

Lublin, dn. 28.08.2024 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. Oluwafunmilola Oladipo  
pt. „**MATHEMATICAL MODELLING OF A HVAC SYSTEM  
POWERED BY PHOTOVOLTAIC PANELS INCORPORATED WITH A  
SEASONAL THERMAL STORAGE FOR A SINGLEFAMILY PLUS-  
ENERGY HOME**”  
przygotowana pod kierunkiem naukowym  
Promotora prof. dr hab. inż. Jacka Kasperskiego

## 1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą formalną przygotowania przedmiotowej recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki z dnia 12 czerwca 2024 roku dotyczące przygotowania recenzji pracy doktorskiej Pani mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo.

## 2. Aktualność wyboru tematu i umiejscowienie tematyki badawczej

Efektywność energetyczna oraz osiągnięcie neutralności węglowej budynków zarówno nowych jak i istniejących jest aktualnym tematem badawczym w Polsce i na świecie. Dlatego poszukiwane i weryfikowane są rozwiązania techniczne jak i koncepcje teoretyczne, które umożliwiłyby osiągnięcie wyższego standardu energetycznego w budynkach. Nadal brak jest wystarczającej ilości analiz w zakresie koncepcji oraz rzeczywistych badań w jaki sposób osiągnąć neutralność węglową budynków nowych jak i istniejących.

Wydział Mechaniczno-Energetyczny

1

Wpłynęło dnia 18.08.2024

Zatem tematyka niniejszej rozprawy doktorskiej została właściwie wybrana i wpisuje się w aktualne trendy badań w zakresie zwiększenia efektywności energetycznej budynków, integracji odnawialnych źródeł energii wraz z magazynami ciepła oraz osiągnięcia standardu budynku plus energetycznego.

Podjęty temat ma znaczenie nie tylko poznawcze, ale również użyteczne, ponieważ może zostać wykorzystany jako skuteczne narzędzie w procesie optymalnego wyboru systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji zasilanych z odnawialnych źródeł energii na potrzeby pokrycia rocznego zapotrzebowania energetycznego w budynkach jednorodzinnych.

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

Oceniana rozprawa doktorska liczy 170 stron, zawiera 209 pozycji cytowanego piśmiennictwa i napisana jest w języku angielskim. W rozprawie znajduje się streszczenie w języku polskim i angielskim. Pomocnym elementem rozprawy jest zamieszczony „Wykaz skrótów” oraz spisu rysunków i tabel, które znajdują się na początku pracy.

Praca składa się z 7 głównych rozdziałów. Generalnie strukturę prac uważam za właściwą, zaś podział na poszczególne rozdziały jest logiczny i przemyślany. Ewentualnie bardziej logiczne dla czytelnika rozprawy byłoby zamieszczenie przeglądu literatury przed podaniem celu, zakresu i też przedmiotowej pracy.

W rozdziale 1 (*Wprowadzenie*) Doktorantka odpowiednio przedstawiła argumentację dlaczego podjęła się realizacji tematyki rozprawy doktorskiej odwołując się do wysokiego zużycia energii końcowej w istniejących budynkach, potrzeby integracji odnawialnych źródeł energii (szczególnie energii promieniowania słonecznego) w budynkach oraz wykorzystania magazynów energii na potrzeby uzyskania plus energetycznego budynku.

Na tej podstawie odpowiednio sformułowała cel przedmiotowej rozprawy, który obejmował konceptualizację, projektowanie, modelowanie matematyczne i testowanie innowacyjnego systemu magazynowania ciepła zasilanego fotowoltaiką w celu dostarczania energii w ilości potrzebnej dla funkcjonowania domu jednorodzinnego przez cały rok. Postawiła również cztery klarowane tezy pracy.

W ramach rozdziału 2 (*Przegląd literatury*) przedstawiono w ciekawy sposób wybrane zagadnienia w zakresie budynków niskoenergetycznych, zużycia energii w budynkach, technologii fotowoltaicznej, systemów magazynowania ciepła oraz typowego

roku meteorologicznego. Przegląd literatury został wykonany na podstawie aktualnej literatury przedmiotu, głównie anglojęzycznej.

W zakresie ogniw fotowoltaicznych omówiono ich rodzaje, wpływ na środowisko oraz możliwości integracji z magazynami ciepła. Na właściwym poziomie naukowym omówiono również różne możliwości krótkoterminowego i sezonowego magazynowania ciepła oraz wykorzystania materiałów izolacyjnych stosowanych w tych rozwiązaniach technicznych. W ramach rozdziału 2.3 dokonano wyboru materiały magazynującego ciepło dla proponowanej aplikacji magazynu ciepła. Doktorantka w tym zakresie mogła bardziej dokładnie opracować proces wyboru materiału magazynującego w innym rozdziale niż przegląd literatury, ponieważ nie jest to klarowne dla czytelnika. Dodatkowo w przedmiotowym rozdziale (przegląd literatury) warto było zamieścić więcej informacji podsumowujących i pokazujących lukę/luki badawcze, które będą następnie adresowane w przedmiotowej rozprawie doktorskiej.

Rozdział 3 obejmuje rozważania koncepcyjne oraz przedstawienie poprawnie wykonanego projektu analizowanego budynku jednorodzinne o powierzchni 70 m<sup>2</sup> wraz z systemami technicznymi. Odpowiednio przeprowadzono analizę energetyczną rozważanego budynku oraz zaproponowano magazyn ciepła. W zakresie analizy energetycznej (w szczególności dotyczącej obliczeń projektowego obciążenia cieplnego) przedstawiono wiele bardzo podstawowych informacji inżynierskich, a można było tylko napisać według jakiej metodyki dane obliczenia przeprowadzono.

W rozdziale 4 właściwie przedstawiono proces opracowania modelu matematycznego proponowanego systemu zasilania analizowanego budynku z ogniw PV połączonych z magazynem ciepła dla miasta Wrocławia. Należy podkreślić, że ten zakres został również opublikowany w międzynarodowym czasopiśmie (Kasperski, J.; Bać, A.; Oladipo, O. A Simulation of a Sustainable Plus-Energy House in Poland Equipped with a Photovoltaic Powered Seasonal Thermal Storage System. Sustainability 2023, 15, 3810. <https://doi.org/10.3390/su15043810>), co dodatkowo potwierdza istotne znaczenie tego materiału na arenie międzynarodowej. W ramach tego rozdziału Doktoranta przedstawiła również badania eksperymentalne, których celem było potwierdzenie dokładności zastosowanych równań z zakresu wymiany ciepła (strat ciepła spowodowanych przewodzeniem) w zastosowanym magazynie ciepła przy wykorzystaniu trzech różnych materiałów izolacyjnych. Metodyka badań oraz wykorzystane stanowisko badawcze zostały

jasno i szczegółowo opisane przez Autorkę. Następnie właściwie porównano i przedyskutowano wyniki uzyskane z modelu oraz badań eksperymentalnych.

Doktorantka na potrzeby wykonania bilansu energetycznego (rozdział 4.6) analizowanego układu (budynek-magazyn ciepła-systemy techniczne) przyjęła właściwe założenia w zakresie czynników wpływających na zużycie energii oraz zastosowała metodę „prób i błędów”, co świadczy o właściwej wiedzy naukowej i umiejętności prowadzenia badań naukowych przez Doktorantkę.

W rozdziale 5 przedstawiono ciekawe wyniki z zakresu procesu optymalizacji proponowanego sezonowego magazynowania ciepła poprzez zastosowanie różnych materiałów wypełniających magazyn oraz izolacji cieplnej, którego celem było uzyskanie optymalnej objętości i kosztów systemu. Te materiały zostały również opublikowane w międzynarodowym czasopiśmie (Kasperski, J.; Oladipo, O., Energy, Volume and Cost Analyses of High Temperature Seasonal Thermal Storage for Plus Energy House. Energies 2023, 16, 4568. <https://doi.org/10.3390/en16124568>), co pozytywnie wpływa na ocenę przedmiotowej pracy. W sumie wykonano analizę dla 12 materiałów wypełnienia złoża oraz 9 materiałów do izolacji cieplnej przy wysokich wartościach temperatury i wybrano 7 wariantów składających się z połączenia materiałów wypełnienia złoża oraz materiałów izolacji cieplnej. Następnie przy wykorzystaniu opracowanego modelu matematycznego, przeprowadzono analizę energetyczną całorocznego działania systemów technicznych w analizowanym budynku i przedstawiono ciekawe wyniki. Doktorantka zamieściła odpowiednią dyskusję w zakresie możliwości zastosowania poszczególnych materiałów.

Rozdział 6 zawiera wyniki i zwięzłą dyskusję dotyczącą porównania analizowanego magazynu ciepła z dwoma innymi rozwiązaniami z zakresu magazynowania energii, które są stosowane w praktyce inżynierskiej.

Ostatni rozdział 7 (*Podsumowanie*) zawiera wnioski z przeprowadzonych prac badawczych, które w jasny i klarowny sposób pokazuje, że postawione wcześniej tezy pracy są spełnione. Jest to podparte wynikami przeprowadzonych badań oraz analizami Autorki pracy.

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

##### Uwagi o charakterze ogólnym:

Doktorantka powinna 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 i rozwiązań, czy też przy porównywaniu ich z obecnie wykorzystywanym podejściem w danym zakresie.

Uwagi o charakterze redakcyjnym:

W rozprawie pojawiają się drobne błędy związane ze składem pracy (nie widać całości tabeli, rysunek nie jest na tej samej stronie co jego podpis).

## **5. Wnioski końcowe**

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

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

Podsumowując moją recenzję stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo p.t. „Mathematical modelling of a hvac system powered by photovoltaic panels incorporated with a seasonal thermal storage for a singlefamily plus-energy home” spełnia 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. Oluwafunmilola Oladipo do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Lublin, dn. 28.08.2024 r.



dr hab. inż. Tomasz Cholewa