

prof. dr hab.inż.arch. Wacław Celadyn

Kraków, 12.08.2018 r.

Politechnika Krakowska  
Wydział Architektury  
Instytut Projektowania Budowlanego  
30-084 Kraków  
ul. Podchorążych 1

## RECENZJA

**pracy doktorskiej mgr inż.arch. Michała Pierchalskiego**

**pt: "Architektoniczna optymalizacja budynków mieszkalnych jednorodzinnych w zakresie oddziaływania na środowisko naturalne przy wykorzystaniu oceny cyklu życia (LCA)"**

### Charakterystyka formalna pracy

Podstawę formalną opracowania stanowi pismo Prodziekana ds. Nauki Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej dr hab. inż. arch. Krystyny Solarek, prof.PW z dnia 5 czerwca 2018 r. Podstawę merytoryczną stanowi załączona praca doktorska. Posiada ona 347 stron tekstu wraz z licznymi rysunkami, fotografiami, tabelami, spisem treści, spisem rysunków, spisem tabel, bibliografią, streszczeniem w języku polskim i angielskim, załącznikiem w tomie zasadniczym oraz z dwoma załącznikami zamieszczonymi w dwóch osobnych tomach (Tom II i Tom III).

### Tematyka pracy

Autor podjął w swojej pracy bardzo aktualny temat dotyczący, jak się wydaje, modelowego postępowania przy projektowaniu jednorodzinnych budynków proekologicznych. Problematyka nie jest nowa lecz jest ciągle rozwijana i wzbogacana o nowe narzędzia projektowe. Podejmowana jest w licznych publikacjach i w wielu aspektach. Pomimo wielu osiągnięć na tym polu sporo jednak jeszcze pozostaje do zbadania i sprawdzenia. Rozprawa doktoranta wpisuje się bardzo dobrze i w pełni w ten nurt badań i z pewnością będzie bardzo przydatną dla dalszych badań dotyczących ekologicznych aspektów budownictwa oraz w archi-

tektonicznej praktyce projektowej. Można wręcz stwierdzić, że jest jedną z oczekiwanych prac w tej tematyce.

### Uwagi ogólne

Recenzowaną dysertację należy ocenić jako modelowy przykład prac doktorskich w dyscyplinie architektura i urbanistyka dotyczących aktualnych zagadnień związanych z architektonicznym projektowaniem koncepcyjnym i technicznym opartym ściśle na podstawach naukowych i matematycznych. Taka metoda kompleksowego projektowania jawi się jako niezwykle aktualna i potrzebna w świetle zmieniających się zasad rozwiązywania problemów projektowych. Projektowanie zintegrowane realizowane wraz ze specjalistami dyscyplin i specjalizacji pokrewnych wymaga od architektów znacznie więcej niż do niedawna wiedzy profesjonalnej, a podejmowane decyzje w coraz większym stopniu muszą być oparte na podstawach naukowych, w tym matematycznych. Tylko wtedy współpraca w ramach interdyscyplinarnych zespołów może być owocna, a kierownicza i integrująca rola architekta uznana i doceniona. Przedstawiona w pracy kompleksowa metoda projektowa reprezentuje właśnie ten kierunek działań zawodowych i z tego między innymi względu należy docenić jej znaczenie.

Autor wykazał się w przedstawionej rozprawie wiedzą i odpowiednimi kompetencjami podbudowanymi obfitą literaturą przedmiotu w postaci pozycji książkowych, artykułów z czasopism oraz aktów prawnych. Niewątpliwie pomocnym było osobiste doświadczenie projektowe kandydata mające ścisły związek z proekologicznym podejściem do rozwiązywanych problemów.

Wывód został przeprowadzony w sposób konsekwentny i zrozumiały, co jest wynikiem przyjętej logicznej metody postępowania prowadzącej do udowodnienia postawionych tez. Prowadzone w różnych jednostkach naukowych i profesjonalnych badania w zakresie dostosowania budynków do wymogów ekologicznych, a przede wszystkim energetycznych, dotyczą w zasadzie budynków biurowych oraz mieszkalnych. Doktorant skoncentrował się na budynkach mieszkalnych jednorodzinnych. W ich przypadku tematyka ekologiczna w naszym kraju dotyczyła dotychczas głównie zagadnień energetycznych, a w mniejszym stopniu szerszego zakresu ekologicznego, który był bardziej obecny w budownictwie użyteczności publicznej. Jako znaczące osiągnięcie autora należy uznać rzetelne i kompetentne rozbudowanie w swojej pracy problematyki o część ściśle ekologiczną dotyczącą takich zagadnień jak: ekologiczne parametry materiałów budowlanych, ocena cyklu życiowego

budynków i materiałów, gospodarka wodna w budynkach. Znacząco ograniczył mikrośrodowiskowe aspekty wewnątrz budynków. Przyjęta metoda analizy komputerowej rozważanych aspektów budynków, na bazie precyzyjnie określonych danych wejściowych i przy pomocy najczęściej stosowanych dla tych celów programów komputerowych, czyni te kompleksowe rozważania wiarygodnymi. Integralną część rozprawy stanowi interesujący fragment poświęcony optymalizacji budynków w zakresie ich oddziaływania na środowisko oraz przykładowe wykorzystanie oceny ich cyklu życiowego. Można sobie wyobrazić, że postulowana optymalizacja architektoniczna, jako cykliczne działanie projektowe powtarzane na każdym etapie projektowym, jest metodą wprawdzie racjonalną lecz niezwykle kłopotliwą, bo obciążona stosowaną metodą prób i błędów, stąd zapewne jeszcze dość trudną do rozpowszechnienia w biurach projektowych.

Autor przeprowadził swoje badania w sposób zgodny z regułami w tym zakresie, a cały wywód jest konsekwentny i zrozumiały, co jest wynikiem przyjętej logicznej metody postępowania prowadzącej do udowodnienia postawionych tez. Niewątpliwie uzyskał dowody swoich postawionych na wstępie tez, które zostały skonstruowane w sposób zwięzły i zrozumiały. Są one też, prawidłowo, nieoczywiste.

Otrzymane w efekcie analiz wyniki w wielu wypadkach były dość trudne do przewidzenia, a nawet zaskakujące. To dowodzi sensu i celowości skonstruowanej przez niego metody badawczej oraz cennego wkładu autora do wiedzy w rozważanej tematyce.

Metoda analizy wymagała wielokrotnie formułowania danych wejściowych do algorytmów. Autor przyjmował je w sposób arbitralny i możliwie zgodny z przyjętymi na wstępie założeniami dotyczącymi lokalizacji badanych obiektów, ich form czy rozwiązań technicznych. Założenia te oraz zaprezentowany sposób postępowania można zaakceptować. Badanie poszczególnych modeli budynków w kilku zróżnicowanych lokalizacjach klimatycznych pozwoliło na wykazanie istotnego wpływu klimatu na uzyskane efekty energetyczne. Przedstawiona w dysertacji metoda badawczo-projektowa wskazała na kompleksowość problematyki oraz na potrzebę tak szerokiego ujmowania zagadnienia w celu sprostania wymogom paradygmatu budownictwa zrównoważonego. Jak się wydaje, przedstawiona w pracy metoda jest ilustracją typowego sposobu pracy architekta w pełni kompetentnego w ramach swej profesji i coraz częściej staje się oczekiwaną nawet przez inwestorów niewielkich obiektów budowlanych jakimi są domy jednorodzinne.

Trudno o zastrzeżenia do przedstawionej dysertacji i zawartych w niej badań. Brak w niej istotniejszych błędów. Należy jednak zauważyć kilka elementów dyskusyjnych. Można mieć odczucie, że skutek dużej ilości analiz i ich matematycznych wyników oraz sformu-

łowanych na ich podstawie stwierdzeń zatarła się wyrazistość tych ostatnich. Moim zdaniem korzystne byłoby przypisanie odpowiednich cech (stwierdzonych w wyniku badań zalet i wad) poszczególnym modelom budynków w ramach rozbudowanej tabeli przedstawiającej ich formy, choćby na bazie Tabeli 48. Takiej zbiorczej tabeli na końcu pracy wyrażnie brakuje. W efekcie dla oceny danego modelu budynku należy jego cech i parametrów poszukiwać w obfitym treściowo i objętościowo oraz miejscami dość zawiłym tekście. Pod względem formalnym nie zgłaszam większych zastrzeżeń, chociaż można mieć uwagi odnośnie nazbyt małych rozmiarów wielu ilustracji (zdjęć), które nie są wystarczająco czytelne.

### Struktura części merytorycznej pracy

Dysertacja została skonstruowana w podziale na 9 rozdziałów i zawartych w nich podrozdziałów. Rozdziały III, IV, i V oznaczono jako kolejne części: analityczną, badawczą oraz podsumowanie i wnioski. Jest to podział dość nietypowy. Rozdziały I i II stanowią wstęp i wprowadzenie zawierające zwyczajowe w dysertacjach doktorskich treści. W ramach trzech wyodrębnionych części umieszczono główną zawartość merytoryczną rozprawy. We wprowadzeniu doktorant zamieścił słownik stosowanych w pracy terminów, uzasadnił podjęcie tematu, przybliżył aktualny stan badań, określił cel, zakres dysertacji oraz sprecyzował przyjętą metodykę pracy.

Część I - analityczna. W tej części autor przedstawił wszystkie czynniki i parametry jakie uwzględnił i przyjął w swych założeniach badawczych, to jest te analizowane i mające wpływ na uzyskane wyniki badań w sferze energetycznej i szerzej ekologicznej. Przedstawił systemy instalacji stosowanych w budynkach niskoenergetycznych i pasywnych. Opisał metodę LCA, która miała mu posłużyć, zgodnie z zasadami, do wyznaczenia długości cyklu życiowego budynków. Dokonał również analiz materiałów i wyrobów budowlanych pod kątem ich cech ekologicznych. Zestawił warianty ścian zewnętrznych z wyliczeniem ich śladu węglowego. Tak utworzona teoretyczna podstawa pozwoliła na przystąpienie do właściwych autorskich badań.

Część II - badawcza. To najważniejsza część dysertacji. Zawiera założenia wstępne przyjęte dla przeprowadzanych badań oraz prezentuje w rozbudowanej, czytelnej tabeli zestaw opracowanych przez autora w tym celu 13 modeli budynków zróżnicowanych pod wzglę-

dem formy. Modele zostały dalej dokładnie opisane. Następnie w każdym z przykładów autor dokonał obliczeń charakterystyki energetycznej przy pomocy programu komputerowego EcoDesigner Star. Pozwoliło to na wskazanie modeli o najkorzystniejszych i najmniej korzystnych parametrach energetycznych. Zamieszczone odpowiednie wykresy graficzne ułatwiły czytelnikowi dostrzeżenie i zrozumienie w ten sposób uzyskanych wyników. W celu zweryfikowania zgodności obliczonych parametrów z obowiązującymi przepisami prawnymi doktorant zastosował następnie program Audytor OZC. Dopelnieniem analiz jest obliczenie parametrów ekologicznych, tj. śladu węglowego oraz energii wbudowanej dla poszczególnych budynków. Dalej w tej części pracy autor przeprowadził dla wybranych wariantów operację optymalizacji kosztowej. Istotnym uzupełnieniem jest próba przeprojektowania jednego z wariantów modeli w celu dostosowania go do standardów budynków pasywnych, która przyniosła interesujące wyniki. Inną próbą jest przeprojektowanie wybranego modelu z konstrukcji murowanej na drewnianą szkieletową oraz alternatywnie na drewnianą z wypełnieniem bloczkami ze słomy, po czym porównanie ich śladów węglowych i energii wbudowanej. Wyznaczenie kosztów budowy dla każdego z opracowanych wariantów wieńczy tą część dysertacji.

Część III – podsumowanie i wnioski zawiera dalsze interesujące porównania wariantów modeli ilustrowane wykresami graficznymi. W konkluzji autor stwierdza, że postawione na wstępie pracy dwie tezy zostały przedstawionymi metodami udowodnione.

Można stwierdzić, że przyjęta metoda konstrukcji dysertacji oraz metody badawcze rzeczywiście pozwoliły na skuteczne przeprowadzenie oczekiwanych dowodów. Autor uczynił to w sposób kompleksowy i w pełni profesjonalny.

Dysertacja stanowi istotny przyczynek do dyskusji dotyczącej aktualnych i ważnych zagadnień ekologicznych i energetycznych w architekturze. Autor dowiódł swej umiejętności przeprowadzania studiów stosownej literatury naukowej i zawodowej przedmiotu oraz wykorzystania jej w sposób profesjonalny w swych badaniach i rozważaniach teoretycznych. Jej wybór był właściwy, a zakres obszerny, co świadczy o niewątpliwie bardzo dobrym rozeznaniu w tym zakresie. Materiał ilustracyjny własny i zaczerpnięty z literatury dobrany został właściwie. Nie budzą zastrzeżeń prawidłowo opracowane i oznaczone przypisy.

Rozprawa napisana została w języku dobrym stylistycznie i gramatycznie, odpowiednim dla dysertacji naukowych. Jej zrozumienie nie nastręcza zasadniczo większych trudności dzięki klarowności języka, pomimo występujących niekiedy pewnych zawłości. Jej lektura swo-

ją tematyką zapewne wzbudzi znaczne zainteresowanie architektów. Można uznać, że doktorant opanował aparat naukowy w stopniu wystarczającym.

Prezentowana dysertacja stanowi bardzo cenny materiał do dyskusji na temat architektury proekologicznej oraz metod projektowych w architekturze. Stanowi też cenne źródło wiedzy teoretycznej i praktycznej dla architektów wskazując aktualnie istniejące możliwości w tym zakresie oraz sugerując kierunki rozwoju metod pracy architektów.

#### Szczegółowe uwagi merytoryczne i formalne

Należy zwrócić uwagę na kilka niedociągnięć i omyłek natury zarówno merytorycznej, jak i formalnej. Są to:

- str.98 - w przypisie 33 niejasne jest odniesienie do Rys.53 oraz Rys. 65, należałoby to lepiej wyjaśnić,
- str.94 - w Rys.63 autor nie uwzględnił możliwego i zalecanego korzystnego rozwiązania z docieplonym dodatkowo mostkiem termicznym, co poprawiłoby niekorzystny wpływ mostka na efekty energetyczne budynku,
- str.100 - wskazane objaśnienie dla Rys. 67,
- str.101 - wiersz 5 od góry, brak odpowiedniego wyjaśnienia w odniesieniu do fragmentu tekstu „... nadmiar energii zostanie usunięty z budynku”,
- str.143 - beton nie jest najbardziej obciążającym środowisko materiałem budowlanym, co wynika choćby z Tabeli 28, cegła jest znacznie mniej korzystna pod tym względem,
- str.156 - niewłaściwe określenie dla modeli B: „stropodach wentylowany”, chodzi zapewne o dach termoizolowany,
- str.170 - Rys.110, powinno być w podpisie zapewne „Rzut piętra”, a nie parteru,
- str.214 - wiersz 6 od góry, zamiast Suwałki powinno zapewne być Świnoujście,
- str.256 - w Tabeli 96 w strukturze ściany zewnętrznej korzystniej jest umieścić paroizolację na płycie OSB od wnętrza, tak jak to jest w strukturze dachu,
- str.264 - Tabela 37 jest na stronie 139, a nie 138.

#### Wniosek końcowy

Recenzowaną pracę uważam za cenną pod względem naukowym, a także bardzo przydatną dla celów zawodowych. Oceniam ją bardzo wysoko pomimo wykazanych drobnych

uwag. Odznacza się ona ujawnionym w niej dobrym warszatem naukowym, a metoda przeprowadzonych badań nie budzi wątpliwości. Cele pracy zostały w niej zrealizowane przynosząc interesujące wyniki o cennych walorach nie tylko teoretycznych, ale i praktycznych. Z tego powodu celowa byłaby jej szersza publikacja. Przedstawiona dysertacja jest dowodem odpowiednich kompetencji zawodowych doktoranta oraz znajomości metod badań naukowych wymaganej na tym etapie działalności naukowej. Powyższe uwagi pozwalają na stwierdzenie, że recenzowana praca doktorska spełnia wymogi Ustawy o tytułach i stopniach naukowych. **W związku z powyższym wnioskuję dopuszczenie dysertacji do publicznej obrony.**

W związku z pozytywną i bardzo wysoką oceną rozprawy jednocześnie wnioskuję o przyznanie doktorantowi wyróżnienia. W uzasadnieniu tego wniosku stwierdzam, że dysertacja znacząco rozszerza dotychczasową wiedzę w zakresie najbardziej aktualnych problemów dotyczących architektury i budownictwa energooszczędnego i ekologicznego. Wskazuje skuteczne autorskie metody rozwiązywania zagadnień projektowych przy pomocy współczesnych komputerowych metod na poziomie zarówno koncepcyjnym, jak i technicznym. Wskazania w niej zawarte pozwalają w przypadku ich praktycznego stosowania na podniesienie rangi i pozycji architekta w ramach zespołów realizujących ideę projektowania zintegrowanego.

