



Kraków, 11.02.2024

Prof. dr hab. Jerzy W. Mietelski
Zakład Fizykochemii Jądrowej IFJ PAN
jerzy.mietelski@ifj.edu.pl
+48 126628392
+48 509913137

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Ilony Sekudewicz pt. "Migracje i rozmieszczenie wybranych izotopów promieniotwórczych w ekosystemach jeziornych jako wskaźnik procesów sedymentacyjnych "

1. Prezentacja treści pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr Ilony Sekudewicz ma formę modnej dziś „zszywki”, a więc cyklu trzech publikacji, które ukazały się w recenzowanych czasopismach z listy JRC, poprzedzonych rodzajem przewodnika po nich zawierającego opis metodyk pomiarowych i obszernie polskojęzyczne ich streszczenia. Rozprawa powstała w Instytucie Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk (ING PAN), opiekę promotorską sprawował dr hab. Michał Gąsiorowski, prof. ING PAN.

Pierwsza publikacji z cyklu ukazała się w *Environmental Science and Pollution Research* (IF 5.8, 100 pkt MNSiW) w roku 2022 i ma tylko dwoje współautorów, tj. Doktorantkę i Promotora. Drugi artykuł ma pięciu autorów i również ukazał się w roku 2022 w *Journal of Soils and Sediments* (IF 3.6, 100 pkt. MNSiW). Trzecia publikacja ukazała się w renomowanych *The Science of the Total Environment* (IF 9.8, 200 pkt. MNSiW). We wszystkich publikacjach Doktorantka jest pierwszym autorem (kolejność autorów nie alfabetyczna). Co więcej, w rozprawie przedstawiono podpisane przez wszystkich współautorów prac oświadczenia, z których wynika udział Doktorantki w powstaniu kolejnych prac wynosi odpowiednio 75%, 70% i 60%. W każdej z nich kolejny duży udział ma Promotor (25%, 15% i 10%). Abstrahując od wszelkich wątpliwości jakie są znane (i prawie zawsze podnoszone), co do znacznej subiektywności i arbitralności takich ocen procentowych udziałów poszczególnych autorów w publikacjach wieloautorskich, ogólny wiodący w nich udział Autorki wydaje się być bardzo dobrze udokumentowany, uzgodniony i przez to nie budzący wątpliwości.

Wymienione trzy prace odnoszą się do procesów zachodzących w bardzo młodych osadach trzech znacząco różnych jezior antropogenicznych z terenu Polski. Dwa z nich powstały dzięki wybudowaniu przegradzających rzeki zapór a trzeci jest stawem pokopalnianym. Tymi akwenami są:

1. Jezioro Turawskie na rzece Mała Panew na Opolszczyźnie (publikacja 1)
2. Zalew Koronowski, rzeka Brda w Borach Tucholskich (publikacja 2)



3. Jezioro pokopalniane ŁK-61 („Staw Południowy”) w rejonie tzw. Łuku Mużakowa w Województwie Lubuskim (publikacja 3).

Każde z badanych jezior ma swoją specyfikę. Jezioro Turawskie leży na terenie tzw. „anomalii opolskiej” a więc plamy najwyższych zaobserwowanych w Polsce po katastrofie czarnobylskiej skażeń ^{137}Cs . Obszar ten rozpoczyna się w okolicach Olesna i kończy na terenie Polski w Kotlinie Kłodzkiej. Jest dalej kontynuowany z małymi przerwami poza granicami Polski i sięga w rzeczywistości aż do północnych Włoch, w pobliżu Mediolanu. Skażenia te powstały na skutek intensywnych opadów deszczu nad tymi terenami w trakcie przechodzenia chmury czarnobylskiej. Jezioro Turawskie jest też w zasięgu oddziaływania Górnośląskiego okręgu Przemysłowego. Dla kontrastu Jezioro Koronowskie to obszar o względnie niskich wartościach opadu czarnobylskiego jak i małym wpływem oddziaływań przemysłowych. Z kolei Staw Południowy to jezioro o bardzo wysokim zakwaszeniu, silnie zaburzone wpływami technogennymi lecz również z małym opadem czarnobylskim. Prace łączy prawie jednorodna metodyka badań obejmująca szerokie wachlarz metod analitycznych. Opis zastosowanych metod obejmuje: pobór i wstępną preparatykę próbek, badania próbek wody a więc głównie analizę jej składu chemicznego, badania granulometryczne osadów, analiza podstawowa (gęstość, zawartość materii organicznej itp.) osadów oraz ich składu pierwiastkowego (dla wybranych pierwiastków), analizy mineralogiczne, analizy radiometryczne a nawet analizy składu gatunkowego okrzemek. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Użyto szeregu technik komputerowych opracowania wyników, między innymi programu ArcGIS (do uzyskania wizualizacji wyników w postaci map) oraz modelowania termodynamicznego stanu nasycenia roztworów. Jednolitość metodyki badawczej nie jest jednak zupełna, w najszerszym (kompletnym) zakresie wyżej wymienione techniki wykorzystano w trzech publikacji cyklu. Jest to zapewne skutkiem rozwoju koncepcji badań w trakcie ich prowadzenia jak również możliwości jakie pojawiały się dzięki rozwojowi współprac międzynarodowych. Druga z prac ma współautora z Czech, trzecia współautorów z Czech i Niemiec.

Zasadniczy cel pracy został określony w „Streszczeniu” (str. 5 dysertacji), gdzie Autorka deklaruje co następuje: „Głównym celem prezentowanej rozprawy doktorskiej było określenie najważniejszych mechanizmów odpowiadających za rozmieszczenie i migrację wybranych izotopów promieniotwórczych w osadach jeziornych zbiorników antropogenicznych w Polsce”. Wymienione powyżej techniki pomiarowe są więc większości technikami pomocniczymi a najważniejsze są analizy radiometryczne, co jest bliskie moim zainteresowaniom zawodowym. Dlatego w recenzji poświęcam tym zagadnieniom najwięcej uwagi. Radionuklidami, na których skupia się uwaga Autorki są ^{137}Cs , ^{40}K i dołączony w ostatniej pracy ^{210}Po . Na potrzeby niniejszej recenzji potrzebne jest w mojej ocenie przedstawienie specyfiki obecności w środowisku tych radionuklidów.

Substancje radioaktywne obecne są na Ziemi od samego początku jej istnienia, obecne też były w materii pierwotnej obłoku po wybuchu supernowej, z której formułował się Układ Słoneczny a wraz z nim Ziemia. Naturalne radionuklidy przyjęło się dzielić na trzy grupy:



- radionuklidy o czasach połowicznego zaniku tak długich, że nie zdążyły jeszcze wciąż rozpaść się w ciągu istnienia naszej planety,
- radionuklidy krótkożyciowe, będące produktami rozpadu tych bardzo długożyciowych, istniejących od zarania Ziemi. Radionuklidy tej grupy tworzą szeregi promieniotwórcze,
- radionuklidy kosmogeniczne (właściwszym terminem byłoby „kosmogenne” ale przyjął się ten pierwszy termin) – nieustannie powstające w wyniku oddziaływań promieniowania kosmicznego z jądrami atomowymi w atmosferze i na powierzchni globu.

Ponadto, od lat czterdziestych XX w. zaczęły pojawiać się w środowisku tzw. sztuczne substancje radioaktywne, nazywane też antropogenicznymi. Na ogół przyjmuje się, że tym przełomowym rokiem był rok 1945, a więc rok przeprowadzenia pierwszych pięciu wybuchów jądrowych, ale uwolnienia do środowiska zaczęły się już wcześniej, w latach 1943-44, gdy rozpoczęto w USA użytkowanie pierwszych reaktorów jądrowych. Termin „sztuczne” w odniesieniu do tych radionuklidów jest o tyle mylący, że procesy prowadzące do ich powstawania (choć zachodzące w specjalnie konstruowanych urządzeniach) są ze wszech miar procesami naturalnymi. Jedynie ich uwalnianie do środowiska związane jest z działalnością człowieka. Nawiasem mówiąc, fakt pojawienie się tych substancji w środowisku jest jedną z istotnych przesłanek, która skłania część środowiska naukowego do wyróżnienia obecnego okresu w dziejach Ziemi jako nowego okresu geologicznego zwanego Antropocenem. Radionuklidy antropogeniczne to z jednej strony produkty rozszczepienia jąder atomowych z drugiej są to produkty aktywacji. W środowisku pojawiają się na skutek rutynowej działalności przemysłu jądrowego, testów (lub użycia) broni jądrowej, katastrof obiektów jądrowych lecz również rozwoju medycyny nuklearnej i zastosowań technik radioizotopowych w przemyśle i innych gałęziach gospodarki.

W recenzowanej tu pracy doktorskiej Autorka skupia swoją uwagę na trzech wybranych radionuklidach: ^{137}Cs , ^{40}K i ^{210}Po . Pierwszy z nich (^{137}Cs) to radionuklid antropogeniczny, jeden z najbardziej istotnych z punktu widzenia ochrony przed promieniowaniem produkt rozszczepienia jądra atomowego, zarówno uranu jak i plutonu. Drugi (^{40}K) to naturalny, długożyciowy radionuklid obecny od zawsze na Ziemi. Izotop potasu (^{40}K) nie ma bardzo istotnego znaczenia interpretacyjnego w opisywanych tu badaniach procesów zachodzących w osadach i właściwie może służyć sygnalizowaniu ewentualnych znaczących różnic w składzie badanych osadów albo też znaczącej kompresji osadu w kolejnych warstwach. Trzeci z wymienionych radionuklid (^{210}Po) to ostatni radioaktywny nuklid w szeregu uranowym (kolejny, ostatni w szeregu ^{206}Pb to nuklid stabilny). Jest wyłącznie emitentem promieniowania alfa. ^{210}Po to radionuklid względnie krótkożyciowy, bo o czasie połowicznego zaniku równym 138 dni. Należy tu zauważyć, że obecność w osadach ^{210}Po wiąże się z dosyć złożonym procesem. Jego aktywność w próbce jest zdeterminowana przez aktywność jego niebezpośredniego prekursora (tzw. „dziadka”) w szeregu uranowym. Tym prekursorem jest izotop ołowiu, ^{210}Pb , z którym ^{210}Po jest na ogół w równowadze promieniotwórczej. W szeregu uranowym pomiędzy ^{210}Pb a ^{210}Po znajduje się ^{210}Bi ($T_{1/2}=5$ dni) będący emitentem wyłącznie promieniowania beta. Zarówno ^{40}K , ^{137}Cs jaki



^{210}Pb rozpadają się przez rozpady beta minus (^{40}K również alternatywnie przez wychwyty elektronu) i emitują kwanty promieniowania gamma o dobrze określonych energiach linii widmowych, odpowiednio to 1460,8 keV, 661,6 keV i 46,5 keV. Czasy połowicznego zaniku ^{137}Cs i ^{210}Pb są zbliżone (odpowiednio 30 lat i 22 lata) natomiast czas połowicznego zaniku ^{40}K to 1,28 miliarda lat.

Wspomniany „dziadek” ^{210}Po , a więc ^{210}Pb , kończy tzw. podszereg radonowy w szeregu uranowym i rozpoczyna podszereg ołowiu-polonowy. Jego odległym prekursorem jest z kolei ^{226}Ra ($T_{1/2}=1600$ lat) rozpadający się przez rozpad alfa i co jest bardzo istotne, produktem tego rozpadu jest gaz szlachetny, radon, a dokładnie jego izotop ^{222}Rn ($T_{1/2}=3,83$ dnia). Gaz ten z pewnym prawdopodobieństwem uwalnia się z matrycy geologicznych, dyfunduje do atmosfery gdzie następnie swobodnie rozprzestrzenia się. Jednocześnie podlega tam kilku kolejnym szybkim przemianom radioaktywnym (dwa rozpady alfa, dwa beta minus i znów alfa) tworząc kolejno krótkożyciowe izotopy polonu (^{218}Po), ołowiu (^{214}Pb), bizmutu (^{214}Bi) oraz ponownie polonu (^{214}Po), by ostatecznie zatrzymać się na dłuższy czas w formie wyżej wymienionego, dłużej życiowego, ^{210}Pb . W trakcie tego całego procesu substancje będące pochodnymi rozpadu radonu wiążą się z cząstkami aerozolu atmosferycznego i w końcu, wraz z nimi osiadają na powierzchni Ziemi: na skałach, roślinach, wodzie itp., w tempie zależnym od średnic i gęstości tych cząstek. Prowadzi to do znaczącego zaburzenia równowagi promieniotwórczej w szeregu uranowym obserwowanego w osadach, mianowicie w warstwach powierzchniowych obserwuje się znaczący nadmiar ^{210}Pb względem ^{226}Ra . Dla danego miejsca warunki dostarczania ^{210}Pb uśredniają się w dłuższych okresach czasu (np. w ciągu roku), przez co zakłada się ciągły, stały dopływ tego radionuklidu, typowy do danego miejsca. W osadzie ^{210}Pb rozpada się (jak wspomniano poprzez krótkożyciowy ^{210}Bi) do ^{210}Po . Zjawisko to jest wykorzystywane do datowania młodych osadów (lub innych dynamicznie tworzących się młodych struktur, np. torfowisk). Aktywność zarówno ^{210}Pb jak i ^{210}Po zanika bowiem wraz z głębokością osadu, a więc też wraz z jego wiekiem, z czasem połowicznego zaniku ^{210}Pb (z racji chwilowej równowagi promieniotwórczej między nimi czas połowicznego zaniku ^{210}Po nie ma tu znaczącego wpływu), aż do lokalnego poziomu wiekowej równowagi promieniotwórczej pomiędzy ^{210}Pb ze swoim odległym prekursorem, ^{226}Ra . W pomiarach służących tej metodzie badania tempa tworzenia się osadów można wykorzystywać pomiary aktywności zarówno ^{210}Pb jak i ^{210}Po . Jak wspomniano można dosyć rozsądnie zakładać istnienie między nimi chwilowej równowagi promieniotwórczej (na marginesie można dodać, że odczekanie roku pomiędzy poborem próbki a pomiarem pozwala na usunięcie niepewności wynikającej z ewentualnych zaburzeń równowagi pomiędzy ^{210}Po i ^{210}Pb w osadzie *in situ*). Wykorzystanie aktywności ^{210}Po wymaga zastosowania metod radiochemicznych poprzedzających pomiar alfa-spektrometryczny, przez co jest bardziej pracochłonne, natomiast pomiar aktywności ^{210}Pb może być czysto instrumentalny, z wykorzystaniem próbek objętościowych i spektrometrii promieniowania gamma. Jednak z racji niskiej energii kwantów gamma emitowanych przez ten radionuklid wyniki obciążone są dużymi niepewnościami pomiarowymi (głównie systematycznymi, związanymi z trudną do oceny samoabsorpcją promieniowania gamma w próbce). Należy podkreślić, że Autorka korzysta z bardziej pracochłonnych (bo wymagających prac radiochemicznych) oznaczeń



^{210}Po , co sprawia, że niepewności pomiarowe są mniejsze, i jest to godne uznania W ogólności dobrze jest też znać poziom aktywności ^{226}Ra w próbce. Możemy uzyskać to w pomiarze gamma-spektrometrycznym. Jednak Autorka bada na tyle płytkie osady (jeziora są młode, mają ściśle określony moment powstania), że nie dochodzi do osiągnięcia poziomu odpowiadającego ok. 100 latom tworzenia się osadu, gdzie teoretycznie zanika nadmiar aktywności ^{210}Po (lub ^{210}Pb) nad rodzimym w osadzie ^{226}Ra .

Również antropogeniczny ^{137}Cs wykorzystywany jest powszechnie do datowania procesu formowania się młodych osadów (albo przyrostów torfowisk). Metoda oparta jest na innych przesłankach. Korzysta się tu z faktu ściśle określonego momentu w czasie, w którym nastąpiło wprowadzenie tego nuklidu do danego środowiska. Na terenie Polski przyjmuje się dwa takie zdarzenia: rok 1963, czyli rok największego nasilenia prowadzenia na świecie testów broni jądrowej oraz rok 1986, w którym wydarzyła się katastrofa czarnobylska. Przedstawione powyżej w zarysie dwie metody datowania młodych osadów są kluczowe dla recenzowanej pracy. Zastosowane są do badania formowania się osadów w trzech różnych sztucznych jezior położonych w różnych rejonach Polski i znacznie różniących się swoimi zasadniczymi cechami. W pracy badane są osady na tyle płytko, że za jedyne źródło ^{137}Cs w środowisku Autorka przyjmuje katastrofę czarnobylską.

W konkluzji pierwszej pracy, po obszernej i bardzo dobrej dyskusji stwierdzono, że ^{137}Cs obecny w kolumnie osadu pochodzi zarówno z depozycji w chwili przechodzenia radioaktywnej chmury jak i z szeregu wtórnych depozycji. To jest całkowicie słuszny wniosek. Jak najbardziej znaczące czynniki rządzące depozycją ^{137}Cs wyróżniono stopień rozwinięcia powierzchni osadu (inaczej: granulacje osadu, im drobniejsze ziarna tym większa depozycja) i zawartość materii organicznej (proporcjonalnie). Zaobserwowano zróżnicowanie skali depozycji kumulujące się w pobliżu zapory. Stwierdzono też istotne zaburzenie osadów w strefie litoralnej Jeziora Turawskiego, co wynikać może zarówno z procesów erozyjnych jak i biologicznych, jakim poddawane są te osady, przy znacznym udziale wahań poziomu wody w jeziorze. Wyznaczono prędkości sedymentacji istotnie różniące się w różnych partiach jeziora. Wyniki te mogły by być w mojej ocenie jeszcze bardziej jednoznaczne przy znacznie głębszym pobieraniu profili. W warunkach próbkowania do ok. 30 cm nie można być całkowicie pewnym, czy zaobserwowane maksimum rzeczywiście odnosi się do roku 1986, czy może do jakiejś późniejszej fali wezbraniowej redystrybuującej skażenia ^{137}Cs .

W drugiej pracy cyklu, po podobnie dogłębnej dyskusji wyników, stwierdzono, że trwa ciągle dopływ ^{137}Cs do osadów Zalewu Koronowskiego oraz że tworzące się osady wykazują znaczące zróżnicowanie poziomu stężeń ^{137}Cs . Ponownie jest to związane z granulacją osadu, a więc ze skalą rozwinięcia jego powierzchni, również ze stagnacją wody. W zastoinach woda przebywa tak długo, że nawet bardzo drobna zawiesina opadnie tworząc osad. Również ponownie stwierdzone korelację pomiędzy zawartością materii organicznej a poziomem stężeń ^{137}Cs w osadzie. Stwierdzono też korelację pomiędzy zawartością illitu a ^{137}Cs . Zaobserwowano ciekawą i trochę niespodziewaną relację pomiędzy stężeniem ^{137}Cs i ^{40}K w niektórych warstwach osadów, między innymi wspólne wystąpienie maksimum dla



profilu P2. Oprócz rozważanych w publikacji hipotez wyjaśniających tę obserwację, trzeba by rozważyć również, czy może to być efekt kompresji osadu?

Jak już wspominałem, trzecia publikacja cyklu odnosi się do bardzo szczególnego jeziora, przemysłowego otwartego zbiornika charakteryzującego się silnie kwaśnym odczynem wód (pH~3). Jezioro znajduje się blisko zachodniej granicy Polski, na obszarze z względnie niewielkim opadem czarnobylskim. W badaniach stwierdzono stratyfikację w kolumnie wody: do głębokości ok. 5-6 m woda ma pH <3 i wysokie zmineralizowanie, poniżej odczyn pozostając kwaśnym zmierza do wartości bliższych neutralnemu (pH>5) i zmienia się skład chemiczny. W osadzie dennym wraz z głębokością wiele parametrów podlega silnym wahaniom. W szczególności odnotowuje się maksimum aktywności wszystkich trzech badanych radionuklidów w warstwie od 7 do 12 cm. Jest to wbrew oczekiwaniom. W idealnym przypadku można spodziewać się wyraźnego maksimum stężenia aktywności na pewnej głębokości jedynie dla ^{137}Cs , stałego poziomu wzdłuż profilu dla ^{40}K i wykładniczego spadku dla ^{210}Po . Nie było to łatwe do zinterpretowania i praktycznie uniemożliwiło zastosowanie metod datowania opartych na ^{210}Po i ^{137}Cs . Również inne badane parametry osadów dawały nieoczywiste wyniki. Po bardzo obszernej i wnikliwej dyskusji, konfrontując wyniki z wieloma danymi literaturowymi, w których szukano analogii i inspiracji w konkluzji publikacji stwierdzono, że procesami które odpowiadają za tak nieoczywiste zmiany wzdłuż profilu osadów są:

1. rozpuszczanie się minerałów
2. współstrącanie wtórnych minerałów zawierających Fe i Al,
3. zróżnicowane procesy adsorpcji.

Stwierdzono również, że procesy zachodzące w wodach jeziora ŁK-61 są mocno zaburzane przez dopływające doń wody. Anomalny wzrost stężenia aktywności wszystkich badanych radionuklidów (oraz stężeń wielu stabilnych pierwiastków) w jednej warstwie przypisano powodzi z sierpnia 2010 roku, która zmieniła znacząco panujące w jeziorze warunki chemiczne zwiększając znacząco pH jego wody. Nastąpiło znaczące zwiększenie procesu sedymentacji prowadząc to zaobserwowanej anomalii.

Na uwagę zasługują bardzo obszerne listy artykułów cytowanych we wszystkich trzech publikacjach cyklu. Sugeruje to doskonałą orientację w aktualnym piśmiennictwie w poruszanej w pracach tematyce.

2. Uwagi krytyczne

Przechodząc do uwag krytycznych należy zauważyć, że w pierwszej publikacji cyklu Autorka dosyć łagodnie przechodzi do porządku dziennego wobec niezbyt spójnych danych literaturowych odnośnie skali skażeń ^{137}Cs na terenie tzw. anomalii opolskiej”, w szczególności do ocen co do zawartości ^{137}Cs w osadach Jeziora Turawskiego. Na stronie 8 przedstawiono mapkę pochodząca z opracowania Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) z 2022 roku. Najwyższa izolinia w tym opracowaniu to 12 kBq/m^2 dla depozycji ^{137}Cs w glebach w Polsce. W konsekwencji oparcia się na tej publikacji, w Tabeli 1, charakteryzując przewidywane „stężenie ^{137}Cs (kBq/m^2)”, podana jest wartość 3,72



kBq/m^2 . Analogiczne wartości dla dwóch pozostałych lokalizacji są o rząd wielkości niższe, w przybliżeniu wynoszą ok. $0,35 \text{ Bq/m}^2$. Wszystkie te dane pochodzą z tej samej pracy. Są to wartości znacznie zaniżone, jak łatwo można zaobserwować porównując je z innymi, wcześniejszymi danymi literaturowymi dla Polski oraz z własnymi wynikami dla wartości depozycji uzyskanymi przez Autorkę. Zaniżenie wartości w cytowanej pracy wydaje się wynikać z bardzo płytkiego próbkowania gleby w tamtych badaniach (bodajże 10 cm), w konsekwencji jedynie kilka lub kilkanaście procent obecnego w całym profilu glebowym ^{137}Cs było nazywane „depozycją”. W rzeczywistości pełna depozycja w osadach dennych Jeziora Turawskiego była rzędu przynajmniej 100 kBq/m^2 (np. w pracy Natkaniec 1999), a więc obecnie, po ponad 30 latach sięga przynajmniej 50 kBq/m^2 . Wyższy nawet wynik Autorka uzyskuje obecnie w głęboko zbadanym profilu T 0.0. Uważam, że brak krytycznego odniesienia się do tych zaniżonych wyników jest niewłaściwy. Sam termin „stężenie” dla wyniku podawanego w jednostkach (kBq/m^2) nie jest do końca poprawny – powinna to być „depozycja w warstwie”, „depozycja skumulowana” (dla sumy w całym profilu) lub ewentualnie „stężenie powierzchniowe aktywności”. „Stężenie aktywności” (a więc nie samo „stężenie”) odnosi się na ogół do wyników podawanych w jednostce aktywności dzielonej przez jednostkę masy (w SI to Bq/kg). Trzeba na marginesie zauważyć, że stężenie aktywności jest wielkością otrzymywaną wprost z pomiaru aktywności i stąd jego popularność literaturowa. Jednak podawanie wartości depozycji aktywności (czy, jak to nazwiemy, „stężeniem powierzchniowym aktywności”) a nie stężenia aktywności (a więc w Bq/m^2 a nie w Bq/kg) ma dwie wielkie zalety:

- jest to wielkość addytywna,
- ma bezpośrednią interpretację fizyczną pozwalającą porównywać ze sobą różne materiały i rodzaje próbek.

W dyskusji wyników, w pierwszej publikacji cyklu, Autorka zauważa, że największe stężenia aktywności w obecnie analizowanych próbkach są o blisko 50% wyższe od wartości z wymienionej tu pracy (Natkaniec 1999), nie jest dla mnie jasne, czy to porównanie uwzględnia trywialny efekt zmiany aktywności w próbkach wynikający z rozpadu radioaktywnego. Nie zauważyłem, by kwestia ta była dostrzeżona w dyskusji.

W drugiej publikacji cyklu zauważyłem, że sposób prezentacji wyników liczbowych nie jest wolny od niedoskonałości. Ogólnie przyjmuje się, że nie ma sensu podawać więcej niż dwóch cyfr znaczących w niepewnościach pomiarowych i że to determinuje sposób prezentacji wyników. Przykładowo, nie jest właściwym podawanie wyniku jako $124,8 \pm 16,7 \text{ Bq/kg}$, powinien on być zaokrąglony do $125 \pm 17 \text{ Bq/kg}$. W całej pracy podawane są trzy cyfry znaczące w niepewności, co zwłaszcza przy niepewności względnej dla stężenia aktywności ^{40}K wynoszącej często kilkanaście procent jest całkowicie nieuzasadnione.

Nie mam uwag krytycznych względem trzeciej publikacji cyklu.

3. Wnioski

Niewielkie uwagi krytyczne nie zmieniają mojej ogólnej bardzo wysokiej oceny pracy doktorskiej pani mgr Ilony Sekudewicz. Stwierdzam, że oceniana tu praca doktorska mgr.



**INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

Ilony Sekudewicz pt. " Migracje i rozmieszczenie wybranych izotopów promieniotwórczych w ekosystemach jeziornych jako wskaźnik procesów sedymentacyjnych " spełnia wszelkie ustawowe wymogi stawiane obecnie rozprawie doktorskiej, określone w stosownej Ustawie o nauce, i stąd wnoszę o dopuszczenie jej Autorki, pani mgr Ilony Sekudewicz, do dalszych etapów postępowania doktorskiego. Jednocześnie wnoszę o wyróżnienie tej rozprawy. Za wyróżnieniem przemawia jakość naukowa przedstawionych w dysertacji badań będący skutkiem bardzo szerokiego zakresu umiejętnie wykorzystanych technik pomiarowych dających szeroki, kompleksowy i wyczerpujący obraz procesów zachodzących w osadach badanych jezior. Nie bez znaczenia dla mojego wniosku o wyróżnienie jest też może ten fakt, że cykl prac tworzących rozprawę doktorską pani mgr Ilony Sekudewicz przyniósł łącznie aż 400 pkt. ministerialnych, co jest wynikiem nie zawsze uzyskiwanym w cyklach prac składanych jako osiągnięcie naukowe w postępowaniach habilitacyjnych.