

12 grudnia 2025 r.

prof. dr hab. inż. Paweł Strumiłło
Instytut Elektroniki
Politechniki Łódzkiej

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY DYSCYPLINY INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Tytuł rozprawy: **Wpływ palenia papierosów elektronicznych i tradycyjnych na wybrane parametry układu oddechowego i sercowo-naczyniowego pacjentów, na podstawie analizy wektorów danych, uzyskanych z rejestracji wielomodalnych sygnałów biomedycznych**

Autor rozprawy: mgr inż. Joanna Chwał
Promotor: dr hab. inż. Paweł Kostka, prof. PŚ
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Rafał Doniec

I. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono trafnie i jasno sformułowane?

Celem przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej jest wieloaspektowa ocena ryzyka zdrowia u osób nałogowo palących papierosy tradycyjne i e-papierosy na podstawie monitorowania parametrów fizjologicznych palaczy (w tym z uwzględnieniem badań populacyjnych) z wykorzystaniem analizy statystycznej, modeli farmakokinetycznych i metod sztucznej inteligencji.

Rozprawa doktorska zawiera trzy zasadnicze części, na które składają się:

- wykaz publikacji przedłożonych jako dorobek badawczy,
 - dwa poszerzone streszczenia badań, w języku polskim i angielskim liczących odpowiednio 43 i 40 stron,
- oraz złączników zawierających:
- pełne teksty 11 publikacji naukowych (artykuły w czasopismach i referaty konferencyjne),
 - oświadczenia współautorów o merytorycznym i procentowym wkładzie w opracowanie publikacji,
 - życiorys naukowy doktorantki.

Na podstawie treści poszerzonego streszczenia rozprawy można stwierdzić, że problem badawczy został jasno sformułowany, gdyż Autorka rozprawy precyzyjnie przedstawia: skalę nałogu tytoniowego we współczesnych społeczeństwach, wynikające z tych nałogów zagrożenia dla

zdrowia, wskazuje też na istniejącą lukę badawczą dotyczącą bezpieczeństwa palenia e-papierosów.

Autorka rozprawy nie zdefiniowała tezy (lub tez) rozprawy a 11 hipotez badawczych powiązała z 11 załączonymi w pracy publikacjami naukowymi. Dla wykazania sformułowanych hipotez badawczych Autorka obrała następujące cele szczegółowe rozprawy:

- opracowanie i porównanie modeli farmakokinetycznych nikotyny z e-papierosów i papierosów tradycyjnych,
- analiza składu chemicznego aerozolu i dymu tytoniowego, z uwzględnieniem zawartości metali ciężkich oraz ocena ich wpływu toksykologicznego,
- rejestracja i porównanie sygnałów biomedycznych u młodych dorosłych użytkowników wyrobów nikotynowych i grupy niepalącej,
- identyfikacja cech diagnostycznych i wzorców odpowiedzi fizjologicznej różnicujących grupy badane z zastosowaniem metod analizy danych i uczenia maszynowego,
- ocena wpływu przewlekłego stosowania nikotyny na układ sercowo-naczyniowy, metaboliczny, oddechowy i motoryczny.

II. Czy autor rozwiązał postawiony problem i czy użył do tego właściwych metod dowodząc, że posiadał umiejętności związane z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych?

Stwierdzam, że Autorka rozprawy osiągnęła zdefiniowane cele badawcze. Praca ma charakter interdyscyplinarny, łączy analizy chemiczne, badania biomedyczne, modele farmakokinetyczne, narzędzia sztucznej inteligencji oraz modele populacyjne i epidemiologiczne. Świadczy to o umiejętnym dobraniu różnorodnych technik badawczych do złożoności badanego zagadnienia, jakim jest ocena ryzyka zdrowotnego związanego z paleniem zarówno tytoniu jak i e-papierosów.

Część eksperymentalna obejmowała analizę chodu, składu ciała i reakcji sercowo-naczyniowych u palaczy, użytkowników e-papierosów i osób niepalących. Zastosowano statystykę wielowymiarową, analizę korelacji i algorytmy klasyfikacyjne do identyfikacji różnic między grupami. Przeprowadzono także symulacje degradacji grzałek e-papierosów w kontekście toksykologicznym. Algorytmy uczenia maszynowego wykorzystano do analizy czynników społecznych i predykcji odpowiedzi fizjologicznej.

Zastosowanie modeli PBPK (ang. *Physiological Based Pharmacokinetic Model*), narzędzi sztucznej inteligencji, modeli Markowa oraz modeli populacyjnych SIQ+P+E+H+X (ang. *Susceptible–Initiator–Quitter, Policy, Environmental, Health, Exposure factors*) pokazuje, że Autorka na poziomie zaawansowanym opanowała umiejętność praktycznego stosowania modeli matematycznych i symulacji komputerowych, a przeprowadzona ich walidacja na podstawie danych empirycznych potwierdza poprawność metodyki prowadzenia badań naukowych. Ten etap badań został poprzedzony projektem eksperymentu badawczego oraz rejestracją danych wykorzystywanych w pracy. Wyniki prac opisanych w dołączonych publikacjach uzupełniają się i prowadzą do głównego celu badań polegającego na kompleksowej ocenie oddziaływania nikotyny na organizm człowieka oraz wynikające z tego faktu konsekwencje zdrowotne.

III. Czy tematyka rozprawy jest aktualna i dostatecznie ważna?

Tematyka pracy doktorskiej dotycząca szkodliwości palenia papierosów oraz wdychania aerozoli e-papierosów jest dziś wyjątkowo aktualna i istotna z uwagi na szkody zdrowotne powodowane tymi nałogami. Według raportów WHO palenie tytoniu jest przyczyną ponad 8 milionów zgonów rocznie na świecie i jest jednym z najważniejszych czynników ryzyka chorób sercowo-naczyniowych, oddechowych i nowotworowych. Szacuje się, że co 4 dorosły mieszkaniec Europy pali papierosy, a wśród młodzieży odsetek palaczy wynosi ok. 15-20 %. Jednocześnie gwałtownie rośnie popularność e-papierosów, szczególnie wśród nastolatków i młodych dorosłych.

Szeroko prowadzone badania pokazują, że dym tytoniowy i aerozole z e-papierosów zwiększają produkcję reaktywnych form tlenu powodując silny stres oksydacyjny w komórkach układu oddechowego. Nadal brakuje długoterminowych wyników badań dotyczących wpływu palenia e-papierosów na układ sercowo-naczyniowy. Przytoczone statystyki pokazują dużą skalę problemu społecznego jakim są ww. nałogi. Zatem dalsze badania nad szkodliwością tych nałogów mają duże znaczenie dla zdrowia publicznego.

Licznie cytowana w pracy literatura tematu z ostatnich kilku lat świadczy o aktualności badań podjętych w recenzowanej rozprawie.

IV. Na czym polega oryginalny dorobek autora i jakie jest jego znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna dla nauki bądź techniki?

Oryginalny dorobek Autorki polega na wypracowaniu kompleksowego i interdyscyplinarnego podejścia badawczego umożliwiającego wieloaspektową ocenę wpływu papierosów tradycyjnych oraz elektronicznych na organizm człowieka. Autorka opracowała i poddała weryfikacji modele matematyczne oraz symulacyjne, obejmujące modele farmakokinetyczne oraz modele dynamiki uzależnienia od nałogu. Wartością oryginalną rozprawy jest także połączenie badań eksperymentalnych z udziałem ludzi (pomiarów metabolicznych, testy wysiłkowe, stabilometria, analiza sygnałów biomedycznych) z analizą chemiczną aerozolu i modelowaniem procesów zachodzących w urządzeniach elektronicznych. Tak kompleksowy schemat badań umożliwił wykrycie różnic na wielu poziomach funkcjonowania organizmu, tj. od składu aerozolu po reakcję układu sercowo-naczyniowego, pomiędzy osobami palącymi e-papierosy, palącymi tytoń i niepalącymi,

Znaczenie poznawcze pracy polega na pogłębieniu wiedzy o jakościowych i ilościowych różnicach między skutkami palenia papierosów elektronicznych a paleniem tytoniu, czego dotąd nie badano w tak szerokim zakresie. Wysoka jest też praktyczna użyteczność rozprawy. Zaproponowane modele i narzędzia analityczne mogą być wykorzystywane w polityce zdrowotnej, monitorowaniu ryzyka, planowaniu strategii antynikotynowych oraz indywidualizacji terapii uzależnień. Praca dostarcza zatem nie tylko wiedzy teoretycznej, ale też konkretnych, gotowych do użycia narzędzi, które mogą wspierać działania profilaktyczne i kliniczne.

Do oryginalnych osiągnięć Autorki rozprawy zaliczam wykazanie wymienionych w pracy następujących hipotez badawczych:

- H1. skład chemiczny inhalowanego aerozolu z e-papierosów zależy nie tylko od samego płynu, lecz także od sposobu użytkowania urządzenia, co może prowadzić do emisji stężeń metali ciężkich osiagających lub przekraczających poziomy uznawane za bezpieczne,
- H2. parametry farmakokinetyczne nikotyny zmieniają się w zależności od sposobu jej podania (nikotyna lub e-papieros); przekłada się to na tempo wzrostu jej stężenia w organizmie, osiągany poziom maksymalny oraz siłę działania uzależniającego,
- H3. stan zdrowia, taki jak otyłość, choroby sercowo-naczyniowe czy zaburzenia metaboliczne, ma wpływ na przebieg farmakokinetyki nikotyny w organizmie,
- H4. zużycie grzałki e-papierosa (pod wpływem temperatury, materiału i przepływu powietrza) znacząco zwiększa emisję metali ciężkich i zwiększa toksyczność aerozolu,
- H5. wielokryterialna metoda oceny decyzji (Multi-MOORA), uzupełniona algorytmami sztucznej inteligencji, jest skutecznym narzędziem wspomagającym terapię antynikotynową.
- H6. modelowanie populacyjne (SIQ+P+E+H+X) umożliwia opracowywanie prognoz odnośnie wpływu polityki zdrowotnej na rozpowszechnienie palenia i używanie papierosów,
- H7. modelowanie procesu uzależnienia od nikotyny z wykorzystaniem łańcuchów Markowa, umożliwia ilościową ocenę skuteczności terapii nikotynozastępczej,
- H8. wpływ czynników demograficznych, rodzinnych i społecznych na uzależnienie się od nałogów palenia papierosów lub e-papierosów można określić z zastosowaniem metod statystycznych i uczenia maszynowego,
- H9. nałóg palenia e-papierosów powoduje niekorzystne zmiany zdrowotne, m.in. otyłość i podwyższone ciśnienie tętnicze,
- H10. nałóg nikotynowy prowadzi do mierzalnych zaburzeń funkcji neuromotorycznych,
- H11. u palaczy tytoniu można zarejestrować odmienną aktywację układu współczulnego.

Cykl przedstawionych artykułów [A1-A11] stanowi niedokumentowane wcześniej w literaturze tematu całościowe ujęcie problemu omawianych nałogów. Ww. hipotezy badawcze obejmujące problematykę palenia tytoniu i jego wieloaspektowych skutków Autorka wykazała na drodze badań eksperymentalnych (m.in. pomiarów stężeń związków chemicznych), budowania modeli populacyjnych, analizy danych i sygnałów oraz badań populacyjnych.

V. Czy rozprawa świadczy o dostatecznej wiedzy autora, wiedzy na zaawansowanych poziomie, o charakterze podstawowym dla dziedziny nauk technicznych oraz o charakterze szczegółowym, odpowiadającej obszarowi prowadzonych badań naukowych?

W przedłożonej rozprawie Autorka pokazała, że posiada rozległą i pogłębioną wiedzę dotyczącą nałogowego palenia tytoniu i e-papierosów. W pracy zawarła obszernie omówienie epidemiologii palenia, w tym informacje o globalnych statystykach konsumpcji nikotyny oraz zgonów co świadczy o jej bardzo dobrej znajomości aktualnych danych populacyjnych i problemów zdrowia publicznego. Autorka zbadała skład chemiczny dymu tytoniowego i aerozolu e-papierosów, przywołując szczegółowe i zróżnicowane przykłady toksyn, metali ciężkich, aldehydów czy substancji rakotwórczych przez co pokazała pełne zrozumienie ich działania biologicznego. Dyskutuje aspekty toksykologiczne, fizjologiczne oraz kliniczne badanych nałogów. Tak szeroki zakres tematyczny rozprawy jednoznacznie wskazuje, że Autorka nabyła wiedzę ekspercką w obszarze podjętej problematyki badawczej.

Pełen wykaz cytowanych w pracy publikacji jest obszerny i liczy 51 pozycji, z czego przeważająca część to publikacje z ostatnich kilku lat. Świadczy to o szerokim rozeznaniu Autorki rozprawy w tematyce rozprawy.

VI. Jakie są wady i słabe strony rozprawy?

Poniżej zamieszczam uwagi do pracy, które nie umniejszają mojej pozytywnej oceny całości rozprawy.

Uwagi ogólne:

Tytuł pracy nie obejmuje całości zagadnień będących przedmiotem rozprawy, który jest znacznie szerszy i dotyczy również (oprócz tych wymienionych w tytule rozprawy): badania składu chemicznego dymu i aerozolu tytoniowego, terapię antynikotynową, zagadnienia polityki zdrowotnej itd.

W streszczeniach pracy nie wspomniano, czy na przeprowadzane badania z udziałem człowieka uzyskano zgodę odpowiedniej Komisji Bioetycznej. Doszukałem się takiej informacji tylko dla badań opisanych w pracy [A11] dotyczącej porównania reaktywności układu sercowo-naczyniowego na próbę wysiłkową u palaczy i osób niepalących.

Uwagi techniczne

- szereg badań dotyczyło pomiarów stężeń pierwiastków w areozolach, parametrów fizycznych (m.in. lepkość płynów); w pracy zamieszczono wartości zmierzone jak i odchylenia standardowe pomiarów, jednak nie podano dokładności metrologicznej metod wykorzystywanych do przeprowadzenia tych pomiarów (warto zaznaczyć, że odchylenie standardowe informuje jedynie o precyzji pomiaru, ale nie o dokładności pomiaru),
- w przywołanej publikacji [A7] oraz zamieszczonym streszczeniu tej publikacji nie podano konkretnej struktury łańcucha Markowa, którą zaprojektowano i wykorzystano w pracy; proszę o bardziej szczegółowe informacje o zastosowanym modelu.

Wniosek końcowy

Ponieważ w przedłożonej do recenzji rozprawie:

- Autorka wykazała się szeroką i dogłębną wiedzą nt. problematyki nałogu nikotynowego,
- udokumentowała, w postaci licznego i wartościowego dorobku publikacyjnego, samodzielne rozwiązanie problemu naukowego, na poziomie szczegółowości odpowiedniej dla rozpraw doktorskich w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych,

w szczególności:

- z wykorzystaniem badań eksperymentalnych przeprowadziła kompleksową charakterystykę aerozolu e-papierosów oraz mechanizmów emisji toksyn; zidentyfikowała metale ciężkie pochodzące z grzałki oraz opracowała model degradacji materiałowej i wskazała czynniki zwiększające toksyczność aerozolu,
- opracowała modele obliczeniowe opisujące działanie nikotyny oraz dynamikę uzależnienia; opracowała hybrydowe modele PBPK, modele Markowa i modele populacyjne SIQ+P+E+H+X opisujące przebieg uzależnienia od nikotyny,

- przeprowadziła badania kliniczne i psychospołeczne wykazujące zmiany metaboliczne, neuromotoryczne i hemodynamiczne u użytkowników nikotyny,
- zbadala wpływ palenia papierosów elektronicznych i tradycyjnych na parametry układu oddechowego i serowo-naczyniowego.

stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Joanny Chwał spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm. Wnioskuje do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria biomedyczna Politechniki Śląskiej o dopuszczenie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Chwał do publicznej obrony.

prof. dr hab. inż. Paweł Strumiłło