

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Seyedkeivana Nateghi pt. „Analyses of selected methods of limiting the spread of air pollutants in the occupied ventilated rooms”

Wstęp

Podstawą przygotowania recenzji jest pismo (znak RIE-BD.512.32.2025 z 24.06.2025 r.) prof. dr hab. Krzysztofa Labusa, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej, w związku z powołaniem mnie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej (uchwała z dnia 12.06.2025 r.) na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Seyedkeivana Nateghi nt. „Analyses of selected methods of limiting the spread of air pollutants in the occupied ventilated rooms”.

Rozprawa doktorska została przygotowana pod opieką naukową dr hab. inż. Jana Kaczmarczyka, prof. PŚ. Główny trzon rozprawy składa się z 62 stron, na których zamieszczono: streszczenie pracy wraz z wykazem słów kluczowych, listę publikacji stanowiących podstawę rozprawy oraz potwierdzenie poziomu zaangażowania Kandydata w przygotowanie każdej publikacji, wykaz oznaczeń, informację dotyczącą uzupełnienia analiz poza zakres przedstawiony w publikacjach, a także 5 rozdziałów stanowiących przedstawienie całej pracy, w tym: wstęp zawierający również cele pracy, podstawy merytoryczne strategii wentylacji oraz inteligentnego sterowania, lokalne strategie regulacji poziomem infekcji, a także ocenę cyklu życia poszczególnych strategii; ostatnim rozdziałem jest podsumowanie. W załączniku do pracy zamieszczono sześć publikacji, zawierających szczegółowe informacje na temat poszczególnych badań i analiz.

Ocena układu rozprawy doktorskiej

Układ rozprawy doktorskiej jest logiczny, przejrzysty i podporządkowany jasno zdefiniowanym celom badawczym. Struktura pracy została zaplanowana w sposób przyczynowo-skutkowy umożliwiający czytelne zrozumienie kolejnych etapów analiz.

Pierwszy rozdział przedstawia motywację podjęcia tematu, omawiając bieżące problemy ze skuteczną wentylacją pomieszczeń, w których przebywa znaczna liczba użytkowników. Kandydat uzasadnia również swoje podejście do pracy, zwracając uwagę, że kwestia skutecznej wentylacji nie może być rozpatrywana wyłącznie przez pryzmat bezpieczeństwa użytkowników i ich odczuć, ale równie ważne jest ograniczenie zużycia energii przez budynki oraz wpływ rozwiązania na środowisko. W rozdziale tym przedstawiono także problemy z obecnie stosowanymi strategiami wentylacji i podstawy dotyczące zanieczyszczeń powietrza wewnętrznego, sposobów ograniczania ich rozprzestrzeniania zarówno za pomocą wentylacji budynków, jak i rozdziału powietrza w poszczególnych pomieszczeniach, środków ochrony osobistej, w tym masek, przesłon i rękawic stosowanych

w okresie pandemii COVID-19, barier fizycznych i przegród wprowadzanych na stanowiska pracy, metod oczyszczania powietrza, a także systemów automatyki budynkowej stosowanych do kontroli poziomu zamieszczenia powietrza. Rozdział uzupełniono o analizę kwestii dodatkowych związanych z wpływem technik utrzymania odpowiedniej jakości powietrza w pomieszczeniach na efektywność energetyczną oraz środowisko. Podsumowaniem przedstawionych analiz, wykazujących luki badawcze, jest przedstawienie głównego celu pracy wspieranego przez cele szczegółowe, a także przyjętych hipotez. Koncepcję zastosowanego podejścia w całości pracy dobrze obrazuje również graficzne podsumowanie.

W drugim rozdziale omówiono przeprowadzone badania związane z odpowiedzią na pytania, jak efektywnie i niskoenergetycznie można wentylować pomieszczenia w szkołach. Kandydat omówił zastosowane metody badawcze, symulacje oraz optymalizację wielokryterialną, a także przedstawił uzyskane wyniki.

W trzecim rozdziale Kandydat skupił się rozwiązaniach lokalnych służących do ograniczania rozprzestrzeniania zanieczyszczeń czyli zastosowania przegrody na biurku wraz z różnymi rozwiązaniami wentylacji mieszającej i wyporowej w pomieszczeniu oraz przegrody na biurku zintegrowanej z odciągami miejscowym. W rozdziale omówiono zastosowane metody w przeprowadzonych badaniach laboratoryjnych i symulacjach CFD a także uzyskane wyniki.

Czwarty rozdział obejmuje analizę kwestii środowiskowych poszczególnych rozwiązań za pomocą oceny cyklu życia z uwzględnieniem oczyszczaczy powietrza, maseczek oraz systemu lokalnej przegrody zintegrowanej z odciągami miejscowym. Wyniki przedstawiają wpływ środowiskowy, analizę wrażliwości wyników LCA oraz całociowy ślad środowiskowy cyklu życia. W rozdziale przedstawione jest również podsumowanie przeprowadzonych prac wraz z głównymi wnioskami a także kierunki dalszych rozważań, które mogła zapoczątkować niniejsza praca. Szczegóły dotyczące poszczególnych badań i analiz można również znaleźć w sześciu publikacjach zamieszczonych w załączniku, które przywołane są również w poszczególnych rozdziałach pracy.

Pozytywnie odbieram przyjęty układ wyraźnie wyodrębnionych rozdziałów, których kolejność i treść tworzy spójną narrację naukową. Dobrze opracowana została część teoretyczna, w której Kandydat kompleksowo przedstawił aktualny stan wiedzy w zakresie jakości powietrza wewnętrznego, wentylacji, strategii kontroli aerozoli i związanych zagrożeń zdrowotnych. Opis metodologii i wyników badań został przedstawiony w sposób precyzyjny, a zastosowane ilustracje, wykresy i schematy wspierają zrozumienie omawianych zagadnień. Podsumowania rozdziałów, przemyślane przejścia między częściami oraz klarowne zestawienie wniosków końcowych świadczą o dobrej organizacji materiału i wysokim poziomie edytorskim rozprawy. Układ pracy sprzyja również identyfikacji wartości praktycznych uzyskanych wyników i ich odniesieniu do postawionych hipotez. Podsumowując należy ocenić układ rozprawy jako przemyślany, funkcjonalny i w pełni adekwatny do treści merytorycznej pracy.

Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Zastosowane w rozprawie piśmiennictwo jest obszerne, aktualne i dobrze dobrane pod względem merytorycznym. W pracy wykorzystano 97 pozycji literaturowych, wśród których jest: 90 artykułów naukowych, 3 normy oraz w sumie 4 podręczniki i materiały edukacyjnych producentów oprogramowania; materiały źródłowe opublikowane są głównie w ostatnich latach, ale pojawiają się również starsze pozycje, stanowiące podstawy

wiedzy. Podsumowując należy uznać, że dobór i wykorzystanie literatury w pracy zostały przeprowadzone na wysokim poziomie a zastosowane piśmiennictwo jest w pełni adekwatne do zakresu i celów rozprawy.

Ocena celu pracy

Celem pracy było *pogłębienie wiedzy i opracowanie skutecznych i zrównoważonych strategii poprawy jakości powietrza w pomieszczeniach (IAQ) oraz ograniczenia ryzyka zakażeń przenoszonych drogą powietrzną, szczególnie w środowiskach edukacyjnych. Realizacja celu miała również za zadanie wypracowanie kompromisu między kwestiami związanymi z bezpieczeństwem i komfortem użytkowników, ale również efektywnością energetyczną budynków i zrównoważonym rozwojem. Cele szczegółowe przedstawione w pracy to:*

- *Ocena różnych strategii wentylacji w zakresie utrzymania jakości powietrza w pomieszczeniach (IAQ) i ograniczenia ryzyka zakażeń przenoszonych drogą powietrzną w pomieszczeniach o dużej gęstości użytkowania.*
- *Zbadanie lokalnych środków ograniczających ryzyko, takich jak bariery fizyczne, wentylacja osobista, maski i przenośne oczyszczacze powietrza, w kontrolowaniu przenoszenia aerozoli w pomieszczeniach o dużej gęstości użytkowania.*
- *Analiza wpływu różnych strategii poprawy jakości powietrza w pomieszczeniach i kontroli zakażeń na zużycie energii i komfort.*

Zdefiniowane zostały również następujące hipotezy:

- *Wentylacja naturalna poprzez zastosowanie inteligentnych okien może kontrolować ryzyko infekcji, gdy nie ma dostępu do wentylacji mechanicznej.*
- *Przeprowadzenie wielokryterialnej optymalizacji określonych parametrów systemu wentylacyjnego może prowadzić do jednoczesnej kontroli jakości powietrza w pomieszczeniach, komfortu cieplnego i zapotrzebowania na energię.*
- *Kontrolowana integracja wentylacji naturalnej i mechanicznej (wentylacja hybrydowa) może poprawić jakość środowiska wewnętrznego i zmniejszyć zużycie energii.*
- *Bariery fizyczne mogą zmniejszyć ryzyko przenoszenia się zakażeń drogą powietrzną między osobami przebywającymi w pomieszczeniu.*
- *Lokalne strategie kontroli, takie jak osobista wentylacja wyciągowa w połączeniu z barierami fizycznymi, mogą znacznie ograniczyć narażenie na zanieczyszczenia powietrza.*

Zagadnienie jakości powietrza wewnętrznego oraz ograniczania ryzyka zakażeń przenoszonych drogą powietrzną w przestrzeniach wspólnych, zwłaszcza edukacyjnych, zyskało ogromne znaczenie w kontekście pandemii COVID-19, zmian klimatycznych oraz rosnącej świadomości zdrowotnej społeczeństwa. Cele pracy doktorskiej podejmują te wyzwania w sposób systemowy z uwzględnieniem powiązanych aspektów. Cele są logicznie zorganizowane, kompleksowe i dobrze wyważone; analiza strategii wentylacyjnych stanowi podstawę oceny nowych możliwych rozwiązań w zakresie sterowania wentylacją, badanie środków lokalnych (bariery, maski, osobista wentylacja, oczyszczacze) rozszerza zakres analizy o stosowane obecnie i innowacyjne rozwiązania natomiast analiza wpływu na środowisko i zużycie energii wprowadza perspektywę zrównoważonego rozwoju. Dzięki takiemu kompleksowemu podejściu praca nie tylko identyfikuje problem, ale też poszukuje zrównoważonych i możliwych do wdrożenia rozwiązań.

Hipotezy są zdefiniowane trafnie i logicznie powiązane z celami, a także odnoszą się zarówno do wyzwań modernizacji budynków istniejących, gdzie często brak infrastruktury mechanicznej wentylacji, jak również uwzględniają wykorzystanie narzędzi obliczeniowych do poszukiwania kompromisów między komfortem, jakością powietrza i efektywnością energetyczną, co stanowi aktualne wyzwanie w projektowaniu HVAC.

Podsumowując uważam, że cele i hipotezy pracy odpowiadają na realne potrzeby w zakresie projektowania i eksploatacji budynków, w tym mogą być podstawą do tworzenia wytycznych i rekomendacji projektowych, dostarczają danych do opracowania innowacyjnych rozwiązań technicznych i mogą wspierać decyzje inwestycyjne w modernizacji istniejących obiektów. Z tej przyczyny potwierdzam, że cele i hipotezy pracy doktorskiej są trafne, aktualne i wartościowe, a także mają zarówno znaczenie naukowe, jak i praktyczne, co czyni tę pracę istotnym wkładem w rozwój wiedzy w zakresie inżynierii środowiska.

Ocena zastosowanych metod badawczych

W rozprawie zastosowano metody badawcze na wysokim poziomie merytorycznym i technicznym, adekwatne do złożoności analizowanego problemu oraz odpowiadające współczesnym standardom badań w dziedzinie inżynierii środowiska i jakości powietrza wewnętrznego. Praca wyróżnia się wieloaspektowym podejściem metodologicznym, łączącym:

- ocenę ryzyka zakażeń drogą powietrzną, bazującą na znanym modelu transmisji (Wells-Riley) oraz danych empirycznych,
- modelowanie numeryczne (CFD) do analizy rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń i aerozoli w pomieszczeniach o różnej konfiguracji i sposobie wentylacji,
- analizy energetyczne i komfortu cieplnego, z wykorzystaniem narzędzi symulacyjnych pozwalających na ocenę efektywności różnych strategii przy zmiennych warunkach eksploatacyjnych,
- eksperymenty w warunkach laboratoryjnych, dotyczące skuteczności fizycznych środków ochrony (bariery, wentylacja osobista) i wpływu lokalnych interwencji na ekspozycję użytkowników.

Kandydat umiejętnie dobrał narzędzia analizy do celów poszczególnych etapów badań, a także wykazał zdolność do krytycznej interpretacji wyników. Szczególnie cenne jest zastosowanie podejścia interdyscyplinarnego i systemowego, pozwalającego ocenić efekty zaproponowanych rozwiązań nie tylko w wymiarze technicznym, ale także zdrowotnym i użytkowym.

Podsumowując oceniam, że zastosowane metody są rzetelne i właściwe, a ich dobór i realizacja w pełni potwierdzają wysoki poziom kompetencji badawczych Kandydata.

Ocena części rozprawy zawierających omówienie wyników badań

Omówienie wyników przeprowadzonych badań zaprezentowano częściowo w rozdziałach 2 – 4 w zależności od analizowanego rozwiązania. W rozdziale 2 zastosowano analizę opartą na trzech wskaźnikach oceny efektywności: ryzyko zakażenia na podstawie modelu Wells-Riley, zapotrzebowanie na ciepło, okresy poza strefą komfortu cieplnego ocenianego na podstawie PMV. Wykazano, że istnieją realne możliwości jednoczesnej poprawy jakości powietrza i komfortu cieplnego przy ograniczonym wzroście zużycia energii – pod warunkiem optymalnego zarządzania wentylacją i ogrzewaniem. Jednocześnie nieefektywne strategie (np. zbyt niski próg CO₂, zbyt szeroki zakres temperatury ogrzewania) prowadzą do znacznego wzrostu zużycia energii bez istotnych

korzyści zdrowotnych. W rozdziale 3 wykazano, że lokalne strategie kontroli zanieczyszczeń powietrza mogą skutecznie ograniczać ryzyko infekcji, szczególnie w środowiskach, gdzie trudno zastosować pełną wentylację mechaniczną. Dodatkowo stwierdzono, że przegrody mogą być przydatne, ale ich skuteczność zależy od kontekstu przepływu powietrza i najlepsze efekty daje zintegrowane podejście, łączące kilka metod ochrony przy jednoczesnym uwzględnieniu tła wentylacyjnego. W rozdziale 4 ustalono, że faza użytkowania dominuje w całkowitym śladzie środowiskowym rozwiązania z odciągami miejscowych oraz oczyszczaczy, natomiast zużycie energii elektrycznej w czasie pracy (odciąg miejscowy, oczyszczacze) odpowiadało za ponad 70% całkowitego wpływu środowiskowego. Jednocześnie choć przegrody mają znacznie niższy wpływ środowiskowy, to i mają mniejszą skuteczność w redukcji ekspozycji. Rozwiązaniem jest połączenie odciagu miejscowego z przegrodą, co może zredukować czas pracy odciagu, zmniejszając tym samym ślad środowiskowy przy zachowaniu ochrony. Oczyszczacze HEPA, choć skuteczne dla oczyszczania całej przestrzeni, miały największy wpływ środowiskowy, głównie z powodu konieczności pracy ciągłej.

Wskazana część rozprawy została opracowana w sposób rzetelny, wnikliwy i przekonujący. Kandydat zaprezentował wyniki w formie czytelnych zestawień, wykresów i wizualizacji, umożliwiających dokładne zrozumienie uzyskanych zależności i efektów badanych strategii. Interpretacja danych była spójna z wcześniej przedstawioną metodyką i odnosiła się bezpośrednio do sformułowanych hipotez oraz celów badawczych. Wnioski wyciągane z analiz są dobrze uzasadnione, a ich odniesienie do literatury przedmiotu świadczy o krytycznym podejściu do problematyki badawczej.

Podsumowując, część rozprawy dotycząca omówienia wyników badań spełnia wysokie standardy naukowe i stanowi mocny element rozprawy, ukazujący dojrzałość badawczą Kandydata oraz głębokie zrozumienie analizowanego problemu.

Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań

Wyniki przedstawione w rozprawie doktorskiej charakteryzują się wysokim potencjałem aplikacyjnym i mogą znaleźć bezpośrednie zastosowanie w projektowaniu oraz modernizacji systemów wentylacyjnych w budynkach użyteczności publicznej, w szczególności w placówkach edukacyjnych. Opracowane rozwiązania i strategie, takie jak integracja wentylacji naturalnej i mechanicznej (systemy hybrydowe), wykorzystanie inteligentnych okien, lokalnych barier fizycznych zintegrowanych z odciągami miejscowymi, mogą być wdrażane zarówno w nowo projektowanych obiektach, jak i w istniejących budynkach.

Znaczącym atutem pracy jest także zastosowanie podejścia wielokryterialnego, które uwzględnia nie tylko skuteczność w redukcji ryzyka transmisji zakażeń drogą powietrzną, ale również komfort użytkowników i efektywność energetyczną. Takie podejście odpowiada aktualnym wyzwaniom projektowania środowisk wewnętrznych w kontekście zdrowia publicznego i zrównoważonego rozwoju. Otrzymane wyniki mogą stanowić podstawę do opracowania wytycznych i standardów dla projektantów i zarządców budynków, wsparcia decyzji inwestycyjnych w sektorze edukacyjnym oraz rozwoju innowacyjnych produktów i technologii HVAC dostosowanych do potrzeb budynków zbiorowego użytku. Podsumowując należy stwierdzić, że wszystkie uzyskane w pracy wyniki mają istotne znaczenie praktyczne i wyróżniają się potencjałem wdrożeniowym, zarówno na poziomie technologicznym, jak i systemowym.

Informacja o ewentualnych nieprawidłowościach

W toku analizy rozprawy doktorskiej nie stwierdzono żadnych nieprawidłowości natury formalnej, merytorycznej ani etycznej. Praca została przygotowana zgodnie z obowiązującymi standardami akademickimi, a przedstawione treści, wyniki badań oraz cytowania literatury są rzetelnie udokumentowane i prawidłowo opracowane.

Pewien niedosyt budzi jednak brak badań laboratoryjnych lub też w warunkach rzeczywistych w zakresie proponowanych strategii wentylacji. Część ta została zrealizowana wyłącznie za pomocą analiz z wykorzystaniem programów EnergyPlus oraz CONTAM i choć jest to prawidłowe rozwiązanie dla przyjętych celów pracy to jednak przeprowadzenie badań empirycznych wspieranych symulacjami mogłoby jednoznacznie zweryfikować czy zaproponowane rozwiązania mają potencjał praktyczny. Obecnie odpowiedź na to pytanie nie jest jednoznaczna, gdyż choć wskazane wnioski mogą być drogowskazem, to jednak i tak należy przeprowadzić pomiary fizyczne aby sprawdzić możliwości aplikacji. Analogiczne pytania rodzą się w odniesieniu do zaproponowanego rozwiązania przegrody lokalnej wraz z odciągami miejscowym – przeprowadzenie badań z udziałem ochotników, chociaż dla jednego stanowiska mogłaby odpowiedzieć na pytanie o faktyczną możliwość wdrożenia rozwiązania. Ponadto badania przeprowadzono w warunkach ustalonych, interesujące byłoby sprawdzenie wariantów o zmiennym obciążeniu, różnym czasie przebywania użytkowników itp. Jednocześnie pragnę podkreślić, że powyższe uwagi nie rzutują na moją ogólną pozytywną ocenę prac zrealizowanych przez Kandydata.

Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Rozprawa doktorska przedstawia oryginalne i kompleksowe podejście do rozwiązania aktualnego problemu naukowego, jakim jest zapewnienie wysokiej jakości powietrza wewnętrznego przy jednoczesnym ograniczaniu ryzyka transmisji zakażeń drogą powietrzną, szczególnie w pomieszczeniach o dużej gęstości użytkowników, takich jak sale lekcyjne. Kandydat nie tylko podjął się analizy istniejących rozwiązań wentylacyjnych i środków ochrony indywidualnej, lecz również zaproponował nowatorskie koncepcje, w tym integrację lokalnych strategii kontroli aerozoli z systemami wentylacji hybrydowej oraz wielokryterialną optymalizację parametrów środowiskowych z uwzględnieniem komfortu, efektywności energetycznej i bezpieczeństwa zdrowotnego.

Oryginalność pracy przejawia się głównie w zaproponowaniu nowych metod sterowania systemami wentylacji oraz opracowaniu innowacyjnego rozwiązania osobistej wentylacji wyciągowej ale również w ocenie wpływu na środowisko zaproponowanych rozwiązań.

Wyniki badań wnoszą istotny wkład w rozwój wiedzy z zakresu inżynierii środowiska i projektowania bezpiecznych przestrzeni wspólnych, a ich oryginalność znajduje odzwierciedlenie zarówno w sposobie ujęcia problemu, jak i w proponowanych rozwiązaniach. W związku z powyższym należy stwierdzić, że rozprawa spełnia kryteria pracy naukowej zawierającej oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego.

Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Rozprawa doktorska potwierdza, że Kandydat posiada gruntowną i uporządkowaną wiedzę teoretyczną w zakresie dyscypliny inżynierii środowiska. Przegląd literatury został przeprowadzony w sposób wnikliwy, z uwzględnieniem zarówno klasycznych ujęć teoretycznych, jak i najnowszych wyników badań naukowych, w tym

prac międzynarodowych, co świadczy o dobrej orientacji w aktualnym stanie wiedzy oraz umiejętności wyciągania istotnych wniosków z dorobku innych badaczy.

Odnosnie umiejętności samodzielnego prowadzenia prac naukowych, należy zwrócić uwagę na dwie kwestie: średni udział doktoranta we wszystkich publikacjach wynosi 50,8%, ponadto z analizy sekcji CRediT Authorship Contribution wynika, że Kandydat był głównym autorem lub współautorem o znaczącym wkładzie merytorycznym we wszystkich pracach – zarówno w zakresie analizy formalnej, metodologii, opracowania modeli i wizualizacji wyników, jak i przygotowania tekstu do publikacji. Szczególnie istotny wkład odnotowano w pracach o charakterze analityczno-modelowym tj. artykułach pt. *Multi-objective optimization of window and thermostat control* (Artykuł 2 - 80%) oraz *Optimal control strategy for a cutting-edge hybrid ventilation system in classrooms: Comparative analysis based on air pollution levels across cities* (Artykuł 3 - 70%). Dodatkowo znaczący udział Kandydata występował w badaniach opisanych w Artykułach 4 – 6, tj. Kandydat współprowadził badania, analizował dane oraz przygotowywał opracowanie wyników i wnioski, co świadczy o kompetencjach nie tylko w zakresie modelowania numerycznego, ale także pracy laboratoryjnej. Kandydat samodzielnie przeprowadził analizy przedstawione w rozdziale 4, które nie zostały opublikowane jako osobny artykuł. Całość pracy dowodzi umiejętności samodzielnego prowadzenia złożonych, wieloetapowych badań naukowych, a także zdolności do integracji różnych metod i narzędzi w celu rozwiązania praktycznych problemów inżynierskich.

Podsumowując uważam, że Kandydat zrealizował postawiony cel, wykazał się wysokim poziomem wiedzy teoretycznej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętnością do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wnioski końcowe

Rozprawa doktorska mgr inż. Seyedkeivana Nateghi nt. *Analyses of selected methods of limiting the spread of air pollutants in the occupied ventilated rooms* spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. Przedstawiona rozprawa doktorska mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*. Przedłożona rozprawa doktorska stanowi kompleksowe, rzetelnie udokumentowane i naukowo wartościowe opracowanie dotyczące strategii poprawy jakości powietrza wewnętrznego oraz ograniczania ryzyka zakażeń przenoszonych drogą powietrzną, ze szczególnym uwzględnieniem obiektów edukacyjnych. Wnioskuje o dopuszczenie mgr inż. Seyedkeivana Nateghi do dalszych etapów przewodu doktorskiego a także o wyróżnienie pracy, jako spełniającej wysokie standardy prac doktorskich oraz przedstawiającej kompleksowe podejście do wielokryterialnej analizy ryzyka infekcji łącznie z oceną środowiskową.

Podpisała Anna Bogdan