

wprężono w wersji papierowej
17.08.2021r.

Wrocław, 13.08.2021 r.

Prof. dr hab. inż. Henryk Nowak
Katedra Budownictwa Ogólnego
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechnika Wrocławska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Marcina Zygmunta

pt.: *"Urban scale energy modelling of some residential energy flexible buildings clusters in Poland"*

**wykonanej na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Politechniki Łódzkiej**

Promotor: Prof. dr hab. inż. Dariusz Gawin

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi uchwała Rady ds. Stopni Naukowych Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej z dnia 01.06.2021 r. oraz zlecenie Przewodniczącego Rady ds. Stopni Naukowych w dyscyplinach Inżynieria Lądowa i Transport, Architektura i Urbanistyka, Pana Prof. dr hab. inż. Dariusza Gawina z dnia 14 czerwca 2021 roku na wykonanie recenzji.

2. Przedmiot i zawartość rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Zygmunta pt.: *"Urban scale energy modelling of some residential energy flexible buildings clusters in Poland"*. Praca ma charakter teoretyczno-badawczy i składa się z 7 rozdziałów głównych oraz z rozdziału 8 (bez podania numeracji rozdziału) ze spisem literatury, obejmującego 427 pozycji piśmiennictwa (w tym 6 pozycji współautorskich Doktoranta). Do pracy dołączono wykaz rysunków i tabel. Tekst rozprawy liczy łącznie 293 strony tekstu, w tym 132 rysunki w tekście zasadniczym, 20 rysunków w załącznikach oraz 58 tabel w tekście zasadniczym i 3 tabele w załącznikach oraz 15 wzorów w rozdziałach 2 i 3. Praca jest napisana w języku angielskim, zawiera również streszczenie w języku polskim oraz zestawienie ważniejszych symboli i oznaczeń. Na końcu pracy znajduje się 8 załączników. W pracy skupiono się na zagadnieniach związanych z modelowaniem energetycznym obszarów miejskich za pomocą autorskiego programu komputerowego TEAC (Computational Tool for Energy Efficiency Analysis of an Energy Cluster) oraz szczegółowo omówiono strukturę tego programu

i algorytm działania jego poszczególnych modułów, w tym modułu za zdefiniowaną sztuczną siecią neuronową do prognozowania zapotrzebowania budynków na energię grzewczą. Przeprowadzono także szereg analiz dotyczących aspektów energetycznych, ekonomicznych oraz środowiskowych obszarów mieszkalnych w Polsce. W rozprawie zaprezentowano zastosowanie programu TEAC na przykładach tzw. Budowlanych Kłastrów Energii (ang. Building Energy Clusters), które składać się mogą z setek domów jednorodzinnych. Każdy z przedstawionych przykładów przedstawia inny aspekt problematyki badawczej. Dodatkowo, w rozprawie omówiono zastosowanie programu TEAC do analizy rzeczywistych obszarów mieszkalnych zlokalizowanych w Łodzi. Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę oraz zakres rozprawy doktorskiej.

W rozprawie w pierwszej kolejności zamieszczono streszczenie w języku angielskim i polskim. Następnie przedstawiono 7 rozdziałów głównych, bibliografię obejmującą 427 pozycji literaturowych oraz wykaz rysunków, tabel i ważniejszych oznaczeń.

W rozdziale 1 Doktorant dokonał wprowadzenia w tematykę rozprawy, przedstawił jej główne cele oraz zdefiniował trzy tezy badawcze.

Rozdział 2 przedstawia wstęp teoretyczny do tematyki rozprawy, uwzględniając różne aspekty dotyczące modelowania energetycznego mieszkalnych obszarów miejskich. W tym rozdziale omówiono aktualny przegląd literatury dotyczący tematyki rozprawy, stan polskiego systemu elektroenergetycznego, sektora gospodarstw domowych oraz strategię dotyczącą poprawy efektywności energetycznej budynków w kontekście ich rozwoju zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju. Ponadto przedstawiono koncepcję Klastra Energii jako nowoczesnego podejścia do analizy obszarów składających się z obiektów budowlanych oraz opis programu komputerowego *'Energy Plus'* jednego z najlepszych programów do analizy energetycznej pojedynczych budynków, jak również całych obszarów miejskich. W końcowej części rozdziału omówiono zastosowanie sztucznej inteligencji do analizy energetycznej budynków.

W rozdziale 3 przedstawiono przyjęte założenia oraz przeprowadzono analizy obliczeniowe z opisem procedury wykorzystanej w ramach wykonanych analiz, w tym opis czynności wstępnych (m.in. przygotowanie danych wejściowych), których głównym celem było zdefiniowanie sztucznej sieci neuronowej (ang. Neural Network) wykorzystywanej do predykcji zapotrzebowania na energię grzewczą. Ponadto, omówiono proces uczenia sieci neuronowej. Zebrane informacje oraz wyniki posłużyły jako dane wejściowe do opracowania programu TEAC (Computational Tool for Energy Efficiency Analysis of an Energy Cluster), który został szczegółowo omówiony w tym rozdziale i który został zastosowany do analizy obszaru mieszkalnego, stanowiącego Klaster Energii. Dokonano również przeglądu założeń, które zostały przyjęte podczas opracowywania programu TEAC, jak również na potrzeby przeprowadzonych w rozprawie analiz. Przedstawiono również założenia ogólne pracy, wykorzystane dane klimatyczne, opis polskich referencyjnych domów jednorodzinnych (ang. Representative Single-Family Houses) oraz opis proponowanych modernizacji tych budynków.

Rozdział 4 zawiera przykłady obliczeniowe dotyczące Kłastrów Energii obszarów mieszkalnych, przeprowadzone za pomocą programu TEAC. Zaprezentowane 4 przykłady analizy obliczeniowej miały na celu pokazanie możliwości opracowanego programu - każdy z nich dotyczył innej tematyki badawczej, w tym między innymi: analizy zużycia energii

2500 domów jednorodzinnych przy użyciu krzywych obciążenia sieci (w tym zarządzanie obciążeniami szczytowymi), analizy środowiskowej z oszacowaniem emisji gazów cieplarnianych, analizy ekonomicznej i ekologicznej obszarów typu Klastr Energii, analizy energetycznej i środowiskowej badanego obszaru ze wskazaniem potencjału poprawy efektywności energetycznej czy też kompleksowej oceny rozpatrywanego osiedla domów jednorodzinnych, sprawdzającej aspekty energetyczne, środowiskowe, jak również ekonomiczne.

W rozdziale 5 przedstawiono wyniki dla dwóch rzeczywistych osiedli mieszkaniowych, zlokalizowanych w Łodzi, z założeniem, że stanowią Klustry Energii. Analizowane klustry rozpatrywano jako „studium przypadku”, gdyż ich definicja opierała się na zdjęciach satelitarnych rzeczywistych obszarów mieszkalnych. W ramach przeprowadzonych analiz zastosowano wszystkie strategie omówione w rozdziale 4. Dodatkowo, założono zastosowanie metody pozwalającej na zarządzanie zapotrzebowaniem na energię, wykorzystując w tym celu magazyny energii elektrycznej. Wykazano, że program TEAC umożliwia przeprowadzenie tego typu analiz dla rzeczywistych obszarów mieszkalnych w Polsce.

Rozdział 6 zawiera wnioski i podsumowanie z analiz przeprowadzonych w rozprawie.

Rozdział 7 zawiera krótki opis planowanych przyszłych badań.

Rozprawa zawiera 8 załączników z szeregiem dodatkowych informacji, w tym zestawienie podstawowych informacji dotyczących analizowanych referencyjnych domów jednorodzinnych w Polsce, założenia wykorzystane przy definiowaniu budynków poddanych analizie obliczeniowej, modele numeryczne domów jednorodzinnych, przyjęte schematy najbliższego otoczenia analizowanych budynków, podanie skryptu zdefiniowanej sieci neuronowej, służącej do przewidywania zapotrzebowania na energię ciepłą budynku jednorodzinnego, wchodzącego w skład Klastra Energii oraz dodatkowe wyniki dla przykładów omówionych w rozdziale 4.

Zdefiniowany zakres prac badawczych jest interesujący zarówno w aspekcie praktycznym jak i naukowym. Stwierdzam jednak, że przyjęty przez Doktoranta układ pracy nie jest do końca poprawny, ponieważ moim zdaniem tezy pracy powinny być po przeglądzie literatury, a nie przed nim (patrz uwagi w punkcie 4.1.).

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena doboru tematu i postawionego zakresu i celów rozprawy

Obecnie w Polsce, podobnie jak w wielu innych krajach europejskich, oszczędność energii cieplej i efektywność energetyczna budynków o różnym przeznaczeniu oraz rozwój budynków o bardzo niskim zapotrzebowaniu na całoroczną energię, spełniających zasady budownictwa zrównoważonego, jest w dalszym ciągu istotnym problemem ekonomicznym, ekologicznym i środowiskowym. W ostatnich latach coraz większego znaczenia nabiera obniżenie energochłonności i zwiększenie efektywności energetycznej budynków istniejących i nowoprojektowanych oraz ich realizacja w obecnie obowiązującym standardzie prawie zero-energetycznym (nZEB). Zaostrzające się przepisy odnośnie projektowania termicznej obudowy budynków (kolejna zmiana wymagań nastąpiła z początkiem tego roku) powodują

konieczność projektowania i realizacji, między innymi, coraz to bardziej efektywnych energetycznie budynków o różnym przeznaczeniu.

W Polsce od wielu lat, podobnie jak i w innych krajach, wiodącym sposobem określania charakterystyki energetycznej danego budynku jest wykonanie dla niego obliczeń certyfikacji energetycznej. Jednak zauważono, że taka analiza pojedynczego budynku jest niepełna i nie daje kompleksowej informacji o całym zabudowanym obszarze w zakresie analiz energetycznych, środowiskowych i ekonomicznych. Budynki mieszkalne są zazwyczaj główną częścią wielkoskalowego środowiska miasta, dzielnicy czy osiedla. Analizy energetyczne sektora gospodarstw domowych powinno przeprowadzać się przy zastosowaniu podejścia całościowego, tj. analizy całego obszaru. Tego rodzaju analizy związane z energią pozwalają uzyskać realistyczną ocenę niektórych proponowanych rozwiązań, które są zgodne z koncepcją tzw. Budowlanych Klastrów Energii – nowatorskim podejściem do zagadnień związanych z obszarem mieszkalnym. W Polsce domy jednorodzinne są głównymi odbiorcami energii, a poprawa ich efektywności energetycznej jest stosunkowo łatwa. Ponadto, w polskim sektorze gospodarstw domowych istnieje ogromny potencjał poprawy sytuacji energetyczno-środowiskowej na szczeblu krajowym w kierunku zrównoważonego rozwoju.

I to właśnie taka tematyka badawcza została podjęta w opiniowanej rozprawie.

Główną ideą rozprawy było opracowanie wielokryterialnego komputerowego narzędzia analitycznego do badania obszarów mieszkalnych, do przeprowadzania analiz energetycznych, środowiskowych i ekonomicznych polskiego sektora gospodarstw domowych, w oparciu o szczegółowe dane wejściowe i wyjściowe.

Problem badawczy określony przez Doktoranta w postaci 3 tez pracy jest niewątpliwie zadaniem ambitnym, niebanalnym i istotnym z punktu widzenia projektowania budynków zgodnego z aktualnymi wymaganiami. Tym bardziej, że część badanych właściwości środowiska wewnętrznego ma wpływ na parametry użytkowe budynku, jakość środowiska wewnętrznego a także jego aspekty środowiskowe. Recenzowana rozprawa doktorska bardzo dobrze wpisuje się w ten bardzo aktualny problem badawczy.

Stwierdzam, że tematyka badawcza podjęta w recenzowanej rozprawie jest niezwykle aktualna, ważna z poznawczego i aplikacyjnego punktu widzenia, a także istotna z uwagi na nowe trendy w tzw. budownictwie energooszczędnym oraz z uwagi na prognozowane niekorzystne zmiany klimatyczne. Uzyskane przez Doktoranta wyniki analiz obliczeniowych, w tym wyniki dla 2 osiedli domów jednorodzinnych w Łodzi, z pewnością przyczynią się do dalszego rozwoju oraz udoskonalenia i optymalizacji możliwości opracowanego przez Doktoranta programu TEAC. Tym samym tematykę podjętą w rozprawie doktorskiej uważam za oryginalną w kontekście badań prowadzonych w Polsce i na świecie, zaś jej wybór za trafny i całkowicie uzasadniony. Stwierdzam również, że założony główny zakres pracy jest osadzony w problematyce naukowej i równocześnie w realiach praktyki budowlanej. Ponadto, bardzo dobrze wpisuje się w problematykę oszczędności energii w budynkach i szeroko rozumianego budownictwa energooszczędnego i budownictwa zrównoważonego. Klarowność postawionego głównego celu badawczego i metodyczne dążenie do jego zrealizowania świadczą o dobrym rozpoznaniu przez Autora tematyki badawczej i o Jego odpowiednim przygotowaniu do prowadzenia badań i analiz teoretycznych.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że podjęty przez Doktoranta temat rozprawy jest bardzo aktualny, a zdefiniowany główny cel i zakres pracy jest jasny, zasadny i ważny tak z naukowego jak i z praktycznego punktu widzenia.

3.2. Tezy rozprawy

Na bazie głównych celów i zamierzeń pracy sformułowano 3 tezy rozprawy:

1. advanced energy computer simulations can be used for detail predictions and analyses of energy demand profiles for a single building as well as whole residential areas,
2. the Energy Cluster concept is an appropriate and promising approach toward improvement in the energy economy as well as the development of sustainable and energy-independent urban areas,
3. it is possible to develop a computational software, which is capable to perform energy, economic and environmental analyses of the Polish residential stock areas, based on buildings parameters, their mutual influences and interactions, as well as climate data.

Tezy sformułowano poprawnie, a przyjęty zakres obliczeń numerycznych oraz rozważań i analiz teoretycznych potwierdziły prawdziwość tych tez. Przyjęte tezy mają znaczenie poznawcze i praktyczne, a ich sformułowanie świadczy o oryginalności podjętego tematu. Odpowiedzi na tezę stanowią wnioski zamieszczone w rozdziale 6.

Niestety, tłumaczenie tez w streszczeniu rozprawy w języku polskim, zwłaszcza tezy 2 i 3, nie oddają oryginalnej treści tez w języku angielskim (patrz punkt 4.1.). Poza tym, jak już wspomniano wcześniej, tezy rozprawy powinny być przedstawione po krytycznym przeglądzie literatury a nie przed nim (patrz punkt 4.1.).

Można jedynie dodać, że w sensie jakościowym tezy pracy wydają się być intuicyjnie oczywiste. Jednak w zakresie oceny ilościowej są one interesujące i mogą stanowić ważny przyczynek w sensie poznawczym w problematyce naukowej podjętej w rozprawie.

3.3. Ocena naukowej wartości rozprawy

Za najważniejsze oryginalne osiągnięcia naukowe Autora rozprawy uznaję:

- 1) Krytyczne przeanalizowanie dostępnych pozycji literatury naukowo-badawczej krajowej i zagranicznej, Z przeprowadzonego studium literaturowego wyniknęła potrzeba sformułowania własnego problemu badawczego oraz głównego celu i zakresu rozprawy. W redagowaniu rozprawy problemem jednak było zachowanie kolejności przedstawienia przeglądu literatury tematu badawczego oraz sformułowanie na tej podstawie tez rozprawy (odwrócono kolejność tych zagadnień).
- 2) Zdefiniowanie sztucznej sieci neuronowej wykorzystywanej do prognozowania zapotrzebowania na energię grzewczą w budynkach. Ta sieć stanowi jeden z czterech głównych modułów opracowanego oprogramowania TEAC (patrz poniżej).

- 3) Opracowanie autorskiego programu komputerowego TEAC (Computational Tool for Energy Efficiency Analysis of an Energy Cluster), który umożliwia analizę zagadnień związanych z modelowaniem energetycznym obszarów miejskich oraz przeprowadzenie szeregu analiz dotyczących aspektów energetycznych, ekonomicznych oraz środowiskowych (z oszacowaniem emisji gazów cieplarnianych) obszarów mieszkalnych w Polsce:
 - w rozprawie przedstawiono zastosowanie programu TEAC na przykładzie tzw. Budowlanych Klastrow Energii, składających się z osiedli mieszkaniowych, w skład których wchodzi polskie, reprezentatywne według roku budowy, domy jednorodzinne (Klasy mogą składać się z setek domów jednorodzinnych).
 - warto zauważyć, że wyniki uzyskane za pomocą oprogramowania TEAC są domyślnie prezentowane przy użyciu map, co jest pomocne w wyborze regionów o najwyższym potencjale poprawy stanu energetycznego, gospodarczego lub środowiskowego. Z aplikacji TEAC możliwe jest wygenerowanie mapowania zużycia energii, emisji gazów cieplarnianych, produktów OZE (analiza potencjału zielonej energii w badanym regionie), a także podsumowania wskaźników ekonomicznych.
- 4) Zastosowanie autorskiego programu TEAC do analizy rzeczywistych obszarów mieszkalnych zlokalizowanych w Łodzi.
- 5) Udowodnienie wszystkich tez rozprawy.

4. Uwagi krytyczne

4.1. Uwagi merytoryczne

Z uwagi na trafnie sformułowany problem badawczy, szeroki zakres badań i analiz, prawidłową interpretację uzyskanych wyników oraz umiejętność sformułowania wniosków moja ocena merytoryczna prezentowanej pracy jest bardzo pozytywna. Jednakże dokładna analiza dysertacji nakłada na mnie obowiązek sformułowania szeregu uwag o charakterze dyskusyjnym, nie umniejszających jednak pierwotnej opinii. Poniżej wskazano na dyskusyjne lub ujemne strony rozprawy. Uwagi natury ogólnej o charakterze dyskusyjnym są następujące:

- I. **Uwagi odnośnie poprawności językowej dysertacji napisanej w języku angielskim – recenzent oczywiście zdaje sobie sprawę, że nie jest to jego główne zadanie przy opracowywaniu recenzji. Niemniej uwagi są następujące:**
 1. Rozprawa doktorska, napisana w języku angielskim, została sprawdzona przez recenzenta pod względem poprawności językowej dwoma specjalistycznymi narzędziami:
 - a) narzędzie nr 1 o nazwie *'Writefull'* – w ramach podpisanej umowy, pracownicy oraz studenci Politechniki Wrocławskiej uzyskali dostęp do narzędzia *'Writefull'*, które służy do korekty tekstów naukowych w języku angielskim. Narzędzie *'Writefull'* wykorzystuje modele językowe oparte na sztucznej inteligencji (AI), „uczy się” na

- podstawie milionów artykułów z czasopism naukowych oraz jest wtyczką do edytorów tekstu. Wtyczki tego narzędzia umożliwiają, w trakcie pracy nad tekstem, poprawę gramatyki, interpunkcji, ortografii i stylistyki oraz dodatkowo sugerują słownictwo adekwatne dla danej dyscypliny,
- b) narzędzie nr 2, '*Grammarly for Microsoft Office, v. 6.8.262.*' - specjalistyczne narzędzie o podobnym przeznaczeniu, ale o nieco mniejszym zakresie, jak narzędzie powyżej.
2. Wymienione wyżej dwa specjalistyczne narzędzia wykazały w dysertacji stosunkowo sporo błędów gramatycznych, interpunkcyjnych i stylistycznych (nie podaję przykładów, ale tych błędów jest naprawdę dużo).
3. Rada i sugestia recenzenta – proszę Doktoranta, żeby następnym razem, przed wysłaniem długiego tekstu w języku angielskim do redakcji czasopism, uczelni, instytucji, recenzentów, itp., zlecił specjalistycznej firmie sprawdzenie poprawności językowej tekstu w celu uzyskania certyfikatu poprawności językowej (wówczas przedłożony tekst sprawdza tzw. 'native speaker'). Takie firmy działają w Polsce.
4. Streszczenie rozprawy w języku polskim nie do końca odpowiada streszczeniu w języku angielskim:
- a) według recenzenta w streszczeniu w języku polskim źle przetłumaczono tytuł rozprawy - oryginalny tytuł: '*Urban-scale energy modelling of some residential energy flexible buildings clusters in Poland*' przetłumaczono na:
- '*Modelowanie energetyczne w skali urbanistycznej wybranych zespołów budynków mieszkalnych o adaptowalnych źródłach energii*' (a gdzie jest Polska)
 - według recenzenta powinno być|: '*Modelowanie energetyczne w skali miejskiej (ew. urbanistycznej) niektórych klastrów mieszkaniowych budynków przystosowujących się pod względem energetycznym w Polsce*' (lub coś podobnego). Gdyby chcieć przetłumaczyć oryginalny tytuł rozprawy z wyrazem '*wybranych*' to w oryginale powinno znaleźć się słowo '*selected*' a nie '*some*'.
- b) w streszczeniu w języku angielskim tezy rozprawy są napisane w tekście (bez wypunktowania), a w streszczeniu w języku polskim są wypunktowane, podobnie jak w tekście zasadniczym rozprawy na str. 37. Czyli występuje brak konsekwencji w tłumaczeniu streszczenia z języka angielskiego, podstawowego języka dysertacji, na język polski. Doktorant powinien przestrzegać zasady, że tłumaczenie na język polski powinno dokładnie odzwierciedlać streszczenie w języku angielskim.
- c) tłumaczenie tezy nr 2 i 3 rozprawy w języku polskim, na podstawie tez oryginalnych na str. 37, nie odpowiada oryginałowi.
- d) w streszczeniu rozprawy w języku polskim zastosowano dwa czasy gramatyczne: przeszły i teraźniejszy, co powoduje lekki dysonans w czytaniu rozprawy. Przykłady: '*... celem było zdefiniowanie ...*', a zaraz potem '*...wykonane są dla każdego ...*', '*...przykłady miały na celu ..*' a nieco niżej '*... przykłady skupione są na ...*', '*...analiza ekonomiczna zakładała weryfikację ...*' a zaraz potem '*... analiza*

środowiskowa obejmuje czas oszacowanie ...'. Takich przykładów w streszczeniu jest bardzo wiele. Całe streszczenie powinno być napisane w czasie przeszłym.

II. Pozostałe uwagi merytoryczne:

5. Tezy rozprawy powinny znaleźć się po przeglądzie literatury a nie przed nim w rozdziale 1.2. (w ramach rozdziału 'Wprowadzenie'). Przegląd literatury w rozprawach doktorskich służy głównie do stwierdzenia i umotywowania, czego jeszcze nie zrobiono w danym zakresie naukowo-badawczym, czyli służy do stwierdzenia gdzie są tzw. 'białe plamy' w danym obszarze badań i co można jeszcze osiągnąć w danej dziedzinie naukowo-badawczej. Zatem, tezy rozprawy powinny być po krytycznym przeglądzie literatury tematu.
6. Pytanie dotyczy kryteriów wyboru lokalizacji budynków do analizy obliczeniowej. Autor uzasadnia, że wybrano 10 miast, które reprezentowały zróżnicowane warunki klimatyczne występujące w Polsce. Moim zdaniem, biorąc pod uwagę podział Polski na strefy klimatyczne, zróżnicowanie obszaru Polski z uwagi na roczne sumy całkowitego natężenia promieniowania słonecznego oraz tzw. strefy wiatrowe (3 mapy tych stref zamieszczono w rozprawie), można było lokalizacje 10 miast jeszcze bardziej zróżnicować. Zdaniem recenzenta, zabrakło takich miejscowości jak Suwałki (lub Zakopane), z uwagi na strefę temperaturową oraz Lublin, z uwagi na roczne sumy całkowitego promieniowania słonecznego. Proszę o komentarz i wyjaśnienie tej kwestii.
7. Do realizacji głównych celów rozprawy zastosowano program komputerowy 'Energy Plus'. Sam Autor podaje, że: „Energy Plus nie pomaga użytkownikowi w procesie definiowania budynku – raczej nie jest to narzędzie przyjazne dla użytkownika”. Dalej jest informacja, że: „W przeprowadzonym badaniu wykorzystano oprogramowanie 'Design Builder' w celu zdefiniowania geometrii analizowanego budynku.” Program 'Design Builder', jest nakładką na 'Energy Plus' i umożliwia bardzo przyjazną dla użytkownika wprowadzanie danych wejściowych budynku do obliczeń oraz przyjazną obróbkę wyników obliczeń. Mam pytanie czysto formalne: dlaczego Autor nie powołał się na korzystanie z programu 'Design Builder' a na program 'Energy Plus'? Przy zakupie programu 'Design Builder' nie kupujemy programu 'Energy Plus' z nakładką 'Design Builder', ale program 'Design Builder' z 'silnikiem' 'Energy Plus'. Proszę o wyjaśnienie tej kwestii.
8. Nie wiem, czy Doktorant wykonywał takie analizy obliczeniowe, ale mam pytanie - jaka byłaby różnica (np. procentowa) w wynikach obliczeń uzyskanych w różnych modułach obliczeniowych programu TEAC, na przykład dla osiedla domów jednorodzinnych w Łodzi, w zakresie analizy certyfikacji energetycznej budynków (z analizą emisji/ograniczeniu CO₂ oraz procentowym udziałem OZE w całorocznym bilansie energetycznym budynków) w porównaniu z wynikami takich samych obliczeń dla poszczególnych referencyjnych domów jednorodzinnych (7 grup budynków) multiplikowanych przez liczbę budynków w danej grupie.
9. Pytanie nawiązujące do tego powyżej – w jakich sytuacjach powinniśmy/możemy stosować dedykowane programy do obliczenia certyfikacji energetycznej pojedynczych

budynków i multiplikować wynik w zależności od liczby budynków w danej kategorii na analizowanym obszarze a kiedy powinniśmy zastosować program TEAC, czyli stosować zdecydowanie bardziej zaawansowane narzędzie obliczeniowe? Od czego to zależy?

10. W rozdziale 'References' Doktorant powołuje się jedynie na 6 współautorskich publikacji. Dorobek Doktoranta w przedmiotowym zakresie merytorycznym jest wystarczający, ale jednak skromny. Dlaczego w międzyczasie Doktorant nie opublikował więcej artykułów związanych z pracą doktorską?
11. W pracy nie ma porównania wyników badań z wynikami otrzymanymi przez innych autorów - o ile takie porównanie było możliwe do wykonania.
12. Formułowanie wniosków – Doktorant w dosyć nietypowy sposób przedstawił wnioski końcowe wynikające z przeprowadzonych analiz obliczeniowych, a mianowicie przedstawił opisowo wnioski ogólne jedynie jakościowe a nie ilościowe. Moim zdaniem należało podać wnioski, o ile to możliwe, ilościowe w punktach, co spowodowałoby ujednoczenie i uporządkowanie tekstu. Uważam, że przy tak szerokim zakresie analiz obliczeniowych i dysponowaniu bardzo dużą bazą przekrojowych wyników obliczeń praca zyskałaby, gdyby w podsumowaniu sformułowano klasyczne wnioski ilościowe, z ewentualnym podziałem na przykład na wnioski ogólne i szczegółowe. I oczywiście ze wskazaniem, które wnioski dokumentują udowodnienie każdej w trzech tez rozprawy.
13. W rozdziale '6. Podsumowanie i wnioski' niepotrzebnie powtórzono tezy rozprawy, które zostały przedstawione na stronie 37.
14. W rozprawie przeanalizowano szereg problemów badawczych, ale nie wyczerpano wszystkich zagadnień związanych z tematem rozprawy – za bardzo pozytywne uznaję fakt, że Doktorant zdaje sobie z tego sprawę i że dołączył rozdział 7, który w wolnym tłumaczeniu brzmi 'Kierunki dalszych badań'. Uważam jednak, że rozdział ten powinien być napisany w bardziej zwięzłej formie, w punktach, a nie opisowo. Ponadto, zwracam uwagę, że w planowaniu dalszych badań i swojego rozwoju naukowego Doktorant skoncentrował się głównie na zagadnieniach informatyczno-programistycznych, tj. na przyszłym opracowaniu graficznego interfejsu użytkownika programu TEAC, modułu wizualizacji zdefiniowanego obszaru, rozszerzeniu bazy danych programu TEAC, dodaniu długoterminowych prognoz, wprowadzeniu pełnego zastosowania metody LCA (tj. Life Cycle Assessment) czy też na zastosowaniu technologii GIS w celu przeprowadzenia studiów przypadku rzeczywistych planów miejskich. Sądzę, że jednak większy rozwój naukowy zapewni Doktorantowi zajęcie się zaproponowanymi w tym rozdziale zagadnieniami związanymi z przeprowadzeniem niektórych analiz w odniesieniu do istniejących stref domów jednorodzinnych za pomocą oprogramowania TEAC oraz dopracowanie modułu programu odpowiedzialnego za wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w budynkach.

4.2. Uwagi dotyczące redakcji rozprawy

Rozprawa jest napisana poprawnie z prawidłowym układem tekstu, na bardzo dobrym poziomie merytorycznym i edytorskim. W tekście rozprawy recenzent doszukał się nielicznych potknięć i nieścisłości. Ważniejsze uwagi dotyczące redakcji rozprawy są następujące:

1. Przy prezentacji niektórych wzorów brakuje powołań literaturowych, niektóre powołania podawane są w tekście – utrudnia to czytanie rozprawy oraz stwierdzenie czy dany wzór jest autorstwa Doktoranta, czy też nie (nieliczne przypadki).
2. Zdaniem recenzenta wszystkie wzory powinny być numerowane w ramach danego rozdziału, co ułatwiłoby korzystanie z rozprawy, np. 2.3, 2.4, 2.5, ..., (numeracja w rozdziale 2); 3.4, 3.5, 3.6, ..., (numeracja w rozdz. 3), itd. W rozprawie w rozdziale 3 numeracja wzorów jest kontynuowana z rozdziału 2, tj. od 2.6 do 2.15, zamiast od 3.1 do 3.10. Tabele i rysunki są numerowane poprawnie, tj. w ramach poszczególnych rozdziałów.
3. Sporo rysunków jest mało czytelnych, po prostu są one za małe (dla przykładu 2.1., 2.12, 2.14., 2.15, 2.23, 2.29,), co utrudnia czytanie drukowanej wersji rozprawy – rozumiem, że są to skany z dokumentów źródłowych, ale wydaje mi się, że większość przywoływanych rysunków powinna być większa i bardziej czytelna.
4. I oczywiście występuje sprawa tłumaczenia tekstu na język angielski – uwagi szczegółowe są zawarte w rozdziale 4.1.

Proszę, aby Autor nie ustosunkowywał się do powyższych uwag w trakcie obrony, lecz ewentualnie uwzględnił je w przyszłych publikacjach.

5. Wnioski końcowe

W recenzowanej pracy doktorskiej mgr inż. Marcin Zygmunt rozwiązał oryginalne zadanie naukowe, polegające na opracowaniu wielokryterialnego komputerowego narzędzia analitycznego do analizy obszarów mieszkalnych w zakresie zagadnień energetycznych, środowiskowych i ekonomicznych polskiego sektora indywidualnych gospodarstw domowych, zgodnie z koncepcją Budowlanych Klastrow Energetycznych. Stwierdzam, że główny cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty.

Doktorant wykazał się dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem, umiejętnościami planowania i prowadzenia analiz numerycznych oraz rozwiązywania problemów teoretycznych. Przeprowadził w szerokim zakresie analizy obliczeniowe, a do rozwiązania postawionego problemu zastosował poprawne metody badawcze. Uzyskał oryginalne wyniki oraz wykazał, że potrafi analizować i krytycznie oceniać uzyskane rezultaty oraz formułować poprawne wnioski poznawcze. Świadczy to o Jego odpowiednim przygotowaniu i predyspozycjach do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 4 nie obniżają bardzo wysokiego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej bardzo dobrej oceny dysertacji. Uwagi mają charakter porządkowy lub dyskusyjny i mam nadzieję, że przynajmniej w części będą pomocne Autorowi podczas przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.


Oceniam, że rozprawa stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego oraz potwierdza, że Doktorant posiada ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa jest opracowana na bardzo dobrym poziomie naukowym i redakcyjnym oraz wnosi w przedmiotowym zagadnieniu wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie *'Inżynieria Lądowa i Transport'*. Ma również znaczenie praktyczne.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Marcina Zygmunta pt.: *"Urban scale energy modelling of some residential energy flexible buildings clusters in Poland"* spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 roku *"O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki"* (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 (Dz. U. poz. 261). W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Ponadto uważam, że z uwagi na:

- kompleksowe podejście do zagadnień oceny domów jednorodzinnych w Polsce w zakresie analizy zagadnień energetycznych, środowiskowych i ekonomicznych dla danego obszaru zabudowy,
- opracowanie wielokryterialnego komputerowego narzędzia analitycznego do analizy obszarów mieszkalnych w zakresie zagadnień energetycznych, środowiskowych i ekonomicznych polskiego sektora indywidualnych gospodarstw domowych, zgodnie z koncepcją Budowlanych Klastrow Energetycznych w kontekście zrównoważonego rozwoju,
- bardzo szeroki zakres przeprowadzonych badań i kompleksowe rozwiązanie różnych problemów,
- zaproponowanie i wykorzystanie autorskich metod badań i analiz

rozprawa doktorska zasługuje na wyróżnienie.



Henryk Nowak