

## Zastosowanie metod CFD do modelowania ruchu na fali regularnej platform TLP pod morskie turbiny wiatrowe. Porównanie z wynikami badań modelowych.

Ewelina Ciba, Paweł Dymarski, Jędrzej Żywicki, Czesław Dymarski

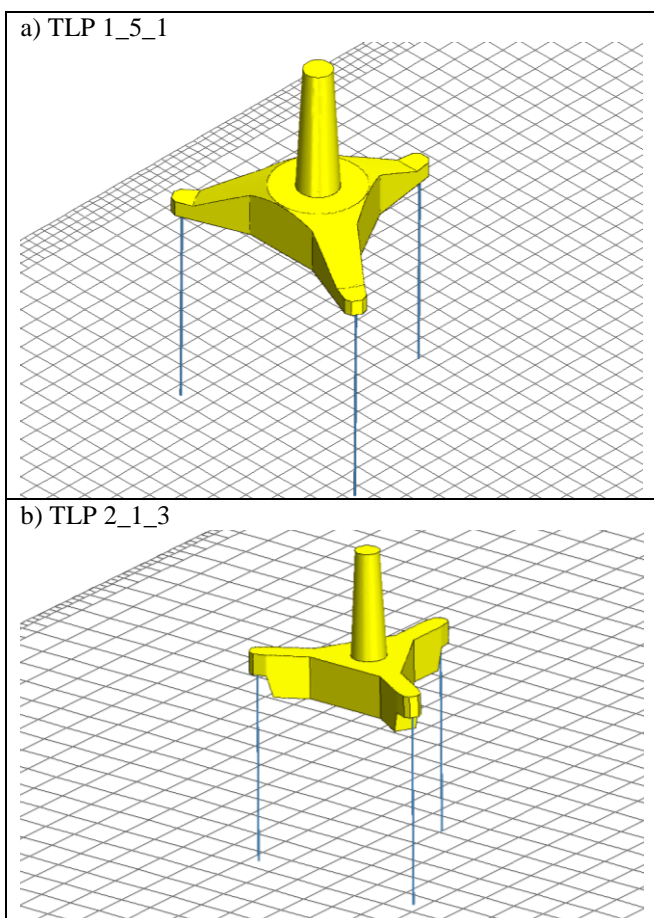
Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska  
email: pawdymar@pg.gda.pl

**STRESZCZENIE:** Prace przedstawione w niniejszym artykule zostały wykonane w ramach projektu o akronimie "WIND-TU-PLA" z programu MARTEC II Era-Net. Celem projektu jest opracowanie systemów posadawiania/ kotwiczenia morskich turbin wiatrowych dla akwenu Bałtyku południowego, gdzie zostały już wstępnie wyznaczone obszary, w których elektrownie wiatrowe mają być zainstalowane. W artykule poruszono zagadnienia związane z analizą dynamiki platform pływających typu TLP (Tension Leg Platform). Przeprowadzone obliczenia wykonano z zastosowaniem modelu ruchu bryły sztywnej o sześciu stopniach swobody (tzw. model DFBI - Dynamic Fluid Body Interaction) z użyciem siatki obliczeniowej typu overset mesh. Wykonano symulacje dla różnych geometrii obiektu oraz przeprowadzono badania modelowe dla jednej z nich, co umożliwiło walidację wyników. Porównanie wyników symulacji z przeprowadzonymi badaniami daje dobrą zgodność, potwierdzającą zasadność stosowania metod CFD. Wyniki przeprowadzonych obliczeń na fali regularnej pozwalają na wykonanie prognozy dla warunków sztormu 50-cio letniego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** platformy TLP, CFD, DFBI,

### 1. Cel i zakres pracy

Przeprowadzone obliczenia miały na celu określenie zachowania się konstrukcji TLP poddanej działaniu falowania morskiego, a w szczególności wyznaczenie amplitud przemieszczeń i przyspieszeń poziomych. Przeanalizowano dwie odmienne geometrie TLP 1\_5\_1 oraz TLP 2\_1\_3 przedstawione na rys. 1



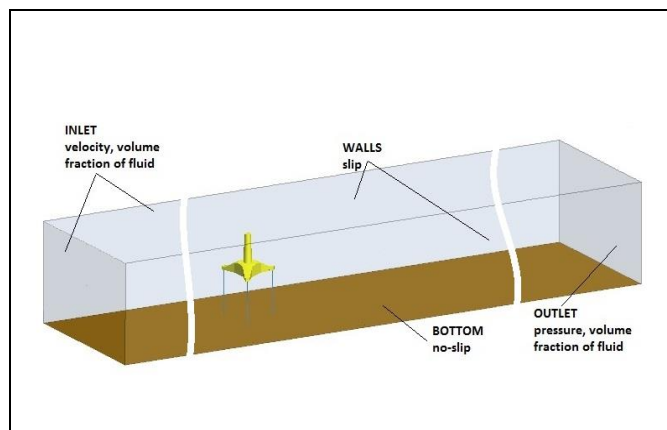
Rys. 1. Badane konstrukcje

### 2. Opis i metodologia badań

Dla obu geometrii wykonano symulacje numeryczne oscylacji swobodnych (Free Decay Tests) pozwalające określić okres oscylacji swobodnych obiektu oraz współczynnik masy wody towarzyszącej i współczynnik tłumienia. Następnie przeprowadzono serie symulacji zachowania się obiektu na fali regularnej dla określonego zakresu częstotliwości  $\omega$  i amplitudzie fali  $\zeta=1$ [m]. Wyniki obliczeń pozwalają na określenie prognozy zachowania się obiektu w warunkach oddziaływania fali nieregularnej, o parametrach  $H_s=9.01$ [m],  $T_p=11.3$ [s],  $\gamma=4.12$ [-] (co odpowiada warunkom sztormu 50-cio letniego na Bałtyku południowym)[3]. Dla konstrukcji TLP 1\_5\_1 przeprowadzono badania modelowe w Laboratorium Hydromechaniki Wydz. OiO PG (w skali 1:50), co pozwoliło na weryfikację wyników obliczeń CFD.

### 3. Modelowanie numeryczne i symulacja

Obliczenia przeprowadzono w prostokątnej dziedzinie pomiarowej dla konstrukcji TLP 1\_5\_1 przedstawionej na rys. 2, o warunkach brzegowych przedstawionych w tab. 1

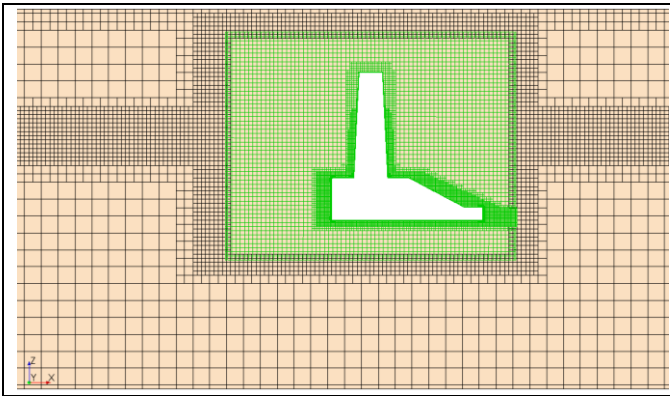


Rys. 2. Dziedzina obliczeniowa

Tabela 1 Warunki brzegowe

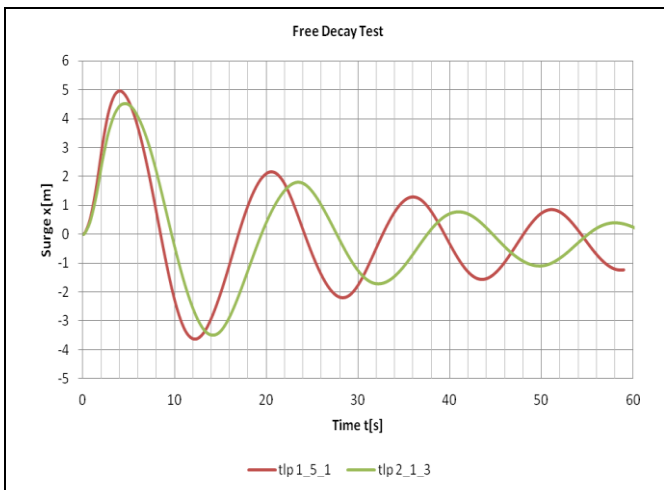
Wlot	Prędkość fali, udział objętościowy czynnika w funkcji czasu
Wylot	Ciśnienie hydrostatyczne, udział objętościowy czynnika, tłumienie
Dno	Brak poślizgu
Ściany	Poślizg

Ze względu na typ przeprowadzonych obliczeń (DFBI – Dynamic Fluid Body Interaction) posłużono się siatką obliczeniową typu overset, zdwojoną w otoczeniu obiektu, w której komórki podzielone są na aktywne, nieaktywne oraz akceptacyjne. Fragment siatki w płaszczyźnie symetrii pokazano na rys. 3, gdzie kolorem zielonym przedstawiono obszar ruchomy, związany z konstrukcją.



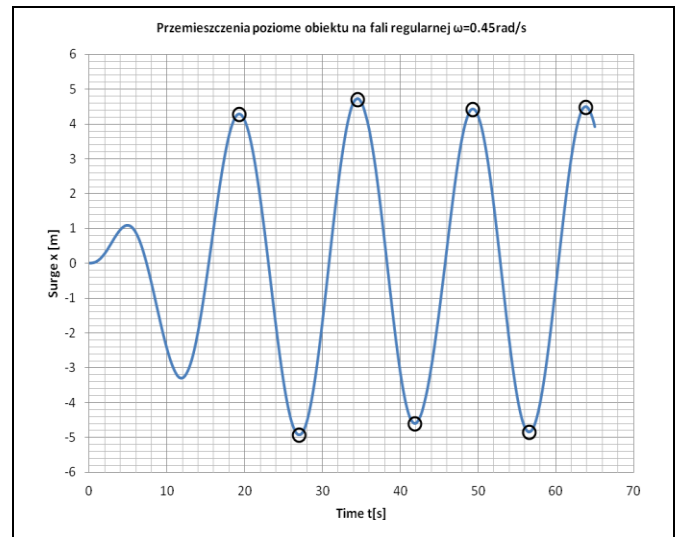
Rys. 3. Siatka typu overset. Kolor zielony – część ruchoma

Pierwszą część symulacji (oscylacje swobodne) przeprowadzono w taki sposób, że początkowo przyłożono do konstrukcji siłę wymuszającą jej przemieszczenie poziome, a następnie mierzono zanikające oscylacje. Porównanie wyników dla obu geometrii przedstawiono na wykresie na rys. 4



Rys. 4. Wyniki symulacji oscylacji swobodnych

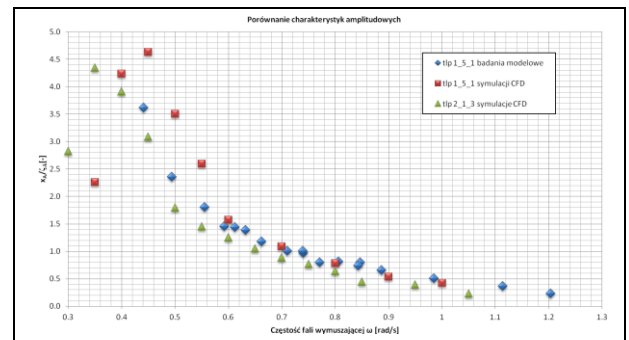
Przykładowe przemieszczenia konstrukcji uzyskane z drugiej części obliczeń (symulacji na fali regularnej) pokazano dla fali o częstotliwości  $\omega=0.45$ [rad/s] na rys. 5



Rys. 5. Przemieszczenia TLP 1\_5\_1 na fali regularnej

#### 4. Wyniki i analiza

W wyniku obliczeń otrzymano charakterystyki amplitudowe konstrukcji, które wraz z wynikami badań modelowych przedstawiono na rys. 6



Rys. 6. Charakterystyki amplitudowe

#### 5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono zastosowanie symulacji CFD do analizy właściwości hydrodynamicznych obiektu. Zastosowano złożone modele obliczeniowe, pozwalające na symulację ruchu bryły sztywnej, pozwalające odwzorować wzajemną interakcję pomiędzy obiektem i otaczającym go płynem. Opisano także, w jaki sposób można wnioskować o zachowaniu się obiektu w warunkach falowania nieregularnego, na podstawie badań przeprowadzonych na fali regularnej. Przeprowadzone badania modelowe pozwalają zaś w dużym stopniu potwierdzić skuteczność zastosowania metod numerycznych w procesie projektowym.

*Badania przedstawione w niniejszym artykule zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju NCBR w ramach projektu o akronimie "WIND-TU-PLA", program ERA-NET MARTEC II (nr umowy MARTECII/1/2014)*

#### Literatura

- [1] Journee J.M.J., Massie W.W, Offshore hydromechanics, Delft University of Technology, 2001
- [2] Star CCM+ Manual
- [3] Dymarski P., Ciba E., Marcinkowski T.:Effective method for determining enviromental loads on supporting structures for offshore wind turbines. Polish Maritime Research No 1(89) 2016