

Łódź, 28 września 2023 r.

Dr hab. Jerzy Olszewski prof. Instytutu
Instytut Medycyny Pracy im. prof. dr Jerzego Nofera w Łodzi

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Doktoranta mgr inż. Piotra Maciejewskiego

pt.:

**Zmiany stężenia ^{222}Rn w radonowej wodzie leczniczej na poszczególnych etapach:
od wydobycia kopaliny ze złoża do wykorzystania tworzywa radonowego w zabiegach
radonoterapii.**

1. PODSTAWA RECENZJI

Podstawą przygotowania recenzji była uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej nr 372/31/2021-2024 z dnia 12 lipca 2023r., o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Maciejewskiego pt. „Zmiany stężenia ^{222}Rn w radonowej wodzie leczniczej na poszczególnych etapach: od wydobycia kopaliny ze złoża do wykorzystania tworzywa radonowego w zabiegach radonoterapii”.

Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. Tadeusz Przylibski (Politechnika Wroclawska), a promotorem pomocniczym dr inż. Agata Kowalska (Politechnika Wroclawska).

2. CHARAKTERYSTYKA PRACY

Przedstawiona do recenzji praca doktorska zawiera spis treści, 9 rozdziałów, zestawienie literatury i źródeł danych, spis tabel i rysunków. W pracy znajduje się 61 tabel i 41 rysunków oraz bardzo obszerne zestawienie literatury - 169 pozycji, w tym 5 adresów stron internetowych. Praca

liczy łącznie 205 stron.

Struktura pracy nie budzi zastrzeżeń. We Wstępie (Rozdział 1.) doktorant przedstawia ogólne informacje dotyczące występowania wód radonowych na Dolnym Śląsku oraz ich wykorzystania w lecznictwie. Najistotniejszym powodem wg Doktoranta, podjęcia się badań była potrzeba prześledzenia zmian stężeń radonu w wodzie od punktu jej ujęcia, poprzez transport do pomieszczeń zabiegowych, po miejsca, w których kuracjusze poddawani są poszczególnym procedurom. Otrzymane wyniki miały posłużyć do oszacowania dawki od radonu kuracjuszy i pracowników, a następnie byłyby podstawą do „standaryzacji procedur zabiegowych”.

W rozdziale nr 2 zatytułowanym „Radon” Doktorant omawia pokrótce historię odkryć radonu jak i jego zastosowanie w lecznictwie. Opisuje właściwości radonu oraz mechanizm uwalniania się radonu do atmosfery. W rozdziale tym zawarta jest również informacja o wodach radonowych i o wpływie radonu na zdrowie człowieka. Doktorant omawia również teorię hormezy oraz zamieszcza fragment przepisów prawnych dotyczących dawek od promieniowania jonizującego.

Rozdział 3 zawiera szereg danych, takich jak właściwości fizyczne i chemiczne oraz kwestie dotyczące radoczynności.

Cele i tezy pracy przedstawione przez Doktoranta są w rozdziale nr 4. I tak celami rozprawy doktorskiej było:

- *określenie zmian stężenia aktywności ^{222}Rn w czasie i przestrzeni w procesie eksploatacji, transportu i wykorzystania wód radonowych w zabiegach leczniczych,*
- *charakterystyka procesu ucieczki radonu z wód podziemnych (radonowych wód leczniczych) do atmosfery,*
- *oszacowanie dawek promieniowania jonizującego od ^{222}Rn i jego promieniotwórczych pochodnych w czasie zabiegów radonoterapii dla pacjentów i personelu medycznego oraz technicznego,*
- *celem nadrzędnym jest opracowanie wytycznych prowadzących do wystandaryzowania i zoptymalizowania zabiegów radonoterapeutycznych*

Jak wynika z przedstawionych powyżej celów doktorant postawił sobie bardzo ambitne zadania, w tym opracowanie wytycznych prowadzących do wystandaryzowania i zoptymalizowania zabiegów terapeutycznych.

Doktorant sformułował 3 tezy pracy. Dwie odnoszące się do zmian stężenia radonu podczas działań leczniczych. Trzecia teza zakłada, że dawki otrzymywane przez pacjentów i pracowników nie przekraczają dopuszczalnych norm.

W rozdziale piątym Doktorant przedstawia wybrane obszary badań, a mianowicie Łądek-Zdrój i Świeradów-Zdrój. Korzystając z dostępnej literatury przedmiotu charakteryzuje budowę geologiczną oraz wody podziemne obu rejonów.

Rozdział szósty to opis zakresu i metodyki prac. Doktorant podaje zakres pomiarów parametrów fizyko-chemicznych wykonywanych dla pobranych próbek wody (pH, Eh, PEW, T). Pomiary stężenia aktywności radonu ^{222}Rn w powietrzu, stężenia aktywności pochodnych ^{222}Rn oraz stężenia energii potencjalnej α krótkożyciowych produktów rozpadu radonu zostały wykonane w wybranych punktach pomiarowych. Doktorant dokładnie opisuje urządzenia pomiarowe wykorzystane do pomiarów wymienionych powyżej. W podrozdziale 6.5. Doktorant zamieszcza opis sposobu obliczania dawek od radonu i jego pochodnych.

Wyniki pomiarów, wraz z wykresami i zestawieniami tabelarycznymi zawarte są w rozdziale 7. W tym samym rozdziale zaprezentowane są zestawienia wyliczeń dawek, na jakie mogą być narażeni kuracjusze oraz personel, w wyniku ekspozycji na radon i jego krótkożyciowe produkty rozpadu w trakcie różnych procedur kuracyjnych. Ta część pracy odnosi się do trzeciej tezy sformułowanej przez Doktoranta, a dotyczącej otrzymywanych dawek przez pracowników i kuracjuszy.

W podrozdziale 7.4. Doktorant określa graniczne stężenia aktywności ^{222}Rn w tworzywach radonowych, ze względu na dopuszczalne dawki efektywne, co stanowi realizację nadrzędnego celu pracy, czyli opracowania wytycznych do standaryzacji i optymalizacji zabiegów terapeutycznych. Jest to część pracy zawierające niezwykle cenne wartości poznawcze. Doktorant na podstawie badań własnych, sformułował podstawy wytycznych dla obu uzdrowisk. Oszacowanie dawek, na jakie mogą być narażeni zarówno pacjenci, jak i personel to ważny wkład w stan wiedzy z zakresu ochrony radiologicznej, a wskazanie granicznych stężeń aktywności radonu w tworzywach radonowych to ważna wskazówka dla osób planujących zabiegi.

Rozdział ósmy to podsumowanie pracy, a dziewiąty to wnioski, sformułowane na podstawie wyników wykonanych badań i obliczeń. Pracę kończy spis literatury, tabel i rysunków.

3. UWAGI KRYTYCZNE

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Piotra Maciejewskiego jest bardzo interesująca, zawiera wiele niezmiernie cennych wyników pomiarów, cechuje się ponadto ważnym aspektem utylitarnym. Niemniej Doktorant nie ustrzegł się pewnych niedociągnięć.

W rozdziale 2.7. omawiającym stan prawny dotyczący narażenia od radonu pomięty został ważny aspekt dotyczący analizy zagrożenia, a mianowicie obowiązujący poziom referencyjny wynoszący 300 Bq/m^3 dla średniorocznego stężenia radonu w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi i przeznaczonych do pracy. W całej pracy nie znalazłem odniesienia do tych przepisów, co uważam za niedopatrzenie.

Podrozdział 6.5., poświęcony obliczaniu dawek od radonu i jego pochodnych w zasadzie jest zbędny. W Polsce obowiązuje ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 11 sierpnia 2021 r. (D.U. z dnia 9 września 2021 r. Poz. 1657), w sprawie wskaźników pozwalających na wyznaczenie dawek promieniowania jonizującego stosowanych przy ocenie narażenia na promieniowanie jonizujące, w którym określony jest sposób obliczania dawki od radonu.

W rozdziale siódmym, podrozdział 7.1.2. Doktorant pisze o pomiarach stężenia aktywności pochodnych radonu i energii potencjalnej alfa za pomocą radiometru górniczego RGR-40. Doktorant podaje, że we wszystkich pomiarach nie zarejestrowano stężenia E_{α} powyżej progu detekcji stosowanego urządzenia, wynoszącego $1 \mu\text{J/m}^3$.

Przy tak wysokich stężeniach radonu jest to mało prawdopodobne. Należało by przeanalizować przyczynę tego zjawiska.

4. PODSUMOWANIE

Recenzowana rozprawa mgr inż. Piotra Maciejewskiego pt. *Zmiany stężenia ^{222}Rn w radonowej wodzie leczniczej na poszczególnych etapach: od wydobycia kopaliny ze złoża do wykorzystania tworzywa radonowego w zabiegach radonoterapii*, ma charakter poznawczy, stanowi kompleksowy i oryginalny sposób realizacji celu rozprawy.

Doktorant posiada pełne umiejętności samodzielnego wykonywania pracy naukowej, a praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Autor w sposób prawidłowy dokonał wyboru metod badawczych i analitycznych.

Stwierdzam, że:

- przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka* oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych;
- przedmiotem rozprawy jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i oryginalne rozwiązanie w zakresie stosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej i społecznej.

Mgr inż. Piotr Maciejewski udowodnił zatem swoje kompetencje w zakresie formułowania celów badawczych, organizacji prac i badań naukowych, korzystania z nowoczesnych metod analitycznych, krytycznego wykorzystywania danych własnych i archiwalnych; oraz właściwej interpretacji i dyskusji końcowych wyników badań.

Mając to na uwadze, w mojej opinii recenzowana praca odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim określonym w art.187 ust.1 i 2. *ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. Z 2023 r., poz. 742)* i na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Piotra Maciejewskiego do publicznej obrony przed *Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej*.

