

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Sokołowskiego  
pt. „Kształtowanie się wymiany ciepła pomiędzy chłodnią warzyw a gruntem”**

Podstawą formalną opracowania recenzji jest uchwała Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie nr 24/2018 w sprawie wyznaczenia recenzentów w przewodzie doktorskim.

Rozprawa doktorska pt. „Kształtowanie się wymiany ciepła pomiędzy chłodnią warzyw a gruntem” została przygotowana przez mgr inż. Pawła Sokołowskiego, pod kierunkiem dr hab. inż. Grzegorza Nawalanego oraz promotora pomocniczego dr inż. Agnieszki Sadłowskiej-Sałęgi na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

Celem niniejszej recenzji jest stwierdzenie, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz czy kandydat wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną w danej dyscyplinie, a także umiejętność prowadzenia pracy naukowej.

Oceniana praca doktorska stawia sobie za cel rozpoznanie kształtowania się wymiany ciepła pomiędzy chłodnią warzyw a gruntem dla wybranych wariantów materiałowo-konstrukcyjnych i technologicznych. Uzasadniając wybór tematyki nie postawiono tez naukowych lecz ograniczono się do uściślenia celu i zakresu, który obejmował:

1. Analizę pomiarów temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego oraz temperatury gruntu pod chłodnią i w jej otoczeniu.
2. Specyfikację i adaptację modelu wymiany ciepła chłodni warzyw z gruntem.
3. Walidację modelu poprzez porównanie wyników obliczeń z badaniami eksperymentalnymi.
4. Przyjęcie wariantów obliczeniowych (określenie wybranych czynników technicznych i technologicznych).
5. Przeprowadzenie obliczeń dla przyjętych wariantów, w warunkach niestacjonarnych.

6. Analizę porównawczą wymiany ciepła chłodni warzyw z gruntem i kształtowanie się temperatury gruntu, przy wybranych rozwiązaniach materiałowo-konstrukcyjnych i technologicznych.

Zdefiniowany zakres jest interesujący zarówno w aspekcie praktycznym, jak i naukowym, gdyż tematyka dotycząca niestacjonarnej wymiany ciepła między budynkiem i gruntem należy do trudnych i nadal rozpoznawanych zagadnień.

Pracę, podzielono na VI rozdziałów obejmujących zdefiniowany na wstępie cel i zakres przewidywanych analiz i badań. Po wprowadzeniu rozdziałach I i II w tematykę i sformułowaniu celu i zakresu, w rozdziale III dokonano przeglądu literatury, w którym omówiono obiekty przechowalnicze oraz wybrane problemy dotyczące wymiany ciepła między budynkiem i gruntem w odniesieniu do dotychczasowych badań eksperymentalnych, jak i aktualnie funkcjonujących metod obliczeniowych. Ogółem zacytowano i skomentowano wyniki badań zaprezentowanych w 146 źródłach, co potwierdza, że temat jest ważki. Sposób ustosunkowania się do zaprezentowanego piśmiennictwa jest generalnie poprawny, chociaż pomięto tak istotną i aktualną pozycję jak chociażby pracę habilitacyjną Pani Prof. Ireny Ickiewicz, która dotyczy wymiany ciepła w strefie fundamentu.

W rozdziale IV, o niezbyt fortunnym tytule „Materiał i metody” ogólnie opisano badany obiekt oraz skrótowo wymieniono stosowaną aparaturę pomiarową, a także metody obliczeniowe. W dalszej kolejności w rozdziale V „Wyniki i analiza” opisano badania, które miały na celu walidację przyjętego modelu. Opisano również 9 hipotetycznych wariantów w zakresie prognozowania warunków termicznych w chłodni i jej otoczeniu.

W rozdziale VI przedstawiono podsumowanie i wnioski. Stwierdzono m.in., że walidacja modelu obliczeniowego przeprowadzona w oparciu o wyniki pomiarów poligonowych w zakresie temperatury powietrza zewnętrznego i wewnętrznego oraz temperatury gruntu w 5 pionach pomiarowych na głębokości 0,05, 0,50, 1,00 m i 1,50 m wykazały bardzo wysoką korelację danych pomiarowych z danymi obliczeniowymi oraz brak istotnych różnic. Ponadto wyniki obliczeń dla 9 wariantów obliczeniowych wykazały różnice w przebiegach temperatury gruntu, jak również w kształtowaniu się wymiany ciepła z gruntem upoważniające do przeprowadzenie analizy porównawczej.

Uzyskanie zamierzonego celu, głównie w odniesieniu do walidacji wykorzystywanego programu obliczeniowego ma wymierne znaczenie naukowe i praktyczne.

Zarówno na etapie formułowania celu, jak również w podsumowaniu pracy pojawiają się pewne nieścisłości, które wymagają dodatkowego wyjaśnienia. Szczególnie jest interesująca informacja dotyczą precyzji i zakresu sterowania mikroklimatem, lokalizacji anemostatów



w kontekście stabilizacji temperatury środowiska wewnętrznego, ewentualnego występowania okresowych wyłączeń, zmian nastaw spowodowanych czynnikami zewnętrznymi, zróżnicowania temperatury w obrębie środowiska wewnętrznego przechowalni itp. Trzeba zatem zadać pytanie o warunki brzegowe przyjęte w poszczególnych strefach otoczenia fundamentu chłodni - głównie w strefie oddziaływania mikroklimatu zewnętrznego i wewnętrznego - te zagadnienia nie zostały w pracy ściśle i jednoznacznie określone. Doprecyzowania wymagają zatem przyjęte na rysunku 12 warunki brzegowe. Wyjaśnienia w tej sprawie są bardzo istotne ponieważ za główny rezultat analizowanej pracy doktorskiej będzie można uznać walidację obliczeń numerycznych na podstawie bezpośredniego pomiaru rozkładu temperatury w gruncie wywołanego w pełni rozpoznanymi zmiennymi warunkami termicznymi otaczającego. Lokalizacja czujników temperatury środowiska wewnętrznego oraz zewnętrznego wskazuje, że znajdowały się one w znacznym oddaleniu od posadzki. Jaki to ma wpływ na dokładność oceny oddziaływania na grunt?

Kolejne pytanie jest związane z osobistym zainteresowaniem diagnostyką pomiarową. Podczas własnych długotrwałych badań rozkładów temperatury prowadzonych w eksploatowanych obiektach stwierdzałem, że są one niejednokrotnie bardzo uciążliwe. W celu upewnienia się co do pełnej przydatności uzyskanych przez autora wyników proszę o dodatkową ocenę wpływu takich czynników, jak np. częstotliwość otwierania wrót, wyłączenia instalacji klimatycznej, wpływ zmian ilości przechowywanych warzyw, obecność personelu itp. Ponadto niewiele podano informacji dotyczących samej aparatury pomiarowej, np. sposobu wprowadzenia czujników w grunt, metody zagęszczenia gruntu wokół czujników, systemu zbierania i transmisji danych, występowania ewentualnych usterek mechanicznych czujników i przewodów, zaników prądu zasilania aparatury, kalibracji itp. Niektóre przebiegi temperatury wręcz idealnie pokrywają się z prognozami numerycznymi, co jest zastanawiające.

W aspekcie merytorycznym dysertacja ma zapewne swój udział w postępie nauki a autor wykazał odpowiednie przygotowanie naukowe do prowadzenia badań. Po złożeniu dodatkowych wyjaśnień pracę będzie można uznać za cenną i twórczą w szczególności w aspekcie długotrwałych pomiarów klimatycznych w celach walidacji cieszącego się na całym świecie dużym uznaniem programu numerycznego. Jest wskazana kontynuacja badań zmierzających do uzyskania badań w szerszym zakresie z uwzględnieniem wzajemnego oddziaływania mikroklimatu wewnętrznego z gruntem zalegającym pod przechowalnią, co może wyznaczać dalszą drogę rozwoju naukowego kandydata.

Pozytywnie oceniam przyjętą w pracy metodologię, jej wartość jako opracowania naukowego. Problematykę zaprezentowano w sposób zadowalający. Za zbędną uważam próbę

przyciążania wybranych fragmentów podstaw teoretycznych metod bilansowania stosowanych w rozwiązywaniu zagadnień niestacjonarnej wymiany ciepła, bez konkluzji końcowych, co jednak spotyka się w innych publikacjach z analogicznego obszaru. Układ pracy jest generalnie logiczny, a brakujące dane można przedłożyć w ramach dodatkowych wyjaśnień, co nie wpłynie na ogólnie pozytywną ocenę.

Słabą stroną dysertacji jest pisownia wzorów matematycznych. Ponieważ z nieznanymi powodami zrezygnowano z numerowania wzorów matematycznych, trudno precyzyjnie wskazać przykłady błędnych zapisów. Generalnie problem dotyczy braku wykorzystania funkcji kursywy. Parametry oznaczające identyczne wielkości są pisane zarówno prosto, jak i pochyło. Stosowane są również błędnie różne wielkości czcionek. W przyszłości autor powinien opanować pisanie wzorów na poziomie adekwatnym do zagadnień wymiany energii, opanowując wybrany edytor wzorów matematycznych przeznaczony do pisania prac naukowych.

Podsumowując, rozmiar poniesionego wysiłku naukowego oraz uzyskane wyniki zawarte w pracy doktorskiej, należy uznać że stanowią one ważny wkład w rozwiązanie istotnego z naukowego punktu widzenia problemu. Wykonanie badań wymagało od kandydata zdobycia wiedzy z zakresu diagnostyki z wykorzystaniem metod pomiarowych. Przygotowanie rozprawy wskazuje na posiadanie wiedzy i umiejętności do samodzielnego prowadzenia przez doktoranta badań naukowych. Recenzowana praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim przez *Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym, a jej wyniki mają znaczenie praktyczne*. Dlatego wnoszę o przyjęcie rozprawy doktorskiej pt. „**Kształtowanie się wymiany ciepła pomiędzy chłodnią warzyw a gruntem**” oraz dopuszczenie mgr inż. Pawła Sokołowskiego do publicznej obrony.



dr hab. inż. Robert Wójcik, prof. UWM