



*Ocena dawki skutecznej dla
mieszkańców Polski od wchłonięcia
aerozoli atmosferycznych drogą
oddechową
– sieć stacji ASS-500 (rok 2025)*



KRZYSZTOF ISAJENKO
BARBARA PIOTROWSKA
OLGA STAWARZ
MARCIN KOZDÓJ
ANITA KIELBASIŃSKA
SŁAWOMIR PRZEŹDZIECKI

Finansowanie

**Praca dofinansowana przez
Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki
na podstawie
Umowy numer 398/2024/CEZAR
z dnia 27 grudnia 2024 r.**

pt. „Wykonanie usługi polegającej na ocenie dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową”

Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową

$$D = \sum_i D_i$$

Gdzie:

D – jest obliczoną dawką skuteczną otrzymaną od izotopów wchłanianych układem oddechowym,

D_i – jest dawką skuteczną od pojedynczego (i-tego) izotopu. W niniejszej pracy bierzemy pod uwagę tylko dawki otrzymane od następujących izotopów: naturalnych – berylu ^7Be , potasu ^{40}K , ołowiu ^{210}Pb , radu ^{226}Ra i aktynu ^{228}Ac oraz od wszystkich izotopów pochodzenia sztucznego, których stężenia zostały określone na poziomach przekraczających limity detekcji (przy czym cez ^{137}Cs oraz jod ^{131}I uwzględniamy zawsze).

UWAGA – jeśli stężenie jakiegoś radionuklidu zostało zmierzone na poziomie niższym od limitu detekcji (LLD), to do obliczenia dawki skutecznej przyjmujemy wartość LLD. W ten sposób oczywiście obliczone dawki skuteczne są zawyżone w stosunku do rzeczywistych dawek otrzymywanych przez mieszkańców Polski.

Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową (2)

Dawkę skuteczną otrzymaną od wchłonięcia poprzez układ oddechowy pojedynczego radionuklidu promieniotwórczego (D_i) dla osoby z grupy wiekowej g obliczamy, stosując następujący wzór:

$$D_i = A_{w,i} \cdot e(g)_i \cdot V(g)_{odd} \cdot T$$

Gdzie:

D_i – jest dawką skuteczną od pojedynczego izotopu,

$A_{w,i}$ – jest aktywnością właściwą (stężeniem promieniotwórczym) i-tego izotopu w powietrzu atmosferycznym (zmierzonego w sieci stacji ASS-500 w danej lokalizacji),

$e(g)_i$ – jest wartością obciążającej dawki skutecznej dla i-tego izotopu dla osoby z grupy wiekowej g ,

$V(g)_{odd}$ – jest wydajnością (prędkością) oddychania osoby z grupy wiekowej g ,

T – jest to czas dla którego jest liczona dawka skuteczna (czyli tydzień, miesiąc, kwartał lub rok).

Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową (3)

Działania na jednostkach: $D_i : \left[\frac{Bq}{m^3} \right] \cdot \left[\frac{Sv}{Bq} \right] \cdot \left[\frac{m^3}{doba} \right] \cdot [doba] = [Sv]$

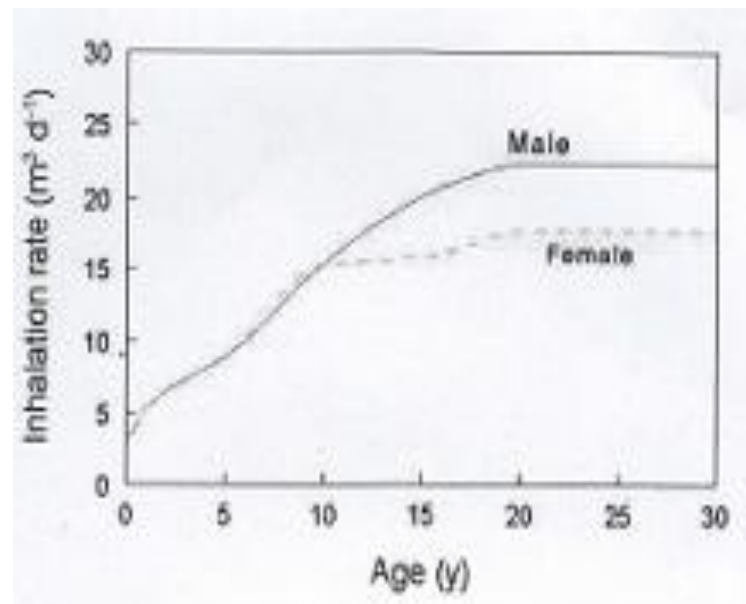
Obciążająca dawka skuteczna e(g) dla osób z ogółu ludności od wniknięcia radionuklidu o aktywności 1 Bq drogą oddechową (*Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20/2005, poz. 168)*).

Izotop	Okres połowicznego rozpadu	Wartości e(g) w [Sv/Bq] dla grupy wiekowej g:					
		< 1 rok	1 rok	5 lat	10 lat	15 lat	Dorosły
¹³⁷ Cs	30,0 lat	$8,8 \cdot 10^{-9}$	$5,4 \cdot 10^{-9}$	$3,6 \cdot 10^{-9}$	$3,7 \cdot 10^{-9}$	$4,4 \cdot 10^{-9}$	$4,6 \cdot 10^{-9}$
¹³¹ I	8,04 dnia	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$3,7 \cdot 10^{-8}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$7,4 \cdot 10^{-9}$
⁷ Be	53,3 dnia	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$2,1 \cdot 10^{-10}$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$8,3 \cdot 10^{-11}$	$6,2 \cdot 10^{-11}$	$5,0 \cdot 10^{-11}$
⁴⁰ K	$1,28 \cdot 10^9$ lat	$2,4 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$7,5 \cdot 10^{-9}$	$4,5 \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$
²¹⁰ Pb	22,3 lat	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-7}$
²²⁶ Ra	$1,60 \cdot 10^3$ lat	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	$4,9 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$
²²⁸ Ac	6,13 godz.	$1,8 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$9,7 \cdot 10^{-8}$	$5,7 \cdot 10^{-8}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$

Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową (4)

Współczynniki inhalacyjne dla dzieci w różnym wieku oraz osób dorosłych zostały określone w „*Human respiratory tract model for radiological protection*”. ICRP Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3), 1994”.

Grupa wiekowa	Współczynnik inhalacyjny [m ³ /doba]	Współczynnik inhalacyjny [m ³ /s]
Dorosły (pracownik siedzący)	22,18	$2,57 \cdot 10^{-4}$
Dziecko 10-cio letnie	15,28	$1,77 \cdot 10^{-4}$
Noworodek (do 1-go roku)	5,20	$6,02 \cdot 10^{-5}$



Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową (5)

Prędkości oddychania dla dzieci w różnych grupach wiekowych oraz dla osób dorosłych przyjęte do oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów układem oddechowym.

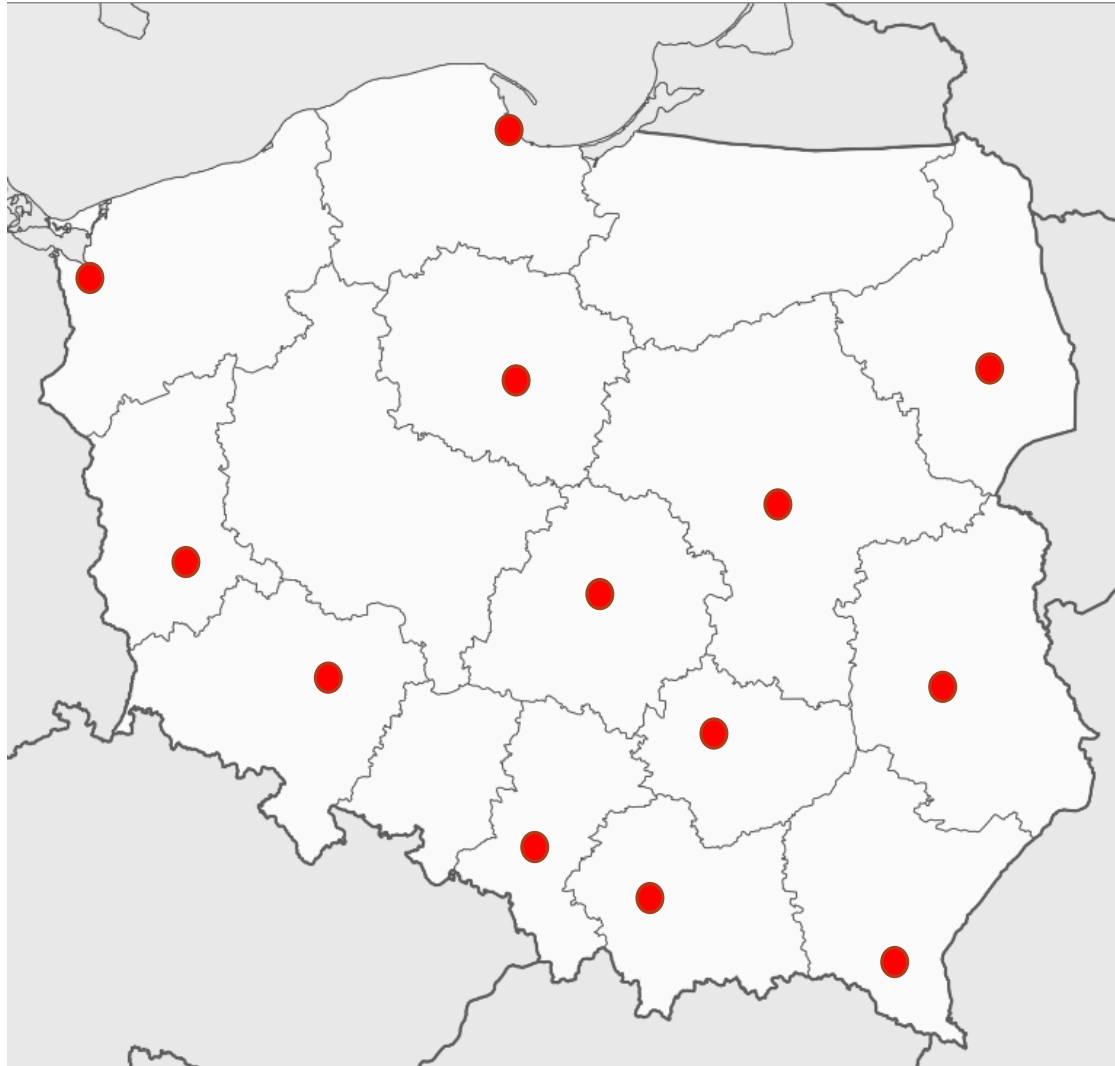
Grupa wiekowa	< 1 rok	1 rok	5 lat	10 lat	15 lat	Dorosły
Prędkość oddychania [m ³ /doba]	5,2	6,5	12,2	17,2	21,4	22,2

Grupy wiekowe zgodnie z *Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 11 sierpnia 2021 roku w sprawie wskaźników pozwalających na wyznaczenie dawek promieniowania jonizującego stosowanych przy ocenie narażenia na promieniowanie jonizujące* (Dz. U. z 2021 roku, poz. 1657).

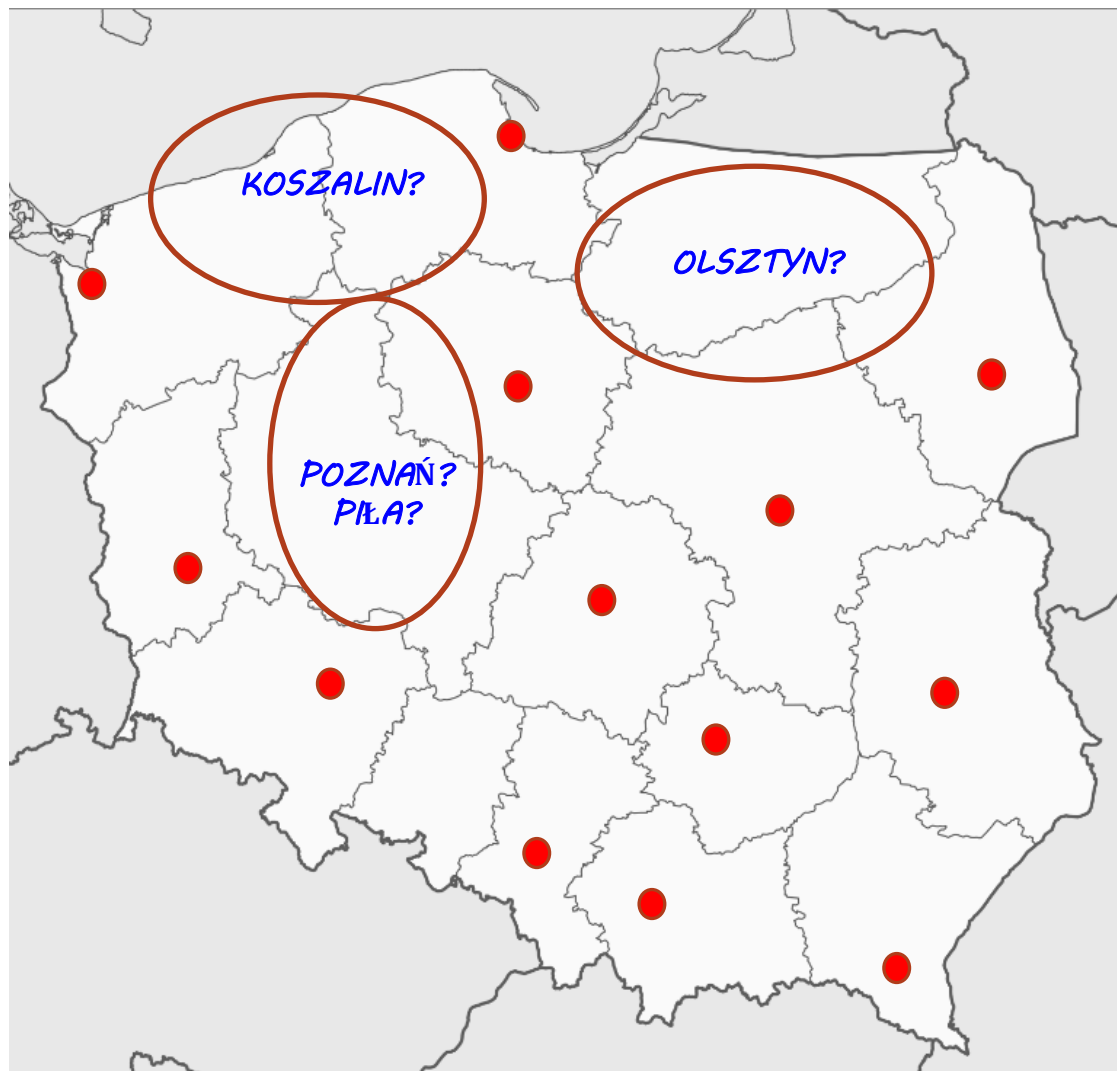
Sieć stacji ASS-500 w Polsce



Sieć stacji ASS-500 w Polsce (2)



Sieć stacji ASS-500 w Polsce (3)



Filtry powietrza stosowane w stacjach ASS-500

- **Filtry Petrianowa (produkcji rosyjskiej)** – typu FPP-15-1.5, wykonane z polichlorku winylu. Wydajność zbierania dla aerozoli o średnicach pomiędzy 0,3 i 1,25 μm , przy liniowych prędkościach przepływu powietrza przez filtr, zmieniających się od 0,25 do 4 m/s, przy spadku ciśnienia na filtrze Δp od 500 do 9300 Pa, wynosi 95-99%.
- **Filtry produkcji amerykańskiej** – wykonane z warstwy włókniny typu meltblown (MB30AP2-42), połączonej na brzegach z podkładem z polipropylenu typu spunbond (PP Spunbond, SBFB41.30). Opór dla przepływającego powietrza: 40 Pa (40,0 mm H₂O), wydajność zbierania aerozoli o średnicach 0,3 μm wynosi 99,900 %, waga 30 g/m², grubość 0,24 mm.

Wymiana filtrów powietrza w stacjach ASS-500

Wymiana filtrów powietrza w stacjach ASS-500 odbywa się:

- **W sytuacji normalnej** – co tydzień w poniedziałki ok. godz. 12:00 z wyjątkiem poniedziałków, które są dniami ustawowo wolnymi od pracy (np. poniedziałek wielkanocny czy inne święta wypadające w poniedziałki) – w takiej sytuacji filtry w całej Polsce wymieniane są o godz. 8:00 pierwszego dnia roboczego po poniedziałkowym święcie (najczęściej we wtorek, ale może się zdarzyć, że będzie to środa, a teraz, po zmianie przepisów (wolna Wigilia), nawet czwartek).
- **W sytuacji awaryjnej (zdarzenie radiacyjne)** – z częstotliwością ustaloną przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.



Parametry pobieranych próbek aerozoli atmosferycznych – rok 2025

- Objętość powietrza, z której pobierano tygodniowe próbki zawierała się w granicach od 10080 do 105321 m³, przy wartości średniej **70268 m³** (2019 – 77816 m³, 2020 – 71666 m³, 2021 – 70590 m³, 2022 – 40107 m³, 2023 – 73876 m³, 2024 – 71988 m³);
- Zapylenie zmieniało się od 3,2 do 112,0 µg/m³; wartość średnia wynosiła **24,5 µg/m³** (2019 - 36,5 µg/m³, 2020 – 29,9 µg/m³, 2021 – 29,8 µg/m³, 2022 – 29,5 µg/m³, 2023 – 22,9 µg/m³, 2024 – 26,1 µg/m³);
- Masa pyłu zebranego na filtrze zmieniała się od 0,2 do 6,6 g, przy wartości średniej równej **1,7 g** (2019 – 2,6 g, 2020 – 2,1 g, 2021 – 2,0 g, 2022 – 1,1 g, 2023 – 1,7 g, 2024 – 1,8 g);
- grubość filtru od 2,9 do 13,9 mm, przy wartości średniej wynoszącej **4,5 mm** (2019 – 4,1 mm, 2020 – 4,0 mm, 2021 – 3,9 mm, 2022 – 3,8 mm, 2023 – 4,0 mm, 2024 – 4,3 mm).

**Wartości kwartalnej dawki skutecznej dla różnych grup wiekowych od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową
WARSZAWA [μSv]**

GRUPY WIEKOWE	BIAŁYSTOK - 2024 ROK			
	I KWARTAŁ	II KWARTAŁ	III KWARTAŁ	IV KWARTAŁ
< 1 roku	1,035	0,599	0,819	0,918
1 rok	0,802	0,466	0,638	0,712
5 lat	0,784	0,459	0,628	0,697
10 lat	1,022	0,593	0,811	0,907
15 lat	1,181	0,684	0,936	1,047
Dorosły	0,851	0,495	0,677	0,755

Wartości rocznej dawki skutecznej dla różnych grup wiekowych od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową w roku 2025 w miejscu lokalizacji stacji [μSv]

LOKALIZACJA STACJI ASS-500	GRUPY WIEKOWE					
	< 1 rok	1 rok	5 lat	10 lat	15 lat	Dorosły
WARSZAWA	3,371	2,619	2,569	3,333	3,849	2,778
BIAŁYSTOK	3,258	2,527	2,473	3,219	3,717	2,680
GDYNIA	2,904	2,252	2,204	2,869	3,313	2,389
KATOWICE	3,138	2,458	2,438	3,116	3,595	2,610
KRAKÓW	4,220	3,307	3,284	4,192	4,837	3,513
LUBLIN	3,088	2,412	2,383	3,062	3,534	2,560
ŁÓDŹ	7,367	5,744	5,661	7,298	8,425	6,096
SANOK	2,654	2,063	2,026	2,625	3,031	2,189
SZCZECIN	2,316	1,800	1,765	2,290	2,645	1,909
TORUŃ	1,994	1,563	1,551	1,981	2,286	1,660
WROCŁAW	4,531	3,533	3,484	4,489	5,182	3,751
ZIELONA GÓRA	2,494	1,949	1,928	2,473	2,854	2,069

Wartości średnie kwartalne i roczne stężeń promieniotwórczych radionuklidów pochodzenia sztucznego w powietrzu w Polsce w roku 2025 [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]

Okres roku	Zakres dat	^{137}Cs	^{131}I
I kwartał 2025	30.12.2024 - 31.03.2025	$0,61 \pm 0,05$ ($<0,10$ - $4,69$) n=168	$0,64 \pm 0,04$ ($<0,13$ - $4,75$) n=168
II kwartał 2025	31.03-30.06	$0,40 \pm 0,02$ ($<0,09$ - $1,58$) n=165	$<(0,66 \pm 0,04)$ ($<0,19$ - $3,60$) n=165
III kwartał 2025	30.06-29.09	$0,39 \pm 0,02$ ($<0,09$ - $1,35$) n=159	$0,70 \pm 0,05$ ($<0,20$ - $4,04$) n=159
IV kwartał 2025	29.09-29.12	$0,43 \pm 0,03$ ($<0,09$ - $2,12$) n=154	$0,61 \pm 0,04$ ($<0,15$ - $3,40$) n=154
Rok 2025	30.12.2024 - 29.12.2025	$0,46 \pm 0,02$ ($<0,09$ - $4,69$) n=646	$0,66 \pm 0,02$ ($<0,13$ - $4,75$) n=646

Stężenia radionuklidów w powietrzu w Polsce w 2025 roku

Radio-nuklid	Wartość średnia stężenia w powietrzu [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]	Zakres stężeń [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnej wartości
^{137}Cs	$0,46 \pm 0,02$	$<0,09 \div 4,69$	Kielce, 10.02 – 17.02
^{131}I	$0,66 \pm 0,02$	$<0,13 \div <4,75$	Kielce, 10.02 – 17.02
^7Be	1952 ± 38	$66 \div 6225$	Lublin, 03.03 – 10.03
^{40}K	$10,0 \pm 0,3$	$<1,9 \div <47,7$	Kielce, 10.02 – 17.02
^{210}Pb	361 ± 10	$60 \div 1886$	Kielce, 10.02 – 17.02
^{226}Ra	$6,6 \pm 0,2$	$<1,0 \div <58,6$	Kielce, 10.02 – 17.02
^{228}Ac	$1,27 \pm 0,04$	$<0,34 \div <9,62$	Kielce, 10.02 – 17.02

Stężenia jodu I-131 i cezu Cs-137 w powietrzu w Polsce w 2025 roku

Najwyższe stężenia jodu I-131 zmierzono:

- w 40 tygodniu (okres ekspozycji filtra: 29 września – 06 października 2025) w Krakowie – stężenie $0,65 \pm 0,40 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (LLD = $0,41 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$),
- w 46 tygodniu (10 – 17 listopada 2025) w Krakowie – stężenie $0,60 \pm 0,41 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (LLD = $0,42 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$),
- w 45 tygodniu (03 – 10 listopada 2025) w Krakowie – stężenie $0,57 \pm 0,38 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (LLD = $0,39 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$).

Najwyższe stężenia cezu Cs-137 zmierzono:

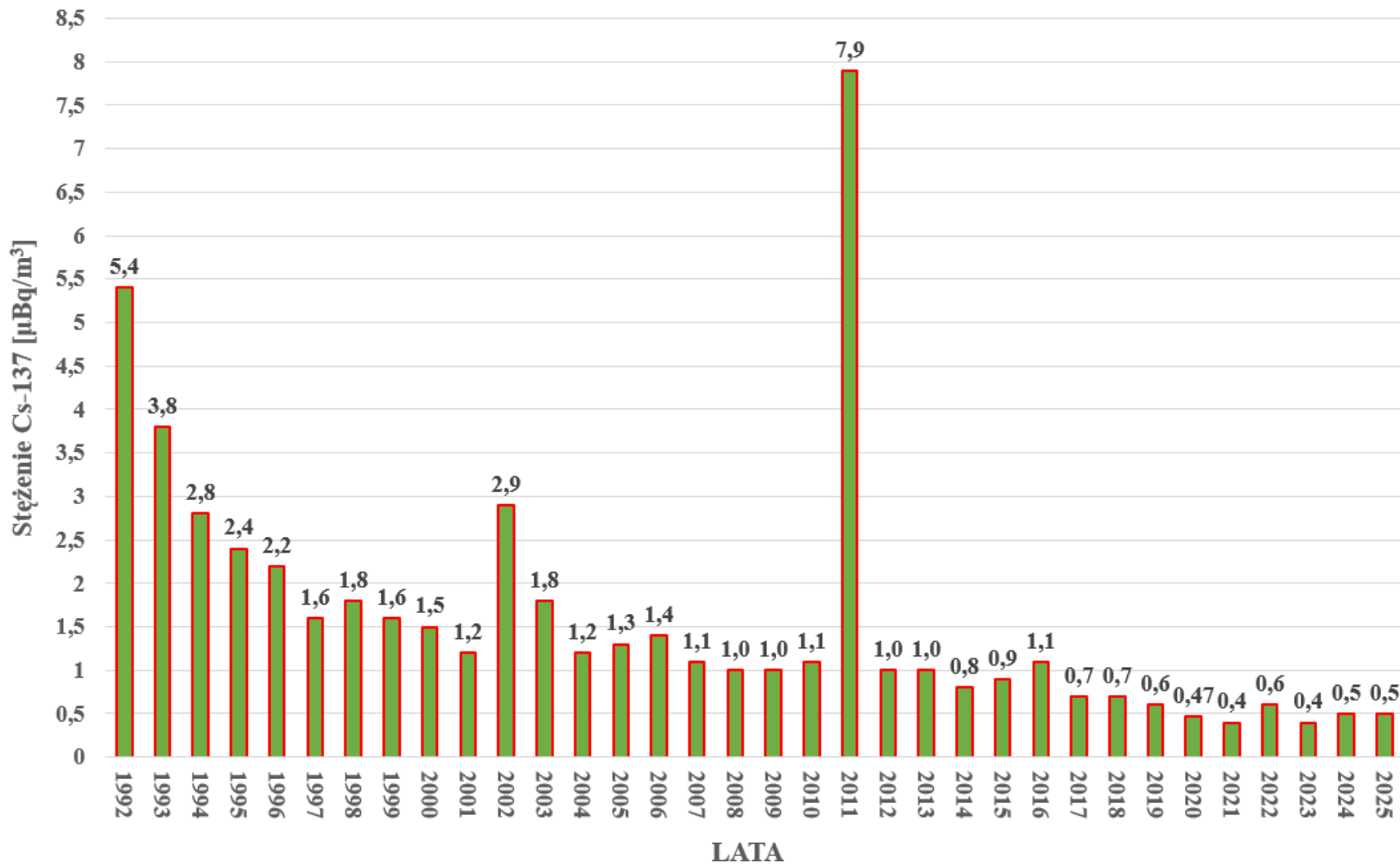
- w 07 tygodniu (10 – 17 lutego 2025) w Kielcach – stężenie $4,69 \pm 0,76 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (LLD = $2,75 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$),
- w 07 tygodniu (10 – 17 lutego 2025) w Lublinie – stężenie $3,25 \pm 0,40 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (LLD = $0,80 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$),
- w 07 tygodniu (10 – 17 lutego 2025) w Toruniu – stężenie $2,64 \pm 0,31 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (LLD = $0,40 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$).

Kilka informacji dotyczących działania sieci stacji w 2025 roku

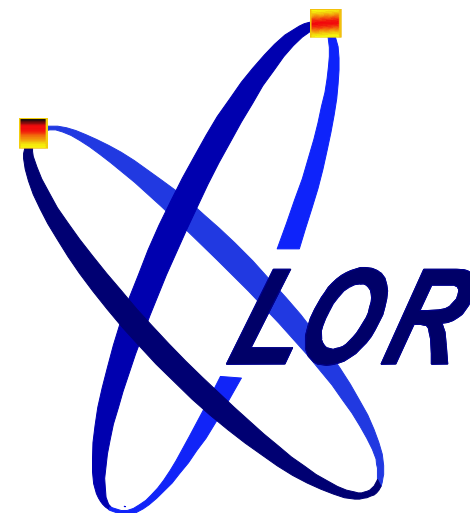
- Oprócz stacji w Warszawie i Sanoku (które zaczęły stosować filtry prod. USA od 2024 roku), filtry amerykańskie w 2025 roku zaczęły stosować także stacje w Gdyni i Białymstoku;
- W dniu 11 czerwca 2025 roku Prezes Państwowej Agencji Atomistyki zatwierdził (pismo: CEZAR.463.2.2025.MJ) nową metodykę pt. „*Metodyka poboru aerozoli z przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego w Polsce oraz metodyka pomiarów filtrów powietrza*” – metodyka została rozesłana do wszystkich stacji;
- Bardzo awaryjnym elementem stacji okazują się sumatory (jedna z części systemu rejestracji przepływu) – w roku 2025 musieliśmy wymienić sumatory we Wrocławiu, Sanoku, Szczecinie, Kielcach, Katowicach i Zielonej Górze. W tych dwóch ostatnich stacjach czekaliśmy na nowe sumatory ponad półtora miesiąca – zapasy naszych części zamiennych skończyły się, a ponad półtora miesiąca trwa produkcja i wzorcowanie nowych sumatorów.



Stężenie Cs-137 w latach 1992-2025 w Polsce [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!!!



CZY SĄ JAKIEŚ PYTANIA?