

Prof. dr hab. inż. Lech Lichołai  
Politechnika Rzeszowska  
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury  
Katedra Budownictwa Ogólnego  
al. Powstańców Warszawy 12  
35-959 Rzeszów

Rzeszów, 05-V-2022 roku

## **RECENZJA**

### **Rozprawy doktorskiej**

Pani 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”

wykonana pod opieką naukową:

Pani Promotor dr hab. Katarzyny Klemm, prof. PŁ

Pana Promotora pomocniczego dr inż. Konrada Witczaka

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Podstawą opracowania recenzji jest pismo z dnia 28 lutego 2022 roku Pana Przewodniczącego Rady ds. Stopni Naukowych w dyscyplinach Inżynieria Lądowa i Transport, Architektura i Urbanistyka Prof. dr hab. inż. Dariusza Gawina, zwracające się z prośbą o przyjęcie obowiązków recenzenta 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”.

### **2. Informacja dotycząca tytułu rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia doktora**

Tytuł przedmiotowej rozprawy doktorskiej „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 poprawnie sformułowany i ma ścisły związek z merytoryczną zawartością przedmiotowej pracy doktorskiej. Tytuł w sposób jednoznaczny i rzeczowy

odnosi się do prowadzonych w przedmiotowej pracy rozważań naukowych. W tytule zawarta jest problematyka naukowa będąca podstawą do sformułowania założeń badawczych i prowadzenia badań naukowych.

### **3. Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska, której Autorką jest Pani mgr inż. Anna Dominika 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”, wykonana pod opieką Pani Promotor dr hab. inż. Katarzyny Klemm, prof. PŁ oraz Pana Promotora pomocniczego dr inż. Konrada Witczaka. Praca została napisana w języku angielskim.

Rozprawa doktorska liczy 217 stron i składa się z dziesięciu ponumerowanych rozdziałów (I. Introduction, II. Literature review, III. The Numerical model, IV. Selection of urban forms, V. City's microclimatic conditions, VI. Numerical simulation of microclimatic and thermal conditions, VII. Influence of adaptation strategies on external environment, VIII. Indoor thermal conditions, IX. Discussion, X. Conclusions and recommendations) oraz czterech nieponumerowanych (Summary, Literature, List of figure captions, List of table captions). Wszystkie ponumerowane rozdziały dzielą się na podrozdziały. Ponadto w pracy znajduje się dziewiętnaście załączników w postaci liczbowych zestawień tabelarycznych, a także dwa załączniki graficzne.

Rozdział pierwszy zawiera informacje wprowadzające obejmujące uzasadnienie podjęcia tematu niniejszej pracy doktorskiej, przedstawione zostały cele i zadania naukowe, zaprezentowano metody badawcze, a także opisano strukturę przedmiotowej rozprawy doktorskiej. Doktorantka zwraca uwagę na ważność zagadnień dotyczących występowania specyficznych warunków klimatycznych w obszarach zurbanizowanych, wymienia czynniki mające wpływ na modyfikację klimatu w takich obszarach. Z uwagi na globalne zmiany klimatyczne modyfikacje klimatu w mniejszych, lokalnych skalach mogą potęgować negatywne zjawiska w obszarach miejskich, np. zjawisko miejskiej wyspy ciepła. Dostosowanie obszarów zurbanizowanych do zmian klimatycznych może mieć związek z przyjęciem strategii adaptacyjnych. Zwraca się uwagę na wprowadzanie błękitno-zielonych składowych infrastruktury miejskiej w postaci roślinności horyzontalnej (zielone dachy) oraz wertykalnej w różnych układach wysokich drzew: pojedyncze, zgrupowane, szpalery. W kontekście dostosowywania obszarów zurbanizowanych do zmieniających się warunków klimatycznych Doktorantka podjęła próbę opracowania metody oceny efektywności przyjętych rozwiązań adaptacyjnych w relacji do środowiska zewnętrznego oraz wewnętrznego. Przyjęta naukowa teza badawcza przedmiotowej rozprawy doktorskiej zakłada istnienie związku pomiędzy formą zabudowy

a skutecznością wprowadzanych strategii adaptacyjnych. Jako główne cele pracy Doktorantka przyjęła określenie wpływu charakterystycznych form zabudowy miejskiej oraz wybranych strategii adaptacyjnych na warunki mikroklimatyczne, a także na komfort termiczny człowieka. Praca obejmuje zagadnienia poznawcze, metodologiczne i aplikacyjne. Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek przedstawia w tym rozdziale także metody badawcze polegające na wykorzystaniu dostępnych, archiwalnych materiałów i informacji źródłowych, cyfrowych baz danych, a także wykorzystaniu informatycznego wspomaganie komputerowego. W przyjętym przez Doktorantkę naukowym podejściu badawczym zwraca uwagę autorska procedurę badawczą opartą na wielotorowym podejściu do oceny warunków mikroklimatycznych panujących w środowisku zewnętrznym.

W rozdziale drugim związanym z przeglądem literatury Doktorantka opisuje charakterystyczne cechy klimatu miejskiego oraz strategie adaptacyjne do zmian klimatu w środowisku zurbanizowanym. Zwrócona jest uwaga na wpływ rozwoju cywilizacyjnego na przekształcenia układów osadniczych. Jednym z najważniejszych parametrów kształtujących ziemskie warunki życiowe jest temperatura, a jej przestrzenne zróżnicowanie jest największe na terenach zurbanizowanych, co ma związek z przestrzenną złożonością różnych elementów urbanistycznych zespołów. Ponadto Doktorantka przedstawia informacje o promieniowaniu słonecznym oraz dynamice wiatrowej jako czynnikach mających wpływ na zjawiska fizyczne występujące w przyziemnej warstwie atmosfery. Forma geometrii układu urbanistycznego ma wpływ na powstanie zróżnicowanych warunków klimatycznych w zurbanizowanym obszarze. Występowanie zespołów roślinnych jest jedną z najczęściej stosowanych metod mających pozytywny wpływ na zmniejszenie niekorzystnych efektów miejskich wysp ciepła. Różnorodność zielonych technologii może być metodycznie dobierana do lokalnych obszarów osadniczych, charakteryzujących się specyficznymi warunkami. Ważne znaczenie mają opisane w tym rozdziale zielone dachy i ściany oraz infrastruktura wodna. Istotną składową tego rozdziału to zagadnienia dotyczące zewnętrznego komfortu cieplnego, a w szczególności problemy dotyczące wymiany ciepła między ciałem ludzkim a środowiskiem zewnętrznym oraz wskaźniki komfortu cieplnego. Przegląd literaturowy pozwala wysnuć wniosek, że obecny stan badań nad komfortem termicznym panującym w środowisku zewnętrznym nie jest wystarczający. Ocena komfortu termicznego wymaga zarówno określenia wartości wskaźnika komfortu, jak i wykonania badań ankietowych. Ważne jest, aby porównać otrzymane wyniki badań na potrzeby określenia wrażeń termicznych osób na obszarze występowania specyficznych warunków mikroklimatycznych.

W rozdziale trzecim przedstawione są zagadnienia dotyczące modelowania numerycznego mikroklimatu miasta. Postęp informatycznych technologii umożliwia prowadzenie badań klimatycznych, dla których wyniki otrzymywane są w krótkim czasie, często z wykorzystaniem symulacji komputerowych. W niniejszej pracy



doktorskiej została zastosowana aplikacja ENVI-met. Aplikacja umożliwia dokonanie oceny wpływu formy zabudowy oraz strategii adaptacyjnych na warunki mikroklimatyczne oraz komfort termiczny człowieka w środowisku zewnętrznym. Otrzymane dane wyjściowe przeprowadzonych symulacji posłużyły do oceny komfortu termicznego odczuwanego przez użytkowników obiektów budowlanych zlokalizowanych w Strefie Wielkowiejskiej Łodzi. Możliwe jest tworzenie modeli, które mogą zostać wykorzystane do oszacowania warunków klimatycznych występujących w określonych przestrzeniach publicznych. Dużą wartością jest możliwość określenia komfortu termicznego mającego miejsce w konkretnym środowisku zewnętrznym. W kontekście stosowania aplikacji ENVI-met, Doktorantka opisała jej strukturę, warunki brzegowe, kluczowe równania mające znaczenie przy ocenie wpływu strategii adaptacyjnych wprowadzanych na obszarach silnie zurbanizowanych na warunki mikroklimatyczne, a także komfort termiczny ludzi. Moduł BioMet pozwala oszacować wpływ utworzonej struktury urbanistycznej na komfort termiczny człowieka. W części końcowej tego rozdziału zawarte są informacje dotyczące walidacji modelu.

W czwartym rozdziale Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek przedstawia autorską metodę dotyczącą określenia typowych struktur wybranej zabudowy. W niniejszej rozprawie doktorskiej jako obszar badań została wybrana Strefa Wielkowiejska Łodzi, jako najbardziej zurbanizowana część miasta. Za charakterystyczną formę urbanistyczną zostały przyjęte: kaniony uliczne oraz dziedzińce miejskie, przy uwzględnieniu założenia, że są to zasadnicze elementy siatki miejskiej przyczyniające się w sposób istotny do rozwoju obszarów zurbanizowanych. Kaniony łączą punkty węzłowe w postaci przestrzeni publicznych wypełniając funkcje transportowych przemieszczeń pieszych oraz kołowych. Ściany boczne kanionów w obszarach śródmiejskich wykreowywane są przez fasady budynków usytuowanych wzdłuż chodników i ulic. W rozdziale przedstawione są dwa parametry stosowane do opisu form kanionu ulicznych; Aspect Ratio, a także Sky View Factor. Zawarte są także informacje dotyczące występowania materiałów budowlanych wnętrza kanionu ulicznego, materiałów budowlanych stosowanych w przyległych budynkach oraz rozwiązań pokryć dachowych. Układy kompozycyjne, a także wzajemne relacje obiektów budowlanych mają istotne znaczenie w powstawaniu, utrzymywaniu i rozwoju unikalnego charakteru obszaru zurbanizowanego. Zwraca się uwagę na charakter formy zabudowy dziedzińca miejskiego posiadające zwartą strukturę w postaci zamkniętej lub półzamkniętej przestrzeni, ograniczanej układami zabudowy w obrębie konkretnych działek budowlanych. Wykorzystując wyniki analiz opracowany model został typowego dziedzińca w założonej, miejskiej lokalizacji. Cyfrowe bazy danych pozyskane z instytucji publicznych zostały przetworzone za pomocą narzędzi Systemu Informacji Geograficznej. Przyczyniło się to do opracowania modeli geometrycznych typowych form zabudowy Strefy Wielkowiejskiej.

W rozdziale piątym zostały przedstawione warunki klimatyczne występujące w analizowanym obszarze. Została zwrócona uwaga, że typowe dane



meteorologiczne nie odzwierciedlają warunków panujących w środowisku zewnętrznym z uwagi na zmiany klimatyczne. Typowy Rok Meteorologiczny jest to zbiór parametrów przedstawiających przeciętne warunki klimatyczne występujące na wybranym obszarze, utworzony na podstawie szczegółowych danych meteorologicznych, rejestrowanych w długich okresach (dziesięcioletnich, dwudziestoletnich lub trzydziestoletnich). Z uwagi na fakt, że dane klimatyczne pochodzą ze strefy podmiejskiej, Doktorantka zaproponowała autorskie podejście polegające na powiązaniu warunków strefy podmiejskiej - śródmiejskiej. Pozwoliło to na przeprowadzenie obliczeń prędkości przepływu powietrza na obszarze ścisłego centrum miasta. Uzyskane dane zostały wykorzystane w przeprowadzonych symulacjach numerycznych. Jest to ważna część tego rozdziału. Ocena wpływu strategii adaptacyjnych na mikroklimat, a także komfort termiczny człowieka w przyjętym środowisku zewnętrznym została zrealizowana, biorąc pod uwagę dane klimatyczne dla najcieplejszego dnia Typowego Roku Meteorologicznego, które zostały zamieszczone w formie tabelarycznej w tym rozdziale.

Rozdział szósty zawiera symulacje numeryczne warunków mikroklimatycznych i termicznych. Doktorantka przedstawia wyniki analiz wpływu geometrii zabudowy na warunki mikroklimatyczne, biorąc pod uwagę zróżnicowaną wysokość obiektów. Analizy zostały wykonane dla założonych kanionów ulicznych i dziedzińców miejskich. W interesującej formie graficznej zostały przedstawione modele geometryczne analizowanych form urbanistycznych w postaci kanionów ulicznych oraz dziedzińców miejskich.

Zarówno dla form zabudowy w postaci kanionów ulicznych oraz zabudowy dziedzińcowej jako dane wejściowe do symulacji numerycznych Doktorantka przyjęła warunki pogodowe występujące w najcieplejszym dniu Typowego Roku Meteorologicznego, opisanego i wyznaczonego w poprzednim rozdziale. Analizy warunków mikroklimatycznych zostały wykonane w kanionach ulicznych o orientacji wschód-zachód oraz północ-południe. Przedmiotem analizy był wpływ wysokości zabudowy na warunki mikroklimatyczne. Komfort termiczny człowieka przebywającego w środowisku zewnętrznym został oszacowany dla osoby scharakteryzowanej przy pomocy założonych parametrów, poruszającej się w przestrzeni publicznej z określoną prędkością. Badano komfort termiczny odczuwany przez człowieka w kanionie o orientacji północ-południe oraz na obszarze dziedzińca miejskiego zorientowanego w kierunku wschód-zachód. Określone zostały także zależności wpływu wysokości układu zabudowy dziedzińca miejskiego o orientacji północ-południe na warunki termiczne. Przeprowadzone badania i analizy pozwoliły stwierdzić, że geometria zabudowy przyczyniała się w znacznym stopniu do kształtowania wrażeń cieplnych na dziedzińcach o orientacji wschód-zachód. Inne badania wykazały, że panujące warunki termiczne były bardziej korzystne na dziedzińcu o orientacji północ-południe. Należy podkreślić, że rozdział ten zawiera bardzo szczegółowe zestawienia graficzne uzyskanych wyników z również

szczegółowymi komentarzami. Przeanalizowane przez Doktorantkę scenariusze dotyczące wpływu form zabudowy Strefy Wielkomiejskiej na warunki mikroklimatyczne oraz zewnętrzny komfort termiczny są bardzo ważną, autorską częścią wykonanej rozprawy doktorskiej.

W rozdziale siódmym Doktorantka przedstawia rozważania dotyczące wpływu wybranych strategii adaptacyjnych na środowisko zewnętrzne. Rozpatrywane scenariusze były związane z zastosowaniem ekologiczno-budowlanych technologii w postaci zielonych dachów, zielonych ścian, a także zieleni wysokiej (drzew liściastych) do obszarów silnie zurbanizowanych. Badania dotyczyły występowania warunków termicznych na obszarze typowego kanionu ulicznego. Wpływ zastosowanych rozwiązań został oszacowany w strefie oddziaływania warunków mikroklimatycznych na pieszego, występowania lokali mieszkalnych w celu oszacowania wpływu mikroklimatu na mieszkańców w budynkach, a także nad dachami obiektów budowlanych. Analizie poddano różne scenariusze, rozwiązania przedstawiono w formie graficznej. Scenariusze Green Roof Cases (GR, GR2 and GR3) były związane z zastosowaniem zielonych dachów w budynkach tworzących układ typowego kanionu ulicznego. Założono zastosowanie konstrukcji o charakterze ekstensywnym. Scenariusze Green Wall Cases (W, W2 and W3) zakładały wprowadzenie pasywnych rozwiązań w postaci zielonych ścian. W scenariuszach Tree Cases (T, T2 and T3) przewidziano zastosowanie zieleni wysokiej w postaci drzew liściastych o określonych wymiarach, przy czym najszersza część korony rozciągała się na wysokości 4 metrów. Ocenie poddano także wpływ błękitnej infrastruktury w postaci zbiorników wodnych wprowadzonych pośrodku dziedzińców na warunki termiczne. Przeanalizowano dwa przypadki; Water Reservoir (WR) oraz Water Reservoir (WR2). Zbiorniki wodne zostały tak wprowadzone, aby było możliwe swobodne przemieszczanie się wewnątrz dziedzińca. Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek stwierdza, że wprowadzenie elementów błękitnej infrastruktury do badanego obszaru zurbanizowanego nie przyczyniło się w istotny sposób do modyfikacji temperatury powietrza. Jednak Doktorantka zauważa, że istnieją inne, pozaklimatyczne zalety tego typu rozwiązań (estetyczne, społeczne), które z powodzeniem mogą być brane pod uwagę, mając na myśli wkomponowywanie zbiorników wodnych w przestrzenie miejskie. Ten rozdział jest obszerną częścią wykonanej pracy doktorskiej, zawiera szczegółowe analizy wraz z dyskusją uzyskanych wyników prac badawczych mając na uwadze skuteczność wybranych strategii adaptacyjnych możliwych do wprowadzenia w konkretnych zespołach zurbanizowanych.

W rozdziale ósmym Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek przedstawia potencjalny wpływ zielonych rozwiązań na warunki termiczne panujące wewnątrz budynków zlokalizowanych w Strefie Wielkomiejskiej Łodzi. W rozdziale tym zostały podjęte próby integracji dotychczasowej wiedzy z zakresu klimatologii miejskiej oraz fizyki budowli. Przeprowadzone analizy stworzyły możliwości dokonania oceny



warunków mikroklimatycznych panujących na obszarach typowych dla Strefy Wielkomięskiej, biorąc pod uwagę charakterystyczne formy zabudowy w postaci kanionów ulicznych oraz dziedzińców miejskich. Uzyskane rezultaty zostały wykorzystane do określenia wewnętrznego komfortu termicznego. Rozważono wpływ strategii adaptacyjnych, którymi były zielone dachy i zielone ściany na parametry komfortu cieplnego występującego wewnątrz pomieszczeń rozpatrywanych obiektów budowlanych. Model obliczeniowy, który został stworzony w komputerowym pakiecie analitycznym DesignBuilder, został wykorzystany do wykonania oceny oddziaływania pasywnych strategii adaptacyjnych na warunki termiczne panujące w pomieszczeniach obiektu mieszkalnego zlokalizowanego w Strefie Wielkomięskiej Łodzi. Badania uwzględniały strukturę zabudowy oraz zastosowane materiały budowlane, które są charakterystyczne dla historycznego centrum miasta. Zostały także wzięte pod uwagę wybrane pasywne rozwiązania w postaci zielonych dachów oraz zielonych ścian. Wykonane w tym rozdziale analizy dotyczące wpływu przyjętych rozwiązań adaptacyjnych na komfort termiczny człowieka wewnątrz obiektów, są interesujące i ważne w kontekście tematyki niniejszej rozprawy doktorskiej.

Rozdział dziewiąty zawiera zestawienia uzyskanych wyników wraz z merytoryczną dyskusją otrzymanych rezultatów z przeprowadzonych w ramach niniejszej dysertacji badań naukowych. Ważną składową tego rozdziału są porównujące uwagi otrzymanych wyników w odniesieniu do danych literaturowych. Doktorantka przedstawia rozważania wynikające z autorskich prac badawczych, a dotyczące wpływu formy urbanistycznej na warunki mikroklimatyczne i zewnętrzny komfort cieplny, a także wpływu środowiska zewnętrznego na komfort cieplny w pomieszczeniach. Bardzo ważną częścią tego rozdziału są wykonane przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek karty rekomendacyjne zawierające wytyczne planistyczne typowych form urbanistycznych występujących w Strefie Wielkomięskiej Łodzi. Karty rekomendacyjne zawierają wytyczne planistyczne dla każdego rozpatrywanego przez Doktorantkę studium przypadku. Były to rozpatrywane scenariusze dotyczące kanionów o orientacji wschód-zachód, kanionów o orientacji północ-południe, dziedzińców miejskich o orientacji wschód-zachód oraz dziedzińców miejskich o orientacji północ-południe. Zaproponowane zalecenia mogą być rozważane do wdrożenia na obszarze Strefy Wielkomięskiej Łodzi.

Rozdział dziesiąty – podsumowujący wykonaną pracę doktorską składa się z dwóch podrozdziałów; wnioski oraz rekomendacje dla przyszłych badań w tematyce przedmiotowej dysertacji doktorskiej. Taka struktura końcowego, merytorycznego rozdziału jest bardzo właściwa, pozwala zapoznać się z osiągniętymi rezultatami oraz poznać rozważania i przemyślenia Doktorantki co do przyszłych kierunków badań. Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek sformułowała sześć wniosków o charakterze ogólnym. Informacje zawarte w każdym z wniosków są bardzo precyzyjne i mają ścisły związek z przeprowadzonymi pracami badawczymi w ramach niniejszej dysertacji doktorskiej. Uzyskane wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że przyjęta

w niniejszej dysertacji doktorskiej teza badawcza została pozytywnie udowodniona w kontekście występowania zależności pomiędzy strukturą zabudowy a skutecznością wprowadzanych strategii adaptacyjnych w miastach. W tej części rozdziału w ramach przedstawienia dalszych kierunków prowadzenia prac badawczych Doktorantka sformułowała szereg zaleceń, które w przyszłych pracach warto podjąć dla kontynuowania i rozwijania tego obszaru badawczego. Te przyszłościowe prace mogą przynieść interesujące rezultaty naukowe i aplikacyjne.

Układ rozprawy doktorskiej wykonanej przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek jest właściwy. Zaproponowana tematyka i kolejność poszczególnych rozdziałów jest poprawna i odpowiednia w kontekście naukowej zawartości dysertacji doktorskiej. Układ zrealizowanej pracy doktorskiej jest czytelny i umożliwia zapoznanie się z poszczególnymi, poruszonymi w dysertacji zagadnieniami naukowymi.

#### **4. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej**

Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek skompletowała w przemyślany i rozsądny sposób zestaw potrzebnych pozycji literaturowych. W pierwszej części Doktorantka wymienia dwadzieścia dwie pozycje zwartych opracowań książkowych. Druga część pozycji literaturowych to artykuły opublikowane w czasopismach naukowych. Doktorantka zawarła sto dziewięćdziesiąt pięć takich pozycji literaturowych. W trzeciej części zestawienia literaturowego występują dokumenty prawne, normowe, dyrektywy, rozporządzenia. Ich obecność, w liczbie dwudziestu publikacji jest istotna i przyczynia się do wzbogacenia i usystematyzowania wiedzy w obszarach formalnych wymagań.

Wszystkie wymienione w dysertacji pozycje literaturowe są ściśle związane z naukową tematyką przedmiotowej rozprawy doktorskiej. W zdecydowanej większości są to bardzo współczesne pozycje literaturowe. Od strony formalnej przytoczone pozycje literaturowe zostały poprawnie opisane, co sprawia, że jest możliwe odnalezienie pełnych tekstów wymienionych pozycji literaturowych. Należy podkreślić, że zestaw zastosowanego w przedmiotowej pracy doktorskiej piśmiennictwa jako bardzo właściwy pod względem wartości naukowej i starannie dobrany w aspektach merytorycznych.

#### **5. Wskazanie oraz ocena celu pracy Kandydatki do stopnia doktora**

Cel dysertacji doktorskiej został w sposób jednoznaczny sformułowany przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek i wskazuje na potrzeby określenia wpływu charakterystycznych form zabudowy miejskiej oraz wybranych strategii adaptacyjnych na warunki mikroklimatyczne, a także komfort termiczny człowieka. Cel pracy jest ściśle związany z tezą pracy, która zakłada istnienie związku pomiędzy formą zabudowy a skutecznością wprowadzanych strategii adaptacyjnych. Doktorantka



przyjęła, że naukowe prace badawcze będą prowadzone w Strefie Wielkomiejskiej Łodzi, która to jest kluczowym obszarem dla tożsamości i wartości miasta. Uzasadnieniem wyboru tego obszaru są zainteresowania planistów i władz miejskich tą częścią miasta, z uwagi na jej reprezentacyjny charakter i powszechną dostępność dla mieszkańców i turystów. Wychodząc naprzeciw cywilizacyjnie potrzebnych wymagań dotyczących adaptacji miast do zmieniających się warunków klimatycznych Doktorantka podjęła próbę opracowania metody oceny efektywności zaproponowanych rozwiązań adaptacyjnych w relacji do środowiska zewnętrznego, jak również wewnętrznego. Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek w kontekście celu głównego wykonanej pracy doktorskiej wymienia trzy aspekty składowe odnoszące się do założeń badawczych. Cel poznawczy obejmuje wyznaczenie typowych dla Strefy Wielkomiejskiej Łodzi struktur zabudowy oraz określenie warunków meteorologicznych panujących w centrum Łodzi. Cel metodologiczny odnosi się do potrzeby opracowania procedury badawczej w kontekście oceny skuteczności zastosowania strategii adaptacyjnych w założonych, charakterystycznych układach zabudowy. Cel aplikacyjny dotyczy opracowania kart rekomendacji zawierających zalecenia planistyczne, zwracając uwagę na potrzeby wskazania najbardziej efektywnych rozwiązań adaptacyjnych, które mogą być rozważane w kontekście ich wdrożenia w obszarze charakterystycznych form zabudowy Strefy Wielkomiejskiej.

Wzajemne naukowe powiązania poszczególnych części pracy pozwalają na pozytywną ocenę celu pracy Kandydatki do stopnia doktora.

## **6. Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych**

Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek zgodnie z przedstawionymi w pracy założeniami naukowymi, rozważała, przyjęła i zastosowała właściwe metody badawcze. W dziedzinie klimatologii miejskiej Doktorantka wymienia stosowanie metody badań terenowych, które określane są jako kampanie pomiarowe. Obejmują one pomiar najważniejszych parametrów meteorologicznych. Są to badanie długotrwałe, związane ze skompletowaniem aparatury pomiarowej, jak również ważny jest nadzór na prowadzonych badaniach. Rozwój technik komputerowych pozwala na wykonanie symulacji numerycznej w tym obszarze nauki. Możliwe jest wykonanie analiz uwzględniających złożone procesy fizyczne zachodzące w środowisku zewnętrznym. Jest możliwe szybkie wykonanie takich analiz. Użyteczną aplikacją, często stosowaną w dziedzinie klimatologii miejskiej jest ENVI-met.

Doktorantka w swojej pracy doktorskiej zaproponowała autorską procedurę badawczą opartą na wielotorowym podejściu do oceny warunków mikroklimatycznych panujących w środowisku zewnętrznym. W pierwszej kolejności wykonana została analiza parametrów układu urbanistycznego Strefy Wielkomiejskiej Łodzi. Kolejnym etapem metodycznym było dokonanie przez Kandydatkę oceny wpływu wybranych strategii adaptacyjnych na mikroklimat panujący na obszarach charakterystycznych

form zabudowy. Następnie Doktorantka wykonała badania dotyczące oddziaływania wybranych strategii adaptacyjnych na warunki termiczne panujące w pomieszczeniach obiektów mieszkalnych zlokalizowanych w Strefie Wielkowiejskiej Łodzi. Wyniki przeprowadzonych przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek badań autorskich posłużyły do opracowania kart rekomendacji, zawierających wytyczne planistyczne dla charakterystycznych form występujących w Strefie Wielkowiejskiej Łodzi. Przyjęte przez Doktorantkę metody badawcze są poprawne i zasługują na uznanie.

## **7. Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań**

Uzyskane przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek wyniki badań są ściśle związane z przyjętymi, naukowymi założeniami badawczymi. Ważną częścią wykonanej pracy stanowią wyniki przeprowadzonych badań autorskich, które zostały wykorzystane do opracowania kart rekomendacji, zawierających wytyczne planistyczne dla charakterystycznych form występujących w Strefie Wielkowiejskiej Łodzi. Rekomendacje zostały wykonane dla kanionów o orientacji wschód-zachód, kanionów o orientacji północ-południe, dziedzińca miejskiego o orientacji wschód-zachód, oraz dziedzińca o orientacji północ-południe. Istotne są wyniki autorskich badań, które Doktorantka przeprowadziła dla charakterystycznych form urbanistycznych Strefy Wielkowiejskiej Łodzi. Cenne są wyniki uzyskane z numerycznego modelowania miejskich warunków klimatycznych w powiązaniu z geometrią zabudowy, które zostały przedstawione w postaciach graficznych (wykresy) i liczbowych. Równie ważne są przedstawione wyniki wpływu struktury zabudowy na komfort termiczny człowieka. Doktorantka, na podstawie uzyskanego całokształtu wyników badań stwierdza, że założona teza badawcza została zweryfikowana w sposób pozytywny.

Przedstawienie uzyskanych wyników wraz z ich merytoryczną dyskusją należy ocenić bardzo pozytywnie. Doktorantka podkreśla znaczenie uzyskanych wyników badań, w kontekście przyjętych założeń badawczych jak również przyszłych dociekań naukowych.

## **8. Informacja dotycząca praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań**

Przeprowadzone w ramach niniejszej dysertacji doktorskiej badania naukowe pozwalają na praktyczne zastosowanie uzyskanych wyników badań. Opracowana procedura badawcza umożliwiła dokonanie oceny skuteczności zastosowania strategii adaptacyjnych w określonych, charakterystycznych układach zabudowy Strefy Wielkowiejskiej Łodzi, ma to ważne znaczenie w kontekście osiągnięcia założonego celu aplikacyjnego. Uzyskane wyniki badań mogą zostać wykorzystane w procesach decyzyjnych na potrzeby tworzenia miejskich planów adaptacji do zmian klimatu,



programów rewitalizacji, czy miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Rekomendacje mogą stanowić wskazówki, które stwarzają szanse do poprawy jakości życia ludzi w miastach.

### **9. Informacje o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej**

Po zapoznaniu się z dysertacją doktorską zrealizowaną przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek nasuwają się pewne uwagi - pytania o charakterze krytyczno-dyskusyjnym.

- przeprowadzone w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej prace badawcze zlokalizowane zostały w konkretnym obszarze miejskim (Strefa Wielkomiejskiej Łodzi), czy podobne rozważania można przeprowadzić w analogiczny sposób dla innych lokalizacji ?
- jakie trudności mogą pojawiać podczas podobnych analiz w innych lokalizacjach (np. na etapach przyjmowania założeń do analiz) ?
- jak występujące różne, miejscowe warunki urbanistyczne, liczba ludności, geometria budowli, gęstość zabudowy ... w innych lokalizacjach mogą wpływać na efektywność wypracowania rekomendacji planistycznych możliwych do przedstawienia według toku postępowania zaprezentowanego przez Doktorantkę w niniejszej rozprawie ?
- jakie powinny być zalecane wymiary powierzchniowe analizowanego innego obszaru ? od jakich czynników jest to uzależnione ?
- jakie znaczenie mogą mieć ewentualne procesy postępującego zagęszczania zabudowy miejskiej na wcześniej przeanalizowanym obszarze, dla którego opracowano i wdrożono strategię adaptacyjną ?
- czy zdaniem Doktorantki uwzględnienie rozważań naukowych przedstawionych w niniejszej pracy doktorskiej można powiązać z zagadnieniami architektonicznego projektowania krajobrazowego ?
- uwaga na przyszłość; może warto rozważyć opracowanie oddzielnych publikacji zawierających uniwersalne procedury, wskazówki dla planistów, projektantów dla innych lokalizacji, charakteryzujących się różnymi parametrami.

Wykonana praca doktorska jest starannie zredagowana pod względem edytorskim, jednak można zauważyć pewne drobne usterki:

- str. 124, podane są wymiary zbiornika wodnego 3x13 m (42m<sup>2</sup>), wydaje się, że powinno być 3x14 (42m<sup>2</sup>) lub 3x13 (39m<sup>2</sup>),
- str. 198, brak umieszczenia dat skorzystania z pozycji literaturowych (daty dostępu) w zestawie (podrozdziale) „Netography” znajdującego się w rozdziale „Literature”,
- w wykonanej pracy doktorskiej nie zostało zamieszczone streszczenie w języku polskim.

## **10. Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**

Wykonana przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek rozprawa doktorska bardzo dobrze wpisuje się we współczesne zagadnienia naukowe związane z prowadzeniem prac badawczych dotyczących problematyki fizyki miast. Do oryginalnych zagadnień dotyczących rozwiązania problemu naukowego można zaliczyć:

- wykonanie analiz zależności pomiędzy wskaźnikami urbanistycznymi, a parametrami mikroklimatu w kontekście możliwości prawidłowego kształtowania warunków termicznych w miastach,
- powiązanie wykonanych badań naukowych w zakresie wpływu struktur urbanistycznych na mikroklimat i komfort człowieka z możliwościami praktycznego wdrożeniem strategii adaptacyjnych,
- wykonanie analiz typowych form zabudowy wybranego obszaru posługując się autorską metodą bazującą na wykorzystaniu Systemów Informacji Geograficznej,
- utworzenie modeli geometrycznych dla typowych form analizowanego obszaru; kanionu ulicznego oraz dziedzińca miejskiego,
- odwzorowanie typowych struktur analizowanego obszaru, przy uwzględnieniu dokładnej charakterystyki materiałowej, co miało istotne wartości dla jakości wykonywanych analiz,
- wykonanie analiz warunków mikroklimatycznych rozpatrywanego, zurbanizowanego obszaru za pomocą symulacji numerycznych,
- aktualizacja bazy danych klimatycznych w celu zastosowania do oceny skuteczności wybranych strategii adaptacyjnych możliwych do wdrożenia na obszarach typowych form urbanistycznych Strefy Wielkomięskiej Łodzi,
- oszacowanie wpływu wybranych strategii adaptacyjnych na warunki mikroklimatyczne oraz komfort termiczny człowieka na terenie kanionu ulicznego oraz dziedzińca miejskiego,
- zbadanie wpływu zielonych dachów oraz zielonych ścian na warunki termiczne występujące wewnątrz pomieszczeń obiektów budowlanych,
- naukowe wniesienie oryginalnej wiedzy w tematyce prac badawczych zrealizowanych w pracy doktorskiej ze zwróceniem uwagi na dalsze możliwości prowadzenia przyszłościowych, naukowych prac rozwojowych.

Wykonana przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, co zostało wykazane w toku realizacji dysertacji i znajduje odzwierciedlenie w sformułowanych wnioskach końcowych.



## **11. Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydatki do stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria lądowa i transport oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**

Po szczegółowym zapoznaniu się z merytoryczną zawartością recenzowanej dysertacji doktorskiej, stwierdzam, że wykonana rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Pani mgr inż. Anny Dominiki Bochenek do stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria lądowa i transport.

Doktorantka zajęła się wieloma aspektami naukowymi mającymi związek z wiedzą teoretyczną. Kandydatka z powodzeniem wykonała symulacje numeryczne wynikające z przyjętych założeń badawczych, a dotyczące możliwości zastosowania różnych scenariuszy adaptacyjnych w zurbanizowanym obszarze miejskim. Doktorantka zrealizowała symulacje numeryczne z zakresu komputerowej mechaniki płynów (CFD) do prowadzenia badań klimatycznych w założonym zurbanizowanym obszarze. Uzyskane dane wyjściowe symulacji numerycznych zostały wykorzystane do oceny komfortu termicznego odczuwanego przez użytkowników obiektów budowlanych zlokalizowanych w Strefie Wielkomiejskiej Łodzi.

W toku prowadzonych naukowych rozważań i prac badawczych Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Doktorantka posiada wyróżniający się dorobek publikacyjny w postaci artykułów naukowych oraz opublikowanych referatów konferencyjnych.

## **12. Podsumowanie**

Pani mgr inż. Anna Dominika Bochenek w zrealizowanej rozprawie doktorskiej 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”, wykonanej pod opieką naukową Pani Promotor dr hab. Katarzyny Klemm, prof. PŁ oraz Pana Promotora pomocniczego dr inż. Konrada Witczaka zajęła się ważną tematyką naukową, dotyczącą fizyki miasta. Zagadnienia uwzględniania strategii adaptacyjnych są istotnymi aktywnościami, umożliwiającymi dostosowanie obszarów miejskich do zmieniających się warunków klimatycznych.

Kandydatka przedstawiła rozważania dotyczące wpływu charakteru formy zabudowy na zewnętrzne warunki mikroklimatyczne, oraz skuteczności strategii adaptacyjnych w relacji do wewnętrznych warunków termicznych. Doktorantka wykonała karty rekomendacji opracowane dla wybranych rozwiązań, które mogą zostać wdrożone w analizowanym obszarze miejskim. W pracy wykazano, że istnieje związek pomiędzy strukturą zabudowy a skutecznością wprowadzanych strategii adaptacyjnych w miastach. Wykonana przez Panią mgr inż. Annę Dominiką Bochenek praca doktorska wnosi nowe wartości naukowe dotyczące zagadnień poprawy

efektywności energetycznej obszarów zurbanizowanych. Zrealizowana dysertacja doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie sformułowanego problemu naukowego i posiada duże wartości w zakresie zastosowania otrzymanych wyników badań naukowych w sferze gospodarczej. Zamieszczone w recenzji dyskusyjne uwagi krytyczne nie pomniejszają merytorycznej zawartości wykonanej dysertacji doktorskiej.

### **13. Wniosek końcowy**

Przedstawiona do recenzji przedmiotowa rozprawa doktorska 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 Dominikę Bochenek, której Promotorem jest Pani dr hab. Katarzyna Klemm, prof. PŁ, a Promotorem pomocniczym jest Pan dr inż. Konrad Witczak spełnia wymagania określone w art. 186 ust. 1 pkt 5 oraz w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 roku poz. 478 ze 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.).

W związku z powyższym przedstawiam pozytywną konkluzję i uprzejmie wnoszę o przyjęcie przedmiotowej rozprawy doktorskiej oraz wnioskuję do Rady ds. Stopni Naukowych w dyscyplinach Inżynieria Lądowa i Transport, Architektura i Urbanistyka Politechniki Łódzkiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Dominiki Bochenek do kolejnych etapów przewodu doktorskiego - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 roku poz. 478 ze zm.) art. 191.1.

Równocześnie zgłaszam wniosek o wyróżnienie przedmiotowej rozprawy doktorskiej. Uzasadnieniem wniosku jest podjęcie przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek rozważań naukowych, których złożoność i trudność zasługuje na podkreślenie. Wykonane naukowe prace badawcze oraz sformułowane ważne wnioski mogą być rozważane w kontekście ich praktycznego zastosowania. Naukowe problemy wynikające z tematyki i zakresu przedmiotowej pracy doktorskiej zostały rozpatrywane i analizowane w sposób konkretny i szczegółowy. Zrealizowana przez Panią mgr inż. Annę Dominikę Bochenek rozprawa doktorska jest kompletnym opracowaniem naukowym na wysokim poziomie, wnosi nowe wartości dotyczące energoefektywnych zagadnień fizyki obszarów zurbanizowanych.

