

Czy radon w naszych domach stanowi zagrożenie?

Józefina Turło

Pracownia Dydaktyki Fizyki, Instytut Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

Motto: *Nie uwierzysz, aż przemierzysz*

1. Wprowadzenie

Od niedawna wiemy, iż w ogólnym bilansie dawek promieniowania jonizującego, na jakie jesteśmy narażeni, największy udział ze wszystkich źródeł naturalnych ma szlachetny, ok. 7,5 razy cięższy od powietrza pierwiastek gazowy – radon [1-8]. Nazwą „radon” obejmuje się grupę 27 różnych izotopów o liczbie atomowej 86 i liczbie masowej od 200–226. Głównym przedstawicielem tej grupy izotopów jest radon, ^{222}Rn . Pochodzi on bezpośrednio od najbardziej rozpowszechnionego w przyrodzie izotopu radu, ^{226}Ra , który z kolei powstaje w wyniku naturalnego rozpadu promieniotwórczego uranu, ^{238}U . Naturalny rozpad toru, ^{232}Th , prowadzi do powstania izotopu radonu, ^{220}Rn – toronu, a promieniotwórczy aktyn, ^{235}Ac , zapoczątkowuje łańcuch przemian prowadzących do powstania aktynonu, ^{219}Rn .

Źródłem uranu i toru są najczęściej kwaśne skały magmowe oraz skały ilaste, zwłaszcza odmiany zasobne w substancje organiczne. Istotnym źródłem radonu mogą być również odpady antropogeniczne powstające podczas przeróbki surowców mineralnych oraz materiały budowlane wykonane z żużli i popiołów. Gdzie wobec tego możemy znaleźć promieniotwórczy radon?

— W glebie lub skałach, na których zbudowane są nasze domy;

— w materiałach budowlanych, wytworzonych z żużli i popiołów, pochodzących z terenów o dużej zawartości pierwiastków z szeregu uranowego;

— w odpadach antropogenicznych powstających podczas przeróbki surowców mineralnych;

— w wodzie pitnej, której ujęcia znajdują się na terenach o dużej zawartości pierwiastków pochodzących z łańcucha rozpadu promieniotwórczego uranu lub toru (następuje wówczas dyfuzja radonu do wody);

— w gazie ziemnym, doprowadzonym do mieszkań (ze względu na długą drogę gazu w rurociągu jest to jednak niewielki wkład);

— w tytoniu (papierosach);

— w źródłach geotermalnych;

— w rzekach przepływających przez tereny o dużej zawartości radonu (radon dyfunduje do wody rzecznej

i płynąc wraz z rzeką powoduje dodatkowe napromienienie pobliskich obszarów).

Jeżeli przyjmiemy, że statystyczny Polak otrzymuje rocznie ze wszystkich źródeł promieniowania dawkę równoważną ok. 3,5 mSv, w tym 80% od źródeł naturalnych, to przyczynę ok. 1,4 mSv, pochodzący od wdychania bądź wchłaniania z wodą promieniotwórczego radonu, jest najistotniejszy.

Okazuje się, że jeżeli pominiemy hipotetyczny, pozytywny efekt tzw. „hormozy radiacyjnej” [9,10], mającej miejsce w przypadku niewielkich dawek promieniowania jonizującego, duże stężenia promieniotwórczego radonu mogą być przyczyną zwiększonego prawdopodobieństwa zachorowań na choroby cywilizacyjne, w tym przede wszystkim na choroby nowotworowe płuc, górnych dróg oddechowych i białaczkę [11–14].

Zagrożenie dla naszego zdrowia może powodować przede wszystkim promieniotwórczy izotop radonu, ^{222}Rn , ponieważ jego okres półrozpadu z przemianą na promieniotwórczy polon ^{218}Po i jednoczesną emisją cząstek α wynosi aż 3,8 dni! (odkrycia tej przemiany dokonała nasza rodaczka Maria Skłodowska-Curie). Okresy półrozpadu $T_{1/2}$ dla pozostałych, wymienionych powyżej izotopów radonu wynoszą odpowiednio ok. 55 s i 4 s.

Z polonu, ^{218}Po , podczas kolejnych, naturalnych przemian promieniotwórczych powstają nowe, już nie gazowe pierwiastki promieniotwórcze, zwane pochodnymi radonu: ołów ^{214}Pb , bizmut ^{214}Bi i polon ^{214}Po oraz ołów ^{210}Pb , bizmut ^{210}Bi i polon ^{210}Po aż do otrzymania stabilnego ołowiu, ^{206}Pb . Mają one charakter jonowy, wobec czego łatwo osiadają na unoszących się w powietrzu, niewidocznych gołym okiem pyłach (np. dymie papierosowym, kurzu) i „przyklejają się” do przedmiotów, ścian, podłogi, sufitu, ekranu monitora TV itp., emitując jednocześnie promieniowanie α , β i γ .

Znajdujące się w powietrzu atomy radonu i jego pochodnych w czasie oddychania dostają się do oskrzeli i płuc, a powstające podczas ich rozpadu aktywne biologicznie cząstki α , wywołując jonizację we wnętrzu komórek, mogą doprowadzić do bezpośredniego uszkodzenia kwasów nukleinowych w jądrach komórkowych, a co

za tym idzie – do rozregulowania podstawowych funkcji komórki (synteza białek, w tym enzymów, zaburzenia podziału itp.). Zaburzenia te mogą się ujawnić, często po wielu latach, w postaci raka płuc.

Zwiększona zachorowalność na raka płuc u górników pracujących w kopalniach uranowych, gdzie stężenie radonu jest bardzo wysokie, i w kopalniach nie uranowych o podwyższonym stężeniu radonu została udokumentowana. Nie stwierdzono natomiast zwiększonego zagrożenia tą chorobą wśród górników dołowych kopalni soli, niklu i miedzi, gdzie koncentracja radonu jest niewielka. Badania wykazały ponadto, że rakotwórcze działanie radonu jest silnie wzmacniane paleniem tytoniu! Stopień zagrożenia zależy od całkowitej ilości radonu i jego pochodnych wchłoniętych w ciągu wielu lat życia.

Badania przeprowadzone w Anglii, Szwecji, Norwegii i USA wykazały, że znaczna część populacji w tych krajach otrzymuje od radonu w domach roczną dawkę promieniowania jonizującego przekraczającą dopuszczalną dawkę ustaloną przez międzynarodowe organizacje dla górników (20 mSv – w różnych krajach świata, 50 mSv w Polsce). W pomieszczeniu, w którym stężenie radonu wynosi 300 Bq/m³, mieszkańcy otrzymują rocznie większą dawkę niż wynosi średnia dawka otrzymywana przez górników uranowych. Jest to zrozumiałe, jeżeli przyjmiemy, iż 80% czasu spędzamy w pomieszczeniach (dom, biuro, szkoła, teatr itp.). Przy założeniu średniej długości życia wynoszącej 70 lat, dla średniego stężenia radonu w pomieszczeniach 50 Bq/m³ wzrost przypadków zachorowań na raka płuc można porównać z wynikającym z narażenia górników w kopalniach. Badania prowadzone w Norwegii wskazują, że ok. 10–30% przypadków raka płuc w tym kraju może być spowodowana przez radon w domach.

Z badań angielskich wynika, że radon może mieć również wpływ na występowanie białaczki. Związane jest to z łatwością rozpuszczania się radonu w tłuszczu, który wchodzi w skład czerwonego szpiku kostnego, odpowiedzialnego za tworzenie morfotycznych elementów krwi. Analiza danych sugeruje, że 6–12% przypadków białaczki w Anglii może być związanych z ekspozycją na radon w domach, charakteryzujących się stężeniem około 20 Bq/m³ [11–13].

Tak więc zainteresowanie zagrożeniem zdrowia powodowanym przez radon ²²²Rn w ostatnich 10 latach szczególnie wzrosło. Wiele organizacji zajmujących się ochroną zdrowia i środowiska postuluje zmniejszenie ryzyka powodowanego radonem występującym w glebie, wodzie, powietrzu oraz materiałach budowlanych. Obniżane są dopuszczalne limity stężenia radonu (w Bq/m³) w pomieszczeniach mieszkalnych (patrz np. Szwecja, Szwajcaria, Anglia w tab. 1 [4]). W Szwecji np. władze samorządowe są odpowiedzialne za wykonywanie bezpłatnych pomiarów w domach, podejrzanych o występowanie dużych wartości koncentracji radonu, a zezwolenie na nową budowę wydają dopiero po sprawdzeniu stężenia radonu w planowanym miejscu zabudowy.

Tabela 1. Dopuszczalne wartości koncentracji radonu w budynkach mieszkalnych (Bq/m³).

Kraj	Istniejące budynki	Nowe budynki
Finlandia	200	200
Niemcy	250	250
USA	150	150
Szwecja	400	140
Szwajcaria	1000	400
Anglia	200	80
Polska	400	200 (od 1.01.1998)

Edukacyjny projekt badawczy dla młodzieży RADONET

Rewolucja informatyczna w różnych dziedzinach działalności ludzkiej, w tym edukacji, trwa. Po etapach automatyzacji i informatyzacji (alfabetyzacji komputerowej oraz rozwoju metod i środków technologii informacyjnej), które wciąż trwają, nastąpiła „era komunikacji”. Rozwój telekomunikacji jest obecnie jednym z podstawowych czynników decydujących o charakterze i rozwoju naszej cywilizacji. Tak jak w erze intensywnego rozwoju przemysłu ważne było budowanie dobrej jakości dróg, tak dla „społeczeństwa informatycznego” coraz ważniejszym się staje, aby informacje uzyskiwać bardzo szybko, z właściwego źródła i wymieniać je natychmiast z innymi, czyli mieć dostęp do najlepszych światowych „dróg komunikacji elektronicznej”, tzn. do globalnych sieci komputerowych.

Organizacje rządowe i pozarządowe wielu krajów świata w coraz większym stopniu doceniają obecnie potencjał Internetu jako potężnego narzędzia w edukacji na różnych poziomach nauczania. Powstały międzynarodowe stowarzyszenia i fundacje, jak np. Web Society, CONCORDE Corporation, EARN, NASA, GLOBE, TERC czy Global SchoolNet Foundation, które promują pozytywne wzorce (standardy) wykorzystania możliwości Internetu w edukacji. Programy tego typu organizacji mają na celu zachęcenie ekspertów przedmiotowych i nauczycieli do twórczej działalności na rzecz proponowania i prowadzenia komputerowo wspomaganej zespołowej aktywności i współpracy uczniów różnych narodowości.

Wiele interesujących projektów o charakterze globalnym, mających na celu podniesienie świadomości ekologicznej dzieci, młodzieży i dorosłych, jest na świecie aktualnie realizowanych. Na uwagę zasługują osiągnięcia takich programów, jak GREEN (Global Rivers Environmental Education Network), SCIENCE ACROSS EUROPE [15] (zaproponowany przez Association for Science Education z Wielkiej Brytanii) czy GLOBE (Global Learning and Observation to Benefit the Environment). Ten ostatni program „światowych badań edukacyjnych”, w którym uczestniczą uczniowie, nauczyciele i naukowcy, obok kontynuacji badań zmian w zakresie fauny i flory, azotanów w łańcuchu pokarmowym oraz

stężenia ozonu przyziemnego i stratosferycznego, proponuje w najbliższym czasie projekty dotyczące badań zanieczyszczeń powietrza i skażenia środowiska promieniowaniem jonizującym.

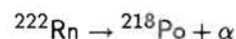
Biorąc to pod uwagę oraz merytoryczne, środowiskowe i prozdrowotne aspekty przedstawionego powyżej problemu radonowego, zaproponowaliśmy realizację w Polsce interdyscyplinarnego projektu badawczego pt. RADONET (od: RADON-NET).

Opracowany i zrealizowany przez nas Projekt stworzył możliwość włączenia się naszych uczniów (dzięki wykorzystaniu Internetu) do międzynarodowych badań dotyczących pomiarów promieniowania jonizującego w środowisku człowieka i jednocześnie zapoczątkował tworzenie bazy danych uczniowskich wyników pomiarów koncentracji radonu z terenu całej Polski. Założyliśmy, że po realizacji projektu uczniowie, nawet już w wieku lat 13–15, dzięki samodzielnym badaniom koncentracji radonu w powietrzu własnego domu, w wodzie, którą piją, czy też w bezpośrednim otoczeniu używanego przez nich monitora TV lub komputera będą potrafili odpowiedzieć na poniższe pytania:

- Jakie źródła promieniowania jonizującego znajdują się wokół nas?
- Skąd się bierze radon w środowisku człowieka, jak można zmierzyć jego stężenie (koncentrację) w powietrzu, w wodzie i glebie?
- Jak wielkość koncentracji radonu i jego pochodnych zależy od natężenia pola elektrycznego i elektromagnetycznego w miejscu pomiaru?
- Co możesz powiedzieć o właściwościach radonu?
- Który z promieniotwórczych izotopów radonu może stanowić szczególne zagrożenie dla naszego zdrowia i dlaczego?
- Jakie są drogi wnikania radonu do domów?
- W jaki sposób radon dostaje się do naszego organizmu?
- Jak zinterpretujesz lokalne dane stężenia radonu i jakie wnioski możesz z tego wyciągnąć?
- Jak możemy zmniejszyć ryzyko narażenia zdrowia z powodu podwyższonej koncentracji promieniotwórczego radonu?
- Jak możemy zmniejszyć poziom koncentracji radonu wewnątrz budynków?
- Dlaczego dopuszczalne dawki koncentracji radonu w budynkach różnią się w różnych krajach?
- Dlaczego ludzie godzą się ze znacznym zagrożeniem powodowanym przez radon, podczas gdy podejmują działania mające na celu zmniejszenie innych zagrożeń, które nie są tak duże?
- Dlaczego tylko w niewielu domach w naszym kraju zbadano poziom koncentracji radonu?

3. Metoda badawcza

Pomiar promieniowania α emitowanego podczas reakcji promieniotwórczego rozpadu



jest możliwy przy użyciu wielu metod. Najbardziej znane z nich wykorzystują impulsowe lub elektretowe komory jonizacyjne, detektory scyntylacyjne, spektrometry α z diodami Si, bariery powierzchniowe lub dyfuzyjne detektory złączowe, a także rejestrację śladów cząstek α w materiałach ciał stałych (metoda pasywna).

Do pomiarów koncentracji radonu w powietrzu pomieszczeń mieszkalnych uczniów z terenu 13 byłych województw naszego kraju (których wyniki zamieszczamy w tej pracy), zastosowano metodę analizy śladów cząstek α pozostawionych na wykonanych z tworzywa sztucznego CR-39 płytkach TASTRAK. Metoda ta została opracowana i wdrożona do praktyki edukacyjnej dzięki wsparciu Ministerstw Edukacji, Zdrowia i Ochrony Środowiska Wielkiej Brytanii w 1988 roku [16–21]. Podobne badania na dużą skalę prowadzili również uczniowie węgierscy [22,23].

Projekt RADONET [24] realizowało 35 nauczycieli i ok. 1000 uczniów w okresie od 12 kwietnia do 14 czerwca 1997 roku. Koordynatorami projektu byli pracownicy i studenci wykonujący prace magisterskie w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu, gdzie wytrawiano płytki przesłane po ekspozycji, zliczano ślady i obliczano odpowiednie stężenia radonu. Proste detektory radonowe w oparciu o płytki TASTRAK uczniowie wykonywali sami na lekcjach fizyki. Do komunikacji autorów projektu z uczestnikami, a także dyskusji otrzymanych wyników, użyto sieci Internet.

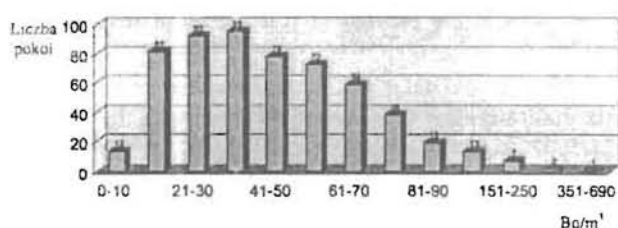
Koncepcja dydaktyczna projektu, opracowana we współpracy z nauczycielami fizyki, chemii i biologii, została opublikowana w języku polskim [25–27] i angielskim [28,29], a szczegółowy opis wyników można znaleźć w Internecie pod adresem: www.phys.uni.torun.pl/~pdf/radonet.

Pracownia Dydaktyki Fizyki aktualnie prowadzi badania dotyczące wpływu różnych warunków środowiska zewnętrznego na poziom koncentracji radonu. W szczególności, w związku z dyskusją na ten temat w literaturze [30,31] interesuje nas wpływ pola elektrycznego i elektromagnetycznego [32,33]. Okazuje się, że zarówno w polu elektrycznym, jak i elektromagnetycznym wartości względne koncentracji radonu i jego pochodnych mogą przyjmować wartości od kilku do kilkuset, a nawet kilku tysięcy razy wyższe, w zależności od wartości i znaku potencjału, odległości od źródła pola, jego kształtu i rozkładu linii sił [33]! Przy okazji warto zauważyć, że siedząc w niewielkiej odległości od monitora komputerowego zasilanego z sieci możemy wdychać średnio ok. trzykrotnie więcej radonu niż wówczas, gdy urządzenie to nie jest zasilane. Jak więc postępować? Przede wszystkim często wietrzyć pomieszczenie, w którym pracujemy, a ponadto przecierać ekran monitora komputerowego (lub odbiornika TV) moką ściereczką.

4. Wyniki badań

Wyniki pilotażowych badań projektu RADONET przedstawia histogram na rys. 1.

Stężenie radonu w badanych pomieszczeniach mieszkalnych uczniów wahało się od 6 do 689 Bq/m³, a średnie stężenie wynosiło ok. 70 Bq/m³, natomiast w przynależnych do tych pomieszczeń piwnicach było średnio o 20 Bq/m³ wyższe. W 3 przypadkach (na terenie Polski południowej) zarejestrowano stężenia dochodzące aż do ok. 2000 Bq/m³! Naszym zdaniem wszystkie pomiary, w których stwierdzono koncentracje wyższą od 200 Bq/m³ (ok. 8%) powinny zostać powtórzone, ponieważ od stycznia 1998 r. obowiązują nowe przepisy, na mocy których nie powinno się oddawać do użytku pomieszczeń mieszkalnych o efektywnym stężeniu równowagi radonu wyższym niż 200 Bq/m³ (patrz tabela 1).



Rys. 1.

Najwyższe średnie wartości stężeń spośród badanych zanotowano w miejscowościach z byłych województw: jeleniogórskiego, krakowskiego, wrocławskiego i olsztyńskiego, a najniższe z bydgoskiego, wrocławskiego i toruńskiego.

Badania przeprowadzone przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie wykazały, iż średnie stężenie radonu w pomieszczeniach mieszkalnych wynosi w Polsce 38 Bq/m³ i waha się ono w granicach 4–600 Bq/m³, a najwyższe wartości zarejestrowano w okolicach Jeleniej Góry.

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż w powyższych badaniach, podobnie jak w innych tego typu projektach edukacyjnych dotyczących badań środowiska, obok pracowników nauki i nauczycieli uczestniczyli uczniowie, co miało na celu integrację zadań naukowych z interdyscyplinarną edukacją przyrodniczą i ekologiczną młodzieży.

Projekt RADONET mógł zostać zrealizowany dzięki wielkiej pomocy finansowej CODN w Warszawie i Dziekana Wydziału Fizyki i Astronomii UMK, pomocy merytorycznej K. Szumińskiej, A. Gosik, A. Kowalskiego, K. Gołębiowskiego, A. Karbowski, J. Rybickiego i K. Wejera, oraz 35 nauczycieli. Są to: K. Baranowski (I LO Olsztyn), B. Biesiedna (SP nr 222 Warszawa), B. Chodźutko (I LO Grudziądz), B. Czechowska (ZSTiO Gorzów Wlkp.), E. Czupry (XI LO Wrocław), T. Fereżyńska (SP nr 8 Nowa Ruda), W. Gancarz (LO Toruń), L. Gersberg (ZSE-H Olsztyn), M. Grzegorzczak (II LO Olsztyn), G. Jaworska (SP nr 91 Wrocław), A. Kozar (ZSMR Strzelce Kraj.), T. Kubiak (ZSMEI Toruń), E. Kurek (XV LO Warszawa), B. Lubiszewski (LO Jelenia Góra), Z. Łuczka (I LO Gorzów Wlkp.), E. Łysik (SP Unistaw), J. Matuła (SP w Grzybnie), K. Matuszak (SP nr 3 Myślibórz), B. Mądro (SP nr 6 Toruń), H. Osicka (IV LO Toruń), H. Pieńkowska (II LO Olsztyn), T. Piwowarczyk (ZS

Barlinek), E. Plucińska (V LO Olsztyn), E. Parszyk i M. Polaszewska (SP nr 10 Toruń), M. Poniątkowska (ZSE Włocławek), W. Skoniecki (SP Świętosław), S. Ślęzion (II LO Gorzów Wlkp.), B. Sordyl (PSP 9 Częstochowa), A. Stanilewicz (LO Piła), E. Szreniawa (ZSS Niepołomice), Z. Tomusiak (ZSE Przemyśl), P. Walczak (LO Nakło n. Not.), B. Widła (LO Choszczno), M. Wrzeszcz (SP nr 29 Toruń). Wszystkim za ogromne zaangażowanie w pracę nad realizacją projektu serdecznie dziękuję.

Literatura

- [1] A. Miliszewicz, *Radon* (Opolskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Warszawa-Wrocław 1978).
- [2] A.V. Nero, „Earth, air, radon and home”, *Phys. Today* 42, z. 4, 32 (1989).
- [3] A. Hryniewicz, „Promieniowanie naturalne w środowisku”, *Postępy Fizyki* 44, 5 (1993).
- [4] K. Mamont-Cieśla, „Sources of radon in indoor air”, *Nukleonika* 38, 71 (1993).
- [5] A. Skłodowska, B. Gostkowska, *Promieniowanie jonizujące a człowiek i środowisko* (Wyd. Naukowe Scholar, Warszawa 1994).
- [6] T. Niewiadomski, *Radon, właściwości, ryzyko, przeciwdziałanie* (1994).
- [7] J. Turło, R. Gajewski, Z. Turło, „Radioactivity around us”, w: *Proc. of Harmonisation of East-West Radioact. Pollutant Measurement* (Budapest 1994), s. 324.
- [8] A.T. Solecki, „Geochemia radonu”, w: *Mat. konf. PTBR* (Zakopane 1997), s. 123.
- [9] Sohei Kondo, *Medical Physics Publishing* (Kinki University Press, Osaka 1993).
- [10] Z. Jaworski, „Dobroczynne promieniowanie”, *Wiedza i Życie*, z. 3 (1997).
- [11] D.L. Henshaw, J.P. Eatough, R.B. Richardson, „Radon as a causative factor in induction of myeloid leukaemia and other cancers”, *The Lancet* 335, 1008 (1990).
- [12] R. Doll, „Risk from radon”, *Radiation Protection Dosimetry* 42, 149 (1992).
- [13] D.L. Henshaw, „Radon exposure in the home. Its occurrence and possible health effects”, *Contemp. Phys.* 34, z. 1, 31 (1993).
- [14] A. Hryniewicz, *Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego* (PAA, Warszawa-Kraków 1993).
- [15] J. Turło, „The UK Association for Science Education (ASE) as the partner of TEMPUS Project aimed at the modernisation of science teacher education in Poland”, *Science Education International* 10, z. 1, 19 (1999).
- [16] A.P. Few, D.L. Henshaw, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* 197, 517 (1982).
- [17] A.P. Few, *Nuclear Tracks Radiation Measurements* 12, 221 (1986).
- [18] A.P. Few, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* B72, 9 (1992).
- [19] G.C. Camplin, D.L. Henshaw, S. Lock, Z. Simmons, „A national survey of background α -particle radioactivity”, *Phys. Educ.* 23, 212 (1988).
- [20] J.E. Allen, G.C. Camplin, D.L. Henshaw, P.A. Keitch, J. Perryman, „UK national survey of radon in domestic water supplies”, *Phys. Educ.* 28, 173 (1993).
- [21] A.N. Ross, J.D. Brown, G.C. Camplin, D.L. Henshaw, w: *Proc. of Harmonisation of East-West Radioact. Pollutant Measurement* (Budapest 1994), s. 97.
- [22] E. Toth, „Radon monitoring in schools”, w: *Energy and*

- risk, red. G. Marx (Veszprem, 1989), s. 175.
- [23] G. Marx, „The Hungarian Gymnasium”, *Europhys. News* 30, z. 5–6, 30 (1999).
- [24] J. Turło, A. Karbowski, K. Gołębiowski, J. Rybicki, „RADONET – program badawczy dla szkół wykorzystujący sieć Internet”, w: *Mat. konf. Inf. w Szkole XII* (Lublin 1996), s. 412.
- [25] D. Boruta, M. Kilińska, R. Kowalewska, E. Parszyk, M. Polaszewska, Praca dyplomowa pod kier. J. Turło, Projekt PHARE-TESSA, Podyplomowe Studium Badań Środowiska PRONAT, Toruń 1995.
- [26] E. Parszyk, M. Polaszewska, D. Boruta, M. Kilińska, R. Kowalewska, J. Turło, w: *Mat. V Krajowej Konf. Zdrowych Miast Polskich* (Toruń 1996), s. 152.
- [27] J. Turło, B. Mądro, H. Osicka, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Opolskiego, Fizyka* 27, 25 (1997).
- [28] H. Osicka, B. Mądro, J. Turło, „Radon in our homes – is the risk acceptable?”, w: *Suppl. Teaching Mat.*, ICASE Publ. (1997), s. 96.
- [29] J. Turło, „Interdisciplinary teachers' projects for science education”, w: *Proc. of Intern. IOSTE Symposium* (Lublin 1997), s. 99.
- [30] D.L. Henshaw, A.N. Ross, A.P. Fews, A.W. Preece, „Aerosol behaviour near high voltage powerlines – implications for human exposure”, *Int. J. Radiation Biology* 69, 25 (1996).
- [31] E. Masood, *Nature* 379, 571 (1996).
- [32] A. Hoppe, „Badanie koncentracji radonu w mieszkaniach osób o podwyższonej zachorowalności na choroby górnych dróg oddechowych i płuc”, praca mgr pod kier. J. Turło, UMK Toruń 1998.
- [33] A. Kowalski, „Wpływ pola elektrycznego i elektromagnetycznego na poziom koncentracji radonu”, praca mgr pod kier. J. Turło, UMK Toruń 1999.