

Bielsko-B, 28.07.2023 r.

Recenzent:

dr hab. inż. Janusz Juraszek, prof. ATH

Wydział Inżynierii Materiałów, BUDOWNICTWA i Środowiska

Akademia Techniczno- Humanistyczna

ul. Willowa 2

43-300 Bielsko-Biała

Tel. +48 33 8279195, kom. +48 508 146 817

E-mail: jjuraszek@ath.bielsko.pl

Adresat Recenzji:

Wydział Inżynierii Lądowej

Politechnika Krakowska

ul. Warszawska 24

31-155 Kraków

#### RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Piotra Krajewskiego pt.: USING VERTICAL SYSTEMS TO IMPROVE THE AIR QUALITY OF  
SELECT URBAN AREAS ( pol. Wykorzystanie pionowych układów wentylacyjnych do poprawy  
warunków aerosanitarnych wybranych obszarów zurbanizowanych)

1. **Podstawę formalną** do wykonania niniejszej recenzji stanowią:

- uchwała Rady Naukowej Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej  
z dnia 17 maja 2023,
- pismo z dnia 1.06.2023 r., sygnatura LO.510.5.1.

2. **Podstawa prawna**

Zgodnie z pismem z Wydziału Inżynierii Lądowej z dnia 1.06.2023 r. i załączoną Umową  
przewód doktorski jest prowadzony zgodnie z:

- Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach  
i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, nr 65, poz. 595, z póź. zm.),
- Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 19 stycznia 2018 r (Dz.U. 2018. poz.  
1669).



## 3. Przedmiot i opis ogólny rozprawy

Przedmiot recenzji stanowi rozprawa doktorska mgr inż. Piotra Krajewskiego pt.: USING VERTICAL SYSTEMS TO IMPROVE THE AIR QUALITY OF SELECT URBAN AREAS ( pol. Wykorzystanie pionowych układów wentylacyjnych do poprawy warunków aerosanitarnych wybranych obszarów zurbanizowanych), której promotorem jest prof.dr hab. inż. Andrzej Flaga. Praca de facto zawiera poszerzony zakres zagadnień w stosunku do jej tytułu gdyż dotyczy również zastosowania poziomych układów wentylacyjnych.

Rozprawa została przedłożona w zwartej formie i liczy wraz z bibliografią 202 strony, liczba rysunków i zdjęć wynosi 66, wykresów 116, tabel 6. Składa się z 12 rozdziałów. Bibliografia to 76 pozycji, w tym zawiera jedną pozycję autorską i cztery współautorskie.

Układ pracy jest logiczny i czytelny, typowy dla prac naukowych i badawczych, a sposób jej wydania i edycji jest staranny.

## 4. Ocena merytoryczna rozprawy

### 4.1. Zakres, cele i tezy rozprawy

Praca ma głównie charakter eksperymentalny i dotyczy bardzo aktualnego problemu przewietrzania terenów zurbanizowanych. Celem pracy było odpowiedzenie na pytanie, czy możliwe jest zamodelowanie z wystarczającą dokładnością warstwy inwersyjnej atmosfery oraz aktywnego systemu wentylacyjnego, mającego na celu poprawę jakości powietrza.

Doktorant sformułował następujące tezy pracy:

1. Możliwe jest dynamiczne oddziaływanie na przyziemne warstwy powietrza na terenach zurbanizowanych poprzez zastosowanie systemów wentylacji pionowej współpracujących z promienistym, poziomym układem kanałów wentylacyjnych, które skutecznie poprawiają warunki aerosanitarnie tych terenów.

2. Model pionowych układów wentylacyjnych współpracujących z promienistym poziomym układem kanałów wentylacyjnych wykorzystanych w badaniach modelowych w tunelu aerodynamicznym odwzorowuje to zjawisko z wystarczającą dla praktyki inżynierskiej dokładnością.

### 4.2. Charakterystyka pozostałych rozdziałów rozprawy

Rozdział drugi zawiera uzasadnienie potrzeby pracy oraz jej początkowe koncepcje. Poruszany problem jest istotny, ponieważ wiele gospodarstw domowych w Polsce ogrzewanych jest za pomocą wysokoemisyjnych i niskowydajnych źródeł ciepła opalanych nie tylko węglem, ale co gorsza szeregiem odpadowych wysokotyksycznych podczas spalania materiałów. Zatem problem powstawania dni smogowych jest powszechny i nasila się w okresie jesienno-zimowo-wiosennym. Ma to bardzo duże znaczenie społeczne dla populacji narażonej na oddziaływanie smogu. Podejmowanie więc działań mających na celu ograniczenie negatywnego oddziaływania smogu ma istotne interdyscyplinarne znaczenie szczególnie w aspekcie zachorowalności na choroby układu oddechowego i krążeniowego. W rozdziale trzecim autor omówił zagadnienie smogu. Zwrócił uwagę, na fakt, że smog polski charakteryzuje się dużą kwasowością, zawiera dużo większe ilości pyłów PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> i PM<sub>1</sub>, które to pochodzą ze spalania węgla. Rozdział czwarty dotyczy zagadnienia inwersji, która uniemożliwia usunięcia zanieczyszczeń generowanych przez obszar zurbanizowany, głównie tzw. niskiej emisji.

Następnie Autor koncentruje się na zagadnieniu budowy warstw inwersyjnych dla Krakowa. W dalszych rozważaniach przyjął słusznie moim zdaniem warunki wystąpienia warstwy inwersyjnej często występującej dla Krakowa. Określone zostały również parametry warstwy inwersyjnej, w tym jej wysokości, miąższości i okresu występowania w ciągu roku. W rozdziale piątym autor przedstawił koncepcję systemu aktywnego przewietrzania, opis kominów i wież wentylacyjnych oraz ich umiejscowienia w naturalnych kanałach wentylacyjnych. Określił, co istotne, kryteria podobieństwa dla badań modelowych oraz przyjęte skale podobieństwa. Poziome systemy wentylacji został omówione w rozdziale szóstym. Istota pomysłu polega na wytworzeniu strugi powietrza umożliwiającej transport zanieczyszczonego powietrza za miasto na bazie istniejących naturalnych kanałów wentylacyjnych. Przedstawił badania na bazie wentylatorów zastępczych, umożliwiające wyznaczenie pola prędkości strugi powietrza wytworzonej przez pojedynczą wieżę. W dalszych badaniach uwzględnił wpływ chropowatości podłoża. W rozdziale siódmym Autor przedstawił koncepcję pionowego komina wentylacyjnego mającego na celu transport mas powietrza zanieczyszczonego ponad warstwę inwersyjną. Sformułował model fizyczny i teoretyczny zjawiska, jak również stosowane kryteria.

Rozdział ósmy przedstawia model doświadczalny wentylacji pionowej dla różnych wariantów kształtów powłoki komina, sposoby zasłonięcia przestrzeni dolnych, wpływu skrócenia płaszcza komina oraz zmiany kątów nachylenia wentylatorów u podstawy komina. Przedstawiono wizualizację dymową tego zjawiska.

W następnym rozdziale zawarto analizy dotyczące modelowania warstwy inwersyjnej w warunkach laboratoryjnych. Autor zaproponował model teoretyczny fizyczny tego zjawiska. Interesującym wydaje się zaproponowanie przez Doktoranta nowego modelu oporu warstwy inwersyjnej za pomocą systemu siatek, dla którego wyznaczono rzeczywistą wartość współczynnika oporu. Badania prowadzone były dla różnych wysokości komina, prędkości i ilości wentylatorów oraz wysokości podstawy komina. Analizowano również wpływ zewnętrznego pierścienia wentylatorów na pracę komina wentylacyjnego. W efekcie końcowym wyznaczono rozkład prędkości dla strugi powietrza generowanej przez komin dla różnych parametrów wejściowych. Ostatnie rozdziały zawierają wnioski, propozycje dalszych kierunków badań i możliwości aplikacji oraz bibliografię.

### 5. Osiągnięcia Doktoranta

Wartość naukowa rozprawy:

#### a) Oryginalność badań:

Zaproponowany system przewietrzania obszarów zurbanizowanych jest koncepcją pionierską i przyszłościową. Przedstawione badania i analizy należy uznać za oryginalne osiągnięcie naukowe. Świadczy o tym: (i) model wentylacji poziomej w wielowariantowych układach, (ii) model wentylacji pionowej w tym koncepcja komina, (iii) całkowicie nowe podejście w modelowaniu warstwy inwersyjnej w warunkach laboratoryjnych, (iiii) wnikliwa analiza otrzymanych wyników. W efekcie końcowym badania mgr inż. Piotra Krajewskiego zaowocowały nowymi licznymi obserwacjami pogłębiającymi dotychczasową wiedzę z zakresu modelowania pionowych i poziomych układów wentylacyjnych do poprawy jakości powietrza zurbanizowanych obszarów. Ponadto proponowane rozwiązania systemów wentylacji obszarów zurbanizowanych uzyskały dwa patenty. Pierwszy US4801811 dotyczył możliwości generowania energii elektrycznej ze specjalnie zaprojektowanych ciągów wentylacyjnych, natomiast nie obejmował przewietrzania miast i wykorzystywał naturalną rzeźbę terenu natomiast patent US5395598

dotyczył budowy pionowej wieży wentylacyjnej wraz z przezroczystą podstawą w celu stworzenia ciągu kominowego i generowania energii.

Oceniana rozprawa doktorska ma dużą wartość naukową ze względu na nowatorskie podejście do tematu modelowania układów wentylacyjnych obszarów zurbanizowanych oraz oryginalność prowadzonych badań. Wyniki te były prezentowane na konferencjach naukowych, gdzie zostały wysoko ocenione i publikowane w czterech oddzielnych czasopismach naukowych. Jeżeli chodzi o wartość naukową poszczególnych rozdziałów to: badania pionowych oraz poziomych systemów wentylacyjnych opisane w rozdziałach 5-8 były podstawą do przygotowania modelu warstwy inwersyjnej.

b) Najważniejszą część moim zdaniem rozprawy została przedstawiona w rozdziale dziewiątym. Rozdział ten opisuje ostatni IV etap badań, który dotyczył możliwości modelowania warstwy inwersyjnej w warunkach laboratoryjnych oraz sprawdzenia, przy jakich parametrach analizowany system aktywnej wentylacji jest w stanie przebić tę warstwę. W etapie tym całość prac poczynając od koncepcji, przez przygotowanie eksperymentu oraz przeprowadzenie go oraz analizę wyników została wykonana przez autora. W moim przekonaniu do najważniejszych osiągnięć naukowych należy zaliczyć:

- zastąpienie oporu warstwy inwersyjnej w modelu laboratoryjnym za pomocą systemu siatek,
- wyznaczenie zastępczego współczynnika oporu aerodynamicznego oraz współczynnika oporu dla zastosowanych w modelu siatek,
- wielowariantowe badania doświadczalne dla różnych wysokości komin, prędkości i liczby wentylatorów oraz wysokości podstawy komin,
- przeprowadzenie analiz wpływu zewnętrznego pierścienia wentylatorów na pracę komin wentylacyjnego,
- wyznaczenie rozkładu prędkości dla strugi powietrza generowanej przez komin dla różnych warunków brzegowych,
- zastosowanie metody wizualizacji dymowej.

Podsumowując, recenzowana dysertacja jest rzetelnym studium naukowym mogącym stanowić źródło inspiracji do opracowań o charakterze aplikacyjnym co jest istotne w praktyce gospodarczej a szczególnie może przyczynić się do zmniejszenia negatywnego oddziaływania smogu na stan zdrowia populacji.

### 6. Uwagi recenzenta

Na wstępie chciałbym zwrócić uwagę, że przedstawione uwagi dotyczące recenzowanej rozprawy nie obniżają w niczym jej wartości merytorycznej i jednoznacznie pozytywnej oceny. Mogą one stanowić przedmiot dyskusji i być uwzględnione w dalszych publikacjach.

1. Fragment tytułu angielskiego THE AIR QUALITY został przetłumaczony jako warunków aerosanitarnych a nie jakość powietrza. Z czego to wynikało?
2. Na stronie 195 została przedstawiona analiza zapotrzebowania energetycznego analizowanego systemu dla Krakowa. Wartość 2,15 GWh/ 10 h/dzień wydaje się nierealna do realizacji pomysłu również w kontekście kosztów inwestycji. Jakie są szacunkowe koszty inwestycji dla miasta wielkości Krakowa? Czy są inne możliwości implementacji proponowanego rozwiązania?

## Recenzja rozprawy doktorskiej

3. W rozdz.11 pkt 4 autor proponuje w celu optymalizacji struktury budowę modelu numerycznego. W jaki sposób przewiduje kalibrację modelu numerycznego?
4. Praca napisana jest w dobrym językiem, zarówno pod względem stylistycznym i gramatycznym. Występują w niej jednak drobne niedociągnięcia edycyjne (str. 17 rys.3.5, powinno być 4.3, str. 8 ilości pierścienia – liczby pierścieni) zawierające między innymi błędy interpunkcyjne i literowe. Zrezygnowałem z ich wskazania ze względu na niewielki wpływ merytoryczny dla przedstawionej dysertacji.

### 7. Wnioski

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Piotra Krajewskiego pt. „Wykorzystanie pionowych układów wentylacyjnych do poprawy warunków aerosanitarnych wybranych obszarów zurbanizowanych” – której promotorem jest prof.dr hab. inż. Andrzej Flaga stanowi rozwiązanie oryginalnego zadania naukowego dotyczącego opracowania nowego modelu pionowych układów wentylacyjnych do poprawy warunków aerosanitarnych wybranych obszarów zurbanizowanych. Uważam, że przedstawiony w rozprawie cel został osiągnięty, a postawioną tezę udowodniono. Praca ma znaczenie nie tylko naukowe ale i praktyczne.

Należy zauważyć, że Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy naukowej i technicznej w zakresie prezentowanej tematyki. Wykonał odpowiedni zakres badań, które poszerzyły istniejącą w tym zakresie wiedzę. Na tej podstawie dokonał analizy otrzymanych rezultatów i opracował wnioski. Świadczy to jednoznacznie o odpowiednim przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowych i badawczych. Rozprawa ta jest umiejscowiona w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa i transport.

### 8. Sentencja Recenzji

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca mgr inż. Piotra Krajewskiego pt.: „Wykorzystanie pionowych układów wentylacyjnych do poprawy warunków aerosanitarnych wybranych obszarów zurbanizowanych” **spełnia wymogi stawiane** rozprawom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, nr 65, poz. 595, z póź. zm.) oraz Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 19 stycznia 2018 r (Dz.U. 2018. poz. 1669) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

