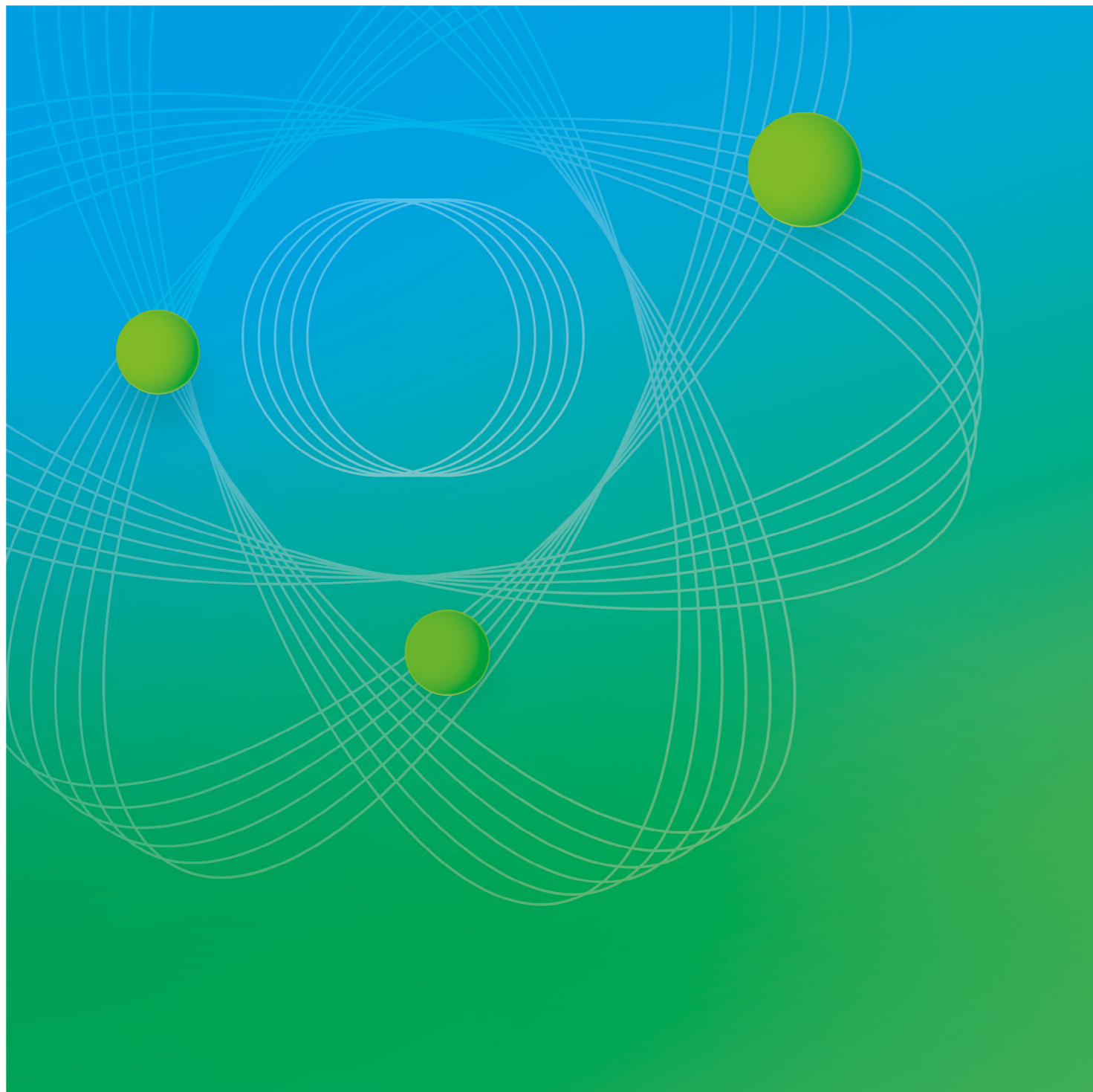


# PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE W MEDYCYNIE



**Świadomość i atomie**  
energia jądrowa w Polsce

Polskie Elektrownie Jądrowe sp. z o.o.



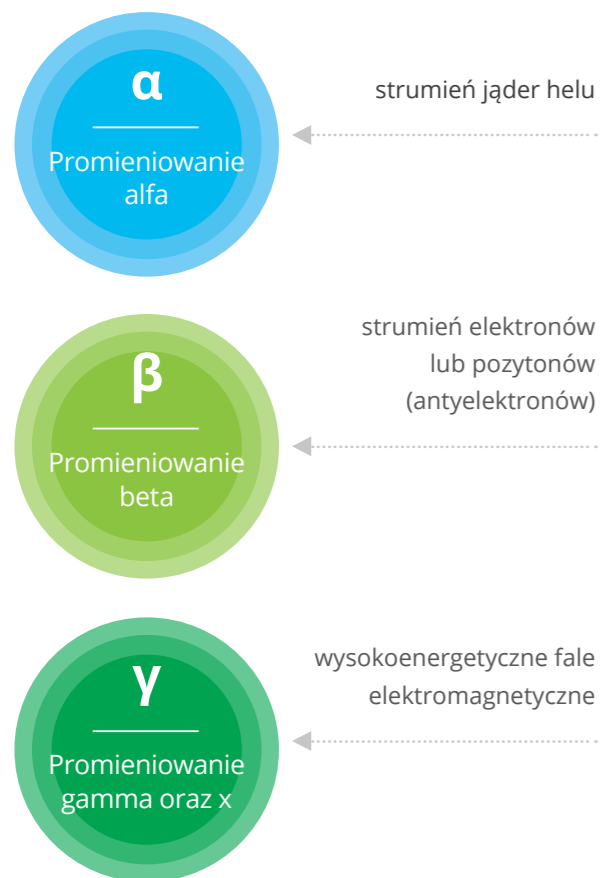
CO TO JEST  
PROMIENIOWANIE?

---



PROMIENIOWANIE TO EMITOWANIE I WYSYŁANIE NA ODLEGŁOŚĆ ENERGII, KTÓRA MOŻE WYSTĘPOWAĆ W POSTACI M.IN. FAL RADIOWYCH, MIKROFAL, ŚWIATŁA, CIEPŁA, ULTRAFIOLETU, PROMIENIOWANIA X CZY GAMMA. PROMIENIOWANIE O DOSTATECZNIE DUŻEJ ENERGII MOŻE PRZENIKAĆ WGŁĘB MATERII I POWODOWAĆ JONIZACJĘ, CZYLI WYBIJANIE ELEKTRONÓW Z ATOMÓW. TĘ ZDOLNOŚĆ POSIADA PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE.

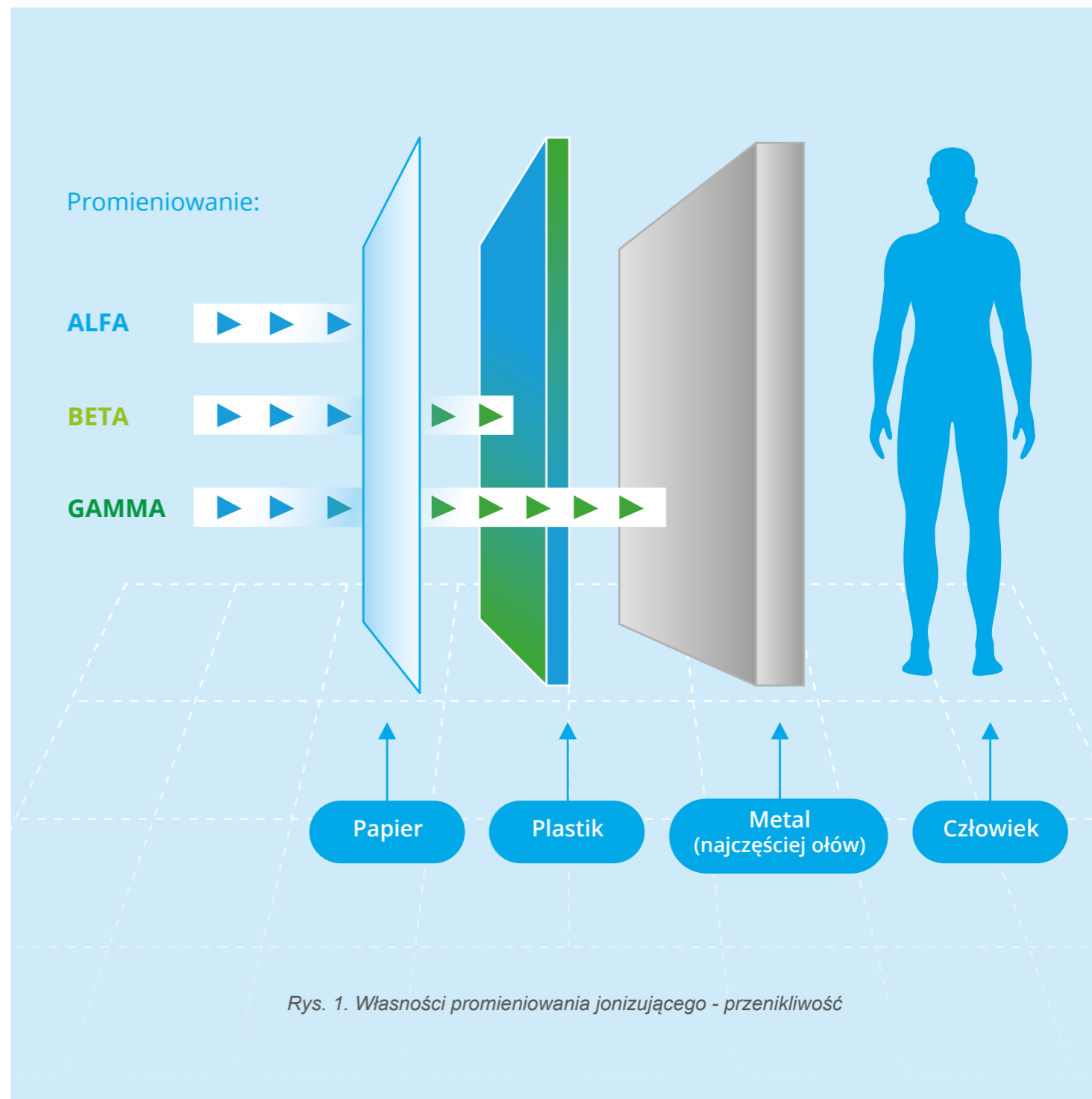
Najczęściej rozpatrywanymi rodzajami promieniowania jonizującego są:



Wymienione rodzaje promieniowania w różny sposób są zatrzymywane przez materię (patrz rys. 1).

Promieniowanie jonizujące występuje powszechnie w przyrodzie, jako tzw. naturalne tło promieniowania, w którego skład wchodzi promieniowanie kosmiczne, promieniowanie emitowane przez naturalne radionuklidy znajdujące się w skorupie ziemskiej, wodzie czy atmosferze oraz radon i produkty jego rozpadu. Śmiało można powiedzieć, iż promieniowanie jonizujące jest stałym elementem naszego środowiska.

Wpływ, jaki promieniowanie jonizujące wywiera na organizm człowieka, zależy od wielu czynników, m.in. od rodzaju i energii promieniowania, rodzaju napromienionej tkanki/narządu czy czasu napromienienia. Miarą wielkości narażenia człowieka na działanie promieniowania jonizującego jest dawka. Dzisiaj powszechnie używa się pojęcia dawka równoważna lub dawka skuteczna (efektywna). Jednostką dawki równoważnej i skutecznej jest siwert (Sv). Siwert to jednostka stosunkowo duża, dlatego używane są pochodne jednostki tj.: milisiwerty (1 mSv = 0,001 Sv) i mikrosiwerty (1 μSv = 0,000001 Sv). Uznaje się, że dawka jest niska, jeżeli nie przekracza wartości około 100-200 mSv w narażeniu jednorazowym. Obszar kilkuset milisiwertów to dawki średnie, natomiast wysokie dawki to 1 Sv i więcej.



Rys. 1. Własności promieniowania jonizującego - przenikliwość

OCENIA SIĘ, ŻE ROCZNA DAWKA SKUTECZNA PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO OTRZYMYWANA PRZEZ STATYSTYCZNEGO MIESZKAŃCA POLSKI OD NATURALNYCH I SZTUCZNYCH ŹRÓDEŁ PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO (W TYM OD ŹRÓDEŁ PROMIENIOWANIA STOSOWANYCH W DIAGNOSTYCE MEDYCZNEJ) WYNIOSŁA W 2020 R. ŚREDNIO 3,96 mSv<sup>1</sup>.

Z czego ok. 2,45 mSv/rok pochodzi od promieniowania tła, które jest różne w zależności od wysokości nad poziomem morza (promieniowanie kosmiczne) oraz zawartości radionuklidów naturalnie występujących w skorupie ziemskiej. Największy udział w rocznej dawce skutecznej od promieniowania naturalnego ma radon, a udział poszczególnych komponentów mających wkład do dawki całkowitej przedstawiono na wykresie nr 1.

Według polskich<sup>2</sup> i międzynarodowych przepisów roczna dawka skuteczna ze źródeł sztucznych

pozamedycznych dla osób z ogółu ludności (wyłączając osoby zawodowo narażone na działanie promieniowania jonizującego) nie powinna przekraczać 1 mSv/rok ponad wartość promieniowania tła.

Poza naturalnym występowaniem źródeł promieniowania jonizującego istnieją też sztuczne sposoby jego wytwarzania, np. przez aparaturę medyczną (aparaty rentgenowskie), urządzenia badawcze (np. akceleratory cząstek) czy elektrownie jądrowe (reaktory).

## WARTO WIEDZIEĆ



Każda konwencjonalna lub jądrowa elektrownia w trakcie swojej normalnej eksploatacji emituje niewielkie ilości promieniowania jonizującego (dla elektrowni jądrowej są to wartości nieprzekraczające 0,0035 mSv/rok w jej bezpośrednim sąsiedztwie). Są to jednak dawki tak niskie, że ich wartości są mniejsze niż fluktuacje naturalnego tła promieniowania.

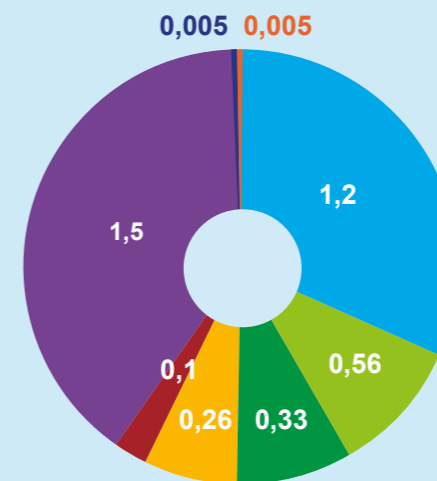
<sup>1</sup> PAA – raport roczny Prezesa PAA za 2020 r.

<sup>2</sup> Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe

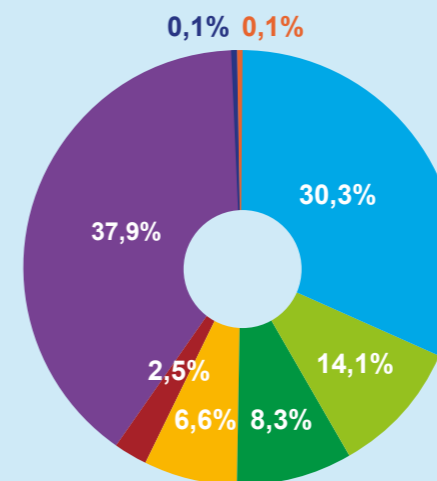
### Roczna dawka skuteczna od źródła [mSv]

**3,96 mSv**

- roczna całkowita dawka skuteczna promieniowania jonizującego otrzymana przez statystycznego mieszkańca Polski

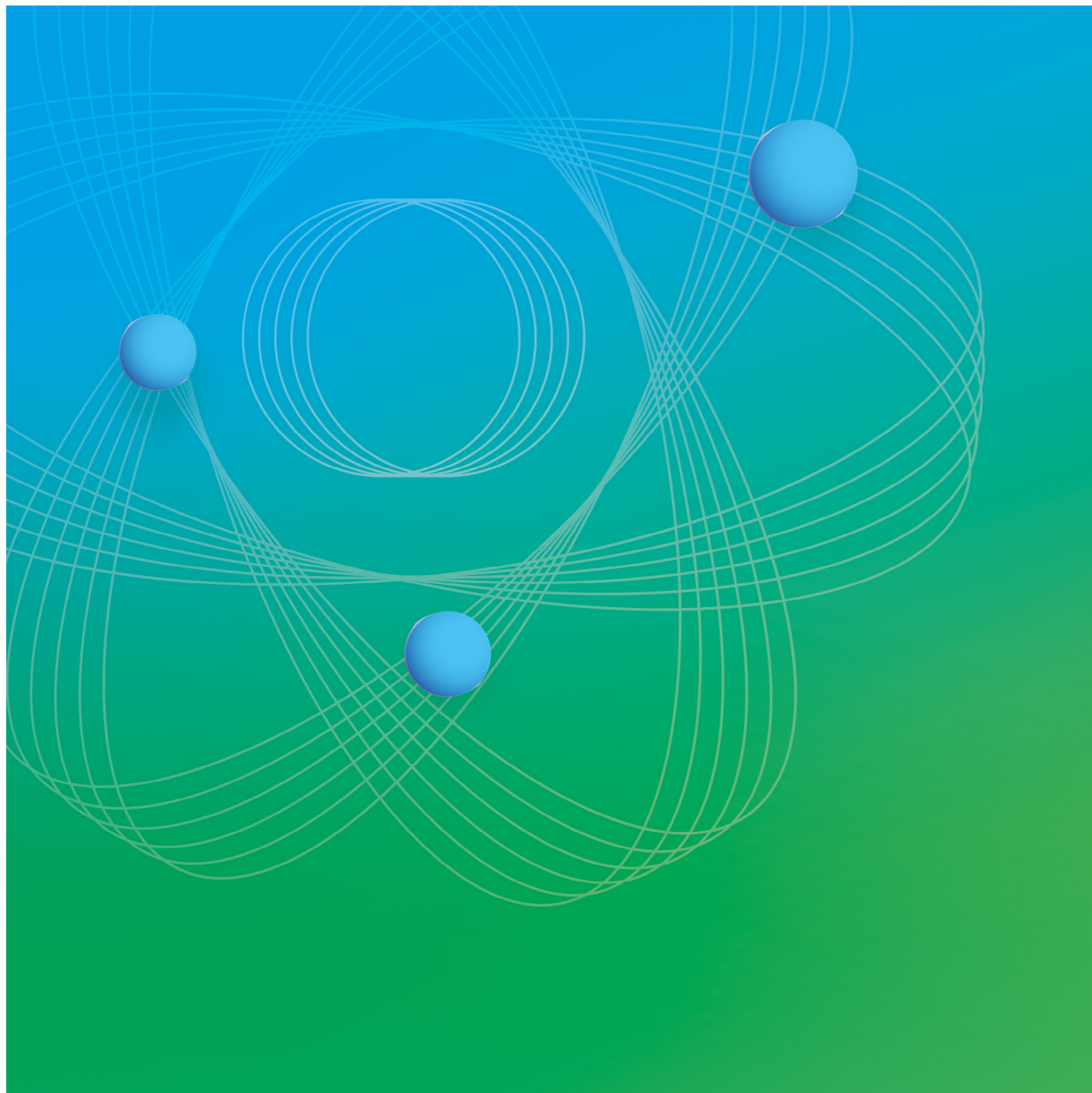


### Udział źródła w całkowitej rocznej dawce skutecznej



Nazwa źródła	Rodzaj źródła
Radon	Naturalne
Promieniowanie gamma	Naturalne
Promieniowanie kosmiczne	Naturalne
Promieniowanie z ciała człowieka	Naturalne
Toron	Naturalne
Diagnostyka medyczna	Sztuczne
Awarie	Sztuczne
Inne	Sztuczne

Wykres 1 Roczna całkowita dawka skuteczna promieniowania jonizującego otrzymana przez statystycznego mieszkańca Polski w 2020 r. (źródło: Raport roczny Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki za 2020 r.).



KORZYŚCI  
Z ZASTOSOWANIA  
PROMIENIOWANIA  
W MEDYCYNIE

---



ZDOLNOŚĆ PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO DO PRZENIKANIA I JONIZACJI OŚRODKA, PRZEZ KTÓRY PRZECHODZI, WYKORZYSTUJE SIĘ W WIELU DZIEDZINACH, M.IN. W PRZEMYSŁE, NAUCE CZY MEDYCYNIE. SZCZEGÓLNE ZNACZENIE MA W TEJ OSTATNIEJ, GDZIE JEST STOSOWANE ZARÓWNO W DIAGNOSTYCE, JAK I TERAPII.

Diagnostyka medyczna z wykorzystaniem promieniowania jonizującego umożliwia nieinwazyjną ocenę wewnętrznych struktur ciała pacjenta. Terapia zajmuje się leczeniem schorzeń nowotworowych i nienowotworowych - polega na napromienieniu obszaru zmienionego chorobą przy jednoczesnym minimalizowaniu uszkodzenia zdrowych tkanek i narządów. Medyczne zastosowanie promieniowania jonizującego obejmuje następujące obszary:

#### 1. Radiodiagnostyka i radiologia zabiegowa

– obrazowanie medyczne:

- konwencjonalna diagnostyka rentgenowska (prześwietlenia RTG)
- mammografia
- pantomografia
- tomografia komputerowa
- radiologia zabiegowa (interwencyjna)

#### 2. Radioterapia – metoda leczenia nowotworów,

polegająca na uszkodzaniu komórek nowotworowych wiązką promieniowania jonizującego. Ze względu na sposób napromienienia i umiejscowienie źródła promieniowania wyróżnia się:

- a. **brachyterapię** – źródło promieniowania umieszczone w bezpośrednim kontakcie z ciałem pacjenta (na powierzchni lub wprowadzone aplikatorami do wnętrza organizmu)

- b. **teleradioterapię** – źródło promieniowania umieszczone w pewnej odległości od ciała pacjenta

3. **Medycyna nuklearna** – dział medycyny zajmujący się zastosowaniem radioizotopów w postaci otwartych źródeł promieniotwórczych do celów diagnostyki i leczenia.

##### a. diagnostyka

- scyntygrafia
- tomografia komputerowa SPECT
- pozytonowa tomografia emisyjna PET

##### b. leczenie

- np. terapia jodowa tarczycy z użyciem jodu I-131

Aby uświadomić sobie wielkość dawek otrzymywanych w trakcie badań diagnostycznych, warto porównać je ze średnią wartością naturalnego promieniowania tła<sup>3</sup> (jak wspomniano, jest to ok. 2,45 mSv/rok).

Dla przykładu warto wspomnieć, że dawka promieniowania otrzymana np. w trakcie lotu Chicago – Warszawa wynosi ok. 0,07 mSv, a na trasie Kraków – Warszawa ok. 0,0008 mSv. W pewnych rejonach Brazylii, Indii, czy Iranu moce dawki od promieniowania naturalnego są znacznie większe niż w Polsce i dochodzą do 35 mSv/rok (Kerala, Indie lub Guarapari, Brazylia), a w skrajnych przypadkach nawet do 260 mSv/rok (Ramsar, Iran).

<sup>3</sup> Przedstawione dawki są dawkami skutecznymi, stosowanymi przez International Commission on Radiological Protection w celu oceny wpływu niewielkich dawek promieniowania jonizującego na zdrowie.

Badanie	Jednorazowa dawka promieniowania [mSv]	Dopuszczalny limit/dawka graniczna [mSv/rok] – dawka dla dorosłych oraz dzieci
<b>Tomografia komputerowa</b>		<p><b>0,3<sup>4</sup></b></p> <p>limit dawki dla oddziaływania radiacyjnego elektrowni jądrowej w stanach eksploatacyjnych</p> <hr/> <p><b>1,0</b></p> <p>dawka graniczna dla osób z ogółu ludności od źródeł sztucznych pozamedycznych</p>
Głowy	2	
Klatki piersiowej	7	
Jamy brzusznej i miednicy	10	
<b>Zdjęcia RTG</b>		
Kończyny	0,001	
Klatki piersiowej	0,1	
Odcinka lędźwiowego kręgosłupa	0,7	
<b>Inne</b>		
Mammografia	0,7	
Densytometria kości (DXA)a	0,001	
<b>Medycyna nuklearna</b>		
Wentylacyjno-perfuzyjna scyntygrafia płuc	0,7	
Scyntygrafia kośćca	4,2	
Perfuzja mięśnia sercowego z użyciem technetu (Tc-99m)	12,5	

Rys. 2. Wielkość dawek skutecznych w przykładowo wybranych badaniach

<sup>4</sup> uwzględniono wszystkie drogi narażenia (także drogę pokarmową)

---

WARTO ZAUWAŻYĆ, ŻE W POLSCE OD KILKU LAT STOSOWANA JEST PROTONOTERAPIA, JEDNA Z NAJBARDZIEJ ZAAWANSOWANYCH METOD TELERADIOTERAPII, POLEGAJĄCA NA NAPROMIENIANIU ZMIAN NOWOTWOROWYCH WIĄZKĄ PROTONÓW.

---

Protony w bardzo precyzyjny sposób dostarczają wysokie dawki promieniowania w miejsce usytuowania nowotworu, jednocześnie maksymalnie oszczędzając otaczające tkanki zdrowe. Ma to szczególne znaczenie w przypadku trudnodostępnych nowotworów leżących w pobliżu narządów krytycznych, zwłaszcza nowotworów głowy i szyi, a także w przypadku leczenia pacjentów pediatrycznych (dzieci).

Polscy naukowcy pracują także nad rozwojem terapii borowo-neutronowej (Boron Neutron Capture Therapy, BNCT), będącej szansą wyleczenia pacjentów z trudnodostępными nowotworami, z nowotworami rozszanymi oraz odpornymi na tradycyjne techniki leczenia. Metoda polega na podaniu pacjentowi nośników boru, który kumuluje się w komórkach nowotworowych, a następnie napromienieniu niskoenergetycznymi neutronami, które są łatwo wychwytywane przez bor. W wyniku reakcji boru z neutronami emitowana jest cząstka promieniowania alfa uszkadzająca komórki, w których zgromadził się bor, oszczędzając tym samym komórki zdrowe. Prowadzone na świecie badania z wykorzystaniem BNCT potwierdzają skuteczność metody.

Promieniowanie jonizujące jest stałym elementem naszego środowiska, niezależnie od tego czy mieszkamy w sąsiedztwie elektrowni konwencjonalnej lub jądrowej, czy też nie. Powszechna obecność pierwiastków promieniotwórczych dookoła nas, w naszym codziennym życiu, powoduje bowiem, że człowiek i jego działalność są źródłem promieniowania, a ustalenie wpływu niskich dawek na organizm człowieka, porównywalnych z dawką od tła naturalnego, jest praktycznie niemożliwe. Można jednak powiedzieć, że jest on znikomy lub żaden, gdyż żywe komórki mają naturalną zdolność regeneracji niewielkich uszkodzeń radiacyjnych, którą nabyły obcując z promieniowaniem naturalnym przez miliony lat ewolucji.

[www.ppej.pl](http://www.ppej.pl)

---

[www.swiadomieoatomie.pl](http://www.swiadomieoatomie.pl)

