

## RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. arch. Jakuba Świdzińskiego**

**pt.: „*Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM.*”**

**wykonanej pod opieką promotorską**

**Pana dr hab. inż. arch. Michała Stangela, Prof. PŚ**

**na Wydziale Architektury Politechniki Śląskiej**

### 1. Podstawa opracowania

- 1.1. Zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Architektura i Urbanistyka Politechniki Śląskiej, Pani dr. hab. inż. arch. Aliny Pancewicz, prof. PŚ, na opracowanie recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. arch. Jakuba Świdzińskiego: pismo nr RD. AiU.512.5.2024 z dnia 16.10.2024.
- 1.2. Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r., art. 187 (Dz. U. z 2023 r. poz. 742) z późniejszymi zmianami
- 1.3. Rozprawa doktorska Pana mgr inż. arch. Jakuba Świdzińskiego pt.: „*Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM.*” (oprawiony w twardą okładkę dwustronny wydruk komputerowy w formacie A4), Wydział Architektury Politechniki Śląskiej, Gliwice 2024.

### 1. Ocena części formalnej rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. arch. Jakuba Świdzińskiego pt.: „*Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM.*” jest jednotomowym, ilustrowanym opracowaniem w formie dwustronnego wydruku komputerowego formatu A4 o objętości 144 numerowanych stron. Pracę opracowano i przedstawiono do oceny w dyscyplinie *architektura i urbanistyka*.

Struktura formalna rozprawy doktorskiej jest charakterystyczna dla podobnych opracowań naukowych. Po stronie tytułowej zamieszczono *Spis Treści* (str. 2 - 3). Pracę podzielono na

siedem rozdziałów. Są nimi kolejno: ROZDZIAŁ I *Wstęp* (str. 4 - 12); ROZDZIAŁ II *Optymalizacja efektywności energetycznej w architekturze* (str. 13 - 31); ROZDZIAŁ III *Efektywność energetyczna w procesie projektowym* (str. 32 - 52); ROZDZIAŁ IV *Praktyka projektowa a technologia BIM* (str. 53 - 67); ROZDZIAŁ V *Analiza referencyjnych, zoptymalizowanych energetycznie budynków* (str. 68 - 103); ROZDZIAŁ VI *Aplikacja wybranych metod i badanie ich wpływu na sprawność energetyczną budynku* (str. 104 - 121); ROZDZIAŁ VII *Podsumowanie* (str. 122 - 131);. Następnie Doktorant zamieścił BIBLIOGRAFIĘ (str. 132 - 138), AKTY PRAWNE I NORMY (str. 138 - 139), RAPORTY I BAZY DANYCH (str. 139 - 140), SPIS ILUSTRACJI (str. 140 - 142), SPIS ZDJĘĆ (str. 142), SPIS TABEL (str. 142 - 143), oraz Streszczenia w języku polskim (str. 144) i angielskim (str. 144).

Struktura pracy została przedstawiona przez Autora na str. 11 w podrozdziale 1.9. *Struktura rozprawy*. Jasno określony jest problem badawczy (1.2. *Problem badawczy*, str.5 – 6). Przedstawiono uzasadnienie podjęcia tematu (1.3 *Uzasadnienie podjęcia tematu*, str. 6), cel pracy (1.4. *Cel pracy*, str.7), stan badań (1.5. *Stan badań*, str. 7 – 9), tezy pracy (1.6. *Tezy pracy*, str. 9), zakres pracy (1.7. *Zakres pracy*, str. 10). Zastosowana metodologia, ze względu na wdrożeniowy charakter doktoratu stanowi kompilację metod wykorzystywanych w badaniach naukowych oraz w pracach rozwojowych prowadzonych we współpracy z podmiotem przemysłowym (1.8. *Metody pracy*, str.10 - 11). Doktorant omawia strukturę pracy (1.9. *Struktura pracy*, str. 11 – 12) posługując się opisem tekstowym, który zilustrowano graficznym schematem (*Ilustracja 2. Schemat pracy doktorskiej*, str. 12).

Praca jest bardzo ciekawa, a temat aktualny i trudny. Tym bardziej pozytywne wrażenie robi fakt, że rozprawę bardzo łatwo się czyta, ze względu na jej wyjątkowo czytelną strukturę, syntetyczne ujęcie tematu i doskonale opracowanie edytorskie. Konsekwentnie potraktowano wywód naukowy przechodząc od kwestii optymalizacji efektywności energetycznej w architekturze i zagadnienia efektywności energetycznej w procesie projektowym do omówienia wykorzystania technologii BIM (*Building Information Modeling*) w praktyce projektowej. Wnioski z powyższych rozważań wykorzystano w analizie zoptymalizowanych energetycznie budynków (uznanych za referencyjne), a następnie aplikacji wybranych metod i określeniu ich wpływu na sprawność energetyczną budynku.

W opracowaniu pojawiają się nieliczne literówki (np. str. 5 – jest *w swojej granicy*, a powinno być *w swojej granicy*; str. 7 – jest *stanowiącą* a powinno być *stanowiąca*; str. 111 – jest *i w budynek*, a powinno być *i budynek* i kilka innych. Na stronie 119 w omówieniu tabeli napisano, że najniższy uzyskany wynik wynosi 25,6 kWh/m<sup>2</sup> · rok, podczas kiedy z tabeli wynika, że jest to wynik 24,03 kWh/m<sup>2</sup> · rok (wariant 10). Doktorant nie uniknął też błędów stylistycznych np. w nieskończonym jak się wydaje zdaniu: *Badania polegające na studiach przypadków, zarówno przeprowadzonych badań opisanych w literaturze, jak i istniejących budynków*

*poddanych procesowi optymalizacji na etapie ich projektowania* (str. 11). Nieprawidłowo zbudowano zdanie: *Kształtowanie polityka na Bliskim Wschodzie zyskiwała coraz większą sprawczość w dziedzinie światowej gospodarki* (str. 21) lub również i tu wkradła się literówka. Niefortunnie sformułowano zdanie: *Wstępne konsultacje założone są od fazy prac przedprojektowych, aby zweryfikować przyjmowane założenia pod różnymi kątami* (str. 125). W pracy znaleziono też przykłady pleonazmów np. *okresach czasu* (str. 14), *nowe innowacje* (str.23).

Bardzo cenne jest uczytelniające tekst zastosowanie ilustracji (71 ilustracji): rysunków, schematów, modeli oraz tabel (38 tabel) w większości opracowanych przez Autora.

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. arch. Jakuba Świdzińskiego pt.: *„Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM”* pod względem formalnym spełnia kryteria stawiane przed tego typu opracowaniami naukowymi.

## **2. Ocena części merytorycznej rozprawy doktorskiej**

Oceniana rozprawa doktorska Pana mgr. inż. arch. Jakuba Świdzińskiego pt.: *„Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM”* podejmuje problematykę efektywności energetycznej budynków oraz optymalizację tej efektywności w oparciu o działania podjęte już na etapie procesu projektowego prowadzonego w oparciu o technologię BIM.

ROZDZIAŁ I *Wstęp* (str. 4 – 12) podzielony został na dziewięć podrozdziałów. W podrozdziale 1.1. *Wprowadzenie* (str. 4) Doktorant słusznie zauważa, że „...Pomimo stosunkowo dobrze rozwiniętej dyskusji teoretycznej dotyczącej zagadnienia optymalizacji efektywności energetycznej w projektowaniu architektonicznym, transfer tej wiedzy do praktyki architektonicznej jest niewystarczająco skuteczny...”. Jest to, zdaniem Recenzentki kluczowa informacja dla zrozumienia intencji i genezy podjęcia badań, których rezultaty były konfrontowane z praktyką projektową. Doktorant bowiem, w ramach swojej pracy nad recenzowanym „Doktoratem Wdrożeniowym”, działał w oparciu o partnerstwo z biurem projektowym Medusa Group, w którym był zatrudniony na stanowisku architekta.

W podrozdziale 1.2. *Problem badawczy* (str. 5-6) Doktorant przedstawia pojęcia *efektywności energetycznej*, które to pojęcia różnią się między sobą w zależności od tego jakiej dyscypliny naukowej czy sektora gospodarki dotyczą. Doktorant uściśla następnie przedmiot badań wykorzystując do jego określenia definicję dotyczącą architektury i budownictwa. *Efektywność energetyczna*, którą Doktorant przyjmuje do dalszych badań to „...stopień przygotowania budynku do zapewnienia komfortu jego użytkowania zgodnie z przeznaczeniem przy jednoczesnym możliwie najniższym zużyciu energii przez budynek.” (str. 5). Z pięciu wymienionych rodzajów budynków energooszczędnych, Doktorant wybiera dla potrzeb swojej pracy budynki

o niemal zerowym zużyciu energii. Wybór ten stosownie argumentuje i zaznacza, że „...odnosi się w szczególności do wskaźników bezpośrednio dotyczących zapotrzebowania na energię...” (str.6). Według Recenzentki przedmiot badań został w tym podrozdziale bardzo klarownie opisany, nie pozostawiając wątpliwości czego praca dotyczy.

Autor w podrozdziale 1.3. *Uzasadnienie podjęcia tematu* (str.6), jako istotny przyczynek do podjęcia badań wskazuje fakt, iż mimo zaawansowanej wiedzy dotyczącej budownictwa energooszczędnego, istnieje niedostatek publikacji odnoszących się do etapu procesu projektowego w zakresie optymalizacji efektywności energetycznej budynków. Tę lukę, Doktorant stara się swoją pracą zapełnić.

W dalszej części *Wstępu* pojawia się podrozdział 1.4. *Cel pracy* (str.7). Doktorant nie formułuje jednego głównego celu, a przedstawia osiem celów. Podrozdział powinien zatem być zatytułowany jako *Cele pracy*, szczególnie, że liczbę mnogą w tytule stosuje Doktorant np. w podrozdziale 1.6. *Tezy pracy* (str. 9). Recenzentka uważa, że przy umiejętności syntetycznego myślenia, które Doktorant prezentuje w całej swojej pracy, udałooby się sformułować jeden główny cel naukowy. Przedstawione osiem celów można według Recenzentki pogrupować na: szczegółowe cele naukowe (cel 4, cel 5), cele edukacyjne (cel 1, cel 2) oraz cele wdrożeniowe (cel 3, cel 6, cel 7, cel 8). Sformułowanie użyte w celu 4. „Zbadanie zasadności...” należałoby zamienić np. na „Określenie zasadności...”. „Zbadanie” służy bowiem osiągnięciu celu badawczego, ale nie jest celem samym w sobie. W przedstawieniu celu (celów) pracy zabrakło Recenzentce odniesienia do badanych w pracy obiektów mieszkaniowych wielorodzinnych, o których jest mowa w tezie pracy.

Podrozdział 1.5 *Stan badań* (str. 7-9) jest opracowany bardzo dobrze. Źródła zostały pogrupowane w sposób przemyślany, systemowo. Poszczególne grupy zostały krótko omówione i przypisano im stosowne pozycje literaturowe. Zastosowano poprawny system cytowań. Dokładne dane bibliograficzne przytoczonych źródeł znajdują się na końcu pracy i są ujęte w *Bibliografię* (str. 132-138), *Akty prawne i normy* (str.138-139) oraz *Raporty i bazy danych* (str. 139-140).

W podrozdziale 1.6. *Tezy pracy* (str. 9) przedstawiono bez zbędnych opisów tezę główną oraz tezy pomocnicze. Recenzentka uważa, że teza główna mogłaby być postawiona bardziej zdecydowanie. Autor sformułował ją z użyciem czasownika „**może**”: „Projektowanie architektoniczne obiektów mieszkaniowych wielorodzinnych, w oparciu o technologię BIM na wczesnych etapach koncepcyjnych, **może** ułatwić proces optymalizacji efektywności energetycznej budynku...” (str.9). Teza ta mogłaby brzmieć „Projektowanie architektoniczne obiektów mieszkaniowych wielorodzinnych, w oparciu o technologię BIM na wczesnych etapach koncepcyjnych, **ułatwia** proces optymalizacji efektywności energetycznej budynku...”

Zakres badań przedstawia Doktorant w podrozdziale 1.7. *Zakres pracy* (str.10). Zakres tematyczny pracy wynika z faktu, że badania prowadzone były w oparciu o partnerstwo z podmiotem gospodarczym, w tym wypadku pracę w pracowni projektowej. W ramach wykonywanych w pracowni zadań, Doktorant wykonywał komercyjne projekty, w tym budynki mieszkalne wielorodzinne. To właśnie takie budynki stały się materiałem do prowadzenia badań, co Doktorant precyzyjnie argumentuje. Zakres czasowy badań obiektów (analizy przypadków) został określony na lata 2010 - 2024. Badania literaturowe zostały rozszerzone do czasów poprzedzających rok 2010. Zakres terytorialny obejmuje Polskę i jest rozszerzany poza granice w zależności od poruszanego obszaru tematycznego. Wzięto pod uwagę lokalizacje o zbliżonych warunkach klimatycznych oraz podobnych uwarunkowaniach formalno-prawnych.

Metody badawcze opisane w podrozdziale 1.8. *Metody pracy* (str.10-11) zastosowane przez Doktoranta wynikają z charakteru pracy („Doktorat wdrożeniowy”). Są to zarówno metody właściwe badaniom naukowym jak i pracom rozwojowym prowadzonym we współpracy z podmiotami gospodarczymi. Metody te to: analiza źródeł literaturowych, analiza przypadków, metoda *reflective practice*, modelowanie BIM w zakresie tworzenia i analizy scenariuszy projektowych.

W podrozdziale 1.9. *Struktura pracy* (str. 11-12) Doktorant omówił tę strukturę w sposób opisowy oraz przedstawił ją za pomocą schematu graficznego. Według Recenzentki struktura pracy jest przedstawiona zdecydowanie bardziej klarownie w opisowej części tego podrozdziału. Opracowany przez Autora schemat graficzny jest natomiast bardzo efektowny.

W ROZDZIALE II *Optymalizacja efektywności energetycznej w literaturze* (str. 13 - 31) Autor skupia się na analizie opracowań naukowych dotyczących optymalizacji i efektywności energetycznej. Autor opisuje rodzaje optymalizacji i ich role w architekturze. W podrozdziale 2.1 *Wprowadzenie* (str.13) czytamy „... Określono także granicę efektywności energetycznej, którą jest komfort cieplny, którego zapewnienie stanowi jedną z podstawowych funkcji budynku...”. Pozostając w kręgu nomenklatury właściwej dyscyplinie *architektura i urbanistyka*, można się zastanowić czy użytego w tym zdaniu sformułowania „którego zapewnienie stanowi jedną z podstawowych funkcji budynku” nie należałoby zastąpić np. sformułowaniem „którego zapewnienie stanowi jeden z podstawowych wyznaczników komfortu użytkowania budynku”.

W podrozdziale 2.2. *Optymalizacja w architekturze* (str. 13 - 14). Doktorant przedstawia definicje słowa *optymalizacja* stosowanego w wielu dyscyplinach naukowych oraz różnych dziedzinach praktyki. Kompilując te pojęcia, Autor stwierdza, że „...optymalizacja jest immanentną częścią projektowania architektonicznego...” (str.13). Następnie Doktorant opisuje dziesięć form optymalizacji dotyczących procesu kształtowania przestrzeni zbudowanej oraz ich oddziaływanie na budynki oraz wskazuje na istnienie w każdym projekcie wypadkowej tych optymalizacji. Kluczowe dla tego podrozdziału jest poparte przykładami stwierdzenie: „... w

procesie projektowym następuje weryfikacja, na którym polu należy zastosować najbardziej optymalne rozwiązania, a gdzie jest miejsce dla ustępstw. Następuje gradacja i ewaluacja dostępnych rozwiązań, a następnie podjęcie decyzji i wprowadzenie do projektu...”

Podrozdział 2.3. *Efektywność energetyczna* (str. 15 – 23) poświęcony jest zagadnieniu efektywności energetycznej. Ograniczenie zużycia energii stanowi obecnie jeden z najważniejszych celów polityki światowej. Doktorant w sposób przejrzysty omawia temat zużycia energii na świecie od roku 1971. Proste sformułowania, czytelność wypowiedzi, bardzo dobrze opracowane wykresy, schematy, ilustracje wyjaśniają omawiany temat płynnie przechodząc do omówienia przyczyn wzrostu konsumpcji energii na świecie, a następnie przyczyn wzrostu konsumpcji energii w sektorze budowlanym. Umiejętność syntetyzowania myśli nie przeszkadza Doktorantowi w ładnym literackim formułowaniu wypowiedzi, co za tym idzie tekst czyta się z zainteresowaniem i przyjemnością.

W podrozdziale 2.4. *Geneza optymalizacji energetycznej* (str. 23 – 26), Doktorant przenosi czytelnika w przeszłość, opisuje strategie i technologie służące poprawie efektywności energetycznej, zwraca uwagę na ewolucję koncepcji powstałych na przestrzeni dziejów, które miały doprowadzić do zmniejszenia zużycia energii. Znamienne jest, że jak słusznie zauważa Autor, współczesne systemy pozyskiwania energii oparte na źródłach odnawialnych, mają swoje korzenie w starożytności, a już w czasach prehistorycznych wykorzystywano naturalne procesy zachodzące w przyrodzie do poprawy komfortu życia w ówczesnych siedzibach ludzkich. Podrozdział wzbogacają stosowne ilustracje i schematy.

W podrozdziale 2.5. *Komfort cieplny – ograniczenie optymalizacji* (str. 26 – 30) Autor zamieszcza definicję komfortu cieplnego „...Komfort cieplny to stan umysłu wyrażający zadowolenie ze środowiska termicznego...” (str.26). Następnie, starannie analizując piśmiennictwo, stosując przy tym odpowiednie odniesienia w tekście, Doktorant dochodzi do omówienia PMV (*Predicted Mean Vote*) jako jednego ze standardów oceny przewidywanej średniej percepcji termicznej osób przebywających w budynku (str. 17). Następnie opisuje składowe brane pod uwagę przy wyliczaniu PMV: temperaturę powietrza (str.28), średnią temperaturę promieniotęplota (str.29), wilgotność względną powietrza (str. 29 – 30), prędkość przepływu powietrza (str. 30), izolacyjność odzieży (str. 30). Rozdział II zamykają wnioski i dyskusja (2.6. *Wnioski i dyskusja*, str. 30 – 31).

Na podstawie powyższego opisu, można stwierdzić, że ROZDZIAŁ II jest zbudowany logicznie i klarownie. Uwagę zwraca bardzo dobre opracowanie edytorskie, które przy skomplikowanej materii dysertacji, dodatkowo wzmacnia jej czytelność.

ROZDZIAŁ III *Efektywność energetyczna w procesie projektowym* (str. 32 - 52) otwiera wprowadzenie w problematykę (3.1. *Wprowadzenie*, str. 32 - 33), w którym Doktorant zawarł krótkie, ale treściwe zestawienie dokumentów tworzących ramy i zawierających wytyczne dla

krajów członkowskich ONZ w dążeniu do zrównoważonego budownictwa. Tekst wprowadzenia zilustrowano mapą przedstawiającą charakter regulacji formalno-prawnych dotyczących optymalizacji energetycznej w państwach świata (str. 32).

Podrozdział 3.2 *Uwarunkowania formalnoprawne w Unii Europejskiej* (str.33 -35) poświęcony jest syntetycznym opisom dyrektyw Unii Europejskiej dotyczących efektywności energetycznej budynków, standardów technicznych dla urządzeń i instalacji oraz systemów zarządzania energią: Dyrektywa 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej – Energy Efficiency Directive –EED (str.33), Dyrektywa 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków – Energy Performance of Buildings Directive - EPBD (str.34), Dyrektywa 2018/844/UE zmieniająca dyrektywy 2010/31/UE i 2012/27/UE – Energy Performance of Buildings Directive Amendment (str.34), Dyrektywa 2009/125/WE w sprawie ekoprojektu dla produktów związanych z energią – Ecodesign Directive (str.34), Dyrektywa 2018/2002/UE zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE – Energy Efficiency Directive Amendment (str.34), Dyrektywa 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych – Renewable Energy Directive - RED (str.34), Dyrektywa 2024/1275/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (str.34).

Podrozdział 3.3 *Uwarunkowania formalnoprawne w prawodawstwie polskim* (str.35 - 36) poświęcony jest syntetycznym opisom aktów prawnych dotyczących wdrażania polityki zrównoważonego rozwoju w zakresie efektywności energetycznej w Polsce: Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (PB) wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2024r. poz. 725, 834), (str. 35), Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (WT) wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. 2024 r. poz. 474), (str. 35), Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. 2023 r. poz. 2405, (str. 36), Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2024r. poz. 101), (str. 36), Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. 2023 r. poz. 697, (str. 36), Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2024r. poz. 1047), (str. 36). Doktorant słusznie zauważa, iż wymienione akty prawne mając bezpośredni wpływ na proces projektowy i praktykę budowlaną w Polsce, odpowiadają wytycznym organizacji międzynarodowych dotyczącym efektywności budynków.

W podrozdziale 3.4 *Charakterystyka energetyczna* (str.37 - 45) Doktorant omawia dokument informujący o jakości energetycznej budynku, przedstawia kryteria charakterystyki energetycznej budynku, a w podrozdziale 3.5 *Inne standardy energetyczne* (str.46 - 51) prezentuje klasy energetyczne, standard NF15 i NF40, certyfikaty: LEED, BREAM, WELL i inne. Te krótkie, syntetyczne omówienia systematyzują wiedzę stanowiąc istotną podbudowę dla dalszych rozważań ujętych w dysertacji. Rozdział konsekwentnie kończą wnioski i dyskusja (3.6 *Wnioski i dyskusja*, str. 51 – 52).

ROZDZIAŁ IV *Praktyka projektowa a technologia BIM* (str. 53 - 67). Składowe tej części to: 4.1. *Wprowadzenie* (str. 53); 4.2. *Charakterystyka polskiego zasobu mieszkaniowego* (str. 53 – 54); 4.3. *Struktura zużycia energii w gospodarstwach domowych* (str. 55 – 56); 4.4. *Metody optymalizacji energetycznej* (str. 57 – 60); 4.5. *Specyfika procesu projektowego* (str. 60 – 63); 4.6. *BIM – modelowanie informacji o budynku* (str. 63 – 66); 4.7. *Wnioski i dyskusja* (str. 66 – 67). Na szczególną uwagę zasługuje, według Recenzentki podrozdział 4.6. *BIM – modelowanie informacji o budynku*. Przeprowadzenie dobrej analizy tego zagadnienia nie jest zadaniem prostym, a Doktorant poradził sobie z nim doskonale. Prosty, zrozumiałym językiem wyjaśnił rolę narzędzia cyfrowego stosowanego w architekturze (str. 63), różnice pomiędzy trzema akronimami BIM (*Building Information Model; Bulding Information Modeling; Building Information Management*), (str. 64), obszar dotyczący modelowania energetycznego (BEM – *Building Energy Modeling*), (str. 65) oraz problem niedokładności modeli obliczeniowych w stosunku do faktycznych wyników otrzymywanych po wybudowaniu budynków, tzw. „*performance gap*”, (str. 66) .

ROZDZIAŁ V *Analiza referencyjnych, zoptymalizowanych energetycznie budynków* (str. 68 - 103) rozpoczyna opis przykładowego budynku, w którym osiągnięto wyjątkowo wysoki stopień efektywności energetycznej dzięki zastosowaniu rozwiązań dedykowanych temu właśnie budynkowi. Rozwiązania te nie są uniwersalne i nie da się ich stosować na większą skalę w odniesieniu do budownictwa mieszkaniowego (5.1. *Wprowadzenie*, str.68 – 70). Doktorant posłużył się jednak przykładem tego budynku ze względu na to, że zastosowane technologie mają potencjał jako układy wspomagające tradycyjne rozwiązania instalacyjne. W dalszej części rozdziału, Doktorant dokonuje analizy przypadków badań wariantowych koncentrujących się na wpływie różnych parametrów na stopień efektywności energetycznej budynków. Autor dokonuje bardzo szczegółowej analizy krytycznej artykułów naukowych, które przedstawiają wspomniane badania (5.2. *Analiza przypadków badań wariantowych w literaturze*, str. 70 – 77). W podrozdziale 5.3. *Analiza przypadków istniejących budynków zoptymalizowanych energetycznie* (str. 78 – 103), Doktorant poddał analizie osiem przypadków zrealizowanych budynków mieszkalnych wielorodzinnych, zlokalizowanych w Europie, w podobnych warunkach kli-



matycznych oraz odpowiadających podobnym wymaganiom formalnoprawnym, zrealizowanych nie wcześniej niż dziesięć lat przed rozpoczęciem badań przez Doktoranta (2020), w których podczas prac projektowych przeprowadzony był proces optymalizacji energetycznej. Analiza posłużyła określeniu zakresów poszczególnych parametrów wpływających na wydajność energetyczną. Na podstawie dostępnych danych, Doktorant sporządził modele BIM dla wszystkich analizowanych przypadków, podał informacje ogólne charakteryzujące obiekty, ich orientację, powierzchnię całkowitą, kubaturę, zwartość bryły, proporcje elewacji, stosunek powierzchni szklenia do powierzchni elewacji, izolacyjność przegród zewnętrznych i szczelność powietrzną obudowy, zapotrzebowanie na energię użytkową na rok oraz zastosowane instalacje. Każdemu z omawianych przykładów przypisano czytelnie opracowaną kartę przypadku. Analiza przypadków posłużyła, zgodnie z założeniem określeniu zakresu wybranych parametrów budynków zoptymalizowanych energetycznie. Otrzymane wyniki (str. 102) posłużyły jako wartości referencyjne do dalszych badań.

W ROZDZIALE VI *Aplikacja wybranych metod i badanie ich wpływu na sprawność energetyczną budynku* (str. 104 - 121) Doktorant przedstawia wpływ zastosowania wybranych metod optymalizacji energetycznej na sprawność energetyczną budynku wykorzystując symulacje przeprowadzone w środowisku BIM. Doktorant opisuje ów model oraz działania, które zostały na nim przeprowadzone, przedstawia opracowane scenariusze przekształceń zakładające zastosowanie metod optymalizacyjnych, co skutkowało zmianą określonych parametrów projektowanego budynku. Scenariusze zaaplikowano do modelu bazowego. Powstało zatem dwanaście wariantów różniących się wartościami poszczególnych parametrów. W rozdziale przedstawiono zakres badań (6.2 *Zakres badań*, str.105), omówiono model referencyjny (6.3. *Model referencyjny*, str. 106 – 110) scenariusze wariantowania (6.4. *Scenariusze wariantowania*, str. 110 – 113) oraz wyniki, które zostały przedstawione w odniesieniu do modelu referencyjnego ze względu na możliwość ich porównania. W podrozdziale 6.6. *Wnioski* (str. 119 – 121) przedstawiono wnioski z tej części badań oraz ich omówienie. Doktorant posłużył się w całym rozdziale opracowanymi przez siebie tabelami, wykresami, schematami, modelami, równocześnie omawiając je tekstowo. Według Recenzentki, trudna materia badań została w ten sposób przedstawiona klarownie i syntetycznie.

ROZDZIAŁ VII *Podsumowanie* (str. 122 - 131) zawiera podsumowanie badań literaturowych, podsumowanie badań wykonanych na podstawie analizy przypadków oraz podsumowanie badań wykonanych na podstawie symulacji energetycznych. Ogólne stwierdzenia zawarte w podsumowaniach nie są niczym nowym. W świetle wiedzy, którą dziś dysponujemy mamy świadomość, że z punktu widzenia poprawy efektywności energetycznej istnieje m.in. „... konieczność wspólnego rozpatrywania wszystkich istotnych parametrów, ponieważ izolowanie jednego z nich, bez uwzględnienia wpływu innych, może prowadzić do zniekształconych

wniosków...” (str. 123) lub „... Nie można jednoznacznie ustalić jednej optymalnej metody formowania bryły budynku i niezbędne jest badanie proponowanych rozwiązań w odniesieniu do strategii stworzonych przez wielobranżowy zespół projektowy...”(str. 123). Najbardziej istotny dla podsumowania badań wydaje się sposób zaimplementowania, wykorzystania tej wiedzy w pracach biur projektów. Z tego też powodu bardzo cenne jest stworzenie przez Doktoranta nowego schematu przepływu informacji na poszczególnych etapach procesu projektowego z wykorzystaniem opracowanej metody symulacji. Wyniki badań wskazują też na nowe kierunki działań, które mogą się przyczynić do poprawy efektywności energetycznej budynków, a które przedsięwzięte zostaną jeszcze przed rozpoczęciem realizacji.

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. arch. Jakuba Świdzińskiego pt. „*Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM*” jest pozytywna.

### 3. Podsumowanie

Dysertacja doktorska Pana mgr. inż. arch. Jakuba Świdzińskiego pt. „*Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM*” jest opracowaniem naukowym, wykonanym w oparciu o logicznie dobrane metody badawcze. Doktorant wpisał się w bardzo aktualny nurt tematyki badawczej, poszerzając zakres wiedzy w dyscyplinie naukowej *architektura i urbanistyka*. Przeprowadzony w pracy doktorskiej wywód pozwolił zrealizować przyjęte główne cele badawcze i udowodnić tezę.

Poziom merytoryczny rozprawy Recenzentka ocenia bardzo wysoko. Doktorant wykazał się ogromną wiedzą teoretyczną i praktyczną. Widać też wielki wkład pracy w wykonanie badań. Praca charakteryzuje się czytelną strukturą i logiką wyводу naukowego. Na uznanie zasługuje doskonale opanowany według Recenzentki warsztat naukowy Doktoranta. Recenzentka jest pod wrażeniem umiejętności Doktoranta dotyczących sprawnego przeprowadzania analiz oraz (co nie jest powszechne) umiejętności przeprowadzania syntezy, wyprowadzania jasnych wniosków. Doktorant prawidłowo używa specjalistycznych określeń i sprawnie posługuje się terminologią naukową, a równocześnie operuje prostym, zwięzłym, ładnym i zrozumiałym tekstem. Użyte w nim sformułowania świadczą zarówno o świadomości językowej Doktoranta jak i świadomości naukowej. Praca jest też bardzo dobrze opracowana edytorsko (wielkość czcionki, akapity, rozróżnienie graficzne tytułów, podtytułów, opracowanie ilustracji i tabel) dzięki czemu łatwo się ją czyta, mimo iż poruszana w niej problematyka do łatwych nie należy.

#### 4. Konkluzja

Doktorant bardzo dobrze opanował warsztat naukowy i wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej *architektura i urbanistyka*. Przeprowadzony w pracy doktorskiej wywód pozwolił zrealizować przyjęte cele badawcze oraz udowodnić tezę. Aplikacyjny i wdrożeniowy cel pracy doktorskiej również został zrealizowany, bowiem badania prowadzone przez Doktoranta wykonane m.in. w oparciu o praktykę projektową (Medusa Group), zostały już w tej praktyce częściowo wykorzystane. Według Recenzentki, sformułowane przez Doktoranta wnioski końcowe wpłyną pozytywnie na organizację procesu projektowego i realizacyjnego w inwestycjach prowadzonych zarówno przez pracownię we współpracy z którą przeprowadzono badania, jak i inne pracownie projektowe. Wnioski te mogą stanowić wskazówki czy wręcz zbiór wytycznych eksperckich do wykorzystania przez władze samorządowe lub państwowe dla opracowania stosownych przepisów, wymagań, czy norm w zakresie optymalizacji efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym.

**Recenzentka stwierdza niniejszym spełnienie przez Pana mgr. inż. arch. Jakuba Świdzińskiego w rozprawie doktorskiej pt. „*Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM*” merytorycznych kryteriów i wymogów wynikających z art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r., (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 ) z późniejszymi uzupełnieniami. Tym samym Recenzentka wnosi do Przewodniczącego Rady Dyscypliny Architektura i Urbanistyka w Politechnice Śląskiej o kontynuację procedury, przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pana mgr. inż. arch. Jakuba Świdzińskiego do publicznej obrony.**

Prof. dr hab.inż.arch. Magdalena Jagiełło-Kowalczyk

Kraków, 21.12.2024