

Lublin, dn. 01.06.2023 r.

dr hab. inż. Tomasz Cholewa, prof. uczelni  
Politechnika Lubelska  
Wydział Inżynierii Środowiska  
Katedra Jakości Powietrza Wewnętrznego i Zewnętrznego  
ul. Nadbystrzycka 40B  
20-618 Lublin  
e-mail: [t.cholewa@pollub.pl](mailto:t.cholewa@pollub.pl)  
tel.: +48 81 538 4424

**Recenzja rozprawy doktorskiej**  
Pani mgr inż. Eweliny Barnat  
**pt. „ Ochładzanie powietrza stref zewnętrznych przebywania ludzi”**  
przygotowana pod kierunkiem naukowym  
Promotora prof. dr hab. inż. Roberta Sekreta  
oraz Promotora pomocniczego dr hab. inż. Bożeny Babiarez, prof. PRz

## **1. Podstawa formalna recenzji**

Podstawą formalną przedmiotowej recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki z dnia 5 maja 2023 roku dotyczące przygotowania recenzji pracy doktorskiej mgr inż. Eweliny Barnat.

## **2. Aktualność wyboru tematu i umiejscowienie tematyki badawczej**

Pojęcie miejskiej wyspy ciepła jest istotne szczególnie w okresie letnim podczas upałów nie tylko z uwagi na zwiększone zapotrzebowanie energii na potrzeby chłodzenia pomieszczeń w budynkach, ale również z uwagi na potrzebę chłodzenia przestrzeni zewnętrznych, w których przebywają ludzie. Dlatego poszukiwane i badane są rozwiązania techniczne, które umożliwiałyby ochłodzenie powietrza w strefie zewnętrznej przy możliwie niskim zużyciu energii konwencjonalnej oraz akceptowalnych kosztach aplikacji. Brak jest również wystarczającej ilości badań w zakresie parametrów powietrza komfortowych dla człowieka w strefach zewnętrznych co związane jest między innymi z faktem, że

w środowisku zewnętrznym ze względu na dużą zmienność stanów pogodowych, lokalnych warunków oraz aktywności ludzi, system termoregulacji jest bardzo dynamiczny.

Zatem tematyka rozprawy doktorskiej została właściwie wybrana i wpisuje się w aktualne trendy badań w zakresie zapewnienia komfortu cieplnego osób w strefach zewnętrznych oraz dyscyplinę inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki.

Podjęty temat ma znaczenie nie tylko poznawcze, ale również użyteczne, ponieważ może zostać wykorzystany jako skuteczne narzędzie w procesie optymalnego wyboru systemów ochładzania powietrza w strefach zewnętrznych na potrzeby zapewnienia komfortu cieplnego przebywających tam osób.

### **3. Ocena merytoryczna pracy**

Oceniana rozprawa doktorska liczy 133 strony i zawiera 120 pozycji cytowanego piśmiennictwa. W rozprawie znajduje się streszczenie w języku polskim i angielskim. Pomocnym i cennym elementem rozprawy jest zamieszczony „Wykaz oznaczeń”, który znajduje się na początku pracy.

Praca składa się z 7 głównych rozdziałów. Strukturę prac uważam za właściwą, zaś podział na poszczególne rozdziały jest logiczny.

W rozdziale 1 (*Przegląd literatury*) Doktorantka przedstawił zagadnienia związane z komfortem cieplnym człowieka (również w zewnętrznych strefach miejskich), inteligentnymi miastami oraz metodami chłodzenia powietrza, gdzie omówiła metody naturalne oraz sztuczne (realizowane przez zorganizowane, techniczne systemy chodzenia). Nakreśliła również możliwości zastosowania energii promieniowania słonecznego w instalacjach chłodzenia i zakończyła ten rozdział podsumowaniem.

Doktorantka przedstawiła w klarowny sposób różne wskaźniki biometeorologiczne, które są również wykorzystywane do oceny komfortu cieplnego osób przebywających w środowisku zewnętrznym jak i wewnętrznym. Charakterystykę poszczególnych wskaźników wzbogaciła cennymi komentarzami i spostrzeżeniami ze swojej strony, co zdecydowanie zwiększa wartość merytoryczną pracy.

W tym zakresie Doktorantka mogła przedstawić zbiorcze porównanie poszczególnych wskaźników z uwagi na ich wady, zalety, ograniczenia oraz możliwości zastosowania w konkretnych warunkach miejscowych.

W zakresie komfortu cieplnego w zewnętrznych strefach miejskich Doktorantka właściwie nawiązała się do miejskich wysp ciepła oraz koncepcji inteligentnych miast.

W rozdziale 1.4.2 (*Metody sztuczne ochłodzenia powietrza*) Doktorantka mogła zwrócić większą uwagę na możliwości zastosowania omawianych rozwiązań do kształtowania lokalnych parametrów w strefie zewnętrznej.

Z kolei schematy systemów klimatyzacji słonecznej w strefie zewnętrznej przedstawione w rozdziale 1.5 mogłyby mieć zróżnicowane linie oraz grubości, co ułatwiłoby ich odbiór przez czytelnika.

W podsumowaniu tego rozdziału Doktorantka odpowiednio wyeksponowała lukę badawczą, która będzie adresowana przez nią w części badawczej pracy.

Rozdział 2 (*Teza, cel i zakres pracy*) przedstawia na początku właściwe uzasadnienie Doktorantki w zakresie planowanych do realizacji badań i ich metodyki. Podkreśliła między innymi, że pojęcie komfortu cieplnego człowieka w strefie zewnętrznej w okresie letnim oraz metody jego osiągnięcia są problematyką charakteryzującą się niewystarczającym stanem wiedzy naukowej. Trafnie uwzględniając fakt, że okres zapotrzebowania na chłód pokrywa się z okresem rosnącego natężenia promieniowania słonecznego, sformułowała tezę pracy: *Istnieje możliwość efektywnego wykorzystania energii promieniowania słonecznego w procesie chłodzenia stref zewnętrznych przebywania człowieka w okresie letnim w warunkach klimatycznych Polski.*

Na tej podstawie również odpowiednio sformułowała cele przedmiotowej rozprawy, w szczególności:

- opracowanie zakresu komfortu cieplnego człowieka w strefie zewnętrznej;
- określenie zapotrzebowania na moc chłodniczą niezbędną do zapewnienia komfortu cieplnego człowieka w strefie zewnętrznej w okresie letnim;
- wskazanie rozwiązań instalacji chłodzenia pozwalających efektywnie, na zasadach energooszczędności, zrealizować proces chłodzenia w strefie zewnętrznej przebywania człowieka.

W rozdziale 3 (*Komfort cieplny w strefie zewnętrznej*) Autorka przedstawiła ciekawą i potrzebną analizę w zakresie określenia parametrów powietrza, które będą odpowiadać za komfort cieplny człowieka przebywającego w strefie zewnętrznej w okresie lata oraz możliwych do zastosowania rozwiązań technicznych na potrzeby chłodzenia. Zamieszczona jest również odpowiednia analiza wartości temperatury efektywnej przy zmiennych warunków prędkości i wilgotności względnej powietrza, co pozwoliło między innymi

zauważyć, że strefa temperatury efektywnej nie będzie odpowiadać strefie rzeczywistych wartości temperatury powietrza określonych jako komfortowe. Dlatego też Doktorantka poprawnie zauważyła, że istotnym zagadnieniem w procesie obliczeniowym jest uwzględnienie wilgotności względnej oraz prędkości wiatru, co może pozwolić na ograniczenie zapotrzebowania na moc chłodniczą niezbędną do uzyskania komfortu cieplnego w strefie zewnętrznej. Dzięki tej autorskiej analizie właściwie wykazała, że zakres komfortu cieplnego dla stref zewnętrznych może być określany na podstawie wskaźnika temperatury efektywnej.

W ramach rozdziału 4 (*Obiekt badań*) odpowiednio uargumentowano potrzebę obniżenia temperatury w wybranych strefach zewnętrznych węzła przesiadkowego. Przedstawiono również szczegółową charakterystykę obiektu badań (dworzec lokalny w Rzeszowie przy ulicy Towarnickiego 7) oraz 12 analizowanych wariantów instalacji chłodzenia (podzielonych na 3 grupy) dla kubatury przyjętego obszaru referencyjnego (288 m<sup>3</sup>). Analizowane warianty instalacji chłodniczej klarownie oznaczono oraz przedstawiono najważniejsze elementy składowe systemu na schematach instalacyjnych.

Kolejny rozdział (5. *Metodyka badań*) przedstawia w przejrzystej formie całość metodyki prowadzonych badań i analiz oraz sposobu wykonywania poszczególnych obliczeń. Doktorantka w tej części pracy przedstawiła odpowiednie odwołania bibliograficzne czy też zasadną argumentację ze swojej strony w zakresie przyjmowanych założeń na potrzeby prowadzonych analiz, co świadczy o jej szerokiej wiedzy w tym zakresie.

Jednak zyski ciepła od nasłonecznienia przyjęto jako  $Q_N = 0$  (nie uwzględniono między innymi promieniowania odbitego) oraz nie uwzględniono oddawania ciepła na drodze promieniowania od otoczenia --- w zakresie tych założeń powinna być zamieszczona szersza argumentacja Doktorantki. Dodatkowe wytłumaczenia odnośnie przyjmowanych założeń, powinny być również w zakresie: a) danych przedstawionych w tabeli 8 (*Zestawienie przyjętych współczynników do obliczeń efektu energetycznego*) powinny być zamieszczone szersze wytłumaczenia, szczególnie, które wartości przyjęto z Rozporządzenia a które z danych technicznych konkretnych urządzeń; aa) pominięcia w analizie LCA fazy produkcji urządzeń oraz likwidacji instalacji; aaa) przyjmowanych wartości na potrzeby analizy LCC.

W rozdziale 6 (*Wyniki i ich analiza*) przedstawione (głównie na wykresach) i właściwie zinterpretowane są wyniki analiz przeprowadzanych przez Doktorantkę. W rozdziale 6.1 w pierwszej kolejności przedstawiono analizę parametrów meteorologicznych, które są istotne z punktu widzenia przyjętej metody oceny komfortu cieplnego w strefach

zewewnętrznych i które bazują na długoterminowych pomiarach archiwalnych. W niektórych przypadkach (np. rys. 48, 49) można było pokazać na jednym wykresie inną istotną zmienną a nie tylko jeden parametr, co znacznie ogranicza możliwość pełnej interpretacji wyników przez czytelnika. Z założenia, nie powinno się prezentować tych samych wyników w tabeli jak i na rysunku (np. tabela 11 vs rysunek 51, tabela 12 vs rysunek 52).

W zakresie punktu 6.4 można było dodatkowo przedstawić stopień okrycia potrzeb energetycznych przez układ PV dla poszczególnych wariantów poddawanych analizie.

Ostatni rozdział nr 7 zawiera wnioski końcowe z przeprowadzonych prac badawczych, które w jasny sposób pokazują, że postawiona wcześniej teza pracy jest spełniona. Jest to podparte wynikami przeprowadzonych badań oraz analizami Autorki pracy.

W tej części pracy warto było uwzględnić plany badawcze na przyszłość czy też podkreślić inne możliwości wykorzystania wyników badań.

#### **4. Uwagi do pracy**

##### Uwagi o charakterze ogólnym:

Doktorantka powinien w bardziej jasny sposób podkreślać uniwersalny charakter oraz możliwości szerokiego wykorzystania wyników badań. Można to było zrobić w różnych częściach pracy przy pokazywaniu zalet i wad przedstawianych algorytmów, czy też przy porównywaniu ich z obecnie wykorzystywanym podejściem w danym zakresie.

##### Uwagi o charakterze redakcyjnym:

W rozprawie pojawiają się pewne nieścisłości nomenklaturowe czy też stylistyczne: „*różnica temperatur*”, str. 73: „*Ciepło z sieci cieplnej może być produkowana przedsiębiorstwie w procesie kogeneracji ze spalania paliw kopalnych*”.

#### **5. Wnioski końcowe**

Pani mgr inż. Ewelina Barnat przedstawił do oceny rozprawę, którą oceniam pozytywnie. Układ i zawartość pracy jest prawidłowy. Przedstawione uwagi i sugestie w ramach rozdziału 3 oraz rozdziały 4 recenzji nie wpływają w istotny sposób na wartość merytoryczną rozprawy oraz na pozytywny odbiór całości rozprawy.

Pani mgr inż. Ewelina Barnat wykazała się znajomością wiedzy teoretycznej i umiejętnościami praktycznymi w zakresie prowadzonych badań.

Podsumowując moją recenzję stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Eweliny Barnat p.t. „Ochładzanie powietrza stref zewnętrznych przebywania ludzi” spełnia w dostatecznym stopniu wymagania określone w artykule 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668 ze zm.) stawiane rozprawom doktorskim.

Wnioskuje o dopuszczenie Pani mgr inż. Eweliny Barnat do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Lublin, dn. 01.06.2023 r.



.....

dr hab. inż. Tomasz Cholewa