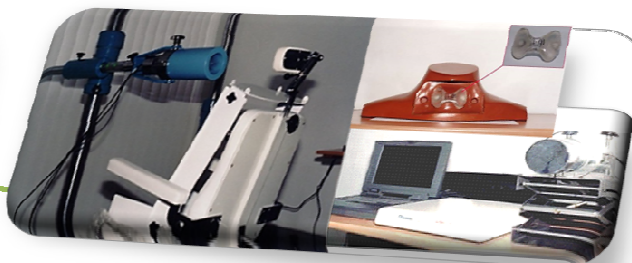


PIERWIASTKI PROMIENIOTWÓRCZE W ŚRODOWISKU



Paweł KRAJEWSKI
krajewski@clor.waw.pl

CENTRALNE LABORATORIUM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ



- OCHRONA RADIOLOGICZNA, BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE ?
- EWOLUCJA NORM I PRZEPISÓW OCHRONY RADIOLOGICZNEJ PO 2013 roku
- ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO W NASZYM OTOCZENIU
- Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski
- RADIONUKLIDY SZTUCZNEGO POCHODZENIA
- NOWE KONCEPCJE OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE ?

OCHRONA RADIOLOGICZNA ?

System bezpieczeństwa jądrowego:

■ zapobieganie lub ograniczanie zagrożenia człowieka lub środowiska od materiałów jądrowych (rozszczepialnych)

- eksploatacja EJ
- zarządzanie paliwem jądrowym
- zarządzanie odpadami promieniotwórczymi

System ochrony radiologicznej:
zapobieganie lub ograniczanie szkodliwych
skutków działania promieniowania jonizującego na
człowieka i środowisko

*(Kultura bezpieczeństwa przy użytkowaniu źródeł
promieniotwórczych)*

- energetyka jądrowa
- przemysł
- medycyna
- technika
- badania naukowe



OCHRONA RADIOLOGICZNA

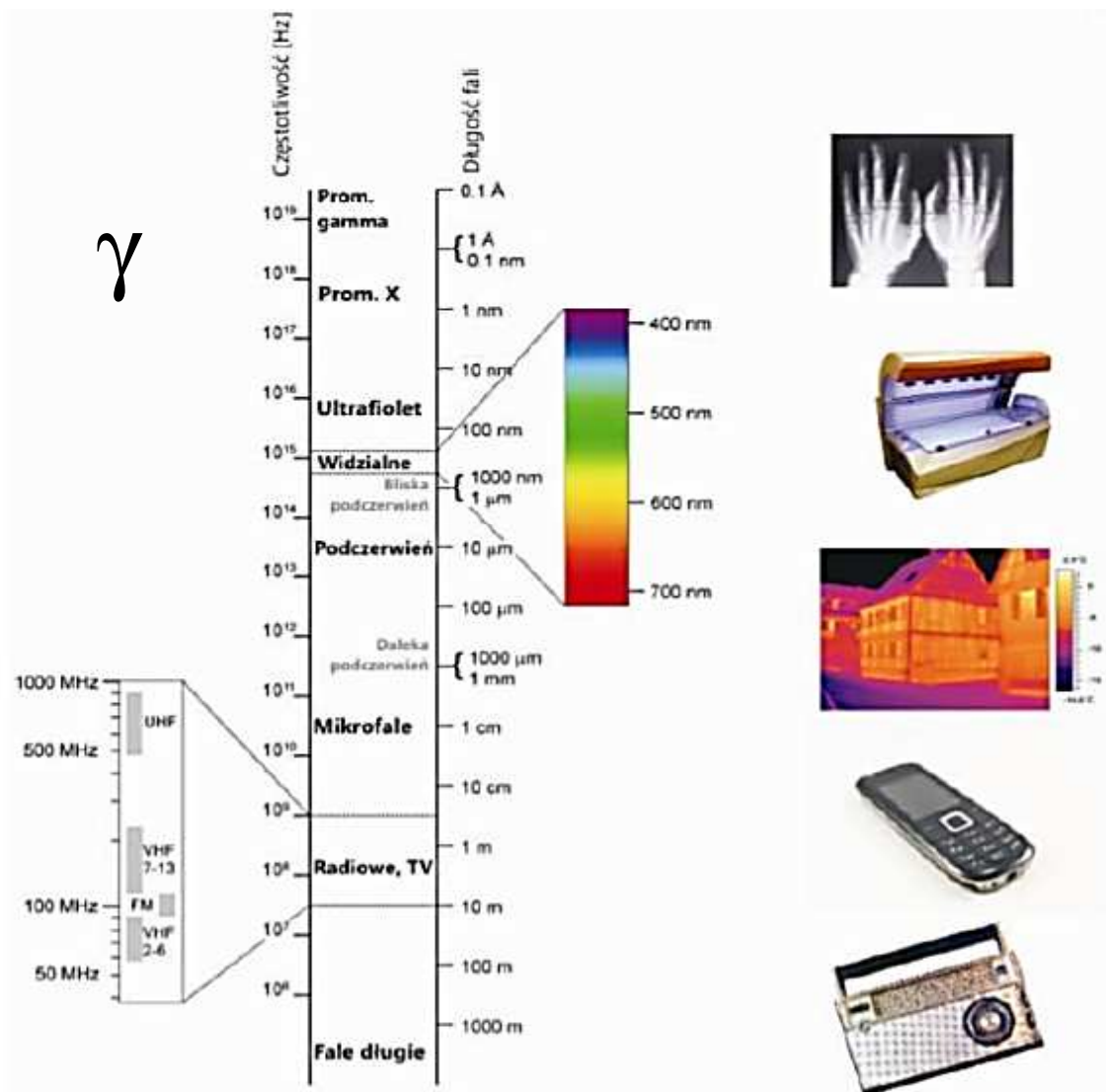
α 2p2n

β^- elektron

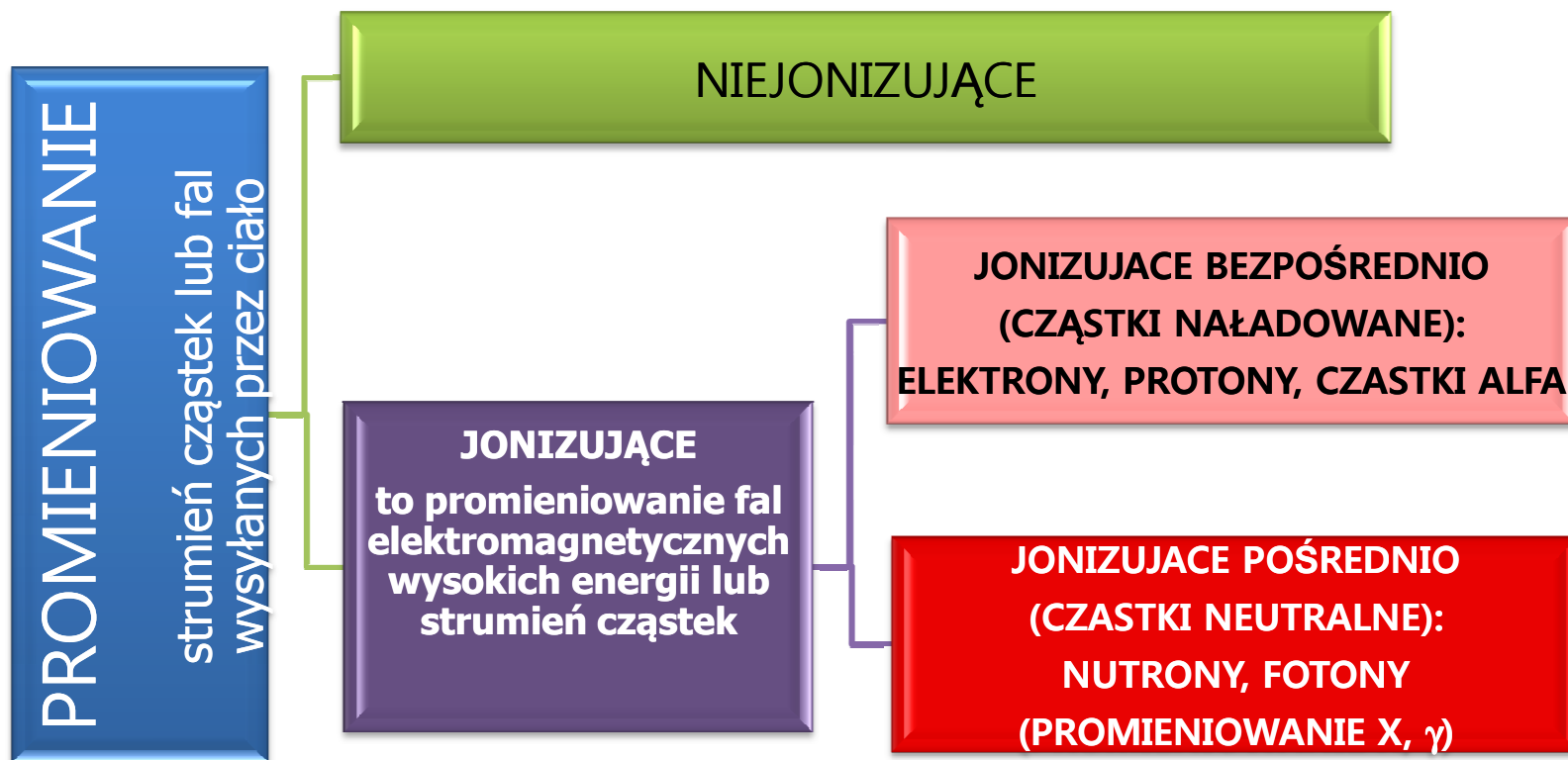
β^+ pozyton

n neutron

γ



PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE



EWOLUCJA NORM I PRZEPISÓW

OCHRONY RADIOLOGICZNEJ PO 2013

DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM

z dnia 5 grudnia 2013 r.

ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego oraz uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:PL:PDF>

Ze względu na skomplikowany i techniczny charakter Dyrektywy BSS, Rada UE podjęła decyzję o wydłużeniu okresu jej transpozycji do porządku prawnego Państw Członkowskich do 4 lat. Oznacza to, że pełna transpozycja dyrektywy BSS do prawa krajowego musi nastąpić najpóźniej do 6 lutego 2018 r.

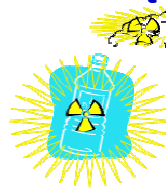
Z tym dniem zostaną również uchylone dotychczas samodzielne dyrektywy włączone w zakres nowej dyrektywy BSS

EWOLUCJA NORM I PRZEPISÓW OCHRONY RADIOLOGICZNEJ PO 2013

W OPARCIU O POSTĘPOWANIE *PROCESS-BASED PROTECTION APPROACH*

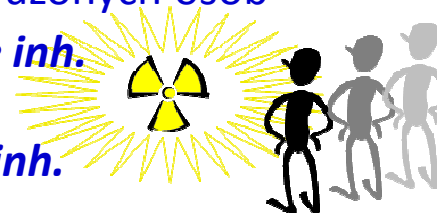
■ działalność (*practices*)

dodanie (zwiększenie) potencjalnego narażenia przez wprowadzenie nowych źródeł, dróg narażenia i/lub zwiększenie liczby narażonych osób



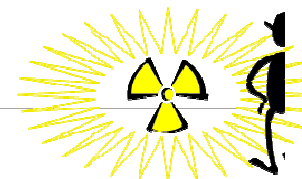
wewnętrzne inh.

zewnętrzne inh.



■ działania interwencyjne (*interventions*)

zmniejszenie potencjalnego narażenia przez usunięcie źródeł, dróg narażenia i/lub zmniejszenie liczby narażonych osób



DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM

z dnia 5 grudnia 2013 r.

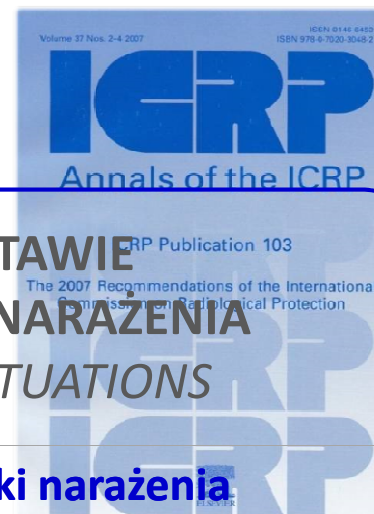
w oparciu o nowe zalecenia ICRP z 2007 Pub.103:
System Ochrony Radiologicznej

~~W OPARCIU O POSTĘPOWANIE
PROCESS-BASED
PROTECTION APPROACH~~

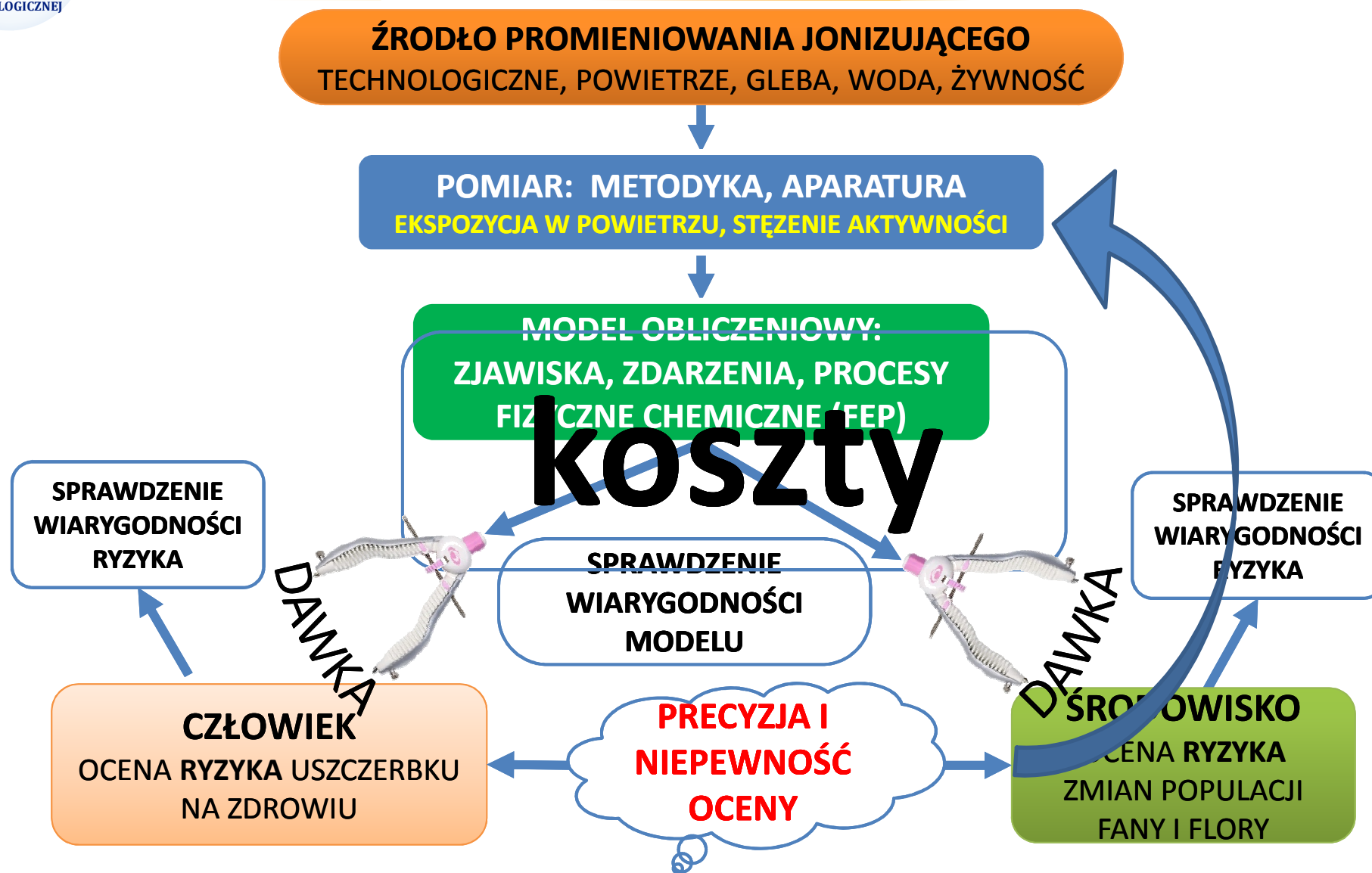
- ~~■ practices
działalność~~
- ~~■ interventions
działania interwencyjne~~

NA PODSTAWIE
WARUNKÓW NARAŻENIA
EXPOSURE SITUATIONS

- planowane warunki narażenia
planned exposure situations
- wyjątkowe warunki narażenia
emergency exposure situations
- existing exposure situations
istniejące warunki narażenia



OCHRONA RADIOLOGICZNA



WARTO PAMIĘTAĆ

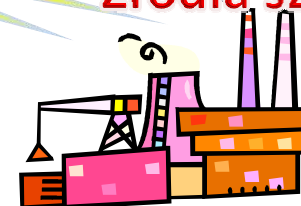
- PIERWIASTKI PROMIENIOTWÓRCZE I PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE TOWARZYSZĄ WSZELKIM ŻYWYM ORGANIZMOM OD MOMENTU POWSTANIA ŻYCIA NA ZIEMI.
- STRACH PRZED PROMIENIOWANIEM JONIZUJĄCYM (PROMIENIOTWÓRCZOŚCIĄ) WYNIKA CZĘŚCIOWO Z NASZEJ KRÓTKIEJ Z NIM ZNAJOMOŚCI (200 LAT), ORAZ Z BRAKU ODPOWIEDNIEGO NARZĄDU ZMYŚŁU ABY JE WYKRYĆ. ORGANIZMY ŻYWE NIE WYKSZTAŁCIŁY TAKIEGO NARZĄDU, PONIEWAŻ RADIACJA JEST JEDNYM Z NAJMNIEJ SZKODLIWYCH CZYNNIKÓW, JAKIE SPOTYKAMY W PRZYRODZIE.
- WSZELKIE ORGANIZMY ŻYWE WYKSZTAŁCIŁY DOSTATECZNE MECHANIZMY OBRONNE PRZED MAŁYMI DAWKAMI PROMIENIOWANIA
- NIE MA ŻADNYCH PRZESŁANEK ABY OBAWIAĆ SIĘ DAWEK MIESZCZACYCH SIĘ W ZAKRESIE PROMIENIOWANIA NATURALNEGO (3- 100 mSv/rok)

ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO W NASZYM OTOCZENIU

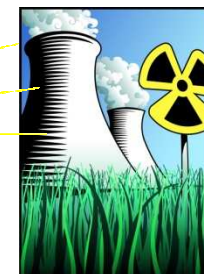
Izotopy promieniotwórcze
powstające w wyniku
reakcji jądrowych
wywołanych przez
promieniowanie kosmiczne

Promieniowanie
kosmiczne

Źródła sztuczne:



- produkcja i zastosowanie izotopów promieniotwórczych w medycynie, przemyśle, badaniach naukowych
- urządzenia wytwarzające promieniowanie jonizujące
- odpady promieniotwórcze



łańcuch
pokarmowy

Izotopy
promieniotwórcze w
wodzie

(rzeki, jeziora, studnie, woda
morska)

Izotopy promieniotwórcze
w skorupie ziemskiej

(16)

Ochrona przed naturalnymi źródłami promieniowania powinna zostać w pełni włączona do ogólnych wymogów,

zamiast być przedmiotem osobnego tytułu. W szczególności sektory przetwarzające naturalnie występujący materiał promieniotwórczy powinny być zarządzane w tych samych ramach regulacyjnych, co inne działalności.

(22)

Z najnowszych danych epidemiologicznych pochodzących z badań budynków mieszkalnych wynika, że występuje statystycznie istotny wzrost ryzyka zachorowania na nowotwór płuc w wyniku przedłużonego narażenia na radon wewnątrz pomieszczeń na poziomie rzędu **100** Bq m⁻³.

(24)

W przypadku gdy ze względu na panujące warunki państwo członkowskie ustanawia poziom referencyjny dla stężeń radonu w pomieszczeniach ze stanowiskiem pracy wyższy niż **300** Bq m⁻³, państwo to powinno przedłożyć te informacje Komisji.

(26)

Narażeniem załóg statków powietrznych i kosmicznych na promieniowanie kosmiczne należy zarządzać jak sytuacją **narażenia planowanego**. Eksploatacja statku kosmicznego powinna być objęta zakresem niniejszej dyrektywy i jeżeli zostaną przekroczone dawki graniczne, należy nią zarządzać jak narażeniem dozwolonym w szczególnych okolicznościach.

(27)

Skażenie środowiska może stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzkiego. Wspólnotowe prawo wtórne do tej pory uważało takie skażenie jedynie za drogę narażenia dla osób z ogółu ludności bezpośrednio dotkniętych promieniotwórczym uwolnieniem do środowiska. Ze względu na to, że stan środowiska może mieć długofalowe skutki dla zdrowia ludzi, konieczna jest **polityka ochrony środowiska przed szkodliwymi skutkami promieniowania jonizującego**. Do celów długofalowej ochrony zdrowia ludzi należy uwzględnić kryteria środowiskowe oparte na uznanych międzynarodowo danych naukowych (takich jak publikowane przez KE, ICRP, Komitet Naukowy Narodów Zjednoczonych ds. Skutków Promieniowania Atomowego, Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (MAEA)).

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE



United Nations Scientific Committee
on the Effects of Atomic Radiation

<http://www.unscear.org/>

Komitet Naukowy ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR)

Stały komitet [ONZ](#) powołany w celu monitorowania zmian poziomu [promieniowania jonizującego](#) na Ziemi. Powstał na mocy rezolucji [Zgromadzenia Ogólnego ONZ](#) 1955 r w latach, gdy zagrożenie [konfliktem nuklearnym](#) wydawało się bardzo duże, prowadzony był [wyścig zbrojeń](#) i dokonywano wielu [prób z bronią jądrową](#).

W Komitecie skład wchodzi obecnie 21 członków, od 1973 należy do niego również [Polska](#). Co roku odbywają się spotkania naukowców - przedstawiciele członków Komitetu i przygotowywane są raporty dla Zgromadzenia Ogólnego ONZ.

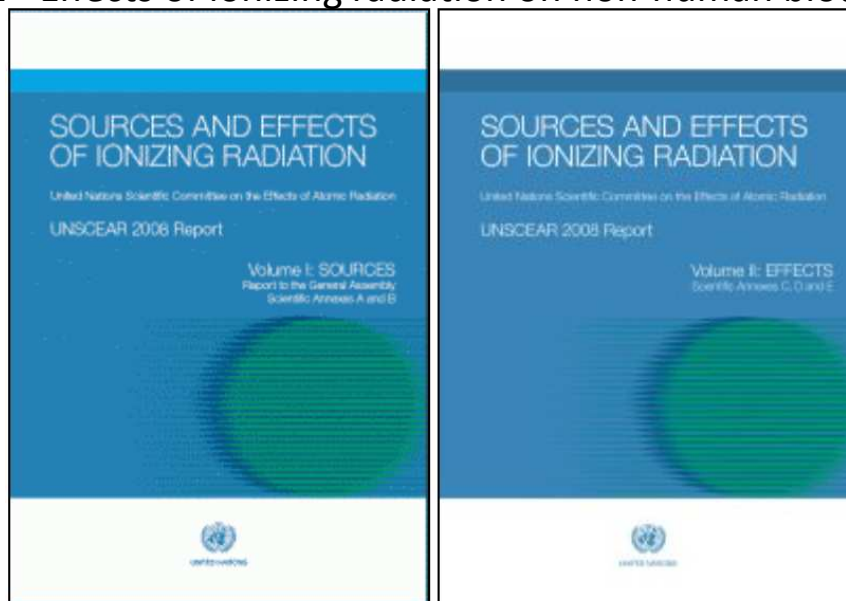
MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Volume I comprises the main text of the 2008 report to the General Assembly (A/63/46) and 2 scientific annexes:

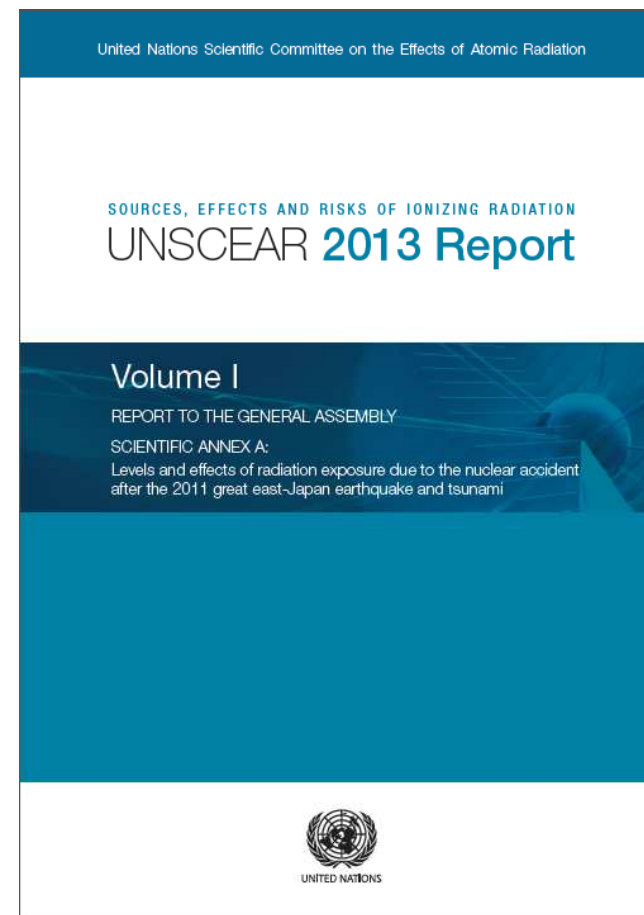
- Annex A - Medical radiation exposures; and
- Annex B - Exposures of the public and workers from various sources of radiation.

Volume II comprises the remaining 3 scientific annexes:

- Annex C - Radiation exposures in accidents;
- Annex D - Health effects due to radiation from the Chernobyl accident *); and
- Annex E - Effects of ionizing radiation on non-human biota.



Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami

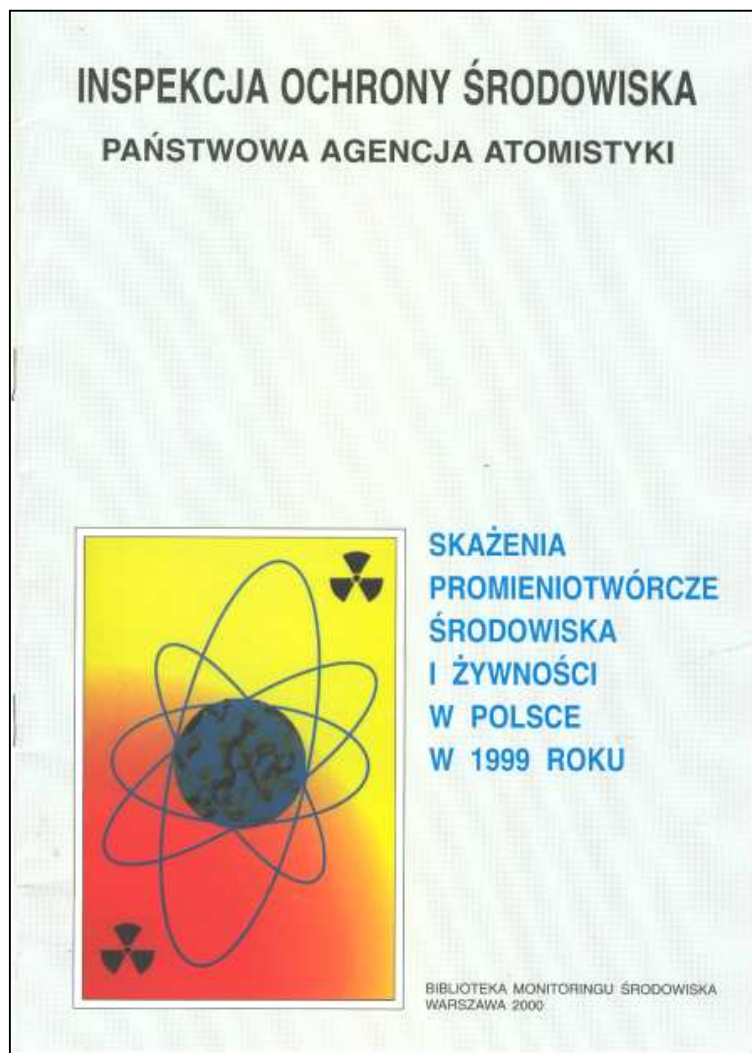


MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

http://www.paa.gov.pl/strona-141-raport_roczny_prezesa.html

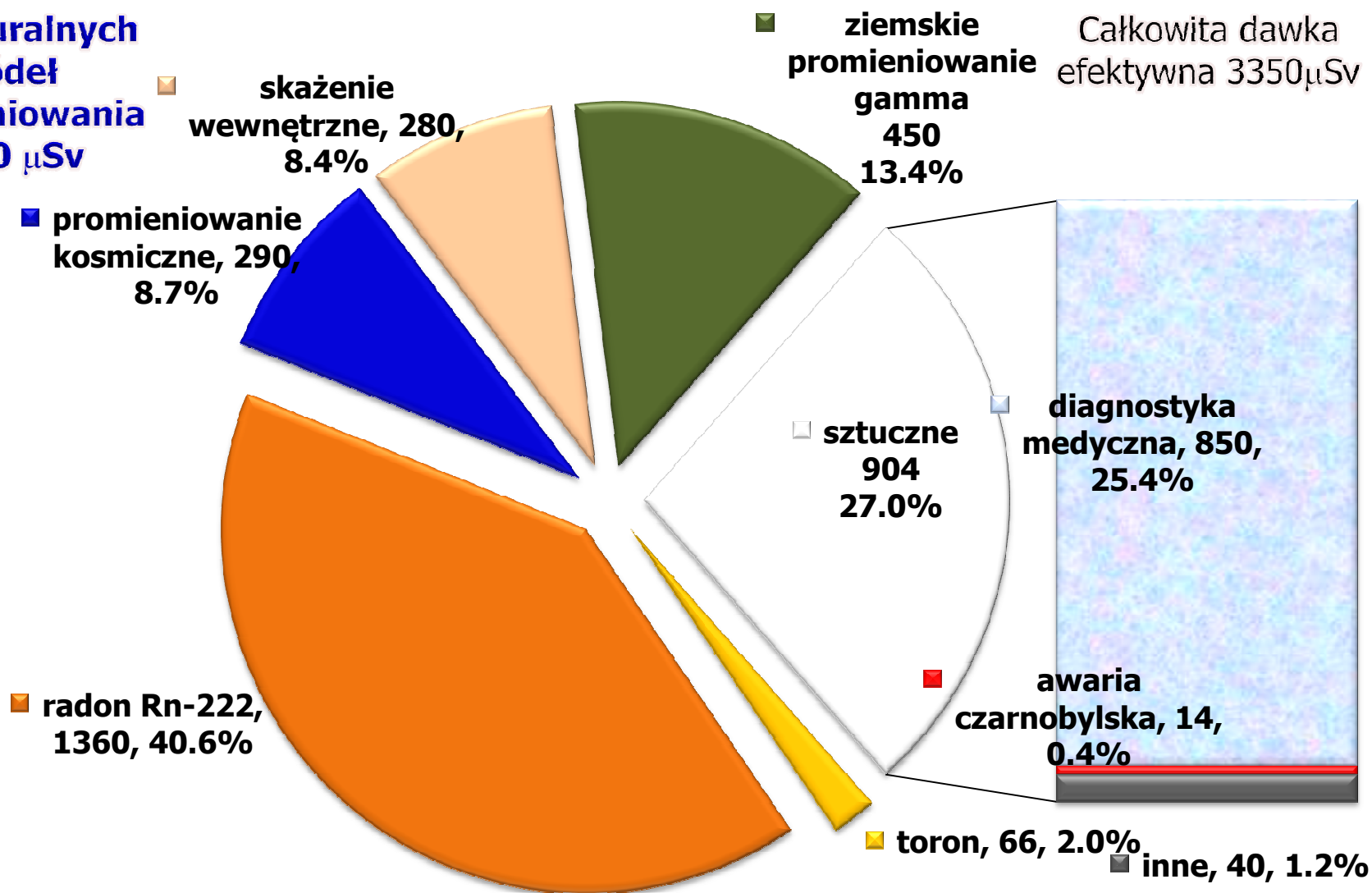


MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2012 r.

**Od naturalnych
źródeł
promieniowania
2450 μSv**



ROCZNY EFEKTYWNY RÓWNOWAŻNIK DAWKI

promieniowania otrzymywany przez statystycznego mieszkańca Polski od naturalnych i sztucznych źródeł promieniowania jonizującego oraz od źródeł promieniowania stosowanego w procedurach medycznych wynosił:

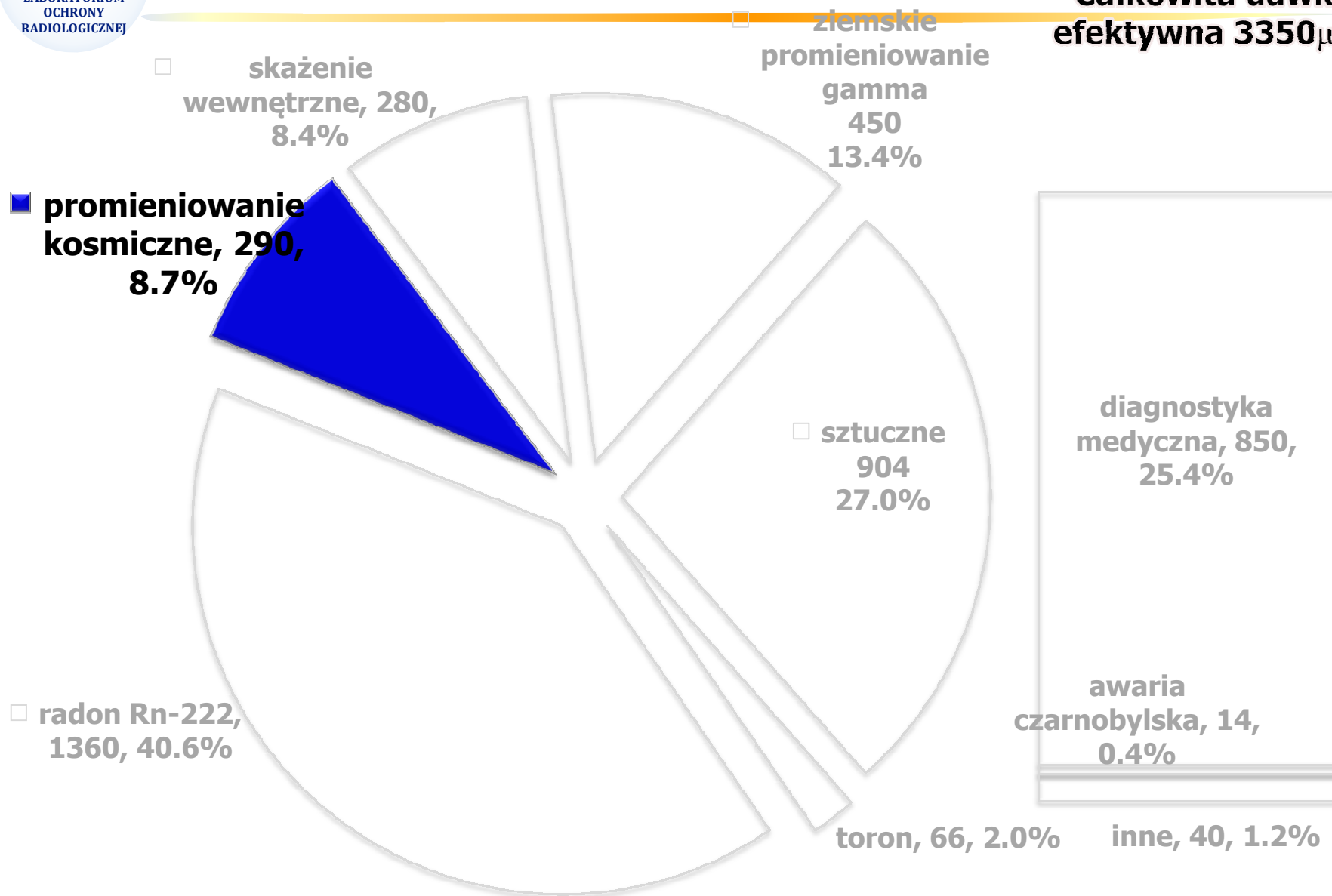
w 2000 r.	3.30 mSv (3300 μ Sv)
w 2002 r.	3.36 mSv (3360 μ Sv)
w 2003 r.	3.35 mSv (3350 μ Sv)
w 2004 r.	3.35 mSv (3350 μ Sv)
w 2005 r.	3.35 mSv (3350 μ Sv)

.....

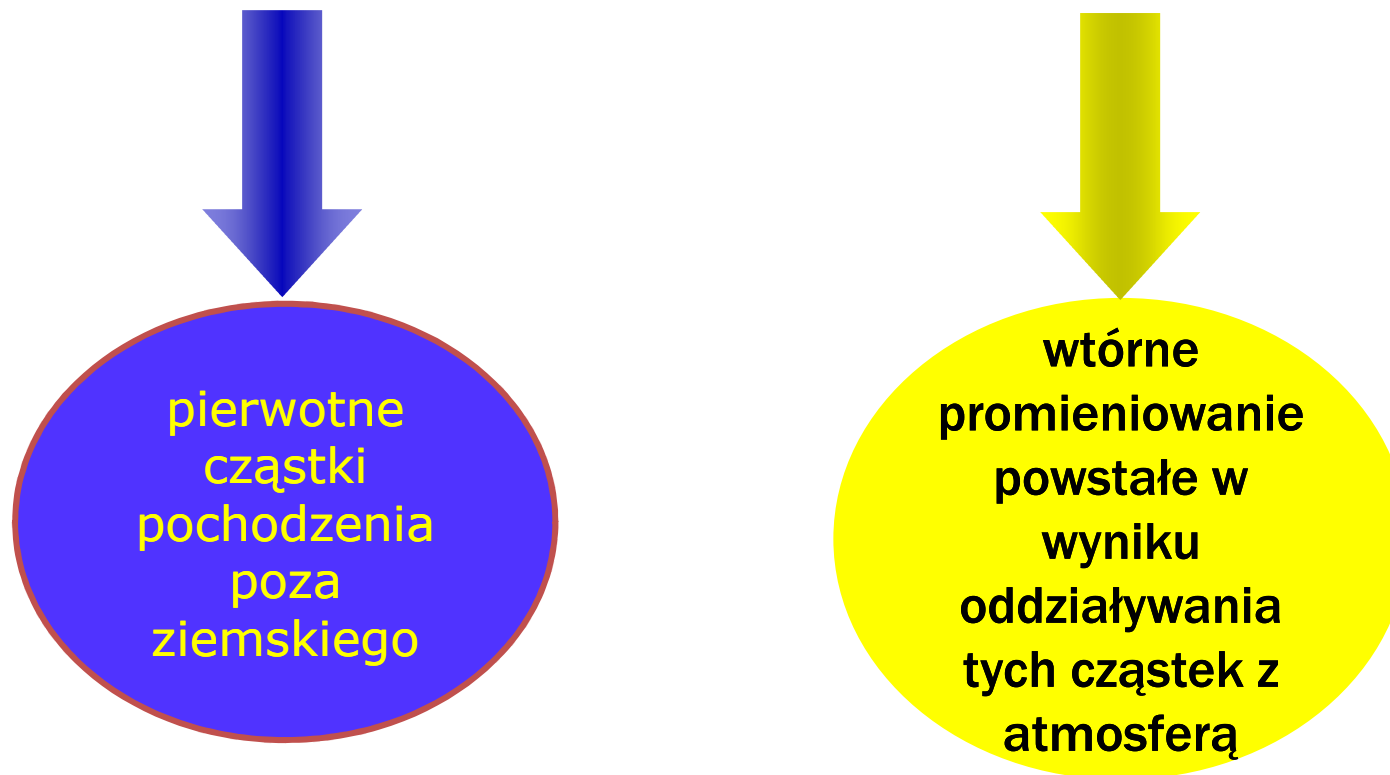
w 2014 r.	3.35 mSv (3350 μ Sv)
-----------	--------------------------

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2010 r.

Całkowita dawka efektywna 3350 μ Sv



PROMIENIOWANIE KOSMICZNE



PIERWOTNE PROMIENIOWANIE GALAKTYCZNE

cząstka	średni udział	dociera do Ziemi (na poziom morza)
protony	87% (75÷89%)	1 na 1000
jądra helu (prom. α)	11% (10 ÷ 18%)	1 na 4
jądra pierwiastków $Z > 2$	1% (1 ÷ 7%)	1 na 30
elektrony	1%	

energia cząstek 10^{10} eV (max 10^{20} eV)

Wiatr słoneczny - Strumień cząstek wiatru zderza się z polem magnetycznym naszej planety, wytwarzając falę uderzeniową, co wpływa na kształt magnetosfery i wywołuje wiele zjawisk obserwowanych na Ziemi

(burze magnetyczne i zaniki łączności radiowej, zorze polarne)

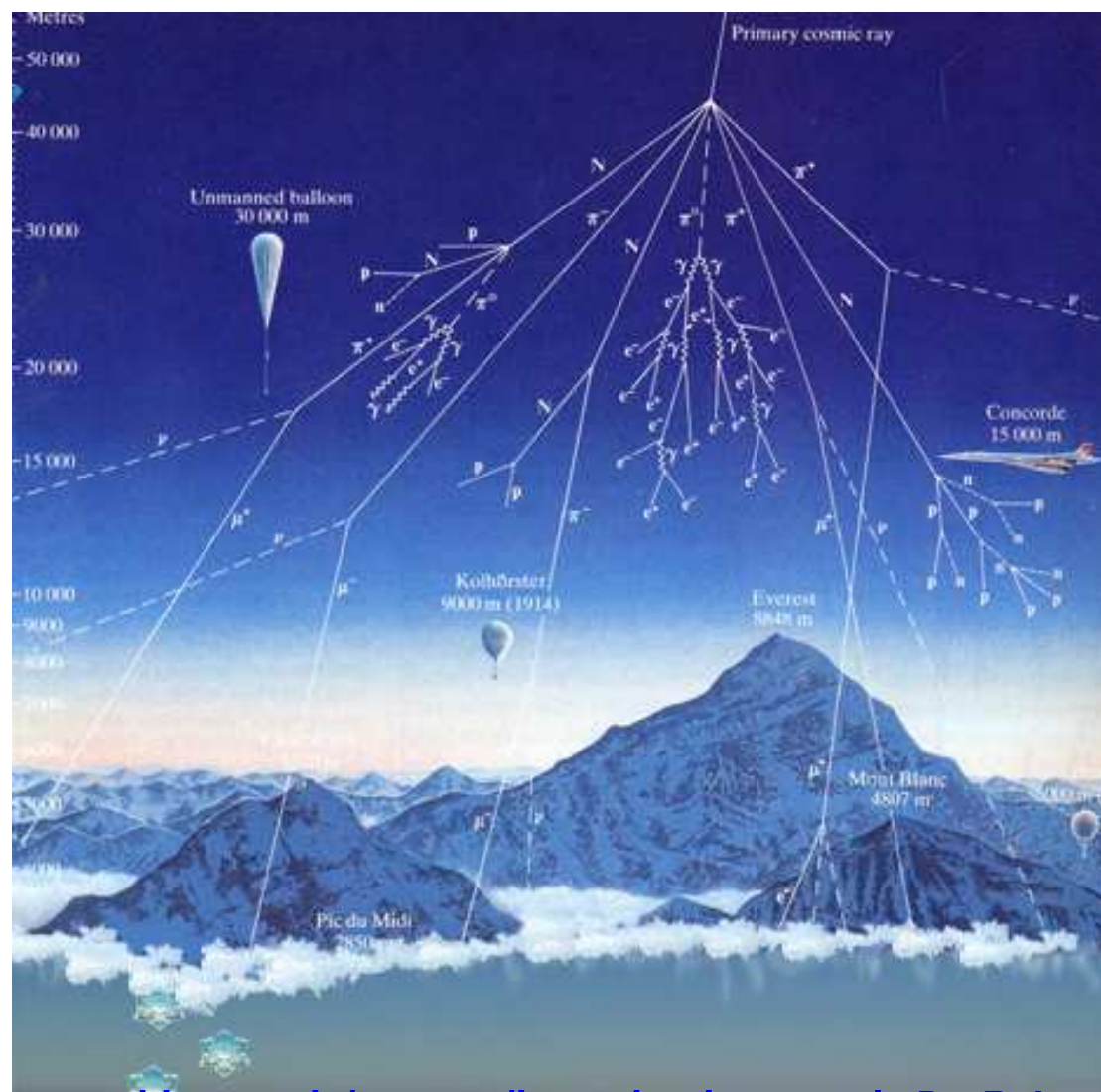
Prędkość strumieni cząstek (głównie elektronów, protonów i cząstek α) w odległości 1 j.a. waha się od 300 do 800 km/s, a gęstość utrzymuje się między 10^4 a 3×10^6 cząstek na metr sześcienny

PROMIENIOWANIE EMITOWANE PRZEZ SŁOŃCE



Plik [Polarlicht 2.jpg](#) [[edytuj opis](#)] umieszczony jest w [Wikimedia Commons](#), repozytorium wolnych zasobów projektów Fundacji Wikimedia

PROMIENIOWANIE KOSMICZNE DOCIERAJĄCE NA ZIEMIĘ



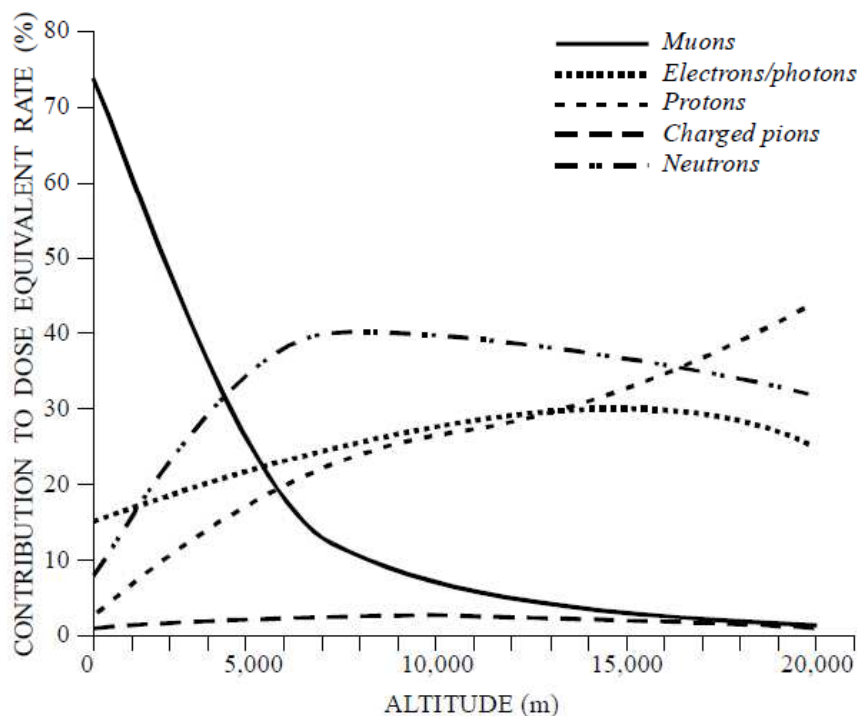
(<http://astro.uchicago.edu/cosmus/home.html>; za zgodą Dr. R. Landsberga)

WTÓRNE PROMIENIOWANIE

**protony (^1H), deuterony (^2H), cząstki α (^4_2He)
neutrony, mezony, neutrino, elektrony, prom γ**

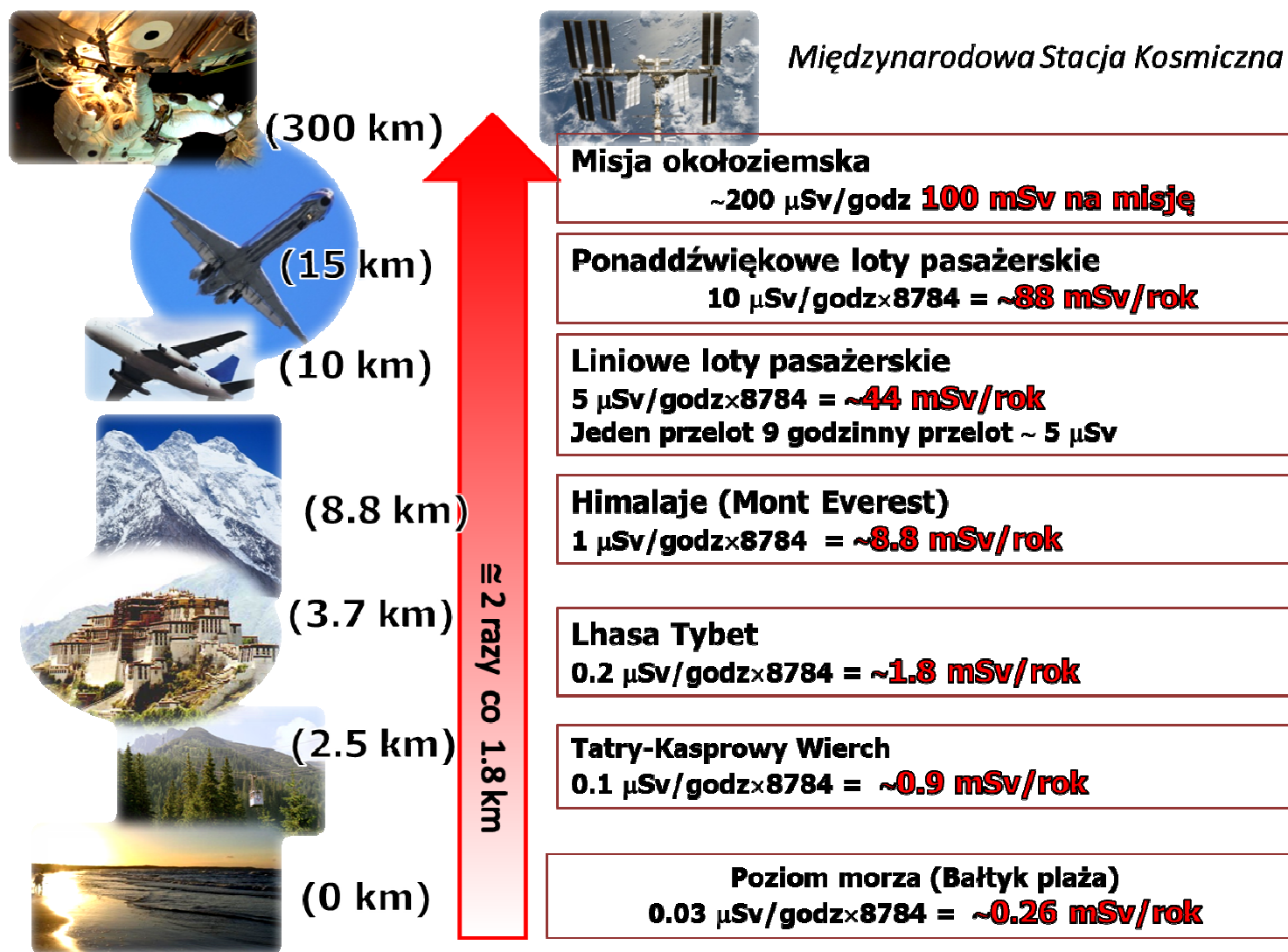
Składowe mocy dawki promieniowania kosmicznego w funkcji wysokości [m]

$$E_m(z) = E_m(0) \times [0.21 \cdot e^{-1.65 \cdot z} + 0.79 \cdot e^{0.453}]$$



Miony- druga generacja cząstek elementarnych i wykazują pokrewieństwo z elektronem, tzn. posiadają takie same właściwości co elektron, z wyjątkiem około 207 razy większej masy

PROMIENIOWANIE KOSMICZNE DOCIERAJĄCE NA ZIEMIĘ

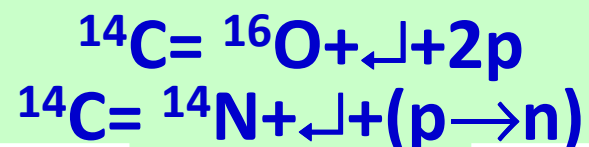


ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA KOSMICZNEGO Z GAZAMI ATMOSFERYCZNYMI

WAŻNIEJSZE RADIONUKLIDY KOSMOGENNE

POWSTAJĄ ZE STAŁĄ SZYBKościĄ W STRATOSFERZE

ŚREDNI CZAS PRZEBYWANIA 1 – 2 LAT



bariera

TROPOPAUSA (H= 10-12 km)

WIOSNA, JESIEŃ PRZERWY NA SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNEJ $30^\circ \div 50^\circ$

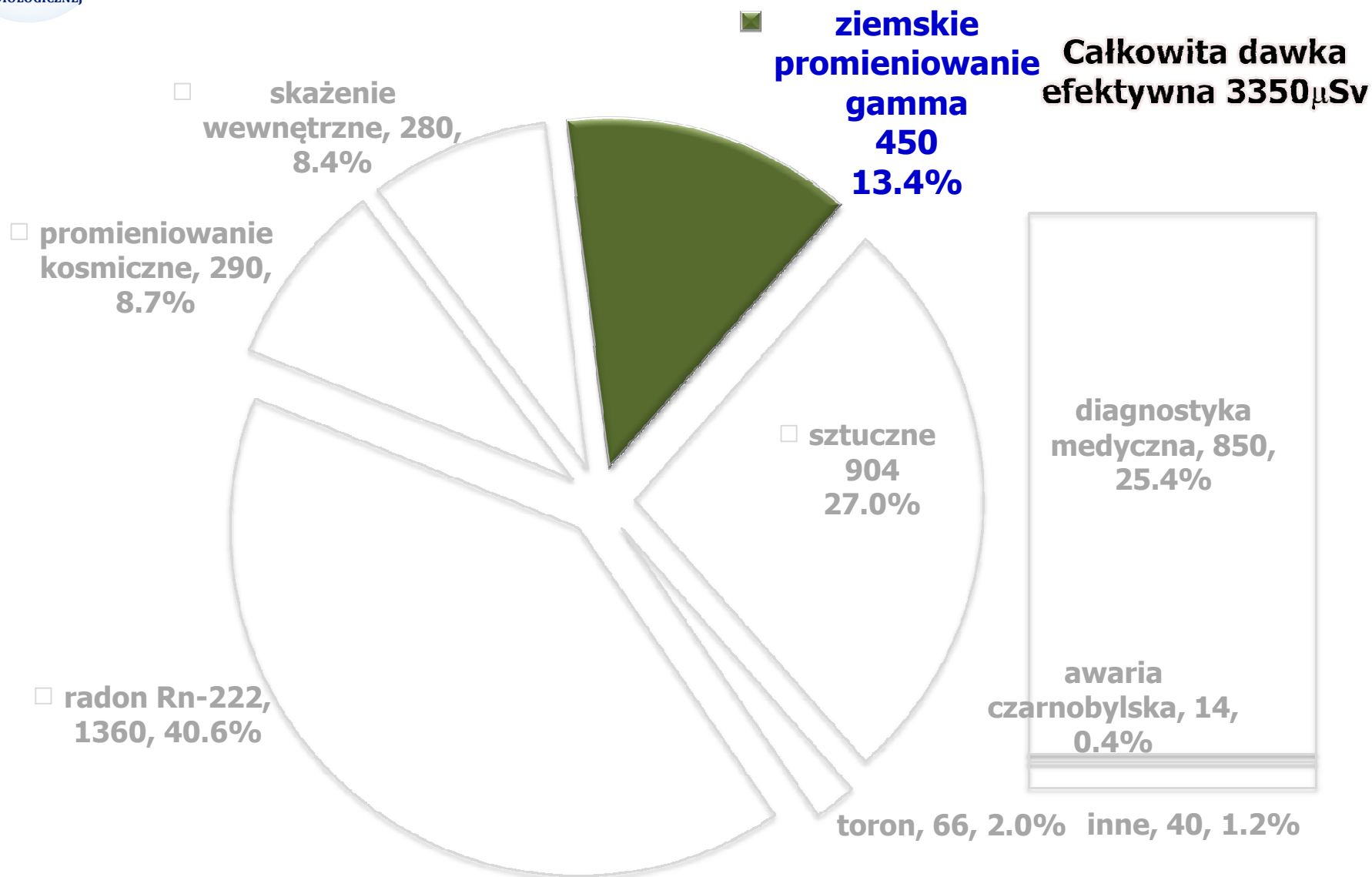
TROPOSFERA

ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA KOSMICZNEGO Z GAZAMI ATMOSFERYCZNYMI

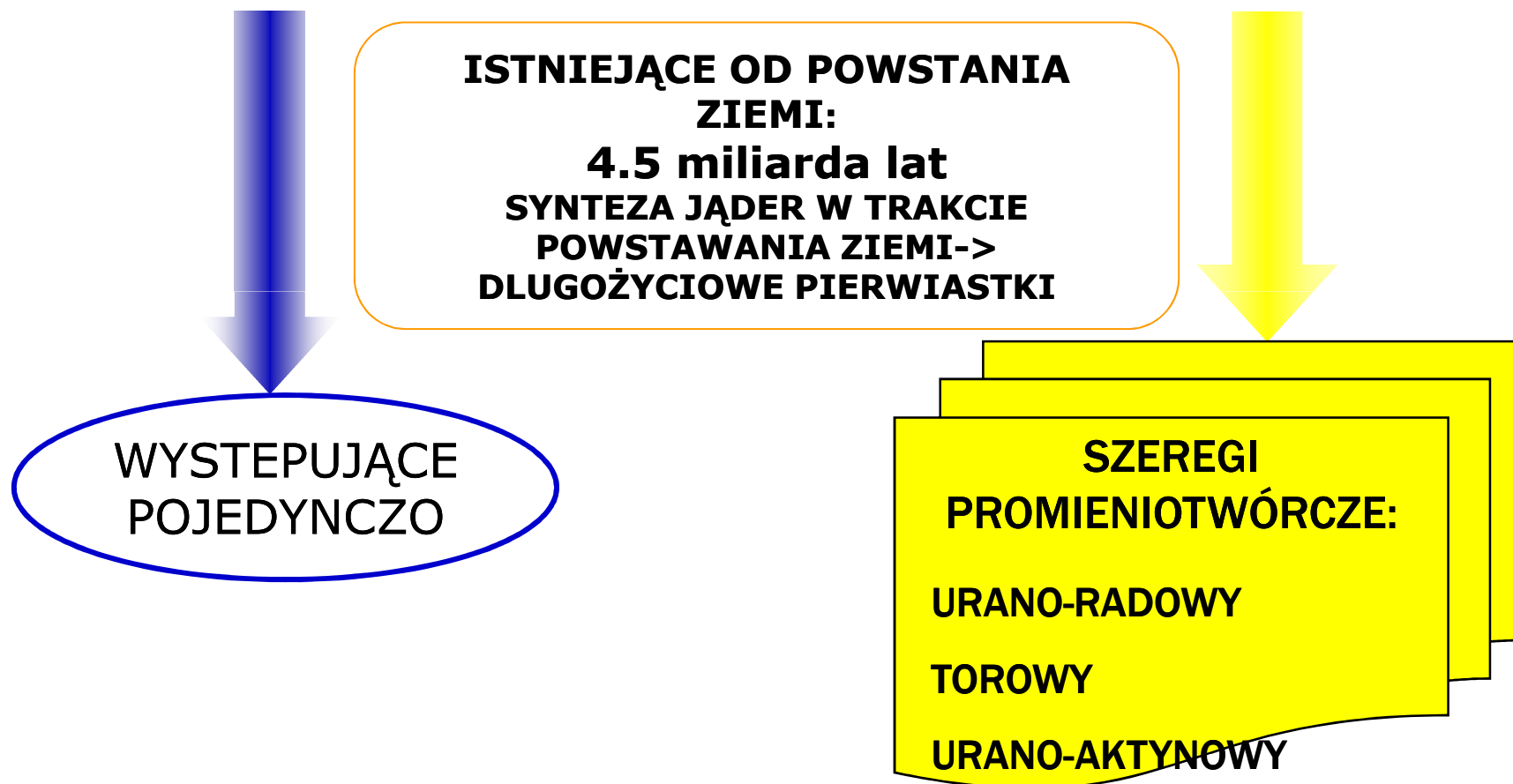
WAŻNIEJSZE RADIONUKLIDY KOSMOGENNE

RADIONUKLID	Okres połowicznego rozpadu	Reakcja tworzenia	Efektywny równoważnik dawki Sv·rok-1
H-3 (Tryt)	12.43 lat	$^{14}\text{N}(n, ^3\text{H})^{12}\text{C}$	0.01×10^{-6}
Be-7 (Beryl)	53 dni	Spalacja ^{14}N	3.0×10^{-6}
C-14 (Węgiel)	5760 lat		12.0×10^{-6}
Be-10 (Beryl)	2.5×10^6 lat		
Na-22 (Sód)	2.6 lat		0.2×10^{-6}

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2011 r.



RADIONUKLIDY NATURALNE POCHODZENIA ZIEMSKIEGO



NUKLEOSYNTeza

- Według teorii kosmogenezy, w procesach **nukleosyntezy** w gwiazdach powstają pierwiastki chemiczne.
- W trakcie formowania się układu słonecznego, w skorupie ziemskiej oprócz nuklidów trwałych, przetrwały do dziś tylko te pierwiastki promieniotwórcze, których okres połowicznego zaniku jest porównywalny z wiekiem Ziemi (~4,5 miliarda lat)



GŁÓWNE MECHANIZMY NUKLEOSYNTETY:

- proces H - przemiana protonów w cząstki α ,
- proces α - przemiany cząstek α prowadzące do powstania jąder węgla, tlenu, azotu aż do wapnia,
- proces s - powolny (slow) wychwyt neutronów przez jądra atomowe, przekształcające się następnie w wyniku rozpadu β^- w jądra cięższych pierwiastków,
- proces r - szybki (rapid) wychwyt kilku neutronów przez jądra atomowe, przekształcające się następnie w wyniku rozpadu β^- w jądra cięższych pierwiastków,
- proces e - tworzenie się jąder żelaza i pierwiastków o podobnych masach atomowych, zachodzące w warunkach równowagi termodynamicznej (equilibrium),
- proces p - reakcje z protonami.
- proces l - wytwarzanie trzech pierwiastków lekkich litu, berylu i boru.



GŁÓWNE MECHANIZMY NUKLEOSYNTETY:

- cztery etapy, które kolejno prowadzą do powstania coraz cięższych pierwiastków.
- na Ziemi występuje ponad 60 spośród ponad półtora tysiąca znanych pierwiastków promieniotwórczych (*radionuklidów*)
- pierwotne radionuklidy zostały wytworzone przed powstaniem Ziemi
- radionuklidy występujące naturalnie na Ziemi należą do jednej z trzech grup:
 - o dostatecznie długim średnim czasie życia w porównaniu z wiekiem Ziemi (np. ^{238}U $T_{1/2} = 4.5$ miliarda lat)
 - będące produktami rozpadu nietrwałych jader o dostatecznie długim średnim czasie życia (np. ^{222}Rn)
 - będące produktami reakcji jądrowych wywołanych przez promieniowanie kosmiczne (np. ^{14}C , ^7Be)



RADIONUKLIDY POCHODZENIA ZIEMSKIEGO WYSTĘPUJĄCE POJEDYŃCZO

LP	IZOTOP	CZAS POŁOWICZNEGO ROZPADU $T_{1/2}$ (lat)	Zawartość w pierwiastku naturalnym (%)	Rodzaj promieniowania
1	^{40}K (Potas)	1.3×10^9	0.0118	β, γ
2	^{50}V (Wanad)	6.0×10^{14}	0.25	β
3	^{87}Rb (Rubid)	4.8×10^{10}	27.83	β
4	^{113}Cd (Kadm)	9.0×10^{15}	12.3	β
5	^{115}In (Ind)	5.0×10^{14}	95.7	β
6	^{138}La (Lantan)	1.1×10^{11}	0.09	β
7	^{142}Ce (Cer)	$>5 \times 10^{16}$	11.1	α
8	^{144}Nd (Neodym)	2.1×10^{15}	23.9	α
9	$^{147}\text{Sm}, ^{148}\text{Sm}, ^{149}\text{Sm}$ (Samar)	$1.1 \times 10^{11}; 8.0 \times 10^{15}; > \times 10^{16}$	15, 11.2, 13.8	α
10	^{152}Gd (Gadolin)	1.1×10^{14}	0.2	α
11	^{156}Dy (Dysproz)	2.0×10^{14}	0.06	α
12	^{176}Lu (Lutet)	2.7×10^{10}	2.6	β
13	^{174}Hf (Hafn)	2.0×10^{15}	0.17	α
14	^{180}Ta (Tantal)	$>5 \times 10^{13}$	0.012	β
15	^{190}Pt (Platyna)	7.0×10^{11}	0.013	α
16	^{204}Pb (Ołów)	1.4×10^{17}	1.48	α

RADIONUKLIDY POCHODZENIA ZIEMSKIEGO WYSTĘPUJACE POJEDYŃCZO

Charakterystyka Potasu K-40 i Rubidu Rb-89

Charakterystyka	⁴⁰ K (Potas)	⁸⁷ Rb (Rubid)
T_{1/2} (lata)	1.3×10 ⁹	4.8×10 ¹⁰
Zawartość w pierwiastku naturalnym	0.012	27.83
Rodzaj promieniowani i energia, Mev	β 1.33 γ 1.46	β 0.274
Zawartość pierwiastka w człowieku standardowym	140 g	1.19 g
Zawartość radionuklidu w człowieku standardowym	4440 Bq	1000 Bq
Efektywny równoważnik dawki od skażeń wewnętrznych	180 μSv/rok (64% 280 μSv/rok)	6 μSv/rok
Efektywny równoważnik dawki od ekspozycji zewnętrznej	120 μSv/rok (27% 450 μSv/rok)	

RADIONUKLIDY POCHODZENIA ZIEMSKIEGO TWORZĄCE SZEREGI PROMIENIOTWÓRCZE

URANOWY

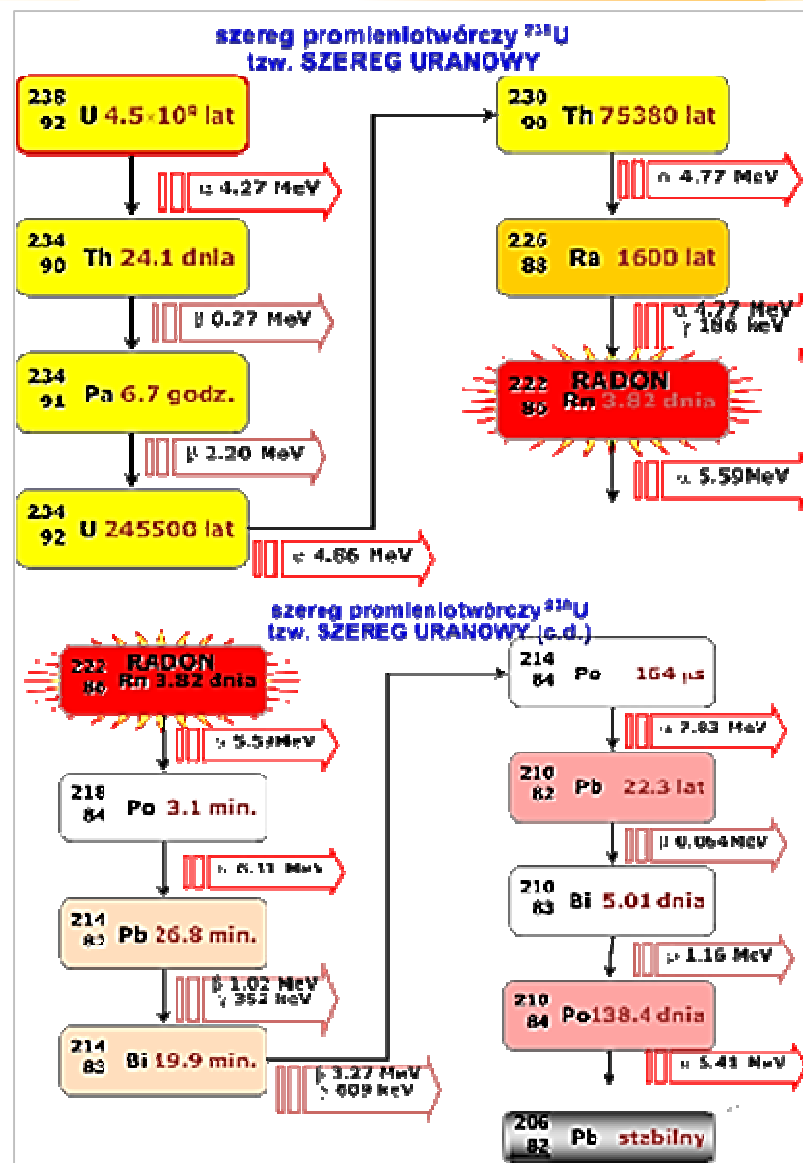
**rozpoczyna się rozpadem alfa uranu ^{238}U
a kończy na stabilnym ołowiu ^{206}Pb**

łącznie 18 nuklidów

najważniejsze to:

^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{210}Po , ^{210}Pb

SZEREG PROMIENIOTWÓRCZY ^{238}U



RADIONUKLIDY POCHODZENIA ZIEMSKIEGO TWORZĄCE SZEREGI PROMIENIOTWÓRCZE

TOROWY

**rozpoczyna się rozpadem alfa toru ^{232}Th
a kończy na stabilnym ołowiu ^{208}Pb**

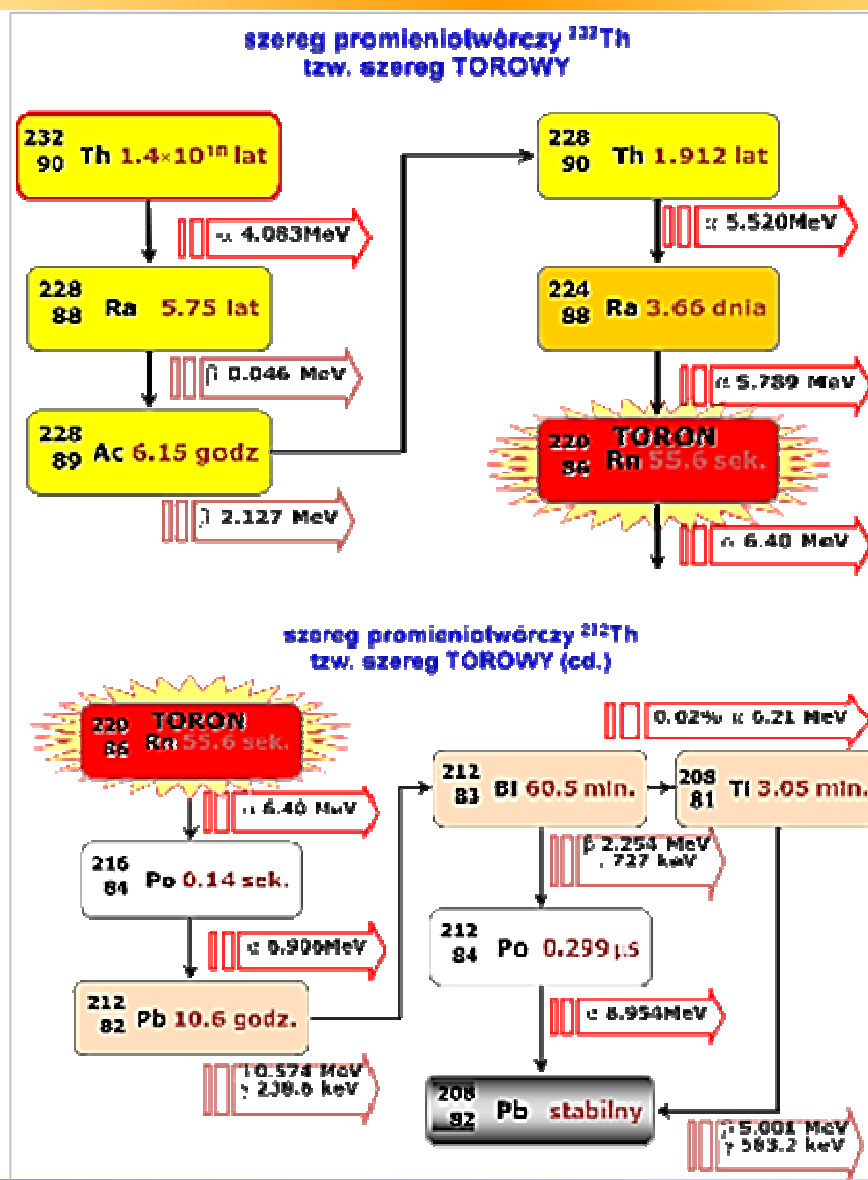
łącznie 12 nuklidów

najważniejsze to:

^{232}Th , ^{228}Th , ^{228}Ra , ^{220}Rn



SZEREG PROMIENIOTWÓRCZY ^{232}Th



RADIONUKLIDY POCHODZENIA ZIEMSKIEGO TWORZĄCE SZEREGI PROMIENIOTWÓRCZE

AKTYNOWY

**rozpoczyna się rozpadem alfa uranu ^{235}U
a kończy na stabilnym ołowiu ^{207}Pb**

łącznie 15 nuklidów

najważniejsze to:

^{235}U , ^{231}Pa , ^{223}Ra



RADIONUKLIDY NATURALNE

PRZYKŁADY RADIONUKLIDÓW WYSTĘPUJĄCYCH NATURALNIE NA ZIEMI

Pierwiastek promieniotwórczy	$T_{1/2}$	aktywność
^{235}U	$7,04 \times 10^8$ lat	(0,72%)
^{238}U	$4,47 \times 10^9$ lat	(99,2745%) kilka ppm w skałach
^{232}Th	$1,41 \times 10^{10}$ lat	ok. 10 ppm w skorupie ziemskiej
^{226}Ra	$1,60 \times 10^3$ lat	16 – 48 Bq/kg w skałach
^{222}Rn	3,82 dni	$\sim 1 - 10$ Bq/m ³ w powietrzu
^{40}K	$1,28 \times 10^9$ lat	do 1 Bq/g w glebach

Niektóre inne radionuklidy: ^{50}V , ^{87}Rb , ^{113}Cd , ^{115}In , ^{123}Te , ^{138}La , ^{142}Ce , ^{144}Nd , ^{147}Sm , ^{152}Gd , ^{174}Hf , ^{176}Lu , ^{187}Re , ^{190}Pt , ^{192}Pt , ^{209}Bi .



RADIONUKLIDY NATURALNE

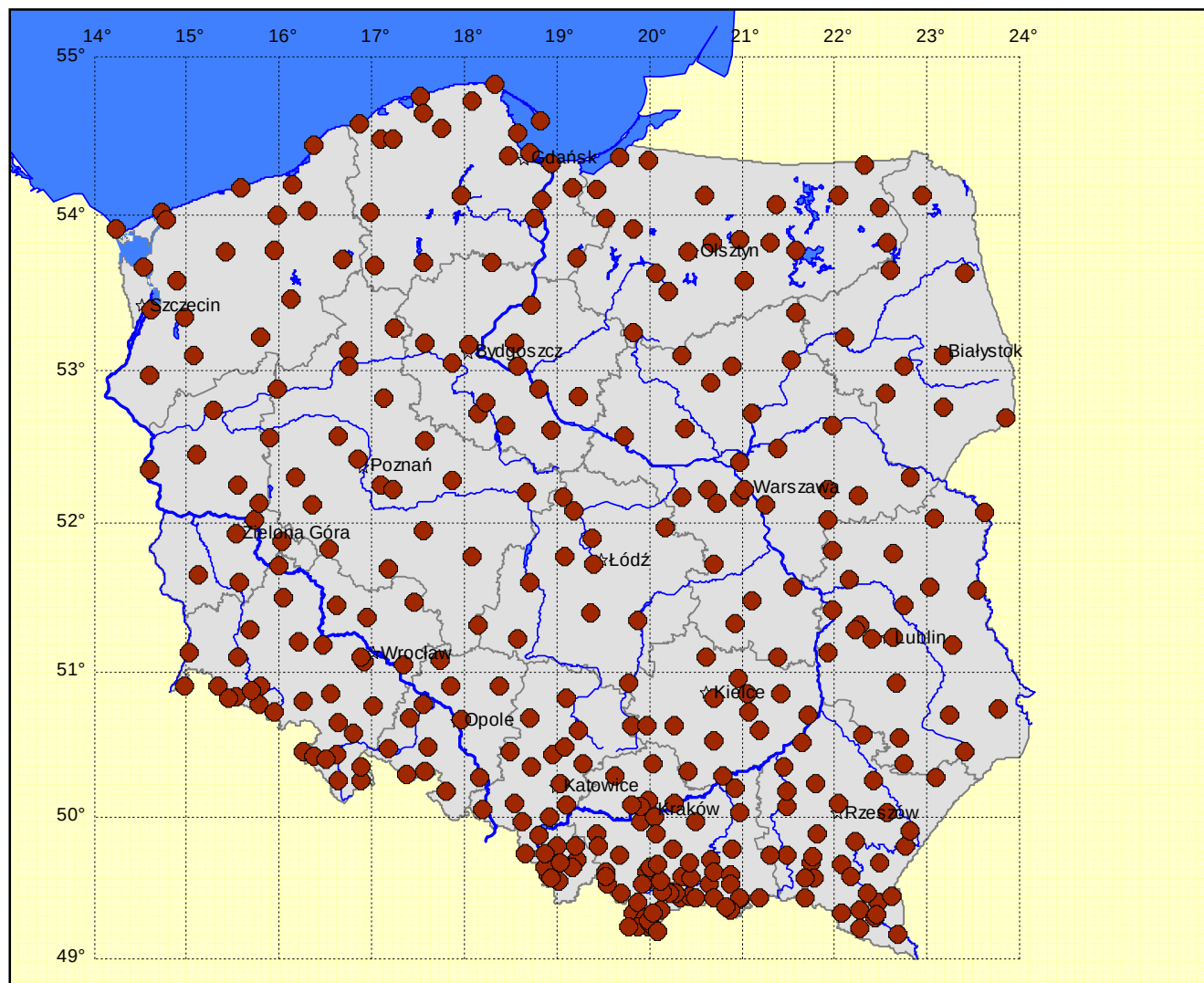
PIERWIASTKI PROMIENIOTWÓRCZE W SKORUPIE ZIEMI

Pierwiastek Promieniotwórczy	Aktywność właściwa [Bq/g]	Aktywność właściwa skorupy ziemskiej [Bq/t]
^{40}K	$2,6 \cdot 10^5$	$7,3 \cdot 10^5$
^{87}Rb	$3,2 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^5$
^{232}Th	$4,1 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^4$
^{235}U	$8,0 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^3$
^{238}U	$1,2 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4$

Prof. dr hab..Tadeusz Hilczer Energetyka Jądrowa



BADANIE GLEBY (Punkty poboru gleby w Polsce)



**STĘŻENIA NATURALNYCH IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH
W 10 cm WARSTWIE GLEBY [Bq·kg⁻¹]
(wartości średnie i zakres w 2012)**

RADIONUKLID	ŚREDNIA	ZAKRES
K-40 (Potas)	372	29 ÷ 1049
Ra-226 (Rad)	24.1	5.2 ÷ 93.3
Ac-228 (Aktyn)	22.0	3.6 ÷ 74.3

STĘŻENIA PROMIENIOTWÓRCZEGO CEZU

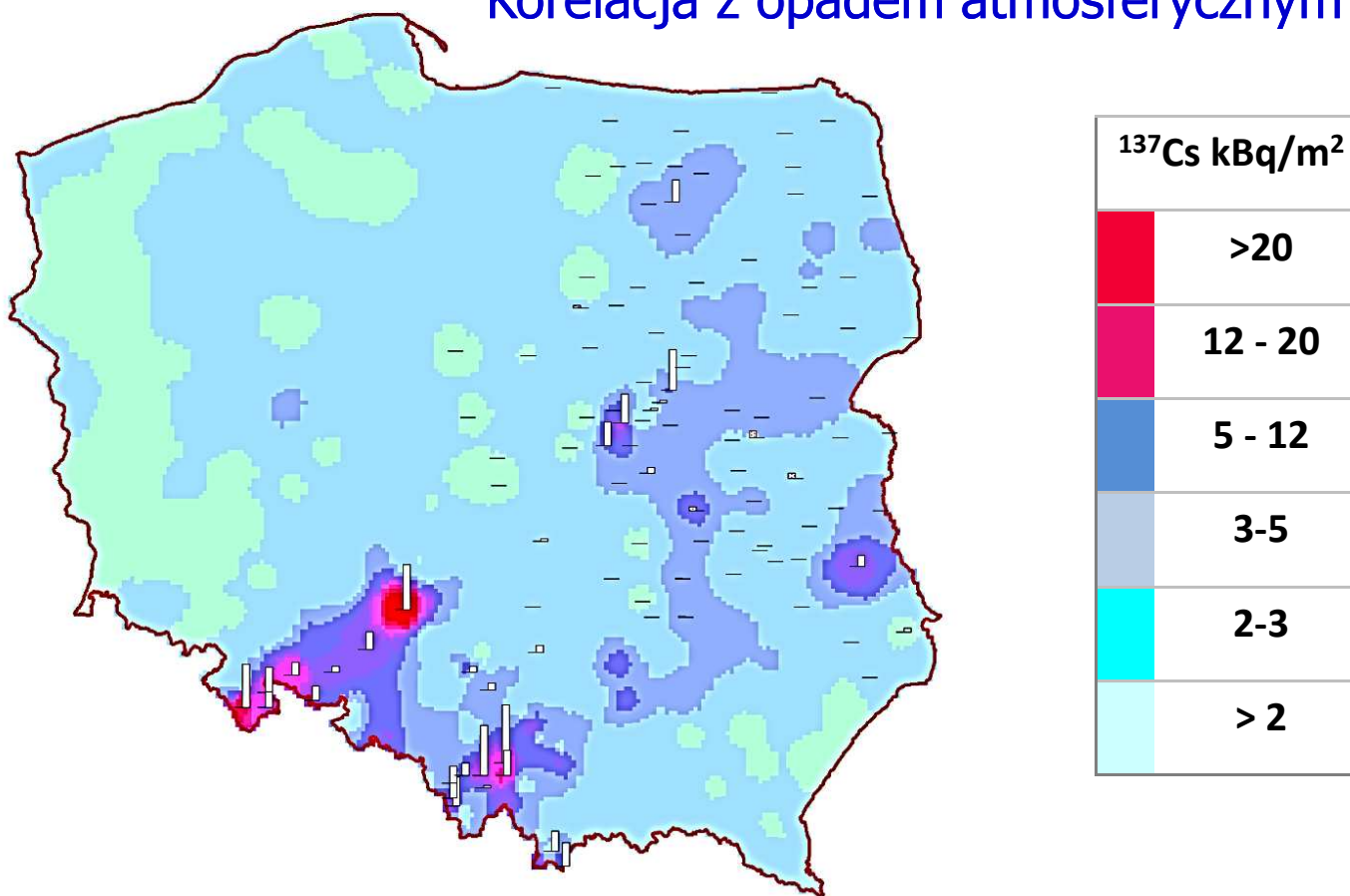
Cs-134 i Cs-137

w 10 cm warstwie gleby [kBq·m²]

(wartości średnie i zakres)

ROK	Cs-134 ($T_{1/2}$ 2.065 lat)	Cs-137 ($T_{1/2}$ 30.07 lat)
1988	0.99 (0.03 ÷ 20.1)	4.7 (0.21 ÷ 81.0)
1989	0.72 (0.04 ÷ 9.0)	4.7 (0.74 ÷ 57.8)
1990	0.51 (0.02 ÷ 6.8)	4.7 (0.76 ÷ 54.5)
1992	0.25 (0.01 ÷ 3.4)	4.2 (0.51 ÷ 49.9)
1996	<0.1 (<0.1 ÷ 1.3)	3.7 (0.31 ÷ 37.6)
1998	<Limit detekcji	3.5 (0.41 ÷ 34.7)
2003	<Limit detekcji	3.2 (0.2 ÷ 34.3)
.....		
2012	<Limit detekcji	≈2.5 (0.2 ÷ 30.1)

MAPA STĘŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZEGO CEZU Cs-137 w 10 cm warstwie gleby [kBq·m²] Korelacja z opadem atmosferycznym



MONITORING RADIOLOGICZNY

pomiar mocy dawki

Jednostki

Od 1986 r w związku z wprowadzeniem w krajach unii europejskiej jednolitego systemu SI, moc dawki w powietrzu (1 metr nad gruntem) określa się za pomocą wielkości mocy kermy w jednostkach ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$).

Moc dawki ekspozycyjnej można przeliczyć na kermę:

$$1 \mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1} = 8,764 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$$

nazwa "kerma" pochodzi od terminu „kinetic energy released in matter”

Kerma (K).

Iloraz dE_{tr} przez dm , gdzie dE_{tr} jest sumą początkowych energii kinetycznych cząstek naładowanych, uwolnionych w materiale o masie dm przez cząstki pośrednio jonizujące

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

Jednostką kermy jest grej, Gy.

zachodzi związek „odwrotny” $1 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1} = 0.114 \mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$

MONITORING RADIOLOGICZNY

pomiar mocy dawki

Jednostki

Inną wielkość operacyjną stosowaną przy ocenie dawki od zewnętrznego pola promieniowania wprowadziła Międzynarodowa Komisja Radiologiczna ds. Jednostek i Pomiarów (ICRU), jest nią przestrzenny równoważnik dawki $H^*(d)$ (***ambient dose equivalent***), definiowany jako: *równoważnik dawki w punkcie pola promieniowania, który byłby wytworzony przez odpowiednie pole rozciągnięte i zorientowane w kuli ICRU na głębokości d , na promieniu przeciwnym do kierunku tego pola. Jednostką specjalną przestrzennego równoważnika dawki jest siwert (Sv). Dla silnie przenikliwego promieniowania np. prom. gamma przyjmuje się głębokość 10 mm.*

MONITORING RADIOLOGICZNY

pomiar mocy dawki

Jednostki

Dla izotropowego promieniowania i **typowego promieniowania ziemskiego** stosunek efektywnego równoważnika dawki do przestrzennego równoważnika dawki wynosi **ICRU 39 (1985)**.

$$\frac{H_E}{H^*(10)} = 0.6$$

natomiast stosunek efektywnego równoważnika dawki do dawki pochłoniętej w powietrzu wyrażonej w kremie wynosi: **Clark M.J. et al (1993)**:

$$\frac{H_E}{K_a} = 0.86$$

MONITORING RADIOLOGICZNY

pomiar mocy dawki

MOC DAWKI PROMIENIOWANIA GAMMA W POLSCE

PLACÓWKA	MIEJSCOWOŚĆ	ŚREDNIA ROCZNA nSv/h	ZKRES ŚREDNICH DOBOWYCH nSv/h
PLACOWKI ALARMOWE PMS	Warszawa	75	70 -78
	Gdynia	77	61-87
	Mikołajki	88	78-96
	Poznań	61	61-70
	Świnoujście	56	52-61
	Legnica	80	78-87
	Włodawa	70	61-78
	Zakopane	97	87-104
	Lesko	90	78-96

MONITORING RADIOLOGICZNY

pomiar mocy dawki

MOC DAWKI PROMIENIOWANIA GAMMA W POLSCE

PLACÓWKA	MIEJSCOWOŚĆ	ŚREDNIA ROCZNA nGy/h	ZKRES ŚREDNICH DOBOWYCH nGy/h
PLACÓWKI WOJSKOWE	Warszawa	78	52-182
	Szczecin	87	61-191
	Ustka	88	61-165
	Gdynia	87	43-182
	Bydgoszcz	78	61-191
	Olsztyn	87	70-156
	Wrocław	78	52-191
	Lublin	87	61-191
	Kraków	96	61-156
	Rzeszów	78	43-182

MONITORING RADIOLOGICZNY

pomiar mocy dawki

MOC DAWKI PROMIENIOWANIA GAMMA W POLSCE

PLACÓWKA	MIEJSCOWOŚĆ	ŚREDNIA ROCZNA nGy/h	ZKRES ŚREDNICH DOBOWYCH nGy/h
PLACÓWKI SIECI CIĄGŁEGO MONITORINGU IMGW	Białystok	87	76-107
	Gdynia	104	98-110
	Koszalin	83	77-92
	Kraków	107	91-120
	Lublin	107	89-115
	Olsztyn	81	75-89
	Sanok	85	72-97
	Szczecin	96	91-112
	Warszawa	79	63-95
	Wrocław	86	78-97
	Zielona Góra	78	75-88

MONITORING RADIOLOGICZNY

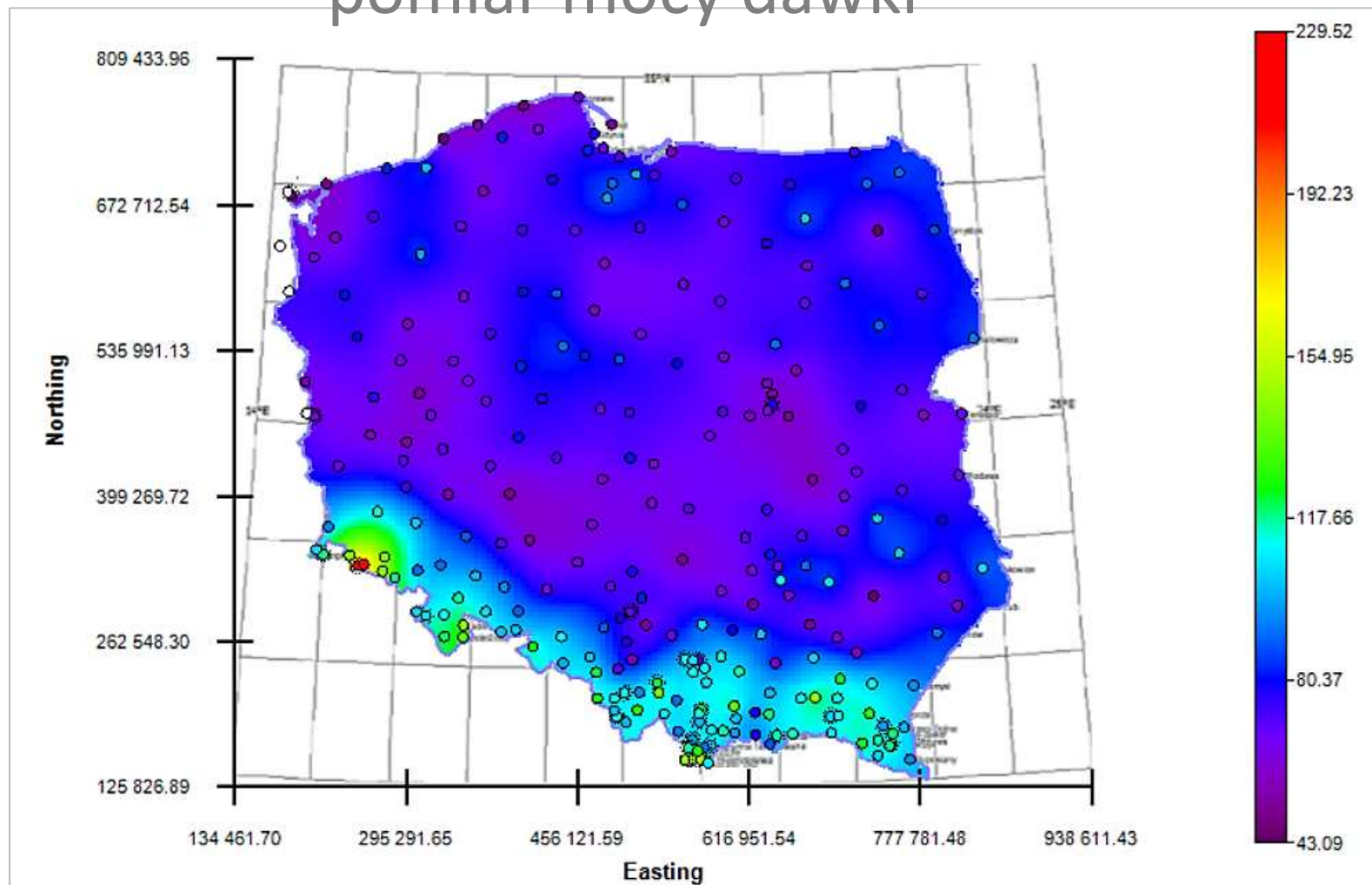
pomiar mocy dawki

MOC DAWKI PROMIENIOWANIA GAMMA W POLSCE

$$84 \text{ nSv/godz.} \times 8760 \text{ godzin/rok} = 740 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$$

MONITORING RADIOLOGICZNY pomiar mocy dawki

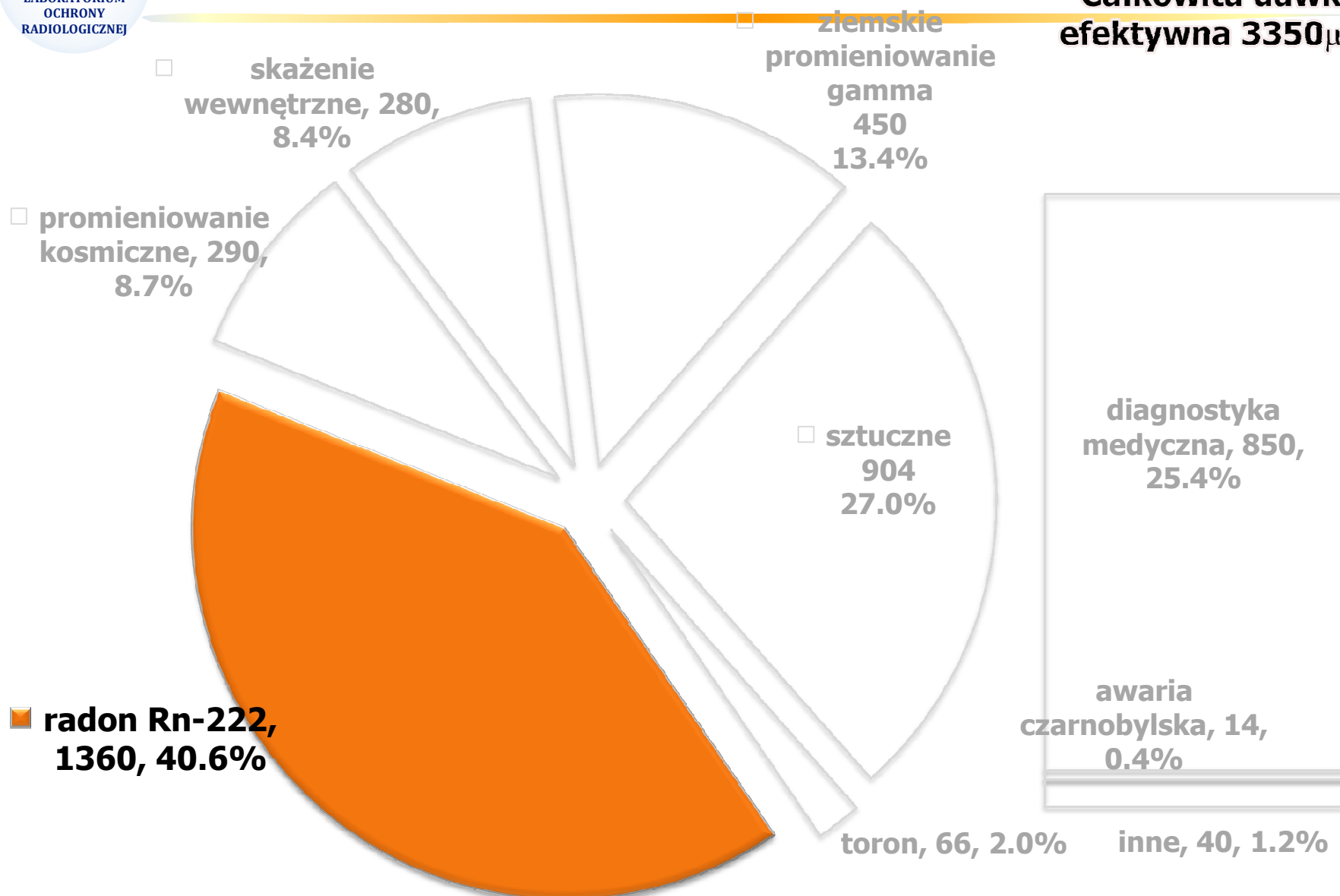
Odzworowanie
 ETRS89/CS92
 [EPSG:2180]



Interpolacja $H^(10)$ algorytmem kriginu z wagami wariogramu eksponencjalnego*

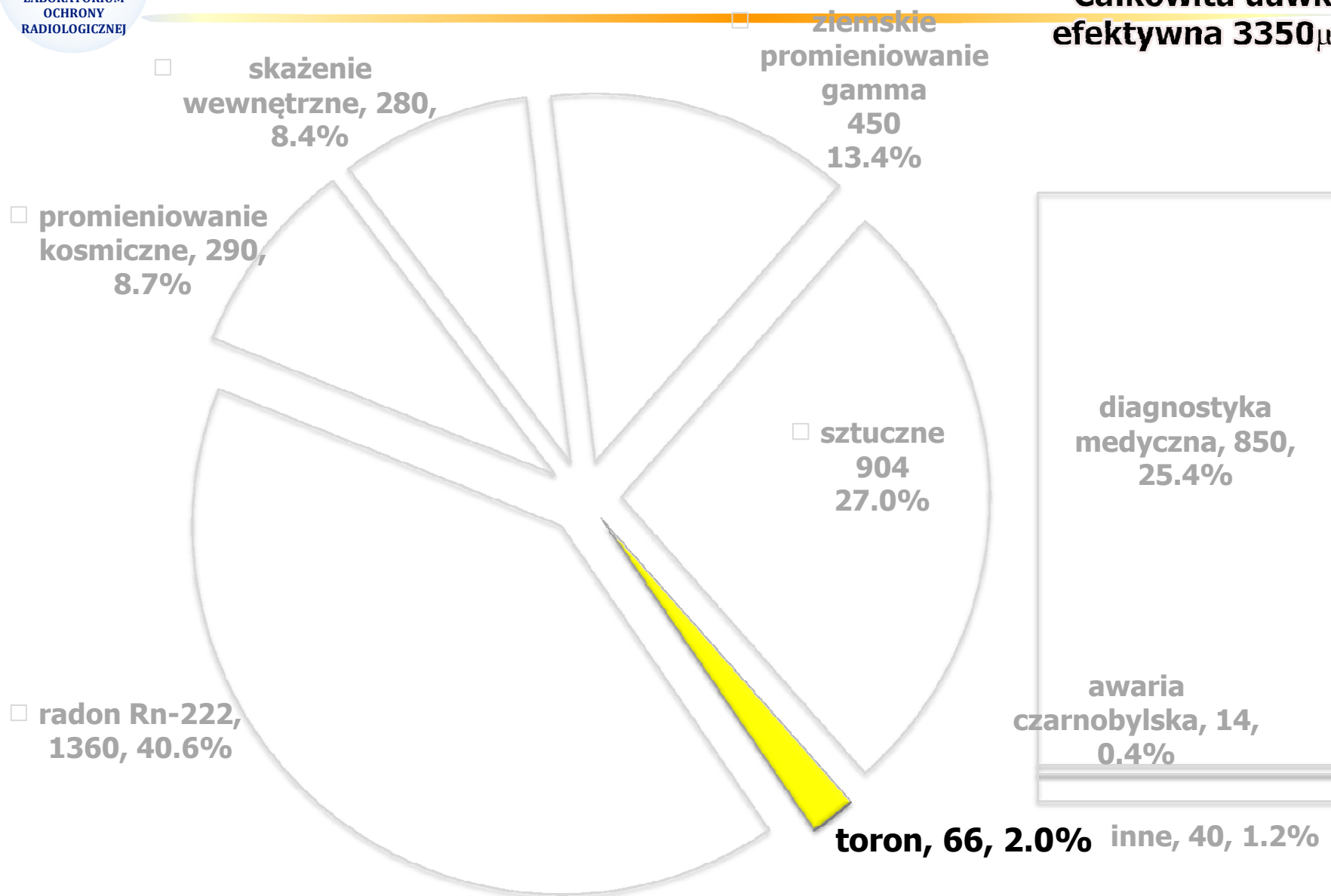
Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

Całkowita dawka efektywna 3350 μ Sv

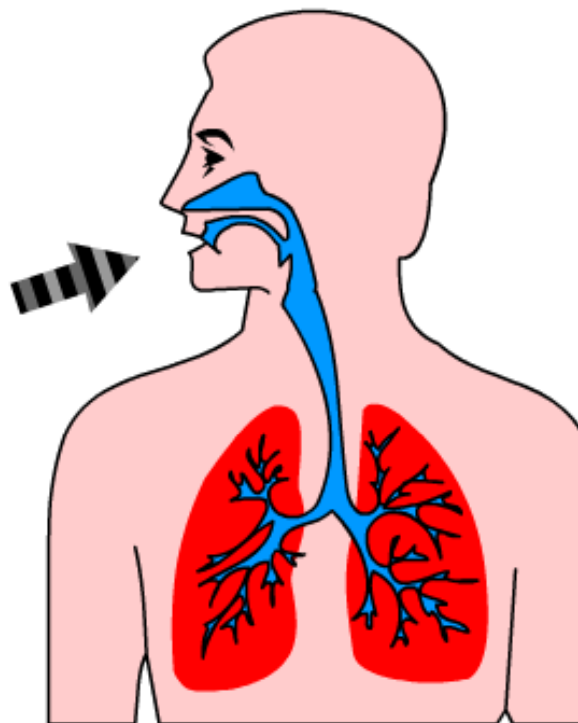


Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

Całkowita dawka efektywna 3350 μ Sv

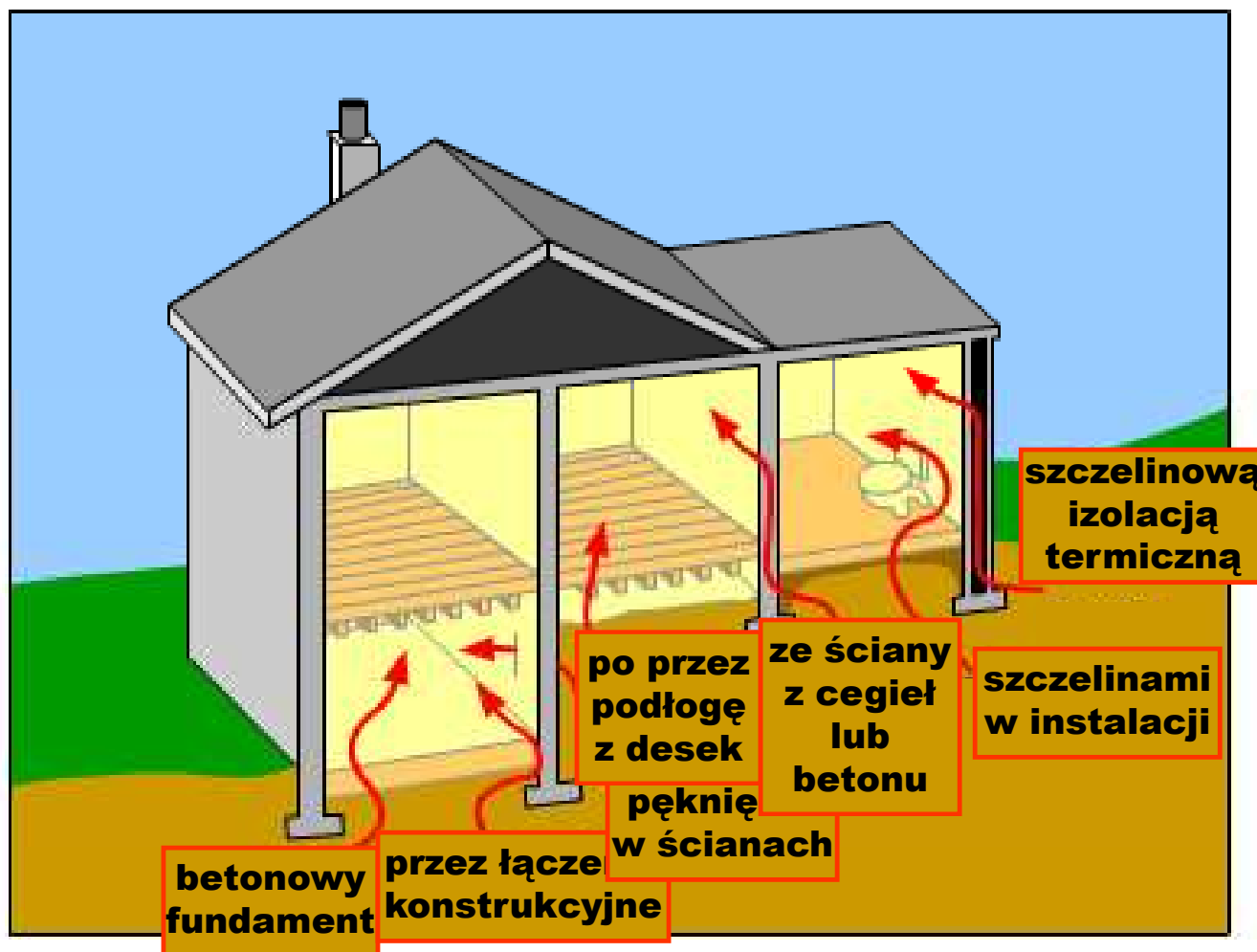


NARAŻENIE CZŁOWIEKA NA NAPROMIENIENIE UKŁADU ODDECHOWEGO RADONEM I PRODUKTAMI ROZPADU RADONU



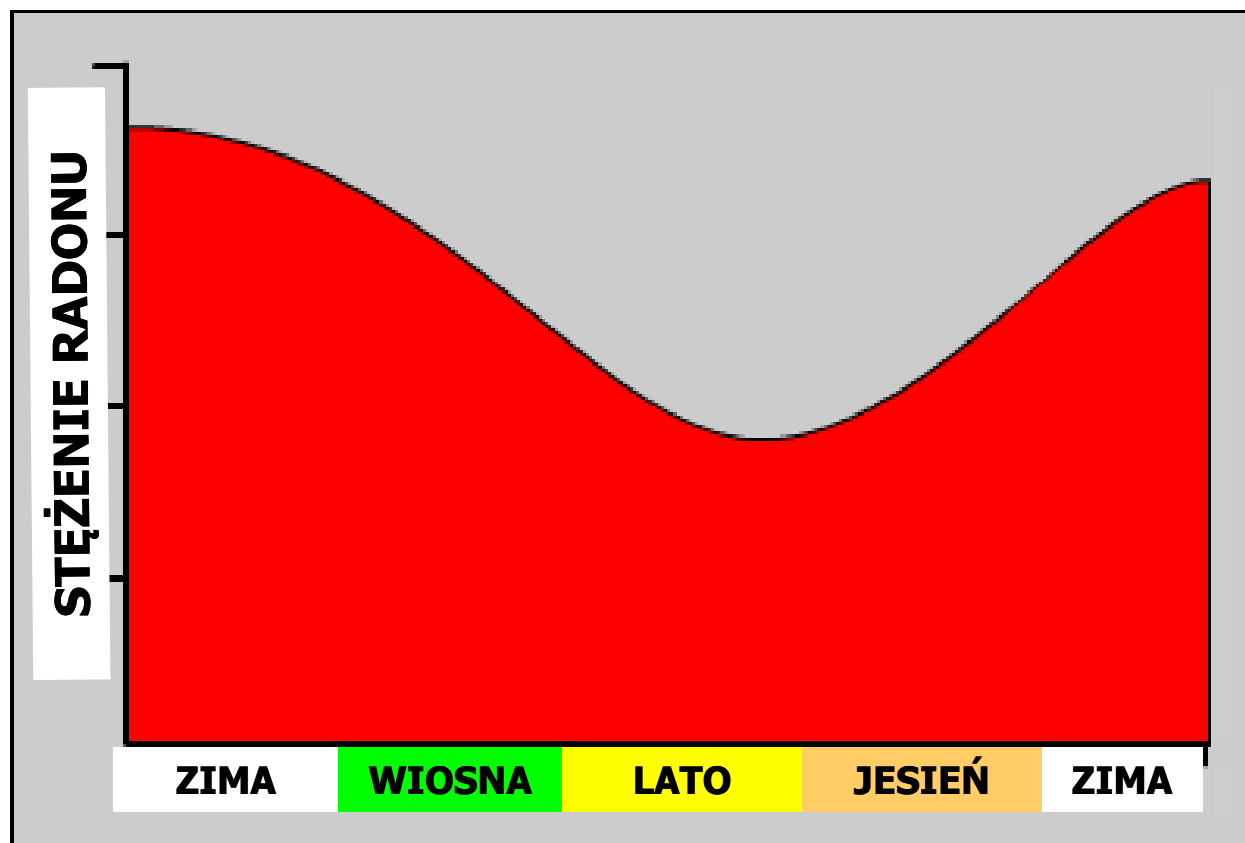
NARAŻENIE CZŁOWIEKA NA NAPROMIENIENIE UKŁADU ODDECHOWEGO RADONEM I PRODUKTAMI ROZPADU RADONU

Radon może przedostawać się do wnętrza
pomieszczeń różnymi drogami



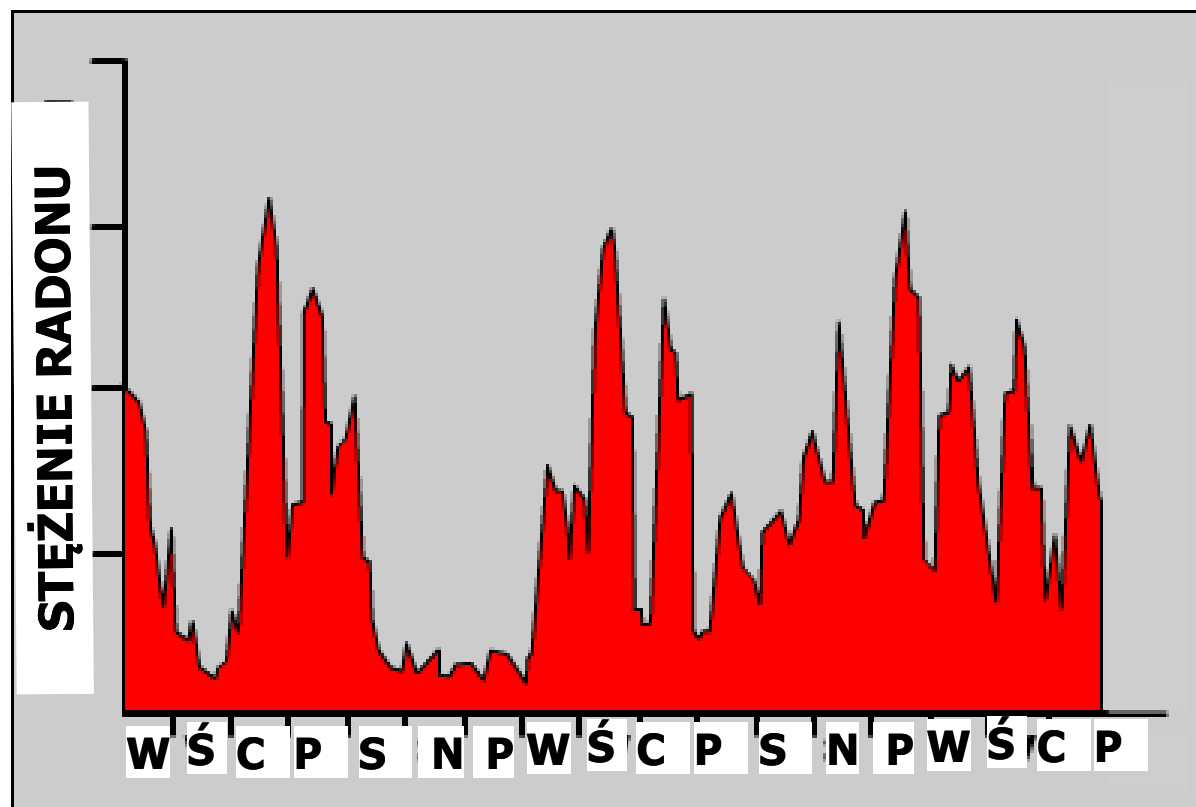
NARAŻENIE CZŁOWIEKA NA NAPROMIENIENIE UKŁADU ODDECHOWEGO RADONEM I PRODUKTAMI ROZPADU RADONU

STĘŻENIE RADONU W POMIESZCZENIU ZMIENIA SIĘ W ZALEŻNOŚCI OD PORY ROKU



NARAŻENIE CZŁOWIEKA NA NAPROMIENIENIE UKŁADU ODDECHOWEGO RADONEM I PRODUKTAMI ROZPADU RADONU

DZIENNE ZMIANY STĘŻENIE RADONU W POMIESZCZENIU



NARAŻENIE CZŁOWIEKA NA NAPROMIENIENIE UKŁADU ODDECHOWEGO RADONEM I PRODUKTAMI ROZPADU RADONU

Średnie stężenie radonu w budynkach 49 Bq/m³
3302 pomiary w całej Polsce

Średnie stężenie radonu w powietrzu 6.5 Bq/m³
4.5 – 8.9 Bq/m³

NARAŻENIE CZŁOWIEKA NA NAPROMIENIENIE UKŁADU ODDECHOWEGO RADONEM I PRODUKTAMI ROZPADU RADONU

DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM
z dnia 5 grudnia 2013 r.

ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu
ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na
działanie promieniowania jonizującego oraz uchylająca dyrektywy
89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom,
97/43/Euratom i 2003/122/Euratom

DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM z dnia 5 grudnia 2013 r.

Rozdział VI Narażenie zawodowe

Artykuł 54

Radon w miejscach pracy

1. Państwa członkowskie ustanawiają krajowe poziomy referencyjne dla stężeń radonu w miejscach pracy wewnątrz pomieszczeń. Poziomy referencyjne nie mogą przekraczać 300 Bq m^{-3} średniego rocznego stężenia radonu w powietrzu, chyba że jest to zagwarantowane z uwagi na panujące warunki krajowe.

DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM z dnia 5 grudnia 2013 r.

Rozdział VIII Narażenie ludności

Artykuł 74

Narażenie na radon w pomieszczeniach

1. Państwa członkowskie ustanawiają krajowe poziomy referencyjne dla stężeń radonu w pomieszczeniach. Poziomy referencyjne dla średniego rocznego stężenia promieniotwórczości radonu w powietrzu nie mogą być wyższe niż 300 Bq m^{-3} .
2. W ramach krajowego planu działania, o którym mowa w art. 103, państwa członkowskie propagują działania mające na celu zidentyfikowanie budynków mieszkalnych, w których stężenie radonu (jako średnia roczna) przekracza poziom referencyjny, i zachęcają, w stosownych przypadkach za pomocą środków technicznych lub finansowych, do wprowadzania w tych budynkach środków służących ograniczeniu stężenia radonu.

DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM z dnia 5 grudnia 2013 r.

Rozdział VIII Narażenie ludności

Artykuł 75

Promieniowanie gamma pochodzące z materiałów budowlanych

1. Poziom referencyjny stosowany w pomieszczeniach do narażenia zewnętrznego na promieniowanie gamma emitowane przez materiały budowlane, oprócz narażenia zewnętrznego poza pomieszczeniami, wynosi 1 mSv rocznie.

$$f_1 = \frac{S_{Ra}}{300 \text{ Bq/kg}} + \frac{S_{Th}}{200 \text{ Bq/kg}} + \frac{S_K}{3000 \text{ Bq/kg}} \leq 1$$

*(≤6 materiały pokrywające:
kafelki, glazura)*

brak w polskich przepisach

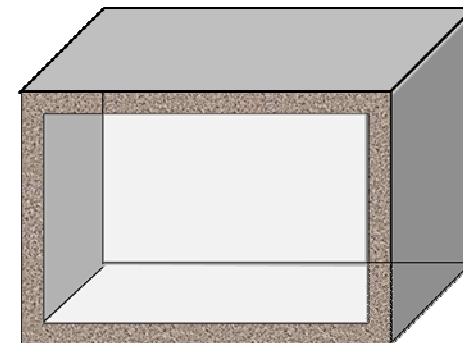
$$f_2 = S_{Ra} \leq 200 \text{ Bq / kg}$$

OCENA NARAŻENIA CZŁOWIEKA OD MATERIAŁÓW BUDOWLANÝCH – JAK POWSTAJE NORMA

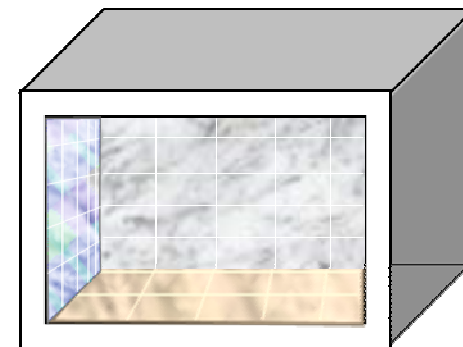
Na przykładzie normy opublikowanej w przewodniku EUROPEAN COMMISSION Radiation Protection 112 z 1999 roku.

Obliczenia na potrzeby tego przewodnika, przeprowadzono za pomocą fińskiego kodu komputerowego stworzonego w STUK (Markkanen M. 1995)

Przypadek 1:
modelowe pomieszczenie mieszkalne
zbudowane z betonu



Przypadek 2:
modelowe pomieszczenie mieszkalne
wyłożone w środku glazurą lub terakotą



NARAŻENIE CZŁOWIEKA NA NAPROMIENIENIE UKŁADU ODDECHOWEGO RADONEM I PRODUKTAMI ROZPADU RADONU

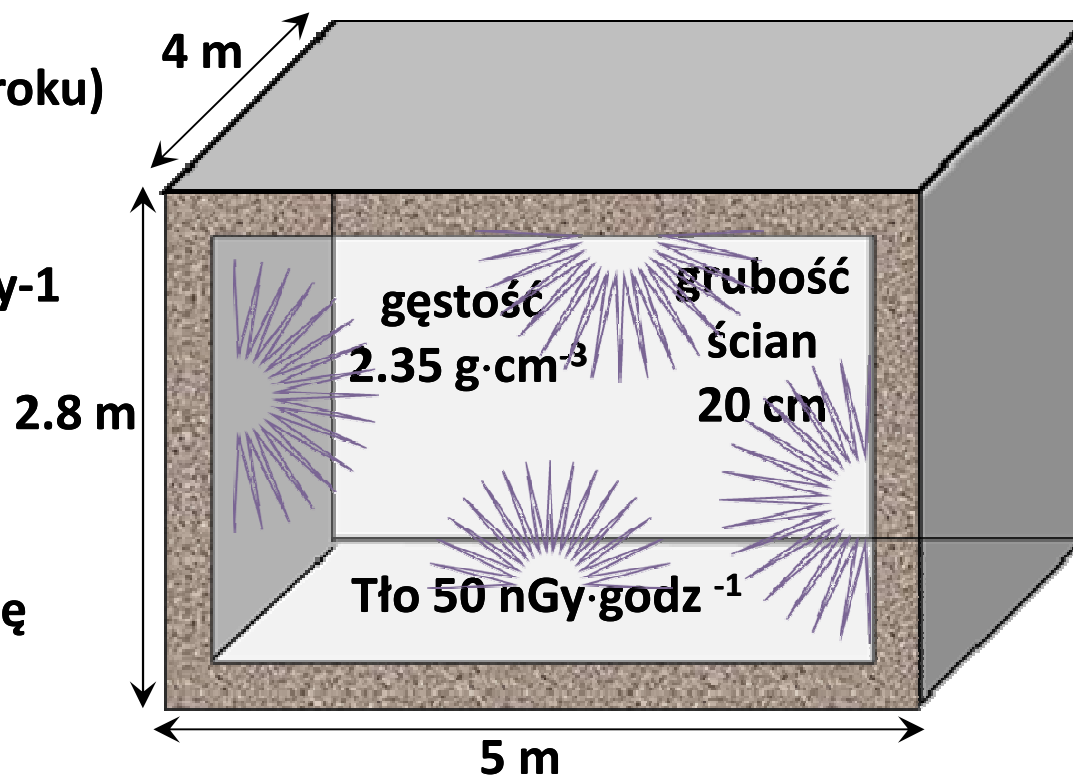
Przypadek 1: modelowe pomieszczenie mieszkalne zbudowane z betonu

Czas ekspozycji 7000 godzin (0.8 roku)

Współczynnik konwersji: 0.7 Sv Gy⁻¹

Radon ²²²Rn

Wentylacja: 1 wymiana na godzinę



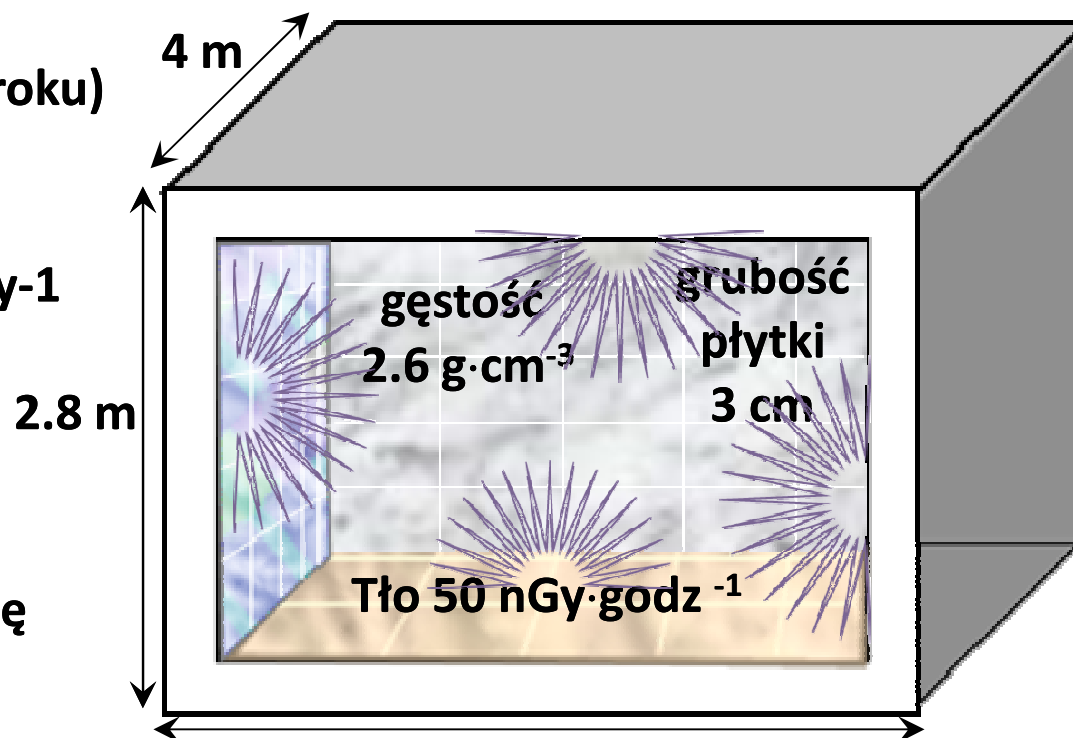
Przypadek 2: modelowe pomieszczenie mieszkalne wyłożone w środku glazurą lub terakotą

Czas ekspozycji 7000 godzin (0.8 roku)

Współczynnik konwersji: 0.7 Sv Gy⁻¹

Radon ²²²Rn

Wentylacja: 1 wymiana na godzinę



NARAŻENIE CZŁOWIEKA NA NAPROMIENIENIE UKŁADU ODDECHOWEGO RADONEM I PRODUKTAMI ROZPADU RADONU

dokładne wartości stężeń poszczególnych radionuklidów
skutkujące dawką 1 mSv rok⁻¹ od każdego radionuklidu

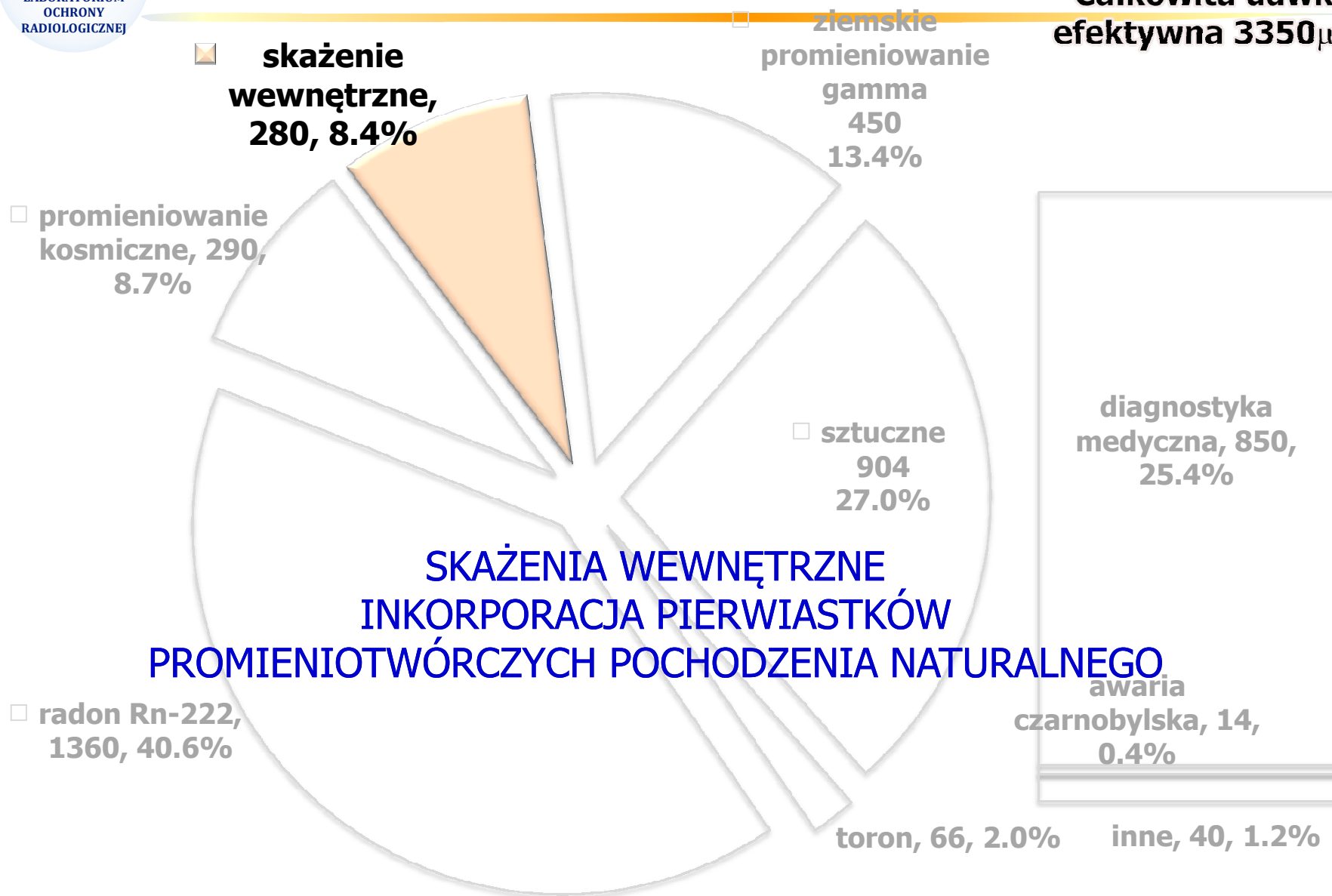
Model	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Przypadek 1: modelowe pomieszczenie mieszkalne zbudowane z betonu	276 Bq kg⁻¹	231 Bq kg⁻¹	3176 Bq kg⁻¹
Przypadek 2: modelowe pomieszczenie mieszkalne wyłożone w środku glazurą lub terakotą	1702 Bq kg⁻¹ ≅ ×6	1458 Bq kg⁻¹ ≅ ×6	21259 Bq kg⁻¹ ≅ ×6

dokładne obliczone wartości stężeń zaokrąglono do najbliższej wartości 100 otrzymując:

²²⁶Ra (276 ≅ 300 Bq kg⁻¹); ²³²Th (231 ≅ 200 Bq kg⁻¹) ⁴⁰K (3176 ≅ 3000 Bq kg⁻¹).

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

Całkowita dawka efektywna 3350 μ Sv



Średnie dzienne wniknięcia ^{226}Ra , ^{210}Pb i ^{210}Po (mBq) oraz stosunek $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ dla niektórych obszarów Polski

miejsce	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$
Suwałki	61	102	68	0.7
Warszawa	49	139	123	0.8
Słupsk	51	114	174	1.5
Białystok	52	148	128	0.9
Nowe Miasto	55	124	111	0.9
Średnia	52	124	120	~ 1
Roczne wniknięcia w Bq	19	45	44	

NARAŻENIE WEWNĘTRZNE CZŁOWIEKA OD RADIONUKLIDÓW WNIKAJĄCYCH DO ORGANIZMU Z POŻYWNIEM

ŚREDNIE ROCZNE WNIKNIĘCIA IZOTOPÓW URANU I TORU ORAZ
 ^{226}Ra , ^{210}Pb i ^{210}Po W POLSCE I W INNYCH KRAJACH [$\text{Bq}\cdot\text{rok}^{-1}$]

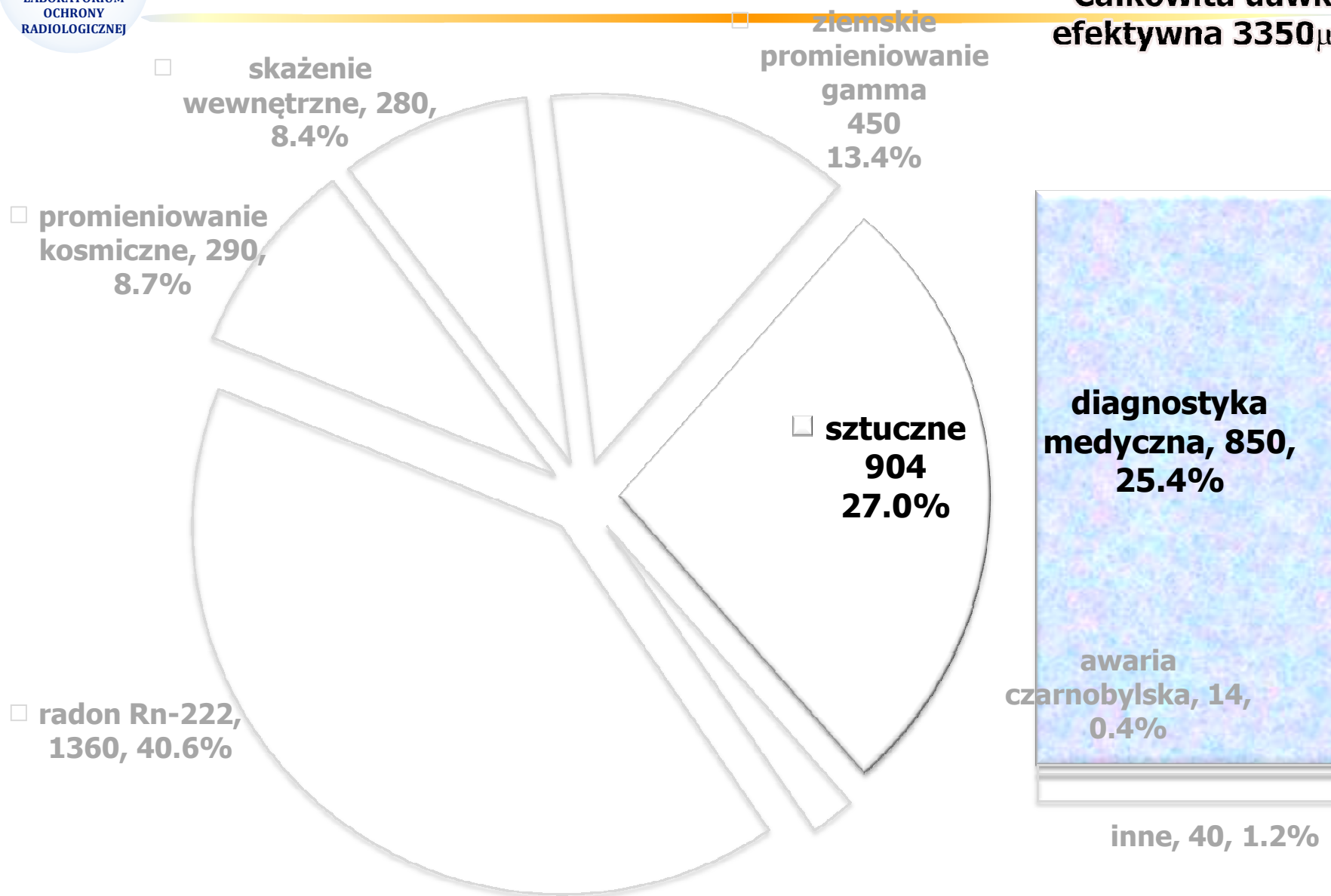
KRAJ	^{238}U	^{234}U	^{230}Th	^{232}Th	^{228}Th	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po
Polska	6.12	8.37	2.47	1.09	4.92	18.7	43.4	44.0
USA, New York	5.81	6.68	2.28	1.52		18.9		
USA, Chicago						29.2	21.9	25.6
Włochy						18.9		
Japonia	5.66			0.81		9.13	73.1	219
UK						10.9	30.0	28.5
Portugalia							172	438
UNSCEAR	5.7	5.7	3	1.7	3.0	15	36	63

ROCZNE DAWKI SKUTECZNE OD WNIKNIĘĆ NATURALNYCH RADIONUKLIDÓW W POLSCE [μSv]

$^{238}, ^{234}\text{U}$	$^{232}, ^{232}, ^{228}\text{Th}$	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	SUMA	^{40}K	DAWKA CAŁKOWITA
0.70	1.12	5.24	30.4	52.8	90	180	270

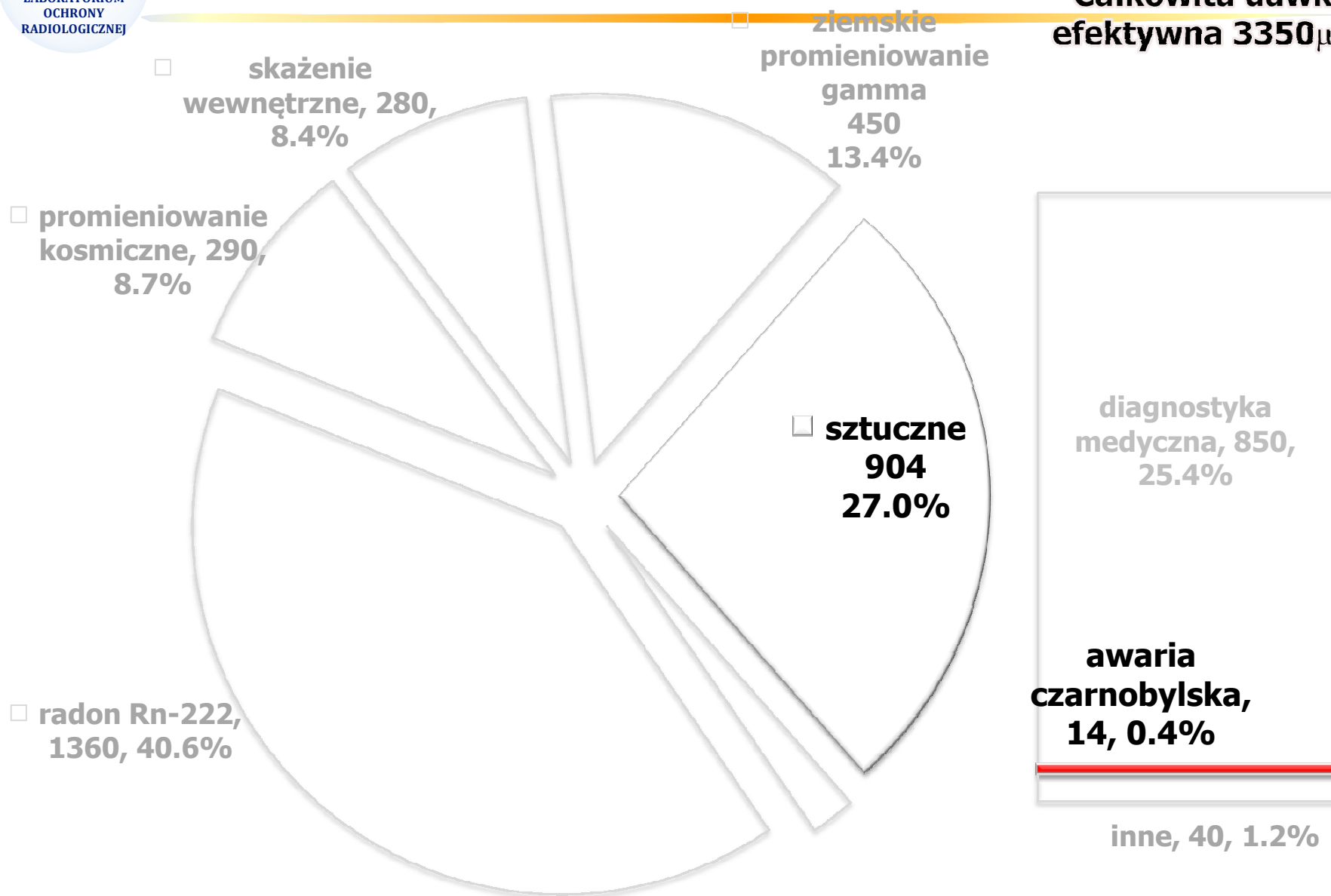
Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

Całkowita dawka efektywna 3350 μ Sv



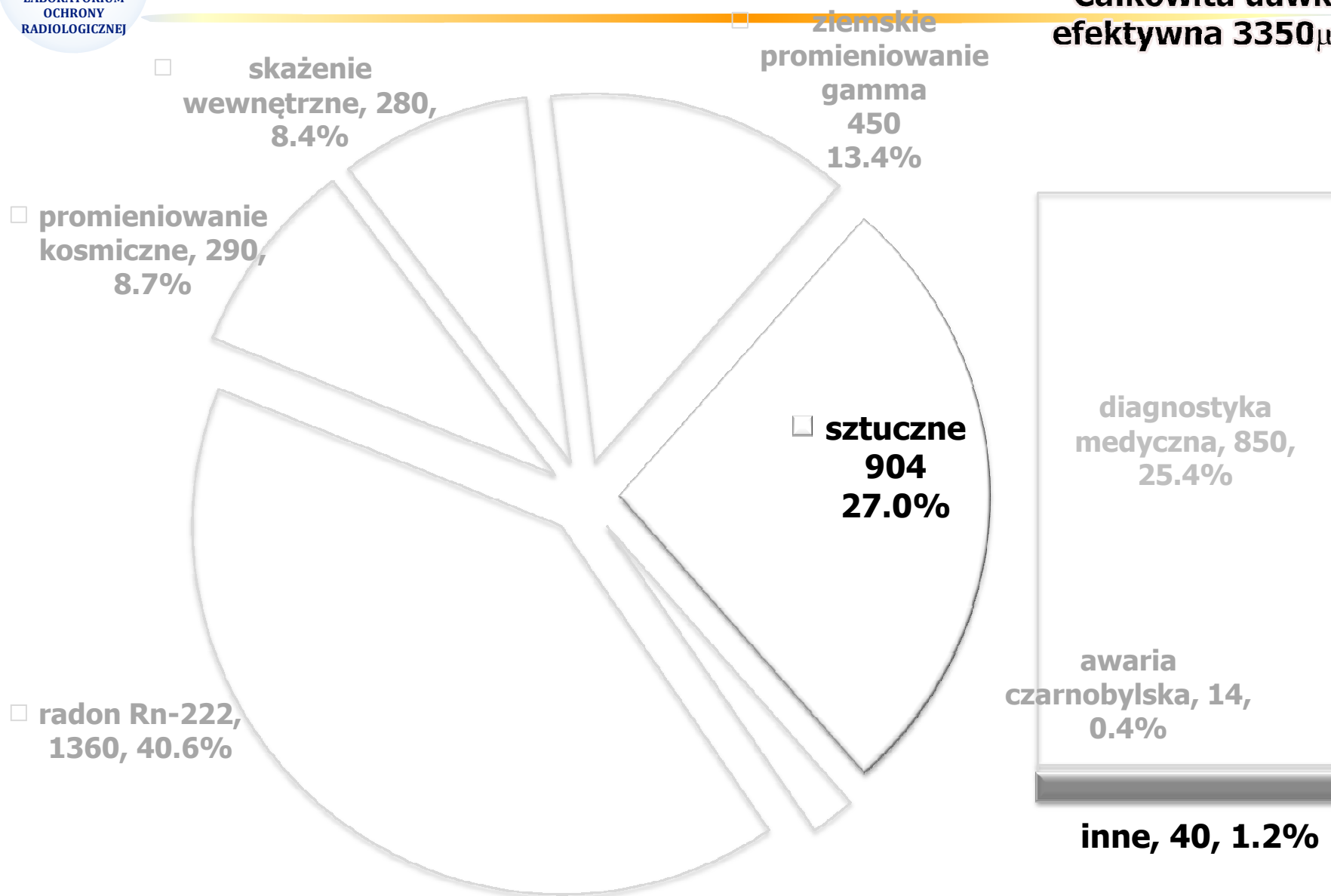
Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

Całkowita dawka efektywna 3350 μ Sv

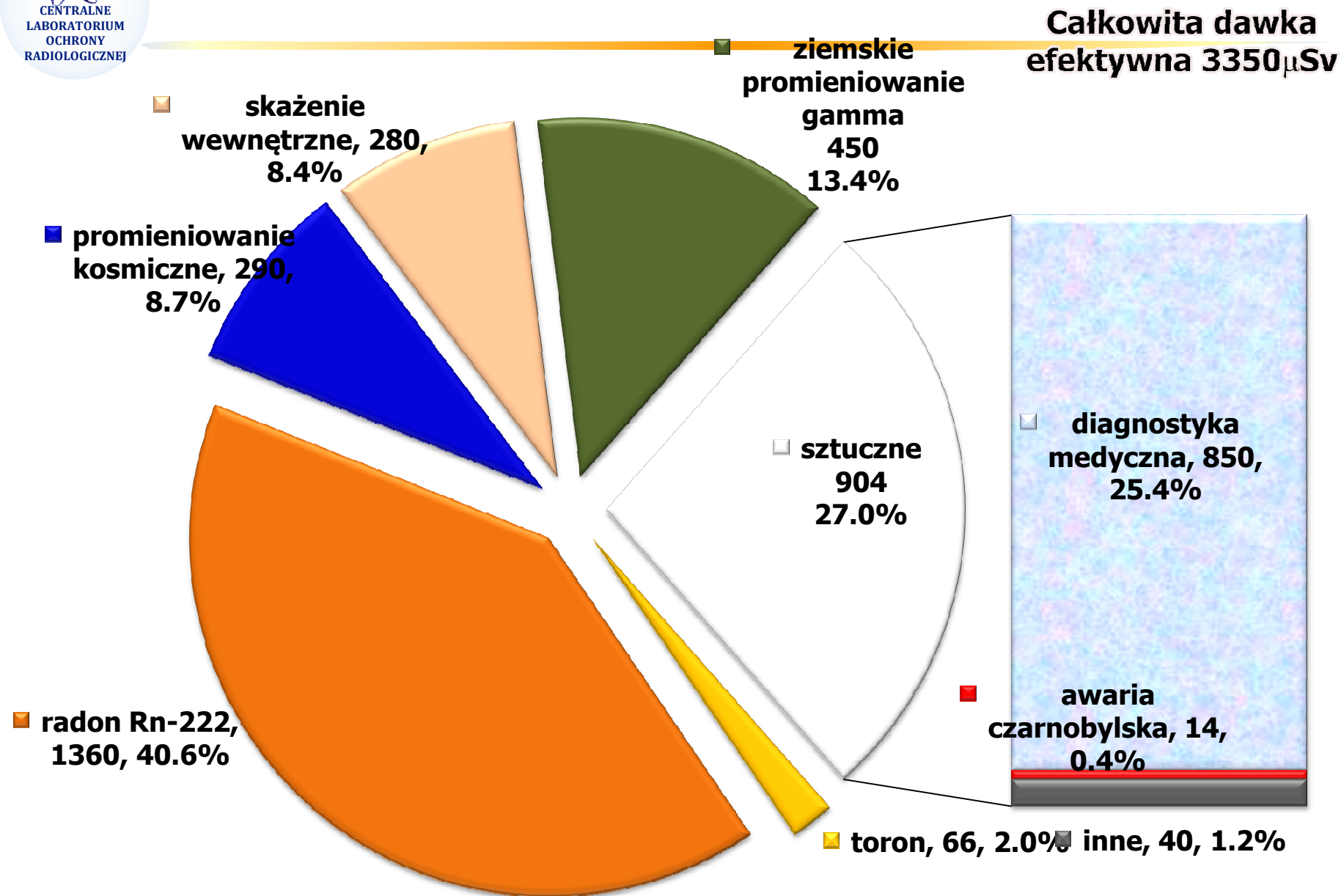


Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

Całkowita dawka efektywna 3350 μ Sv



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce efektywnej statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.



ŹRÓDŁA UWOLNIEŃ DO ŚRODOWISKA

1. WYBUCHY JĄDROWE
2. ELEKTROWNIE JĄDROWE
 - NORMALNA EXPLOATACJA
 - AWARIE JĄDROWE
3. PRZERÓB PALIWA JĄDROWEGO
4. ZAKŁADY STOSUJĄCE RADIONUKLIDY DO CELÓW MEDYCZNYCH, BADAŃ NAUKOWYCH
5. ARTYKUŁY CODZIENNEGO UŻYTKU

RADIONUKLIDY SZTUCZNEGO POCHODZENIA

WAŻNIEJSZE SZTUCZNE RADIONUKLIDY

RADIONUKLID	OKRES POŁOWICZNEGO ZANIKU	RADIONUKLID	OKRES POŁOWICZNEGO ZANIKU
I-131 (jod)	8.05 d	Ru-106	369 d
Sr-89 (stront)	50.5 d	Ba-140	12.8 d
Sr-90 (stront)	28 lat	Ce-144	284 d
Cs-137 (cez)	30 lat	Pu-239*	24000 lat
Cs-134 (cez)	2.06 lat		

***Produkt aktywacji**

PRÓBNE WYBUCHY JADROWE

ZSRR Nowa Ziemia, Arktyczna część ZSRR

USA BIKINI i Eniwetok Island na Pacyfiku, Nowy Meksyk

CHINY LapNor w zachodniej części Chin

FRANCJA Muroa na Pacyfiku

UK Wyspy Bożego Narodzenia na Pacyfiku

Skażenia rejonu Czelabińskiego

Uwolnienia do Rzeki Tjeczi (1949 –1956)	2000 km ²	124 000 ludzi
---	----------------------	---------------

Awaria Kyszyńska 1957	1000 km ²	300 000 ludzi
-----------------------	----------------------	---------------

Resuspeńcja z Jeziora Karjeczy 1967	1 800 km ²	40 000
ludzi		

Próbnne wybuchy jądrowe w Ałtajskim Kraju		200 000 ludzi
---	--	---------------

RADIONUKLIDY SZTUCZNEGO POCHODZENIA

PRÓBNE WYBUCHY JADROWE (1945 – 1980) 423 testy

ZSRR (142);

USA(193);

CHINY (22);

FRANCJA (45);

UK (21)

RADIONUKLIDY SZTUCZNEGO POCHODZENIA

PRÓBNE WYBUCHY JADROWE (1945 – 1980) 423 testy

**Zdeponowana aktywność na półkuli północnej
(40° – 50° N)**

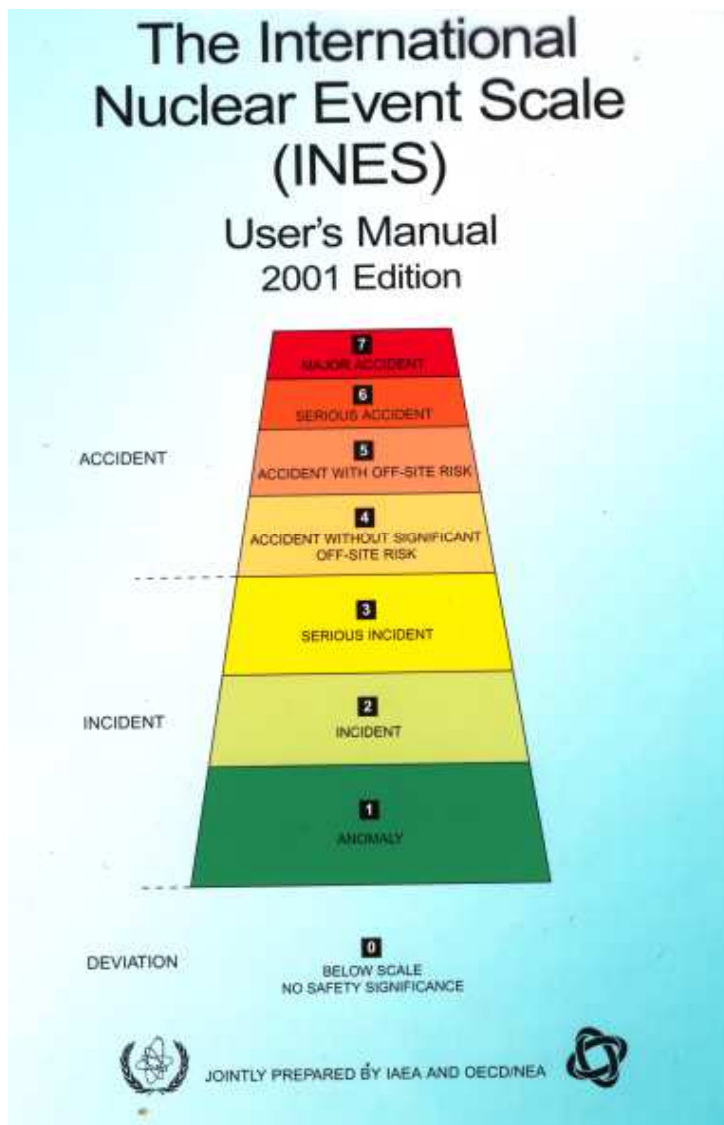
RADIONUKLID	AKTYWNOŚĆ [Bq/m²]
Sr-89	2.0×10^4
Sr-90	3.23×10^3
I-131	1.9×10^4
Cs-137	5.2×10^3
Ba-140	2.3×10^4
Pu-238	1.5
Pu-239	35
Pu-240	23
Pu-241	730
Am-241	25

RADIONUKLIDY SZTUCZNEGO POCHODZENIA

AWARIE JĄDROWE

ROK	MIEJSCOWOŚĆ	TYP REAKTORA	I-131 [Bq]	Cs-137 [Bq]
1957	Windscale UK	grafitowy chłodzony powietrzem	6×10^{14}	2.2×10^{14}
1961	Idaho Falls USA	Eksperymentalny BWR 1 MWE	2.6×10^{12}	-
1979	Three Mile Island USA	PWR 880 MWE	5.6×10^{12}	
1986	Czernobyl ZSRR	Grafitowy chłodzony wodą 1000 MWE	2.7×10^{17}	3.7×10^{16}
11 Marca 2011	the Fukushima-Daiichi JAPONIA	6 BWR 4696 MWE	$1 \div 5 \times 10^{17}$	$6 \div 20 \times 10^{15}$

RADIONUKLIDY SZTUCZNEGO POCHODZENIA



Chernobyl: **Level 7**

Three Mile Island: **Level 5**
Windscale Fire: **Level 5**

DIAGNOSTYKA MEDYCZNA

DAWKI OTRZYMANE NA PŁUCA, SZPIK KOSTNY I TARCZYCĘ OTRZYMANE PRZY ZDJĘCIACH KLATKI PIERSIOWEJ I KREGOSŁUPA PIERSIOWEGO W ZALEŻNOŚCI OD PARAMETRÓW APARATUROWYCH [mGy]

RODZAJ BADANIA		PŁUCA	SZPIK KOSTNY	TARCZYCA
ZDJĘCIE KLATKI PIERSIOWEJ	PRZECIĘTNE PARAMETRY	0.21-0.25	0.10-0.11	
	OBNIŻENIE FILTRACJI	2.01	0.93	
ZDJĘCIE MAŁOOBRAZKOWE		3.11	1.72	
ZDJĘCIE KREGOSŁUPA PIERSIOWEGO		2.5-35.4	0.43-5.9	4.8-67.7

DIAGNOSTYKA MEDYCZNA

DAWKA EFEKTYWNA W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU BADANIA I WIEKU PACJENTA
[mSv]

RODZAJ BADANIA	WIEK	DAWKA EFEKTYWNA
ZDJĘCIE KLATKI PIERSIOWEJ	< 1 ROK	0.10
	DOROSŁY	0.11
ZDJĘCIE MAŁOOBRAZKOWE	DOROSŁY	0.82
PRZEŚWIETLLENIE KLATKI PIERSIOWEJ	DOROSŁY	4.1
ZDJĘCIE KREGOSŁUPA	5-9 LAT	1.17
	10-14 LAT	3.56
	DOROSŁY	4.33
ZDJĘCIE KREGOSŁUPA PIERSIOWEGO	5-9 LAT	1.04
	10-14 LAT	1.05
	DOROSŁY	3.03
WLEW DOODBYTNICZY		22.7
TOMOGRAFIA BRZUCHA		5-8
TOMOGRAFIA (średnio)		3.0-3.5

DAWKI EFEKTYWNE

DAWKA EFEKTYWNA W PRZELICZENIU NA JEDNO BADANIE [mSv]		DAWKA EFEKTYWNA W PRZELICZENIU NA JEDNEGO MIESZKAŃCA [mSv]		
1986	1995	1986	1995	2013
1.4	1.2	0.76	0.80	0.80

DANE



SYSTEM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ ŚRODOWISKA

ZALECENIA ICRP DOTYCZĄCE OCHRONY ŚRODOWISKA PRZED PROMIENIOWANIEM JONIZUJĄCYM

**The Concept and Use of Reference Animals and Plants for
the purposes of environmental Protection ICRP, 2005;**

NOWE KONCEPCJE OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

**Są sytuacje kiedy ochrona radiologiczna człowieka
nie gwarantuje w sposób jednoznaczny
ochrony fauny i flory przed promieniowaniem**

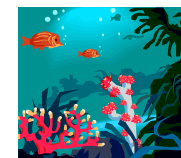
**człowiek jest nieobecny i narażenie człowieka nie stanowi
kryterium oceny**



człowiek został wycofany dla własnego bezpieczeństwa



**rozkład radionuklidów w środowisku jest taki, że
napromienienie człowieka będzie małe, lecz inne organizmy
mogą być znacząco napromieniowane**



**NALEŻY POKAZAĆ W SPOSÓB NIE BUDZĄCY WĄTPLIWOŚCI
jaki margines bezpieczeństwa dla środowiska zapewnia
energetyka jądrowa i stosowanie źródeł
promieniotwórczych
w porównaniu z innymi gałęziami przemysłu.**

PROPONOWANE DAWKI GRANICZNE

DOE – US. Department of Energy

DOE Standard (DOE Order 5400.5 1990)

DOE Proposed Standards (10 CFR 834)

- **fauna wodna** - **3 600 mGy rok⁻¹ (10 mGy d⁻¹)**
- **flora lądowa** - **3 600 mGy rok⁻¹ (10 mGy d⁻¹)**
- **fauna lądowa** - **360 mGy rok⁻¹ (1 mGy d⁻¹)**

- **fauna przybrzeżna (riparian)**

UNIA EUROPEJSKA FASSET

**Framework for Assessment of Environmental Impact
1 November 2000 – 31 October 2003**

- **Fauna i flora** - **900 ÷ 9000 mGy rok⁻¹**

Zwierzęta i Rośliny Standardowe wg. ICRP ***Reference Animals and Plants***

- gryzoń (*a rodent*)
- kaczka (*a duck*)
- żaba (*a frog*)
- ryba słodkowodna (*a freshwater fish*)
- flądra (*a marine flatfish*)
- pszczoła (*a bee*)
- krab (*a crab*)
- ślimak morski (*a marine snail*)
- dżdżownica (*a earthworm*)
- sosna (*a pine tree*)
- trawa (*a grass*)
- wodorosty (*a seaweed*)

DAWKI GRANICZNE LUDZIE I ZWIERZĘTA

średnie dawki pochłonięte od promieniowania tła

ludzie $\approx 3 \text{ mGy rok}^{-1}$

inne organizmy $\approx (0.3 \div 15) \text{ mGy rok}^{-1}$

limit dawki skutecznej dla człowieka

$\approx 1/3$ dawki od promieniowania tła = 1 mSv rok^{-1}

$\approx 1/2500 \text{ LD50}$

proponowane limity dawek dla fauny i flory

Department of Energy USA

$\approx \times 100; 1000$ promieniowania tła = $360 \div 3600 \text{ mGy rok}^{-1}$

$\approx 1/20; 1/2 \text{ LD50}$

WARTO PAMIĘTAĆ

DZIAŁALNOŚĆ CZŁOWIEKA

LIMIT DAWKI DLA NARAŻONYCH
 ZAWODOWO W WARYNKACH
 AWARYJNYCH
 250 000 mikroSv/rok

LIMIT DAWKI DLA
 NARAŻONYCH
 ZAWODOWO
 20 000 mikroSv/rok

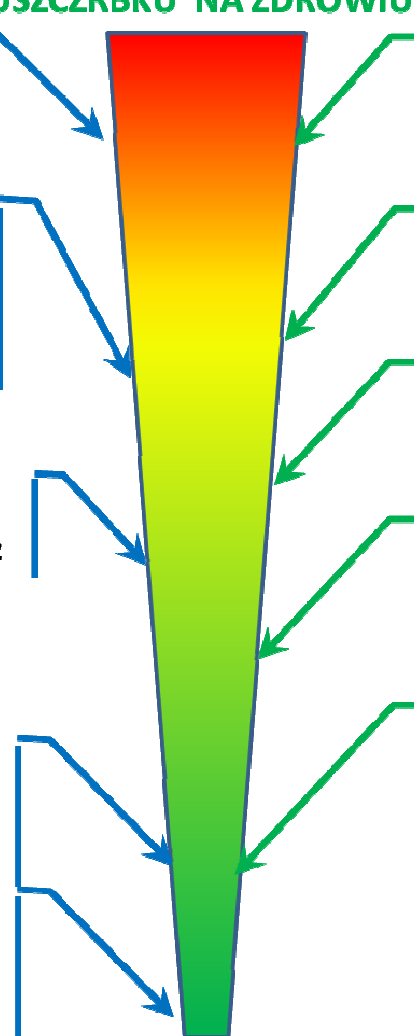
TOMOGRAFIA
 6 500 mikroSv/raz



LIMIT DAWKI DLA
 LUDNOŚCI
 1 000 mikroSv/rok

ELEKTROWNIA
 JĄDROWA
 50 mikroSv/rok

BRAK EFEKTU W USZCZRBKU NA ZDROWIU



Źródła naturalne
 Ramsar w Iranie
 250 000 mikroSv/rok

Źródła naturalne
 stan Kerala w Indiach
 28 000 mikroSv/rok

Źródła naturalne
 Guapari w Brazylii
 10 000 mikroSv/rok

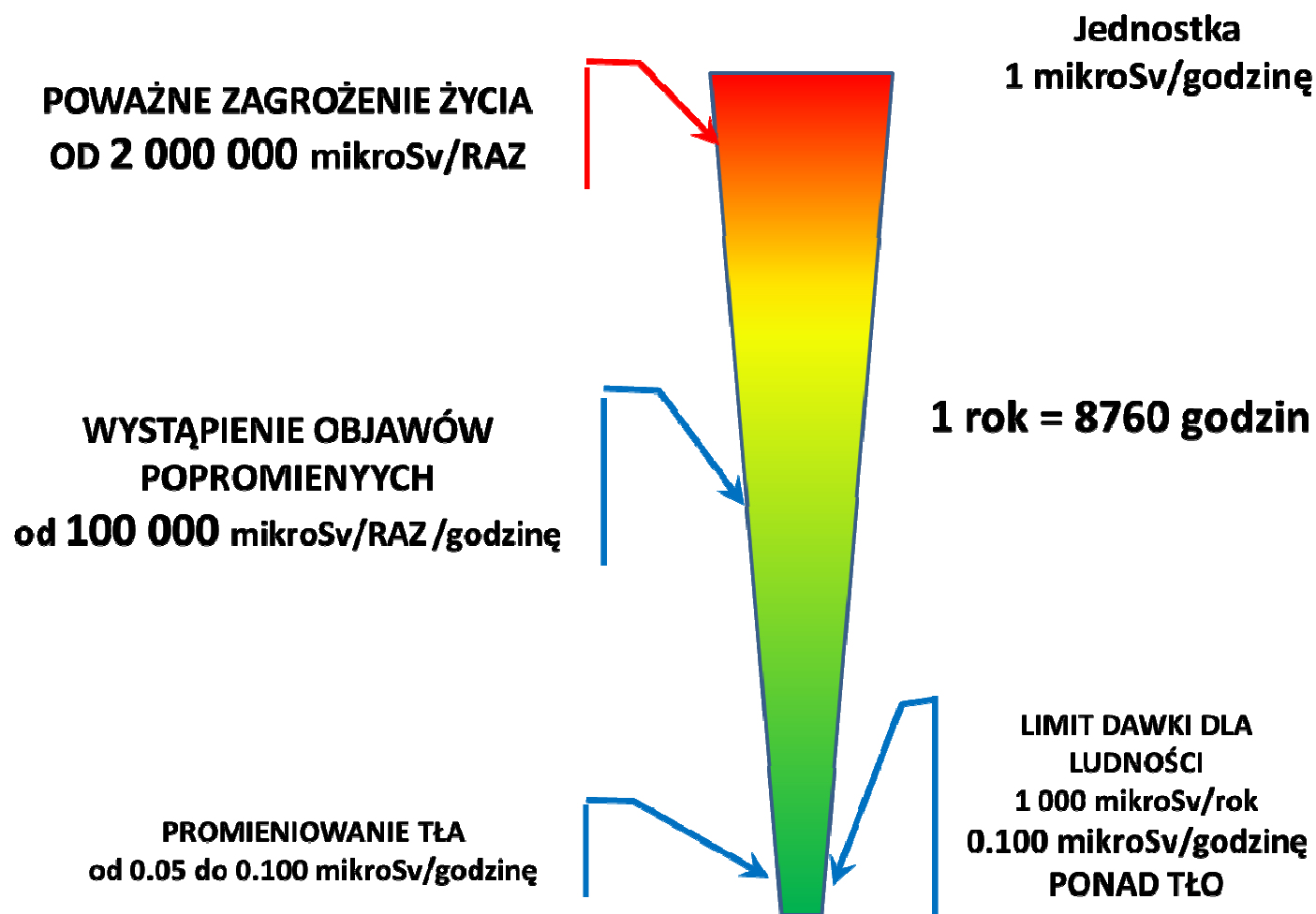
Źródła naturalne
 NORWEGIA
 5 000 mikroSv/rok

Źródła naturalne
 POLSKA
 3 350 mikroSv/rok

Jednostka
 1 mikroSv/rok

WARTO PAMIĘTAĆ

To co podaje sieć monitoringu



Porównanie stężeń uwalnianych przez EJ i ENERGETYKĘ WĘGLOWĄ

Jeżeli typowa elektrownia (1000 MWe) spala rocznie 4 mln ton węgla o zawartości (typowej) 1,3 ppm uranu i 3,2 ppm toru,
to roczne uwolnienia z tej elektrowni wynoszą
5,2 ton uranu i
12,8 ton toru wraz z produktami ich rozpadu!

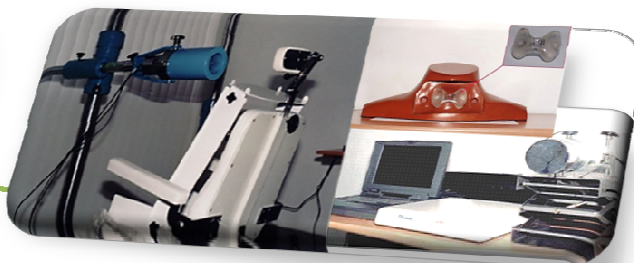
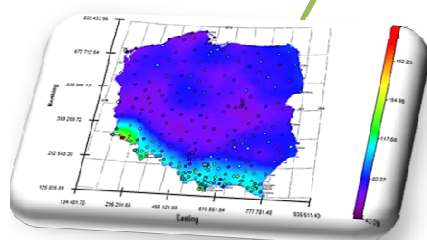
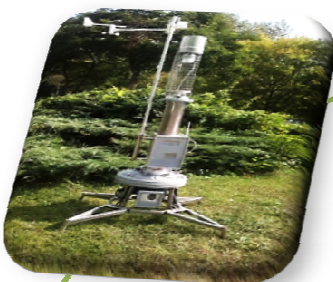
Zjawisko to jest szczególnie widoczne w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, gdzie najwyższe notowane stężenia ^{226}Ra w wodach niektórych kopalni dochodziły do:

390 000 Bq/m³ (x 200 000)

Dla porównania stężenie Ra-226 w wodzie ze studni 1.7 Bq/m³

WARTO PAMIĘTAĆ

ŹRÓDŁA NATURALNE	Dawki mSv/rok
ŚREDNIA ŚWIATOWA	2.5
POLSKA	2.45
Grand Central Station New York	5.4
Norwegia	10.5
Ramsar, IRAN	260.0
Guarapari, Brazylia - plaża	790.0
Lodeve i Lauragais, Francja	870.0



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Paweł KRAJEWSKI
krajewski@clor.waw.pl

CENTRALNE LABORATORIUM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ