

Jerzy Olszewski¹
Janusz Skubalski²

STĘŻENIE RADONU W WYBRANYCH BUDYNKACH MIESZKALNYCH NA TERENIE MIASTA ŁÓDZI

RADON CONCENTRATIONS IN SELECTED RESIDENTIAL BUILDINGS IN THE CITY OF ŁÓDŹ

¹ Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź
Zakład Ochrony Radiologicznej

² Uniwersytet Łódzki, Łódź
Katedra Fizyki Jądrowej i Bezpieczeństwa Radiacyjnego

STRESZCZENIE

Wstęp: Radon i produkty jego rozpadu występujące w powietrzu atmosferycznym są najważniejszym źródłem dawki, jaką otrzymuje człowiek z naturalnych źródeł promieniowania. Przyjmuje się, że w Polsce roczna skuteczna dawka od radonu zgromadzonego w budynkach wynosi około 1,36 mSv. W artykule przedstawiono wstępną analizę narażenia na radon mieszkańców dużego miasta. **Materiał i metody:** W ostatnim dziesięcioleciu pomiary stężenia radonu w powietrzu budynków były wykonywane trzy razy z użyciem detektorów śladowych CR-39 zamkniętych w kasecie NRPB. Pomiary te wykonywane były na parterze budynków. **Wyniki:** Analiza wykazała, że średnie roczne stężenie radonu w 1998/1999 roku wynosiło 89 Bq/m³, w 2008/2009 — 75 Bq/m³, a w 2005 — 52 Bq/m³. **Wnioski:** Przy założeniu, że człowiek przebywa w mieszkaniu około 5000 godzin rocznie, i przy użyciu współczynników konwersji dawka pochodząca od radonu dla badanych mieszkańców wzrosła z 0,9 mSv do 1,1 mSv i jest niższa od średniej dla ludności Polski. Med. Pr. 2011;62(1):31–36

Słowa kluczowe: radon, mieszkania, dawka skuteczna

ABSTRACT

Background: Radon and its decay products in the atmosphere are the most important contributors to human exposure from natural sources. In Poland, the total annual effective dose from indoor radon is 1.36 mSv. **Material and Methods:** Over the past twenty years, the measurements of radon concentration in the building indoor air were performed three times by the Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź, with the use of track detector CR-39 enclosed in NRPB cassette. Those measurements were taken in the ground floor of each building. **Results:** The average annual radon concentration was 89 Bq/m³ in 1998/1999; 75 Bq/m³ in 2008/2009; and 52 Bq/m³ in 2005. **Conclusions:** Assuming that a human spends at home about 5000 hours per annum and using suitable conversion factors, the dose from radon the inhabitants under study are exposed to varies from 0.9 to 1.1 mSv and it is lower than average dose for the Polish population. Med Pr 2011;62(1):31–36

Key words: radon, dwellings, effective dose

Adres autora: Zakład Ochrony Radiologicznej, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera,
ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź; e-mail: jolsz@imp.lodz.pl
Nadesłano: 16 kwietnia 2010
Zatwierdzono: 25 sierpnia 2010

WSTĘP

Promieniotwórczość jest nieodłącznym elementem naturalnego środowiska człowieka. Statystyczny mieszkaniec Polski otrzymuje rocznie ze wszystkich źródeł promieniowania dawkę skuteczną (efektywną) średnio 3,35 mSv, z czego 74,2% pochodzi od źródeł naturalnych (1). Znaczna część tej dawki (około 1,36 mSv/rok) jest spowodowana przez promieniotwórczy gaz radon. Radon w powietrzu atmosferycznym pochodzi głównie ze skorupy ziemskiej. Jako gaz

szlachetny łatwo migruje, np. przez środowisko gleby, dostając się do atmosfery lub bezpośrednio z gleby do budynków mieszkalnych. Źródła radonu w powietrzu wewnątrz statystycznie reprezentatywnego budynku (przy założeniu wymiany powietrza co godzinę podanego przez United Nations Scientific Committee w 1988 roku) przedstawiono w tabeli 1 (2).

Celem analizy danych przedstawionych w publikacji jest wstępna ocena narażenia na radon mieszkańców Łodzi.

Tabela 1. Procentowy udział źródeł radonu w przeciętnym domu (według United Nations Scientific Committee 1988) (2)
Table 1. Per cent contribution of radon sources at home (after United Nations Scientific Committee 1988) (2)

Źródło radonu Radon source	%
Podłoże budowlane (grunt) / Soil	77,9
Materiały budowlane / Construction materials	12,0
Powietrze atmosferyczne / Atmospheric air	9,3
Woda / Water	0,2
Gaz ziemny / Natural gas	0,6

METODY

W budynkach mieszkalnych na terenie Łodzi pomiary stężeń radonu wykonywane były przez Instytut Medycyny Pracy trzykrotnie w ostatnim dziesięcioleciu:

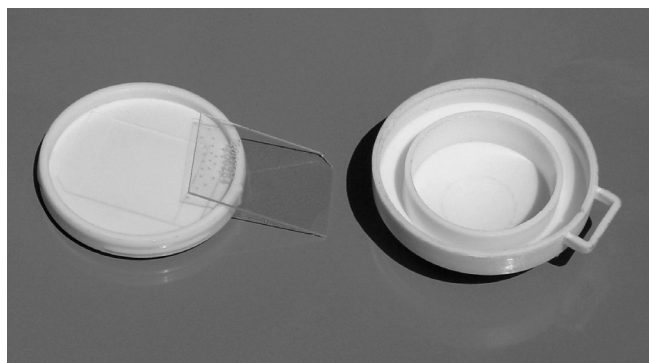
1. W okresie 01.07.1998–31.12.2000 w ramach tematu „Analiza możliwości oceny ekspozycji na radon za pomocą pomiaru zawartości ołowiu 2^{10}Pb w szybach”, nr projektu: 4P05D 069 16 (Komitet Badań Naukowych) — pomiary prowadzono w cyklach kwartalnych, rozmieszczając dozymetry w pomieszczeniach wybranych mieszkań.
2. W roku 2005 w ramach obchodów Światowego Roku Fizyki 2005 — w 7 mieszkaniach położonych na parterze umieszczano po jednym dozymetrze na okres pół roku.
3. W okresie 01.03.2008–01.03.2009 w ramach tematu „Sezonowe zmiany stężenia radonu w budynkach mieszkalnych” realizowanego przez Uniwersytet Medyczny w Białymstoku¹, nr wniosku N N506 1127 33, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi był jednym z wykonawców — w 8 mieszkaniach w Łodzi wykonano pomiary średnich stężeń radonu, umieszczając po 3 dozymetry w mieszkaniu na okres jednego miesiąca oraz w tych samych miejscach na okres 3 miesięcy.

We wszystkich pomiarach stosowany był dozymetr pasywny, zamknięty, typu NRPB z detektorem śladowym CR-39, a pomiary wykonane zostały w mieszkaniach usytuowanych na parterze budynków mieszkalnych.

Określenie ‘dozymetr pasywny’ oznacza, że rejestracja promieniowania następuje w sposób bierny,

bez użycia wspomagających urządzeń mechanicznych. Dozymetr pasywny składa się z detektora śladowego, który zamknięty jest w odpowiedniej kasecie dozymetrycznej.

Kaseta dozymetryczna (zamknięta typu NRPB) wykonana jest z tworzywa sztucznego (3). Istotną cechą konstrukcyjną jest to, że po jej zamknięciu poprzez mikroszczeliny dyfunduje do środka wyłącznie radon w formie gazowej (tzw. frakcji wolnej). Dzięki temu jest to miernik ekspozycji na radon. W przypadku znajomości dokładnego czasu ekspozycji można wyliczyć średnie stężenie radonu występujące w powietrzu w okresie przeprowadzania pomiaru. Dozymetr NRPB zaprezentowany jest na fotografii 1.



Fot. 1. Rozłożona kaseta dozymetryczna typu NRPB z detektorem CR-39.

Photo 1. Disassembled dosimeter cassette type NRPB with detector CR-39.

Podstawowe dane techniczne używanych detektorów typu CR-39 to:

- wymiary detektora: 2,7×3,9 cm.
- dolny próg detekcji: 20 kBq/m³,
- górny próg detekcji: 1 MBq/m³,
- niepewność pomiaru: ≤ 14%,
- powierzchnia analizowana: 192 mm²,
- tło własne detektora: 1,1 śl/mm².

Zasada działania detektora śladowego (np. typu CR-39) związana jest z powstawaniem mikrouszkodzeń w jego strukturze. Uszkodzenia te powstają na skutek oddziaływania cząstek alfa powstałych w czasie rozpadu radonu. Określenie ilości powstałych mikrouszkodzeń (czyli wyznaczenie ilości śladów przypadających na jednostkę powierzchni — gęstość śladów) prowadzi do wyznaczenia ekspozycji na radon, ponieważ ilość powstałych mikrouszkodzeń jest proporcjonalna do ekspozycji na radon. Wymaga to jednak przeprowadzenia odpowiedniego procesu wytrawienia detektorów oraz przeprowadzenia analizy optycz-

¹ Praca naukowa finansowana częściowo ze środków na naukę w latach 2007–2008 jako projekt badawczy N406112733.

nej. Z tego powodu po zakończeniu ekspozycji detektory CR-39 poddawane są obróbce chemicznej, która polega na ich wytrawieniu w 20% roztworze NaOH, w temperaturze 80°C, w czasie 18 godzin.

Analiza optyczna detektorów śladowych dokonywana jest za pomocą odpowiedniego systemu analizy obrazu będącego na wyposażeniu Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi (4). Warunkiem koniecznym otrzymania poprawnych wyników jest wykonanie tzw. wzorcowania detektorów śladowych. Procedury te wykonywane są w specjalistycznej komorze radonowej, również w ww. Instytucie.

WYNIKI

W tabelach 2.–4. zamieszczone są wyniki pomiarów stężeń radonu, które przeprowadzono w ramach wymienionych wcześniej badań. W tabeli 2. przedstawione są średnie roczne stężenia radonu zmierzone na przełomie lat 1999/2000 oraz zakres ich zmienności (w kwartalnym cyklu pomiarowym).

W tabeli 3. podane są wyniki pomiarów wraz z niepewnością pomiaru przeprowadzone w roku 2005.

W tabeli 4. przedstawiono średnie roczne wyliczone z pomiarów miesięcznych oraz zakres zmienności otrzymanych wyników w latach 2008/2009. Podano również średnią roczną dla wszystkich mieszkań.

Przedstawione poniżej 3 serie pomiarów okresowych stężeń radonu w jednym przypadku nie obejmowały jednego roku, a w dwu pozostałych roczne pomiary rozpoczęto w różnych miesiącach.

Tabela 2. Stężenia radonu na podstawie pomiarów wykonanych na przełomie lat 1999/2000*

Table 2. Radon concentrations based on 1999/2000 measurements*

Lp. No	Kod mieszkania Flat code	Stężenie radonu Concentration of radon [Bq/m ³]	
		średnia roczna annual mean 1999/2000	zakres zmienności range
1	K86	91	38–144
2	L68	90	53–134
3	P18	77	14–168
4	S56	115	61–166
5	S2	81	23–172
Razem / total		91	14–172

* Średnia roczna liczona jest od października 1999 r. do września 2000 r. / The annual mean has been calculated for the period from October 1999 until September 2000.

Tabela 3. Stężenia radonu na podstawie pomiarów wykonanych od maja do października 2005 roku
Table 3. Concentrations of radon based on measurements performed from May to October 2005

Lp. No	Kod mieszkania Flat code	Stężenie radonu Concentration of radon [Bq/m ³]
1	J4	60±5
2	J16	41±4
3	Ż12	65±6
4	P16	74±6
5	R14	70±6
6	M5	34±3
7	P1	22±2
Średnia (razem) / / Mean (total)		52 (22–74)

Tabela 4. Stężenia radonu na podstawie pomiarów wykonanych na przełomie lat 2008/2009

Table 4. Radon concentrations based on measurements performed in 2008/2009

Lp. No	Kod mieszkania Flat code	Stężenie radonu Concentration of radon [Bq/m ³]	
		średnia roczna annual mean 2008/2009	zakres zmienności range
1	Ż88	90	27–143
3	S33	77	31–114
4	S56	63	23–107
5	K86	70	23–142
6	D1	103	24–196
7	P4	62	34–106
8	P18	56	23–82
Razem / Total		75	23–196

W tabeli 5. porównano wyniki średnich stężeń radonu dla wszystkich badanych mieszkań w podobnych okresach pomiarowych oraz podano zakres zmienności wyników.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 5. średnie stężenia radonu w mieszkaniach położonych w budynkach na parterze w Łodzi w okresie maj–październik nie różnią się znacząco od siebie.

Przedstawione powyżej pomiary wykonane były na przestrzeni 10 lat i tylko podczas dwóch serii pomiarowych wykonano badania w trzech tych samych mieszkaniach.

W tabeli 6. zestawiono wyniki dla średnich rocznych z odpowiednich okresów pomiarowych dla tych mieszkań oraz zakres zmienności wyników.

Tabela 5. Zestawienie wyników okresowych pomiarów stężeń radonu wykonanych w mieszkaniach na terenie Łodzi
Table 5. Comparison of periodical measurements of radon concentrations performed in residential buildings in the city of Łódź

Lp. No	Mieszkania Flats n	Okres pomiaru Measurement period	Średnie stężenie radonu Mean concentration of radon [Bq/m ³]	Zakres zmienności Range
1	5	maj–wrzesień / May– September 2000	62	22–107
2	7	maj–październik / May– October 2005	52	22–74
3	7	maj–wrzesień / May– September 2008	50	23–102
		maj–październik / May– October 2008	60	23–196

Tabela 6. Zestawienie średnich rocznych stężeń radonu wykonanych dwukrotnie w trzech mieszkaniach na terenie Łodzi
Table 6. Comparison of mean annual radon concentration measurements performed twice in three residential buildings of the city of Łódź

Lp. No	Kod mieszkania Flat code	Numer pomiaru Measurement No	Okres ekspozycji Period of exposure	Stężenie radonu Concentration of radon [Bq/m ³]	
				średnia w danym okresie pomiarowym mean for specified measurement period	zakres zmienności range
1	K86	I	1999–2000	91	38–144
		II	2008–2009	70	23–142
3	P18	I	1999–2000	77	14–168
		II	2008–2009	56	23–82
4	S56	I	1999–2000	115	61–166
		II	2008–2009	63	23–107

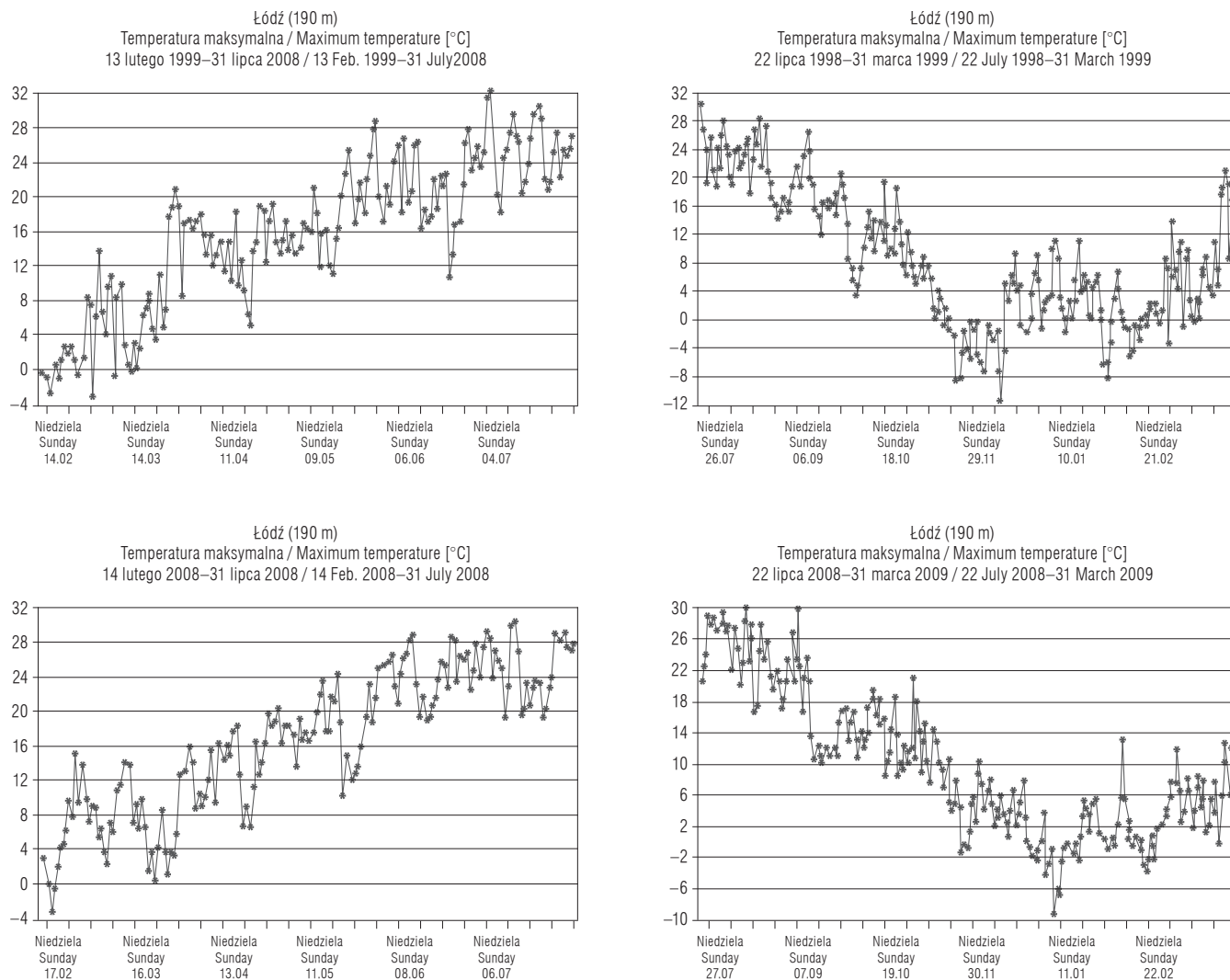
Na stężenie radonu w mieszkaniach największy wpływ ma wentylacja mieszkań. Sposób wentylowania mieszkań zależy od temperatury panującej na zewnątrz, a także od zwyczajów mieszkańców. Wpływ na stężenie radonu mogą mieć również zmiany techniczne przeprowadzone w budynkach, takie jak wymiana okien, ocieplenie budynku czy usprawnienie wentylacji.

Z przeprowadzonego wywiadu wynika, że pewne zmiany zaszły w dwóch mieszkaniach. W mieszkaniu oznaczonym P18 nastąpiła zmiana użytkowników, a w mieszkaniu S56 usprawniono system wentylacyjny.

Porównanie średnich stężeń radonu po 10 latach powinno być skorelowane z analizą temperatur, jakie panowały w okresach pomiarowych, ze względu na duże fluktuacje stężenia radonu w zależności od temperatury panujące na zewnątrz. Na rycinie 1. przedstawione są wykresy temperatur maksy-

malnych panujących na terenie miasta Łodzi w odpowiednich okresach pomiarowych w latach 1998–1999 i 2008–2009 (5). Przedstawione dane wskazują, że pod względem temperaturowym okresy badawcze były podobne. Tak więc temperatura nie powinna mieć wpływu na średnie roczne stężenia radonu w 3 mieszkaniach objętych pomiarami.

Porównanie średnich rocznych wskazuje, że w mieszkaniu nr K86 (tab. 6) stężenie radonu utrzymuje się na podobnym poziomie. W mieszkaniu P18 nastąpił lekki spadek średniego rocznego stężenia radonu, co można tłumaczyć zmianą postępowania mieszkańców. Z analizy zachowania lokatorów wynika, że z powodów rodzinnych utrzymują niższą temperaturę w mieszkaniu niż poprzednicy i intensywniej wentylują pomieszczenia. Największa zmiana zaszła w mieszkaniu S56 — można to wytłumaczyć przeprowadzoną modernizacją polegającą na dołożeniu dodatkowego ciągu wentylacyjnego.



Ryc. 1. Wykres zmian temperatury maksymalnej w obu rocznych okresach pomiarowych.
Fig. 1. Graph of maximum temperature fluctuations in both annual measurement periods.

WNIOSKI

Przeprowadzone pomiary średnich okresowych stężeń radonu w mieszkaniach w Łodzi wykazały, że średnie roczne stężenie tego pierwiastka na przełomie lat 1998/1999 znajdowało się na poziomie 91 Bq/m^3 , a w okresie 2008/2009 było na poziomie 75 Bq/m^3 . Średnie stężenie za pół roku w roku 2005 wyniosło 52 Bq/m^3 .

Przyjmując, że statystycznie w mieszkaniu przebywamy około 5000 godzin w roku (6), oraz stosując odpowiednie współczynniki konwersji (7), można oszacować, że średnia roczna dawka promieniowania — którego źródłem jest radon i jego pochodne — w pomieszczeniach mieszkalnych położonych na parterze zawiera

się w granicach $0,90\text{--}1,1 \text{ mSv}$. W roku 2008 statystyczny Polak otrzymał pochodzącą od radonu dawkę około $1,36 \text{ mSv}$ (1). Przedstawione wyniki wskazują więc, że narażenie mieszkańców Łodzi nie odbiega od średniej krajowej.

PIŚMIENNICTWO

1. Państwowa Agencja Atomistyki. Informacja Państwowej Agencji Atomistyki o stanie bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej w Polsce w roku 2008. *Bezpiecz. Jądr. Ochr. Radiol.* 2009;2(76):3–44
2. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 1988 — Sources, Effects and Risk of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly,

-
- with Annexes. Publication E.88. IX.7. United Nations. Committee, New York 1988
3. Gilvin P.J., Bartlett D.T.: Performance of a PADC radon dosimeter. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.* 1988;15(1-4): 571-576
 4. Kluszczyński D., Chruścielewski W., Olszewski J., Kamiński Z., Skalski H.: Wdrożenie nowego typu dozymetru z detektorem CR-39 oraz laboratoryjne porównanie różnych technik pomiarowych służących do oceny narażenia powodowanego przez ^{222}Rn i jego produkty rozpadu. Sprawozdanie z tematu IMP 17.2. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1996
 5. Weather Online. Prognoza pogody dla Polski i reszty świata [cytowany 13 września 2010]. Adres: <http://www.weatheronline.pl>
 6. Główny Urząd Statystyczny. Departament Statystyki Społecznej. Budżet czasu ludności Polski 1.VI.2003-31.V.2004. GUS, Warszawa 2005
 7. Państwowa Agencja Atomistyki. Międzynarodowe podstawowe normy ochrony przed promieniowaniem i bezpieczeństwa źródeł promieniowania. Agencja, Warszawa 1997