

Wrocław, 20.09.2017

Prof. dr hab. inż. arch. Elżbieta Przesmycka  
Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej  
elzbieta.przesmycka@pwr.wroc.pl

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

PANI MGR. INŻ. ARCH. ANNY NOWAK

### PT. "Kształtowanie bionicznych powierzchni strukturalnych w architekturze współczesnych elewacji"

wykonanej pod kierunkiem. Dr hab. inż. Wiesława Rokickiego , Prof. PW

#### Podstawa opracowania recenzji:

- zlecenie Prodziekana ds. Nauki Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej Pani dr hab. inż. arch. Krystyny Smolarek, prof. PW, z dnia 6.07.2017 otrzymane wraz z egzemplarzem rozprawy w dniu 22.07.2017.
- Ustawa o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 18.03.2003 (z późn. zmianami).

#### • **Uwagi ogólne**

Praca została napisana pod kierunkiem Pana Dr hab. inż. Wiesława Rokickiego, Prof. PW

Praca liczy 250 stron prof. nadz. tekstu, 17 przypisów, 140 pozycji literatury, 154 ilustracji pogrupowanych w bloki i 8 tabel. Pisana jest klasycznie. Składa się z 11 rozdziałów. Pierwszy rozdział zatytułowany Wstęp zawiera wprowadzenie, przedmiot i problematykę pracy, ewolucję pojęć w terminologii architektoniczno-budowlanej, uzasadnienia pojęcia tematu, stan badań, zakres pracy, cel i tezy pracy, strukturę pracy i metodykę pracy (14 stron). W rozdziale drugim Autorka przedstawia Ewolucję kształtowania elewacji w architekturze. Rozdział ten zawiera genezę kształtowania elewacji, nowe tendencje i kierunki poszukiwań wraz z podsumowaniem i wnioskami (11 stron). Każdy z następujących rozdziałów kończy się podsumowaniem i wnioskami. W rozdziale trzecim Autorka przedstawiła Aspekty architektoniczno-urbanistyczne w kształtowaniu współczesnych elewacji. Po wprowadzeniu opisywane są funkcje

elewacji we współczesnej architekturze oraz wybrane aspekty architektoniczno-urbanistyczne i techniczne, w tym aspekty środowiskowe, aspekty urbanistyczne, architektoniczne i konstrukcyjno-materiałowe (35 stron). Rozdział czwarty poświęcony jest zagadnieniom interdyscyplinarnego projektowania w kształtowaniu powierzchni strukturalnych. Rozdział ten przedstawia rolę interdyscyplinarnego działania w kształtowaniu powierzchni strukturalnych oraz wybranych aspektów w takim procesie projektowania (15 stron). Rozdział piąty po wprowadzeniu poświęcony jest kształtowaniu bionicznej architektury, bionicznymi technologiami materiałowymi. Opisywane są bioniczne materiały funkcyjne inspirowane systemami i procesami zachodzącymi w organizmach żywych oraz procesami formotwórczymi. W następnej części Autorka opisuje bioniczne systemy stosowane w architekturze – wpływające na środowisko wewnętrzne budynku, na funkcjonowanie budynku, jako jednostki, oraz na postrzeganie budynku i środowisko zewnętrzne. Cały rozdział kończy podrozdziałem dotyczącym bionicznych struktur, jako wyniku procesów formotwórczych – zastosowania algorytmów w projektowaniu bionicznym oraz modeli matematycznych w kształtowaniu struktur bionicznych w architekturze (73 strony). Rozdział szósty obejmuje badania modelowe i analizy własne Autorki dotyczące powierzchni strukturalnych. Po wprowadzeniu przedstawiono przedmiot i zakres badań, cele badawcze, metodykę prowadzonych badań, ogólne założenia wejściowe – w tym założenia bioniczne, architektoniczno-geometryczne oraz konstrukcyjno-materiałowe. W dalszej części przedstawiono wyniki badań. Badanie I -podziały promieniste o równych długościach odcinków krzywej tworzącej, Badanie II – podziały promieniste o zmiennych długościach krzywej tworzącej i Badanie III dotyczące wpływu wybranych obciążeń klimatycznych (61 stron). Całość pracy kończy się Podsumowaniem, Bibliografią, Źródłami ilustracji, Streszczeniem i Aneksem.

- **Uwagi dotyczące doboru tematu, zakresu i celu pracy**

Tematyka pracy dotyczy problematyki projektowania współczesnych powierzchni strukturalnych w obiektach architektonicznych. Autorka zwraca szczególną uwagę na poszukiwanie synergii w kształtowaniu struktur nośnych wpływających na formę i wyraz estetyczny architektury w obiektach posiadających cechy bioniczne.

Program badań podjęty przez Doktorantkę zasługuje na pozytywną ocenę. Wyniki badań przedstawione w pracy powinny być brane pod uwagę, jako niezbędny materiał wyjściowy przy opracowywaniu nowych, swobodnych, estetycznych i oryginalnych form strukturalnych stworzonych na siatkach bionicznych, które obserwuje się w przyrodzie.

Należy nadmienić, iż temat ten nie jest dla Doktorantki nowy. Zagadnieniom kształtowania elewacji Autorka poświęciła łącznie od 2013 roku 20 referatów wygłoszonych na konferencjach i opublikowanych artykułów naukowych. Dorobek tematyczny doktorantki jest więc znaczny.

- **Ocena zasadniczej tezy pracy i jej oryginalności**

Wiek XIX i XX doprowadził do ewolucji w kształtowaniu elewacji, które z elementów konstrukcyjnych stały się swobodnymi osłonami, które można kształtować w bardziej swobodny sposób. Nowe elementy wpływają na kształtowanie przestrzeni publicznej, odbiór budynku czy też kształtowanie mikroklimatu wewnątrz. Tworzone kształty często nawiązują do form spotykanych w naturze, a nawet wzorują się na ich zasadzie działania. Kształtowanie powierzchni strukturalnych odbywa się często w sposób algorytmiczny umożliwiając optymalizację form strukturalnych. Inspiracje biomimikrą stają się obecnie jednym z kierunków kształtowania współczesnej architektury. Modele matematyczne odwzorowujące naturalne procesy formotwórcze umożliwiają poszukiwanie struktur zoptymalizowanych.

W założeniu pracy Autorka próbuje poszukiwać optymalnych powierzchni strukturalnych z uwagi na projektowanie bioniczne. Przedstawia tezy:

- Twórcze kształtowanie nowatorskich powierzchni strukturalnych jest zaawansowanym procesem poszukiwań rozwiązań synergicznych o cechach emergentnych.

- Niekonwencjonalne podejście i kompleksowe projektowanie interdyscyplinarne jest działaniem koniecznym w tworzeniu architektury bionicznej.

- Projektowanie form architektonicznych w oparciu o wzory bioniczne to nowe możliwości w kształtowaniu oryginalnych i zoptymalizowanych powierzchni strukturalnych.

Współczesne elewacje kształtowane są różnorodnie i najczęściej dostosowane są do warunków klimatycznych. Mogą one odgrywać istotną rolę w poprawie warunków środowiska zewnętrznego, zmniejszenia energochłonności eksploatacyjnej i poprawienie tym samym, jakości życia w mieście.

Jednocześnie elewacje stanowią istotny czynnik kształtowania pierzei ulic i pasażów. Odpowiednie proporcje ulicy i elewacji kształtują charakter przestrzeni miejskiej. W ten sposób możliwe jest kształtowanie charakteru przestrzeni publicznej stosując czynniki urbanistyczne.

Elewacje są pewną „wizytówką” kreującą markę i prestiż poprzez nadanie wyrazu estetycznego obiektu. Jednak duże nagromadzenie tego typu obiektów w jednym miejscu może wprowadzić chaos i zburzyć ład przestrzenny na danym terenie.

Współczesny stan kształtowania elewacji to między innymi dążenie do tworzenia architektury zrównoważonej. Wielofunkcyjność elewacji stwarza możliwość kształtowania proekologicznych powłok zewnętrznych mogących reagować na zmienne warunki zewnętrzne. Dążenie do architektury zrównoważonej w połączeniu z technologiami bionicznymi prowadzi do powstania architektury zintegrowanej ze środowiskiem, minimalizując jej negatywny wpływ na otoczenie.

Kształtowanie bionicznych powierzchni strukturalnych zaczyna stanowić pewien nurt we współczesnej architekturze. Inspiracje bioniką są współczesnymi trendami projektowymi. Istnieje wiele możliwości modelowania architektury na wzór biologicznych struktur umożliwiających tworzenie zoptymalizowanych i efektywnych

rozwiązań architektonicznych racjonalnych pod względem przestrzenno-konstrukcyjnym.

Najbardziej podstawowym zastosowaniem bionicznych modeli matematycznych jest projektowanie podziałów elewacji w postaci np. paneli. Podziały te pełnią funkcję estetyczną umożliwiając kształtowanie elewacji o nietypowym charakterze. Wśród algorytmów umożliwiających projektowanie nieokresowych układów paneli znaczenia nabierają algorytmy umożliwiające tworzenie geometrii fraktalnych czy też opartych na procesach formotwórczych obserwowanych w organizmach żywych.

Zastosowanie modeli odwzorowujących samoorganizację i naturalne procesy formotwórcze to nowatorskie pomysły w zakresie kształtowania form strukturalnych, w których elewacja pełni rolę konstrukcyjną. Wprowadzenie modeli matematycznych opisujących struktury ze świata przyrody stanowi istotną rolę w teselacji form strukturalnych, zwłaszcza krzywoliniowych. Poszukiwania w zakresie bionicznych elewacji prowadzone są w sposób umożliwiający przenikanie się różnych modeli matematycznych na różnych poziomach kształtowania elewacji. W ten sposób poszukuje się oryginalnych form opartych na logice kształtowania konstrukcyjnego dążącego do efektywnego zużycia materiału i energii na wzór procesów ewolucyjnych zachodzących w naturze.

W części badawczej Autorka rozprawy przeprowadziła badania modelowe symetrycznych form strukturalnych budowanych na rzucie koła z zastosowaniem przekształceń topologicznych. Przyjęła, jako schemat statyczny ustroju nośnego przestrzenną strukturę prętową, utworzoną przez obrót krzywej tworzącej wokół osi prostopadłej do podstawy. Efektywność uzyskanych przestrzennych struktur prętowych oceniono badając;

- podziały promieniste o równych długościach odcinków krzywej tworzącej,
- podziały promieniste o zmiennych długościach odcinków krzywej tworzącej

Na tej podstawie Autorka przeprowadza analizę porównawczą poszczególnych form z uwzględnieniem obciążenia wiatrem.

Celem analizy badawczej była analiza wybranych struktur bionicznych i geometrycznych brył obrotowych z uwagi na minimalną masę.

Do analizy statyczno-wytrzymałościowej wybrano:

- strukturę sieci pajęczej podanej obciążeniom grawitacyjnym, (opisanej krzywą łańcuchową),
- skorupkę jajka, (elipsoida wydłużona),
- szkielet krzemionkowy gąbki (do 5 tys. m głębokości), (opisana krzywą spline)
- strukturę wapiennego szkieletu jeżowców (obszary pływowe – odporność na uderzenie fal), (elipsoida spłaszczona).

Generowane siatki strukturalnej dotyczyło budowania różnych konfiguracji prętowych z wykorzystaniem algorytmów dla:

- podziałów promienistych o równych długościach odcinków krzywej tworzącej,
- podziałów promienistych o równych długościach wysokości bryły,
- podziałów promieniste o równych wartościach kąta pomiędzy osią obrotu a podstawą.

Wszystkie struktury przyjęto o jednakowej rozpiętości konstrukcyjnej.

Formy geometryczne oraz modele cyfrowe podziałów siatek opracowano graficznie w programach Archicad i AutoCAD. Modele obliczeniowe opracowane do analiz statystyczno-wytrzymałościowych wykonano w programie Robot Structural Analysis.

Analizy otrzymanych wyników w zakresie poszukiwania efektywności bionicznych form strukturalnych nie dały jednoznacznych odpowiedzi, lecz pozwoliły stwierdzić, iż formy bioniczne mogą wykazywać większą efektywność masową w stosunku do podstawowych form geometrycznych. Większość bionicznych form strukturalnych jest korzystniejsza konstrukcyjnie od ich odpowiedników geometrycznych. Na efektywność siatek strukturalnych miały również wpływ ich podziały. W przypadku obciążeń równomiernie rozkładających się analogicznie do ciśnienia hydrostatycznego większą efektywność wykazały formy organizmów żyjących na znacznych głębokościach (gąbki). Najmniejszą podatność na zmianę obciążeń zarówno jednorodnych jak i niejednorodnych wykazały struktury ukształtowane pod wpływem grawitacji (jajko i krzywa łańcuchowa - pajęczyna).

W podsumowaniu Autorka stwierdza, iż kształt elewacji może stanowić wynik projektowania formy, m.in. poprzez wykorzystanie algorytmów odwzorowujących warunki środowiskowe lub idee projektowania. Według Doktorantki nadmierne i ograniczone w wyborze zastosowanie algorytmów może doprowadzić do typizacji i powtarzalności elementów przestrzenno-architektonicznych.

Pani mgr inż. arch. Anna Nowak wykazała twórczą inicjatywę i przedstawiła wiele oryginalnych myśli. Wykonane prace i zamieszczone posumowanie badań zdaniem niżej podpisanej wnoszą istotny wkład do rozwoju badań naukowych w dziedzinie architektury. Poprzez stosowanie modeli matematycznych, odwzorowujących naturalne procesy formotwórcze możliwe staje się poszukiwanie struktur zoptymalizowanych.

- **Ocena prawidłowości zastosowanych metod i rozwinięcia tematu rozprawy**

Zdaniem recenzentki Doktorantka zastosowała prawidłową metodę studiów i badań związanych z opracowywanym tematem dysertacji. Badania przeprowadzone metodą modelowania oraz symulacji z wykorzystaniem narzędzi cyfrowych.

- **Ocena samodzielności rozwinięcia tematu**

Doktorantka opracowała w sposób szeroki zagadnienia ewolucji kształtowania elewacji w architekturze, poświęcając dużo miejsca interdyscyplinarnemu projektowaniu i kształtowaniu powierzchni strukturalnych, skupiając się na kształtowaniu bionicznym. Na podstawie analizy treści rozprawy podpisana wyraża opinię, że Doktorantka samodzielnie opracowała podjęte zadanie naukowe, wykazując wiele inicjatywy w zakresie metodyki studiów i badań naukowych.

- **Ocena stanu i poziomu wiedzy Doktorantki w zakresie dyscyplin, których dotyczy rozprawa oraz opinia o umiejętności przedstawiania wyników badań i poziomu edytorskim rozprawy**

Doktorantka wykazała w swoich badaniach szeroki zakres i wysoki poziom wiedzy w dyscyplinie, której dotyczy rozprawa. Doktorantka dysponuje również szeroką wiedzą z zakresu nauk technicznych i informatyki niezbędnych do opracowania tematu rozprawy.

Sposób przedstawienia kwerendy literaturowej, wyników studiów i badań oraz układ i poziom edytorski rozprawy zasługuje na pozytywną ocenę.

Pracę cechuje, na co należy zwrócić uwagę, niezwykła skrupulatność Autorki w przedstawianiu problemów i ich ocenie.

- **Wagi krytyczne o rozprawie, konieczność uzupełnień i poprawek**

Recenzentka nie wyraża zasadniczych uwag krytycznych i nie przedstawia wniosków w sprawie ewentualnych uzupełnień lub poprawek koniecznych do wprowadzenia do rozprawy przed zakończeniem przewodu doktorskiego.

Pewnym utrudnieniem w czytaniu pracy jest brak odwołań w jej tekście do prezentowanych ilustracji. Ilustracje są zasadniczo po tekście, który ich dotyczy, ale z racji ich pogrupowania w „bloki”, czasami trzeba się znacznie cofać w czytaniu pracy. Moje zastrzeżenie budzi również sposób numeracji zarówno ilustracji jak też wykresów i tabel. Ten sposób, który przyjęła Doktorantka jest stosowany w pracach, ale uważam, że lepiej by było gdyby zastosowano numerację ciągłą.

Życzę Pani Annie Nowak jak najszybszej publikacji pracy, bowiem zasługuje ona na to, zaś drobne niedoskonałości jak tzw. literówki i drobne błędy są łatwe do usunięcia. Ostatecznie te drobne błędy w niczym nie umniejszają istotnych walorów pracy.

- **Wnioski końcowe**

Podsumowując pragnę podkreślić, iż poddana recenzji praca prezentuje wysokie walory naukowe i odpowiedni warsztat badawczy. Praca dowodzi głębokiej wiedzy Kandydatki oraz świadczy o umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Przesyłając niniejszą ocenę pracy Pani mgr inż. arch. Anny Nowak pt. **Kształtowanie bionicznych powierzchni strukturalnych w architekturze współczesnych elewacji, Warszawa 2017**, przedkładam wniosek o przyjęcie jej przez Radę Wydziału, jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Autorki do publicznej dyskusji nad rozprawą zgodnie z Ustawą o tytule naukowym i stopniach naukowych. Praca stanowi samodzielne osiągnięcie Autorki i odpowiada w myśl Ustawy wymogom stawianym pracom doktorskim.

20.09.2017

