

Warszawa, 15.09.2021

Prof. dr hab. inż. Grażyna Zakrzewska-Kołtuniewicz
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa
tel. +48-22504 1214
e-mail: g.zakrzewska@ichtj.waw.pl

Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Wołoszczuk pt. "Metoda wyznaczania rozkładu ziarnowego aerozoli promieniotwórczych na podstawie rozkładu aerozoli środowiskowych" wykonanej w Śląskim Centrum Radiometrii Środowiskowej im. Marii Goeppert Mayer

Głównego Instytutu Górnictwa

Podstawą opracowania recenzji była prośba o przyjęcie przeze mnie funkcji recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Wołoszczuk, skierowana do mnie w imieniu Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa przez Zastępcę Dyrektora ds. Finansowo-Ekonomicznych, mgr Aleksandrę Mraczek-Krzak, w piśmie z dnia 19.07.2021.

OGÓLNA OCENA PRACY

Przedstawiona mi do recenzji praca doktorska powstała w Śląskim Centrum Radiometrii Środowiskowej im. Marii Goeppert Mayer Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach pod kierunkiem dr hab. Krystiana Skubacza, promotora pracy, oraz dr Kamila Szewczaka, promotora pomocniczego.

Praca zawiera 122 strony. Część merytoryczną poprzedza wykaz stosowanych oznaczeń, streszczenie w języku polskim i angielskim, uzasadnienie tematyki podjętych badań oraz sformułowanie tezy rozprawy oraz jej zakresu.

Zakres pracy doktorskiej obejmował wykonanie oznaczeń rozkładu ziarnowego średnic aerozoli promieniotwórczych i środowiskowych w warunkach laboratoryjnych oraz w terenie, analizę parametrów funkcji wiążącej rozkładu ziarnowe aerozoli środowiskowych i promieniotwórczych oraz analizę współczynników konwersji ekspozycji na dawkę obliczone w oparciu o wyznaczone rozkłady średnic ziaren aerozoli.

Wstęp teoretyczny liczy 28 stron; część doświadczalna z podsumowaniem wyników to dalsze 75 stron. Rozprawa jest zaopatrzona w 25 Tablic oraz 71 rysunków i wykresów. Kończy ją Bibliografia wykorzystana przy nakreśleniu podstaw teoretycznych pracy, a także w trakcie dyskusji jej wyników. Bibliografia zawiera 93 pozycje. Oddzielnie, do pracy dołączono dwa załączniki z danymi wejściowymi

używanymi do obliczeń oraz wyniki prowadzonych symulacji i optymalizacji, przedstawione na wykresach.

Część teoretyczna wprowadza czytelnika w tematykę rozprawy: zawiera podstawowe informacje na temat radonu oraz produktów jego rozpadu, procesu formowania się aerozoli promieniotwórczych i konsekwencji wynikających z ich obecności w środowisku człowieka. Kolejne rozdziały wprowadzają pojęcia energii potencjalnej alfa, czasu ekspozycji oraz współczynnika konwersji ekspozycji na dawkę, DCF. Opisane w nich zostały sposoby wyznaczania współczynników DCF na podstawie badań epidemiologicznych i metodą dozymetryczną oraz przywołane wartości współczynników konwersji używane do oceny dawki skutecznej, rekomendowane przez ICRP w kolejno wydawanych przez tę organizację publikacjach. W pracy zamieszczono również przykłady wartości współczynników konwersji dawki publikowane przez Komitet Naukowy ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR), ustalone za pomocą modelu dozymetrycznego. Część teoretyczną kończą rozdziały dotyczące metod wyznaczania rozkładów ziarnowych aerozoli promieniotwórczych, stosowanych technik pomiarowych, a także dyskusja mechanizmów osadzania cząstek zawieszonych, w urządzeniach używanych w pomiarach oraz w układzie oddechowym człowieka. Kluczowe z punktu widzenia przeprowadzonych przez mgr Katarzynę Wołoszczuk badań jest przedstawienie metod wyznaczania rozkładu ziarnowego aerozoli promieniotwórczych na podstawie rozkładu ziarnowego aerozoli środowiskowych opisane w rozdziale 3.5, oraz dyskusja parametrów wpływających na tzw. współczynnik wychwytywania $\beta(d)$, ważny w ustaleniu zależności pomiędzy dwoma rozkładami ziarnowymi.

Informacje przekazane w części teoretycznej wydają się wystarczające jako wprowadzenie w tematykę pracy doktorskiej. Cytowana literatura została dobrana prawidłowo, zawiera wiele publikacji organizacji międzynarodowych i komitetów naukowych zajmujących się ochroną radiologiczną: przewodników ICRP i UNSCEAR, do których rekomendacji mgr Katarzyna Wołoszczuk często odnosi się wykonując własne badania i obliczenia. Przywołane pozycje literaturowe wprowadzają czytelnika w zagadnienia, nad którymi autorka pracowała przygotowując swoją dysertację i są adekwatne do przedmiotu badań. Niedosyt pozostawia brak dyskusji nowej literatury przedmiotu, choćby z ostatnich 5 lat, wskazującej na żywotność tematyki radonu i jego pochodnych w środowisku i być może, pozwalającej na głębsze wniknięcie w zagadnienia związane z metodami pomiarowymi, modelowaniem czy zjawiskom związanym z formowaniem aerozoli promieniotwórczych.

Za wprowadzenie do części doświadczalnej należy uznać opis stosowanej aparatury pomiarowej, którą stanowiły referencyjny spektrometr aerozoli promieniotwórczych, RPPSS, oraz system spektrometrów do pomiaru aerozoli środowiskowych: SMPS i APS, a także prezentacja terenów badań, którymi była komora radonowa w Śląskim Centrum Radiometrii Środowiskowej, Kowary ze swymi sztolniami, Jaskinia Niedźwiedzia, Kopalnia złota „Złoty Stok”, Podziemna trasa turystyczno-edukacyjna „Stara Kopalnia w Kletnie, Zabytkowa kopalnia srebra w Tarnowskich Górach oraz KSOP w Różanie. Najważniejszą częścią pracy jest z pewnością rozdział pt. „Wyniki przeprowadzonych badań” oraz następujące po nim pomiary stężenia energii potencjalnej alfa, umożliwiające obliczenia udziału frakcji wolnej. Pracę kończy podsumowanie wyników i spis załączników.

AKTUALNOŚĆ PODEJMOWANEJ TEMATYKI

Wpływ radonu na zdrowie człowieka od lat jest przedmiotem intensywnych badań w laboratoriach na całym świecie. Badania epidemiologiczne wykazały wyraźny związek pomiędzy wysokimi stężeniami radonu w powietrzu a liczbą notowanych przypadków raka płuc. Oszacowano, że ten radioaktywny gaz wydobywający się w sposób naturalny ze skorupy ziemskiej, a przede wszystkim krótkożyciowe produkty jego rozpadu, jest odpowiedzialny za około połowę skutecznej dawki promieniowania jonizującego otrzymywanej przez człowieka ze źródeł naturalnych. W przeciwieństwie do samego radonu gazowego, którego udział w depozycji w układzie oddechowym jest znikomy, produkty jego rozpadu z cząstkami kurzu i pyłów unoszących się w powietrzu formują aerozole, które łatwo mogą osadzać się w płucach. Jak wykazano, wielkość depozycji aerozoli w drogach oddechowych, a co za tym idzie dawka efektywna od radonu i krótkożyciowych produktów jego rozpadu, zależą ściśle od rozmiarów cząstek osadzonego w drogach oddechowych aerozolu. Znajomość rozkładu ziarnowego promieniotwórczych aerozoli jest kluczowa dla oszacowania dawki skutecznej i spodziewanych efektów działania promieniowania jonizującego.

Ze względu na zagrożenia pochodzące od radonu dla zdrowia człowieka, ważne jest stałe prowadzenie badań dotyczących sposobów oznaczania jego stężenia, urządzeń do pomiaru powstających aerozoli, a także rozwijanie metod symulacyjnych i modeli pozwalających w szybki sposób wyznaczyć parametry umożliwiające oszacowanie dawki skutecznej. Wielością niezbędną do wyznaczenia dawki jest tzw. współczynnik konwersji DCF (dose conversion factor), parametr przeliczeniowy, potrzebny bezpośrednio do oceny skutecznej dawki w przypadku zewnętrznego napromieniowania ciała lub w przypadku narażenia wewnętrznego.

Problematyka zagrożeń związanych z obecnością radonu w środowisku jest przedmiotem troski organizacji międzynarodowych, takich jak: Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (IAEA), Agencja Energii Atomowej przy OECD (OECD-NEA) czy Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA). Znaczenie tych zagrożeń uwzględniono również w prawie europejskim, którego wyrazem jest Dyrektywa 2013/59/EURATOM ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego. Dyrektywa wskazuje na obowiązek wprowadzenia krajowych poziomów referencyjnych średniego rocznego stężenia radonu w powietrzu w miejscach pracy i pomieszczeniach zamkniętych, nie przekraczające 300 Bq m^{-3} , wymóg prowadzenia pomiarów radonu i informowania o przekroczeniach oraz zachęty do stosowania wszelkich dostępnych środków technicznych służących ograniczeniu podwyższonych stężeń radonu. Reakcją na dyrektywę było wprowadzenie zmian w Prawie Atomowym oraz przygotowanie i ogłoszenie Krajowego Planu Działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy (Monitor Polski, Obwieszczenie Ministra Zdrowia z 22. 01.2021).

W ślad za potrzebami ochrony radiologicznej idą badania naukowe, potwierdzające konieczność ulepszania metod szacowania dawek, wprowadzanie nowej aparatury i stosownych metod obliczeniowych. Owocem badań są nowe zalecenia przedstawiane w kolejnych publikacjach Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ICRP), na które często powołuje się również mgr Katarzyna Wołoszczuk. Ważnym elementem przy szacowaniu dawek skutecznych jest przyjęta wielkość współczynników jednostkowej ekspozycji na dawkę, DCF, których wartości wyznaczone przez różne gremia naukowe różnią się. Wyznaczenie tych współczynników przy pomocy nowych

metod i modeli może prowadzić do dokładniejszych szacowań dawek i stanowić istotny wkład w rozwój nauk związanych z ochroną radiologiczną, dozymetrią radiacyjną i środowiskową. Aktualność podejmowanej w pracy doktorskiej tematyki wynika z potrzeby ciągłych badań w tych dziedzinach, a jej wyrazem jest podejmowanie takich działań przez naukowców z całego świata i ilość publikowanych corocznie prac w czasopismach naukowych.

WYNIKI I OSIĄGNIĘCIA ZAWARTE W PRACY DOKTORSKIEJ

Rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Wołoszczuk ściśle związana jest z tematyką radonu i krótkożyciowych produktów jego rozpadu oraz zagrożeniami, jakie wywołuje długotrwałe przebywanie w środowisku o podwyższonych stężeniach tych pierwiastków, połączone z wdychaniem powietrza zawierającego promieniotwórcze aerozole. Jako główny cel pracy obrała Autorka powiązanie ze sobą rozkładów ziarnowych aerozoli promieniotwórczych zawierających krótkożyciowe pochodne radonu i aerozoli środowiskowych, co umożliwiło jej wyznaczenie współczynników konwersji ekspozycji na dawkę, a w konsekwencji obliczenie dawek skutecznych, ważnych z punktu widzenia ochrony radiologicznej. Realizacja tego celu miała potwierdzić tezę pracy, którą było stwierdzenie, że istnieje możliwość wyznaczenia współczynnika konwersji po wykonaniu pomiaru rozkładu ziarnowego aerozoli środowiskowych przy uwzględnieniu zależności wiążących ten rozkład z rozkładem aerozoli promieniotwórczych. Zakres pracy obejmował: pomiary rozkładu ziarnowego średnic aerozoli promieniotwórczych w laboratorium, pomiar tychże rozkładów w terenie, w miejscach hipotetycznie narażonych na podwyższone stężenia radonu, wyznaczenie funkcji wiążącej oba rozkłady i analizę jej parametrów, a następnie analizę obliczonych współczynników DCF.

Szkoda, że Autorka nie oddzieliła wyraźnie w pracy części teoretycznej przedstawiającej stan wiedzy w eksplorowanej dziedzinie w oparciu o dostępną literaturę przedmiotu, od części praktycznej, zwykle bazującej na doświadczeniu i prezentującej pracę wykonaną samodzielnie przez doktoranta. Klasyczna forma prac doktorskich z jasnym podziałem na te dwie części porządkuje ich zawartość i daje klarowny przekaz co do zakresu wykonanej pracy. Należy domniemywać, że część doświadczalna rozpoczyna się opisem aparatury pomiarowej (§4), w którym mgr Katarzyna Wołoszczuk przedstawia budowę, działanie i możliwości spektrometru RPPSS (Radon Progeny Particle Size Spectrometer) oraz spektrometrów SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) i APS (Aerodynamic Particle Sizer) i prezentuje sposoby wyznaczania rozkładu wielkości cząstek aerozoli. Kolejne rozdziały – to opis komory radonowej w Śląskim Centrum Radiometrii Środowiskowej oraz lokalizacji, w których Autorka prowadziła pomiary terenowe.

Najważniejszym rozdziałem pracy jest §6 – Wyniki przeprowadzonych badań, w których p. Katarzyna Wołoszczuk zaprezentowała rezultaty swoich prac badawczych, przeważnie w formie wykresów i zestawień tabelarycznych z następującą po nich krótką dyskusją.

Badania rozpoczął cykl prac przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych, w komorze radonowej, która pozwalała na swobodny dobór i kontrolę warunków pomiaru, a więc parametrów, takich jak: stężenie radonu w powietrzu, rodzaj aerozoli środowiskowych, temperatura i względna wilgotność powietrza. W tak prowadzonych eksperymentach można dokładnie zaobserwować wpływ parametrów charakteryzujących środowisko badań na uzyskany rozkład ziarnowy aerozoli środowiskowych i promieniotwórczych oraz na współczynniki konwersji dawki. W doświadczeniach

użyto różnych źródeł aerozoli, takich jak: 1% roztwór soli rozpylany przez inhalator ultradźwiękowy, kadzidła i znicze olejowe. Po dopasowaniu wspólnych zakresów pomiarowych spektrometrów RPPSS oraz układu SMPS i APS przeprowadzono pomiary.

Autorka pracy wyznaczyła rozkłady średnic cząstek aerozoli dla poszczególnych źródeł. W przypadku spektrometru RPPSS do wyznaczenia ziarnowych rozkładów aerozoli promieniotwórczych zastosowane zostały opracowane w latach 70. i 80. algorytmy Twomey (*Twomey, 1975*) i Emax (*Expectation-Maximization, Maher i Laird, 1985*). Rozkłady ziarnowe aerozoli przedstawiono w formie wykresów porównawczych obrazujących zastosowanie różnych aparatów pomiarowych i różnych algorytmów oraz w postaci tabel zbiorczych, w których można prześledzić wyniki dla różnych rodzajów aerozoli i stężeń radonu. Nie zauważyłam jednak wyników obrazujących wpływ wilgotności powietrza i temperatury, choć na takie eksperymenty pozwalała użyta komora radonowa. Nie zamieszczono również wartości tych parametrów na rysunkach i w tabelach. Kwestia ta powinna zostać wyjaśniona podczas obrony pracy.

Badania terenowe prowadziła mgr Katarzyna Wołoszczuk w 7 lokalizacjach, którymi były stare kopalnie uranu i srebra, jaskinie oraz czynne składowisko odpadów promieniotwórczych.

Do analizy parametrów funkcji wiążącej rozkłady ziarnowe aerozoli środowiskowych i promieniotwórczych Katarzyna Wołoszczuk wykorzystwała opracowany w CLOR wg jej koncepcji program DisFit oparty na metodzie symulowanego wyżarzania i ogólnej koncepcji przybliżonych rozwiązań matematycznych wprowadzonej przez współtwórcę metody Monte Carlo, Nicholas Metropolis. Dla najlepszego dopasowania analizowanych rozkładów optymalizowała 4 parametry wejściowe: d_o , D_f , λ_f i v_f , badając ekstremum przyjętej funkcji celu. Jak rozumiem, funkcję celu stanowiła funkcja dopasowania, wyznaczona przez porównanie rozkładów ziarnowych produktów rozpadu radonu wyznaczonych za pomocą spektrometrów SMPS i APS oraz za pomocą RPPSS metodą najmniejszych kwadratów, a nie, jak podaje Autorka, sama „metoda najmniejszych kwadratów” (str.72). Ponieważ ta część pracy jest pełna niedomówień i niejasności, chciałabym, aby w trakcie obrony, p. Katarzyna Wołoszczuk wskazała rzeczoną funkcję celu i postawiła jasno cel optymalizacyjny. Znajduję w tej części szereg błędów, jak błędne odnośniki do równań i bibliografii (np. równanie (19) i pozycja literatury [3] na str. 71 nie odpowiadające opisowi). Pozycja [3] mająca ukazać formułę prawdopodobieństwa wg Metropolis przenosi nas na stronę agencji EPA dotyczącą wprowadzenia ryzyka związanego z radonem, ale nie ma tam wyводу dotyczącego prawdopodobieństwa ani metod optymalizacyjnych.

Zrozumienia tekstu nie ułatwiają błędy edytorskie, obecne zresztą w całej pracy, wynikające prawdopodobnie z błędnego odwołania do równań i pozycji literaturowych (np. strony 72, 73, 89: „Błąd! Nie można znaleźć źródła odwołania”). Chciałabym także zapytać, w jaki sposób zostały wyznaczone zakresy parametrów w Tabeli 11. Kończąc tę część pracy Autorka pisze, że „lepsze dopasowanie rozkładów udało się uzyskać dla algorytmu Emax (właściwie dla funkcji rozkładu wyznaczonej za pomocą algorytmu Emax). Chciałabym usłyszeć, w jaki sposób oceniono dopasowanie dwóch rozkładów.

Również pytanie do Tabeli 12 i 13: Jak zostały wyznaczone wartości średnie ze wszystkich pomiarów?

Na zakończenie rozdziału sumującego wyniki, Autorka dokonała analizy współczynników konwersji dawki uzyskanych na podstawie pomiarów rozkładu ziaren aerozoli promieniotwórczych.

Współczynniki DCF zostały policzone dla parametrów przyjętych w publikacji Porstendörfera, do której Autorka często się odwołuje, oraz dla parametrów wyznaczonych w pracy za pomocą programu DisFit. Współczynniki te oszacowano dla czterech wartości szybkości oddechu, dla oddychania przez nos i usta z uwzględnieniem stanu spoczynkowego (prędkość $0,75 \text{ m}^3/\text{h}$) i warunków ciężkiej pracy fizycznej ($1,2$ i $1,7 \text{ m}^3/\text{h}$). Rozdział kończy ocena budżetu niepewności spektrometrów RPPSS oraz SMPS i APS. Dla spektrometru RPPSS przedstawiono wyniki pomiarów wykonanych w komorze radonowej wraz oszacowanymi niepewnościami dla każdego stopnia pomiarowego oraz dla pomiarów w kopalniach turystycznych i jaskiniach. Niepewności te wahały się w zakresie od 4,5 do 29,6%. Dla spektrometrów SMPS i APS średnie niepewności zawierały się w przedziale 3-58%, przy czym wysoka wartość 58% związana była tylko z jednym miejscem – z Jaskinią Niedźwiedzią w Kletnie, co Autorka pracy przypisała niskiemu stężeniu aerozoli w tym miejscu. W pozostałych lokalizacjach nie przekraczała 19%.

Część eksperymentalną kończy rozdział przedstawiający obliczenia stężenia energii potencjalnej alfa (PAEC) wykonane na podstawie wyników pomiarów za pomocą spektrometru RPPSS. Wielkość PAEC jest wyznaczona w oparciu o pomiary aktywności radionuklidów zebranych na filtrze pierwszego, otwartego stopnia pomiarowego. Autorka oszacowała również wielkość udziału frakcji wolnej. Obliczenia przeprowadzono dla pomiarów w komorze radonowej i w terenie. Interesujące wydają się wyniki uzyskane dla kopalni srebra w Tarnowskich Górach i Jaskini Niedźwiedziej w Kletnie, gdzie udział frakcji wolnej wynosił 43-44 %.

Na końcu pracy mgr Katarzyna Wołoszczuk umieściła Podsumowanie zbierające wyniki przeprowadzonych badań wraz z wnioskami. Znajdujemy tu szereg szczegółowych wniosków dotyczących wyznaczania rozkładów ziarnowych aerozoli za pomocą stosowanych spektrometrów i algorytmów, różnicach w wartościach obliczonych w ten sposób współczynników DCF. Brakuje jednak ogólnych wniosków dotyczących praktycznych zastosowań i zalet przyjętego podejścia w odniesieniu do stosowanych dotychczas metod oceny dawek skutecznych od radonu i pochodnych. Mam nadzieję, że w trakcie obrony Autorka pracy przedstawi ten aspekt pracy rysując obraz uzyskanych wyników w szerszej perspektywie.

UWAGI SZCZEGÓŁOWE

- Spis oznaczeń w pracy naukowej jest zawsze pomocny, ułatwia czytanie i orientację w tekście. Zamieszczony w pracy spis oznaczeń jest niepełny; wiele użytych symboli pominięto.
- W streszczeniu razi sformułowanie „Celem zrealizowanego tematu...”; nie jest ono odpowiednie dla dysertacji. Przystoi raczej raportom z badań.
- Studiowanie pracy ułatwiłyby spisy Rysunków i Tablic, których w niej nie zamieszczono.
- W pracy znajdują różne nazwy algorytmu: EMax (przykładowo: str. 46) i Emax (np. str. 89)
- W wielu przypadkach, brakuje w tekście odnośników do referencji, z których zaczerpnięto równania i zależności, a których użyto do wyznaczenia rozkładów. Czy zależności te były wyprowadzone przez Autorkę pracy?
- Jak wcześniej już wspominałam w wielu miejscach edytor sygnalizuje „Błąd!” - brak źródła odwołania; nie zostało to uzupełnione w tekście. Dotyczy to zwykle Tablic zamieszczonych w

pracy, bądź referencji z Bibliografii, trudno więc znaleźć odniesienie do dyskutowanych kwestii, przywoływanych wartości parametrów, etc.

- Na stronie 31 powtórzono rysunek 10.
- Str.39 powinno być w ośrodku jednorodnym, a nie „jednowodnym”.
- Str. 43, Rys.16. w podpisie pominięto zmienną od której zależy współczynnik DCF (krzywa zależności od czego?). Nie wiadomo również, czy krzywe zależności zostały sporządzone przez Autorkę pracy, czy też pochodzą z literatury (brak odnośnika).
- W równaniu (21) użyto oznaczenia $\Delta Z(d_i)$, w opisie poniżej jest $\Delta Z(d_{pi})$.
- Poza tym błędów edytorskich, literówek jest mało; praca jest napisana poprawnym stylem.

PODSUMOWANIE

Przedłożona do oceny praca posiada elementy nowości i znamiona pracy twórczej. Doktorantka uzyskała szereg wartościowych wyników i posiadała szeroką wiedzę teoretyczną i praktyczną z zakresu ochrony radiologicznej, zachowania się radonu w środowisku i skutków jego obecności dla zdrowia człowieka. Nabyła wiedzę na temat sposobów podejścia do oceny dawek pochodzących od radonu i krótkożytych produktów jego rozpadu, oraz stosowanych metod pomiarowych. Wyniki przedstawione w rozprawie doktorskiej mgr inż. Katarzyny Wołoszczuk są oryginalne i interesujące dla znawców przedmiotu.

Niewątpliwie dużą wartością pracy są badania wykonane w terenie. Miejsca badań wybrane zostały prawidłowo, wyniki pomiarów można uznać za reprezentatywne dla obszaru Polski.

Materiał doświadczalny uzasadnia zawarte w podsumowaniu wnioski końcowe; stanowi wkład do rozwoju technik i rozwiązań w dziedzinie ochrony radiologicznej w odniesieniu do zagrożeń powodowanych przez radon i produkty jego rozpadu.

Na podkreślenie zasługuje dotychczasowy dorobek badawczy mgr Katarzyny Wołoszczuk, potwierdzony publikacjami w czasopismach naukowych i specjalistycznych, licznymi prezentacjami konferencyjnymi, udziałem w wielu projektach badawczych, krajowych i w projektach UE, w tym w charakterze kierownika z ramienia CLOR. Bogate doświadczenie profesjonalne wskazuje na duże zaangażowanie doktorantki w pracę badawczą i stwarza solidne podstawy do dalszej aktywności naukowej.

Podsumowując, stwierdzam, że przedłożona praca doktorska, mgr inż. Katarzyny Wołoszczuk spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595) z późniejszymi zmianami, tj. stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, przy którym doktorantka wykazała się wiedzą w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Wnoszę zatem, o przyjęcie pracy przez Radę Naukową Głównego Instytutu Górnictwa i dopuszczenie mgr inż. Katarzyny Wołoszczuk do publicznej obrony.

Grażyna Delenda-Ga-Kończak