

Hanna Jędrzejuk, dr hab. inż.

Warszawa, 25 kwietnia 2022 r.

Politechnika Warszawska
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
Instytut Techniki Ciepłej
Zakład Chłodnictwa i Energetyki Budynku
ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Dominiki Bochenek pt.

**“The influence of urban forms and adaptation strategies
on microclimate and human thermal comfort”**

**(„Wpływ form urbanistycznych i strategii adaptacyjnych na warunki
mikroklimatyczne i komfort termiczny człowieka”)**

Promotor: dr hab. Katarzyna Klemm, Prof. Uczelni

Promotor pomocniczy: dr inż. Konrad Witczak

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest Uchwała Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej z dnia 25.02.2022 r. oraz pismo prof. dr hab. inż. Dariusza Gawina, Przewodniczącego Rady ds. Stopni Naukowych w dyscyplinach Inżynieria Lądowa i Transport, Architektura i Urbanistyka z dnia 28.02.2022 r.

2. Ocena tytułu rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę ubiegania się w prowadzonym postępowaniu o nadanie stopnia doktora

Tytuł opiniowanej rozprawy doktorskiej, tj. “The influence of urban forms and adaptation strategies on microclimate and human thermal comfort” („Wpływ form urbanistycznych i strategii adaptacyjnych na warunki mikroklimatyczne i komfort termiczny człowieka”), jest prawidłowy i w pełni oddaje treść recenzowanej dysertacji. Niemniej jednak chciałam zgłosić drobną sugestię dotyczącą bardziej precyzyjnego określenia poruszanej tematyki, tzn. rozszerzenia określenia „form urbanistycznych” do „wybranych form urbanistycznych” lub do „typowych form zabudowy miejskiej” lub nawet „charakterystycznych form urbanistycznych dla zabudowy miejskiej Łodzi”.

3. Ocena struktury pracy doktorskiej

Opiniowana praca doktorska została napisana w języku angielskim. Liczy 217 numerowanych oraz ponad 20 nienumerowanych stron. Treść podzielono na dziesięć

numerowanych rozdziałów: „I. Introduction” (stron: ok. 6), „II. Literature review” (stron: 27), „III. The numerical model” (stron: 20), „IV. Selection of urban forms” (stron: ok. 11,5), „V. City’s microclimatic conditions” (stron: ok. 9,5), „VI. Numerical simulation of microclimatic and thermal conditions” (stron: ok. 16,5), „VII. Influence of adaptation strategies on external environment (stron: 52), „VIII. Indoor thermal conditions” (stron: ok. 11,5), „IX. Discussion” (stron: ok. 16,5), „X. Conclusions and recommendations” (stron: 5).

Pracę uzupełniają: „Acknowledgements” (1 strona), „Summary” (2 strony), „Table of contents” (2 strony), „Symbols” (ok. 8 stron), „Acronims” (ok. 2 strony), „Abbreviations connected with numerical simulations” (ok. 3 strony), „Literature” (stron: ok. 20,5, 244 pozycji), „List of figure captions” (stron: ok. 6,5, 98 rysunków), „List of table captions” (stron: 1, 27 tabel), „Appendixes” (stron: ok. 10, 21 załączników w postaci tabel i rysunków). Bibliografię („Literature”) podzielono na kilka kategorii: „Publications” (22 pozycje), „Scientific Journals” (195 pozycji), „Legal documents” (20 pozycji), „Netography” (6 pozycji), „Data” (1 pozycja). Ogółem odwołano się do 244 pozycji literaturowych.

W rozdziałach I, II i III opracowano stan wiedzy lub przedstawiono niezbędne do zrozumienia rozważań. Kolejne rozdziały są oryginalnym osiągnięciem Doktorantki.

Kolejność opisywanych zagadnień jest logiczna, a struktura pracy jest prawidłowa.

4. Ocena wartości merytorycznej pracy doktorskiej

„CHAPTER I. INTRODUCTION”

Rozdział ten zawiera niezwykle aktualne uzasadnienie podjęcia tematu. Jak to wskazała Autorka, w Europie 77% populacji żyje na terenach wysoko zurbanizowanych, a intensywna zabudowa wpływa na lokalny klimat poprzez redukcję terenów zielonych i ograniczanie retencji wody w gruncie, zmianę warunków przepływu mas powietrza, emisję zanieczyszczeń szkodliwych i nieobojętnych dla środowiska i ludzi, w tym emisję ciepła i światła.

W rozdziale tym sformułowane zostały zarówno tezę pracy, cele przyjętą metodykę naukową.

Przyjęta teza głosi, że istnieje związek między formą zabudowy i efektywnością wybranych działań technicznych („adaptacyjnych”), które mogą zmieniać i wpływać na istniejące środowisko miejskie. Stąd też głównym celem naukowym dysertacji przyjęto dokonanie oceny wpływu typologii zabudowy miejskiej oraz wybranych dodatkowych działań technicznych na mikroklimat i komfort termiczny.

W celu udowodnienia tezy postawiono następujące cele:

- opracowanie typologii zabudowy miejskiej na obszarze miejskim Łodzi z wykorzystaniem techniki komputerowej, w tym Systemu informacji geograficznej (GIS);
- opracowanie aktualnego typowego roku meteorologicznego na obszarze miejskim Łodzi;
- dokonanie oceny mikroklimatu na obszarze miejskim Łodzi za pomocą metod numerycznych z wykorzystaniem systemu ENVI-met;
- dokonanie analizy wpływu działań technicznych korygujących środowisko miejskie na mikroklimat i komfort termiczny w przestrzeni miejskiej na obszarze Łodzi;
- dokonanie analizy wpływu działań technicznych korygujących środowisko miejskie na mikroklimat i komfort termiczny wewnątrz budynków.

Do udowodnienia tezy i osiągnięcia postawionych celów posłużono metodą numeryczną i wykorzystano system ENVI-met.

Uwaga

- Wskazane jest przedstawienie definicji terenu wysoko zurbanizowanego.

„CHAPTER II. LITERATURE REVIEW”

W rozdziale drugim scharakteryzowano na podstawie szerokiego przeglądu literatury charakterystyczne cechy klimatu miejskiego i przedstawiono warunki termiczne, nasłonecznienie, warunki przepływu powietrza.

Następnie opisano uznane działania modyfikujące („adaptacyjne”) przestrzeń miejską, w tym wykorzystanie zieleni (tereny zielone, ale także zielen zintegrowaną z budynkami: zielone dachy i ściany) i sztucznych zbiorników wód powierzchniowych (stawów retencyjnych, basenów bioretencyjnych, rowów retencyjnych i donic bioretencyjnych).

Istotną częścią tego rozdziału jest opis zewnętrznego komfortu termicznego i opis podstaw oceny komfortu termicznego.

Uwagi

- Tytuł tego rozdziału jest zbyt ogólny i nie oddaje on specyfiki przedstawianych zagadnień.
- Wskazane byłoby przedstawienie danych odnoszących się do obszaru Łodzi.
- Opracowane zestawienie wskaźników oceny komfortu termicznego (Tabela 2.3.) jest interesujące.
- Wartość rozdziału podnosi krytyczny przegląd badań dotyczących komfortu termicznego.

H. J.

CHAPTER III. THE NUMERICAL MODEL

W tej części pracy przedstawiono podstawy modelowania numerycznego 3D mikroklimatu miejskiego. Kolejno opisano: warunki brzegowe, model matematyczny atmosfery (równania różniczkowe cząstkowe przepływu powietrza z uwzględnieniem zjawisk gradientu temperatury i wilgotności, turbulencji, wymiany energii przez promieniowanie). Podano także modele matematyczne gruntu i roślinności. Ponieważ przeprowadzone badania numeryczne posłużyły do oceny komfortu termicznego, to również opisano model oddziaływania klimat – ciało człowieka. W końcowej części opisano wyniki walidacji modelu.

Uwagi

- Tytuł rozdziału III jest zbyt ogólny i nie oddaje on specyfiki przedstawianych zagadnień.
- Opisane równania i algorytmy rozwiązywania układów równań różniczkowych zaimplementowano w systemie ENVI-met, stąd też zamieszczenie ich w treści pracy daje jedynie podgląd na złożoność problemu.

CHAPTER IV. SELECTION OF URBAN FORMS

W kolejnym rozdziale Doktorantka opracowała typologię zabudowy miejskiej w Łodzi i przygotowała dane do obliczeń numerycznych, przy czym skoncentrowała się na identyfikacji typowego kanionu ulicznego (zabudowa liniowa) oraz zabudowy atrialnej (zabudowa płaszczyznowa).

Uwagi

- Ponieważ wybór charakterystycznych wielkości geometrycznych oraz materiałów budowlanych jest rezultatem procesu identyfikacji, to tytuł powinien to uwzględniać, np. „IDENTIFICATION AND SELECTION OF URBAN FORMS”.
- W wielokrotnie pojawia się określenie „średnie” lub „typowe”, jednakże zabrakło opisu w jaki sposób wspomniane „średnie” lub „typowe” wartości zostały określone, np. czy przyjęto średnią arytmetyczną, czy średnią arytmetyczną z wagami zależnie od udziału procentowego, czy może za typowe wartości przyjęto najczęściej występujące?

CHAPTER V. CITY'S MICROCLIMATIC CONDITIONS

W rozdziale V zgodnie z metodyką zapisaną w normie ISO 15927-4: 2005 opracowano Typowy Rok Meteorologiczny. Uzyskano w ten sposób wartości temperatury termometru suchego powietrza zewnętrznego, promieniowania słonecznego, wilgotności względnej

powietrza, prędkości i kierunku wiatru. Dokonano analizy uzyskanych danych, a na wykresach podano częstości występowania poszczególnych wartości.

Uwagi

- Doskonałym uzupełnieniem tego rozdziału byłoby porównanie uzyskanych wartości z danymi meteorologicznymi udostępnianymi do obliczeń energetycznych budynków i uzyskanie odpowiedzi na pytanie: w jakim zakresie zmieniły się dane meteorologiczne.

CHAPTER VI. NUMERICAL SIMULATION OF MICROCLIMATIC AND THERMAL CONDITIONS

W tym rozdziale dokonano analizy wpływu wysokości zabudowy na warunki mikroklimatu. Pozostałe wymagane dane są wynikiem analizy dokonanej w rozdziale IV. Wyniki obliczeń numerycznych wartości temperatury powietrza zewnętrznego oraz temperatury na powierzchniach ścian zewnętrznych trzech wariantów w przypadku kanionu ulicznego i trzech wariantów w przypadku zabudowy atrialnej przedstawiono na wykresach w zależności od orientacji ścian względem stron świata. Osobno zestawiono rezultaty obliczeń w porze dziennej i nocnej.

W podobny sposób opracowano uzyskane warunki komfortu termicznego.

Uwagi

- Chociaż zakres przeprowadzonych badań jest i tak imponujący, to interesujące z badawczego punktu widzenia byłoby zbadanie wpływu innych parametrów na mikroklimat i komfort termiczny, np. różnorodności wymiarów geometrycznych w rozważanych rodzajach zabudowy.

(Przykład ilustracyjny:

https://pl.wikipedia.org/wiki/Ulica_Piotrkowska_w_%C5%81odzi#/media/Plik:Ulica_Piotrkowska_in_Lodz.JPG)

CHAPTER VII. INFLUENCE OF ADAPTATION STRATEGIES ON EXTERNAL ENVIRONMENT

W rozdziale VII dokonano oceny wpływu zieleni zintegrowanej z budynkiem (zielone ściany i dachy) i wysokich drzew na: wartości temperatury powietrza, mikroklimat zewnętrzny, komfort termiczny. Analogicznie jak w rozdziale VI dokonano analizy wielu wariantów, za każdym razem różnicując np. stopień pokrycia zielenią dachu lub ścian zewnętrznych, wysokość drzew, orientację kanionu ulicznego. Analogicznie postąpiono

w przypadku zabudowy atrialnej. W taki samy zakresie zbadano efekt obecności donic retencyjnych.

Uwagi

- Rozdział ten jest oryginalnym osiągnięciem Autorki.

CHAPTER VIII. INDOOR THERMAL CONDITIONS

W kolejnym rozdziale dokonano oceny wpływu zintegrowanej z budynkiem zieleni i wód powierzchniowych na mikroklimat i na komfort termiczny wewnątrz budynków, a właściwie wybranego pokoju znajdującego się po stronie południowej w wybranym budynku przy ulicy Jaracza 1, przy czym słusznie wybrano inne kondygnacje lokalizacji pomieszczenia w przypadku dachu zielonego i ściany pokrytej zielenią. Ponownie dokonano analizy kilku wariantów.

Istotnym uzupełnieniem rozdziału jest spójny opis jednowymiarowego modelu matematycznego Sailora.

Uwagi

- Rozdział ten jest oryginalnym osiągnięciem Autorki.

CHAPTER IX. DISCUSSION

W tej części pracy ponownie dokonano analizy wpływu formy zabudowy, geometrii budynków i orientacji względem stron świata na rozkład temperatury powietrza i fizjologicznie równoważnej temperatury (PET).

Ciekawym uzupełnieniem oryginalnych wniosków Doktorantki są celnie dobrane odniesienia do wyników badań przeprowadzonych przez innych naukowców.

Rozdział zamykają zalecenia skierowane do projektantów.

- Rozdział ten jest oryginalnym osiągnięciem Autorki.

CHAPTER X. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Rozdział ten stanowi podsumowanie całej pracy doktorskiej. Sformułowano w nim najważniejsze wnioski oraz stwierdzono, że teza pracy została udowodniona. Zamieszczone kierunki przyszłych badań są niezwykle istotne ze względu na dalszy rozwój naukowy Doktorantki.

- Rozdział ten jest oryginalnym osiągnięciem Autorki.

5. Wybrane uwagi szczegółowe

Wybrane uwagi szczegółowe zamieszczono poniżej:

- brak streszczenia w języku polskim;
- strony, na których znajdują się „Summary” („Podsumowanie”), „Table of contents” („Spis treści”), („Akronimy”), „Symbols” („Spis symboli”) nie zostały ponumerowane (zazwyczaj w publikacjach naukowych w takich przypadkach stosowane jest numerowanie cyframi rzymskimi);
- nie zamieszczono w „Spisie treści” („Table of contents”) zawartych w treści: „Symbols”, „Acronyms” i „Abbreviations connected with numerical simulations”;
- („Symbols” 2 str., 5 wiersz od góry): “sensible heat flux bulk transfer coefficient at ground layer” – brak jednostki;
- („Symbols” 2 str., 15 wiersz od góry): “hydraulic diffusivity” - brak jednostki;
- („Symbols” 6 str., 5 wiersz od góry): “S - storage heat flows for heating or cooling the body mass” – brak jednostki;
- (“Symbols”, 6 str., wiersze od góry: 10 i 15): zbędne powtórzenie oznaczenia “Ta” (komentarz: jest przyjęte, że temperatura wyrażona w stopniach Celsjusza oznaczana jest „t”, natomiast temperatura wyrażona w Kelwinach oznaczana jest „T”);
- („Symbols”, 7 str., 8 wiersz od góry): „W – physical work output” – brak jednostki;
- („Abbreviations connected with numerical simulations”): wcięcie drugich wierszy poprawiłoby czytelność opisu;
- pomimo odpowiednio wybranej i bardzo dobrze cytowanej bibliografii, w początkowej części pracy można doszukać się ogólników, bez odwołania do pozycji literaturowych (np. str.1, 4 wiersz od dołu: „Many cities have already started to implement adaptation strategies [...]”; str. 2, 11 wiersz od góry: „Literature studies indicate that [...]”; str. 2, 14 wiersz od dołu: „[...] Lodz, which is the fourth largest and third most populated city in Poland.”);
- str. 7, opis rysunku 2.1.a.: brak wyjaśnienia skrótu „ML”;
- str. 7, 1 wiersz od dołu: zbędny nawias zamykający;
- str. 9, 12 wiersz od dołu: brak odstępu między nawiasem zamykającym, a otwierającym;
- str. 21, 15 wiersz od dołu: powinno być „ $[W/(m^2 K)]$ ” lub zgodnie z zasadą zastosowaną przy opisie symboli „ $[W m^{-2} K]$ ”;
- str. 28, 9 wiersz od góry: czy zamiast „Physiologically Equivalent Temperature (PET)” nie powinno być „Physiological Equivalent Temperature (PET)”, tj. tak jak w opisie?;

- str. 56, 2 wiersz od dołu: „Its value averaged 136 m² (± 143 m²)” – błąd (zapewne brak kropki), ponieważ podana tolerancja powoduje, że minimalne pole powierzchni jest ujemne;
- str. 73, Tablica 5.3.: wartości temperatury zaokrąglono do drugiego miejsca po przecinku, ale nie występują liczby znaczące – czy nie wystarczyłoby zaokrąglić do części dziesiętnych?;
- str. 97, Figure 6.1. (wymiary): brak odstępu między wartościami a ich jednostkami;
- str. 161, 1 wiersz od góry: zamiast „CANYONS” powinno być „FORECOURTS”;
- str. 174, 1 wiersz od góry: zamiast słowa w języku polskim „ROZDZIAŁ” powinno być „CHAPTER”;
- str. 174, 10 wiersz od góry: „There are many publications on the possibilities and methods of combating climate change in urban areas.” – ogólnik;
- str. 176 (od 5 wiersza od dołu) do str. 177, 2 wiersz od góry: nieco niefortunne użycie myślnika, który sugerować może ujemną liczbę;
- str. 198 i 199: brak dat dostępu do stron internetowych.

6. Podsumowanie opinii

Do oryginalnych osiągnięć opiniowanej rozprawy doktorskiej zaliczam:

- aktualność podjętej tematyki;
- sformułowanie problemu dotyczącego możliwości kształtowania przestrzeni miejskiej w celu poprawy mikroklimatu i komfortu cieplnego;
- ukierunkowanie przeprowadzonych badań na pasywne metody poprawy komfortu na obszarach miejskich;
- zakres przeprowadzonych badań numerycznych;
- zaproponowanie spójnej metodyki rozwiązania sformułowanego problemu;
- wykorzystanie w przeprowadzonych badaniach holistycznego systemu modelowania numerycznego 3D z uwzględnieniem interakcji między mikroklimatem i obszarem zabudowanym („ENVI-met”);
- wykonanie badania symulacyjnego wpływu dachu zielonego na warunki termiczne za pomocą programu EnergyPlus, a niezbędne pliki wejściowe przygotowano za pomocą programu DesignBuilder;
- przeprowadzenie bardzo szczegółowej analizy uzyskanych wyników obliczeń numerycznych;

- wykazanie wpływu analizowanych pasywnych rozwiązań na warunki mikroklimatu, komfortu zewnętrznego i wewnętrznego;
- opracowanie na podstawie przeprowadzonych badań zaleceń projektowych, co pozwala na praktyczne wykorzystanie dysertacji;
- przedstawienie kierunków dalszych badań;

Dodatkową zaletą recenzowanej pracy jest usystematyzowany tematycznie, ciekawy przegląd podstaw i aktualnej wiedzy, bogaty i krytyczny przegląd literatury (Bibliografia uwzględnia 244 pozycje).

Po szczegółowym zapoznaniu się z merytoryczną zawartością ocenianej dysertacji jednoznacznie stwierdzam, że stanowi ona oryginalne i kompletne opracowanie naukowe, sformułowana teza została udowodniona, założone szczegółowe cele zostały osiągnięte, wnioski szczegółowe i końcowe są prawidłowe. Tym samym Autorka Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek wykazała się odpowiednią wiedzą ogólną, a także umiejętnością do prowadzenia pracy naukowej.

7. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska, którą tematycznie należy zaliczyć do dyscypliny „Inżynieria lądowa i transport”, pt.: “The influence of urban forms and adaptation strategies on microclimate and human thermal comfort” („Wpływ form urbanistycznych i strategii adaptacyjnych na warunki mikroklimatyczne i komfort termiczny człowieka”) wykonana przez Panią mgr inż. Annę Dominika Bochenek, której Promotorem jest Pani dr hab. Katarzyna Klemm (prof. Politechniki Łódzkiej), a Promotorem pomocniczym – Pan dr inż. Konrad Witczak, spełnia wymagania określone w art. 186 ust. 1 oraz w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 roku poz. 574 tekst jednolity z późn. zm.) oraz spełnia wymagania określone w art. 13 ust.1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.).

Wobec wyrażonej pozytywnej oceny i spełnieniu wymagań formalnych uprzejmie wnoszę o przyjęcie opiniowanej rozprawy doktorskiej oraz wnioskuję do Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Dominiki Bochenek do kolejnych etapów przewodu doktorskiego, zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce art. 191 ust. 1 (Dz. U. z 2022 roku poz. 574 tekst jednolity z późn. zm.).

8. Wniosek o wyróżnienie opiniowanej pracy doktorskiej

Ze względu na wysoki poziom naukowy, szeroki zakres badawczy, różnorodność wykorzystanych narzędzi, szczegółowość analizy wyników oraz oryginalność i walory aplikacyjne składam wniosek o wyróżnienie recenzowanej pracy doktorskiej wykonanej przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek pt. "The influence of urban forms and adaptation strategies on microclimate and human thermal comfort" („Wpływ form urbanistycznych i strategii adaptacyjnych na warunki mikroklimatyczne i komfort termiczny człowieka”) pod kierunkiem Pani dr hab. Katarzyny Klemm, Prof. Uczelni oraz Pana dr. inż. Konrada Witczaka.

Uzupełnieniem wniosku o wyróżnienie opiniowanej pracy doktorskiej są szczegółowe osiągnięcia opiniowanej rozprawy doktorskiej, które zostały wymienione w pkt. 5 recenzji.

Hanna Jodrejko