
Poznań, dn. 4 grudnia 2023 r.



dr hab. inż. Łukasz AMANOWICZ, prof. PP
Politechnika Poznańska

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych
ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań
e-mail: lukasz.amanowicz@put.poznan.pl



RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Natalii Krawczyk

pt. *„Analiza komfortu cieplnego i jakości powietrza wewnętrznego
w budynkach użyteczności publicznej”*

1. Podstawa opracowania

Podstawę formalną do opracowania przedmiotowej recenzji jest Uchwała nr 33/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka w Politechnice Świętokrzyskiej z dnia 25.10.2023 r. powołująca recenzentów przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

2. Podstawowe informacje o pracy i Doktorantce

Temat rozprawy: Analiza komfortu cieplnego i jakości powietrza wewnętrznego w budynkach użyteczności publicznej.

Autor: mgr inż. Natalia Krawczyk.

Promotor: dr hab. inż. Łukasz Jan Orman, prof. PŚk.

Promotor pomocniczy: dr Andrzej Lenarcik.

Przedmiotowa rozprawa doktorska liczy 236 stron i zawiera 6 tabel, 43 rysunki i załącznik w postaci 92 tabel z wynikami badań doświadczalnych. W pracy cytowanych jest 156 pozycji literaturowych, w tym książki, artykuły z krajowych i zagranicznych czasopism naukowych, akty prawne i normy.

Informacje o Kandydatce (na podstawie dostarczonego życiorysu i kopii dyplomu):

- Pani mgr inż. Natalia Krawczyk uzyskała tytuł zawodowy magister inżynier w dniu 17 lipca 2019 r. na Wydziale Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach na kierunku inżynieria środowiska, w specjalności sieci i instalacje sanitarne,
- od 2019 roku jest Doktorantką na Wydziale Inżynierii Środowiska, Geodezji i Energetyki Odnawialnej Politechniki Świętokrzyskiej,
- od września 2020 pracuje w Zespole Szkół Zawodowych nr 1 w Kielcach jako nauczyciel przedmiotów związanych z instalacjami sanitarnymi,
- z przedstawionej dokumentacji wynika, że Kandydatka nie ubiegała się wcześniej o nadanie stopnia doktora.

3. Struktura pracy wraz z oceną zawartości kluczowych rozdziałów

Praca składa się z następujących rozdziałów:

Wstęp

1. Przegląd literatury
2. Modelowanie komfortu cieplnego
3. Wnioski z przeglądu literatury
4. Cele i tezy pracy
5. Badania eksperymentalne
6. Modyfikacja wskaźników PMV i PPD
7. Podsumowanie i wnioski
8. Literatura
9. Wykaz rysunków
10. Wykaz tabel
11. Wykaz fotografii
12. Streszczenie w języku polskim
13. Streszczenie w języku angielskim
14. Wykaz załączników

W rozdziale Wstęp (rozdział nienumerowany) opisano zwięźle tło przedmiotowej rozprawy doktorskiej oraz zawartość streszczenia pracy. Można by było polemizować nad zasadnością wprowadzenia tego rozdziału i nad możliwością jego zastąpienia dobrze skonstruowanym streszczeniem, które spełniłoby tę samą funkcję. W niniejszym rozdziale Doktorantka dokonała również auto-recenzji i oceny dokonań swojej rozprawy konkludując w jednym z akapitów: „Praca stanowi zatem istotny wkład naukowy w rozwój tego istotnego obszaru, ale ma również charakter użyteczny”.

W rozdziale 1. Przegląd literatury przedstawione zostały podstawowe informacje na temat odczucia komfortu cieplnego przez użytkowników budynku. Wyszczególniono główne czynniki, wpływające na to odczucie: temperatura, wilgotność względna i prędkość przepływu powietrza, średnia temperatura promieniowania, aktywność fizyczna. Wartościowym elementem tego rozdziału jest przegląd badań nad komfortem cieplnym użytkowników różnego typu budynków w warunkach rzeczywistych i laboratoryjnych, przedstawiony w podpunkcie 1.2.

W rozdziale 2. Modelowanie komfortu cieplnego omówiono stan wiedzy na temat modelowania komfortu cieplnego ze szczególnym naciskiem na tzw. model Fanger'a. Wyszczególniono wzory obliczeniowe oraz wyjaśniono ich składowe, a także przytoczono artykuły naukowe polemizujące z wynikami uzyskiwanymi w wyniku obliczeń przy wykorzystaniu modelu Fanger'a. Wśród cytowanych prac, które weryfikowały dokładność modelu przy wykorzystaniu badań ankietowych znalazły się prace własne Doktorantki. W omawianym rozdziale dokonano również przeglądu stanu wiedzy na temat innych modeli komfortu cieplnego, w tym modeli adaptacyjnych, które biorą pod uwagę „reakcję ludzi na zmiany temperatury w środowisku, wpływające na percepcję komfortu cieplnego”.

W rozdziale 3. Wnioski z przeglądu literatury zaprezentowano 5 wniosków bazujących na dokonanym przeglądzie literatury (rozdziały 1 i 2). Skupiono się na uwypukleniu najczęściej poruszanych zagadnień z zakresu badania komfortu cieplnego oraz kierunkach dalszych badań. Rozdział 3, podsumowując przegląd literatury, nadaje tło rozprawy doktorskiej oraz stanowi uzasadnienie wyboru przez Doktorantkę tematyki badawczej.

W rozdziale 4. Cele i tezy pracy przedstawiono trzy cele pracy oraz trzy tezy pracy.

W rozdziale 5. Badania eksperymentalne zaprezentowano przedmiot i zakres badań: „badania komfortu cieplnego w centralno-środkowej części Polski w województwie Świętokrzyskim w terminie od 19.03.2021 r. do 28.06.2022 r. w budynkach użyteczności publicznej, na Politechnice Świętokrzyskiej tj. w budynku Energis (Wydział Inżynierii Środowiska, Geodezji i Energetyki Odnawialnej), w budynku A (Wydział Budownictwa i Architektury), w budynku B (Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn), w budynku C (Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego), a także na Uniwersytecie Jana Kochanowskiego w Kielcach tj. w budynku B (Wydział Administracji i Prawa) oraz w budynku na Wydziale Pedagogiki i Psychologii część A i B. Największą liczbę badań (tj. 67 na 92) wykonano w inteligentnym budynku Energis”. Opisano również metodykę badawczą oraz scharakteryzowano wykorzystywane urządzenia pomiarowe, przywołując ich dokładność. Stosowane metody badawcze to badania doświadczalne parametrów mikroklimatu w celu

oceny komfortu cieplnego oraz badania ankietowe dotyczące odczucia komfortu cieplnego. W rozdziale przedstawiono również pełną treść ankiety.

W rozdziale 6. Modyfikacja wskaźników PMV i PPD porównano wyniki obliczeń wartości PMV (Predicted Mean Vote – przewidywana średnia ocena wg modelu Fanger) z wartością TSV (średniego odczucia wg wyników ankiet), a także porównano wartość PPD (Predicted Percentage Dissatisfied – przewidywany odsetek osób niezadowolonych) obliczoną wg modelu Fanger oraz odsetek osób niezadowolonych wg przeprowadzonych ankiet. W dalszej części rozdziału przedstawiono procedurę modyfikacji modelu Fanger, uwzględniającą dodanie nowych parametrów, które nie są brane pod uwagę w modelu bazowym, a które okazały się istotne dzięki przeprowadzonej analizie statystycznej wyników badań doświadczalnych.

W rozdziale 7. Podsumowanie i wnioski opisano 10 wniosków, będących spostrzeżeniami natury praktycznej, wynikającymi z analizy otrzymanych wyników badań. Dwa ostatnie wnioski dotyczą spostrzeżeń na temat przeprowadzonej modyfikacji modelu Fanger.

W rozdziale 8. Literatura zestawiono wykorzystywane piśmiennictwo.

W rozdziałach 9. 10. i 11. Zatytułowanych odpowiednio: „Wykaz rysunków, Wykaz tabel, Wykaz fotografii) przedstawiono listę rysunków, tabel i fotografii zaprezentowanych w rozprawie wraz z ich tytułami/opisami/podpisami.

W rozdziale 12. Streszczenie w języku polskim i rozdziale 13. Streszczenie w języku angielskim znajduje się streszczenie pracy, odpowiednio w języku polskim i angielskim.

W rozdziale 14. Wykaz załączników wymieniono jeden załącznik oraz dołączono 92 tabele z wynikami szczegółowymi każdego z przeprowadzonych badań doświadczalnych dla 92 pomieszczeń.

Ocena przeglądu literatury. Biorąc pod uwagę rozdziały 1, 2 i 3, w których zawiera się przegląd literatury, dobór literatury oceniam za poprawny oraz adekwatny do tematyki rozprawy. W pracy przywołano zarówno pozycje krajowe, jak i zagraniczne, wykorzystano wiedzę i doświadczenie dostępne za pośrednictwem światowych baz literatury. Przeprowadzony przegląd literatury nadaje tło dla tematyki badawczej wybranej przez Doktorantkę oraz uzasadnia wybór tematyki. W przeglądzie literatury opisano nadmiarowo pozycje, które nie są związane ściśle z tematyką rozprawy, np. dotyczące komfortu cieplnego w samochodach. Wartość przeglądu literatury obniża mała liczba cytowanych badań związanych wprost z komfortem cieplnym w podobnych pomieszczeniach, tzn. salach wykładowych. Kolejnym mankamentem jest brak odniesienia do wyników badań

realizowanych w podobnych pomieszczeniach, a dotyczących modeli komfortu adaptacyjnego lub innych, najnowszych, które nadają światowe trendy w tej dziedzinie badawczej.

Oceniam, że część rozprawy doktorskiej dotycząca opisu przedmiotu badań, stanowiska pomiarowego oraz programu badań została opracowana w sposób wystarczający: tzn. dostarcza wystarczających informacji na temat badań, aby ocenić ich dokładność oraz umożliwić ich powtórzenie. W podrozdziale 5.1 przedstawiono budynki, w których wykonywane były pomiary komfortu cieplnego. Dla różnych budynków podano różne (niespójne) zestawy informacji i parametrów. W moim odczuciu zabrakło tabelarycznego zestawienia informacji o budynkach, aby w łatwy sposób można było je porównać, a co więcej – w szybki sposób zobaczyć jakich informacji o jakim budynku brakuje. To motywowałoby do ich uzupełnienia tak, aby rok budowy, powierzchnia ścian, okien, współczynniki przenikania ciepła przegród, parametry wentylacji i inne, istotne z punktu widzenia prowadzonych badań, zostały przedstawione. Najbardziej brakuje jednak informacji szczegółowych na temat konkretnych pomieszczeń, w których prowadzone były badania. Oczywiście jest, że nie były one prowadzone we wszystkich pomieszczeniach wskazanych budynków, ale w wybranych. W rozprawie powinny pojawić się rzuty tych pomieszczeń wraz z informacją na temat umiejscowienia względem stron świata, stosowanego przeszklenia, rodzaju osłon przeciwslonecznych, wskaźnika powierzchni okien w stosunku do powierzchni ścian, a także lokalizacji czujników pomiarowych w każdym z pomieszczeń z osobna ze wskazaniem obszaru przebywania osób ankietowanych. Wszystkie te informacje są istotne z punktu widzenia interpretacji wyników badań. Brakuje również ważnych informacji na temat rodzaju i wydajności systemu wentylacji. Nie jest to wymagane wg normy, jednak do interpretacji wyników badań, uważam, że konieczna jest wiedza (tzn. pomiar wydajności) na temat całkowitego strumienia powietrza wentylacyjnego, a w przypadku, kiedy stosowane są systemy wentylacji mechanicznej, również wiedza na temat obróbki termodynamicznej tego powietrza (rozdzielanie powietrza, rodzaj nawiewników, zasięgi nawiewników, czy jest nawilżanie, schładzanie, podgrzewanie itd.).

Oceniam, że część rozprawy doktorskiej dotycząca omówienia wyników badań jest opracowana wystarczająco. Zaprezentowane wykresy są czytelne i dobrze ilustrują wyniki badań, obrazując zależności pomiędzy różnymi parametrami mikroklimatu oraz odczuciami użytkowników budynku. Do oceny istotności prezentowanych korelacji wykorzystano powszechnie stosowane narzędzia statystyczne. Szczegółowo opisano procedury obliczeniowe oraz skomentowano cel ich stosowania, a także znaczenie wyników. Wybór prezentowanych wyników oceniam jako właściwy, oddający zakres oraz wykorzystujący potencjał przeprowadzonych badań. Mam zastrzeżenia odnośnie wniosków dotyczących istotności statystycznej korelacji oraz mam wątpliwości co do poprawności interpretacji wyników w zakresie statystycznym, co nie wpływa na moją pozytywną ocenę omówienia zasadniczych wyników rozprawy.

4. Tezy, cel, znaczenie rozprawy dla dyscypliny naukowej i stosowane metody badawcze wraz z oceną

Tezy postawione w recenzowanej rozprawie doktorskiej brzmią:

- „1. Dodatkowymi czynnikami, nie uwzględnionymi w modelu Fangera, a wpływającym na odczucia ciepłe są: stężenie dwutlenku węgla w pomieszczeniu, wartość indeksu BMI osób tam przebywających, liczba osób na jednostkę kubatury, natężenie oświetlenia.
2. Wskaźniki PMV i PPD nie przewidują w sposób prawidłowy rzeczywistych odczuć cieplnych.
3. Możliwe jest opracowanie modyfikacji modelu Fangera poprzez uwzględnienie w nim dodatkowych czynników wpływających na komfort cieplny i dobranie stałych eksperymentalnych w celu poprawy dokładności przewidywania wskaźników PMV i PPD.”

Wyszczególniono trzy cele rozprawy doktorskiej:

- „1. Wykonanie badań ankietowych odczuć cieplnych dla dużej grupy osób z uwzględnieniem danych umożliwiających obliczenie indeksu BMI i oporu cieplnego odzieży każdego uczestnika badania, przy jednoczesnym pomiarze parametrów mikroklimatu pomieszczeń (w tym stężenie dwutlenku węgla, natężenia oświetlenia) i parametrów geometrycznych pomieszczeń w celu określenia wielkości liczby osób przypadających na jednostkę kubatury.
2. Określenie czynników, wpływających na odczucia ciepłe, a nie uwzględnionych w modelu Fangera.
3. Modyfikacja wskaźników PMV i PPD w oparciu o własne dane eksperymentalne.”

Komentarz: Rozprawa dotyczy zagadnień odczucia komfortu cieplnego użytkowników budynków. Jest to zagadnienie ściśle związane z budownictwem i energooszczędnością, ponieważ na większość z parametrów, które wpływają na odczucie komfortu cieplnego mają wpływ instalacje HVAC (ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji). Obecnie, z uwagi na dobrą izolacyjność cieplną budynków, wysoką szczelność powietrzną oraz wysoką izolacyjność cieplną przegród przezroczystych, straty ciepła przez przenikanie przez przegrody stanowią lub mogą stanowić najmniejszy składnik bilansu cieplnego budynków. Znacznie bardziej energochłonne są systemy utrzymania komfortu – HVAC oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Z tego powodu doskonalenie modeli komfortu cieplnego jest istotnym zagadnieniem w zakresie dyscypliny naukowej. W recenzowanej rozprawie wykorzystywane są dwie metody badawcze, popularne w badaniach z dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka: pomiar parametrów mikroklimatu, które wpływają na odczucie komfortu cieplnego oraz badania ankietowe dotyczące odczucia komfortu cieplnego. Wyniki badań przedmiotowej rozprawy mają znaczenie użytkowe, ponieważ mogą być wykorzystywane na cele zmniejszania energochłonności budynków edukacyjnych poprzez lepsze dopasowanie parametrów mikroklimatu do oczekiwań użytkowników. W tym istotną rolę może odgrywać dostosowanie natężenia oświetlenia, które, jak wykazały badania, może

mieć znacznie mniejszą wartość przy jednocześnie wysokim poziomie akceptacji jakości oświetlenia przez użytkowników.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej mieści się w dyscyplinie naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, a wyniki badań mają charakter użyteczny i mogą zostać praktycznie wykorzystane na cele zmniejszania energochłonności budynków.

Ocena. Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że:

- **tematyka rozprawy doktorskiej jest istotna z punktu widzenia dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka,**
- **przedstawione tezy pracy są poprawnie sformułowane i interesujące,**
- **cele pracy mają charakter naukowy i praktyczny,**
- **wykorzystane metody badawcze są poprawnie dobrane i poprawnie wykorzystane na cele realizacji programu badań, a także są adekwatne dla celów udowodnienia tez oraz osiągnięcia celów rozprawy.**

5. Uwagi do pracy

5.1. Uwagi o charakterze merytorycznym – zasadnicze

Temat rozprawy „Analiza komfortu cieplnego i jakości powietrza wewnętrznego w budynkach użyteczności publicznej” nie w pełni koresponduje z jej zakresem. W rozprawie analizowane są 92 pomieszczenia w budynkach edukacyjnych. Tytuł sugeruje wykonanie badań, a co zatem idzie uzyskanie wniosków, dla znacznie szerszej grupy obiektów – budynków użyteczności publicznej. Czy nie lepiej byłoby skorygować temat i zawęzić do budynków edukacyjnych lub sal wykładowych?

W rozdziale 5.1 zabrakło informacji szczegółowych na temat konkretnych pomieszczeń, w których prowadzone były badania jak np.: umiejscowienie względem stron świata, stosowane przeszklenie, rodzaj osłon przeciwsłonecznych, wskaźnik powierzchni okien w stosunku do powierzchni ścian, lokalizacja czujników pomiarowych w każdym z pomieszczeń z osobna ze wskazaniem obszaru przebywania osób ankietowanych. Brakuje również ważnych informacji na temat rodzaju i wydajności systemu wentylacji (wartość strumienia powietrza, rozdział powietrza, rodzaj nawiewników, zasięgi nawiewników, czy jest nawilżanie, schładzanie, podgrzewanie itd.). Wszystkie te informacje wydają się być istotne z punktu widzenia interpretacji wyników badań. Proszę o przedstawienie szczegółowej dyskusji w jaki sposób wiedza na temat wartości wspomnianych parametrów jak również same parametry mogą wpłynąć na ocenę komfortu cieplnego użytkowników oraz interpretację wyników badań.

W rozdziale „Wstęp” Doktorantka dokonuje auto-oceny swojej rozprawy, z którą się nie zgadzam: „Praca stanowi zatem istotny wkład naukowy w rozwój tego istotnego obszaru”. Uważam, że praca spełnia oczekiwania stawiane pracom doktorskim, ale nie wnosi istotnego wkładu naukowego w rozwój dyscypliny (tego wymaga się od dorobku habilitacyjnego), ani nie wnosi istotnego wkładu naukowego w rozwój obszaru badań nad modelami komfortu cieplnego, ponieważ dotyczy archaicznego modelu komfortu cieplnego Fangera. Obecnie badania w zakresie komfortu cieplnego skupiają się na adaptacyjnym komforcie cieplnym (co wykazała sama Doktorantka w ramach przeglądu literatury) oraz znaczenia dobrostanu samych użytkowników dla wyników oceny komfortu cieplnego. Coraz częściej mówi się również o komforcie klimatycznym, gdzie brane są pod uwagę różne parametry otoczenia, które wpływają na odczucia użytkowników budynków. Rozwijanie tych najnowszych modeli oraz kontynuacja, modyfikacja i doskonalenie najnowszych prac jest obecnie wyzwaniem, które można by było określić istotnym wkładem w rozwój. Praca nad modelem Fangera stanowi w mojej ocenie doskonalenie warsztatu naukowego badacza i pokazuje umiejętność samodzielnego programowania badań oraz prowadzenia pracy badawczej, nie wnosząc jednak istotnego wkładu w rozwój dyscypliny, poza oczywistym rozwojem kadry naukowej i umożliwieniem uzyskania stopnia doktora nauk technicznych. **Czy mogę prosić o odniesienie się do tej uwagi w kontekście pytania: „Jakie z aktualnych trendów w zakresie badań komfortu cieplnego uważa Pani za istotne (proszę podać przykłady, odnieść się do najnowszych osiągnięć w tym zakresie), które należałoby rozwijać, doskonalić, a badania można by było uznać za wartościowy wkład w rozwój nauki w tym zakresie”?**

Str. 5. Wykaz oznaczeń i skrótów. W tabeli z wykazem oznaczeń i skrótów dwa symbole wielkości fizycznych mają ten sam opis: h_{cg} i h_c . Są one opisane jako współczynnik konwekcji ciepła. Trafniejszym opisem jest współczynnik konwekcyjnej wymiany ciepła lub współczynnik wymiany ciepła na drodze konwekcji. **Czym różnią się współczynniki h_{cg} i h_c i co w istocie oznaczają?**

Jednostka współczynnika konwekcji ciepła. Jednostka współczynnika konwekcyjnej wymiany ciepła jest na przemian podawana w sposób prawidłowy i nieprawidłowy. W ramach tej samej tabeli na str. 5 „wykaz oznaczeń i skrótów” raz jest ona podana poprawnie jako $W/(m^2 K)$, po czym błędnie $W/m^2 K$, podczas gdy jednostka podobnej wielkości fizycznej, stałej Stefana-Boltzmana, jest podawana zawsze konsekwentnie prawidłowo, tj. $W/(m^2 K^4)$. **Uwaga nie wymaga odpowiedzi.**

Str. 5. Wykaz oznaczeń i skrótów. Symbol „W” został opisany jako „efektywna moc mechaniczna”. **Nie podano jednak czego – jakiego urządzenia?**

Str. 5. Wykaz oznaczeń i skrótów. Symbol f_{cl} został opisany jako „współczynnik powierzchni odzieży”. Wg mojej wiedzy jest to nieprawidłowe określenie, co potwierdza jednostka. Prawidłowo jest to „stosunek pola powierzchni ciała pokrytego odzieżą do pola

powierzchni ciała odkrytego”, co można przeczytać w opisie wzoru (17). **Opis symbolu oraz jednostka wydają się być nieprawidłowe – proszę o komentarz i podanie poprawnej formy.**

Str. 5. Wykaz oznaczeń i skrótów. Symbol I_{cl} został opisany jako „izolacyjność cieplna odzieży”. W rzeczywistości oznacza on inną wielkość fizyczną, tzn. opór cieplny odzieży, reprezentujący / oddający w modelu Fangera izolacyjność cieplną odzieży. **Uwaga nie wymaga odpowiedzi.**

Str. 15, ostatni akapit. Zdanie: „Wyniki badań pokazały, że ... optymalna temperatura wynosi ok. 25°C” wskazuje na niewłaściwe – kolokwialne – rozumienie słowa optymalny. Optymalizacja jest zaawansowaną procedurą matematyczną, w wyniku realizacji której poszukuje się rozwiązania optymalnego – tzn. dopuszczalnego i najlepszego z punktu widzenia kryteriów oceny decyzji. Opis procedury optymalizacyjnej powinien odpowiedzieć na następujące pytania: jaka była funkcja celu, jakie były zmienne decyzyjne, w jaki sposób zdyskretyzowano przestrzeń zmiennych i przestrzeń rozwiązań? Rozwiązanie problemu optymalizacyjnego wymaga zwykle wykorzystania zaawansowanego aparatu matematycznego – metod rozwiązywania zagadnień optymalizacyjnych. W życiu codziennym używa się słowa „optymalny” kolokwialnie – do określenia rozwiązania kompromisowego, rzecz jasna, bez wyjaśniania szczegółów i założeń tego kompromisu. Tak zostało również wielokrotnie (np. również na str. 29, pierwszy akapit i w innych fragmentach rozprawy) użyte słowo optymalny w recenzowanej rozprawie doktorskiej – bez podania dodatkowych (kluczowych) informacji na temat procesu optymalizacji, co sugeruje, że taki proces nie zaistniał. Nie powinno to mieć miejsca w pracach naukowych ani w wypowiedziach środowiska akademickiego, ponieważ z punktu widzenia rzetelności naukowej, jest to wprowadzanie w błąd, sugerujący, że dane rozwiązanie jest optymalne – tzn. najlepsze – i uzyskane w wyniku zastosowania zaawansowanej procedury optymalizacyjnej. Jeśli dany rezultat nie został uzyskany na drodze procesu optymalizacji – nie można nazywać go optymalnym. W nawiązaniu do tej uwagi sugeruję, aby w dalszych pracach ostrożnie używać określenia „optymalny”. Nie zmniejsza to wagi dokonania Autorki, jednak wymaga pracy nad dbałością o rzetelność naukową. **Uwaga nie wymaga odpowiedzi.**

5.2. Uwagi o charakterze merytorycznym – pozostałe

Str. 14, pierwszy akapit. Jest „Mierzone temperatury”. Powinno być „Mierzona temperatura”. Temperatura nie ma liczby mnogiej – jest tylko jedna wielkość fizyczna określana jako temperatura. Można dokonać pomiaru temperatury w wielu punktach i uzyskać wynik w postaci wielu wartości temperatury, ale nie „wielu temperatur”. Błąd ten pojawia się w pracy wielokrotnie, np. na str. 16, ostatni akapit i w innych fragmentach. **Uwaga nie wymaga odpowiedzi.**

Str. 16, drugi akapit. Jest „Temperatura powietrza, średnia temperatura promieniowania, prędkość powietrza ... zostały zarejestrowane”. W rzeczywistości zarejestrowane zostały wartości wymienionych wielkości fizycznych, a nie same wielkości fizyczne, jak sugeruje to zdanie. Podczas publikacji prac naukowych warto mieć na uwadze definicje wielkości fizycznej oraz wartości wielkości fizycznej, aby uniknąć krytycznych uwag recenzentów w tym zakresie, zwłaszcza wtedy, kiedy praca dotyczy pomiarów doświadczalnych, a zatem prawdopodobnie trafi do osób mających wiedzę i doświadczenie w tym konkretnym zakresie. **Uwaga nie wymaga odpowiedzi.**

Str. 43. Jest „Po rozwiązaniu lewej strony równania uzyskuje się wyrażenie określające wielkość temperatury powierzchni odzieży”. Powinno być „... wartość temperatury powierzchni odzieży”. W publikacjach naukowych, w których opisuje się wyniki badań eksperymentalnych, należy dużą wagę przykładać do definicji wielkości fizycznej i wartości wielkości fizycznej, aby nie obniżyć swojej wiarygodności w oczach recenzentów takich prac. **Uwagę należy traktować jako wskazówkę na przyszłość. Nie obniża ona wartości dokonanej niniejszej pracy. Uwaga nie wymaga odpowiedzi.**

Str. 59, ostatni akapit. Jest „Miernik pobiera informację na temat ilości natężenia światła”. Powinno być: „... wartości natężenia światła”. Lepiej stylistycznie brzmi również „miernik mierzy” lub „urządzenie pomiarowe dokonuje pomiaru” niż „miernik pobiera informację”. **Uwaga nie wymaga odpowiedzi, nawiązuje do poprzednich, dotyczących definicji wielkości fizycznej i wartości wielkości fizycznej.**

Struktura pracy. Praca składa się z 14 rozdziałów. Rozdziały 1, 2 i 3 stanowią przegląd literatury w zakresie objętym tematyką rozprawy. Biorąc pod uwagę, że każdy z nich jest dość krótki, w szczególności rozdział 3, można by było połączyć je w jeden wspólny, przez co praca zyskałaby na czytelności, dzięki jasnemu rozdzieleniu części przeglądowej od części badawczej rozprawy. Jednocześnie można by było wówczas uniknąć dużej dysproporcji w objętości rozdziałów, która ma miejsce obecnie. **Uwaga ma charakter sugestii na przyszłość, nie wymaga odpowiedzi.**

Struktura pracy, rozdział nienumerowany „Wstęp”. Ten rozdział nie wnosi istotnej wartości dla rozprawy i z powodzeniem mógłby zostać zastąpiony streszczeniem, natomiast akapit z auto-recenzją i auto-oceną niepotrzebnie skłania do dyskusji nad tym kto – Recenzenci czy Doktorantka – powinni ocenić znaczenie rozprawy. Sugeruję, aby unikać tego typu stwierdzeń oceniających jakość własnej pracy w pracach naukowych, w szczególności awansowych, skupiając się wyłącznie na merytorycznych walorach pracy, tzn. uwypuklając to, co jest merytorycznym wkładem pracy i pozostawiając ocenę wartości tego osiągnięcia oceniającemu. **Uwaga ma charakter sugestii na przyszłość, nie wymaga odpowiedzi.**

5.3. Uwagi o charakterze redakcyjnym

Str. 13, ostatni akapit. Jest „W artykule zostały zmierzone... średnią temperaturę promieniowania”. Powinno być „średnia temperatura promieniowania”. Sformułowanie „W artykule zostały zmierzone” jest niepoprawne stylistycznie, ponieważ to w ramach badań opisywanych w artykule przeprowadzono te pomiary. W artykule nie da się prowadzić badań – jest on jedynie raportem z badań. **Uwaga nie wymaga odpowiedzi.**

Jednostki w opisie wzorów czasem są pisane kursywą, a czasem czcionką prostą, np. wzór (6), (16) i inne. Zaleca się ujednoczenie przyjętego systemu oznaczania jednostek. **Uwaga nie wymaga odpowiedzi.**

W rozprawie odnaleziono liczne literówki oraz zdania skonstruowane niestylistycznie (wyszczególnione tylko niektóre) – poniższe uwagi nie wymagają odpowiedzi:

- **Str. 13, pierwsze zdanie podrozdziału 1.2.** Jest „komfort cieplny badan się wszędzie tam”. Powinno być „Komfort cieplny bada się wszędzie tam”. **Uwaga nie wymaga odpowiedzi.**
- **Str. 18, ostatni akapit.** Jest Głównie zimą i latem większość użytkowników budynku...”. Powinno być „Głównie...”.
- **Str. 22, drugi akapit.** Jest „Główny cel stawiany urządzeniom klimatyzacyjnym, jest ...”. Powinno być „Głównym celem stawianym urządzeniom klimatyzacyjnym jest...”.
- **Str. 29, pierwszy akapit.** Jest „Dodatkowo dokonano badania ankietowe wśród pasażerów”. Powinno być „Dodatkowo wykonano / przeprowadzono badania ankietowe...”.
- **Str. 33, ostatni akapit.** Jest „Model uwzględnia ... poziom metabolizmu i izolacyjność termicznej odzieży”. Powinno być „izolacyjność termiczną odzieży”.
- **Str. 35.** Jest „Z równania można odczytać, że ilość ciepła ... jest równa ilość ciepła przenieszonego przez odzież”. Powinno być: „... jest równa ilości ciepła przenieszonego przez odzież”.
- **Str. 45, ostatni akapit.** Jest „Podobnie było w pracy Vilcekova i in. [105], którzy przeanalizowali jakość powietrza w szkołach, w których uczestniczyli dzieci w wieku od 6 do 15 lat, a także 5 dydaktyków”. Powinno być „... w których uczestniczyły dzieci”.
- **Str. 46 drugi akapit.** Jest „Jednym z nielicznych osób zajmujących się badaniami komfortu cieplnego są”. Powinno być „Jednymi z nielicznych osób zajmujących się badaniami komfortu cieplnego są”.
- **Str. 54, pierwszy akapit podrozdziału 5.1.** Jest „Wydział Aministracji i Prawa”. Powinno być: „Wydział Administracji i Prawa”.
- **Str. 59, ostatni akapit.** Jest „Jego dokładność wynosi ... +4% mierzona wartość”. Powinno być: „+4% mierzonej wartości”.
- **Str. 61. Niestylistyczne sformułowanie** dotyczące pytań o stan zdrowia: „Dodatkowo ankieta zawierała pytania związane z aktywnością fizyczną oraz zdrowia”.

-
- **Str. 71. Niestylistyczne sformułowanie:** „Chcieliby zmniejszenie temperatury powietrza”.
 - **Str. 71, ostatni akapit.** Jest: „Z powyższego wykresy wynika”. Powinno być: „Z powyższego wykresu wynika”.

5.4. Uwagi inne / pytania

W procedurze badawczej ustalono moment odczytu danych pomiarowych z urządzenia Testo 400 po 15 minutach od wejścia uczestników badania do sali, w której wykonywalne były pomiary. **Dlaczego akurat taki czas został przyjęty jako niezbędny do ustabilizowania się parametrów? Czy przeprowadzono jakieś badania wstępne (jeśli tak, to proszę o przedstawienie ich wyników), które pozwoliłyby ustalić tę wartość, czy została ona przyjęta arbitralnie, bez uzasadnienia tego założenia w naukowy sposób?**

W rozdziale pracy, dotyczącym opisu badanych pomieszczeń pominięto kwestie związane z wentylacją. **Czy mogłaby Pani przedyskutować w jaki sposób wartość strumienia powietrza wentylacyjnego, sposób rozdziału powietrza w pomieszczeniu, jak również rodzaj i wzajemne rozlokowanie nawiewników mogą wpływać na odczucie komfortu cieplnego przez użytkowników?**

6. Ocena rozprawy doktorskiej

6.1. Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w określonej dyscyplinie albo dyscyplinach

Autorka rozprawy przedstawiła w przeglądzie literatury szereg informacji na temat odczuwania komfortu cieplnego przez użytkowników budynków, jak również wyszczególniła listę parametrów, które wpływają na to odczucie. Powołała się również na aktualne wyniki badań w zakresie tworzenia tzw. adaptacyjnych modeli komfortu cieplnego. Szczegółowo opisała równania, które pozwalają na obliczenie wartości PMV i PPD wg modelu Fangera. W swojej pracy wykorzystwała wiedzę na temat statystycznej istotności wyników oraz statystycznej korelacji wyników badań doświadczalnych. Tym samym wykazała się wiedzą z zakresu objętego tematyką recenzowanej rozprawy doktorskiej, jak również wiedzą z zakresu dyscypliny Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka, nawiązując do kwestii energooszczędności oraz znaczenia systemów regulacji instalacjami HVAC i zachowania użytkowników dla zapotrzebowania na energię dla budynków.

Biorąc pod uwagę powyższe, oceniana rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka.

6.2. Ocena, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora

Do realizacji celów pracy oraz udowodnienia tez badawczych Doktorantka zaproponowała program badań doświadczalnych (pomiar parametrów mikroklimatu w salach wykładowych), jak również opracowała ankietę dotyczącą komfortu cieplnego użytkowników budynku. Badania zostały poprawnie zaplanowane i przeprowadzone przy wykorzystaniu odpowiedniego sprzętu pomiarowego. Trafnie wyszczególniono zmienne i wielkości fizyczne, których wartości zmierzono celem wyznaczenia wskaźników PMV i PPD. Badania przeprowadzono w 92 pomieszczeniach. W badaniach ankietowych wzięły udział 1302 osoby. Wyniki zostały przedstawione w czytelny sposób, uzyskując wszystkie potrzebne informacje, służące do dalszej kalibracji istniejącego modelu literaturowego – modelu Fanger'a.

Biorąc pod uwagę powyższe, oceniana rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora.

6.3. Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej

W ramach recenzowanej rozprawy doktorskiej opracowano modyfikację modelu komfortu cieplnego Fanger'a. Zaproponowano autorską modyfikację, uwzględniającą dodatkowo parametr BMI. Dzięki temu uzyskano równania reprezentujące model dobrze odzwierciedlający odczucia komfortu cieplnego użytkowników badanych budynków edukacyjnych. Do osiągnięcia tego celu zrealizowano program badań doświadczalnych oraz przeprowadzono badania ankietowe. W ten sposób osiągnięto cele pracy oraz udowodniono tezy. Rozwiązano problem naukowy polegający na kalibracji istniejącego modelu komfortu cieplnego przy wykorzystaniu badań doświadczalnych, ankietowych oraz metod statystycznych.

Biorąc pod uwagę powyższe, oceniana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

7. Wniosek końcowy

Podsumowując powyższą recenzję rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Natalii Krawczyk pt. „Analiza komfortu cieplnego i jakości powietrza wewnętrznego w budynkach użyteczności publicznej” **stwierdzam, że spełnia ona wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668, z późniejszymi zmianami).**

Jednocześnie wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki w Politechnice Świętokrzyskiej o **dopuszczenie Pani mgr inż. Natalii Krawczyk do publicznej obrony przedmiotowej rozprawy.**

Poznań, dn. 4 grudnia 2023 r.


dr hab. inż. Łukasz AMANOWICZ, prof. PP