



# Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Parku Narodowego „Bory Tucholskie” na podstawie badania próbek gleby

Seminarium sprawozdawcze za 2022 rok

---

- mgr Olga Stawarz
- mgr inż. Krzysztof Isajenko
- mgr Barbara Piotrowska
- mgr inż. Karol Wojtkowski
- Anita Kiełbasińska
- Marcin Kozdój

## Zadania i cele

- kontynuacja tematów dotyczących oceny sytuacji radiacyjnej w Parkach Narodowych w Polsce na podstawie badania próbek środowiskowych
- oznaczenie stężenia cezu  $^{137}\text{Cs}$  w glebie pobranej z obszaru PNBT metodą spektrometrii promieniowania gamma i obliczenie depozycji  $^{137}\text{Cs}$
- oznaczenie stężenia radionuklidów naturalnych ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ac}$ ) w glebie metodą spektrometrii promieniowania gamma
- ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Parku Narodowego „Bory Tucholskie” na podstawie przeprowadzonych badań próbek gleby - oszacowanie narażenia pracowników PNBT, okolicznych mieszkańców i turystów na promieniowanie jonizujące
- wykorzystanie otrzymanych wyników do określenia rejonów silniej skażonych po awarii w Czarnobylu oraz terenów, gdzie można zaobserwować silniejsze wpływy promieniotwórczości naturalnej
- porównanie z wynikami otrzymanymi dla innych Parków Narodowych w Polsce oraz wartościami średnimi stężeń radionuklidów dla Polski i woj. pomorskiego (Państwowy Monitoring Środowiska dla GIOŚ)

Finansowanie – Ministerstwo Edukacji i Nauki



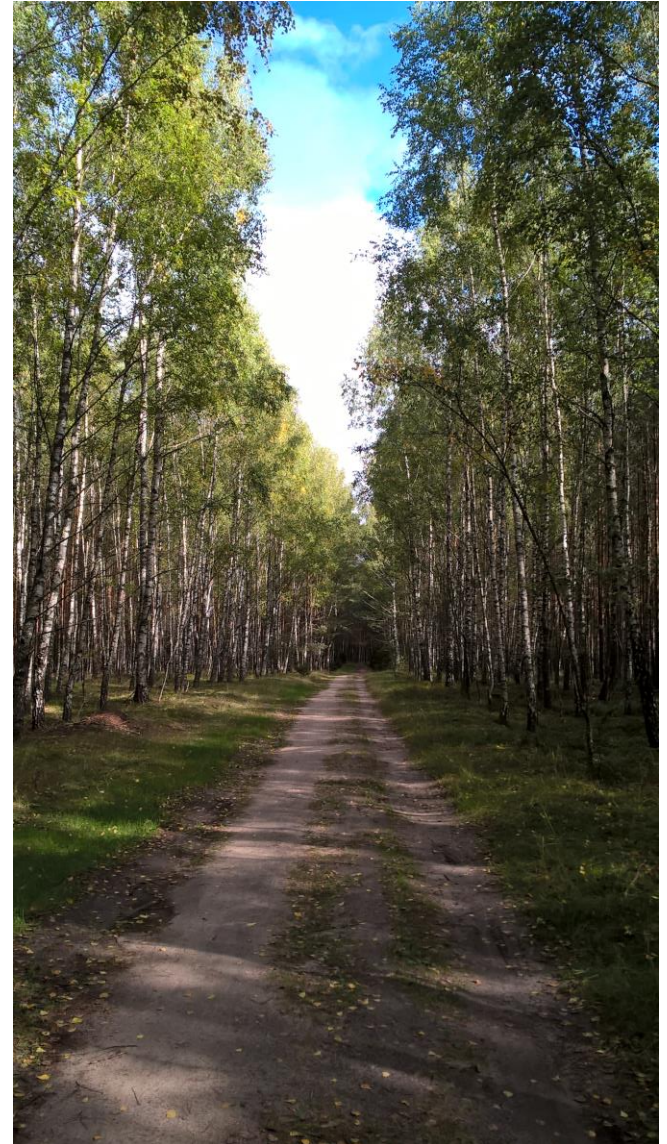


Park Narodowy „Bory Tucholskie” został utworzony  
1 lipca 1996 r.

Położenie - woj. pomorskie, powiat chojnicki,  
równina Charzykowska

Powierzchnia – 4 613,04 ha

Gleby: bielcowe rdzawe, bielcowe właściwe,  
gruntowoglejowe właściwe, trzy typy torfowych,  
słabo wykształcone ze skał luźnych właściwe,  
słabo wykształcone ze skał luźnych bielcowe,  
rdzawe właściwe.

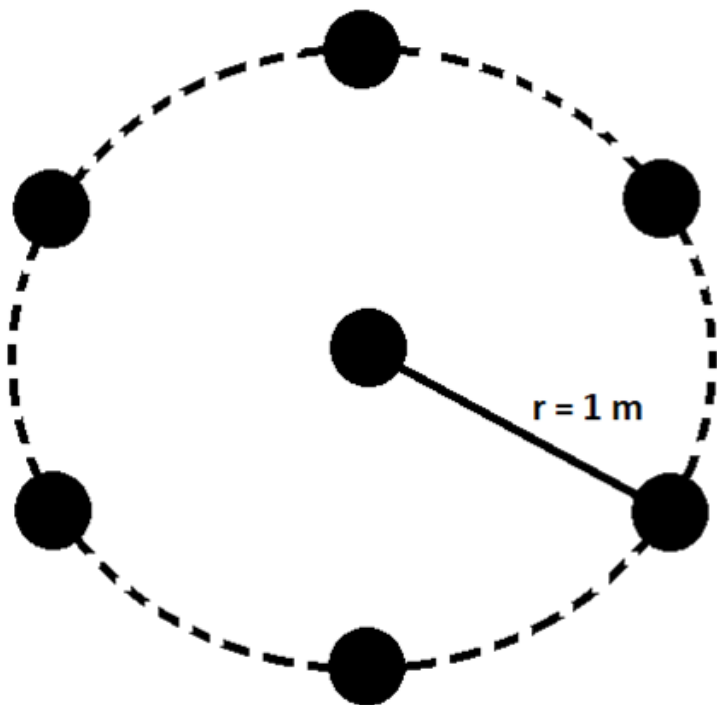


## Pobór próbek

lokalizacja - punkty poboru próbek gleby zostały rozmieszczone w miarę możliwości równomiernie, rozkład był ułatwiony dzięki podziałowi PNBT na ponumerowane oddziały

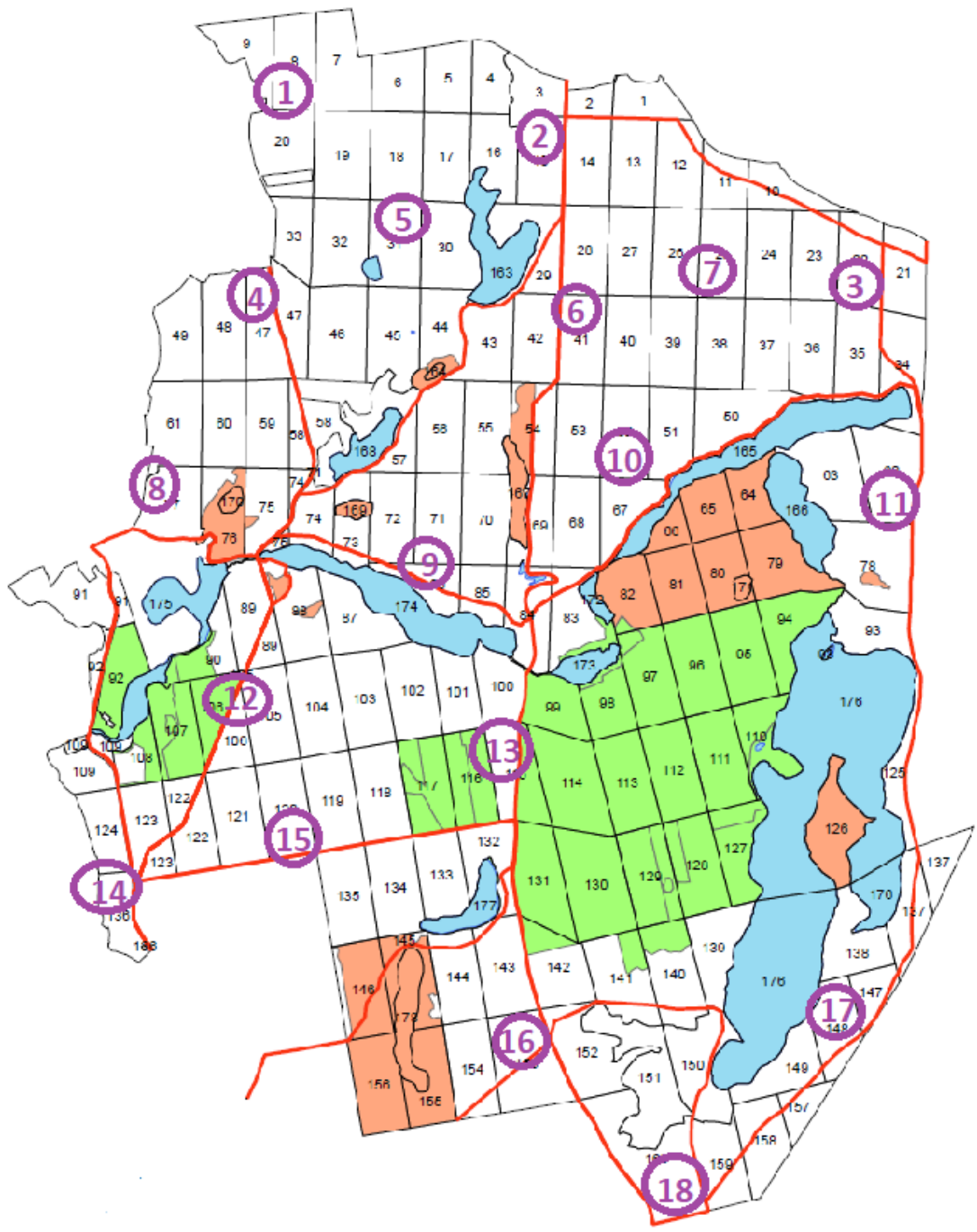
ilość pobranych próbek – 18

metodyka poboru – zgodna z zaleceniami Przewodnika IAEA „Measurement of Radionuclides In Food and the Environment, nr 295,1989



- pobór z powierzchniowej warstwy gleby (0-10 cm) za pomocą wykrojnika (cylinder  $d = 6,9$  cm)
- w każdym punkcie pobrano 7 porcji:
  - jedna ze środka
  - sześć z obwodu koła o średnicy 2 m
- porcje zsypuje się do worka i opisuje (numer punktu i data poboru).





Wydmy z chrobotkiem (pkt. nr 15)

Lokalizacja punktów poboru gleby na terenie PN „Bory Tucholskie” (IX 2022)

## Przygotowanie próbek do pomiaru

- suszenie w suszarce w temperaturze 105°C przez minimum 24 h
- wyznaczenie masy całkowitej każdej próbki
- rozdrobnienie, przesypanie do pojemników pomiarowych (Marinelli) przez sito o średnicy oczek 2 mm ( $V_{\text{próbki}} = 0,45 \text{ dm}^3$ ), zważenie
- szczelne zamknięcie pojemników pomiarowych
- leżakowanie - co najmniej 30 dni w celu uzyskania równowagi promieniotwórczej między izotopami w szeregach uranowo-radowym i torowym.

## Pomiar próbek i opracowanie wyników

- Pomiar metodą wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma: wielkanałowy analizator z detektorem półprzewodnikowym HPGe GX3020 (wydajność względna 34,7 %). Czas pomiaru każdej próbki wynosił 80 000 s.
- Kalibracja detektora - źródło objętościowe multigamma (mieszanina radionuklidów, NCBJ - Ośrodek Radioizotopów POLATOM) o gęstości 1,5 g/cm<sup>3</sup>, co w przybliżeniu odpowiada średniej gęstości przygotowanych próbek gleby, tj. 1,8 g/cm<sup>3</sup>.
- Opracowanie wyników pomiarów – analiza widma, wyznaczenie stężenia, niepewności i LLD dla <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra i <sup>228</sup>Ac.
- Obliczenie depozycji (stężenia powierzchniowego dla <sup>137</sup>Cs:

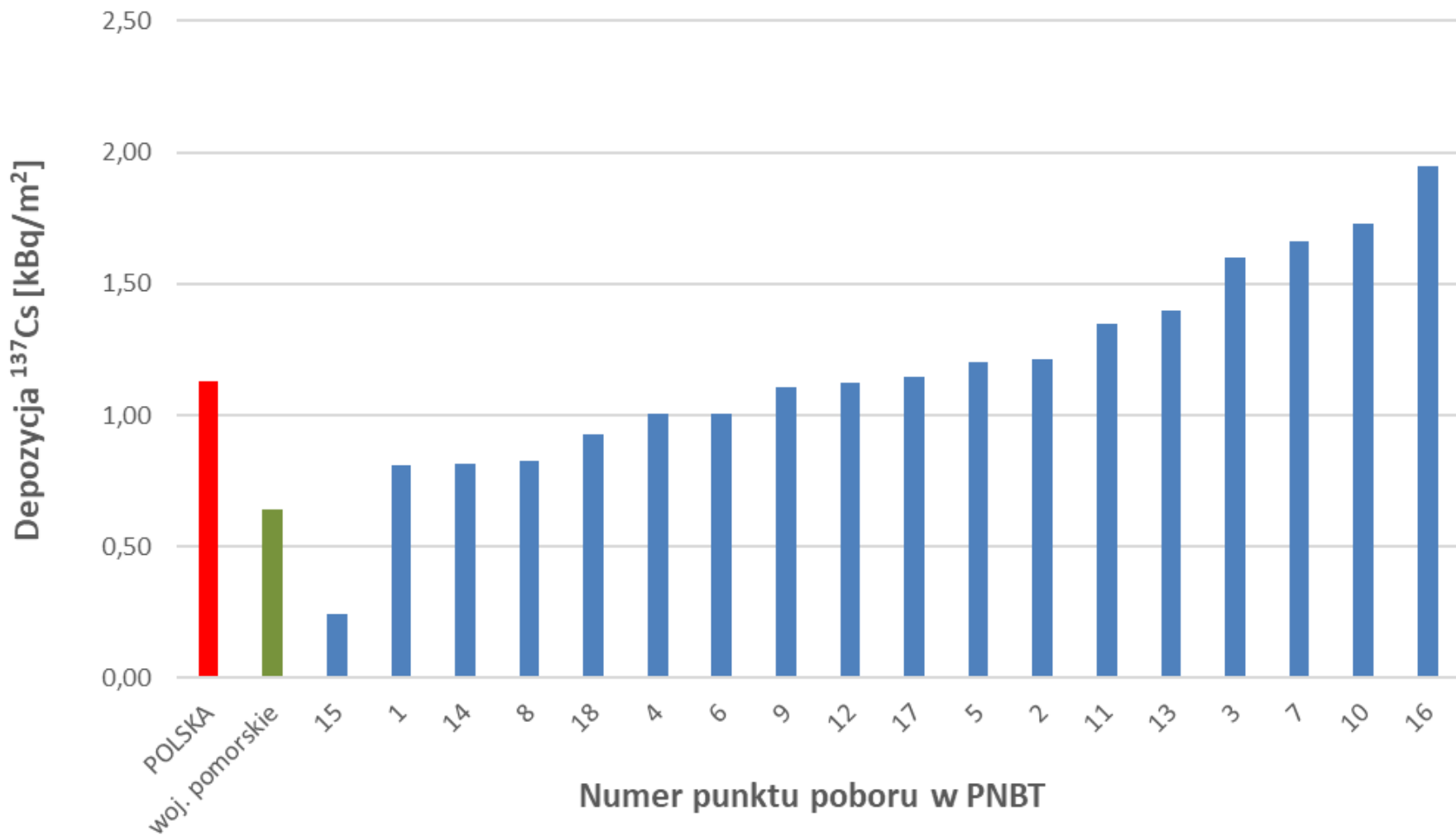
$$Dep \left[ \frac{\text{kBq}}{\text{m}^2} \right] = \frac{S \left[ \frac{\text{Bq}}{\text{kg}} \right]}{1000} \times \frac{M [\text{kg}]}{7 \times P [\text{m}^2]} = \frac{S \times M}{1750 \times \pi \times D^2} \left[ \frac{\text{kBq}}{\text{m}^2} \right]$$

gdzie: **M [kg]** - masa całkowita pobranej próbki

$P = \frac{\pi \times D^2}{4} [\text{m}^2]$  - pole powierzchni, z której pobierana jest jedna porcja gleby za pomocą wykrojnika o średnicy **D**.

- Obliczenie wartości średnich stężeń radionuklidów naturalnych i depozycji cezu.

Nr pkt.	Miejsce poboru próbki	Depozycja <sup>137</sup> Cs [kBq/m <sup>2</sup> ]	Nr pkt.	Miejsce poboru próbki	Depozycja <sup>137</sup> Cs [kBq/m <sup>2</sup> ]
1	oddział 8 (jez. Karsińskie)	0,81 ± 0,02	10	oddział 52 (jez. Jeleń)	1,73 ± 0,04
2	oddział 15 (Drzewicz)	1,21 ± 0,03	11	oddział 62 (jez. Zielone)	1,35 ± 0,03
3	oddział 22 (jez. Dybrzk)	1,60 ± 0,04	12	oddział 106 (szlak rowerowy)	1,12 ± 0,03
4	oddział 47 (jez. Karsińskie)	1,00 ± 0,02	13	oddział 115	1,40 ± 0,03
5	oddział 31	1,20 ± 0,03	14	oddział 136 (Bachorze)	0,82 ± 0,02
6	oddział 41 (szlak rowerowy)	1,00 ± 0,02	15	oddział 120 (wydmy z chrobotkiem)	0,24 ± 0,01
7	oddział 25 (wrzosowisko)	1,66 ± 0,04	16	oddział 153 (przed rozwidleniem szlaków)	1,95 ± 0,04
8	oddział 77 (jez. Olbracht)	0,83 ± 0,02	17	oddział 148 (jez. Ostrowite)	1,14 ± 0,03
9	oddział 86 (jez. Płęsno)	1,11 ± 0,03	18	oddział 160 (Łąki Józefowskie)	0,92 ± 0,02



Wartości depozycji <sup>137</sup>Cs w próbkach gleby z Parku Narodowego „Bory Tucholskie” oraz wartości średnie depozycji <sup>137</sup>Cs dla Polski i woj. pomorskiego [PMŚ dla GIOŚ, pobór 2020].



Nr pkt.	Miejsce poboru próbki	Stężenie [Bq/kg]		
		<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac
1	oddział 8 (jez. Karsińskie)	186 ± 4	5,9 ± 0,5	4,7 ± 0,2
2	oddział 15 (Drzewicz)	209 ± 5	5,9 ± 0,5	5,7 ± 0,2
3	oddział 22 (jez. Dybrzk)	210 ± 5	7,5 ± 0,6	6,8 ± 0,2
4	oddział 47 (jez. Karsińskie)	197 ± 5	6,9 ± 0,5	6,3 ± 0,2
5	oddział 31	187 ± 4	5,5 ± 0,5	5,1 ± 0,2
6	oddział 41 (szlak rowerowy)	216 ± 5	6,7 ± 0,5	6,4 ± 0,2
7	oddział 25 (wrzosowisko)	207 ± 5	6,8 ± 0,5	5,7 ± 0,2
8	oddział 77 (jez. Olbracht)	179 ± 4	6,8 ± 0,5	4,7 ± 0,2
9	oddział 86 (jez. Płęsno)	197 ± 5	7,4 ± 0,6	5,6 ± 0,2
10	oddział 52 (jez. Jeleń)	200 ± 5	7,1 ± 0,5	6,3 ± 0,2
11	oddział 62 (jez. Zielone)	204 ± 5	6,7 ± 0,5	5,1 ± 0,2
12	oddział 106 (szlak rowerowy)	183 ± 4	6,3 ± 0,5	4,8 ± 0,2
13	oddział 115	174 ± 4	4,2 ± 0,5	3,8 ± 0,2
14	oddział 136 (Bachorze)	227 ± 5	8,2 ± 0,6	7,2 ± 0,2
15	oddział 120 (wydmy z chrobotkiem)	206 ± 5	5,3 ± 0,4	4,6 ± 0,2
16	oddział 153	204 ± 5	7,2 ± 0,6	6,0 ± 0,2
17	oddział 148 (jez. Ostrowite)	190 ± 5	5,2 ± 0,5	5,3 ± 0,2
18	oddział 160 (Łąki Józefowskie)	225 ± 5	7,8 ± 0,6	7,2 ± 0,2

W celu oszacowania narażenia ludzi przebywających na terenie PNBT na promieniowanie jonizujące obliczono roczną dawkę efektywną, korzystając z półempirycznego wzoru:

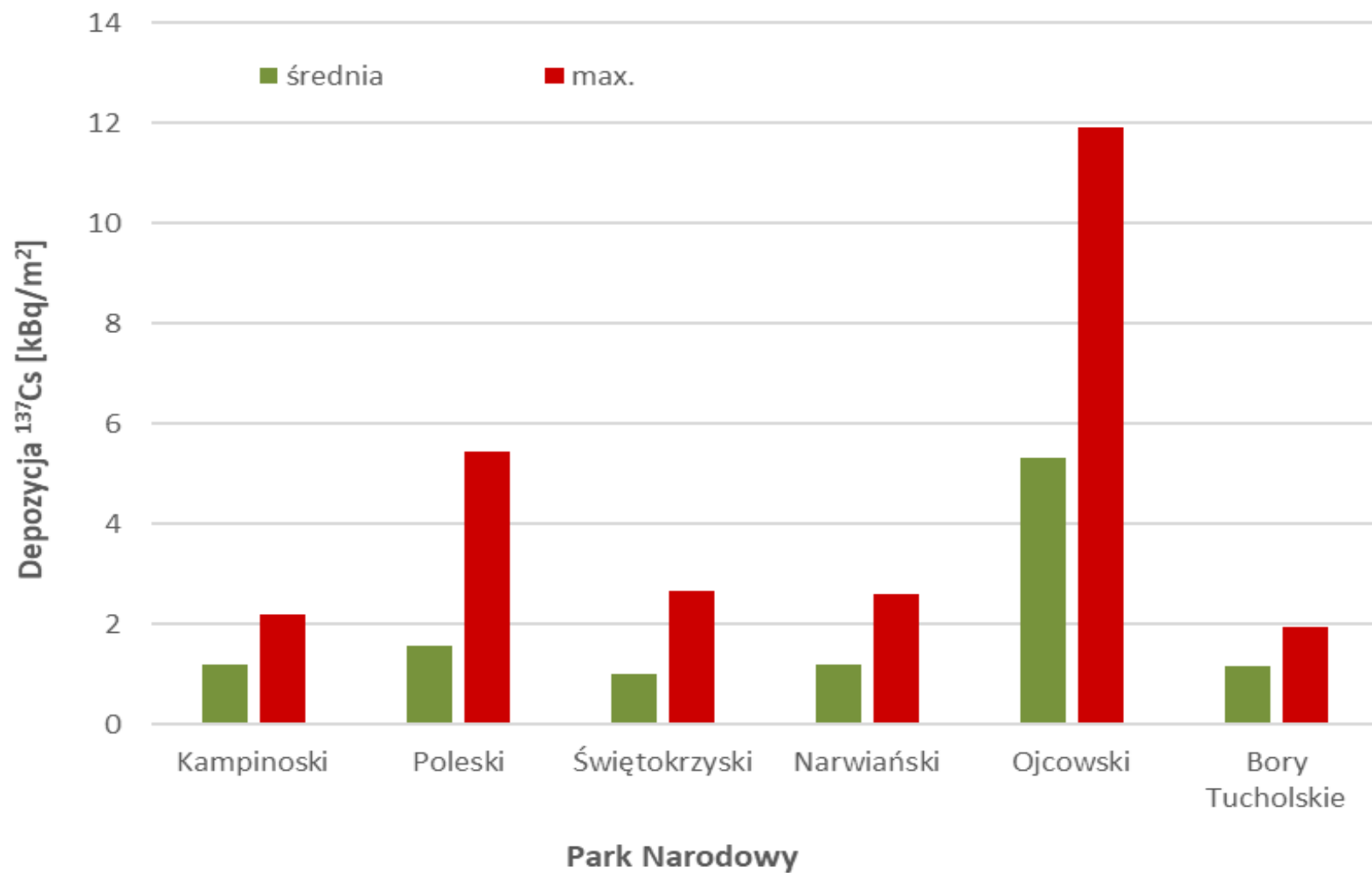
$$\dot{D} = 0,043 S_K + 0,43 S_{Ra} + 0,66 S_{Th} \text{ [nGy/h]}$$

gdzie:  $S_K$ ,  $S_{Ra}$ ,  $S_{Th}$  – odpowiednio: stężenie  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Th}$  (będącego w równowadze promieniotwórczej z aktywnym  $^{228}\text{Ac}$ ) w glebie, wyrażone w Bq/kg.

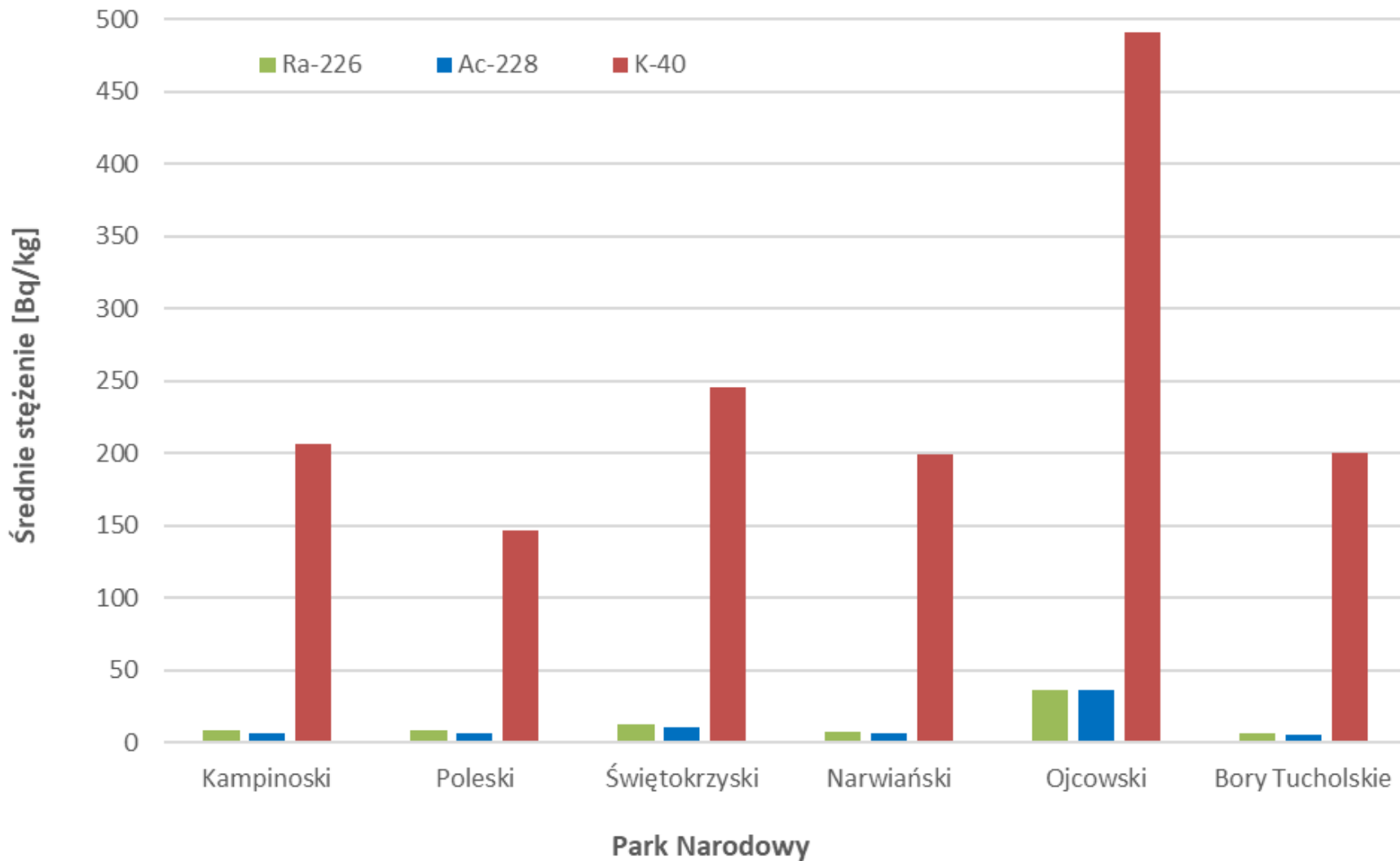
Nr pkt.	Miejsce poboru próbki	Dawka efektywna [mSv/rok]	Nr pkt.	Miejsce poboru próbki	Dawka efektywna [mSv/rok]
1	oddział 8 (jez. Karsińskie)	0,119 ± 0,012	10	oddział 52 (jez. Jeleń)	0,139 ± 0,011
2	oddział 15 (Drzewicz)	0,134 ± 0,013	11	oddział 62 (jez. Zielone)	0,132 ± 0,012
3	oddział 22 (jez. Dybrzk)	0,147 ± 0,013	12	oddział 106 (szlak rowerowy)	0,120 ± 0,011
4	oddział 47 (jez. Karsińskie)	0,137 ± 0,011	13	oddział 115	0,103 ± 0,014
5	oddział 31	0,121 ± 0,012	14	oddział 136 (Bachorze)	0,158 ± 0,013
6	oddział 41 (szlak rowerowy)	0,144 ± 0,012	15	oddział 120 (wydmy z chrobotkiem)	0,124 ± 0,011
7	oddział 25 (wrzosowisko)	0,137 ± 0,012	16	oddział 153 (przed rozwidleniem szlaków)	0,139 ± 0,013
8	oddział 77 (jez. Olbracht)	0,120 ± 0,011	17	oddział 148 (jez. Ostrowite)	0,122 ± 0,013
9	oddział 86 (jez. Płęsno)	0,134 ± 0,012	18	oddział 160 (Łąki Józefowskie)	0,156 ± 0,013

Lokalizacja	Średnia depozycja (zakres) <sup>137</sup> Cs [kBq/m <sup>2</sup> ]	Średnie stężenie (zakres) [Bq/kg]		
		<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac
<b>PN „Bory Tucholskie”</b>	1,17 ± 0,10 (0,24 – 1,95)	200 ± 4 (174 – 227)	6,5 ± 0,2 (4,2 – 8,2)	5,6 ± 0,2 (3,8 – 7,2)
<b>Kampinoski Park Narodowy</b>	1,19 ± 0,08 (0,05 – 2,18)	206 ± 6 (140 – 275)	8,2 ± 0,5 (4,7 – 16,1)	6,5 ± 0,4 (3,6 – 12,0)
<b>Poleski Park Narodowy</b>	1,58 ± 0,05 (0,16 – 5,45)	146 ± 6 (59 – 258)	7,8 ± 0,6 (4,3 – 14,1)	6,3 ± 0,2 (3,4 – 11,5)
<b>Świętokrzyski Park Narodowy</b>	1,02 ± 0,15 (0,06 – 2,65)	245 ± 22 (152 – 503)	12,4 ± 1,9 (4,6 – 33,6)	10,4 ± 1,8 (3,3 – 29,6)
<b>Narwiański Park Narodowy</b>	1,20 ± 0,03 (0,44 – 2,61)	199 ± 8 (158 – 243)	7,7 ± 0,6 (4,2 – 11,4)	6,1 ± 0,3 (3,4 – 8,3)
<b>Ojcowski Park Narodowy</b>	5,32 ± 0,81 (1,14 – 11,92)	491 ± 18 (267 – 562)	36,5 ± 1,2 (27,3 – 43,1)	35,8 ± 1,4 (21,8 – 43,9)
<b>POLSKA *</b>	1,13 ± 0,10 (<0,01 – 16,27)	369 ± 9 (46 – 906)	27,6 ± 1,1 (4,0 – 126,3)	21,2 ± 0,8 (2,5 – 93,6)
<b>woj. pomorskie *</b>	0,64 ± 0,07 (0,25 – 1,40)	296 ± 21 (155 – 537)	19,7 ± 2,7 (4,0 – 55,7)	12,9 ± 1,4 (2,9 – 24,9)

\* - wyniki pochodzą z pracy pt. „Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2020-2022. Zadanie 3: Monitoring stężenia cezu-137 w glebie.” – opracowanie dla próbek gleby pobranych jesienią 2020 r.







## Podsumowanie

Wartość średnia depozycji cezu  $^{137}\text{Cs}$  w glebie pobranej w PN „Bory Tucholskie” wynosi  **$1,17 \pm 0,10 \text{ kBq/m}^2$**  (zakres:  **$0,24 \text{ kBq/m}^2$**  dla punktu nr 15 -  **$1,95 \text{ kBq/m}^2$**  dla punktu nr 16).

Wartość średnia depozycji  $^{137}\text{Cs}$  w glebie PNBT jest wyższa od wartości średniej dla Polski i dla woj. pomorskiego (PMŚ dla GIOŚ) oraz dla Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

Wartości średnie stężeń naturalnych radionuklidów w glebie PNBT są niższe niż wartości średnie dla Polski i woj. pomorskiego oraz badanych Parków Narodowych. Wyjątek stanowi  $^{40}\text{K}$ , dla którego średnie stężenie jest wyższe niż w Poleskim i Narwiańskim PN.

Wartość depozycji cezu  $^{137}\text{Cs}$  wydaje się być nieco wyższa (a przynajmniej wyższa niż wartość średnia dla Polski) w środkowo-wschodnim rejonie PNBT.

Nie można jednoznacznie wskazać rejonów o wyższych lub niższych wartościach stężeń radionuklidów naturalnych.

Nie stwierdzono korelacji między stężeniem cezu a stężeniem radionuklidów naturalnych.

Maksymalna roczna dawka efektywna oszacowana na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych w glebie PN „Bory Tucholskie” wynosi  $0,158 \text{ mSv}$  (punkt nr 14). Wartość ta stanowi 7 % tła naturalnego dla Polski, bez uwzględnienia promieniowania kosmicznego.



Serdecznie dziękuję  
p. Agnieszce Turowskiej  
i p. Karolinie Lewińskiej  
z PNBT za ogromną pomoc  
w realizacji projektu



Dziękuję za uwagę !!!