

Prof. dr hab. med. Wojciech Hanke  
Kierownik Zakładu Epidemiologii Środowiskowej  
Instytut Medycyny Pracy im. Prof. J. Nofera w Łodzi

### **Recenzja pracy doktorskiej**

**Mgr inż. Krzysztofa Skotaka**

**pt. Metoda oceny jakości powietrza atmosferycznego uwzględniająca narażenie ludności na krótkookresową ekspozycję zanieczyszczeń**

### **Rozprawa na stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych**

**Promotor:** Prof. dr hab. inż. Katarzyna Juda-Rezler

Podstawą opracowania recenzji jest pismo nr RND/IŚGiE-86/2022 Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej z dnia 11.10.2022 r. w związku z powołaniem mnie przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiskowa, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej (uchwała nr83/II2022 z dnia 20.09.2022) na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Krzysztofa Skotaka nt. „Metoda oceny jakości powietrza atmosferycznego uwzględniająca narażenie ludności na krótkoterminową ekspozycję zanieczyszczeń.”.

Problem zanieczyszczeń powietrza w Polsce nie uzyskał do tej pory właściwego priorytetu. Po krótkim okresie zainteresowania medialnego i prób zdefiniowania problemu i wskazania środków zaradczych, odszedł z agendy decydentów. Co gorsza sytuacja zagrażającego kryzysu energetycznego w Polsce nie sprzyja odzyskania przez temat skutków zdrowotnych zanieczyszczeń powietrza właściwej rangi.

W tej sytuacji, praca doktorska mgr inż. Krzysztofa Skotaka daje unikalną możliwość wskazania na zakres i skalę problemu skutków zdrowotnych zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w Polsce.

Przystępując do oceny pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Skotaka miałem ułatwione zadanie. Wynika to z faktu, iż jest to osoba powszechnie znana w gronie ekspertów z zakresu wpływu zanieczyszczeń powietrza. Jest autorem/współautorem wielu opracowań i powszechnie rozpoznawanym autorytetem w tym zakresie.

#### **Ocena rozprawy doktorskiej.**

Układ pracy ma klasyczny charakter. Sformułowanie celu poprzedzone jest częścią wstępną. Wprowadzenie przedstawia sytuację w dziedzinie skutków zdrowotnych zanieczyszczeń powietrza pod postacią przedwczesnych zgonów. Doktorant słusznie zauważa, że dostępne szacunki te tylko w niewielkim stopniu uwzględniają skutki krótkookresowego narażenia w okresie dobowym. Zwraca on również słusznie uwagę, że w celu przeprowadzenia poprawnej oceny wpływu na zdrowie danej populacji narażenia na zanieczyszczenie powietrza, koniecznym jest poznanie związków pomiędzy przyczynami zanieczyszczenia powietrza, obserwowanymi stężeniami w atmosferze, czasem ekspozycji

na te stężenia, wielkością ryzyka dla zdrowia oraz prawdopodobieństwem wystąpienia danego skutku zdrowotnego. Wprowadza on również czytelnika w problematykę modeli szacowania skutków zdrowotnych ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza i zwraca uwagę na brak opracowanych i przyjętych do stosowania procedur w zakresie oceny ryzyka zdrowotnego narażenia populacji na zanieczyszczenia powietrza. W szczególności wskazuje na potrzebę opracowania jednolitych metod i procedur umożliwiających przeprowadzenie procesu szacowania skutków zdrowotnych związanych z zanieczyszczeniem powietrza w krótkim okresie (np. do podejmowania decyzji w trakcie uwolnienia awaryjnego zanieczyszczeń do atmosfery lub w okresach występowania epizodów wysokich stężeń).

Drugim istotnym elementem części wprowadzającej jest rozdział „Zdrowotne aspekty zanieczyszczenia powietrza”. Doktorant słusznie zwraca uwagę, że obserwowane skutki zdrowotne, potwierdzone badaniami epidemiologicznymi z uwzględnieniem wpływu zanieczyszczenia powietrza, mogą być znacznie przesunięte w czasie.

Opublikowane wyniki badań w zakresie skutków krótkookresowej ekspozycji na wysokie stężenia zanieczyszczeń powietrza są względnie nieliczne, a większość z nich podkreśla dominujący wpływ na zdrowie emisji ze źródeł komunalnych (spalania paliw kopalnych i biomasy w indywidualnych piecach domowych) oraz z transportu.

Szczególnie zaciekał mnie opis badań metod epidemiologicznych. Przez chwilę miałem problem z użytym przez Doktoranta terminem „badań prospektywnych panelowych”. Ale bo bardziej wnikliwej lekturze rozpoznałem, iż Doktorant ma na myśli badania szeregów czasowych (typu time-series). Tym terminem posłużył się również przy opisie badań epidemiologicznych w tabeli 4-1. Podzielał uwagę Doktoranta dot. zagrożenia subiektywnym doбором badań przy realizacji metaanaliz.

Badania interwencyjne, stanowią z pewnością najbardziej wartościowe podejście, oferujące możliwość oceny skuteczności działań kontrolujących wielkość ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza. Doktorant wykazał pełne zrozumienie tej metody badawczej.

Doktorant słusznie zwrócił uwagę, że w przypadku badań kohortowych największą trudność stanowi poprawna ocena narażenia przez cały okres badania, trwania kohorty. Podjął się również zidentyfikowania najważniejszych kohort prowadzonych dla zbadania skutków zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Do listy tej dodałbym dwie kohorty dzieci: jedną zapoczątkowaną w Krakowie przez prof. Wiesława Jędrzychowskiego, drugą realizowaną w Łodzi i innych ośrodkach przez prof. Kingę Polańską.

Ostatnim podrozdziałem części wstępnej jest przegląd stosowanych metod i wskaźników zdrowotnych ocen jakości powietrza. Doktorant zauważa, że forma i kształt krzywych funkcji dawka–odpowiedź uzależnione są od lokalizacji badań i obserwowanego skutku, co związane jest z różnymi profilami ekspozycji, warunkami klimatycznymi, charakterystyką demograficzną, stylem życia populacji, sposobem odżywiania czy indywidualnymi predyspozycjami i wrażliwością na zanieczyszczenie. Słusznie podkreśla również, że obecnie zaleca się przy ocenie skutków wpływu zanieczyszczenia powietrza na zdrowie (w szczególności pyłu zawieszonego PM<sub>2.5</sub> i PM<sub>10</sub>) – zarówno przy długookresowej jak i krótkookresowej ekspozycji na zanieczyszczenie – posługiwanie się zależnością liniową (funkcją CRF). Trudno nie zgodzić się również ze stwierdzeniem, iż najbardziej

przydatnymi są dane o liczbie przypadków hospitalizacji, czy zgonów ogółem. Z drugiej strony bardzo potrzebne są wskaźniki informujące o skutkach społecznych np. ograniczeniu dni aktywności i absencji w pracy.

Głównym celem pracy było opracowanie metody, umożliwiającej bieżącą lub prognozowaną ocenę stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w dowolnym miejscu w kraju z uwzględnieniem ryzyka przedwczesnych zgonów wynikających z krótkookresowego narażenia mieszkańców na zanieczyszczenie powietrza. Zdefiniowano również trzy cele szczegółowe:

1. Adaptacja do warunków polskich jednej ze stosowanych w literaturze światowej metod szacowania skutków zdrowotnych w wyniku narażenia na powszechnie monitorowane zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, poprzez jej sparametryzowanie i uwzględnienie odpowiednich danych z kraju, z uwzględnieniem charakterystyki rozkładów stężeń wybranych zanieczyszczeń.

2. Wskazanie możliwości bieżącego porównania jakości powietrza z uwzględnieniem ryzyka i wielkości potencjalnych skutków zdrowotnych powodowanych jego zanieczyszczeniem w różnych regionach kraju, w oparciu o jednolitą i sparametryzowaną metodę uwzględniającą istotne – ze zdrowotnego punktu widzenia – zanieczyszczenia.

3. Zapewnienie merytorycznego wkładu do opracowania w Polsce zasad komunikowania o ryzyku zdrowotnym wynikającym z krótkookresowego narażenia ludności na zanieczyszczenie powietrza (tzw. epizody smogowe) w różnych regionach kraju.

Celowi pracy podporządkowana została metodyka pracy. Jej podstawę stanowi koncepcja oceny ryzyka zdrowotnego związanego z zanieczyszczeniem powietrza AP–HRA. W zaproponowanej metodzie uwzględniono wartości wskaźników ryzyka względnego oraz funkcji definiujących zależność dawka–odpowiedź dla PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub> oraz NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i CO w zakresie krótkookresowego narażenia tj. trwającego dobę. Zastosowanie zaproponowanej metody wymagało uwzględnienia wskaźników demograficznych i zdrowotnych oraz danych o jakości powietrza. Zaproponowana metoda została przetestowana dla okresu 2003–2017, przy wykorzystaniu danych pomiarowych jakości powietrza pochodzących z Państwowego Monitoringu Środowiska, realizowanego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska oraz danych demograficznych i zdrowotnych gromadzonych w ramach statystyki publicznej.

Przyjęto w pracy wykonanie analiz dla całego kraju, z uwzględnieniem jego podziału na 7 makroregionów z wyodrębnieniem ich podziału na dwa typy obszarów: miast i poza nimi.

Proces szacowania skutków zdrowotnych poprzedzono trzema etapami przygotowawczymi. Obejmowały one:

- Przegląd literatury naukowej oraz wybór metody oceny krótkookresowego wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie.
- Identyfikację populacji narażonej na zanieczyszczenie powietrza z uwzględnieniem charakteru populacji i jej wrażliwości. Zakres pracy obejmował wybór trzech skutków zdrowotnych dla których przeprowadzono analizy (zgony ogółem oraz zgony w wyniku chorób układu oddechowego i krążenia).

- Ocenę poziomu narażenia – ekspozycji na zanieczyszczenie powietrza. Zakres pracy obejmował wybór 6 zanieczyszczeń powietrza do analizy (pył zawieszony PM10 i PM2.5, O<sub>3</sub> oraz NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i CO), zgromadzenie i przetworzenie wyników pomiarów jakości powietrza ze stacji PMŚ.

Koncepcję pracy przedstawiono w poglądowy sposób na ryc. 5.1

Przyjęta procedura oceny ryzyka zdrowotnego oparta została o określenie funkcjonalnej postaci CRF oraz oszacowanie wartości współczynników dla tej funkcji.

W pracy do celów szacowania skutków zdrowotnych związanych z krótkookresowym narażeniem na zanieczyszczenie powietrza, zastosowano współczynniki RR zarówno średnie jak i granice 95% przedziałów ufności, podawane w najnowszych przeglądach wyników badań. Przedstawiono je w tabeli 5–1.

Omówienie wyników badań związanych z krótkookresowym narażeniem na zanieczyszczenie powietrza przeprowadzono odrębnie dla każdego z wybranych makroregionów Polski oraz dodatkowo łącznie dla całego kraju oraz dla typu obszarów, tj. miast i obszarów poza nimi.

W podsumowaniu wyników uwzględniono wszystkie istotne dla pełnego komunikowania ryzyka elementy. Obejmowały one a) charakterystykę demograficzną populacji zamieszkującej podregiony (ekspozycja), b) wskaźniki zdrowotne tych populacji (podatność), c) jakość powietrza dla każdego z analizowanych zanieczyszczeń (narażenie), oraz d) szacowane skutki zdrowotne (obliczoną liczbę przedwczesnych zgonów z podziałem na rodzaj skutku).

Doktorant słusznie zaznacza że uzyskane wyniki są wypadkową zmiennych w czasie i przestrzeni trzech grup wskaźników: a) charakterystyki rozkładu stężeń dobowych danego zanieczyszczenia na danym obszarze, b) wielkości populacji narażonej oraz c) podatności narażonej populacji na dane zanieczyszczenie powietrza.

Doktorant w wyniku przyjętej metody oszacował, że liczba przedwczesnych zgonów związanych z krótkookresowym narażeniem na pył zawieszony PM2.5 wynosi blisko 6 tysięcy przypadków rocznie, w tym 4 tysiące w wyniku chorób układu krążenia. W przypadku pyłu PM10 szacowana średnia roczna liczba przedwczesnych zgonów ogółem wynosi blisko 5 tysięcy, dla NO<sub>2</sub> blisko 4,5 tysiąca rocznie, a dla ozonu 1700 zgonów.

- Doktorant podjął się również ambitnego zadania oszacowania skutków zdrowotnych tzw. epizodów smogowych. Na potrzeby swojej pracy oraz analiz przyjął założenie, że epizod dla danego zanieczyszczenia powietrza powinien uwzględniać wartości graniczne stężeń, występować co najmniej przez dobę i odzwierciedlać zagrożenie w postaci prawdopodobieństwa wzrostu skutków zdrowotnych lub ryzyka wystąpienia takiego skutku w okresach jego występowania. Przyznam, że kwestia ryzyka występowania skutków zdrowotnych została potraktowana w sposób bardzo względny. **Prosiłbym Doktoranta o wyjaśnienie terminu epizod smogowy w trakcie obrony pracy doktorskiej.**
- Uzyskane szacunki wskazują, że odsetek zgonów przypisanych narażeniu krótkoterminowemu wywołanych narażeniem w trakcie epizodów smogowych jest znaczący – dla przykładu w

przypadku pyłu zawieszonego PM2.5 23,5- 27,7% zgonów ogółem w wyniku krótkookresowego narażenia w roku.

Doktorant wykorzystując uzyskane w pracy wyniki oraz przyjęte założenia podjął się również przygotowania propozycji zdrowotnego indeksu jakości powietrza dla Polski.

Podstawą utworzenia indeksu była koncepcja wykorzystania wskaźników ryzyka względnego (RR), którą zmodyfikowano poprzez wykorzystanie zamiast poziomu ryzyka, szacowanej liczby przedwczesnych zgonów. To bardzo istotny wkład Doktoranta do procesu tworzenia skutecznego procesu komunikowania ryzyka związanego z działaniem krótkoterminowym zanieczyszczeń powietrza. Badania przeprowadzone w pracy pozwalają na sformułowanie 9 wniosków w pełni wynikających z uzyskanych wyników. Dla jasności przekazu proponowałbym pominąć wniosek 1 i 2 oraz połączyć 3 i 4.

Praca obejmuje 170 stron tekstu, w tym 60 tabel; 28 rycin i 194 pozycje właściwie dobrane i zacytowanego piśmiennictwa.

#### **Uwagi redakcyjne:**

Najwięcej ludzi zamieszkuje Makroregion Południowy str. 64

nieczytelne opisy na osi x rycin 6.2-1; 6-3.1, 6.3-2 6 3-3 oraz opisy boczne rycin 6 4.1 do 6.4.18

Doktorant w pracy często posługuje się słowem „poziom” dla opisu wielkości narażenia czy też ryzyka. Proponowałby unikać stosowania tego terminu.

#### **Podsumowanie:**

##### **Do podsumowania**

W związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Krzysztofa Skotaka . pt. „Metoda oceny jakości powietrza atmosferycznego uwzględniająca narażenie ludności na krótkookresową ekspozycję zanieczyszczeń” spełnia wymagania formalne/nie spełnia wymagań formalnych/ określone w *Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. 2003, nr 65, poz. 595) wraz z późniejszymi zmianami.

Przedstawiona rozprawa doktorska mieści się w dziedzinie nauk inżynierijsko-technicznych (odpowiadającej dziedzinie *nauk technicznych*), w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (odpowiadającej dyscyplinie *inżynieria środowiska*). Przedstawiona do oceny praca świadczy ona, że Doktorant mgr inż. Krzysztof Skotak posiada umiejętność planowania badań naukowych, poprawnej ich realizacji i opisu oraz wnikliwej interpretacji uzyskanych rezultatów .Jest to pierwsza w skali naszego kraju tak szczegółowa analiza obejmująca obszar całej Polski, długi okres (15 lat), 6 zanieczyszczeń, oraz 3 skutki zdrowotne.

Recenzowana przeze mnie praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wskazuje na ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w problematyce wpływu zanieczyszczeń powietrza na stan zdrowia, a także na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Doktorant poprawnie wybrał cel i zakres badań, właściwie dobrał metody badawcze i na ich podstawie uzyskał

wiarygodne wyniki, które posłużyły do sformułowania wniosków mających duże znaczenie dla uprawianej dziedziny nauki.

Przedstawiona rozprawa spełnia warunki określone w rozporządzeniu MNiSW z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w związku z art. 179. ust.1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Dlatego też mam zaszczyt przedłożyć Wysokiej Radzie Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej wniosek o dopuszczenie mgr inż. Krzysztofa Skotaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

21.10.2022




Prof. dr hab. med. Wojciech Hanke

**Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Krzysztofa Skotaka**

Biorąc pod uwagę nowatorskość zastosowanej metody i znaczenie uzyskanych wyników dla praktyki zdrowia publicznego wnioskuję o wyróżnienie pracy mgr inż. Krzysztofa Skotaka. Przedstawiona do oceny praca jest przykładem bardzo dobrze zaplanowanych badań, poprzedzonych starannym doborem metod. Zastosowane metody oceny zarówno ekspozycji jak i skutków zdrowotnych są bardzo pracochłonne i zwykle podejmowane jedynie poprzez doświadczone zespoły badawcze.

21.10.2022



Prof. dr hab. med. Wojciech Hanke