

Radon jest gazem promieniotwórczym powszechnie występującym naturalnie w środowisku: w podłożu gruntowym, wodzie i powietrzu. Powstaje w wyniku promieniotwórczego rozpadu radu, który z kolei tworzy się w wyniku rozpadu uranu. Jako gaz może łatwo się przemieszczać i wchodzić w kontakt z człowiekiem, w szczególności dostawać się do płuc wraz z wdychanym powietrzem. Mimo, że rozpada się emitując cząstki alfa (których przenikliwość jest bardzo mała) bezpośredni kontakt z płucami może stanowić zagrożenie dla zdrowia, w szczególności zwiększać ryzyko rozwoju nowotworu płuc. Radon dzięki permanentnej migracji do atmosfery jest stałym, choć śladowym, obok innych gazów szlachetnych, składnikiem powietrza. O ile w otwartej przestrzeni jego stężenie jest bardzo małe, w zamkniętych, źle wietrzonych pomieszczeniach, do których przedostaje się z podłoża gruntowego, jego poziom rośnie, co może prowadzić do negatywnych skutków zdrowotnych. Ryzyko narażenia na radon może wystąpić m.in. w miejscu zamieszkania, miejscu pracy oraz w budynkach o mieszanym przeznaczeniu. Szczególnie wysokie poziomy stężenia radonu występują na terenach, na których gleba i skały są bogate w uran.

### **Obowiązujące regulacje prawne dotyczące aspektów związanych z radonem**

Problematyka narażenia na radon jest przedmiotem regulacji zawartej w **Dyrektywie Rady 2013/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiającej podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego oraz uchylającej dyrektywy 89/618/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom (Dz. Urz. UE L 13 z 17.01.2014 str. 1, z późn. zm)**. W ślad za tą Dyrektywą, ukazała się ustawa z dnia 13 czerwca 2019 r. o zmianie ustawy Prawo atomowe oraz ustawy o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U z 2019 r., poz. 1593), uwzględniająca jej zalecenia.

**Najistotniejszymi przepisami w ustawie z dnia 29 listopada 2000 r. - Prawo atomowe (Dz.U. 2021 poz. 1941) dotyczącymi radonu są artykuły 23b i 23c.**

W artykule 23b ww. ustawy ustalony został poziom odniesienia dla średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu w miejscach pracy wewnątrz pomieszczeń oraz w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi w wysokości  $300 \text{ Bq/m}^3$  (bekereli na metr sześcienny).

Natomiast artykuł 23c ustawy Prawo atomowe określa, że *kierownicy jednostek zapewniają pomiar stężenia radonu lub stężenia energii potencjalnej alfa krótkożyłowych produktów rozpadu radonu w jednostkach wykonujących działalność. Dotyczy to miejsc pracy:*

- *zlokalizowanych wewnątrz pomieszczeń na poziomie parteru lub piwnicy na terenach, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu w znacznej liczbie budynków może przekroczyć poziom odniesienia, o którym mowa w art. 23b,*
- *pod ziemią,*
- *związanych z uzdatnianiem wód podziemnych.*

Zapisy dotyczące ochrony przed promieniowaniem jonizującym znajdują się także w **Kodeksie pracy z dnia 26 czerwca 1974 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 1320, z późn. zm.)**. W art. 223 § 1 k.p. stwierdza się iż, *pracodawca jest obowiązany chronić pracowników przed promieniowaniem jonizującym, pochodzącym ze źródeł sztucznych i naturalnych, występujących w środowisku pracy.*

Natomiast w art. 223 § 2 k.p. zapisano, że *dawka promieniowania jonizującego pochodzącego ze źródeł naturalnych, otrzymywana przez pracownika przy pracy w warunkach narażenia na to promieniowanie, nie może przekraczać dawek granicznych, określonych w odrębnych przepisach dla sztucznych źródeł promieniowania jonizującego.*

Kwestie dotyczące działalności obejmującej sprawę projektowania, budowy oraz utrzymania obiektów budowlanych oraz zasad działania organów administracji publicznej w tych dziedzinach normuje **ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane** (Dz. U. z 2020 r. poz. 1333, z późn. zm.). Do podstawowych obowiązków organów administracji architektoniczno-budowlanej i nadzoru budowlanego należy nadzór i kontrola nad przestrzeganiem przepisów prawa budowlanego, w szczególności w zakresie zapewnienia warunków bezpieczeństwa ludzi i mienia w rozwiązaniach przyjętych w projektach budowlanych, przy wykonywaniu robót budowlanych oraz utrzymywaniu obiektów budowlanych, a także w zakresie zapewnienia stosowania przy wykonywaniu robót budowlanych wyrobów, jeżeli wyroby te zostały wprowadzone do obrotu lub udostępnione na rynku krajowym zgodnie z przepisami odrębnymi, a w przypadku wyrobów budowlanych - również zgodnie z zamierzonym zastosowaniem.

Problematyka bezpieczeństwa wyrobów budowlanych, stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi w zakresie występowania w nich wybranych pierwiastków

została uregulowana w **rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2021 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228** w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz. U. z 2021 r. poz. 33).

Na podstawie przepisów Prawa atomowego wydano następujące rozporządzenie dotyczące problematyki narażenia na radon: **Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (Dz. U. 2020 poz. 1139)**. Rozporządzenie wymienia 27 powiatów, w których istnieje możliwość przekroczenia poziomu odniesienia średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w pomieszczeniach tj.  $300 \text{ Bq/m}^3$ .

Ponadto, na podstawie art. 23f ust. 4 ustawy Prawo atomowe ogłoszono **Obwieszczenie Ministra Zdrowia w sprawie ogłoszenia Krajowego planu działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy (M. P. 2021, poz. 169)**. Realizacja zapisów zawartych w tym obwieszczeniu ma na celu ograniczenie ryzyka negatywnego wpływu radonu na zdrowie ludzi.

### **Krótkie informacje dotyczące radonu - m.in. w jaki sposób radon może przedostawać się do budynku**

Głównym źródłem radonu w pomieszczeniach jest podłoże gruntowe; mniejsze ilości pochodzą z wody gruntowej i materiałów budowlanych. Radon jest gazem niewidocznym, bez zapachu i smaku oraz łatwo rozpuszczalnym w wodzie i niektórych rozpuszczalnikach organicznych. Jako gaz ma zdolność przemieszczania się, a względnie długi okres połowicznego rozpadu (3,8 dnia) umożliwia mu wędrówkę w środowisku od miejsca powstania do powietrza atmosferycznego lub przestrzeni zamkniętych, takich jak: jaskinie, tunele, budynki, mieszkania itp.

Radon migruje na powierzchnię ziemi poprzez uskoki geologiczne, spękania i przepuszczalne gleby. Drogi wnikania radonu z gruntu do budynku to: spękania w fundamentach i podłodze,

złącza konstrukcyjne oraz nieszczelności wokół rur kanalizacyjnych, wszelkiego rodzaju nieszczelności fundamentów. Do przesłanek wskazujących na możliwość przekroczenia poziomu odniesienia dla średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu w budynkach należą m.in.: budowa geologiczna terenu, stężenie radu *Ra-226* w gruncie, stan techniczny budynków – stosowanie instalacji GWC (gruntowe wymienniki ciepła), rodzaj materiałów budowlanych i wykończeniowych zastosowanych w budynkach. Istotnym aspektem w powyższym zakresie jest również występowanie dyslokacji tektonicznych i struktur zwiększających przepuszczalność skał, np. zjawisk krasowych i stref intensywnej erozji i wietrzenia skał. Źródłem radonu w pomieszczeniach mogą też być, choć w mniejszym stopniu, materiały budowlane oraz woda i gaz. Ponadto radon jest gazem cięższym od powietrza atmosferycznego, co powoduje, że może się gromadzić w różnego rodzaju pustkach (np. jaskiniach) i słabo wentylowanych pomieszczeniach (np. sztolnie, piwnice, podziemia, kopalnie).

Szczelność pomieszczeń, ich wentylacja, warunki pogodowe, a także przyzwyczajenia mieszkańców (częstość wietrzenia pomieszczeń) mają wpływ na stężenie radonu. Jako składnik wdychanego powietrza, ze względu na swoje właściwości promieniotwórcze, radon może mieć wpływ na zdrowie, dlatego istotne jest monitorowanie jego stężenia w budynkach, lokalach i pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi.

### **Informacje dotyczące celu i znaczenia przeprowadzania pomiarów radonu w budynkach, lokalach i pomieszczeniach, przeznaczonych na pobyt ludzi**

Zasadniczym celem przeprowadzania pomiarów radonu, określonym w Krajowym planie działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy, jest wyznaczenie poziomu stężenia radonu dla określenia stopnia narażenia radiologicznego pochodzącego od tego izotopu.

Minister Zdrowia we współpracy z Głównym Inspektorem Sanitarnym określił w **Krajowym planie działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy** cele szczegółowe przeprowadzania pomiarów radonu jako:

- wskazanie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia  $300 \text{ Bq/m}^3$  – na terenach tych podejmowane są działania przewidziane w ustawie;
- ustalenie budynków, lokali i pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi, w których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu może przekraczać poziom odniesienia  $300 \text{ Bq/m}^3$  - w odniesieniu do tych miejsc powinny być podejmowane działania mające na celu minimalizację zagrożeń przed ryzykiem negatywnego wpływu radonu na zdrowie ludzi;
- ograniczenie ryzyka wystąpienia nowotworu płuc u osób palących, w związku z narażeniem tych osób na radon występujący w środowisku;
- promowanie działań mających na celu ograniczenie ryzyka negatywnego wpływu radonu na zdrowie, w związku z narażeniem ludzi na radon występujący w środowisku;
- określenie wpływu radonu występującego w środowisku na zdrowie publiczne.

Prowadzenie pomiarów ma fundamentalne znaczenie dla edukacji społeczeństwa, szczególnie na terenach, gdzie istnieje ryzyko narażenia na zwiększone promieniowanie jonizujące powodowane przez radon w miejscach pracy, budynkach, lokalach i pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi, w kontekście minimalizacji zagrożenia dla zdrowia.

**Informacje dotyczące zagrożeń zdrowotnych, w związku z występowaniem radonu, w podwyższonych wartościach, na organizm człowieka, w tym zagrożenia zdrowotne dla osób palących oraz niepalących**

Problem występowania radonu i jego potencjalne skutki zdrowotne wymagają szerokiego rozpropagowania wśród społeczeństwa. Należy prowadzić edukację ludności w zakresie zagrożeń dla zdrowia spowodowanych przez radon, również w kontekście palenia tytoniu na

terenach, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia, wskazanych w rozporządzeniu wydanym na podstawie art. 23c ust. 7 ustawy Prawo atomowe.

Ważnym elementem edukacji społeczeństwa jest upowszechnianie informacji znajdujących się w Krajowym planie działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy.

Pomocnym w realizacji zwiększenia ochrony przed radonem będzie informowanie o znaczeniu i możliwościach prostych i efektywnych kosztowo pomiarów poziomów aktywności radonu w pomieszczeniach. Ważnym jest również przekazywanie wskazówek, dzięki którym można przeciwdziałać występowaniu zwiększonych stężeń aktywności radonu, poprzez zastosowanie określonych reguł behawioralnych, zmian zasad budowlanych lub innych środków. Istotnym elementem poprawy warunków życia jest promowanie działań na rzecz zapewnienia należytej wentylacji w pomieszczeniach pracy i innych pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi.

Powszechne występowanie radonu powoduje, że praktycznie każdy człowiek oddycha powietrzem z radonem i zawieszonymi w nim aerozolami promieniotwórczymi. Układ oddechowy człowieka można podzielić na trzy części: część nosowo-gardłową, część tchawiczo-oskrzelową i część pęcherzykowo-mięszową. Po okresie rzędu sekundy gazy, a więc i radon, usuwane są na zewnątrz organizmu. Aerozole promieniotwórcze pozostają natomiast osadzone na powierzchni nabłonka oskrzeli i w części pęcherzykowo-mięszowej układu oddechowego. Pozostają one tam wystarczająco długo, aby wszystkie krótkożyciowe produkty rozpadu radonu uległy rozpadowi. Pył, a więc i aerozole promieniotwórcze, które przeniknęły do pęcherzyków płucnych zostają pochłonięte przez makrofagi płucne i wraz z nimi są częściowo eliminowane do dróg oddechowych, a częściowo do regionalnych węzłów chłonnych. Dzięki właściwościom samooczyszczania płuc, tylko niewielka część wdychanego pyłu, bo około 5% zostaje zatrzymana w układzie oddechowym. Proces ten jest jednak na tyle powolny, że jedynie ołów ( $^{210}\text{Pb}$ ), również promieniotwórczy o czasie połowicznego rozpadu równym 22,3 lat ma szansę być częściowo wydalony z organizmu. Tak więc zasadniczy udział w dawce dla układu oddechowego ma rozpad krótkożyciowych pochodnych radonu.

Głównym skutkiem występowania podwyższonych stężeń radonu w pomieszczeniach są choroby nowotworowe układu oddechowego. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) i Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (EPA) ekspozycja na radon jest drugą, po paleniu przyczyną rozwoju raka płuc w populacji. Uznaje się, że połączenie palenia tytoniu i wysokiego narażenia na radon powoduje znacznie wyższe ryzyko wystąpienia raka płuc u pojedynczej osoby niż każdy z tych czynników z osobna. Ryzyko wystąpienia raka płuc u palaczy narażonych na działanie radonu jest ok. 6-10 razy wyższe niż w przypadku osób niepalących. Dodatkowo zwiększone ryzyko zapadalności na nowotwór płuc, w przypadku narażenia na radon, dotyczy biernych palaczy.

**Informacje dotyczące minimalizacji zagrożeń w związku z podwyższonymi wartościami średniorocznego stężenia radonu wraz ze wskazaniem prostych i nisko kosztowych metod zmniejszenia stężenia radonu w pomieszczeniach.**

Radon należy do naturalnie występujących pierwiastków promieniotwórczych więc całkowite jego wyeliminowanie z procesu oddychania człowieka nie jest możliwe.

W celu zastosowania odpowiednich środków zaradczych w domach o znacznie podwyższonym stężeniu radonu w pierwszej kolejności należy ustalić źródło oraz drogę przenikania radonu do wnętrza pomieszczenia.

Zmniejszenie poziomu stężenia radonu w pomieszczeniach możliwe jest w drodze działań polegających na zwiększeniu szczelności materiałów budowlanych i zmniejszeniu retencji radonu, wyposażeniu domów w specjalne systemy usuwania lub wentylacji powietrza. Np. pokrycie ścian tynkiem cementowo-wapiennym i podwójną warstwą farby olejnej zmniejsza współczynnik ekshalacji radonu o ok. 75%, farba emulsyjna – o ok. 35%, a farba klejowa – o ok. 20%. Skuteczną metodą obniżenia stężenia radonu w domach jest radykalne zmniejszenie prędkości wnikania radonu z podłoża przez uszczelnienie pęknięć w fundamentach, szczelin w okolicach rur i wszelkich innych nieszczelności, przez które może przedostawać się gaz (w tym m.in. radon) z podłoża do wnętrza budynku.

Najprostszą i najtańszą metodą zmniejszenia stężenia radonu w pomieszczeniach jest częste ich wietrzenie. Metodą obniżenia stężenia radonu w domu jest również mikrowentylacja, która powoduje, że zarówno ciśnienie powietrza, jak i stężenie radonu wewnątrz pomieszczenia zrównuje się z ciśnieniem atmosferycznym i stężeniem radonu na zewnątrz.

Można podjąć także inne działania, przynoszące długofalowe efekty, jednak wiąże się to z koniecznością poniesienia określonych nakładów finansowych.

W istniejących budynkach, można wykonać uszczelnianie fundamentów i zastosować systemy wentylacyjne zapobiegające przedostawaniu się radonu do wnętrza budynków takie jak:

- studnia radonowa - metoda polega na wysysaniu powietrza glebowego spod budynku;
- poduszka powietrzna - metoda polega na wpompowywaniu powietrza z wnętrza budynku pod jego fundamenty;
- instalacja nawiewna z poddasza - metoda polega na zwiększeniu ciśnienia w budynku, co w konsekwencji zmniejsza wpływ efektu kominowego. Efekt kominowy powstaje np. przy otwarciu okna na poddaszu co może spowodować „zassanie” radonu np. z piwnicy lub parteru.
- wentylacja przestrzeni podpodłogowej;
- depresja podpodłogowa - metoda polega na wykonaniu w piwnicy lub pod budynkiem studzienki, w której montuje się wentylator wytwarzający podciśnienie. Taki układ (pułapka radonowa) wysysa radon z przestrzeni pod budynkiem.

Dodatkowo istnieje możliwość wymiany gruntu wokół budynku na grunt zawierający mniej izotopu radu przy równoczesnym zastosowaniu izolacji.

Ponadto należy podkreślić, że jeszcze na etapie planowania inwestycji można określić tzw. „potencjał radonowy” terenu przeznaczonego pod budowę. Na wskazanym terenie dokonuje się pomiaru stężenia radonu w podłożu i określa stopień jego ekshalacji z gruntu. W wyniku przeprowadzonej analizy, można podjąć decyzję o zastosowaniu specjalnej konstrukcji fundamentów ze wzmocnionymi krawędziami, zapobiegającej nieszczelnościom między płytą a ścianami, którymi radon może wnikać do wnętrza. W skrajnych przypadkach istnieją wskazania do zmiany lokalizacji planowanej budowy. Wskazana jest także kontrola materiałów budowlanych pod kątem zawartości radu.