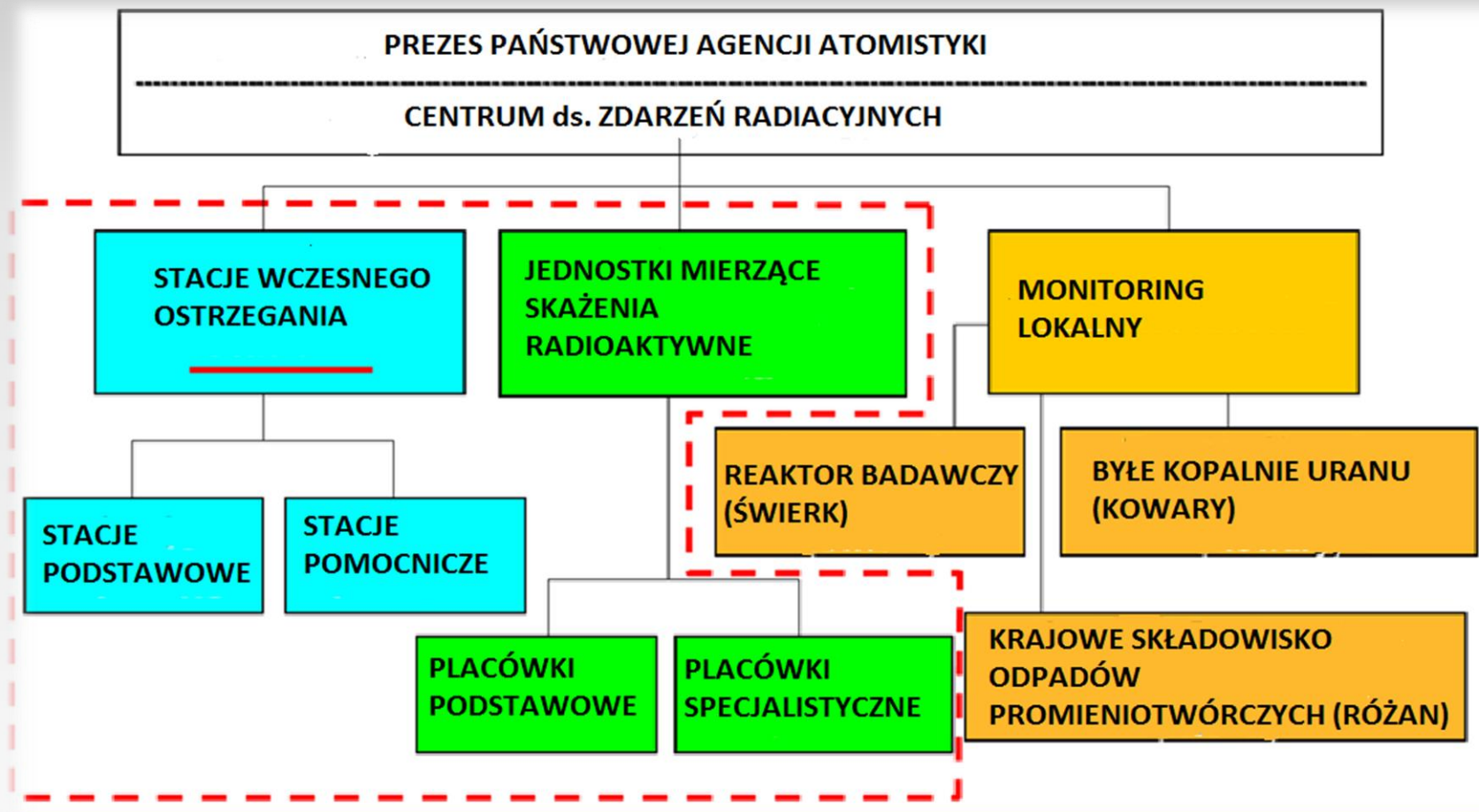
CENTRALNE LABORATORIUM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

Listopad 2019

Struktura ogólna oraz przepływ informacji pomiędzy poszczególnymi jednostkami zaangażowanymi w monitoring radiacyjny



Ogólny schemat systemu monitoringu radiacyjnego



Placówki podstawowe

Placówki podstawowe – Stacje Sanitarно-Epidemiologiczne pobierające i przygotowujące próbki wód powierzchniowych, wody pitnej, mleka, żywności i pasz wyposażone w podstawowy sprzęt umożliwiający oznaczanie stężeń izotopów ^{137}Cs oraz ^{90}Sr , biorące udział w regularnych pomiarach porównawczych organizowanych przez PAA (Centrum ds. Zdarzeń Awaryjnych - CEZAR). Placówki podstawowe są finansowane przez Wojewodów. Harmonogram poboru próbek musi zostać skonsultowany i uzyskać akceptację Prezesa PAA.



Placówki specjalistyczne

Placówki specjalistyczne – instytuty badawcze (**Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej**, Instytut Fizyki Jądrowej, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Państwowy Zakład Higieny, Główny Instytut Górnictwa, AGH, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii) wyspecjalizowane w pomiarach promieniotwórczości, zajmujące się identyfikacją radionuklidów α -, β - i γ -promieniotwórczych (w szczególności ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{90}Sr) w próbkach oraz specyficznych analizach radiochemicznych/instrumentalnych o podwyższonej wykrywalności biorące udział w regularnych pomiarach porównawczych oraz badaniu biegłości organizowanych przez PAA oraz instytucje międzynarodowe.

Placówki specjalistyczne wykonują również pomiary w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska nadzorowanego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ). :

- Pomiary w ramach sieci wczesnego ostrzegania prowadzone przez IMGW (moc dawki i stężenia całkowite radionuklidów alfa i betapromieniotwórczych w aerozolach oraz opad całkowity);
- Systematyczny nadzór stężeń izotopów Cs-137 oraz Sr-90 w rzekach i jeziorach, a także Cs-137, Pu-238 i Pu-239,240 w sedimentach;
- Monitoring stężenia Cs-137 w glebie (co 2 lata).

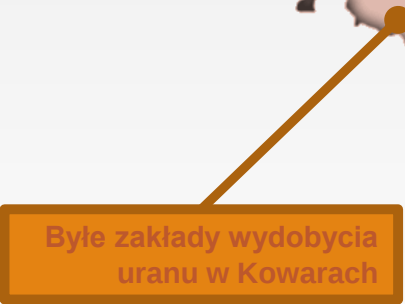


Monitoring lokalny

Krajowe Składowisko
Odpadów
promieniotwórczych
w Różanie



Byłe zakłady wydobywania
uranu w Kowarach



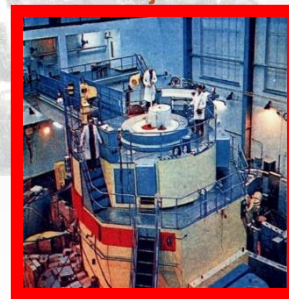
Planowana EJ



Działający
badawczy reaktor
jądrowy MARIA

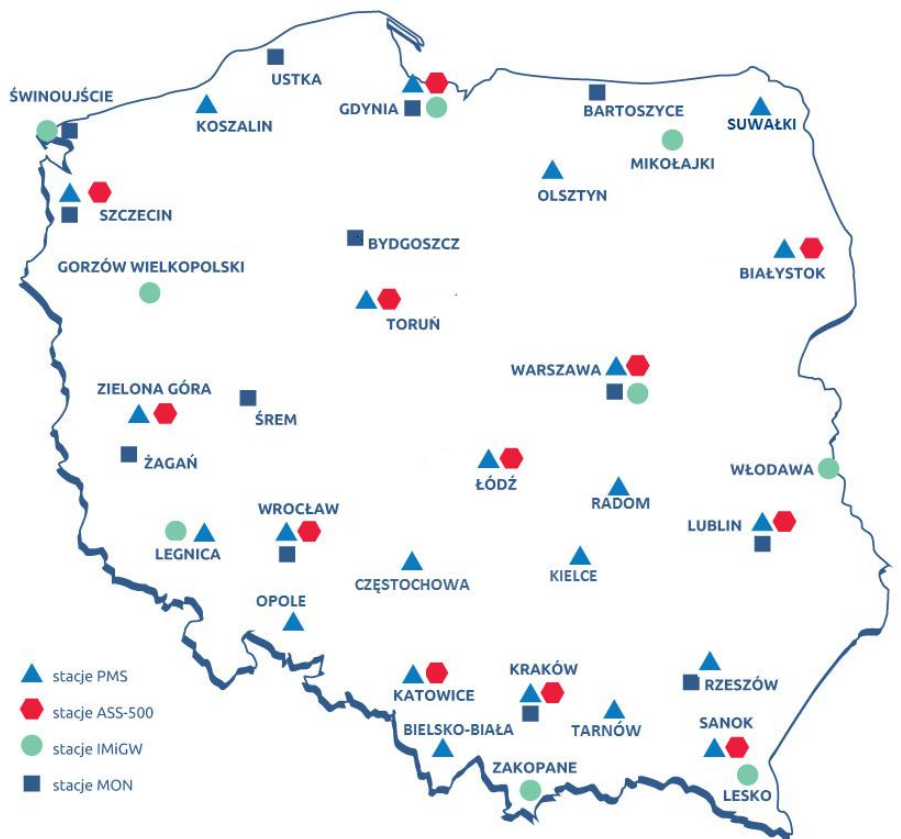
Reaktor jądrowy w
likwidacji EWA

ŚWIERK
Przechowalniki
wypalonego
paliwa
jądrowego



Sieci stacji monitoringu

(przestrzenna moc równoważnika dawki oraz aerozole w powietrzu)



Stacje podstawowe

- PMS
 - przestrzenna moc równoważnika dawki promieniowania gamma ($H^*(10)$ [nSv/h];
 - spektrometria gamma – NaI(Tl) 3x3"
- ASS-500
 - wysokowydajny pobór aerozoli atmosferycznych – cykl tygodniowy;
 - wysokorozdzielcza (HPGe) laboratoryjna spektrometria gamma
- IMGW
 - przestrzenna moc równoważnika dawki promieniowania gamma ($H^*(10)$ [nSv/h];
 - spektrometria gamma – NaI(Tl) 2x2";
 - ciągły niskowydajny pobór aerozoli (pomiar całkowitej aktywności α oraz β)

Stacje pomocnicze

- MON
 - przestrzenna moc równoważnika dawki promieniowania gamma ($H^*(10)$ [nSv/h]

Sieci stacji monitoringu

(przestrzenna moc równoważnika dawki oraz aerozole w powietrzu)

Moc przestrzennego równoważnika dawki promieniowania gamma

od 54 do 142 nSv/h

średnia roczna: 93 nSv/h

STĘŻENIA W AEROZOLACH

Cs-137

od poniżej 0,09 do 7,05 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

średnio 0,74 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

I-131

od poniżej 0,05 do 22,77 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

średnio 0,68 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

Be-7

od 8,27 do 14,68 mBq/m³

średnio 3,95 mBq/m³

K-40

od poniżej 1,8 do 71,6 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

średnio 17,00 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

Pb-210

od 101 do 5717 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

średnio 559 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

Ra-226

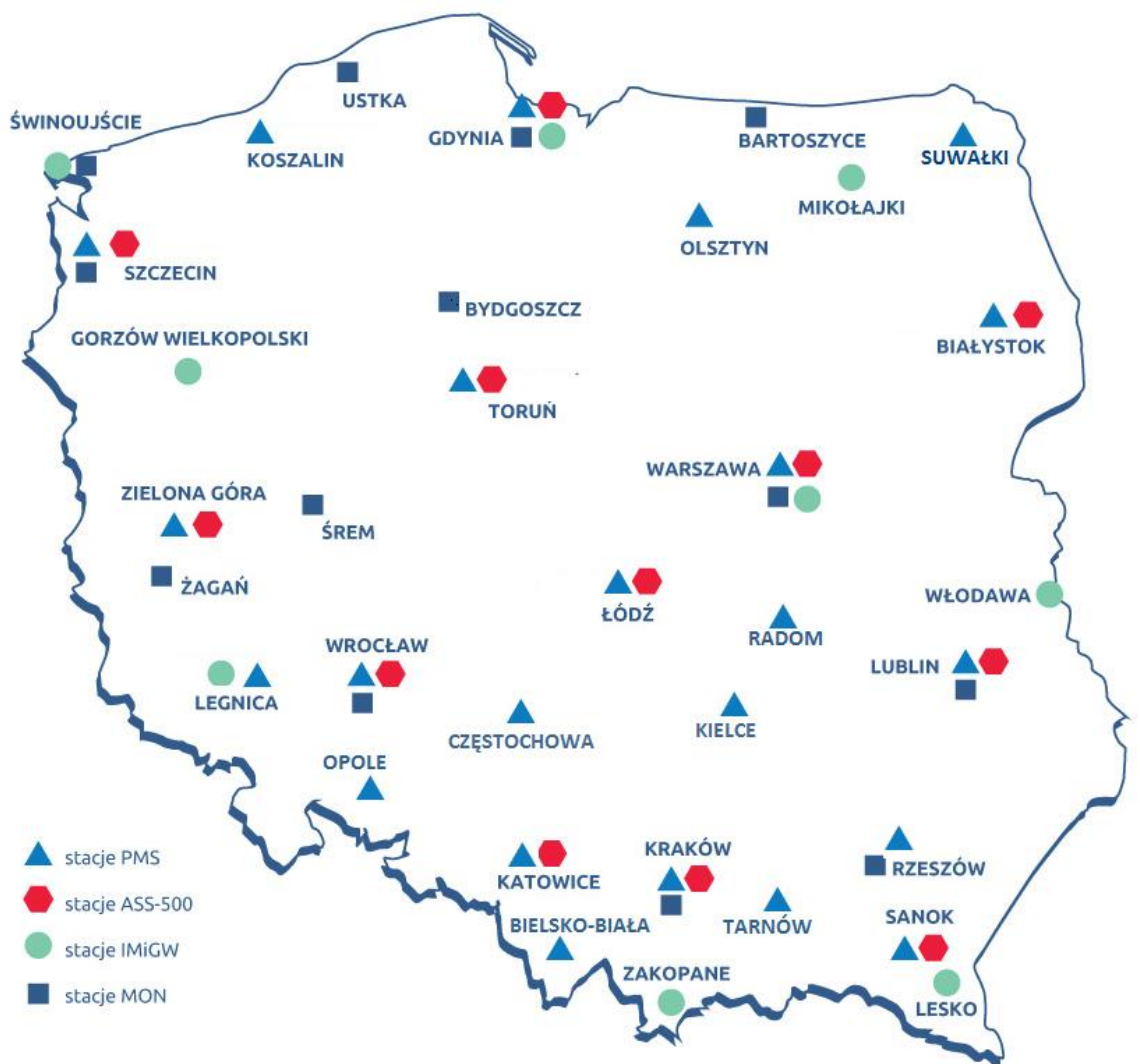
od poniżej 1,0 do poniżej 24,5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

średnio 6,4 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

Ac-228

od poniżej 0,2 do 5,2 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

średnio 1,2 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

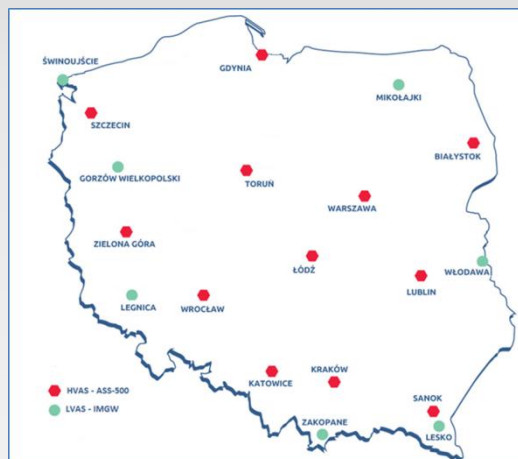


Pomiary powietrza atmosferycznego

- **12 stacji poboru aerozoli – ASS-500**

- **Pobór wysokowydajny** przepływ nominalny 500 m³/h
- Filtr Petrianowa wymieniany i mierzony w cyklu tygodniowym; pomiar za pomocą wysokorozdzielczej spektrometrii gamma (HPGe) w laboratorium po zdjęciu filtra ze stacji
- Detektor NaI(Tl) 2x2" do podglądu on-line umieszczony nad filtrem

- **9 stacji IMGW**



- **Pobór niskowydajny** przepływ na poziomie 25 m³/h
- Filtr szklany przesuwany
- **Pomiar całkowitej aktywności α , β w aerozolach atmosferycznych** pomiar na stacji za pomocą detektorów PIPS (Passivated Implanted Planar Silicon detectors) – 30 min poboru, 30 min pomiaru;

Opad suchy i mokry



Opad dzienny jest mierzony na tzw. całkowitą aktywność beta za pomocą spektrometru TDSPI wyposażonego w sondę scyntylacyjną TD-SSU-BETA.

Opad miesięczny jest mierzony zgodnie z poniższą procedurą. :

- Wszystkie próbki z 9 stacji są kumulowane;
- IMGW w Warszawie wykonuje pomiar całkowitej aktywności beta;
- Oddział Morski IMGW w Gdyni wykonuje pomiar skumulowanej próbki metodą wysokorozdzielczej spektrometrii gamma (głównie w celu oznaczenia Cs-137);
- Oznaczenie Sr-90 w próbce zbiorczej jest wykonywane metodą radiochemiczną a pomiar jest wykonywany za pomocą przepływowego licznika gazowego (FHT 770T) – OM IMGW Gdynia.

Opad zbierany jest do dwóch kuwet:

- Opad dzienny (mokry i suchy);
- Całkowity opad miesięczny.

Średnia roczna Cs-137: 0,4 Bq/m²

Średnia roczna Sr-90: 0,1 Bq/m²

Średnia roczna całkowita aktywność beta: 0,33 kBq/m²

Wody powierzchniowe (1)

Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne

Program poboru próbek wód powierzchniowych jest realizowany przez jednostki podstawowe (Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne). Pobór jest wykonywany z Wisły, Bugu, Narwi, Odry i Warty.

Próbki są pobierane dwa razy w roku.

Próbki pobierane przez Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne są mierzone przez wybrane jednostki podstawowe w Wojewódzkich Stacjach Sanitarno-Epidemiologicznych (WSSE).

Próbki są analizowane na stężenie Cs-137 metodami radiochemicznymi lub spektrometrycznymi oraz na stężenie Sr-90 metodą radiochemiczną.

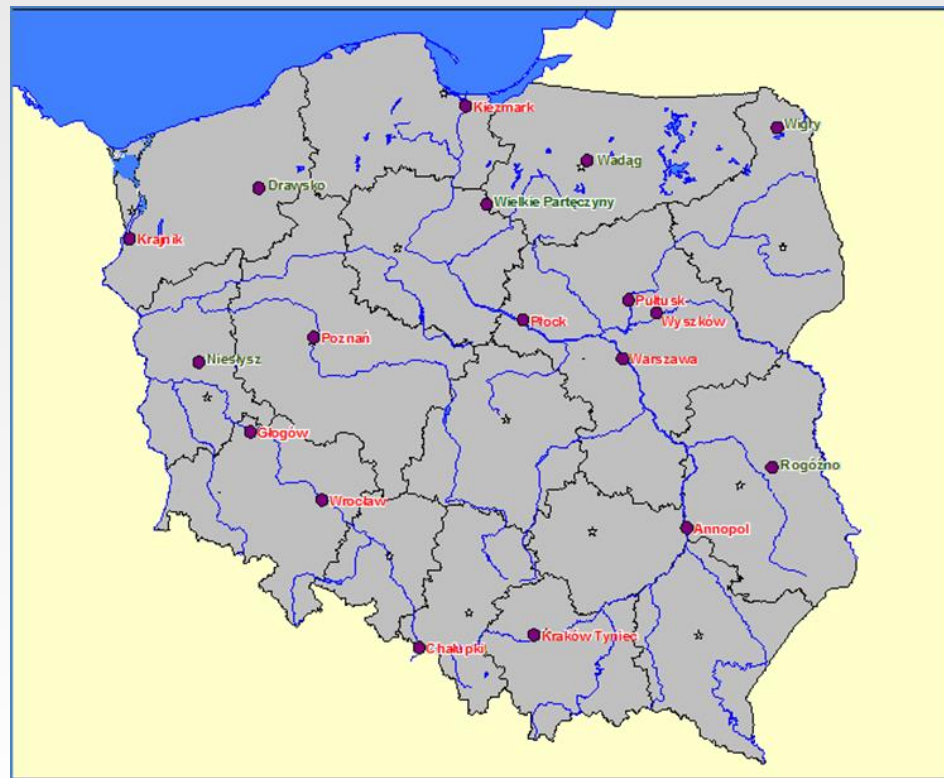
Stężenia Cs-137 w wodzie wodociągowej:
od poniżej 0,01 Bq/dm³ do poniżej 2 Bq/dm³

Państwowy Monitoring Środowiska (GIOŚ)

- Próbki wód powierzchniowych są pobierane dwa razy w roku (wiosna, jesień).
- Analiza próbek w roku 2018 była prowadzona przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej i finansowana przez GIOŚ.

Analizowane radionuklidy:

Cs-137 oraz Sr-90



Wody powierzchniowe (2)

Państwowy Monitoring Środowiska (GİOŚ) – w mBq/dm³

Pomiary wykonywało w roku 2018 Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

	Cs-137		Sr-90*	
	Zakres	Średnio	Zakres	Średnio
Wisła, Bug i Narew	0,22-6,23	3,21	1,14-4,68	2,71
Odra i Warta	2,18-6,11	3,98	1,80-4,08	2,88
Jeziora	0,63-3,01	2,29	1,37-12,08	3,50

Woda pitna (1)



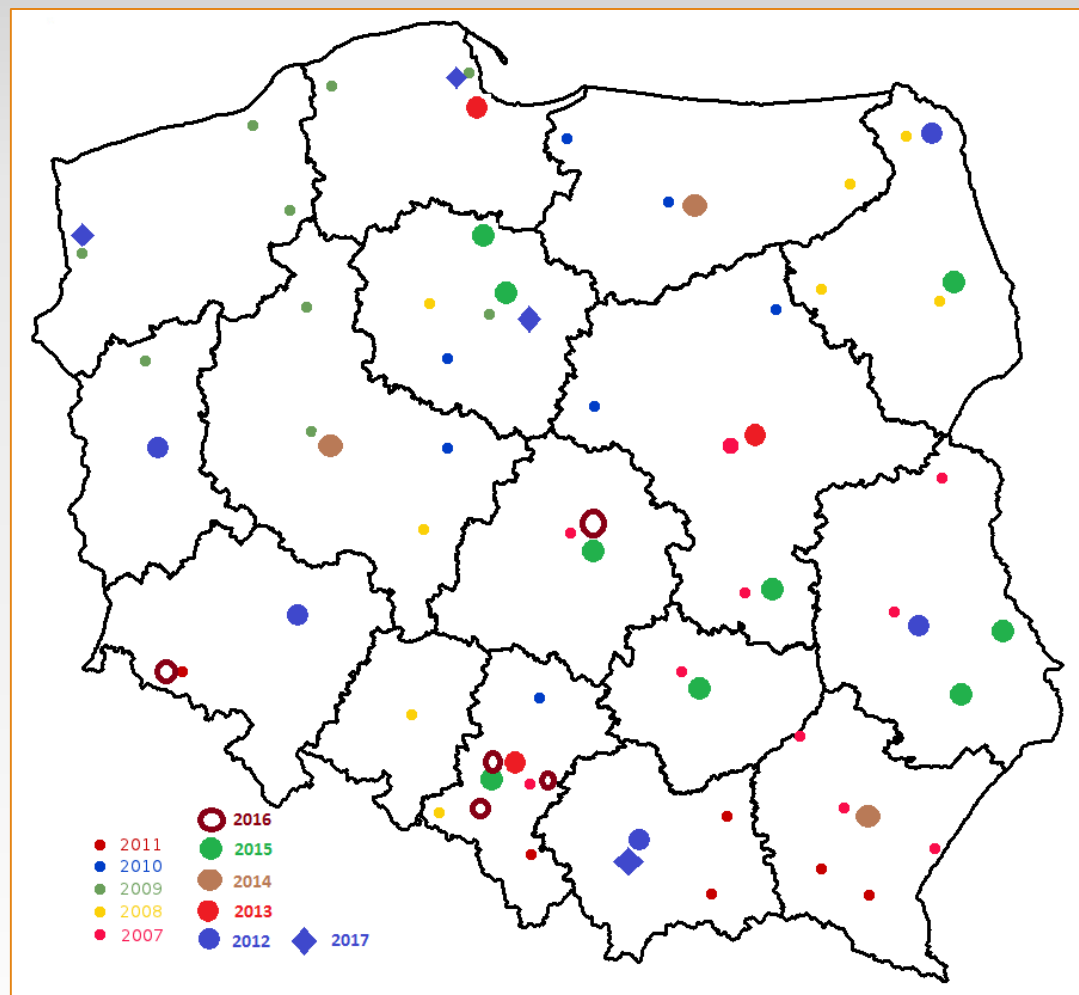
- **Wojewódzkie Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne (placówki podstawowe)**
 - próbki wody pobierane raz na kwartał
 - próbki analizowane na stężenie:
 - Cs-137 metodami radiochemicznymi i spektrometrycznymi
 - wyniki wysyłane do :
 - Głównego Inspektoratu Sanitarnego
 - CEZAR

Zakres wyników pomiarów stężenia Cs-137 w 2018:
< 0,01 – <2 Bq/l

- **Pomiary wykonywane przez producentów wody zgodnie z Dyrektywą KE 2013/51/EURATOM. PAA otrzymuje wyniki pomiarów jedynie w przypadku przekroczeń limitów stężeń.**

Woda pitna (2)

Pomiary zamawiane przez PAA – w roku 2018 pomiary wykonywał CLOR



Analizowane radionuklidy:
Cs-137, Sr-90, H-3, całkowita alfa,
całkowita beta

Woda pitna (3) – przykładowe wyniki

Lp.	Miasto	Wodociąg	Stężenie trytu Bq/l	Całkowita promieniotwórczość β Bq/l	Całkowita promieniotwórczość α Bq/l
1.	Warszawa	Zakład Centralny SUW Filtry	<0,5	0,27±0,03 ^{a)}	<0,015
		Zakład Centralny SUW Falenica	<0,5	0,14±0,02	<0,015
		Zakład Centralny SUW Praga	<0,5	0,19±0,03	<0,015
		Zakład Północny Stacja Strefowa Białoleka	1,5±0,2	0,16±0,02	<0,015
2.	Lublin	SUW Sławinek	<0,5	0,12±0,02	0,022±0,008
		SUW Dziesiąta	<0,5	0,11±0,02	0,018±0,007
		SUW Zemborzyce	<0,5	0,16±0,02	0,020±0,007
3.	Poznań	SUW Poznań	<0,5	0,24±0,03	<0,015
		SUW Mosina	2,2±0,3	0,16±0,02	<0,015
		SUW Mosina nitka zachodnia	2,0±0,3	0,16±0,02	<0,015
		SUW Gruszczyń	<0,5	0,10±0,02	<0,015

Woda pitna (3) – przykładowe wyniki

Lp.	Miasto	Wodociąg	^{137}Cs [mBq/l]	^{90}Sr [mBq/l]
1.	Warszawa	Zakład Centralny SUW Filtry	2,12±0,28 ^{a)}	2,02±0,28
		Zakład Centralny SUW Falenica	3,15±0,39	4,32±0,60
		Zakład Centralny SUW Praga	1,75±0,25	5,49±0,76
		Zakład Północny Stacja Strefowa Białoleka	2,82±0,35	3,81±0,54
2.	Lublin	SUW Sławinek	2,32±0,30	4,78±0,66
		SUW Dziesiąta	2,96±0,37	4,01±0,56
		SUW Zemborzyce	3,10±0,37	3,25±0,46
3.	Poznań	SUW Poznań	2,98±0,34	5,81±0,82
		SUW Mosina	2,90±0,36	3,78±0,52
		SUW Mosina nitka zachodnia	2,28±0,48	5,01±0,70
		SUW Gruszczyn	3,26±0,61	3,61±0,45

Wody gruntowe

- Pobór próbek i analizy są wykonywane jedynie w ramach monitoringu lokalnego Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Róźnie oraz Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku.
- Monitoring lokalny jest prowadzony przez PAA w obu lokalizacjach oraz przez NCBJ (Ośrodek Świerk) i ZUOP (KSOP Różan).

KSOP Różan :

Pomiary: H-3 i całkowita aktywność beta

H-3: średnio 1,35 Bq/m³

Ośrodek Świerk:

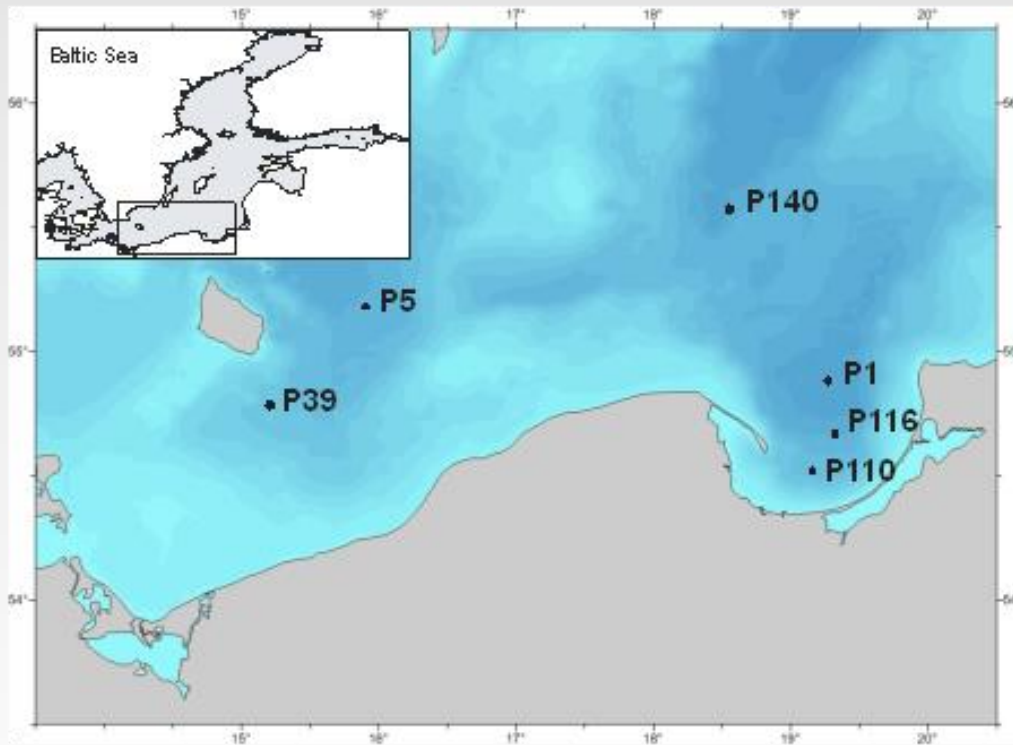
Pomiary: H-3

H-3: średnio poniżej 0,98 Bq/m³



Woda morska

- Pomiar są prowadzone na zlecenie PAA.
- Obecnie pomiary wykonuje Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej.
- Program obejmuje również pobór i pomiar sedymentów z dna morza.



Pomiary:

Cs-137, K-40 oraz Ra-226

Średnie stężenia promieniotwórcze w wodach powierzchniowych południowej strefy Bałtyku w 2018r.

Cs-137

26,9 mBq/dm³ (powierzchnia)

24,1 mBq/dm³ (1 m nad dnem)

Ra-226

3,15 mBq/dm³

K-40.

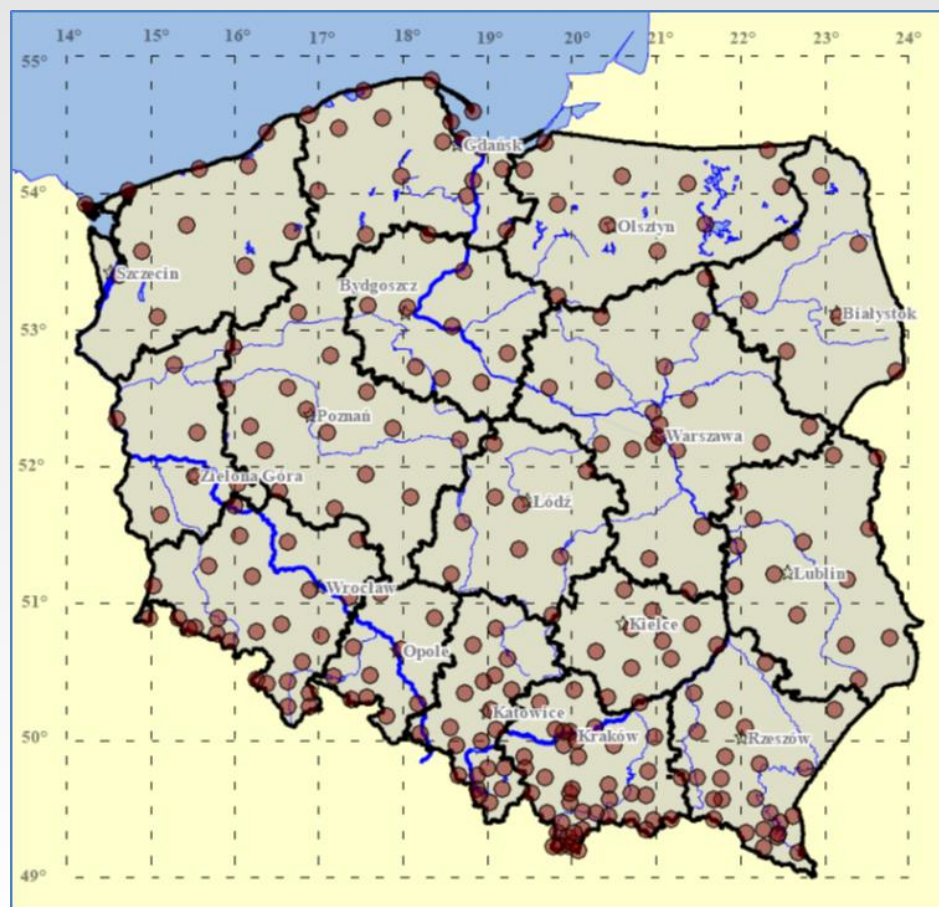
3729 mBq/dm³

Gleba (1)

- Program pomiarów jest wykonywany na zlecenie GIOŚ w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska
- Częstotliwość poboru: co 2 lata.
- Obecnie program jest realizowany przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Pomiary:

Cs-137, Cs-134, K-40, Ra-226, Ac-228, Pb-210 oraz inne radionuklidy gammapromieniotwórcze.



Źródło: CLOR - 2014

Gleba (2)

Średnia depozycja Cs-137 w glebie w poszczególnych województwach Polski w 2016 r.
(GIOŚ, pomiary wykonane przez CLOR w 2017 r.)

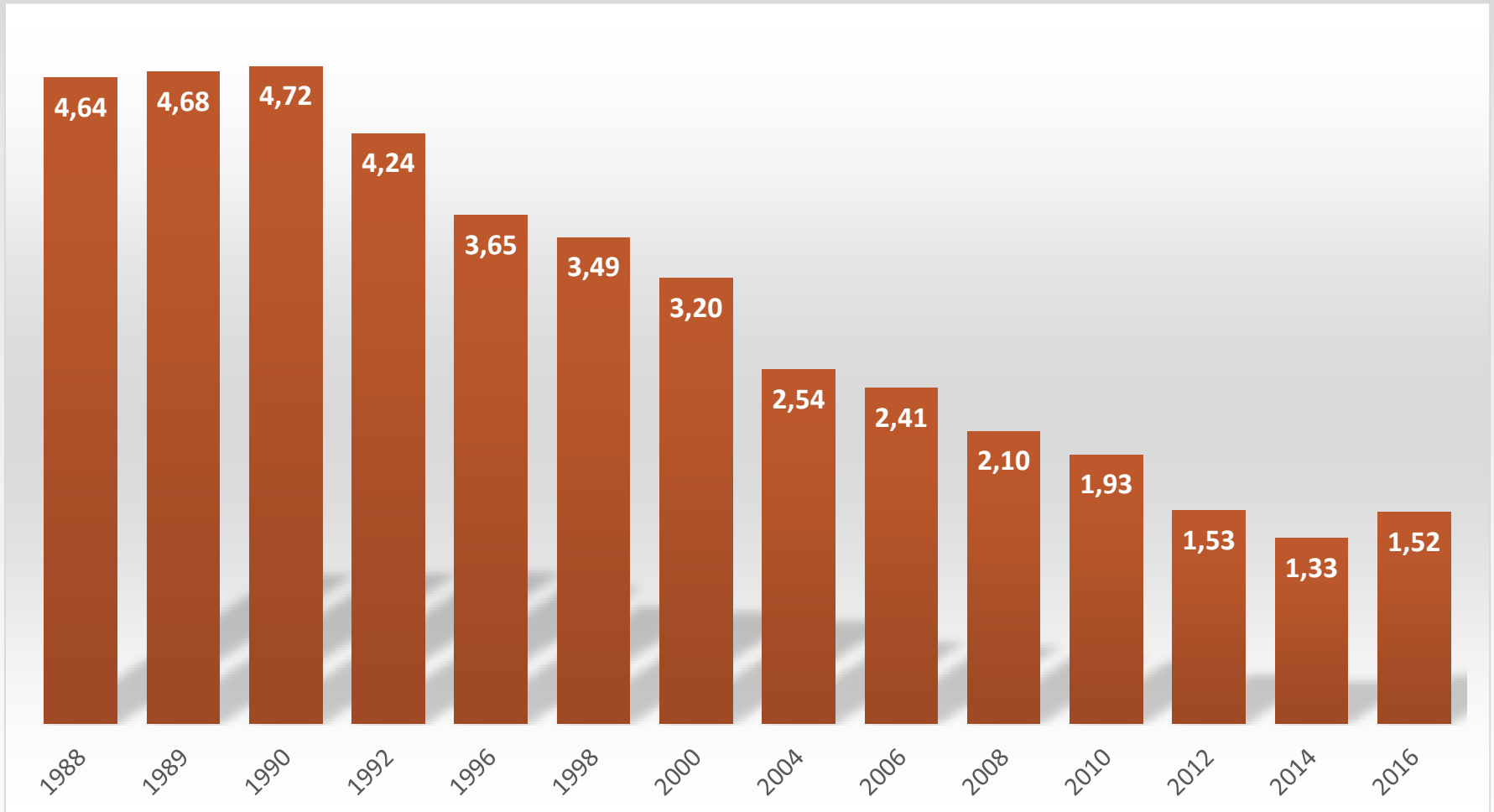
Średnia depozycja dla izotopu Cs-137 w Polsce, w okresie prowadzenia monitoringu skażeń promieniotwórczych gleby, malała od wartości **4,64 kBq/m²** w 1988 r. do **1,52 kBq/m²** w 2016 r.

Depozycja Cs-137:
od **0,24** do **10,76** kBq/m²
80% wyników nie przekraczało **1,5** kBq/m²
(średnio **1,52 kBq/m²**).

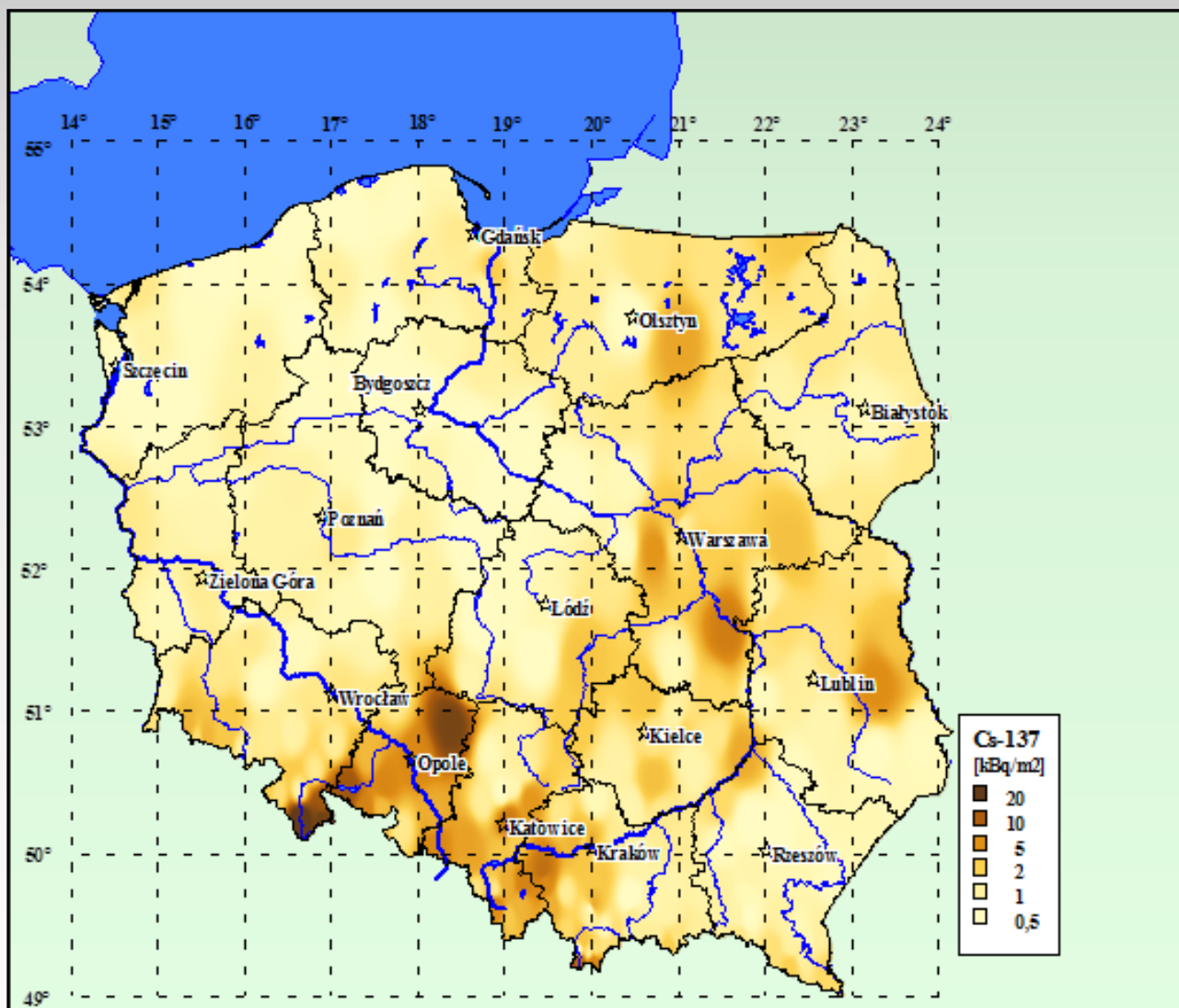
Województwo	Stężenie 137Cs [kBq/m ²]		
	Wartość średnia	Zakres	
		Minimum	Maksimum
dolnośląskie	1,72 ± 0,46	0,25	10,76
kujawsko-pomorskie	0,60 ± 0,05	0,38	0,78
lubelskie	1,29 ± 0,41	0,33	6,25
lubuskie	0,69 ± 0,12	0,25	1,05
łódzkie	0,73 ± 0,13	0,36	1,39
małopolskie	2,48 ± 0,36	0,44	10,53
mazowieckie	1,61 ± 0,32	0,32	5,54
opolskie	4,36 ± 0,97	0,76	10,17
podkarpackie	0,81 ± 0,10	0,30	2,35
podlaskie	1,01 ± 0,11	0,74	1,60
pomorskie	0,83 ± 0,09	0,39	1,80
śląskie	2,07 ± 0,28	0,28	4,36
świętokrzyskie	1,43 ± 0,19	0,61	2,64
warmińsko-mazurskie	1,05 ± 0,17	0,31	2,12
wielkopolskie	0,63 ± 0,05	0,37	1,05
zachodniopomorskie	0,50 ± 0,09	0,24	1,17
Polska	1,52 ± 0,11	0,24	10,76

Gleba (3)

Średnia depozycja Cs-137 (warstwa gleby 10 cm) w kBq/m² w Polsce w latach 1988-2016
(PAA na podstawie danych przekazanych przez GIOŚ, pomiary wykonane przez CLOR w 2017 r.)



Gleba (4)



Źródło: CLOR - 2014

Gleba (5)

Średnie stężenia izotopów naturalnych w glebie w Polsce w 2016 r.
(GIOŚ, pomiary wykonane przez CLOR w 2017 r.)

Ra-226 (naturalny szereg uranowo-radowy):

27,5 Bq/kg

Ac-228 (naturalny szereg torowy):

23,5 Bq/kg

K-40 (izotop potasu występujący naturalnie):

425 Bq/kg

Gleba (6)



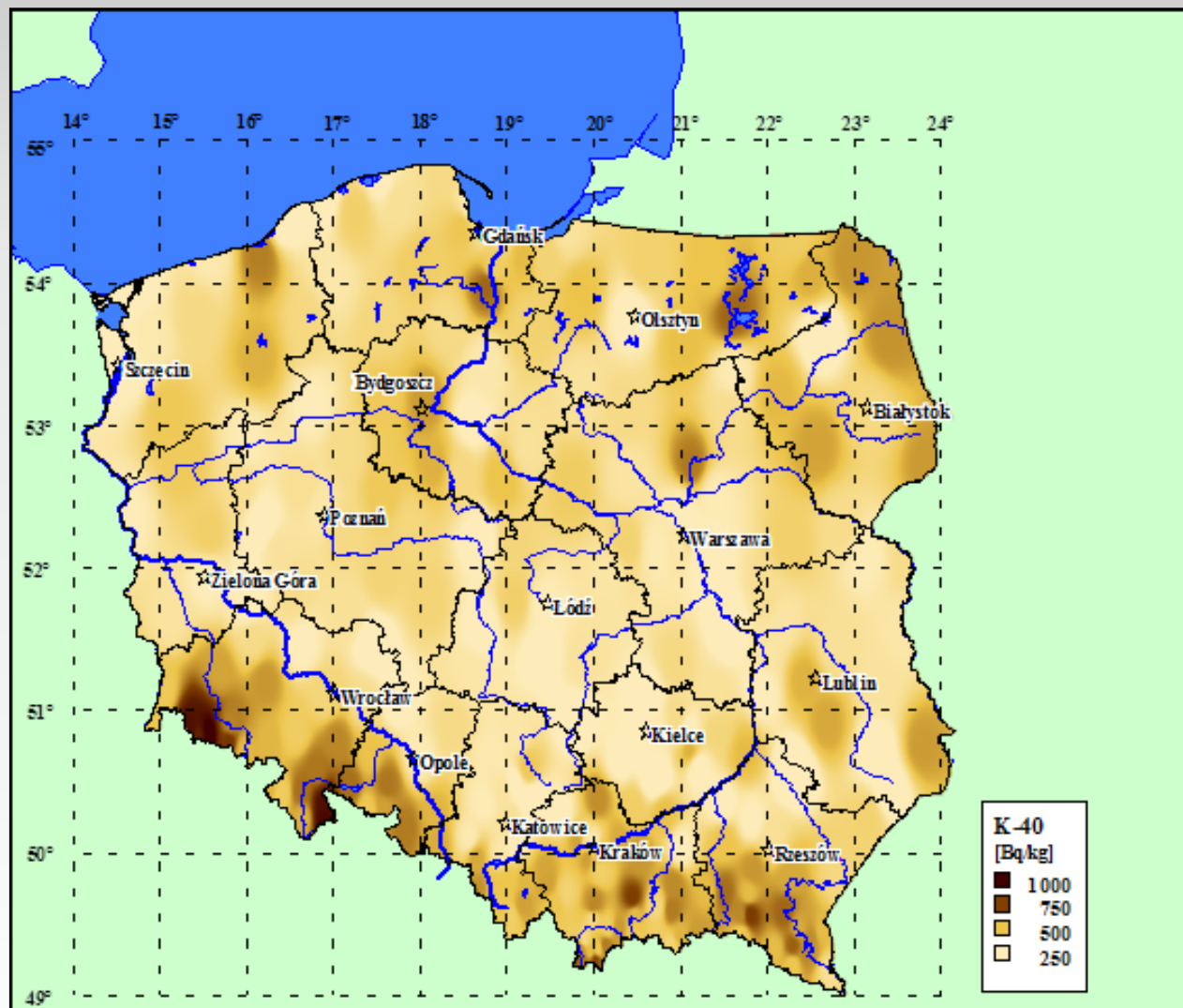
Źródło: CLOR - 2014

Gleba (7)



Źródło: CLOR - 2014

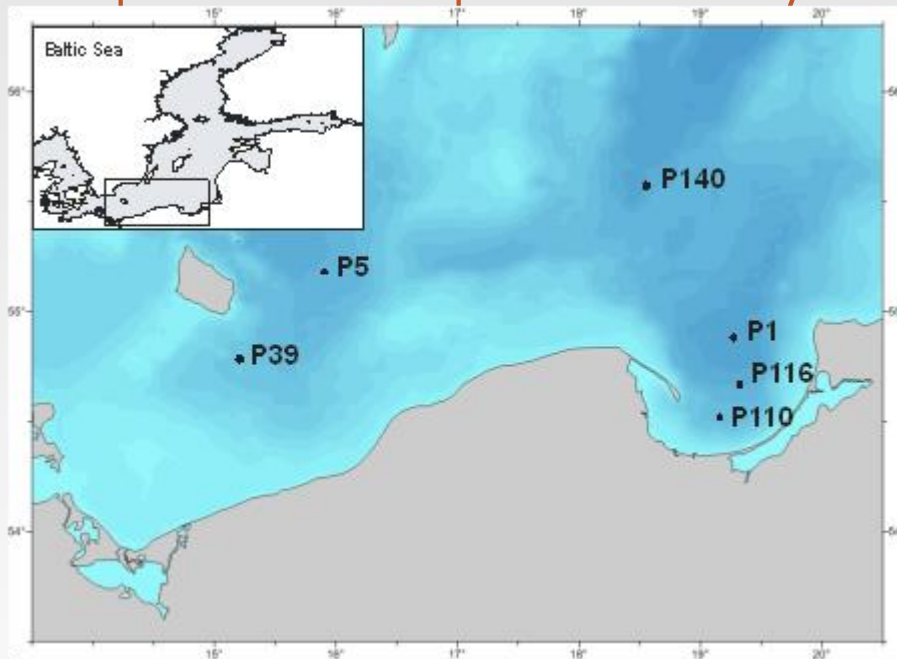
Gleba (8)



Źródło: CLOR - 2014

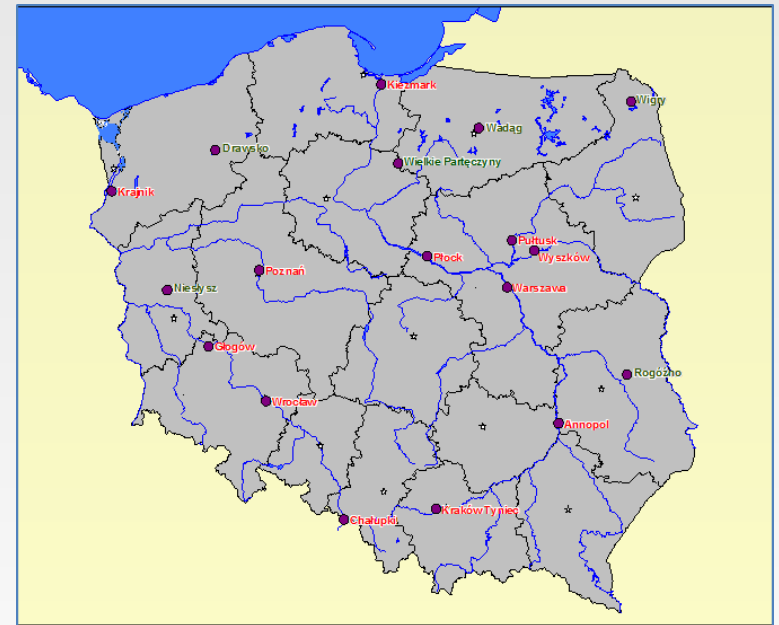
Osady denne (1)

- Osady denne Morza Bałtyckiego są pobierane i analizowane w ramach pomiarów Morza Bałtyckiego (patrz Wody morskie)
- Sedymenty z rzek i jezior są realizowane w ramach osobnego programu pomiarów wód powierzchniowych.



Pomiary:

Cs-137, Sr-90, K-40 Pu-238, Pu-239,240



Pomiary:

Cs-137, Pu-238, Pu-239,240

Osady dennie (2)

Stężenia radionuklidów cezu i plutonu w osadach dennych rzek i jezior Polski w 2018 r. [Bq/kg s.m.]
(GIOŚ, pomiary wykonane przez CLOR)

	Cs-137		Pu-239,240	
	Zakres	Średnio	Zakres	Średnio
Wisła, Bug i Narew	0,35-9,12	3,05	0,003-0,079	0,021
Odra i Warta	0,16-9,24	1,90	0,004-0,042	0,012
Jeziora	0,48-15,80	3,40	0,005-0,085	0,021

Osady denne (3)

Średnie stężenia radionuklidów sztucznych Cs-137, Pu-239,240, Sr-90 oraz radionuklidu naturalnego K-40 w osadach dennych południowej strefy Morza Bałtyckiego w 2017 r. [Bq/kg s.m.] - warstwa 0-19 cm (pomiar wykonywane przez CLOR)

	Sr-90	Cs-137	Pu-239,240	K-40
P110 Zatoka Gdańska	3,38	74,0	1,98	731
P116 Zatoka Gdańska	3,31	68,2	2,59	834
P1 Głębia Gdańska	3,20	39,6	1,24	879
P140 Wschodni Basen Gotlandzki	3,59	77,8	0,93	989
P39 Basen Bornholmski	2,70	23,9	0,58	1002
P5 Głębia Bornholmska	2,60	29,6	0,47	871

Flora i fauna wodna i lądowa

- Regularnym pomiarom podlegają jadalne gatunki grzybów.
- Pomiary wykonują wybrane Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne.
- Próbki są pobierane kilka razy w roku (1-4) w zależności od regionu Polski.
- Próbki są analizowane na zawartość Cs-137 oraz Sr-90 metodami radiochemicznymi i/lub spektrometrycznymi.

-
- Dodatkowo, PAA zamawia wykonanie analiz zawartości radionuklidów w rybach (fauna wodna).
 - Monitoring jest wykonywany w ramach programu pomiarów Morza Bałtyckiego (patrz wody morskie i sedymenty).
 - Próbki ryb (co najmniej 4 powszechnie występujące w Morzu Bałtyckim gatunki, n.p. śledź atlantycki, dorsz atlantycki, flądra, szprot) pochodzą z:
 1. PL-1 (54°35,00'N, 19°00,00'E) – Basen Gdański,
 2. PL-2 (54°55,00'N, 18°10,00'E) - Basen Gdański, oraz
 3. PL-4 (54°20,00'N, 15°20,00'E) - Bornholm.

Pomiary: Cs-137, K-40 oraz Ra-226



Żywność i pasze (0)

ROZPORZĄDZENIE RADY (Euratom) 2016/52 z dnia 15 stycznia 2016 r.

określające maksymalne dozwolone poziomy skażenia promieniotwórczego żywności i pasz po awarii jądrowej lub w innym przypadku zdarzenia radiacyjnego oraz uchylające rozporządzenie (Euratom) nr 3954/87 oraz rozporządzenia Komisji (Euratom) nr 944/89 i (Euratom) nr 770/90

ZAŁĄCZNIK I

MAKSYMALNE DOZWOLONE POZIOMY SKAŻENIA PROMIENIOTWÓRCZEGO ŻYWNOCI

Maksymalne dozwolone poziomy mające zastosowanie do żywności nie mogą przekraczać następujących wartości:

Grupa izotopów/Grupa żywności	Żywność (Bq/kg) ⁽¹⁾			
	Żywność dla niemowląt ⁽²⁾	Produkty mleczarskie ⁽³⁾	Pozostała żywność, z wyjątkiem żywności o mniejszym znaczeniu ⁽⁴⁾	Żywność w postaci płynnej ⁽⁵⁾
Suma izotopów strontu, w szczególności Sr-90	75	125	750	125
Suma izotopów jodu, w szczególności I-131	150	500	2 000	500
Suma alfa-promieniotwórczych izotopów plutonu i pierwiastków transplutonowych, w szczególności Pu-239 oraz Am-241	1	20	80	20
Suma wszystkich innych nuklidów o okresie połowicznego rozpadu dłuższym niż 10 dni, w szczególności Cs-134 oraz Cs-137 ⁽⁶⁾	400	1 000	1 250	1 000

(1) Poziom stosowany do produktów zagęszczonych lub suszonych jest obliczany na podstawie produktu odtworzonego w postaci gotowej do spożycia. Państwa członkowskie mogą formułować zalecenia dotyczące warunków rozcieńczania, tak by zapewnić przestrzeganie maksymalnych dozwolonych poziomów skażenia określonych w niniejszym rozporządzeniu.

(2) Żywność dla niemowląt oznacza żywność przeznaczoną do karmienia niemowląt podczas pierwszych 12 miesięcy życia, która sama w sobie spełnia potrzeby pokarmowe tej kategorii osób, kierowaną do sprzedaży detalicznej w opakowaniach wyraźnie opisanych i oznakowanych jako takie.

(3) Produkty mleczarskie oznaczają produkty występujące pod następującymi pozycjami CN, włącznie z dokonanymi w nich później, w miarę potrzeb, zmianami: 0401 oraz 0402 (oprócz 0402 29 11).

(4) Żywność o mniejszym znaczeniu i mające do niej zastosowanie poziomy skażenia są określone w załączniku II.

(5) Żywność w postaci płynnej oznacza produkt objęte pozycją 2009 i działem 22 Nomenklatury scalonej. Wartości są obliczone z uwzględnieniem spożycia wody wodociągowej; te same wartości można stosować do zasobów wody pitnej, o czym decydować będą właściwe organy państw członkowskich.

(6) Węgiel-14, tryt i potas-40 nie zostały ujęte w tej grupie.

Żywność i pasze (1)

- Program poboru próbek żywności i pasz jest realizowany przez jednostki podstawowe (Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne).
- Program poboru próbek (miejsca poboru i czas poboru) i pomiarów są konsultowane z Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych i podlegają zatwierdzeniu przez Prezesa PAA.

Dodatkowo, Narodowy Instytut Badawczy Weterynarii (PIWet-Puławy) zbiera wyniki pomiarów stężeń Cs-137 prowadzonych przez Stacje Higieny Weterynaryjnej i wysyła je do Głównego Inspektora Weterynarii.



Żywność i pasze (2)

Mleko

Stężenia Cs-137 w mleku płynnym (świeżym):

od **0,20** do **1,50**Bq/dm³

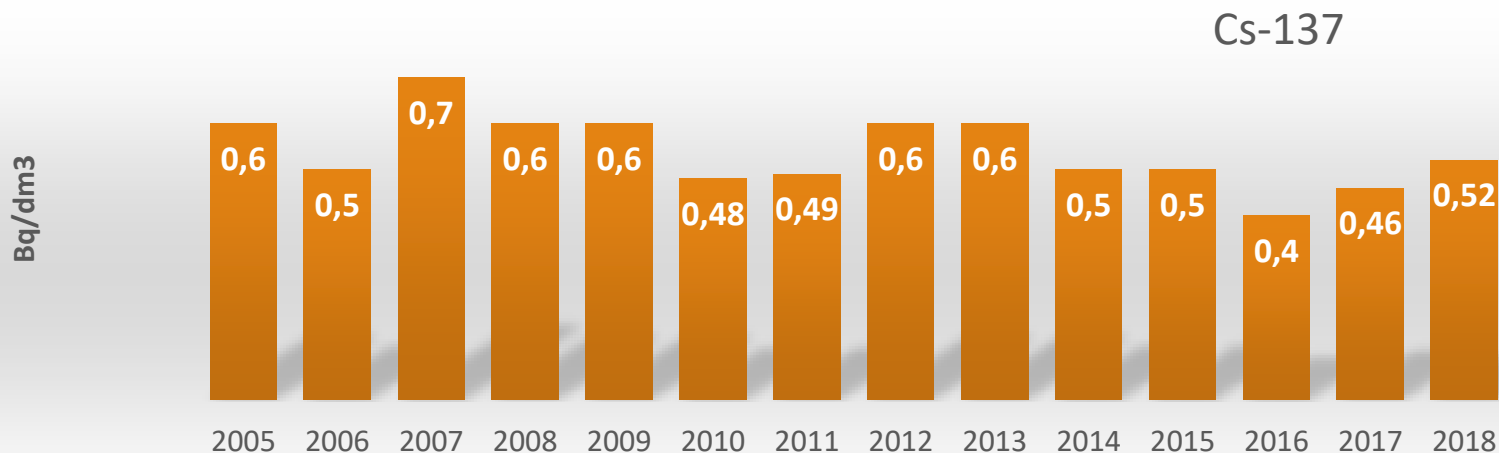
średnio ok. **0,52** Bq/dm³

Stężenie Sr-90: 0,02 Bq/dm³

Dla porównania:

Średnie stężenie naturalnego promieniotwórczego izotopu potasu (K-40) w mleku wynosi ok. **43** Bq/dm³.

Średnie roczne stężenie Cs-137 w mleku w Polsce w latach 2005-2018 (PAA na podstawie wyników pomiarów wykonywanych przez stacje sanitarno-epidemiologiczne)



Żywność i pasze (3)

Żywność (1)

- Zgodnie z zaleceniami Prezesa PAA próbki żywności są pobierane od producentów lokalnych, a jeśli nie ma takiej możliwości z hipermarketów i sklepów lokalnych.
- Próbki są analizowane przez Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne (WSSE).
- Próbki są pobierane kilka razy w roku:
 - ✓ Ryby, zboża, jaja – raz w roku,
 - ✓ Owoce, warzywa – raz w roku podczas zbiorów,
 - ✓ Mięso (różne gatunki) – raz na kwartał.
- Warzywa, owoce, ryby słodkowodne i morskie oraz pasze są analizowane przez Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne (WSSE).
- Próbki są analizowane metodami pozwalającymi wykryć 0.5 Bq/l Cs-137 (radiochemicznie i/lub spektrometrycznie) .
- Wybrane próbki są analizowane na zawartość Sr-90 (na poziomie powyżej 0.06 Bq/l).

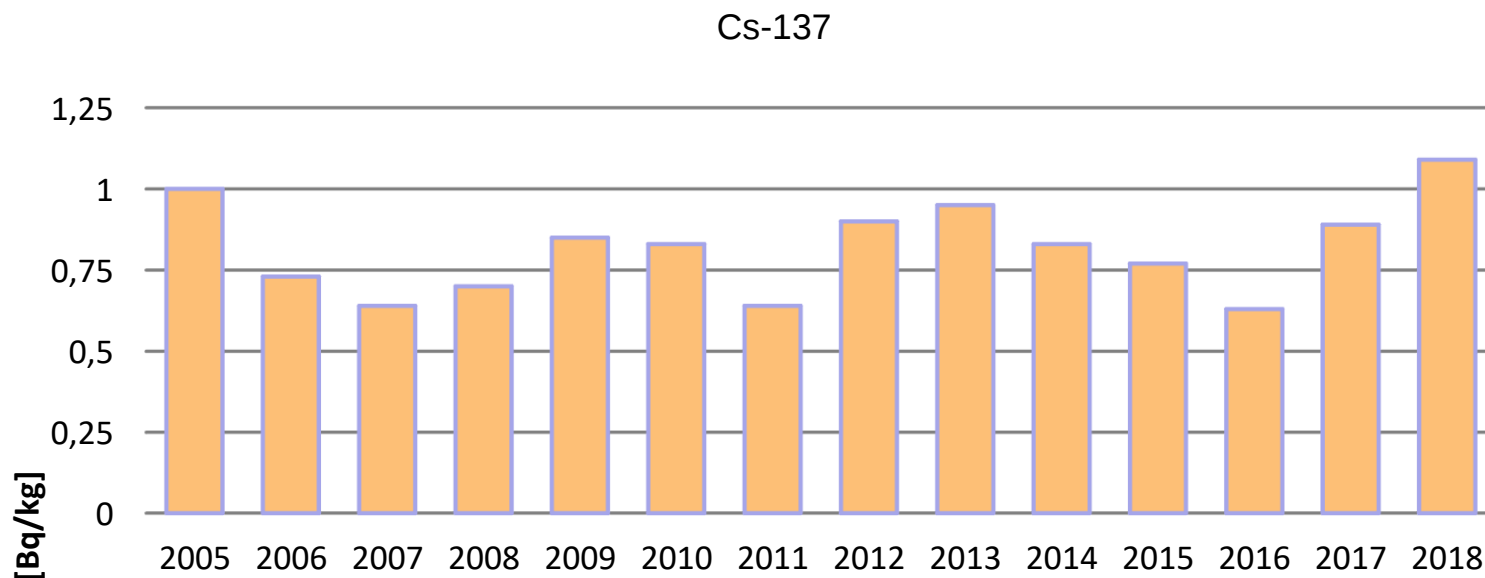
Żywność i pasze (4)

Żywność (2)

Średnia roczna wartość stężenia Cs-137

- mięso zwierząt hodowlanych – ok. **1,09** Bq/kg,
- drób – ok. **0,47** Bq/kg,
- ryby – ok. **0,85** Bq/kg,
- jaja – ok. **0,57** Bq/kg.

Średnie roczne stężenie Cs-137 w mięsie zwierząt hodowlanych w Polsce w latach 2005-2018
(PAA na podstawie wyników pomiarów wykonywanych przez stacje sanitarno-epidemiologiczne)



Żywność i pasze (5)

Żywność (3)

Średnie roczne stężenie Cs-137 w warzywach w Polsce w latach 2005-2018
(PAA na podstawie wyników pomiarów wykonywanych przez stacje sanitarno-epidemiologiczne)



Żywność i pasze (6)

Żywność (4)

Średnie roczne stężenie Cs-137 w owocach w Polsce w latach 2005-2018
(PAA na podstawie wyników pomiarów wykonywanych przez stacje sanitarno-epidemiologiczne)

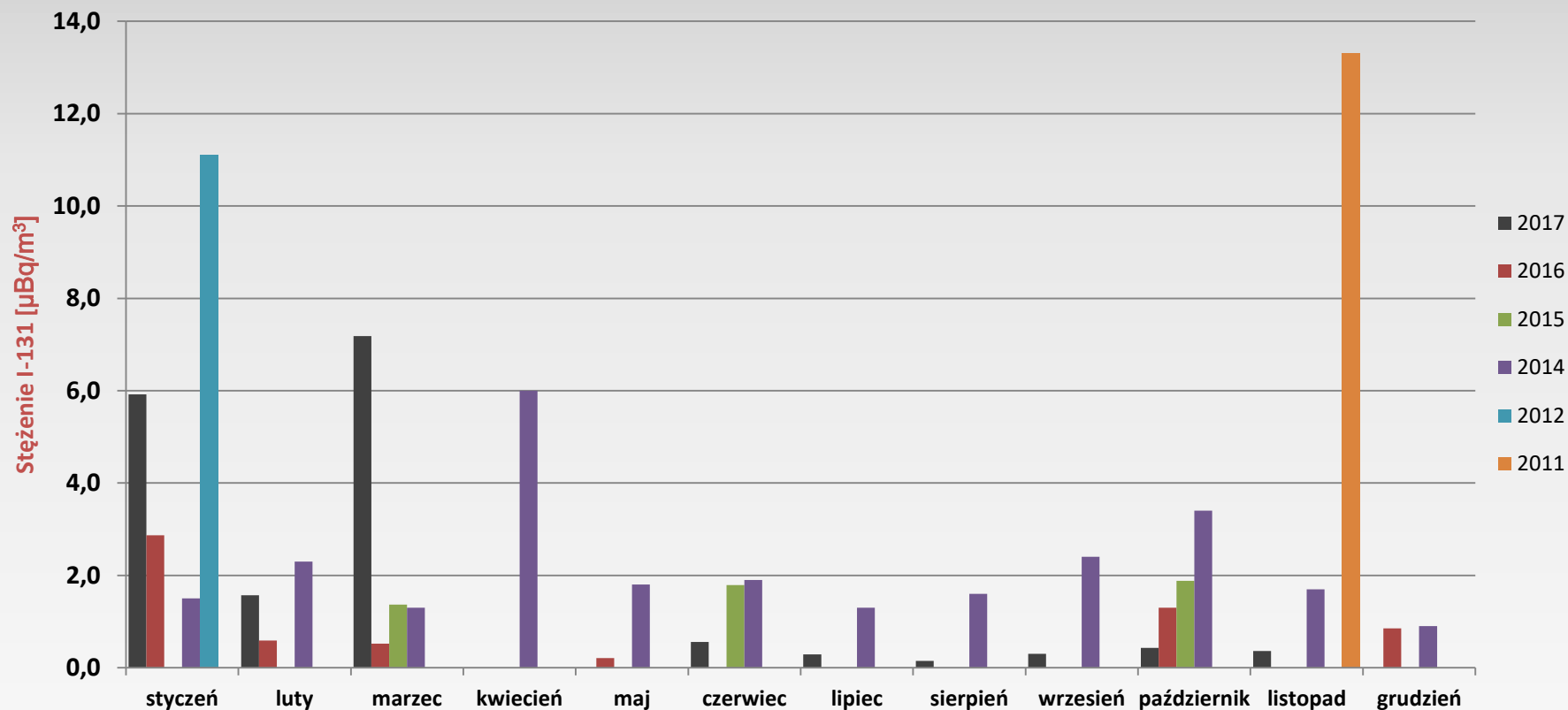
[Bq/kg]



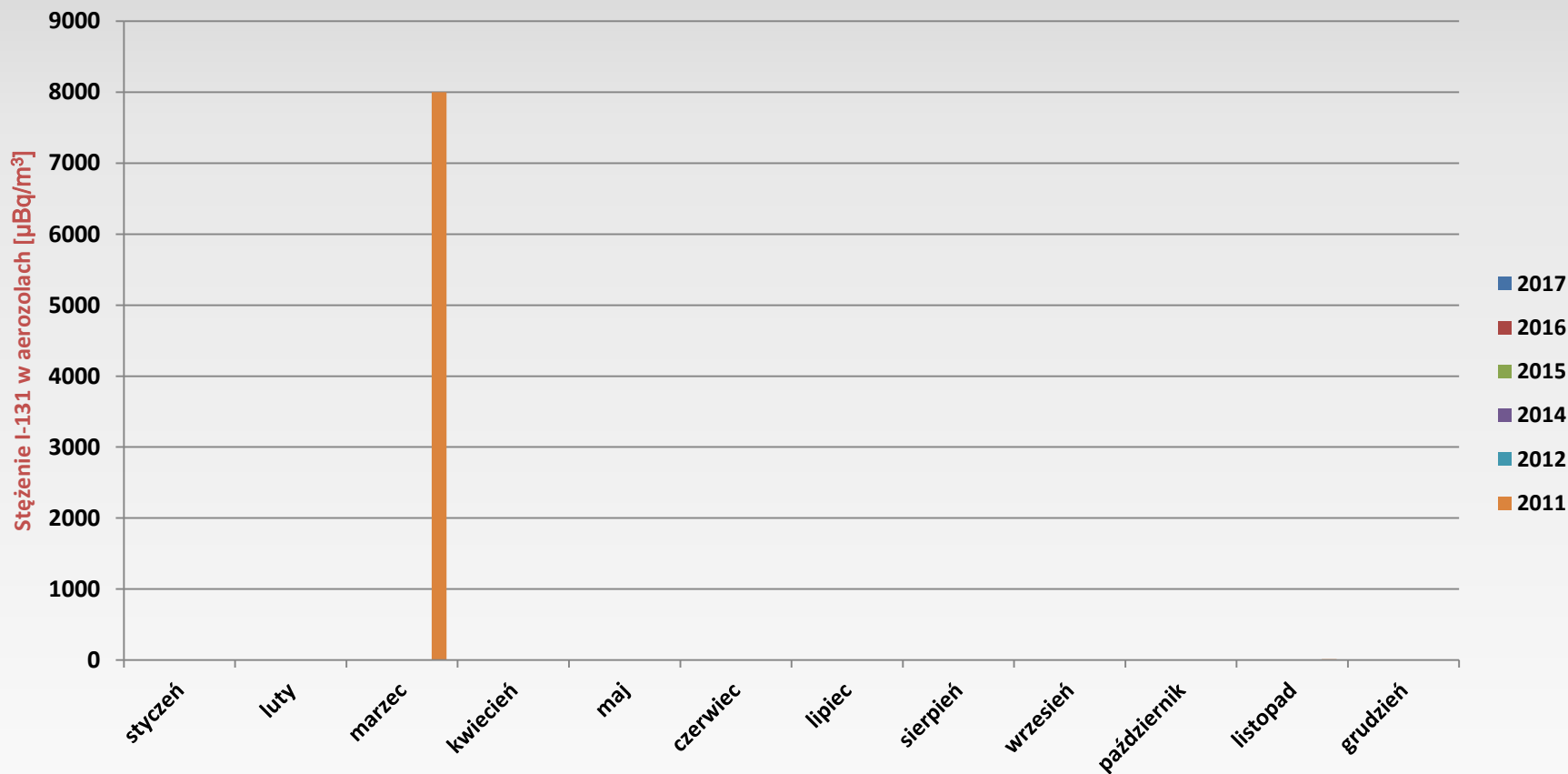
Przykład – stężenia I-131 w powietrzu (frakcja aerozolowa)

Stężenie I-131 w latach 2011-2017						
	[μBq/m ³]					
	2017	2016	2015	2014	2012	2011
styczeń	5,92	2,87		1,50	11,10	
luty	1,57	0,59		2,30		
marzec	7,18	0,52	1,37	1,30		
kwiecień				6,00		
maj		0,21		1,80		
czerwiec	0,56		1,79	1,90		
lipiec	0,29			1,30		
sierpień	0,15			1,60		
wrzesień	0,30			2,40		
październik	0,43	1,30	1,88	3,40		
listopad	0,36			1,70		13,30
grudzień		0,85		0,90		

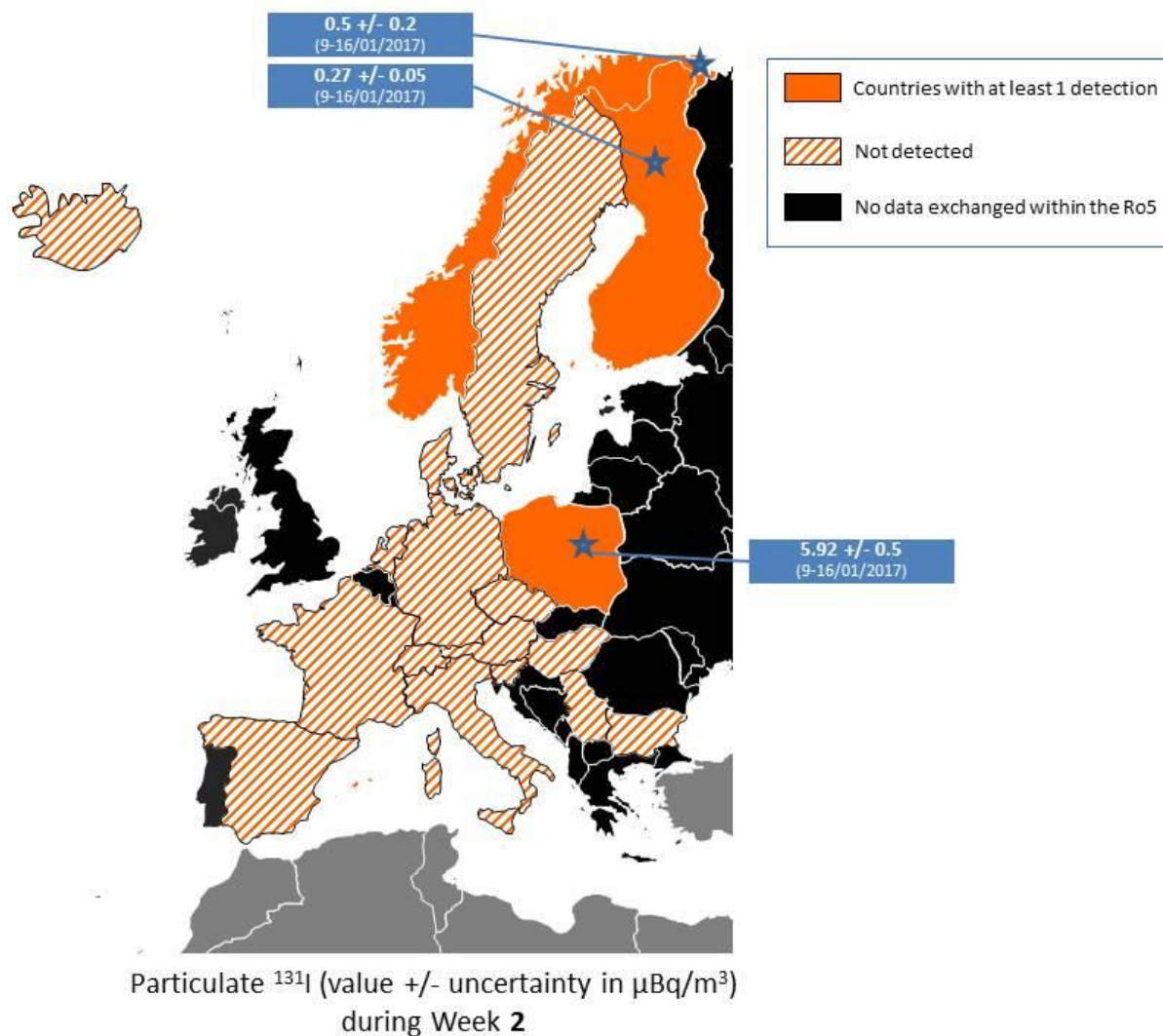
I-131 w powietrzu (frakcja aerozolowa) – bez Fukushima



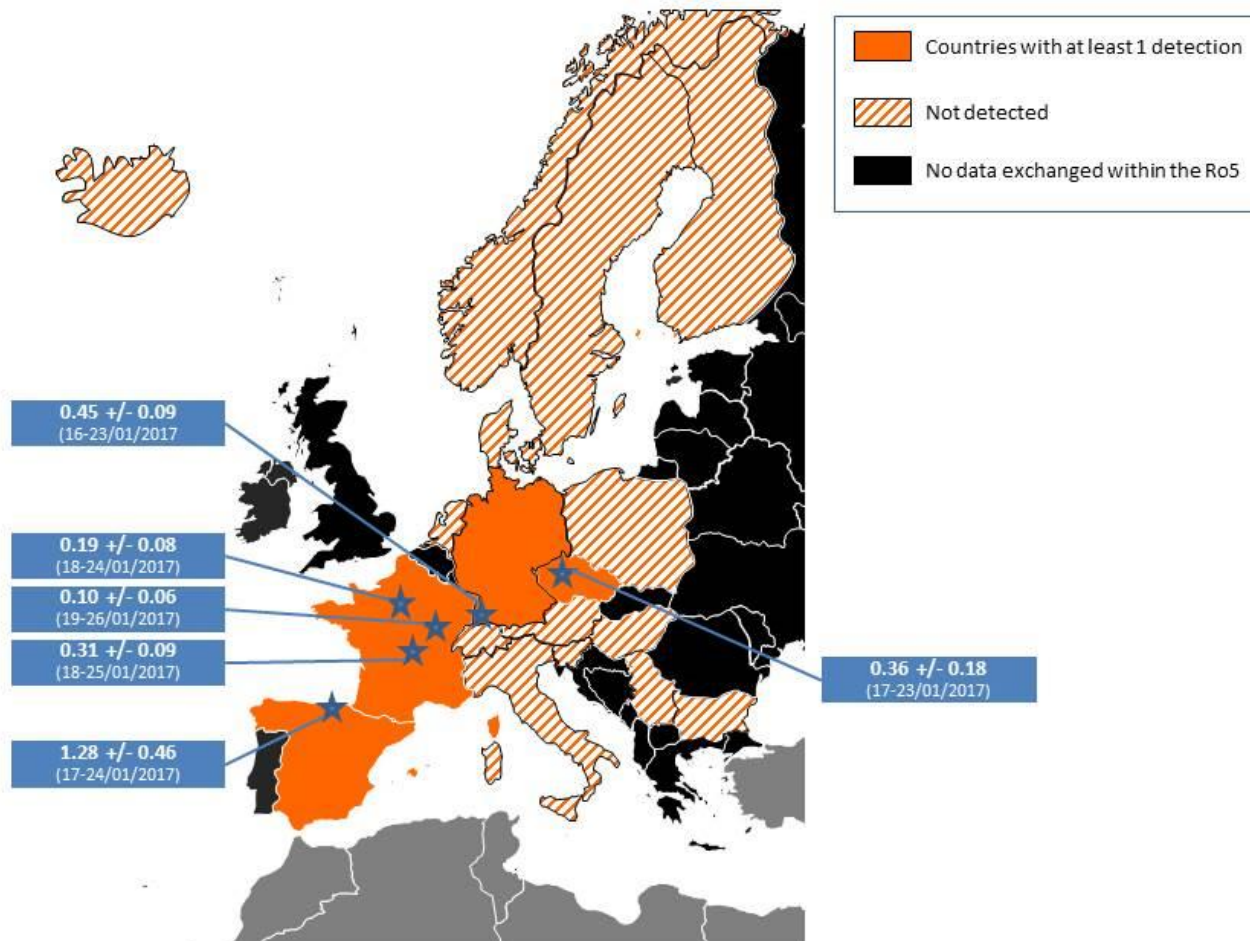
I-131 w powietrzu (frakcja aerozolowa) – z Fukushima



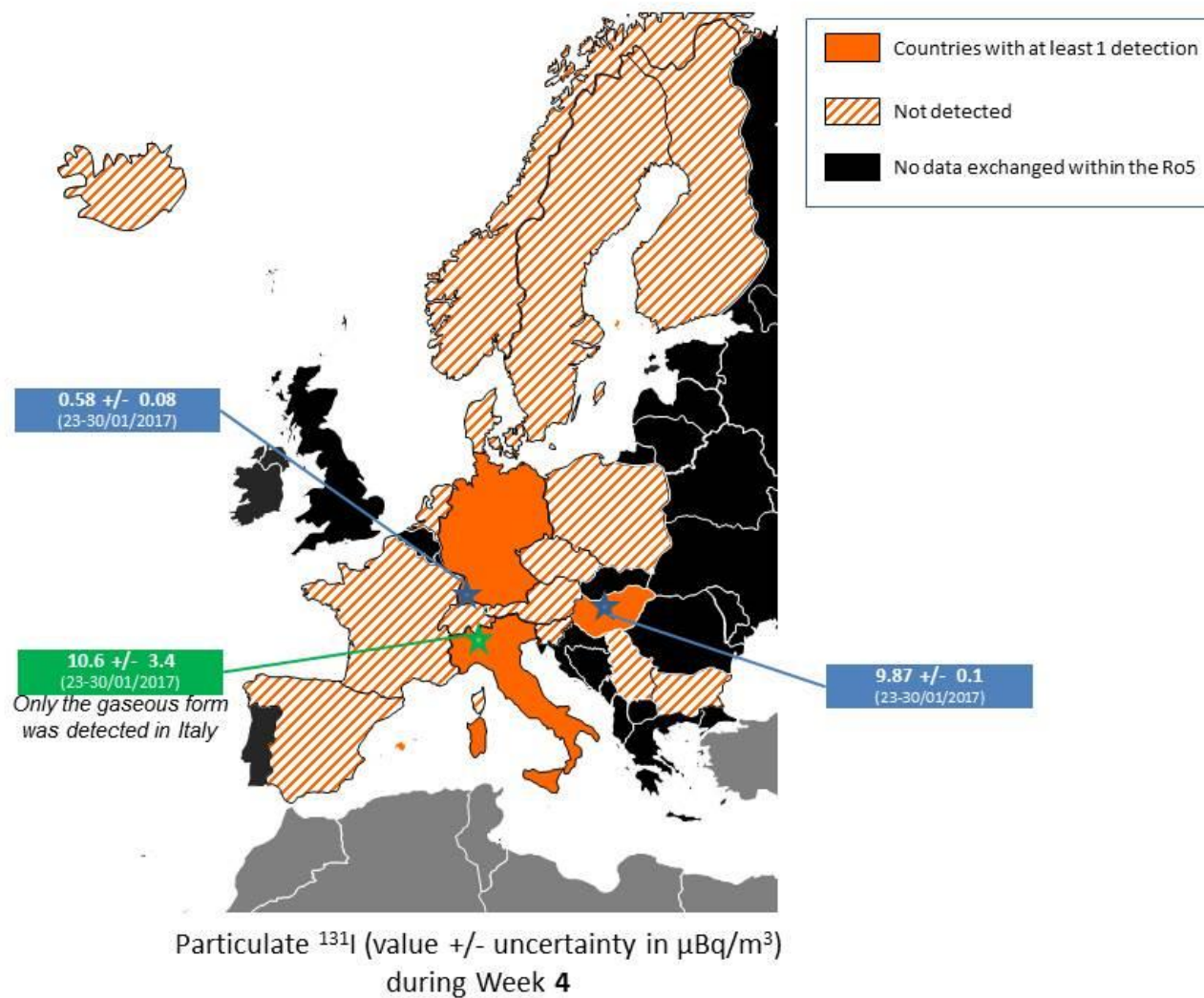
I-131 w powietrzu – początek 2017



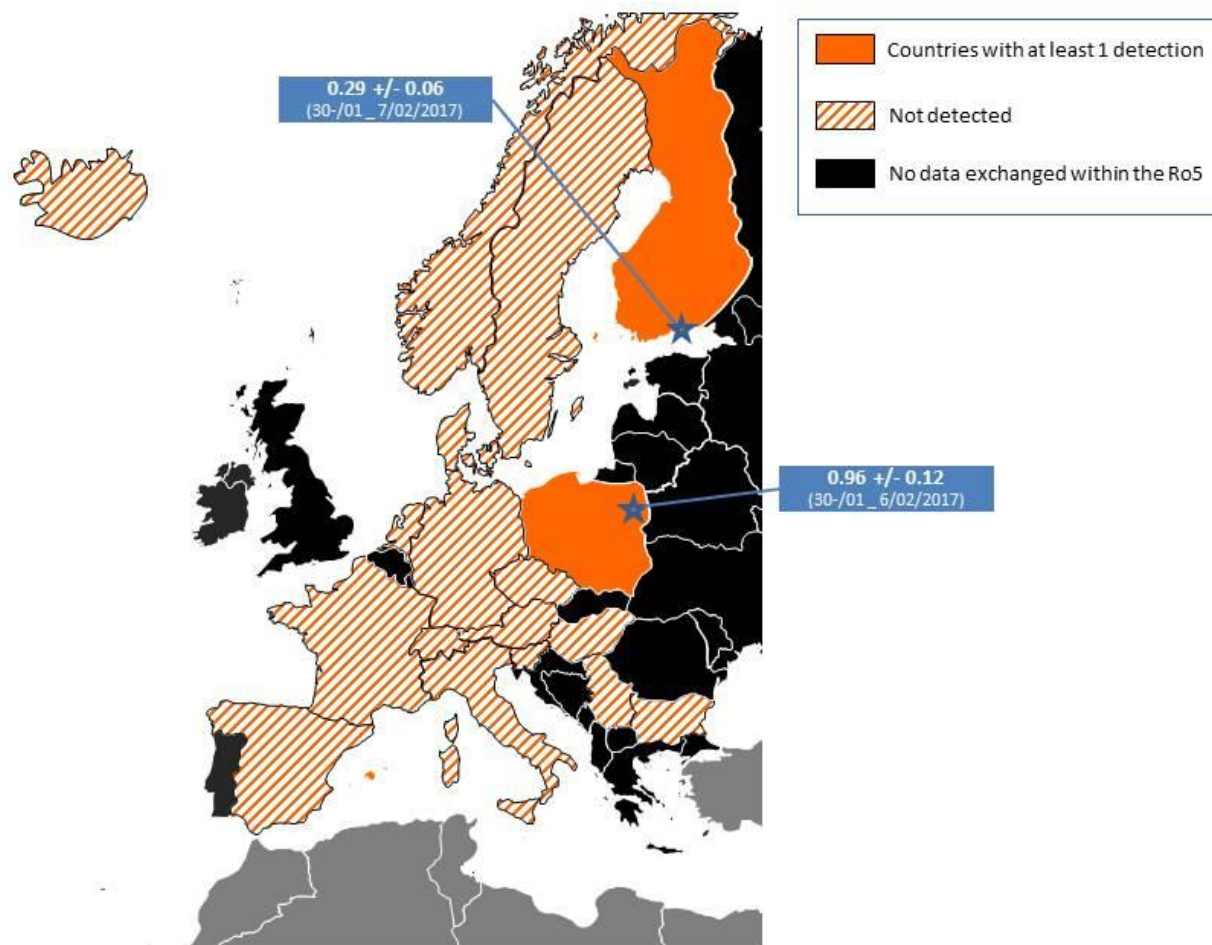
I-131 w powietrzu – początek 2017



I-131 w powietrzu – początek 2017

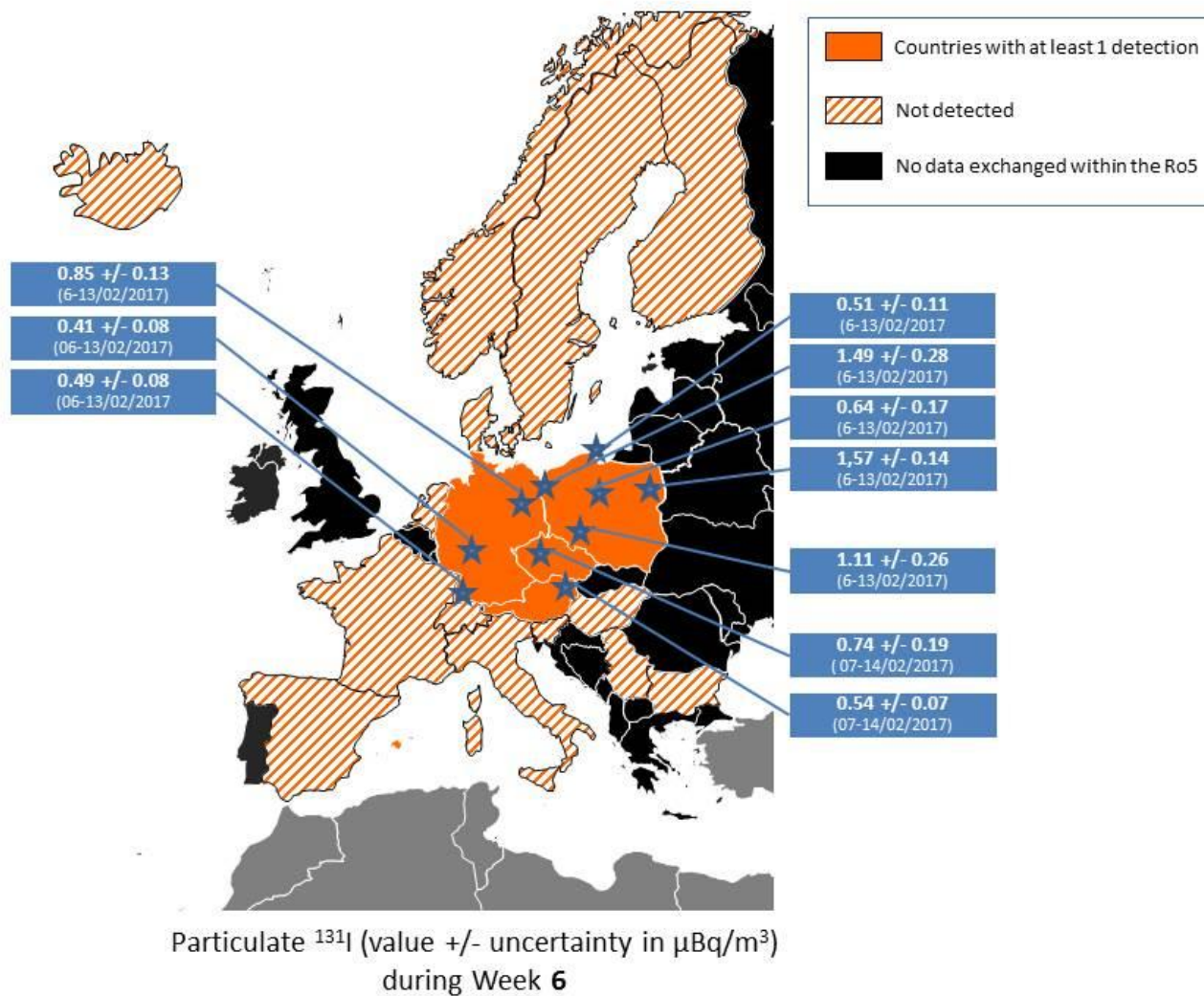


I-131 w powietrzu – początek 2017



Particulate ^{131}I (value +/- uncertainty in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)
during Week 5

I-131 w powietrzu – początek 2017



Jod w postaci aerozolowej i gazowej (Europa 2017)

Frakcja aerozolowa

Ilość dni	7						
Stężenie I-131 [uBq/m ³]	8,61						
Kategoria wiekowa	<1 rok	1-2 lata	2-7 lat	7-12 lat	12-17 lat	>17 lat (K)	>17 lat (M)
Dawka efektywna na całe ciało [Sv]	1,30E-11	1,74E-11	2,23E-11	1,72E-11	1,19E-11	9,37E-12	1,07E-11
Dawka na tarczycę [Gy]	2,60E-10	3,47E-10	4,46E-10	3,44E-10	2,39E-10	1,87E-10	2,14E-10

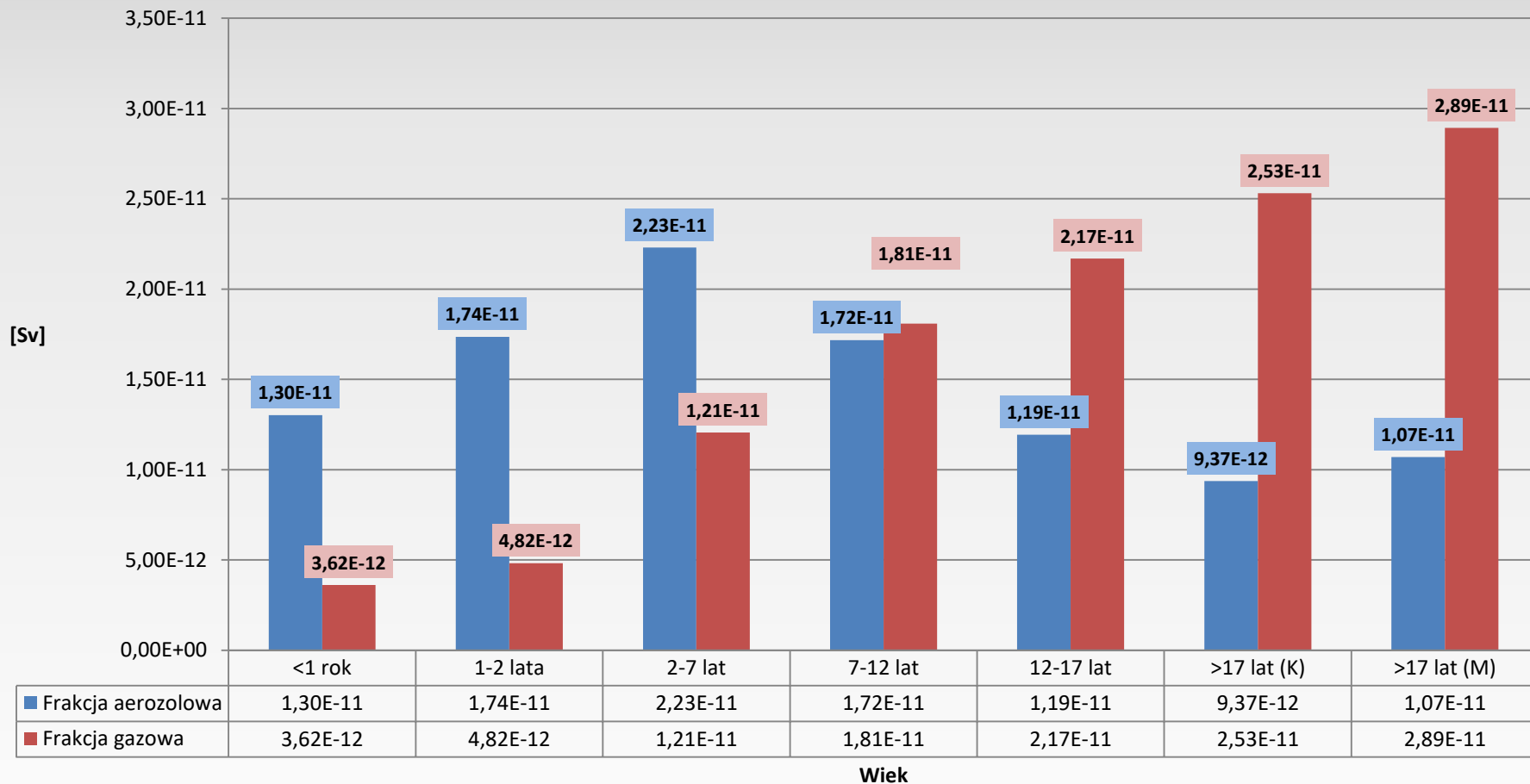
Frakcja gazowa

Ilość dni	7						
Stężenie I-131 [uBq/m ³]	8,61						
Kategoria wiekowa	<1 rok	1-2 lata	2-7 lat	7-12 lat	12-17 lat	>17 lat (K)	>17 lat (M)
Dawka efektywna na całe ciało [Sv]	3,62E-12	4,82E-12	1,21E-11	1,81E-11	2,17E-11	2,53E-11	2,89E-11
Dawka na tarczycę [Gy]	7,23E-11	9,64E-11	2,41E-10	3,62E-10	4,34E-10	5,06E-10	5,79E-10



Jod w postaci aerozolowej i gazowej (Europa 2017)

Dawka efektywna na całe ciało [Sv]



Przykład - Fukushima rok 2011

Filtr zdjęty	Stężenie ¹³¹ I w aerozolach [μBq/m ³]							
	GDYNIA		WARSZAWA		ŁÓDŹ		KATOWICE	
	Stężenie	Niepewność	Stężenie.	Niepewność	Stężenie.	Niepewność	Stężenie	Niepewność
21-Mar	< 0.6		0.7	0.2	< 0.22		< 0.57	
25-Mar	52.9	2.6	83.9	2.0	65.1	3,2	86,3	3,6
28-Mar	845.2	20.6	271.3	5.5	542.6	9,1	847,3	43,6
30-Mar	1849.8	40.9	3173.0	57.5	5400.0	95,0	4400,0	226,1
01-Kwi	939.4	25.0	2196.9	40.2	1139.0	19,0	1709,6	87,9
04-Kwi	265.5	9.7	763.1	14.2	338.2	5,6	837,9	43,1
07-Kwi	186.3	4.1	712.6	13.4	243.6	5,1	532,7	27,5
11-Kwi	139.7	6.2	222.5	4.4	215.6	3,7	365,6	18,8
14-Kwi	70.5	3.9	72.1	1.7	52.5	1,0	157,1	8,1
18-Kwi	47.1	2.6	81.9	1.9	60.0	2,4	126,3	6,6
21-Kwi	63.0	3.3	42.2	1.5	33.7	0,7	89,1	4,6
26-Kwi	31.6	1.8	36.9	1.1	16.5	0,5	28,4	1,6
02-Maj	7.8	0.7	13.9	0.6	6.2	0,3	12,4	0,8
09-Maj	2.3	0.3	2.9	0.2	1.8	0,1	4,3	0,5
16-Maj	< 0.7		< 0.75		0.4	0.1	1.3	0,3
23-Maj	< 0.7		< 0.57		< 0.19		1.4	0.3
30-Maj	< 0.6		1.7	0.2	< 0.19		< 0.36	

Dane: CLOR



Jod w postaci aerozolowej i gazowej (Fukushima 2011)

Frakcja aerozolowa

Ilość dni	7						
Stężenie I-131 [uBq/m3]	5400						
Kategoria wiekowa	<1 rok	1-2 lata	2-7 lat	7-12 lat	12-17 lat	>17 lat (K)	>17 lat (M)
Dawka efektywna na całe ciało [Sv]	8,16E-09	1,09E-08	1,40E-08	1,08E-08	7,48E-09	5,87E-09	6,71E-09
Dawka na tarczycę [Gy]	1,63E-07	2,18E-07	2,80E-07	2,15E-07	1,50E-07	1,17E-07	1,34E-07

Frakcja gazowa

Ilość dni	7						
Stężenie I-131 [uBq/m3]	5400						
Kategoria wiekowa	<1 rok	1-2 lata	2-7 lat	7-12 lat	12-17 lat	>17 lat (K)	>17 lat (M)
Dawka efektywna na całe ciało [Sv]	2,27E-09	3,02E-09	7,56E-09	1,13E-08	1,36E-08	1,59E-08	1,81E-08
Dawka na tarczycę [Gy]	4,54E-08	6,05E-08	1,51E-07	2,27E-07	2,72E-07	3,18E-07	3,63E-07



Jod w postaci aerozolowej i gazowej (Fukushima 2011)

Dawka efektywna na całe ciało [Sv]



Jod w postaci aerozolowej i gazowej (Czarnobyl 1986)

Frakcja aerozolowa

Ilość dni	7						
Stężenie I-131 [uBq/m3]	1,8E+08						
Kategoria wiekowa	<1 rok	1-2 lata	2-7 lat	7-12 lat	12-17 lat	>17 lat (K)	>17 lat (M)
Dawka efektywna na całe ciało [Sv]	2,72E-04	3,63E-04	4,66E-04	3,59E-04	2,49E-04	1,96E-04	2,24E-04
Dawka na tarczycę [Gy]	5,44E-03	7,26E-03	9,32E-03	7,18E-03	4,99E-03	3,92E-03	4,48E-03

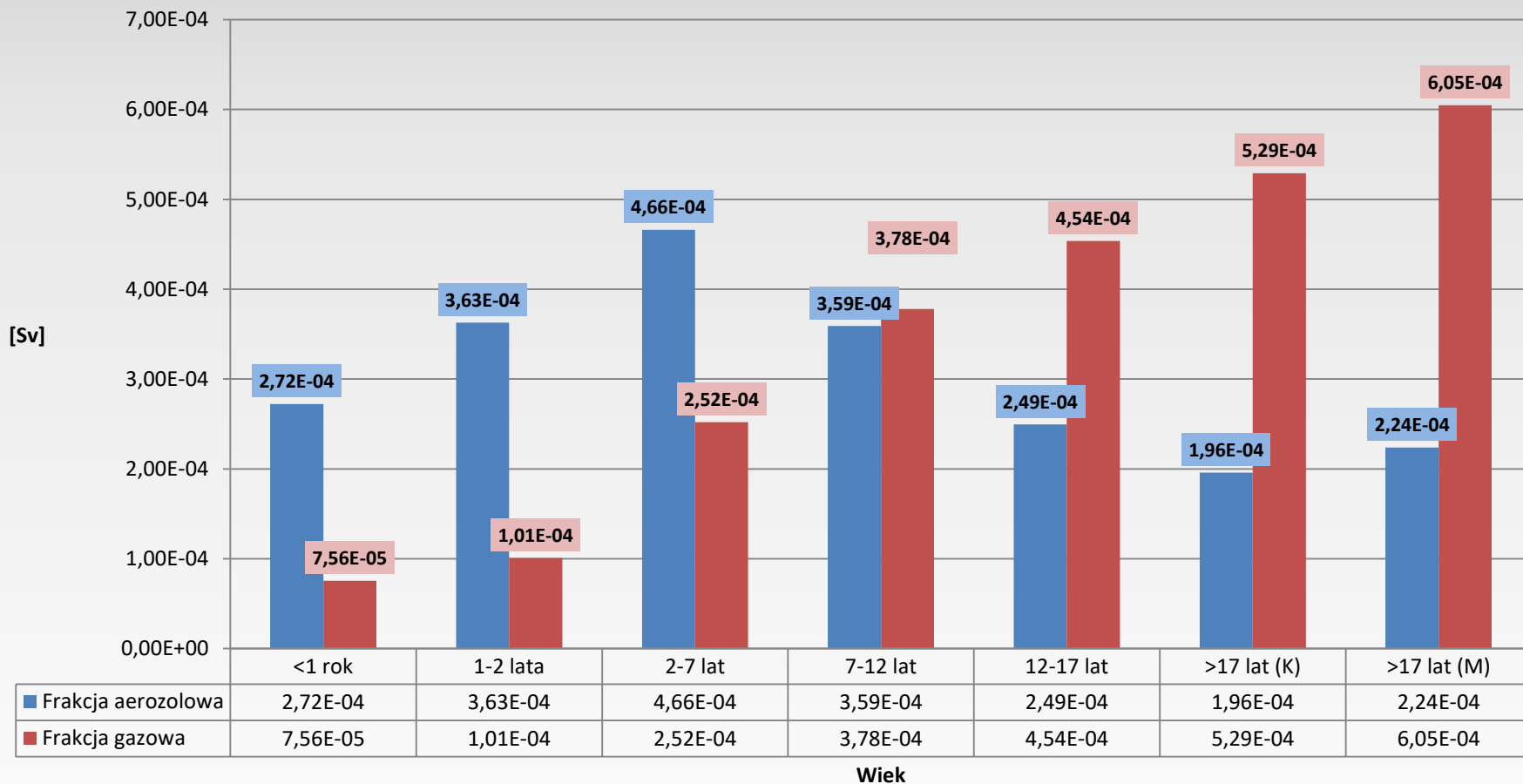
Frakcja gazowa

Ilość dni	7						
Stężenie I-131 [uBq/m3]	1,8E+08						
Kategoria wiekowa	<1 rok	1-2 lata	2-7 lat	7-12 lat	12-17 lat	>17 lat (K)	>17 lat (M)
Dawka efektywna na całe ciało [Sv]	7,56E-05	1,01E-04	2,52E-04	3,78E-04	4,54E-04	5,29E-04	6,05E-04
Dawka na tarczycę [Gy]	1,51E-03	2,02E-03	5,04E-03	7,56E-03	9,07E-03	1,06E-02	1,21E-02



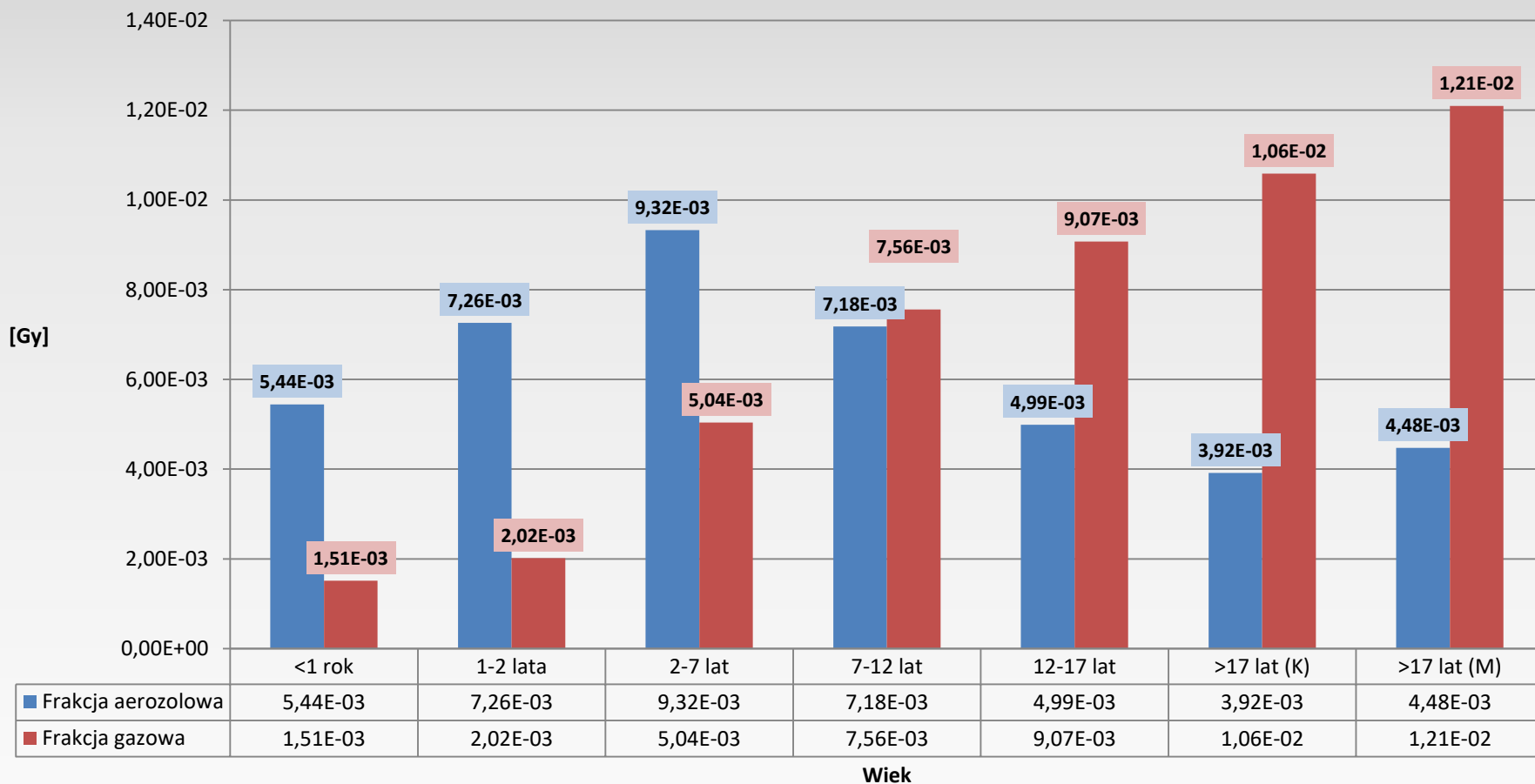
Jod w postaci aerozolowej i gazowej (Czarnobyl 1986)

Dawka efektywna na całe ciało [Sv]



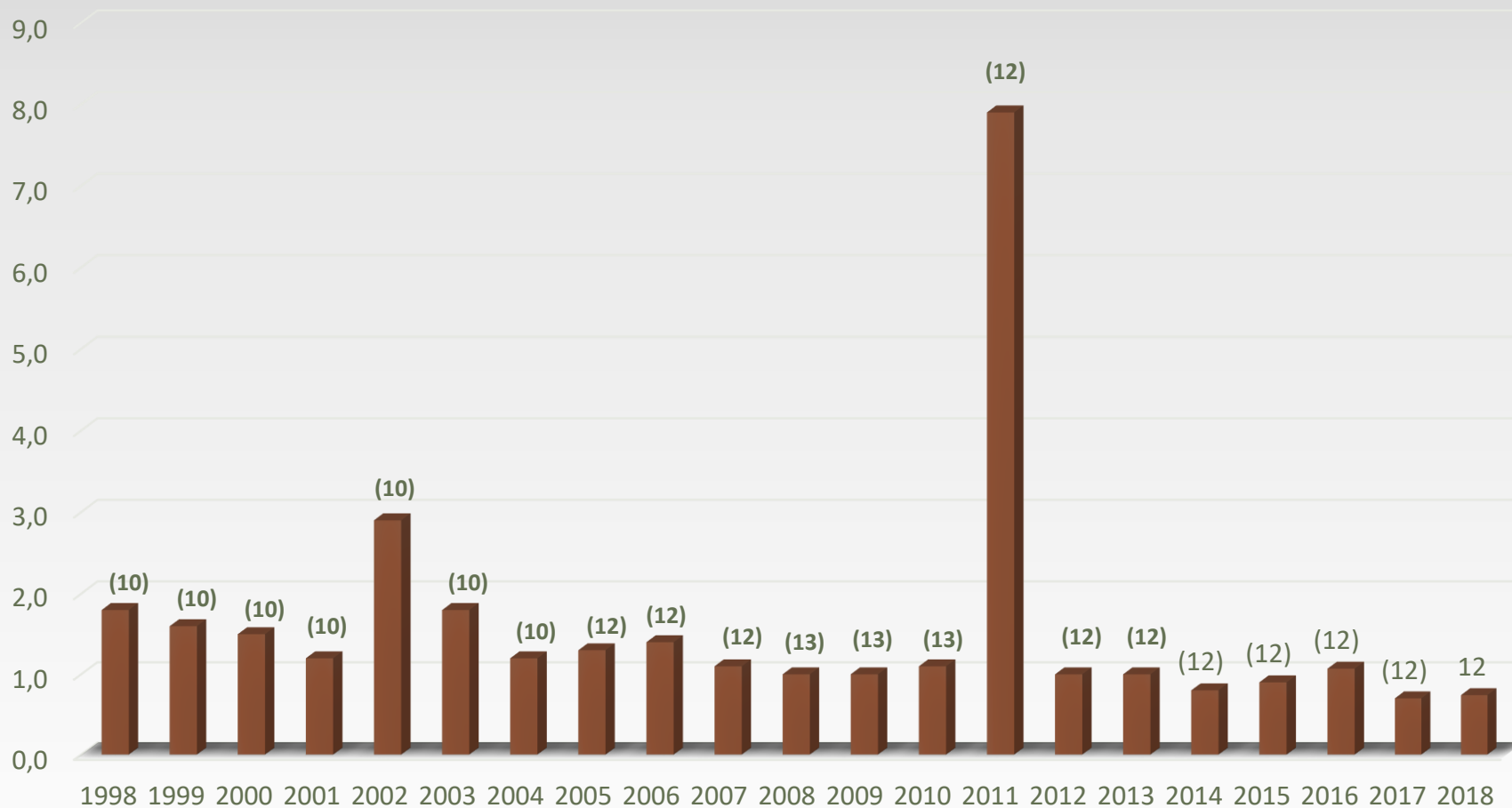
Jod w postaci aerozolowej i gazowej (Czarnobyl 1986)

Dawka na tarczycę [Gy]



Cs-137 w aerozolu w latach 1998-2018

[$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]



Ruten w aerozolach (październik 2017)

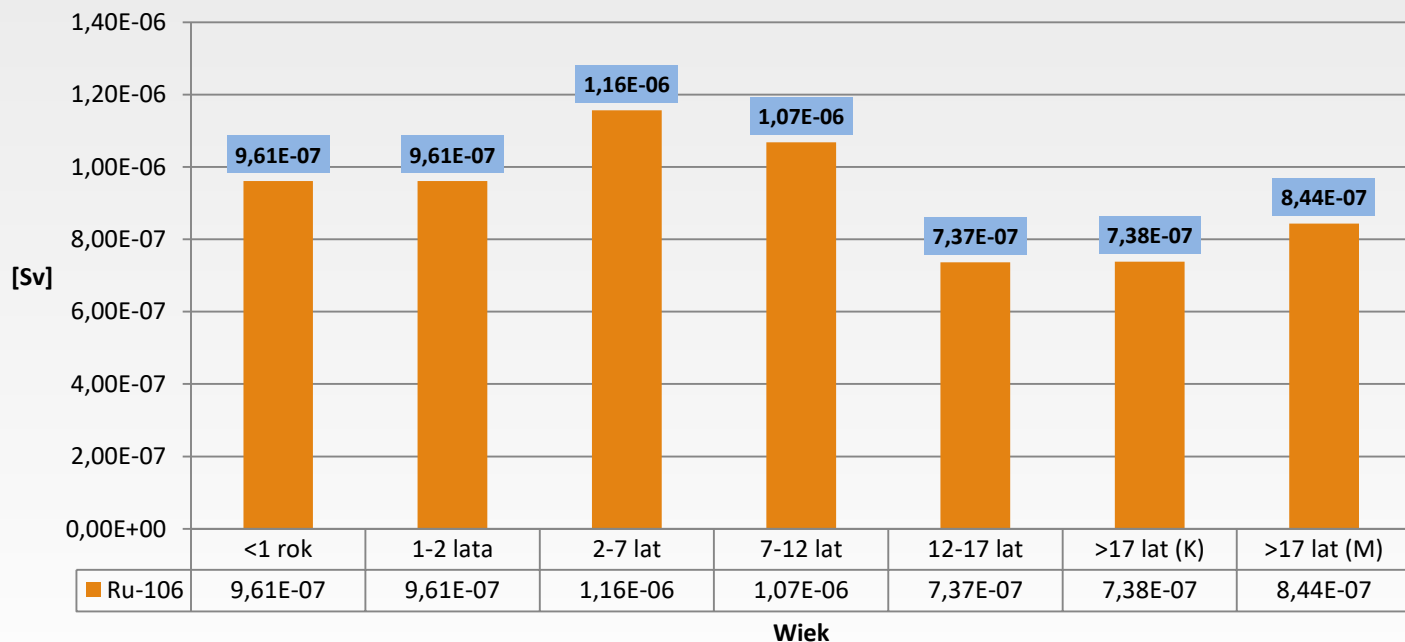
Stacja	Ru-106 [mBq/m ³]		Ru-103 [μBq/m ³]	
	Tydzień 39 (25.09 – 02.10)	Tydzień 40 (02.10-09.10)	Tydzień 39 (25.09 – 02.10)	Tydzień 40 (02.10-09.10)
WARSZAWA	4.09 ± 0.05	2.46 ± 0.06	0.85 ± 0.19 (LLD – 0.47)	
BIĄŁYSTOK	0.23 ± 0.01	1.75 ± 0.04		
GDYNIA	3.62 ± 0.07	2.54 ± 0.05		
KATOWICE	0.60 ± 0.03	4.65 ± 0.12		
KRAKÓW	1.67 ± 0.12	3.11 ± 0.22		0.85 ± 0.27 (LLD – 0.85)
LUBLIN	7.16 ± 0.17	3.36 ± 0.05	2.30 ± 0.40 (LLD – 0.76)	
ŁÓDŹ	7.63 ± 0.22	12.19 ± 0.34		
SANOK	6.52 ± 0.37	4.83 ± 0.28		
SZCZECIN	0.36 ± 0.01	0.09 ± 0.01		
TORUŃ	9.93 ± 0.30	2.93 ± 0.07	3.46 ± 0.47 (LLD – 0.81)	0.84 ± 0.22 (LLD – 0.46)
WROCŁAW	3.03 ± 0.06	2.97 ± 0.04		
ZIELONA GÓRA	3.99 ± 0.12	1.54 ± 0.04		

Ruten w aerozolu (październik 2017)

Ru-106

Ilość dni	365						
Stężenie Ru-106 [uBq/m3]	12190						
Kategoria wiekowa	<1 rok	1-2 lata	2-7 lat	7-12 lat	12-17 lat	>17 lat (K)	>17 lat (M)
Dawka efektywna na całe ciało [Sv]	9,61E-07	9,61E-07	1,16E-06	1,07E-06	7,37E-07	7,38E-07	8,44E-07
Dawka na płuca [Gy]	1,15E-05	1,15E-05	1,39E-05	1,28E-05	8,84E-06	8,86E-06	1,01E-05

Dawka efektywna na całe ciało [Sv]



Ruten w aerozolach (październik 2017)

Dla grupy krytycznej (2-7 lat) oraz dawki skutecznej $1,16\text{E-}06$ Sv:

Limit dawki rocznej dla populacji: 1 mSv	czas do osiągnięcia [lata]	864.4
Nakaz pozostania w pomieszczeniach zamkniętych: (powyżej 10 mSv w ciągu 2 dni)	czas do osiągnięcia [lata]	8644.3
Nakaz ewakuacji: (powyżej 100 mSv w ciągu 7 dni)	czas do osiągnięcia [lata]	86443.1
Podanie preparatu ze stabilnym jodem: (powyżej 100 mGy na tarczycę)	czas do osiągnięcia [lata]	Nie dotyczy

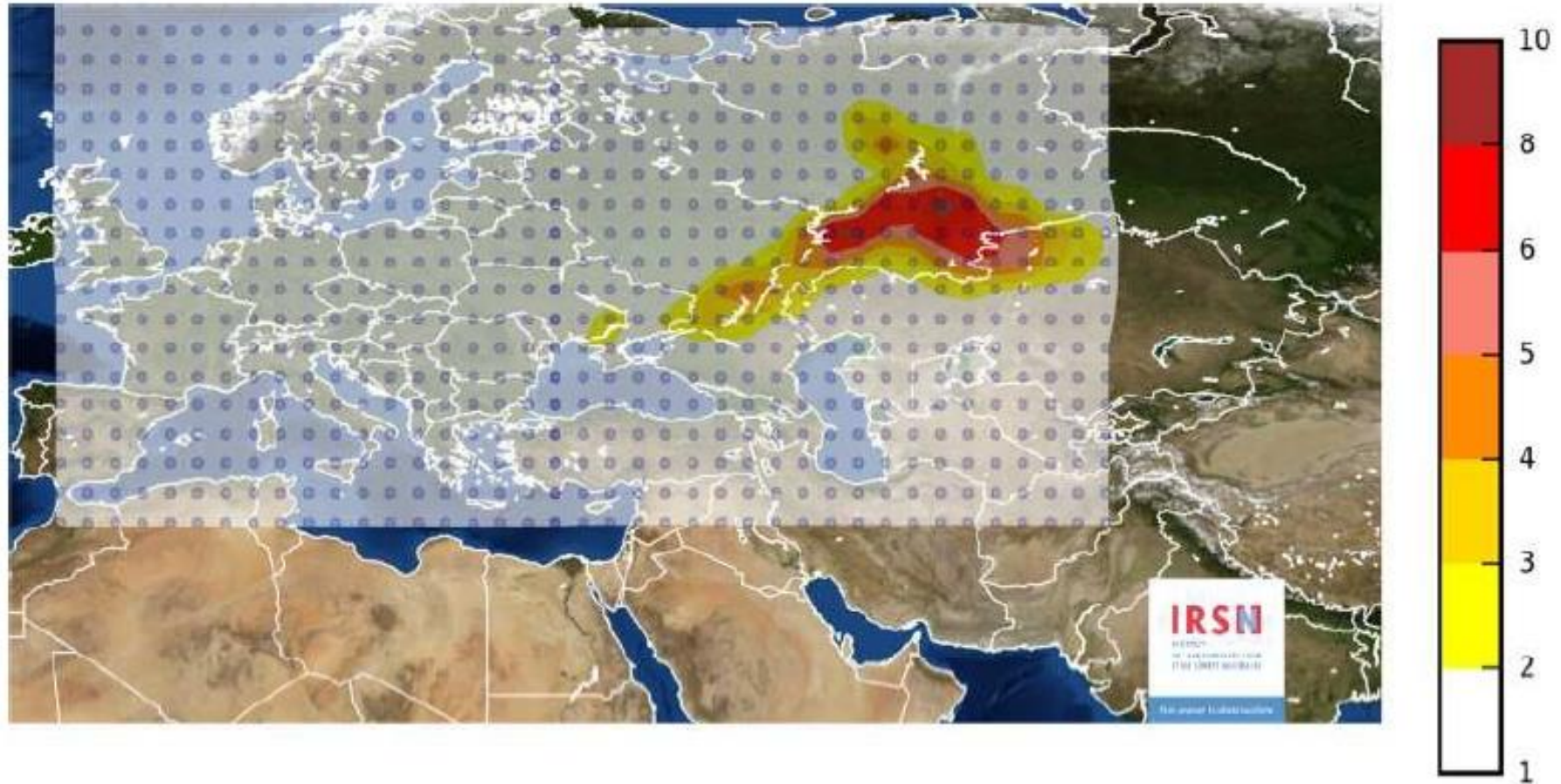


Ruten w opadzie (wrzesień - październik 2017) - IMGW

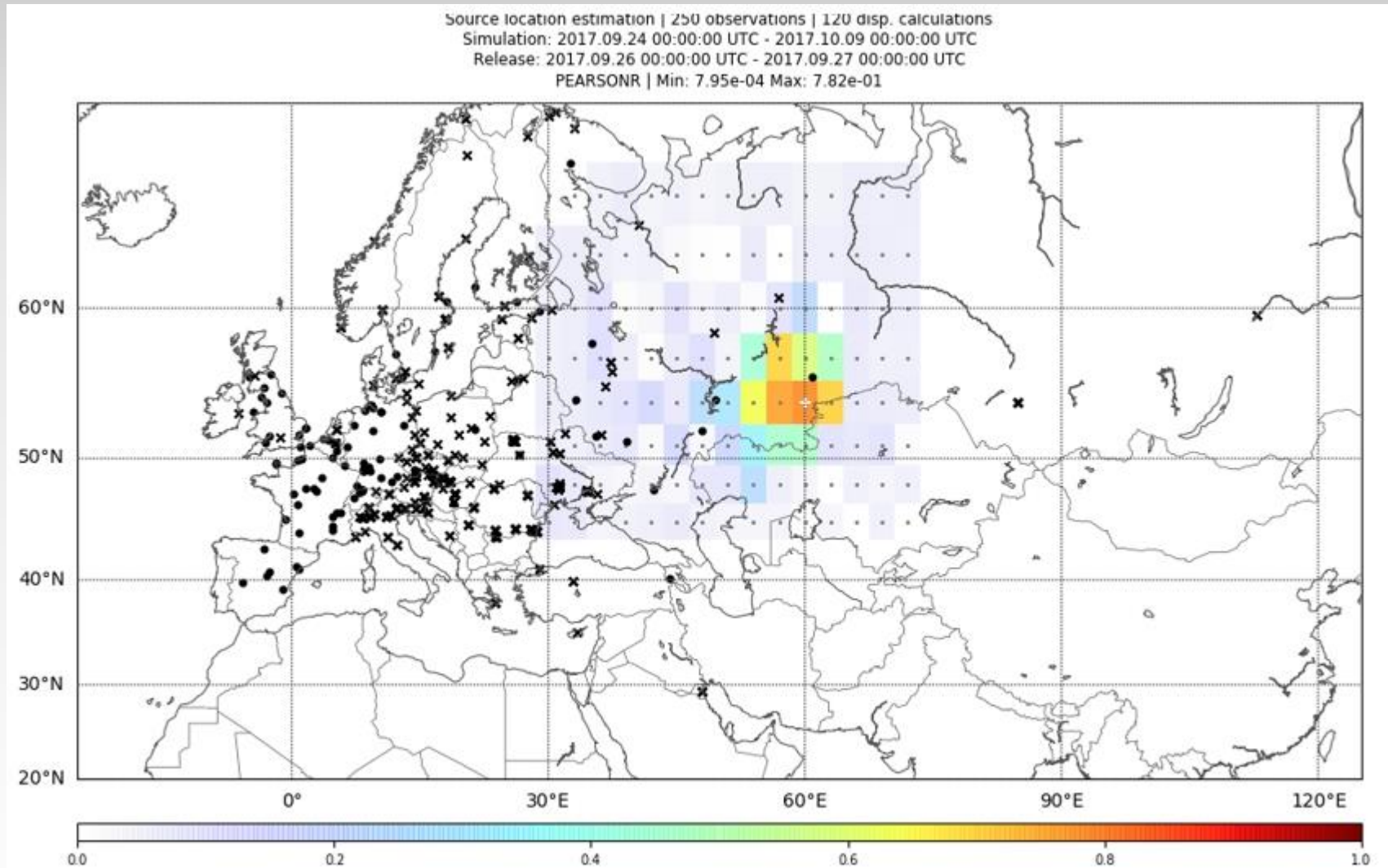
Stężenie w [Bq/m ²]	Poznań 1.10.2017	Warszawa 2.10.2017	Mikołajki 2.10.2017	Warszawa 3.10.2017	Włodawa 3.10.2017	Wrzesień 2017	Październik 2017
Ru-106	12,072 ± 0,985 (0,506)	14,482 ± 1,156 (0,451)	5,710 ± 0,535 (0,375)	2,993 ± 0,354 (0,382)	19,686 ± 1,528 (0,516)	0,287 ± 0,018 (0,023)	6,318 ± 0,147 (0,038)
Cs-137	< 0, 53	<0,046	< 0,053	< 0,047	< 0,070	0,021 ± 0,02 (0,003)	0,020 ± 0,002 (0,004)
K-40	1,584 ± 1,040 (1,260)	< 1,190	1,874 ± 1,020 (1,150)	<1,150	1,996 ± 1,054 (1,260)	1,927 ± 0,075 (0,058)	3,439 ± 0,098 (0,077)
Ra-226	1,283 ± 0,625 (0,879)	< 0,926	1,165 ± 0,610 (0,753)	1,020 ± 0,604 (0,744)	<0,959	0,054 ± 0,021 (0,044)	0,073 ± 0,041 (0,068)
Ac-228	< 0,266	< 0,272	< 0,237	< 0,236	< 0,289	0,059 ± 0,007 (0,011)	< 0,025
Be-7	8,150 ± 0,791 (0,695)	8,224 ± 0,812 (0,642)	6,818 ± 0,719 (0,694)	7,746 ± 0,794 (0,750)	10,669 ± 0,950 (0,700)	90,713 ± 0,625 (0,070)	75,983 ± 0,503 (0,073)



Ruten w aerozolach (październik 2017) – modelowanie wsteczne IRSN



Ruten w aerozolu (październik 2017) – modelowanie wsteczne BfS



Radon w wodzie - przykład

Zgodnie z DYREKTYWĄ RADY Unii Europejskiej 2013/51/EURATOM z dnia 22 października 2013r. „*określającą wymogi dotyczące ochrony zdrowia ludności w odniesieniu do substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi*” wartość parametryczna dla radonu (Rn-222) w wodzie pitnej wynosi 100 Bq/l, gdzie „wartość parametryczna” oznacza zawartość substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi, powyżej której państwa członkowskie oceniają, czy obecność substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi stanowi zagrożenie dla zdrowia ludzi wymagające działania oraz – w razie konieczności – podejmują działanie naprawcze służące poprawie jakości wody do poziomu zgodnego z wymogami dotyczącymi ochrony zdrowia ludzi przed promieniowaniem.

W ujęciu NN w wodzie pitnej oznaczono stężenie radonu: 419 Bq/l.
Jaką dawkę otrzyma osoba od spożycia takiej wody?
Co można zrobić, żeby zmniejszyć stężenie radonu?



Radon w wodzie - przykład

Dla spożycia:

$$E_{\text{ing}} = \text{DCF} \times A_{\text{Rn}} \times V_A,$$

gdzie:

- DCF – współczynnik konwersji dla spożycia radonu (*The Commission on Life Sciences of the American National Research Council (NRC)* – **$3,5 \times 10^{-9}$ Sv/Bq** lub wg Kendall GM, Smith TJ (2002) *Doses to organs and tissues from radon and its decay products. J Radiol Prot* 22:389–406 - **1×10^{-8} Sv/Bq**)
- A_{Rn} - średnie stężenie radonu w wodzie pitnej w Bq/dm³ (tutaj **419 Bq/l**),
- V_A - średnia spożywana ilość wody bezpośrednio z kranu dm³ w ciągu roku (ICRP podaje **730 l/rok** dla dorosłego człowieka, WHO sugeruje bardziej realistycznie **60 l/rok** dla dorosłego człowieka).

Stąd dla ujęcia NN: $3,5 \times 10^{-9} \times 419 \times 60 = 105 \mu\text{Sv/rok}$ (najbardziej realistycznie), lub
 $3,5 \times 10^{-9} \times 419 \times 730 = 1,2775 \text{ mSv/rok}$



Radon w wodzie - przykład

Dla zmierzonego stężenia radonu 419 Bq/l w surowej wodzie pitnej wg Dyrektywy Państwo Członkowskie może, ale nie musi podejmować działań naprawczych, zwłaszcza, gdyby działania naprawcze miały powodować ryzyko dla zaopatrzenia w wodę. Ponieważ jednak zmierzona wartość przekracza 100 Bq/l, to Państwo Członkowskie może samo ocenić konieczność podjęcia działań naprawczych – i tak jest w przypadku Polski.

Dla przypadku ujęcia w NN Rozporządzenie MZ określa, że drugie badania stężenia radonu w wodzie powinno zostać wykonane po 6 miesiącach, a trzecie badanie po kolejnych 6 miesiącach, a dalej raz do roku. Rozporządzenie określa również, że należy przystąpić do działań interwencyjnych, które zapewnią osiągnięcie poziomu poniżej 100 Bq/l.

Działaniem interwencyjnym było zamknięcie ujęcia.

Wg zaleceń WHO (WHO Guidelines for Drinking Water Quality, Fourth Edition)

- Niektóre podziemne ujęcia wody pitnej mogą zawierać podwyższone stężenie radonu. Podwyższone stężenia radonu są bardzo rzadko obserwowane w przypadku ujęć z wód powierzchniowych.
- Radon rozpuszczony w wodzie pitnej może być uwalniany do powietrza atmosferycznego (zwłaszcza w pomieszczeniach). Normalnie dawka skuteczna od wchłonięcia radonu drogą oddechową jest wyższa od wchłonięcia radonu drogą pokarmową (patrz obliczenia poniżej).
- Radon uwalniany z wody pitnej nie jest jedynym źródłem radonu w pomieszczeniach. Stężenie radonu w pomieszczeniach zależy najbardziej od struktury i składu gruntu, na którym jest postawiony budynek oraz struktury i składu materiałów budowlanych.
- Istnieją efektywne i proste techniki zmniejszania stężenia radonu w wodzie pitnej: np. napowietrzanie jest techniką pozwalającą na usunięcie do 99,9 % radonu obecnego w wodzie. Należy jednak pamiętać, że ta metoda powoduje zwiększenie stężenia radonu w powietrzu. Inną metodą jest zastosowanie granulatów z węgla aktywowanego, lecz jest ona mniej wydajna i wymaga dużych ilości węgla aktywowanego.

Uwaga: należy pamiętać, że gotowanie wody usuwa z niej radon.

- Decyzja o podjęciu działań w celu redukcji stężenia radonu w wodzie pitnej musi więc być optymalna i brać pod uwagę uwarunkowania lokalne.

Z powyższych zaleceń WHO wynika, że prostą metodą na pozbycie się radonu jest podgrzanie wody i/lub jej napowietrzenie. **Decyzja o zamknięciu ujęcia może być przedwczesna.**



Radon w wodzie - przykład

Dla wchłonięcia drogą oddechową

$$E_{\text{inh}} = \text{DCF} \times A_{\text{Rn}} \times T \times F \times t,$$

gdzie:

- DCF - współczynnik konwersji dla wchłonięcia radonu drogą oddechową $22 \times 10^{-9} [\text{Sv}/(\text{Bq h m}^{-3})]$,
- A_{Rn} – średnie stężenie radonu w wodzie pitnej Bq/dm^3 ,
- T – współczynnik przejścia radonu z wody do powietrza $T = 0,1 \text{ dm}^3/\text{m}^3$,
- t – średni czas przebywania w ciągu roku w godzinach $t = 7000 \text{ h}$,
- F – współczynnik równowagi radonu w pomieszczeniu do pochodnych $F = 0,4$.

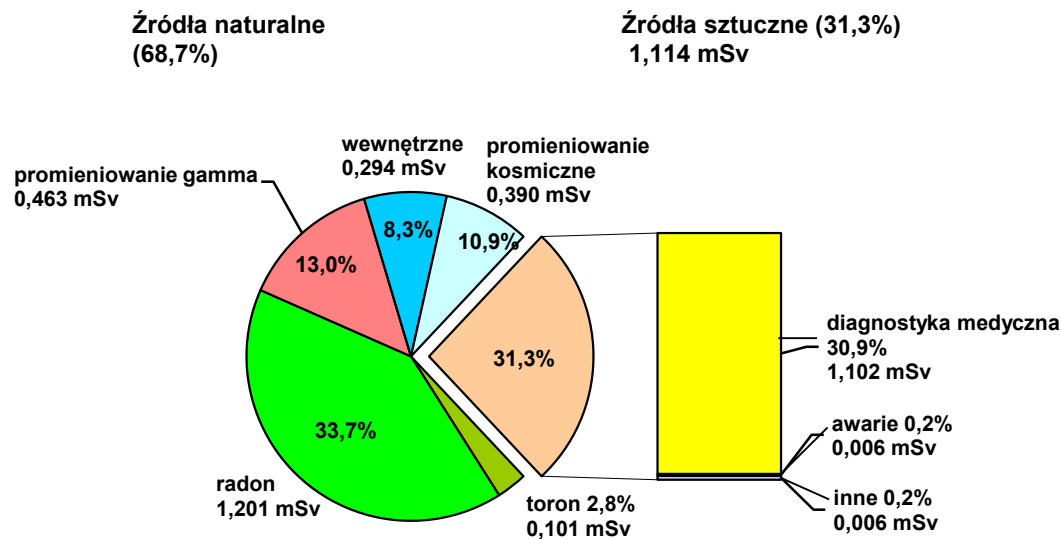
Stąd dla ujęcia NN: $22 \times 10^{-9} \times 419 \times 0,1 \times 7000 \times 0,4 = \mathbf{2,581 \text{ mSv/rok}}$

Uwaga: należy pamiętać, że radon występuje naturalnie i nie wlicza się dawki pochodzącej od niego do dawki granicznej 1 mSv dla populacji, ale do dawki określającej tło naturalne promieniowania gamma (ok. 2,4 mSv)



Udział różnych źródeł promieniowania w średniej rocznej dawce skutecznej

Roczna dawka efektywna promieniowania jonizującego
otrzymana przez ludność Polski w 2017 r. (3,56 mSv)



Średnia dawka skuteczna przypadająca na jedno badanie rentgenowskie wynosi 1,2 mSv, a dla najczęściej wykonywanych badań wartości te kształtują się następująco:

- zdjęcia klatki piersiowej – ok. 0,11 mSv,
- zdjęcia kręgosłupa i prześwietlenia płuc odpowiednio od 3 mSv do 4,3 mSv.

Dziękuję za uwagę.
Pytania?