

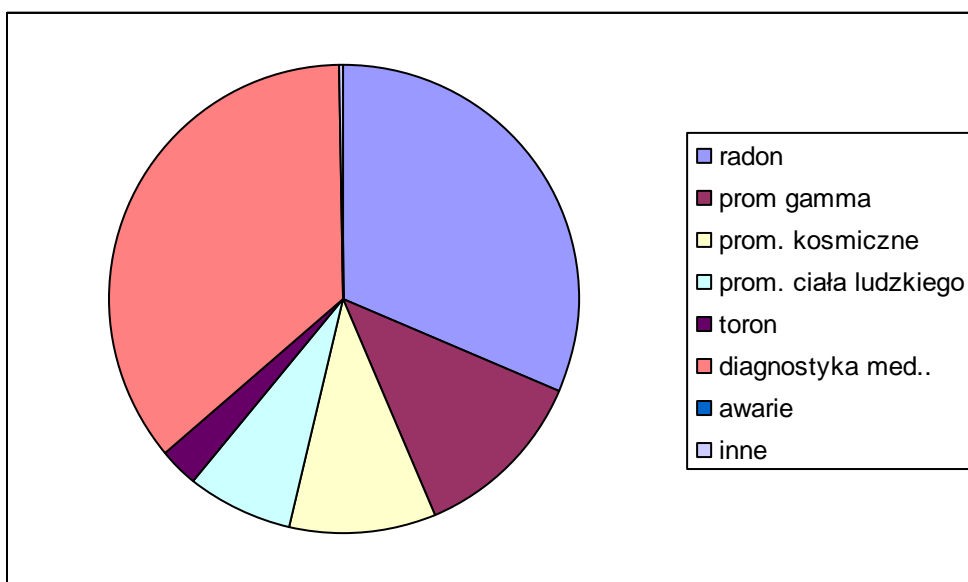


**GLÓWNY INSPEKTORAT SANITARNY**

**NARAŻENIE NA RADON  
W POMIESZCZENIACH ORAZ  
ZWIĄZANE Z NARAŻENIEM NA  
RADON ZAGROŻENIE DLA ZDROWIA**

Warszawa, 2021 r.

Promieniowanie jonizujące, obecne w życiu naszej planety od początku jej istnienia, stale towarzyszy człowiekowi. **Roczna całkowita dawka skuteczna promieniowania jonizującego otrzymana przez statystycznego mieszkańca Polski w 2019 roku wynosiła: 3,86 mSv.** Dawka ta utrzymywała się na zbliżonym poziomie przez kilka ostatnich lat. **Największy udział w narażeniu człowieka na promieniowanie jonizujące pochodzące ze źródeł naturalnych ma radon i produkty jego rozpadu, od których statystyczny mieszkaniec Polski otrzymuje dawkę 1,2 mSv/rok, co stanowi 31,1% rocznej dawki skutecznej.** *Dawka skuteczna - obrazuje narażenie całego ciała na promieniowanie. Określa stopień narażenia całego ciała na promieniowanie nawet przy napromieniowaniu tylko niektórych partii ciała. Jednostka – Siwert (Sv).*



Rys. Udział procentowy różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce skutecznej otrzymanej przez mieszkańca Polski.

## Co to jest radon, skąd pochodzi i gdzie występuje?

W skorupie ziemskiej występują naturalnie pierwiastki promieniotwórcze. Promieniotwórczość naturalna powstaje na drodze rozpadów jąder atomowych naturalnych pierwiastków radioaktywnych obecnych w glebie, skałach, powietrzu i wodzie. Jądra atomowe samorzutnie rozpadają się emitując przy tym cząstki  $\alpha$  lub  $\beta$  albo promienie  $\gamma$ . Jednym z pierwiastków promieniotwórczych jest odkryty przez laureatkę Nagrody Nobla

Marię Skłodowską-Curie promieniotwórczy rad ( $^{226}\text{Ra}$ ). Radon powstaje w wyniku rozpadu promieniotwórczego radu, który z kolei jest jednym z produktów rozpadu promieniotwórczego uranu ( $^{238}\text{U}$ ). Uran jest protoplastą naturalnego szeregu promieniotwórczego uranowo-radowego. *Szeregi promieniotwórcze to ciągi radionuklidów (radionuklid – jądro pierwiastka promieniotwórczego) powstających jeden z drugiego w wyniku naturalnych, spontanicznych przemian jądrowych  $\alpha$  i  $\beta$ , kolejnych rozpadów promieniotwórczych.* Szereg kończy się nuklidem stabilnym.

Radon został odkryty w 1900 roku przez Fridricha Ernsta Dorna. Początkowo nazywany był emanacją. Dopiero w 1923 roku Międzynarodowy Kongres Nauki o Promieniotwórczości nadał mu obecną nazwę. **Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) jest promieniotwórczym pierwiastkiem chemicznym, należącym do gazów szlachetnych. Radon występuje w środowisku naturalnie powstając z rozpadu radu emituje głównie promieniowanie alfa ( $\alpha$ ) i w mniejszym stopniu promieniowanie beta ( $\beta$ ). Jest bezbarwny, bezwonny, pozbawiony smaku, niepalny.** Nie możemy, więc wykryć go za pomocą zmysłów.

W związku z tym, że jest gazem, może wydostać się z skorupy ziemskiej do atmosfery wchodząc w skład powietrza atmosferycznego. Radon jest cięższy od powietrza, może zatem gromadzić się w jaskiniach, sztolniach, kopalniach, a także w innych najniżej położonych pomieszczeniach, jak podziemia i piwnice.

✓ Obowiązujące ustawodawstwo

Zgodnie z ustawą z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz. U. z 2021 r. poz. 1941) **poziom odniesienia dla średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi wynosi 300 Bq/m<sup>3</sup>.**

We wrześniu 2019 r. weszły w życie przepisy ustawy z dnia 13 czerwca 2019 r. o zmianie ustawy – Prawo atomowe oraz ustawy o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. poz. 1593), która wprowadziła zmiany w ustawie z dnia 29 listopada 2000 r. Celem nowelizacji było wdrożenie do polskiego systemu prawnego przepisów Unii Europejskiej, dyrektywy 2013/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiającej podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenie na działanie promieniowania jonizującego.

Tereny, na których spodziewane jest podwyższone stężenie radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń budynków zostały wskazane w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 18 czerwca 2020 r. *w sprawie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze*

radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (Dz.U. z 2020 poz. 1139).

Do projektowania budynków na obszarach, gdzie średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w pomieszczeniach mieszkalnych nie będzie przekraczało poziomu odniesienia obligują także przepisy prawa budowlanego, a w szczególności Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2019 r. poz. 1065).

Dopuszczalne zawartości radu i toru w materiałach budowlanych określa Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych w przypadku, których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232, wymagań dotyczących wykonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy (Dz.U. 2021 poz. 33)

Zawartość radonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi określa Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. z 2017 r. poz. 2294).

## **W jaki sposób radon dostaje się do wnętrza budynków?**

Szacuje się, że około 80% czasu spędzamy w budynkach, zarówno mieszkalnych, jak i innych przeznaczonych na pobyt ludzi, jak na przykład miejsca naszej pracy lub nauki. W takich pomieszczeniach radon może osiągać podwyższone stężenie, co nie jest obojętne dla naszego zdrowia.

### **Radon powstaje w skałach w skorupie ziemskiej, a następnie migruje na powierzchnię ziemi poprzez**

- uskoki geologiczne,
- spękania,
- przepuszczalne gleby.

Transport radonu odbywa się najaktywniej w sąsiedztwie

- uskoków,
- skał szczelinowych,
- poprzez połączone ze sobą systemy szczelin i pęknięć.

**Radon naturalnie uwalniany z podłoża, dostaje się do budynku wraz z powietrzem zasysanym z gruntu przez**

- szczeliny w fundamentach,
- spękania w murach i podłodze,
- studzienki kanalizacyjne,
- nieszczelności wokół rur wodno-kanalizacyjnych, przewodów elektrycznych,
- złącza konstrukcyjne,
- z materiałów budowlanych.

**Źródłem radonu w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi są:**

- **materiały budowlane pochodzenia mineralnego,**
- **radon przenikający z gruntu,**
- woda wodociągowa,
- gaz ziemny.

Wewnątrz budynku radon przemieszcza się wykorzystując kanały wodno-kanalizacyjne, a w budynkach z wielkiej płyty szczeliny pomiędzy płytami. Wpływ na stężenie radonu w budynkach mają parametry budynku, szczególnie rodzaj podpiwniczenia (wylewka betonowa, płytki ceramiczne, ziemia) oraz szybkość wentylacji pomieszczeń.

***Szczelna warstwa betonu pod podłogą może uniemożliwić przenikanie radonu z gruntu do budynku.***

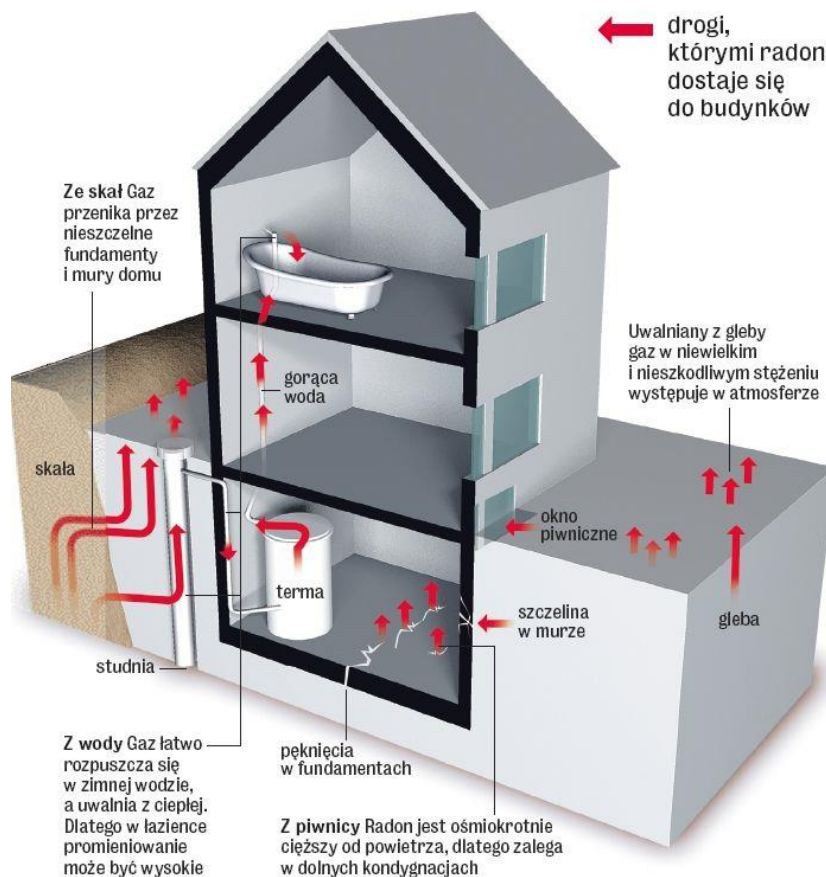
Na stężenie radonu w budynkach wpływ może mieć także :

- szczelność pomieszczeń,
- wentylacja (grawitacyjna i wymuszona),
- warunki pogodowe (temperatura, wiatr),
- przyzwyczajenia mieszkańców (wietrzenie, palenie tytoniu).

Radon może być również uwalniany z niektórych materiałów budowlanych. Wynika to z użycia do produkcji materiałów budowlanych naturalnie występujących minerałów.

Najwyższe stężenie radonu notuje się w materiałach wykonanych z żużla, popiołów i kamienia. Rozpuszczalność radonu w wodzie powoduje, że jest on uwalniany do powietrza podczas takich czynności jak mycie czy pranie.

*Budynki przeznaczone na pobyt ludzi powinny spełniać wymagania odnośnie zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w zastosowanych materiałach budowlanych oraz średnich rocznych stężeń radonu w powietrzu pomieszczeń.*



Rys. Drogi wnikania radonu do budynku

[http://meteo.geo.uni.lodz.pl/oldmeteo/stronki/radon/drogi\\_wnikania\\_rn\\_newsweek.jpg](http://meteo.geo.uni.lodz.pl/oldmeteo/stronki/radon/drogi_wnikania_rn_newsweek.jpg)

## Czy wszędzie jest takie samo stężenie radonu?

Stężenie radonu w różnych krajach i różnych częściach Polski różni się. Najwyższe stężenie tego gazu występuje na południu Polski.

Średnie stężenie  $^{222}\text{Rn}$  w powietrzu atmosferycznym w Polsce wynosi ok. **10 Bq/m<sup>3</sup>**. Przykładowo, w Kowarach 30 Bq/m<sup>3</sup>, w Świeradowie Zdroju 24,1 Bq/m<sup>3</sup>. Karpaczu 8,7 Bq/m<sup>3</sup>, w Warszawie 2,7 Bq/m<sup>3</sup>. W pomieszczeniach zamkniętych jest znacznie wyższe.

Średnie stężenie radonu w pomieszczeniach mieszkalnych na świecie wynosi około 39 Bq/m<sup>3</sup>, w Europie 21-110 Bq/m<sup>3</sup>. Średnie stężenia radonu w budynkach w Polsce wynosi **32 Bq/m<sup>3</sup>** wahając się od kilkunastu do kilku tysięcy Bq/m<sup>3</sup>. Uważa się, że obszary podwyższonego ryzyka obejmują około 10% obszaru kraju (południowa część kraju), gdzie stężenie radonu w gruncie przekracza 50 Bq/m<sup>3</sup>. W związku z tym podwyższonego stężenia radonu w budynkach mieszkalnych można spodziewać się zatem m. in. w Sudetach.

### *Najwyższe stężenie radonu występuje w piwnicach*

Ze względu na to, że radon jest ośmiokrotnie cięższy od powietrza, **jego stężenie w budynkach jest najwyższe przy powierzchni ziemi**, a więc w piwnicach, następnie na parterze (w kuchni jest wyższe niż w pokoju, gdyż dochodzi radon uwalniany z wody wodociągowej i gazu ziemnego), obniżając się na wyższych kondygnacjach. Z kolei, na wyższych kondygnacjach maleje wpływ radonu docierającego z podłoża, a większego znaczenia nabiera radon uwalniany z materiałów budowlanych. Stężenia te ulegają zmianom sezonowym i dobowym. W ciągu roku **najniższe stężenie występuje latem, a najwyższe w okresie jesienno-zimowym. Z kolei, w ciągu doby najwyższe wartości są obserwowane w nocy, a najniższe w południe.**

### *Stężenie radonu ulega zmianom sezonowym i dobowym*

## **Jakie są skutki zdrowotne narażenia na radon?**

Radon dostaje się do organizmu człowieka, głównie wraz z wdychanym powietrzem atmosferycznym. Wdychana dawka zależy od jego stężenia w powietrzu, szybkości oddychania, obszaru płuc i głębokości wniknięcia do nich promieniotwórczych cząstek.

***Głównym skutkiem działania radonu na organizm człowieka są choroby nowotworowe układu oddechowego - głównie płuc.***

W powietrzu, krótkożyciowe produkty rozpadu radonu  $^{222}\text{Rn}$  jak polon  $^{218}\text{Po}$  czy ołów  $^{206}\text{Pb}$ , łączą się z cząsteczkami płynu tworząc tzw. aerozole promieniotwórcze. Radon i jego pochodne są także wdychane wraz z pyłami i dymem tytoniowym. Sam radon, jako gaz szlachetny nie stanowi dużego zagrożenia, gdyż nie wchodzi w reakcje z innymi cząsteczkami. Jego produkty rozpadu, które są ciałami stałymi (metale ciężkie) mogą osadzać się w pęcherzykach płucnych, emitując stąd promieniowanie alfa ( $\alpha$ ). Do pęcherzyków płucnych dostają się jedynie cząstki najmniejsze, posiadające średnicę poniżej  $0,1\ \mu\text{m}$ . Cząstki o większych średnicach osadzają się w górnych drogach oddechowych, skąd mogą być usunięte podczas kaszlu w ciągu kilku godzin. Cząstki o mniejszych średnicach mogą przebywać w pęcherzykach płucnych przez miesiące lub lata, przyczyniając się do napromieniowania narządów wewnętrznych. Cząsteczki nierozpuszczalne są deponowane w ściankach pęcherzyków płucnych, a następnie przenoszone przez śródbłonek naczyń włosowatych do naczyń limfatycznych, i dalej do węzłów chłonnych. Natomiast rozpuszczalne cząsteczki aerozoli są szybko absorbowane z układu oddechowego do krwi. Rozpad pochodnych radonu na ściankach płuc (poprzez emisję cząstek  $\alpha$ ) ma istotny wpływ na wielkość dawki otrzymanej przez organy wchodzące w skład układu oddechowego. Ich zatrzymanie w płucach może powodować uszkodzenia radiacyjne, prowadzące do rozwoju choroby nowotworowej. W ten sposób mogą zwiększać ryzyko występowania nowotworów płuc.



***Radon i jego pochodne wdychane z powietrzem atmosferycznym są drugim po paleniu tytoniu czynnikiem decydującym o zapadalności na nowotwór płuc.***

## **Radon a palenie tytoniu**

Szkodliwość palenia tytoniu jest już powszechnie znana. Uważa się, że aktywne palenie odpowiada za około 90 % zachorowań na raka płuc. Jednak, niewiele osób zdaje sobie sprawę, że kolejnym decydującym o zapadalności na nowotwór płuc czynnikiem jest promieniowanie jonizujące, a dokładnie wdychanie promieniotwórczego pierwiastka, jakim jest radon.

***Ekspozycja na radon w pomieszczeniach jest uważana za drugi po paleniu tytoniu czynnik ryzyka wystąpienia nowotworu płuc u osób palących oraz jako pierwszy u niepalących.***

W związku z doniesieniami odnośnie związku narażenia na radon z ryzykiem wystąpienia raka płuc, w 1988 r, Międzynarodowa Agencja do Spraw Badań nad Rakiem (*International Agency for Research on Cancer, IARC*) zakwalifikowała radon do grupy 1 kancerogenów. Szacuje się, że od 1 do 14 % przypadków raka płuc na świecie jest spowodowane przez radon w pomieszczeniach.

***Wzrost liczby przypadków raka płuc obserwuje się nawet przy stężeniu radonu poniżej 300 Bq/m<sup>3</sup>.***

Toksyczny dym papierosowy, wdychany w pomieszczeniu o wysokim stężeniu radonu powoduje głębokie wnikanie pierwiastka do płuc.

***Radon istotnie zwiększa ryzyko nowotworu u palaczy  
i odwrotnie, palenie sprzyja rozwojowi raka płuc przy narażeniu na  
radon i jego pochodne***

Występuje tu zjawisko synergizmu, czyli wzajemnego wzmacniania się działania dwóch czynników szkodliwych. **Niekorzystny wpływ radonu i palenia tytoniu łącznie jest większy niż suma efektów obu czynników.** Ryzyko wystąpienia raka płuc u palaczy narażonych na działanie radonu jest ok. 6-10 razy wyższe niż w przypadku osób niepalących. Według EPA (Agencja Ochrony Środowiska, ang. *The Environmental Protection Agency*) ekspozycja na radon na poziomie do 148 Bq/m<sup>3</sup> w ciągu całego życia spowoduje rozwój raka płuca u 7 osób spośród 1000 niepalących i aż u 63 osób spośród 1000 palących tytoń. Uznaje się, że palenie tytoniu zwiększa ryzyko wystąpienia nowotworu wynikające z narażenia na radon na poziomie populacji.

Palenie biernie jest uważane za trzecią, po nadużywaniu alkoholu i aktywnym paleniu papierosów, przyczynę śmierci, której można uniknąć. W związku z istniejącymi obecnie zakazami palenia w miejscach publicznych, na biernie wdychanie dymu tytoniowego jesteśmy najbardziej narażeni we własnych domach, jeśli mieszkamy z osobą aktywnie palącą. Osoba codziennie wdychająca biernie dym tytoniowy ma wyższe o 15 % ryzyko zgonu w porównaniu do osoby, która nie przebywa z osobami palącymi czynnie.

**Osoby biernie wdychające dym tytoniowy również pochłaniają wspomniane wcześniej pierwiastki promieniotwórcze zawarte w tytoniu, w tym radon,** gdyż, co najmniej połowa z tych izotopów ulatnia się do otoczenia. Uważa się, że dzieci są 1,5-2 razy bardziej wrażliwe na działanie wdychanego radonu i jego pochodnych niż osoby dorosłe. Badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii wykazały, że narażenie na radon w pomieszczeniach powoduje 1100 zgonów na raka płuc rocznie u palaczy i byłych palaczy.

***Zadbaj o zdrowie swoje i domowników!***

***Rzuć palenie!***