

Prof. dr hab. inż. Robert Sekret

Politechnika Częstochowska

Wydział Infrastruktury i Środowiska

42 – 201 Częstochowa, ul. J.H. Dąbrowskiego 69

E-mail: robert.sekret@pcz.pl

Częstochowa, dn. 10.04.2025 r.

Szanowny Pan

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Labus

Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny

Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

Politechniki Śląskiej

ul. Akademicka 2, pok. 518

44-100 Gliwice

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Izabeli Sarny

pt. „Energetyczna i środowiskowa efektywność ogrzewania, chłodzenia
i wentylacji budynków mieszkalnych”

1. Wprowadzenie

Recenzja została napisana w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 28 lutego 2025 roku nr RIE-BD.512.12.2025. Dokumentację odebrałem w dniu 04 marca 2025 roku.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Izabeli Sarny pt. „Energetyczna i środowiskowa efektywność ogrzewania, chłodzenia i wentylacji budynków mieszkalnych” zawiera łącznie 208 stron. Rozprawa została podzielona na 11 głównych rozdziałów i uzupełniona: streszczeniem w języku polskim i angielskim,

spisem ważniejszych oznaczeń i indeksów, słownikiem pojęć, bibliografią, spisem rysunków, spisem tabel oraz trzema załącznikami. We wstępie do rozprawy doktorskiej (rozdział 1 pracy) Doktorantka wskazała istotność podjętej problematyki z punktu widzenia celów klimatyczno-energetycznych Unii Europejskiej oraz zagrożeń dla użytkowników i trwałości budynku wynikających z nieprzemyślanej realizacji celu redukcji zapotrzebowania na ciepło. W rozdziale 2 Doktorantka przedstawiła identyfikację budynków jednorodzinnych pod względem kształtu, stosowanych obecnie konstrukcji i systemów HVAC. Rozdział 3 rozprawy to przegląd obecnego stanu wiedzy w zakresie: pasywnych sposobów chłodzenia budynków, danych klimatycznych wykorzystywanych do oceny energetycznej budynków, oceny komfortu cieplnego w pomieszczeniu z wentylacją naturalną oraz wpływu systemów HVAC na środowisko zewnętrzne z wykorzystaniem śladu węglowego. Na zakończenie rozdziału trzeciego Doktorantka przedstawiła podsumowanie oraz wskazała lukę badawczą. W rozdziale 4 Doktorantka przedstawiła główny cel pracy, cele szczegółowe oraz zakres pracy. Rozdział 5 to pomiarowa identyfikacja środowiska wewnętrznego. W ramach tej części rozprawy doktorskiej Doktorantka przedstawiła wybrany obiekt do badań, metodykę badań (opis badań terenowych in-situ w celu oceny rzeczywistych stanów cieplnych) wraz z opisem wykorzystanej aparatury pomiarowej oraz uzyskane wyniki pomiarów i ich analizę. Kolejny rozdział rozprawy doktorskiej, rozdział szósty, to ocena warunków cieplnych i zużycia nośników energii pierwotnej w budynku na podstawie symulacji numerycznych. W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła: charakterystykę programu Energy Plus, programu CONTAM, warunki kosymulacji, wielostrefowy model budynku jednorodzinny dla elementów składowych systemu HVAC oraz weryfikację eksperymentalną modelu numerycznego. Rozdział 7 rozprawy dotyczy modelowania numerycznego CFD przepływu powietrza w systemie wentylacji naturalnej w pomieszczeniu celem określenia wpływu pasywnego chłodzenia z wykorzystaniem powietrza zewnętrznego na rozkład wybranych parametrów powietrza w pomieszczeniu. W związku z tym Doktorantka w rozdziale siódmym przedstawiła charakterystykę programu ANSYS Fluent, opis pomieszczenia, model numeryczny, siatkę obliczeniową, warunki brzegowe, przebieg symulacji, walidację eksperymentalną modelu numerycznego CFD oraz uzyskane wyniki badań. W kolejnym rozdziale ósmym Doktorantka zawarła studium przypadku obejmujące symulacje energetyczne budynku w celu oceny efektywności pasywnego chłodzenia pod kątem zapewnienia warunków komfortu cieplnego mieszkańców

i zużycia nośników energii pierwotnej oraz porównanie go z chłodzeniem mechanicznym, w tym: prognozowanie numeryczne CFD w celu analizy parametrów powietrza wewnętrznego (temperatury i prędkości) oraz ocenę wystąpienia ryzyka przeciągu. W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła przyjęte założenia, opis wybranych wariantów do symulacji, kryteria ich oceny oraz uzyskane wyniki badań. W rozdziale dziewiątym Doktorantka zawarła analizę kosztów środowiskowych zastosowanych systemów HVAC. W tym celu przeprowadziła ocenę emisji ditlenku węgla przez przyjęte systemy HVAC oraz ocenę możliwości ograniczenia emisji ditlenku węgla przez zastosowanie paneli fotowoltaicznych. Rozdział dziesiąty rozprawy doktorskiej to globalna dyskusja nad przeprowadzonymi badaniami oraz uzyskanymi wynikami. Ostatni rozdział rozprawy doktorskiej to końcowe podsumowanie, w którym Doktorantka odniosła się do głównego celu pracy, celów szczegółowych oraz sformułowała siedem wniosków końcowych, wskazała ograniczenia badań i sformułowała propozycje dalszych prac. Podsumowując szeroki zakres ocenianej rozprawy doktorskiej uważam, że praca jest czytelna i logicznie ułożona. Rozprawa doktorska została bardzo starannie opracowana. Części graficzna i tabelaryczna zostały również poprawnie opisane w tekście rozprawy. Układ rozprawy doktorskiej jest prawidłowy. Doktorantka nabyła umiejętność poprawnej organizacji i edycji rozprawy doktorskiej.

Doktorantka w tekście rozprawy wykorzystała 243 pozycje bibliograficzne, z czego 77% to publikacje z ostatnich 10 lat. Wskazane źródła literaturowe trafnie przedstawiają obecny stan wiedzy w przyjętym zakresie pracy doktorskiej oraz uzasadniają wybór podjętego do rozwiązania problemu naukowego. Uważam, że Doktorantka wykazała się umiejętnością prawidłowego wyboru źródeł literaturowych oraz krytycznego przeglądu istniejącego stanu wiedzy.

Przyjętym celem ocenianej rozprawy doktorskiej jest ocena skuteczności konwencjonalnych i alternatywnych sposobów chłodzenia pomieszczeń w budynku jednorodzinny z wentylacją naturalną pod kątem: zapewnienia komfortu cieplnego mieszkańcom, efektywności ogrzewania, chłodzenia i wentylacji oraz emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych. Uważam, że istotne już zmiany klimatyczne oraz silna urbanizacja wymuszają konieczność rozwiązania w Polsce nowego problemu jakim jest coraz częściej

konieczność nie tylko ogrzewania, ale również chłodzenia budynków. Zapewnienie komfortu cieplnego oraz wymaganej jakości powietrza w pomieszczeniach w okresie letnim jeszcze w ubiegłym stuleciu w warunkach klimatycznych Polski nie stanowiło istotnego problemu ze względu na krótkie i nie tak intensywne jak obecnie fale upałów. Z drugiej strony obecny stan wiedzy jednoznacznie wskazuje na bezpośredni wpływ warunków termicznych i higienicznych w pomieszczeniach nie tylko na komfort użytkowników, ale również w dłuższej perspektywie na ich zdrowie i aktywność w starszym wieku. Poszukując rozwiązań tego problemu musimy jednak brać pod uwagę efektywność energetyczno-środowiskową i ekonomiczną rozważanych rozwiązań. Dlatego też uważam, że wybór przez Doktorantkę problemu naukowego w postaci poszukiwań kompromisu, który pogodzi zapewnienie komfortu cieplnego i jakości powietrza z jednej strony i minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko naturalne procesu chłodzenia z drugiej strony świadczy o trafności wybranej tematyki naukowo-badawczej zarówno z punktu widzenia celu naukowego, jak i celu użytecznego. Przedstawiony cel i cele szczegółowe oraz zakres pracy trafnie i przejrzysto wskazują kierunek rozwiązania tego problemu. Uważam, że Doktorantka wykazała się umiejętnością poprawnego formułowania celu i zakresu pracy doktorskiej.

Doktorantka na potrzeby realizacji celu głównego oraz celów szczegółowych zaproponowała badania eksperymentalne i analizy numeryczne, w tym: pomiarową identyfikację środowiska wewnętrznego w wybranym domu jednorodzinnym oraz kosymulację oceny energetycznej budynku BPS (ang. Building Performance Simulation) z uwzględnieniem międzystrefowego przepływu powietrza w programie EnergyPlus połączonym z programem CONTAM, czy prognozowanie numeryczne CFD w celu oceny rozkładu parametrów powietrza w wybranym pomieszczeniu w programie ANSYS Fluent wraz z walidacją eksperymentalną. W zastosowanej metodycie badawczej Doktorantka uwzględniła również studium przypadku, w ramach którego analizowano konwencjonalne i pasywne sposoby chłodzenia budynku w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych oraz studium przypadku na potrzeby oceny wpływu wybranych systemów chłodzenia stosowanych rozwiązań HVAC z uwzględnieniem źródeł ciepła na koszt środowiskowy, w tym wielkość emisji dwutlenku węgla. Dobór metod badawczych zarówno z naukowego i aplikacyjnego punktu widzenia nie budzi zastrzeżeń. Przyjęte dane wejściowe i założenia do

pomiarów i obliczeń zostały przedstawione przez Doktorantkę z wystarczającym stopniem szczegółowości. Należy podkreślić, że przyjęcie jako obiektu badawczego typowego domu jednorodzinnego jest rozwiązaniem pozwalającym na urealnienie uzyskanych wyników czy oceny realnych możliwości aplikacyjnych wyników badań. Nie mam uwag do przyjętej metodyki badań oraz uważam, że Doktorantka nabyła umiejętności wyboru metodyki i realizacji badań naukowych.

Nie mam zastrzeżeń do przedstawianych wyników badań, zarówno z części symulacji numerycznych, badań eksperymentalnych, jak również analizy kosztów środowiskowych. Doktorantka wykazała się dużą starannością zarówno w ich graficznej i tabelarycznej prezentacji, jak również analizie i formułowaniu wniosków szczegółowych. Przedstawione przez Doktorantkę podsumowanie i wnioski są odpowiedzią na postawione cele pracy i przyjęty jej zakres. Oceniając tą część pracy doktorskiej uważam, że Doktorantka wykazała się umiejętnością prezentacji uzyskanych wyników badań, ich analizy oraz formułowania wniosków.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską uważam, że stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Uzyskane wyniki badań stanowią nowy stan wiedzy teoretycznej i aplikacyjnej w drodze do efektywnego rozwiązania problemu jakości środowiska wewnętrznego w obiektach z wentylacją naturalną. Pomimo ograniczeń badań sformułowanych również przez Doktorantkę, rozprawa doktorska wskazuje konkretne rozwiązania podjętego problemu do zastosowania w krótkim okresie.

Uwagi:

1. Słownik pojęć:

- Czy trafniejszym byłoby definiowanie „zużycia ciepła” jako ilości ciepła bazującego na pomiarze, tj. określonego po sezonie grzewczym a „zapotrzebowanie na ciepło” jako wartości teoretycznej szacowanej przed sezonem grzewczym w oparciu o charakterystykę energetyczną budynku lub w oparciu o historyczne zużycie ciepła?
- Zużycie energii – Proponowałbym stosować zużycie nośników energii pierwotnej.
- Warunki cieplne – trafniej byłoby stosować „stan cieplny”.

2. Czy w świetle uzyskanych wyników badań zrealizowanych dla budynku jednorodzinnego istnieje możliwość efektywnego rozwiązania braku wentylacji w budynkach wielorodzinnych z wykorzystaniem metod pasywnych? Czy wnioski z rozprawy doktorskiej można odnieść do specyfiki budynków wielorodzinnych?

3. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Izabeli Sarny pt. „Energetyczna i środowiskowa efektywność ogrzewania, chłodzenia i wentylacji budynków mieszkalnych” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego z obszaru efektywnego chłodzenia pomieszczeń w budynku jednorodzinnym z wentylacją naturalną z wykorzystaniem metod pasywnych. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska wnosi nowy stan wiedzy do dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Jako element nowości należy uznać koncepcję automatyzacji otwierania okien i ocenę jej wpływu na warunki cieplne i zużycie nośników energii pierwotnej w budynku, czy wpływ na środowisko naturalne. Rozprawa doktorska potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną mgr inż. Izabeli Sarny w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jej poziom merytoryczny spełnia wymagania obecnych przepisów w tym zakresie.

Wobec powyższego uważam za uzasadnione dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę istotność podjętego problemu naukowego, szeroki zakres wykorzystanych narzędzi badawczych, staranność w opracowaniu części teoretycznej pracy, szczegółowość analiz wyników badań, staranność edycji rozprawy doktorskiej oraz aplikacyjność uzyskanych wyników badań uważam, że praca doktorska pt. „Energetyczna i środowiskowa efektywność ogrzewania, chłodzenia i wentylacji budynków mieszkalnych” autorstwa mgr inż. Izabeli Sarny zasługuje na wyróżnienie.

Podpisał Robert Sekret