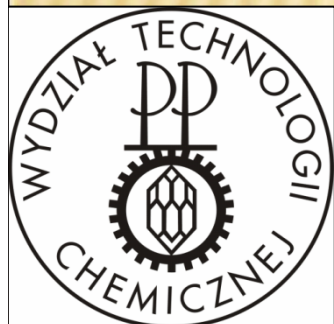


Pierwiastki promieniotwórcze w materiałach budowlanych

XVII Konferencja Inspektorów Ochrony Radiologicznej
Skorzęcin 11-14.06.2014



dr Wiesław Gorączko
Politechnika Poznańska
Inspektor Ochrony Radiologicznej
Edukator Energetyki Jądrowej
Polskie Towarzystwo Nukleonicy



Radioaktywność jest zjawiskiem naturalnym i jeżeli jej wielkość nie przekracza dopuszczalnego poziomu nie stanowi zagrożenia.



Wszystkie materiały budowlane pochodzenia mineralnego zawierają naturalne pierwiastki promieniotwórcze, z których istotne znaczenie w środowisku mieszkalnym mają: potas ^{40}K , pierwiastki szeregu uranowo-radowego (uran, rad, radon) oraz szeregu torowego (tor, toron).

Zagrozenie radiacyjne może występować wewnątrz jak i na zewnątrz budynków.

Hałdy odpadów przemysłowych jak popioły lotne z węgla kamiennego czy żużle paleniskowe i hutnicze wykazują znaczną zawartość naturalnych pierwiastków promieniotwórczych.

Wiele odpadów znalazło zastosowanie w produkcji materiałów budowlanych. Są stosowane do wykonywania podbudowy dróg i ulic, ale również przy produkcji niektórych cementów czy materiałów ściennych.



Zgodnie z obowiązującymi przepisami materiały budowlane stosowane do wznoszenia budynków powinny mieć ograniczoną zawartość naturalnych izotopów promieniotwórczych.

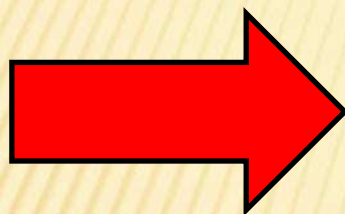
Wymagania dotyczące poziomu promieniowania materiałów budowlanych określają

Prawo budowlane

Prawo atomowe



Ich stężenie określane jest dwoma współczynnikami



Wskaźnik aktywności f_1 określa zawartość naturalnych izotopów promieniotwórczych, obliczany ze wzoru:

$$f_1 = \frac{S_K}{3000} + \frac{S_{Ra}}{300} + \frac{S_{Th}}{200}$$

S_K , S_{Ra} i S_{Th} – wartości stężeń potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{228}Th
w [Bq/kg]

Wskaźnik aktywności f_2 który określa zawartość radu ^{226}Ra



$$f_2 = S_{\text{Ra}}$$

Współczynnik f_2 informuje o stopniu narażenia nabłonka płuc na skutki promieniowania alfa radonu ^{222}Rn i jego pochodnych.

Wyżej wymienione współczynniki kwalifikacyjne nie mogą być większe niż: $f_1 \leq 1,2$ oraz $f_2 \leq 240 \text{ Bq/kg}$

f_1 [Bq/kg]	f_2 [Bq/kg]	Materiały
1	200	surowce i materiały budowlane stosowane w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego
2	400	odpady przemysłowy stosowane w obiektach budowlanych naziemnych wznoszonych na terenach zabudowanych lub przeznaczonych do zabudowy oraz niwelacji takich terenów
3,5	1000	odpady przemysłowe stosowane w częściach naziemnych obiektów budowlanych niewymienionych w pkt. 2 oraz do niwelacji terenów niewymienionych w pkt. 2
7	2000	odpady przemysłowe stosowane w częściach podziemnych obiektów budowlanych o których mowa w pkt. 3, oraz w budowlach podziemnych (tunelach kolejowych i drogowych), z wyłączeniem odpadów przemysłowych wykorzystywanych w podziemnych wyrobiskach górniczych
<p>Do budowy dróg, obiektów sportowych, rekreacyjnych zapewnia się, przy zachowaniu wymaganych wartości wskaźników f_1 i f_2, obniżenie mocy dawki pochłoniętej na wysokości 1 m nad powierzchnią terenu, drogi lub obiektu do wartości nieprzekraczającej 0,3 mGy/h.</p>		

Wyroby budowlane dzieli się wg zawartości pierwiastków promieniotwórczych na trzy grupy

najniższa zawartość

**cegła silikatowa, beton komórkowy
produkowany na bazie piasku**

średnia zawartość

**beton lekki z kruszywem
keramzytowym**

podwyższona zawartość

**cegła ceramiczna wypalana z gliny,
żuzłobeton i beton komórkowy
produkowany przy użyciu popiołów
lotnych**

Materiał budowlany	$f_1 < 1,2$ [Bq/kg]	$f_2 < 240$ [Bq/kg]
silikaty	0,16	20
beton komórkowy piaskowy	0,16	20
beton zwykły	0,22	24
keramzytobeton	0,36	32
ceramika	0,54	70
żuzłobeton	0,56	80
beton komórkowy popiołowy	0,60	90

Nie wolno wznosić budynków przeznaczonych na stały pobyt ludzi z materiałów, w których przekroczone są graniczne zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych.

W budownictwie istnieją przeróżne czynniki decydujące o narażeniu mieszkańców na promieniowanie jonizujące. Są nimi: miejsce posadowienia budynku, rodzaj konstrukcji oraz użyte materiały budowlane. Należałoby również rozważyć tutaj: wymianę powietrza w pomieszczeniu, ciśnienie atmosferyczne, a także rodzaj pokrycia ścian.

Rozpatrując trzy podstawowe rodzaje promieniowania przez pryzmat budownictwa obserwuje się



promieniowanie beta - rozpady pierwiastków promieniotwórczych zawartych w materiałach budowlanych; ze względu na nieznaczną przenikliwość, promieniowanie to jest w całości pochłaniane przez ściany i praktycznie nie stanowi źródła zagrożenia dla człowieka

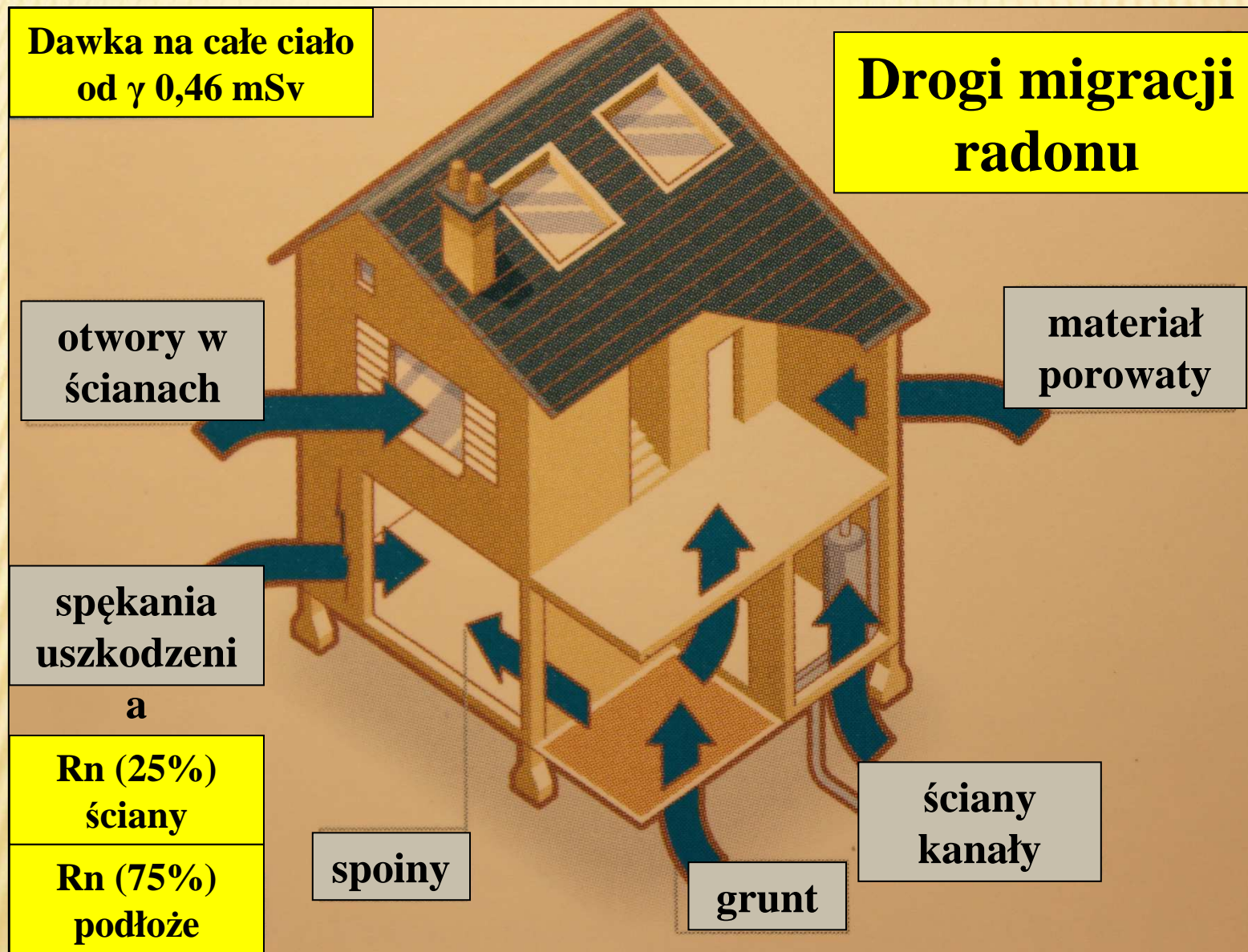


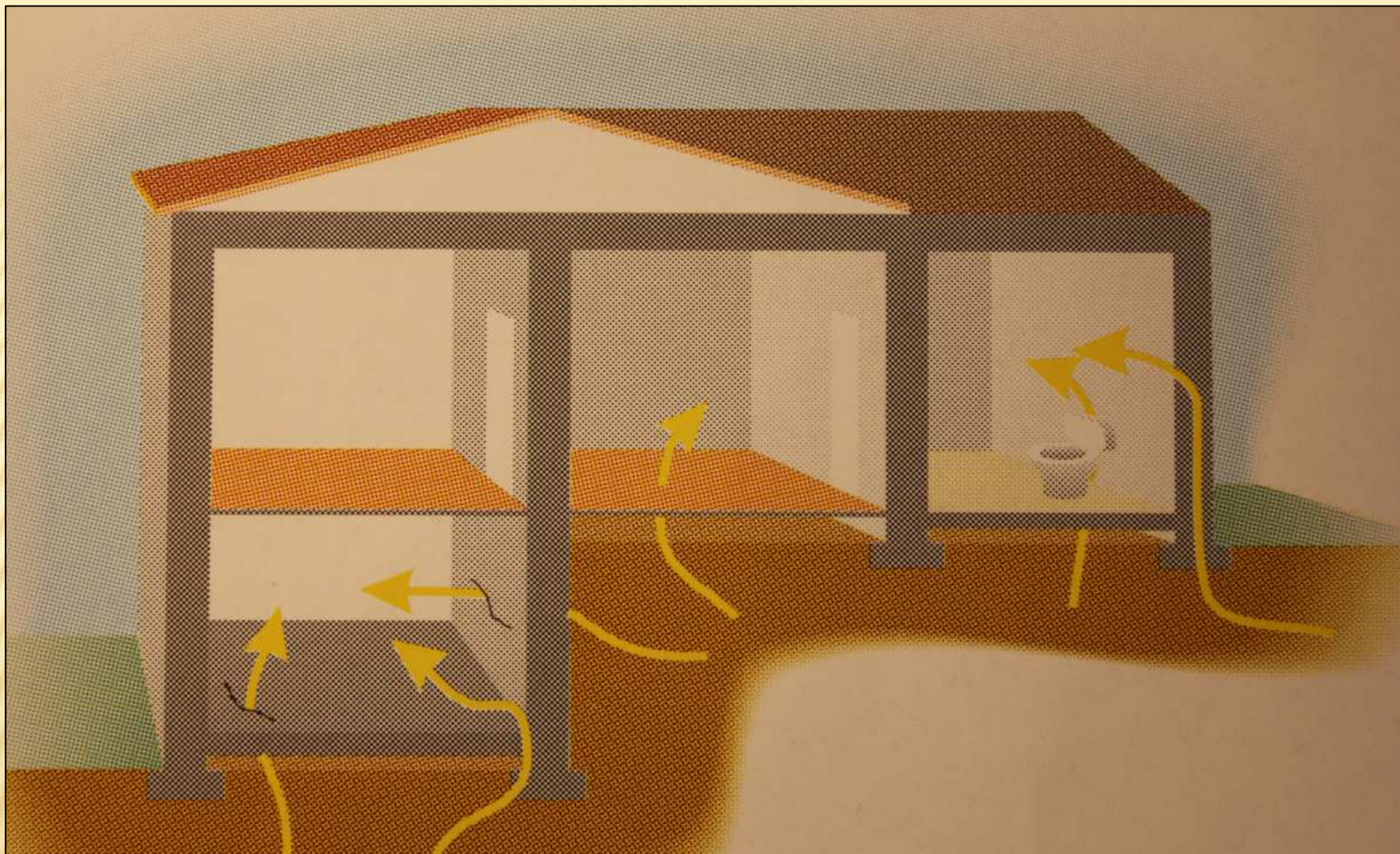
promieniowanie gamma - promieniotwórcze izotopy zawarte w materiałach budowlanych, gruncie, na którym posadowiono budynek oraz część promieniowania kosmicznego; bardzo przenikliwe, a jego ograniczenie jest praktycznie niemożliwe; konieczna jest kontrola pod względem zanieczyszczeń naturalnymi pierwiastkami promieniotwórczymi zarówno wyrobów budowlanych, jak i podłoża przeznaczonego pod zabudowę



promieniowanie alfa – rozpady pierwiastków promieniotwórczych szeregów uranowego i torowego, zawartych w materiałach budowlanych; najmniej przenikliwe; nieszkodliwe; może wnikać do organizmu w wyniku wdychania radonu ^{222}Rn i toronu ^{220}Rn (napromienienie wewnętrzne i skażenie)

Źródła promieniowania w otoczeniu człowieka znajdującego się wewnątrz budynku i otrzymywane dawki





Radon łatwo przenika do pomieszczeń z podłoża, na którym posadowiono budynek (75% radonu pochodzi z podłoża budynku). Bez trudu dyfunduje ze ścian budynku do jego wnętrza (25% - pochodzi z materiałów budowlanych).

Radon i pochodne pochodzą głównie z gruntu oraz – w znacznie mniejszym stopniu – z materiałów budowlanych.

Źródło radonu wewnątrz budynku - wymiana powietrza co 1godzina

	Udział procentowy [%]
Podłoże gruntowe	77,9
Materiały budowlane	12,0
Powietrze atmosferyczne (zewnątrzne)	9,3
Woda	0,2
Gaz naturalny (ziemny)	0,6

Wielkość ekshalacji (wydobywania się) radonu z gruntu jest zależna od miejsca (rodzaj gleby, geologia podłoża) oraz od warunków atmosferycznych (ciśnienie, siła i kierunek wiatru, wilgotność, obecność pokrywy śnieżnej itp.)



Ilość i stężenie radonu w mieszkaniach nie zależy tylko od szybkości jego wnikania do wnętrza, ale również od prędkości usuwania go poprzez wentylację lub

wietrzenie

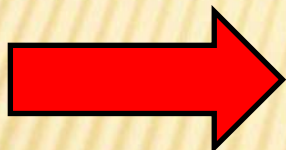
**Im częściej wietrzymy, tym lepiej i
...na pewno zdrowiej**

Średnie stężenie radonu w pomieszczeniach dobrze wietrzonych jest **tylko 2÷5 razy większe** od jego stężenia w powietrzu na zewnątrz, natomiast w pomieszczeniach **niewentylowanych 15 razy większe**. Stężenie radonu jest kilkakrotnie większe w pomieszczeniach, w których powietrze jest zanieczyszczone dymem tytoniowym.

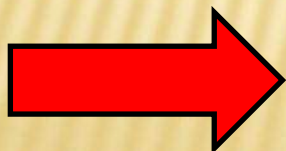
Zmniejszamy stężenie radonu w budynkach



wentylacja pomieszczeń (wywiewna i nawiewna)

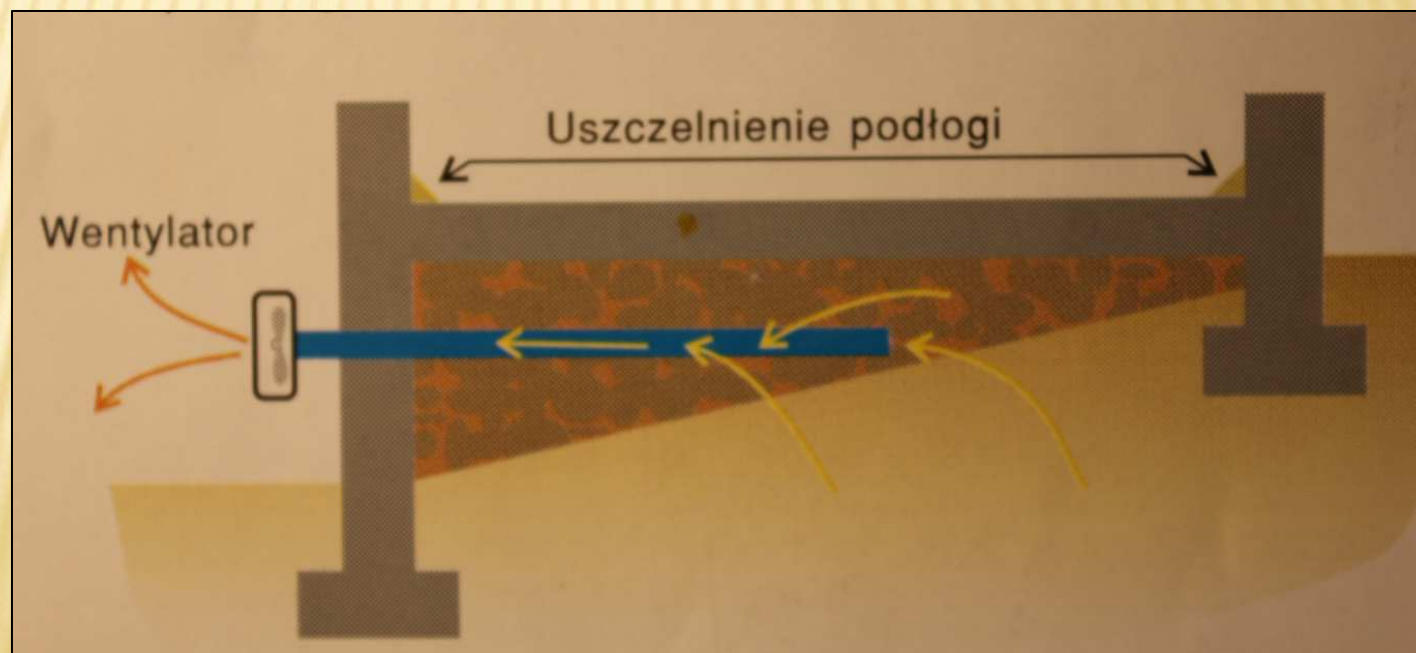
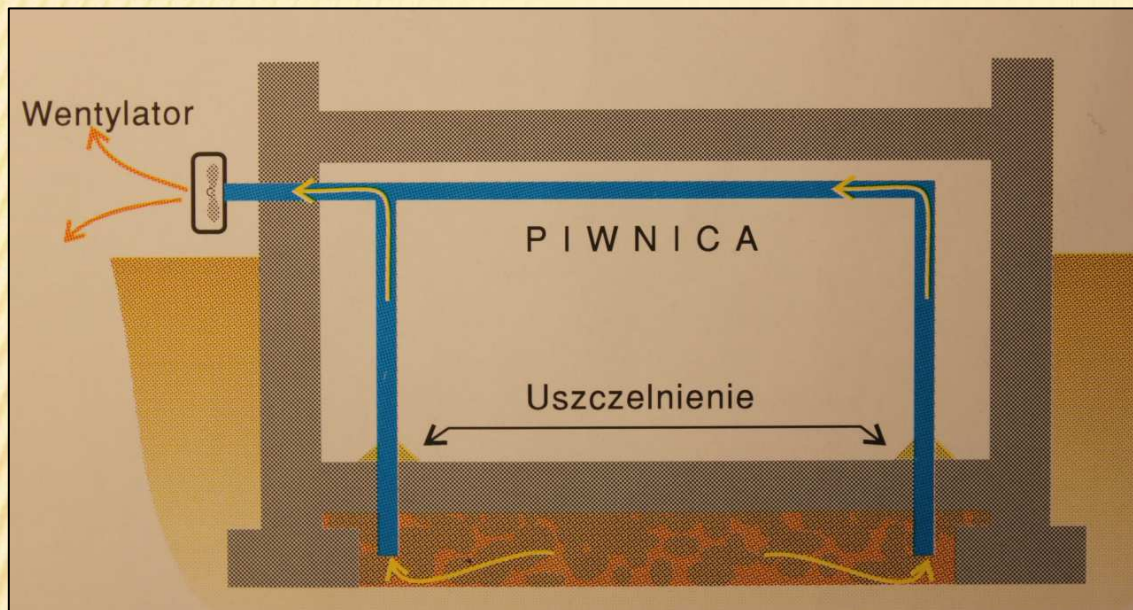


szczelna izolacja części podziemnych budynku i uszczelnienie otworów, pęknięć i szczelin. Podstawowymi materiałami stosowanymi do zabezpieczeń przed przenikaniem radonu do pomieszczeń mieszkalnych w budynkach są: folie z tworzyw sztucznych, materiały asfaltowe przeciwwodne i przeciwwilgociowe (lepiki, papy, masy), wyprawy i farby, zaprawy bezskurczowe, ekspansywne masy uszczelniające



obniżenie ciśnienia powietrza w podłożu pod budynkiem i w jego otoczeniu poprzez użycie przewodu ssącego umiejscowionego pod posadzką

Systemy usuwania nadmiaru radonu w budynkach



Zgodnie z wieloma aktami prawnymi (Prawo budowlane, Prawo atomowe) budynki przeznaczone na stały pobyt ludzi powinny spełniać warunki

dawka graniczna dla osób narażonych na oddziaływanie promieniowania z powodu stosowania wyrobów powszechnego użytku, emitujących promieniowanie nie powinna przekroczyć wartości 1mSv na rok, na całe ciało

budynek z pomieszczeniami przeznaczonymi na pobyt ludzi i zwierząt nie może być wykonany z materiałów budowlanych nie spełniających wymagań w zakresie określonych dopuszczalnych zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych

średnie wartości roczne stężenia radonu ^{222}Rn w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi nie mogą przekraczać: 200Bq/m³ w budynkach oddawanych do użytku po 1 stycznia 1998r. oraz 400Bq/m³ w budynkach istniejących.

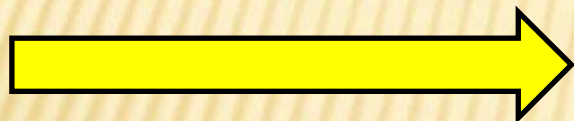
Wartości dopuszczalnych stężeń radonu wewnątrz budynków w różnych krajach

Kraj	Dopuszczalne stężenia w Bq/m ³	
	budynki istniejące	budynki wznoszone
Szwecja	400	140
Finlandia	400	200
Norwegia	400	200
Kanada	750	750
USA	150	150
Wielka Brytania	200	200
Niemcy	250	250
Irlandia	200	200
Czechy	400	200
Polska	400	200

Na podstawie wyników badań krajowe wyroby budowlane dzieli się na trzy grupy



materiały niskoaktywne – f_1 mniejszy od 35% wartości granicznej (beton komórkowy w technologii piaskowej, wyroby wapienno-piaskowe, gipsowe, wapienne, beton zwykły)



wyroby o podwyższonej aktywności - wyroby ceramiczne (cegły zwykłe), żużlobetonowe, beton komórkowy wykonywany w technologii popiołowej (cegła ceramiczna i żużlobeton mają podobne średnie wartości współczynnika $f_1 = 0,55$ oraz f_2 odpowiednio 56 i 69 Bq/kg.



materiały średnioaktywne - f_1 mniejszy od 60% wartości granicznej - wyroby z betonów lekkich zawierające kruszywo spiekane typu keramzyt

W Polsce problemy związane z oceną wyrobów budowlanych zostały rozwiązane i wprowadzone w życie, a system kontroli jest należnie egzekwowany

Średnie wartości współczynników f_1 i f_2 najczęściej spotykanych materiałów ściennych

Materiał budowlany	Masa 1 m ² ściany [kg]	Promieniotwórczość dopuszczalna		Orientacyjna promieniotwórczość 1 m ² ścian [Bq]
		$f_1 < 1,2$	$f_2 < 240$ [Bq/kg]	
Beton komórkowy piaskowy – bloczek klasy 600	142,73	0,16	20	2855
Bloczek silikatowy	332,64	0,16	20	6653
Ceramika – pustak UNI-MAX 250/220	228,00	0,54	70	15 960
Beton komórkowy popiołowy – bloczek klasy 600	142,73	0,56	80	11 419
Beton zwykły – bloczek fundamentowy	399,00	0,22	24	9576
Pustak z keramzytobetonu	213,41	0,36	32	6829
Beton komórkowy piaskowy – bloczek klasy 400	166,52	0,16	20	3330

Uwaga: grubość ścian wynosi 24 cm z wyjątkiem pozycji ostatniej, gdzie była równa 42 cm.

Najwyższy średni poziom radonu występuje w budownictwie drewnianym

Rodzaj materiału	Wartość średnia [Bq/kg]
Wielka płyta	47,0
Drewno	92,3
Beton komórkowy popiołowy	56,7
Beton komórkowy piaskowy	61,2
Cegła ceramiczna	86,2
Beton komórkowy/cegła ceramiczna	68,2

Ponieważ drewno nie jest źródłem radonu, nie materiał jest czynnikiem decydującym o podwyższonym stężeniu radonu, lecz grunt, na którym stoi budynek oraz łatwość infiltracji radonu z gruntu do wnętrza budynku

Radon

gaz szlachetny, naturalny pierwiastek promieniotwórczy – nie reaguje z innymi związkami. Niewidoczny, nie ma zapachu i smaku. Nie wpływa bezpośrednio na nasz organizm. Rozpada się, emitując cząstki alfa, na krótko żyjące pochodne, które następnie łączą się z aerozolami i wnikają do układu oddechowego. Ten proces może stanowić zagrożenie dla zdrowia w przypadku występowania wyższych stężeń radonu, a w konsekwencji jego pochodnych w pomieszczeniach, w których spędzamy większość czasu.

Dziękuję za uwagę

