

Ochrona Radiologiczna Pacjenta
szkolenie dla:
MediProject Radiologia Medyczna

Dawki promieniowania



Tematy:

Ogólne założenia ochrony radiologicznej

Podstawy wytwarzania promieniowania i jego detekcji

Fizyczne właściwości i kontrola parametrów fizycznych urządzeń radiologicznych

Wielkości i jednostki radiologiczne – dawki promieniowania

Biologiczne skutki oddziaływania promieniowania na człowieka

Specyficzne aspekty ochrony radiologicznej w stomatologii, rentgenodiagnostyce, radiologii zabiegowej, medycynie nuklearnej, radioterapii

Prawo krajowe i europejskie – program zapewnienia jakości

Podstawa prawna realizowanego szkolenia:

Ustawa Prawo Atomowe, **Dz. U. z 2024 roku poz. 1277**

Rozporządzenie Ministra Zdrowia **Dz. U. z 2023 roku, poz. 195** w sprawie bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej

Rozporządzenie Ministra Zdrowia **Dz.U. Nr 180 poz. 1325 z 2006 roku** w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi

Rozporządzenie Rady Ministrów **Dz. U. z dnia 2021 poz. 1657** w sprawie wskaźników pozwalających na wyznaczenie dawek promieniowania jonizującego stosowanych przy ocenie narażenia na promieniowanie jonizujące

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 października 2021 roku, **Dz. U. z 2021 poz. 1908** sprawie nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej sprawującego wewnętrzny nadzór nad przestrzeganiem wymagań ochrony radiologicznej w jednostkach ochrony zdrowia

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 06 marca 2020 roku, w sprawie szkoleń w dziedzinie ochrony radiologicznej pacjenta, **Dz. U. z 2020 roku, poz. 390**

Czym jest narażenie?

Narażenie to proces, w którym organizm ludzki podlega napromienieniu promieniowaniem jonizującym:

zewnątrznemu lub jest wystawiony na możliwość takiego napromienienia (**narażenie zewnętrzne**)

wewnętrznemu lub jest wystawiony na możliwość takiego napromienienia (**narażenie wewnętrzne**)

Zatem, w zależności od lokalizacji źródła promieniowania względem osób narażonych na jego działanie można wyróżnić:

EKSPOZYCJĘ ZEWNĘTRZNA, źródło promieniowania znajduje się poza ciałem pacjenta, a jego narażenie znika po zakończeniu ekspozycji,

EKSPOZYCJĘ WEWNĘTRZNA np. po podaniu izotopu promieniotwórczego w celach diagnostyki lub terapii, pacjent wówczas staje się źródłem promieniowania. I jest nim do całkowitego rozpadu pierwiastka, który został mu podany

Podstawowe wielkości fizyczne i jednostki stosowane w ochronie radiologicznej

Są to głównie:

- aktywność i związany z nią czas połowicznego rozpadu
- dawka
- moc dawki
- równoważnik dawki

W zależności od tego, co jest głównym punktem zainteresowania mówimy o dawce ekspozycyjnej, pochłoniętej, równoważnej, skutecznej.

Istotnym pojęciem są dawka graniczna i limit użytkowy dawki.

Aktywność

Aktywnością A źródła promieniotwórczego określa się ilość przemian jądrowych zachodzących w tym źródle w jednostce czasu:

$$A = -\frac{dN}{dt}$$

Gdzie:

N – jest liczbą jąder promieniotwórczych

dt – to przedział czasu w którym zmniejsza się liczba jąder

Znak „-” oznacza właśnie zmniejszanie się liczby jąder ze względu na zachodzący rozpad promieniotwórczy.

Aktywność w [Bq]

$$1\text{Bq} = \frac{1}{\text{s}}$$

jednostką aktywności źródła jest Bq (Bekerel)

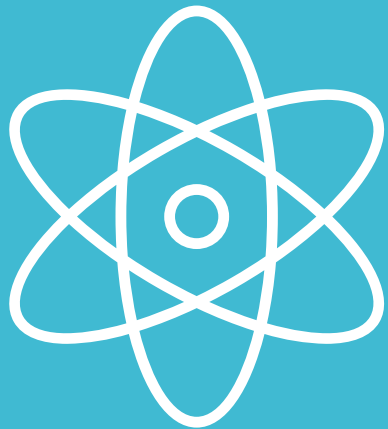
Bq informuje o tym że w jednej sekundzie zaszła jedna przemiana (rozpad) jądrowa.

Jednostka sama w sobie to dość mała wartość, więc w praktyce stosuje się jej wielokrotności.

1 kBq (kilobekerel) = 1000 Bq

1 MBq (megabekerel) = 10^6 Bq

Rozpad promieniotwórczy



Proces zachodzący w jądrze atomowym prowadzący do osiągnięcia formy stabilnej atomu związany jest z emisją promieniowania cząsteczkowego lub elektromagnetycznego.

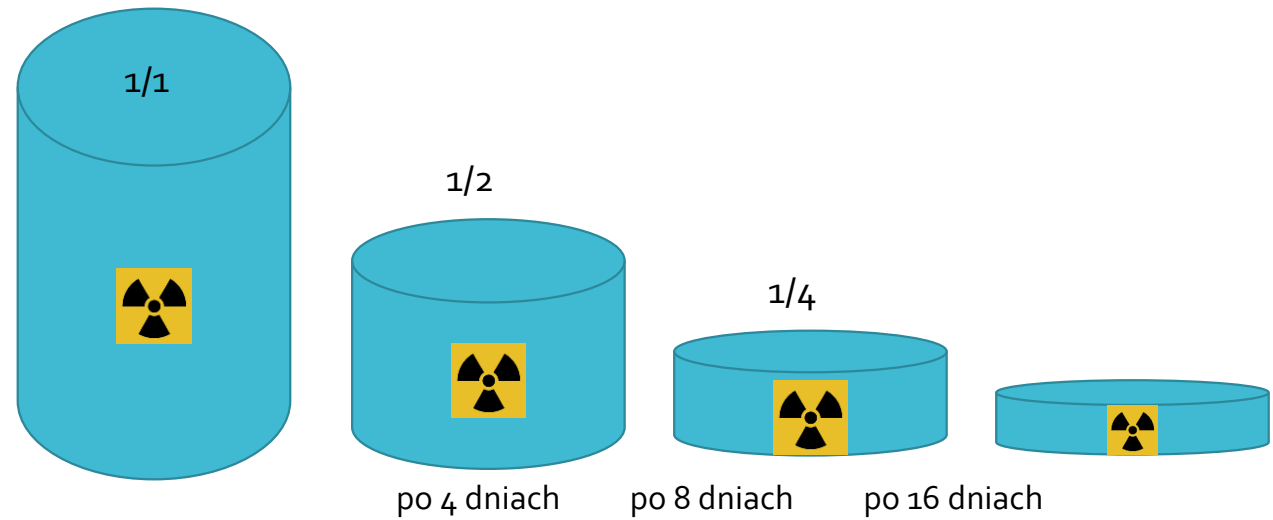
Proces ten może zachodzić w różnym czasie – od ułamków sekund do setek lat.

Proces ten może zachodzić stopniowo, w wyniku czego z danego pierwiastka wyjściowego powstają kolejno nowe pierwiastki, aż do powstania pierwiastka stabilnego

Czas połowicznego rozpadu $T_{1/2}$

Z aktywności źródła i przemianami jądrowymi w nim zachodzącymi wiąże się pojęcie CZASU POŁOWICZNEGO ROZPADU

Czas, w którym rozpada się połowa atomów czystej substancji promieniotwórczej. Im czas ten jest krótszy, tym szybciej zmniejsza się liczbą jąder ulegających rozpadowi



Zadanie:

Izotop Tc⁹⁹ ma aktywność wyjściową 180 MBq.

Po ilu godzinach jego aktywność spadnie do poziomu 45 MBq?

$T_{1/2} \text{ Tc}^{99} = 6$ godzin.

.

Dawki promieniowania

Definicje i jednostki:

- dawka ekspozycyjna,
- dawka pochłonięta,
- dawka równoważna,
- dawka efektywna (skuteczna)

Dawka graniczna

Limit użytkowy dawki

Diagnostyczny poziom referencyjny

Dawka ekspozycyjna

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m}$$

Jest wielkością dozymetryczną dla promieniowania elektromagnetycznego opartą na zdolności wywoływania przez promieniowanie jonizujące zjawiska jonizacji w powietrzu.

Określa **wielkość ładunku** elektrycznego wytworzonego przez promieniowanie w jednostce masy powietrza [C/kg]

Dawka pochłonięta

$$D = \frac{E}{m} \quad 1\text{Gy} = \frac{1\text{J}}{1\text{kg}}$$

Zdefiniowana jako średnia **ilość energii** przekazana przez promieniowanie jednostce masy danego ciała.

Jest to energia, jaką promieniowanie traci, a zyskuje ośrodek przez który przechodzi.

Wielkość dawki pochłoniętej zależy nie tylko od parametrów pola promieniowania ale również od rodzaju obiektu, jego składu, wielkości itp.

1Gy oznacza że 1kg masy ciała pochłonął energię 1J

Dawka pochłonięta

W jednym polu promieniowania dawka pochłonięta może być różna w różnych narządach.

Najlepszym dowodem na różnicę w wartości dawki pochłoniętej, jest analogowe zdjęcie rentgenowskie, na którym (mimo jednej ekspozycji) kości są białe, a tkanki miękkie szaro-czarne.

Czyli, w tkance kostnej dawka pochłonięta jest większa, niż w powietrzu czy w tkankach o mniejszej gęstości.



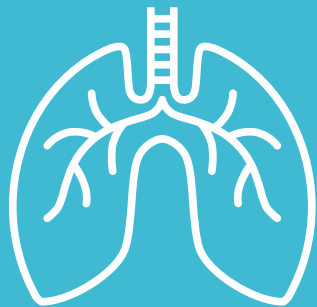
Równoważnik dawki

Pojęcie dawki pochłoniętej dotyczy (jak sama nazwa mówi) pochłaniania promieniowania przez różne materiały, w tym również przez tkanki ludzkiego ciała.

W trakcie napromieniania organizmów żywych, w jego tkankach oprócz zjawisk fizycznych zachodzą także procesy biologiczne. Są one zależne od rodzaju promieniowania

Aby określić stopień pochłaniania energii z uwzględnieniem skutków biologicznych jakie wywołują różne rodzaje promieniowania jonizującego, wprowadzono pojęcie równoważnika dawki (H)

Dawka równoważna



H_T jest wielkością zdefiniowaną dla danego narządu lub tkanki T jako:

$$H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R} \text{ [mSv]}$$

gdzie:

w_R – współczynnik wagowy promieniowania R ;

D – średnia dawka pochłonięta promieniowania R przez tkankę T.

TABELA 1. WARTOŚCI CZYNNIKA WAGOWEGO PROMIENIOWANIA (w_R)

Rodzaj promieniowania (R)	Czynnik wagowy promieniowania (w_R) ¹⁾
Fotony	1
Elektrony i miony	1
Protony i piony naładowane	2
Cząstki alfa, fragmenty rozszczepienia, ciężkie jony	20
Neutrony, $E_n < 1$ MeV	$2,5 + 18,2e^{-[\ln(E_n)]^2 / 6}$
Neutrony, $1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV}$	$5,0 + 17,0e^{-[\ln(2E_n)]^2 / 6}$
Neutrony, $E_n > 50 \text{ MeV}$	$2,5 + 3,25e^{-[\ln(0,04E_n)]^2 / 6}$

¹⁾ Wszystkie wartości dotyczą przypadku napromienienia organizmu przez zewnętrzne promieniowanie jonizujące lub promieniowanie emitowane przez izotopy promieniotwórcze wewnątrz organizmu. Przy określeniu wartości czynnika wagowego promieniowania neutronowego energia E_n powinna być wyrażona w megaelektronowoltach (MeV).

Dawka równoważna

Wartości współczynników wagowych promieniowania

Jest to ilość energii promieniowania zdeponowana w materii żywej (tkance, organie), z uwzględnieniem skutków biologicznych wywołanych przez różne rodzaje promieniowania.

Dawka skuteczna (efektywna)



Dawka skuteczna, dawka efektywna – suma wszystkich dawek równoważnych we wszystkich narządach i tkankach z uwzględnieniem współczynników wagowych poszczególnych narządów i tkanek (w_T) i rodzaju promieniowania (w_R). Dawka skuteczna określa stopień **narażenia całego ciała** na promieniowanie nawet przy napromieniowaniu tylko niektórych partii ciała. Określa się ją wzorem, wyraża w Sv:

$$E_H = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

gdzie:

H_T – dawka równoważna w tkance T,

w_T – współczynnik wagowy tkanki T,

w_R – współczynnik wagowy promieniowania R,

$D_{T,R}$ – dawka pochłonięta przez tkankę T od promieniowania R.

Dawka
skuteczna
(efektywna)

TABELA 2. WARTOŚCI CZYNNIKA WAGOWEGO TKANKI LUB NARZĄDU (w_T)

Tkanka lub narząd (T)	Czynnik wagowy tkanki lub narządu (w_T)
Gruczoły piersiowe	0,12
Płuca	0,12
Okreźnica	0,12
Pozostałe tkanki ²⁾	0,12
Szpik kostny (czerwony)	0,12
Żołądek	0,12
Gonady	0,08
Pęcherz moczowy	0,04
Przelyk	0,04
Tarczycyca	0,04
Wątroba	0,04
Gruczoły ślinowe	0,01
Mózg	0,01
Powierzchnia kości	0,01
Skóra	0,01

²⁾ Pozostałe tkanki to: nadnercza, obszar górnych dróg oddechowych, woreczek żółciowy, serce, nerki, węzły chłonne, mięśnie, śluzówka jamy ustnej, trzustka, prostata (u mężczyzn), jelito cienkie, śledziona, grasica, macica / szyjka macicy (u kobiet). Wartość $w_T = 0,12$ stosuje się do średniej arytmetycznej dawek dla 13 wymienionych powyżej tkanek i narządów dla każdej płci.

Różnice między dawkami

Dawka ekspozycyjna – jako miara zjawiska jonizacji, mówi o tym jak dużo ładunku wytworzyło się w jednostce powietrza po wykonanej ekspozycji. Z punktu widzenia ochrony radiologicznej pacjenta, mało użyteczna. Na jej podstawie nie można powiedzieć nic na temat ewentualnych skutków biologicznych zastosowanego promieniowania.

Dawka pochłonięta – w przeciwieństwie do ekspozycyjnej dotyczy nie ładunku, ale energii jaką straciło promieniowanie przechodząc przez konkretny narząd. Nadal ciężko jest, tylko na tej podstawie cokolwiek powiedzieć na temat ewentualnych skutków promieniowania na cały organizm.

Dawka równoważna – to jak sama nazwa mówi dawka ważona (czyli różnicowana) ze względu na energię i rodzaj użytego promieniowania. Podobnie jak dawka pochłonięta dotyczy konkretnego narządu, ale iloczyn ten jest już poszerzony o informację na temat rodzaju użytego promieniowania.

Dawka skuteczna (efektywna) – to dawka, na podstawie, której można już przesądzać na temat ewentualnych skutków (efektów) użytego promieniowania na cały organizm.

Zadanie



Oszacuj dawkę skuteczną na **ciało pacjentki**, jeśli podczas badania naświetlone zostały następujące narządy:

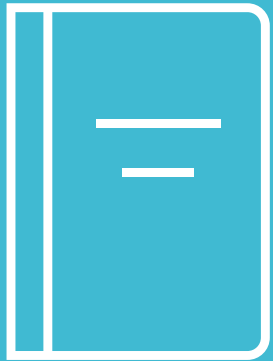
płuca – dawką 0,5 mGy

żołądek – dawką 1,0 mGy

piersi – dawką 0,8 mGy

tarczyca – dawką 0,4 mGy

Dawka graniczna czy ogranicznik dawki?



Dwie definicje w dwóch rozporządzeniach:

Dz. U. z dnia 2021 poz. 1657

w sprawie wskaźników pozwalających na wyznaczenie dawek promieniowania jonizującego stosowanych przy ocenie narażenia na promieniowanie jonizujące

Dz.U. Nr 180, poz. 1325

w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi

Dawka graniczna

Wartość dawki promieniowania jonizującego, **wyrażoną jako dawka skuteczna lub równoważna**, dla określonych osób, pochodzącą od kontrolowanej działalności zawodowej, której poza przypadkami przewidzianymi w ustawie nie wolno przekroczyć;

Dotyczy określonych osób czyli, według rozporządzenia **personelu i osób z ogółu ludności**

Dawki graniczne (zał. 4 do Ustawy)

DAWKA GRANICZNA W CIĄGU ROKU	PRACOWNICY		PRAKTYKANCY, STUDENCI			OGÓŁ LUDNOŚCI
	DOROŚLI	KOBIETY W CIĄŻY	>18 LAT	16-18 LAT	<16 LAT	
Dawka skuteczna (efektywna)	20 mSv	1 mSv	20mSv	6 mSv	1 mSv	1 mSv
Dawka równoważna dla soczewek oczu	20 mSv	-	20 mSv	15 mSv	15 mSv	15 mSv
Dawka równoważna na powierzchnię skóry	500 mSv	-	500 mSv	150 mSv	50 mSv	50 mSv
Dawka równoważna na dłonie, stopy, podudzia	500 mSv	-	500 mSv	150 mSv	-	-

Ogranicznik dawki (limit użytkowy dawki)

Ograniczenie przewidywanych dawek indywidualnych, wyrażonych jako dawki skuteczne (efektywne) lub dawki równoważne, które mogą pochodzić od **konkretnego źródła** promieniowania jonizującego, uwzględnione podczas planowania ochrony radiologicznej w celach **związanych z optymalizacją**.

Kogo dotyczy?	Ograniczniki dawek w ciągu roku
Osoby pracujące w gabinecie rentgenowskim	6,0 mSv
Pracownicy w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej, poza gabinetem rtg	3,0 mSv
Osoby pracujące w pomieszczeniach poza pracownią rtg oraz osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie pracowni	0,5 mSv
Osoby w lokalach mieszkalnych sąsiadujących z pracownią rtg	0,1 mSv

Ograniczniki dawek

Dz.U. Nr 180, poz. 1325

w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi

Ogranicznik dawki a dawka graniczna - RÓŻNICE



Dawka graniczna dotyczy personelu i osób z ogółu ludności.

Może być wyrażoną jako skuteczną (dot. narażenia całego organizmu) **lub jako równoważną** (wartość dawki na konkretny narząd np. oczy)

Dawki granicznej nie wolno przekraczać

Limit użytkowy dawki to również wartość dawki, ale używana tylko na etapie projektowania pracowni **w celach związanych z optymalizacją narażenia** od konkretnego źródła promieniowania

Ogranicznik dawki – przykłady

Gabinet stomatologiczny sąsiaduje z pracownią radiologii zabiegowej. Jaki będzie ogranicznik dawki odpowiedni dla lekarza stomatologa pochodzący od narażenia związanego z pracą lampy w pracowni radiologii zabiegowej?

W budynku usługowo-mieszkalnym na parterze jest pracownia TK, a nad nią mieszkania. Jaki będzie ogranicznik dawki dla technika obsługującego konsolę w sterowni, a jaki dla lokatorów z mieszkania ponad?

Poziomy referencyjne (Dz. U. z 2022 r., poz. 2626)

W przeciwieństwie do dawek granicznych, które dotyczą personelu i osób z ogółu ludności, diagnostyczny poziom referencyjny to wartość dawki które dedykowana jest pacjentom.

Diagnostyczny poziom referencyjny to poziom dawki w rentgenodiagnostyce i radiologii zabiegowej lub w przypadku produktów radiofarmaceutycznych, poziom aktywności tych produktów w odniesieniu do typowych badań diagnostycznych i zabiegów, którymi poddawaniu są pacjenci o standardowej budowie ciała lub które prowadzone są na standardowych fantomach w odniesieniu do szeroko określonych kategorii sprzętu.

Czyli...

Poziomy referencyjne – to dawki promieniowania jonizującego na powierzchnię skóry w badaniach rentgenodiagnostycznych, dotyczące badań typowych pacjentów, dla poszczególnych kategorii urządzeń radiologicznych.

Poziomy referencyjne **nie mogą być przekraczane** w przypadku powszechnie stosowanych medycznych procedur radiologicznych, jeżeli stosuje się **właściwe** sposoby postępowania i urządzenia techniczne;

Poziomy referencyjne **mogą być przekraczane w przypadku istnienia istotnych wskazań klinicznych;**

Systematyczne przekraczanie poziomów referencyjnych jest wskazaniem do przeprowadzenia w trybie doraźnym audytu wewnętrznego

Poziomy referencyjne – przykładowe wartości

DIAGNOSTYCZNE POZIOMY REFERENCYJNE DLA BADAŃ RENTGENODIAGNOSTYCZNYCH ORAZ Z ZAKRESU RADIOLOGII ZABIEGOWEJ

Tabela 1. Diagnostyczne poziomy referencyjne w radiografii i mammografii dla standardowego dorosłego pacjenta o wzroście 170 cm i masie 70 kg (do określenia zgodności z poziomem referencyjnym stosować DAP albo K_w)

Lp.	Rodzaj badania	DAP ⁽¹⁾ [cGy × cm ²]	K_w ⁽²⁾ [mGy]
1	Czaszka AP/PA	60	3,7
2	Czaszka LAT	50	2,3
3	Klatka piersiowa PA	15	0,21
4	Klatka piersiowa LAT	50	1,1
5	Kręgosłup piersiowy AP	110	5,2
6	Kręgosłup piersiowy LAT	160	9,0
7	Kręgosłup lędźwiowy AP	200	7,4
8	Kręgosłup lędźwiowy LAT	400	22
9	Miednica AP	250	7,0
10	Jama brzuszna	270	7,0
11	Zęby – zdjęcie wewnątrzustne ⁽³⁾	–	1,5
12	Pantomografia	15	–
13	Mammografia ⁽⁴⁾ CC i MLO	–	2,5



MediProject

Radiologia Medyczna

biuro@mediproject.pl

609 909 752