



Uniwersytet
Pomorski
w Słupsku

Prof. dr hab. inż. Aleksander Astel
Zakład Chemii i Toksykologii Środowiska
Instytut Geografii
Uniwersytet Pomorski w Słupsku
ul. Arciszewskiego 22a, 76-200 Słupsk
tel. (+48 59) 8405-423,
e-mail: aleksander.astel@upsl.edu.pl

Słupsk, 10 maja 2025 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgra inż. Pawła Hacia** zatytułowanej **SZACOWANIE NARAŻENIA KONSUMENTÓW WYROBÓW NIKOTYNOWYCH** **NA OBECNE W NICH TOKSYCZNE PIERWIASTKI**

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska **mgra inż. Pawła Hacia** pt. „**Szacowanie narażenia konsumentów wyrobów nikotynowych na obecne w nich toksyczne pierwiastki**” ubiegającego się o stopień doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne przed Radą Naukową Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Gdańskiej. Promotorem rozprawy jest Prof. dr hab. inż. Piotr Konieczka z Katedry Chemii Analitycznej Wydziału Chemicznego PG. Recenzję wykonałem w oparciu o uchwałę Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne PG z dnia 11 marca 2025, w której powołano mnie na recenzenta.

2. Ocena bibliometryczna

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska opiera się na czterech publikacjach i jednym manuskrypcie, który uzyskał pozytywną decyzję o przyjęciu do druku w dniu 16 lutego 2025 w czasopiśmie Toxicology. Łącznie z manuskrypcem przyjętym do druku, cztery publikacje opublikowano w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, indeksowanych w bazie Web of Science. Jeden artykuł opublikowano w krajowym czasopiśmie Analityka, które będąc rekomendowanym przez Komitet Chemii Analitycznej PAN, stanowi nośnik informacji naukowych o zasięgu krajowym. Choć włączenie do rozprawy doktorskiej artykułu opublikowanego w Analityce nie jest zjawiskiem powszechnym, postrzegam ten fakt pozytywnie, ze względu na to, że Analityka jest pismem, w którym autorzy prezentują istotne tematy badawcze w formie nieco mniej naukowej, a tym samym docierają z treściami do wielu odbiorców, w tym zakładów przemysłowych i laboratoriów analitycznych. Można to interpretować, jako działanie w kierunku transferu wiedzy do gospodarki, co stanowi jeden z trzech, podstawowych elementów ewaluacji naukowej dyscyplin. Wszystkie artykuły opublikowano w czasopismach, które uzyskują punktację w zakresie od 20 (Analityka) do 140 (Journal of Environmental Science and Health – Part C: Toxicology and Carcinogenesis). Średnia punktacja przypadająca na jeden artykuł to 80 pkt, co stanowi przyzwoity poziom charakterystyczny dla dyscyplin ewaluowanych na po-

ziomie B+. Sumaryczny współczynnik oddziaływania artykułów wynosi 11,6 co daje około 2,3, w przeliczeniu na pojedynczy artykuł. Pod względem wartości wskaźników bibliometrycznych przekazany do oceny cykl spójnych tematycznie artykułów tworzących rozprawę doktorską prezentuje się przyzwoicie i z całą pewnością uprawnia kandydata do ubiegania się o stopień doktora. Warto podkreślić, że we wszystkich przypadkach mgr inż. Paweł Hać jest pierwszym autorem co wskazuje na jego wiodącą rolę w definiowaniu tematyki badawczej poszczególnych prac i przygotowaniu wstępnych wersji manuskryptów. Wszystkie prace publikowano w opcji wieloautor-skiej, co można postrzegać pozytywnie ze względu na powszechnie promowany trend prowadzenia badań naukowych we współpracy z innymi badaczami, często pochodzącymi z innych ośrodków naukowych. Tak jest też w przypadku mgr inż. Pawła Hacia, który piątą pracę cyklu przygotował we współpracy z partnerami z Japonii. Biorąc pod uwagę powyższe fakty można z całym przekonaniem uznać, że rozprawa doktorska **spełnia kryterium oparcia o kilka, spójnych merytorycznie publikacji naukowych, opublikowanych w indeksowanych, recenzowanych czasopismach.**

3. Cel pracy i ogólna ocena tematyki

Tematyka rozprawy doktorskiej dotyczy jednego z ważniejszych obecnie problemów społecznych, jakim jest powrót do wszelkiego typu używek wziewnych. Autor rozprawy słusznie zauważył, że tradycja stosowania wyrobów nikotynowych, w których uwalnianie nikotyny odbywa się na drodze wielu mechanizmów jest powodem uzależnienia, lecz przede wszystkim jest źródłem szerokiego spektrum substancji kan-cerogennych lub toksycznych, w tym uwalnianych w procesie spalania związków or-ganicznych lub metali. W chwili obecnej, istotnym zagrożeniem społecznym są pro-dukty, w których nikotyna uwalniana jest do fazy gazowej w efekcie podgrzewania tytoniu, lub roztworów, które ją zawierają. Te drugie zyskują dużą popularność, ze względu na fakt, że roztwory często są aromatyzowane i nie pozostawiają charakte-rystycznego zapachu palonego papierosa na dłoniach, ustach lub ubraniu. Rozpra-wę poświęcono jednak głównie analizie zawartości metali potencjalnie toksycznych w cygarach, co z jednej strony jest uzasadnione, ze względu na wyraźną lukę w lite-raturze, z drugiej zaś zaskakujące, ze względu na to, że udział cygar w rynku pro-duktów nikotynowych w niektórych regionach geograficznych jest zdecydowanie niższy w porównaniu z klasycznymi papierosami, cygaretkami, wkładami tytoniowy-mi czy fluidami. Niemniej jednak, w mojej ocenie, najbardziej istotnym elementem nie jest fakt, iż do badań wybrano właśnie cygara lecz fakt, że badania ukierunko-wano na opracowanie podejścia do oceny narażenia konsumentów na pierwiastki potencjalnie toksyczne zawarte w tytoniu, które mogą być uwalniane w różnym stę-żeniu ze spalanych wyrobów tytoniowych. Biorąc pod uwagę to ostatnie uważam, że opracowanie rzetelnych i obiektywnych sposobów oceny narażenia może dostarczyć istotnych danych ekotoksykologicznych a przede wszystkim wykazać, że stosowa-nie wyrobów tytoniowych w jakiegokolwiek formie może wpływać negatywnie na zdro-

wie człowieka w różnej skali czasowej. Uważam, że **wybór tematyki rozprawy jest ze wszech miar interesujący, uzasadniony brakami w literaturze światowej i społecznie istotny**, choć analiza założeń eksperymentu (w szczególności dość niska liczba gatunków cygar, które poddano analizie) pozostawia pewien niedosyt. Korzystając z okazji polemiki z kandydatem chciałbym zapytać, dlaczego do badań wybrano właśnie cygara, które spośród wielu dostępnych na rynku spalanych wyrobów tytoniowych charakteryzują się pozornie najmniejszą szkodliwością, ze względu na mniejszą, w porównaniu z papierosami czy cygaretkami, intensywność zaciągania się dymem tytoniowym? Dodatkowo pragnę zapytać, dlaczego w badaniach, szczególnie tych prowadzonych w początkowej fazie i opisanych w pierwszych pracach cyklu, skoncentrowano się głównie na rtęci i pominięto inne metale potencjalnie toksyczne?

Podsumowując wątek oceny ogólnej tematyki pracy uważam, że było w niej wiele luk, które kandydat zdecydował się uzupełnić realizując trzy jasno sprecyzowane cele. Uwzględniaty one: (i) oznaczanie zawartości wybranych metali potencjalnie toksycznych w próbkach wyrobów tytoniowych, głównie cygar, (ii) opracowanie a w zasadzie adaptację istniejącej w chemii żywności metody szacowania maksymalnego narażenia konsumentów na pierwiastki potencjalnie toksyczne, (iii) określenie potencjalnie maksymalnego narażenia konsumentów wyrobów tytoniowych na wybrane pierwiastki.

4. Ocena merytoryczna

Koncentrując się na zadaniu oceny merytorycznej rozprawy należy podzielić ją na dwa elementy. Pierwszy dotyczy oceny dwóch pierwszych prac cyklu, które mają wyraźnie odmienny charakter. Pierwsza praca cyklu wyczerpuje wystarczająco znamiona wstępu teoretycznego, w którym autor przedstawił zakresy stężeń metali (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr, Co, As, Hg) obecnych w dymie emitowanym ze spalanych cygar podkreślając wyraźnie fakt, że wyniki pochodzą jedynie z około 10 publikacji dostępnych w literaturze światowej opublikowanej pomiędzy 1972 a 2019 rokiem. Pomimo tego, że pracę przygotowano zgodnie z zasadami sztuki pewien niedosyt pozostawia fakt, że autor nie pokusił się o wykonanie chociażby pogładowej analizy wielowymiarowej, w której oznaczone wartości stężeń metali połączono by np. z geograficznym pochodzeniem cygar. Osobnym tematem do ewentualnego omówienia jest pytanie, czy wyniki prac źródłowych, w szczególności stopień ich agregacji, pozwalały na wykonanie takiej analizy? Bardzo proszę o uzupełnienie informacji w tym zakresie.

Kolejna publikacja cyklu to metodyczna praca, którą opublikowano w czasopiśmie *Analityka*. Chociaż z reguły publikacje umieszczane w pismach branżowych charakteryzuje nieco inny język i nieco inny poziom abstrakcji w porównaniu z klasycznymi publikacjami z czasopism naukowych, to w przypadku tego opracowania autor zawarł wiele cennych elementów metodycznych, których celem było wskazanie, że oznaczanie rtęci w tytoniu cygarowym i dymie stanowi istotne wyzwanie analitycz-

ne. W pracy nie zawarto jednak elementów charakterystycznych dla klasycznych sekcji Materiały i metody (np. czas sorpcji, metoda desorpcji ze złoża, ilość powtórzeń, parametry walidacyjne metody analitycznej, itp.) W publikacji przedstawiono budowę układu eksperymentalnego typu „sztuczne usta” i wykazano, że w przypadku niektórych gatunków cygar zawartość rtęci w tytoniu cygarowym może być nawet 5x większa niż w innych gatunkach, a najbardziej istotnym wynikiem badań było to, że w tych przypadkach blisko 50% rtęci przechodziło do fazy gazowej i mogło być potencjalnie wchłaniane przez palaczy. Dodatkowo, jednym z bardziej istotnych wniosków wytykających z badań jest to, że ocena stopnia narażenia konsumentów na pierwiastki potencjalnie toksyczne obarczona jest znaczącą niepewnością, gdyż poziom zawartości metali w tytoniu jest ściśle związany z pochodzeniem geograficznym tytoniu używanego do produkcji cygar i te pochodzące z Meksyku nie powinny być preferowanym wyborem konsumentów. Korzystając z okazji chciałbym zapytać, w jakim stopniu układ „sztuczne usta” symuluje realne warunki spalania cygar przez konsumentów?

W trzeciej publikacji cyklu autor przedstawił wyniki oznaczenia rtęci w wybranych produktach tytoniowych z uwzględnieniem zawartości wilgoci. W badaniach uwzględniono tytoń fajkowy, cygarowy, papierosowy i z bidi. O ile sama zasadność i metodyka oznaczenia wilgoci tytoniu, papieru i filtrów nie budzi większych zastrzeżeń o tyle sposób prezentowania wyników w pracy mógłby być lepszy. Przykładowo, rysunki 1 i 2 mogłoby być wykonane w tej samej konwencji (wykres typu ramka-wąsy), jak również zasadnym wydaje się umieszczenie w legendzie wyjaśnień znaczenia rozmiarów ramek i wąsów. Zwykle wykresy typu ramka-wąsy tworzy się z uwzględnieniem wielu istotnych parametrów statystycznych takich jak zakres wartości minimalnej i maksymalnej, mediana bądź średnia czy odchylenie standardowe serii pomiarowych. Nie wyjaśniono precyzyjnie jak zapewniono losowy wybór papierosów lub cygar z paczki. Analiza treści publikacji nr 2 i 3 nasuwa także pytanie, jakie są przyczyny znaczącej rozbieżności wyników oznaczania rtęci w cygarach Teamo classico magnificos? W wynikach pracy w Analityce było to około 50 ug/kg zaś w artykule nr 3 już tylko 26,83 ug/kg z nieznacznym odchyleniem standardowym serii pomiarowej (nie przekracza 1 ug/kg). Dodatkowo, pewien dyskomfort powoduje brak uwzględnienia i wyznaczenia chociażby współczynnika korelacji pomiędzy zawartością wilgoci w produktach a zawartością rtęci. Jakie wzajemne oddziaływanie mają te parametry w aspekcie potencjału przechodzenia rtęci do fazy gazowej w procesie spalania produktu? Czy warunki przechowywania produktów tytoniowych w różnym reżimie wilgotności mogą modyfikować stopień narażenia konsumentów wyrobów tytoniowych na obecne w nich pierwiastki toksyczne?

Czwartą pracę cyklu poświęcono ocenie stopnia narażenia palaczy na rtęć z wykorzystaniem adaptacji metody szacowania narażenia konsumentów na potencjalne pierwiastki toksyczne, którą pierwotnie używano w zastosowaniach z obszaru chemii żywności. Metodę zaadaptowano do specyfiki szacowania narażenia konsumentów spalanych wyrobów tytoniowych z uwzględnieniem warunków ich użytkowania. Lek-

tura publikacji dowodzi, że autor uwzględnił i wyeliminował źródło zmienności w procesie oznaczania rtęci, jaką jest konieczność wysuszenia próbki do uzyskania stabilnej wagi suchej masy. W procesie szacowania narażenia konsumentów uwzględniono warianty najbardziej negatywne, w których stopień przeniesienia rtęci z tytoniu do dymu wynosi 100%. Doktorant wykazał, że konsumpcja ponad 100 g tytoniu dziennie mogłaby dostarczyć potencjalnie szkodliwą dawkę rtęci, lecz wynik ten, moim zdaniem, należy traktować jedynie jako szacunkowy punkt odniesienia, co wiąże się z wcześniej opisanym spostrzeżeniem, w którym zawartość rtęci w produktach tytoniowych wytwarzanych w różnych krajach może różnić się kilkukrotnie. I tym razem w pracy pojawia się kilka zapisów, które nie są w pełni czytelne i jasne lub braków (np. jak interpretować zdublowane wartości średnie i wartości odchyłeń standardowych oznaczeń rtęci w produktach umieszczone w abstrakcie, dlaczego w pracy nie uwzględniono wątku oznaczania wilgotności tytoniu, filtrów, papieru?).

Ostatnia praca cyklu dotyczy rozszerzenia oceny stopnia narażenia palaczy na inne pierwiastki potencjalnie toksyczne i konstrukcją metodologiczną jest zbliżona do pracy 4. I tym razem metodyka, opis i wyniki analiz nie pozostawiają zbyt wiele wątpliwości i przedstawiono je poprawnie. Jednakże lektura pracy nasuwa pytanie, czy szacowanie narażenia konsumentów wyrobów tytoniowych w przeliczeniu na pojedynczy pierwiastek nie powinno też uwzględniać efektów łącznych? Korzystając z okazji dyskusji z doktorantem chciałbym uzyskać stanowisko doktoranta dotyczące potencjału połączenia obliczeniowej metody szacowania konsumentów z klasycznymi metodami ekotoksykologicznymi, w których efekt toksyczny (szczególnie wynikający z możliwej synergii) wyznacza się z wykorzystaniem organizmów wskaźnikowych.

Pod względem merytorycznym wyniki i ich interpretacja przedstawiona w cyklu prac jest poprawna i wartościowa. Pewien niedosyt pozostawia rezygnacja z bardziej wnikliwej analizy statystycznej (korelacja między wilgotnością i zawartością metali w dymie, wizualizacja wielowymiarowa). Dodatkowo, zaadaptowana metoda szacowania narażenia konsumentów na pierwiastki potencjalnie toksyczne obecne w dymie tytoniowych charakteryzuje się pewnymi lukami (brak uwzględnienia rzeczywistych warunków spalania niektórych kategorii wyrobów tytoniowych, brak uwzględnienia efektów łącznych do oceny toksyczności). Niemniej jednak uważam, że przedstawiony w ramach spójnego cyklu prac problem badawczy rozwiązano poprawnie, co przekłada się na wnioski, które sformułowano w rozprawie. Ustalono w nich, że: (i) literatura dotycząca zawartości substancji toksycznych, w szczególności potencjalnie toksycznych pierwiastków w wyrobach nikotynowych jest wyjątkowo uboga, (ii) zaadaptowana metoda szacowania konsumentów stosowana w chemii żywności może, na zasadzie „knowledge transfer”, być skutecznie przeniesiona do zastosowań opisanych w rozprawie, lecz konieczne jest podkreślenie jej pewnych ograniczeń, które opisano powyżej. Istotnym jest to, że metoda szacowania narażenia może być ekstrapolowana na inne kategorie substancji potencjalnie toksycznych, co otwiera nowe obszary badawcze.

5. Wnioski końcowe

Na podstawie analizy publikacji tworzących cykl rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Hacia oraz ich wartości naukowej z całą pewnością można stwierdzić, że cel rozprawy został osiągnięty. W efekcie realizacji badań i analizy wyników będących podstawą rozprawy sformułowano szereg cennych naukowo wniosków. Do najważniejszych, w mojej ocenie, należą te, których niestety nie wyeksponowano wystarczająco. W mojej ocenie najważniejszym wnioskiem jest to, że przemysł tytoniowy, reklama, tworzenie produktów atrakcyjnych dla przedstawicieli różnych grup wiekowych połączone z ograniczoną możliwością kontroli surowców stanowi istotne zagrożenie społeczne. Wnioski sformułowane w odniesieniu do analizy narażenia konsumentów wyrobów nikotynowych z uwzględnieniem pierwiastków potencjalnie toksycznych dowodzą, że palenie wyrobów tytoniowych, postrzegane w obszarze uzależnienia, stanowi istotne źródło ryzyka wystąpienia chorób układu oddechowego i nowotworowych zarówno dla czynnych jak i biernych palaczy.

Biorąc pod uwagę ilość dostępnej literatury, w której poruszane były elementy nawiązujące do tematyki rozprawy doktorskiej uważam, że wnioski sformułowane przez doktoranta przyczyniają się w istotny sposób do uzupełnienia luk w aktualnym stanie wiedzy i jednoznacznie wskazują kolejne obszary, w których uzupełnienie wiedzy jest pożądane.

Podsumowując, z całym przekonaniem uważam, że treść rozprawy doktorskiej kwalifikuje kandydata do ubiegania się o stopień doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne i **dlatego, na podstawie art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz.U.2024.1571 ze zm.)**, wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Pawła Hacia do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

10 maja 2025 r.