

Fundamentowanie morskich farm wiatrowych Doświadczenia z województwa zachodniopomorskiego

Dr inż. Agnieszka Myszkowska

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Wydział Budownictwa i Architektury

Rozwój sektora energetycznego, zwłaszcza w dziedzinie odnawialnych źródeł energii oraz zagospodarowania przestrzennego obszarów morskich mają dziś trudne do przecenienia znaczenie w intensywniej modernizacji naszego kraju. To podejście w połączeniu z wysokim potencjałem wietrznym regionu zaowocowało pozycją lidera w tym sektorze energetyki. Według statystyk prowadzonych przez Urząd Regulacji Energetyki [12]

moc zainstalowana w lądowych farmach wiatrowych na koniec 2013 roku wynosiła 1045,5 MW.

Strategia rozwoju województwa zachodniopomorskiego [9] zaktualizowana w 2010 roku oraz Plan zagospodarowania przestrzennego województwa zachodniopomorskiego [7] uwzględniają w swoich zapisach wykorzystanie energii wiatru na terenach morskich oraz ważność rozwoju gospodarki morskiej.



Rys. 1. Rozmieszczenie morskich farm wiatrowych w Europie Północnej (źródło: <http://www.lorc.dk> [5])

Na obszarze województwa działa kilka przedsiębiorstw zajmujących się energetyką wiatrową pod kątem inwestycyjnym, proceduralnym i budowlanym. Przykładowo na terenach Goleńskiego Parku Technologicznego powstają elementy siłowni wiatrowych. Nową inwestycję budowy fabryki fundamentów morskich farm wiatrowych rozpoczęła w Szczecinie spółka Bilfinger Crist Offshore, na którą otrzymała pozwolenie w październiku 2013 roku.

W Europie branża morskich elektrowni wiatrowych (*offshore*), po otrzymaniu wsparcia ze strony rządów, staje się coraz bardziej atrakcyjna dla sektora prywatnego. Rozwój tego rynku może znacząco przyczynić się do osiągnięcia celu, jakim jest zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w ogólnym bilansie energetycznym Unii Europejskiej w 2020 roku. Rozmieszczenie morskich farm wiatrowych w Europie Północnej pokazano na rys. 1.

ROZWÓJ GOSPODARCZY DZIĘKI FABRYKOM ELEMENTÓW SIŁOWNI WIATROWYCH

Według portalu „Rynek Budowlany w Polsce” [8] polski rynek budowlany w 2013 roku w wyniku mniejszej liczby realizo-

wanych inwestycji infrastrukturalnych odnotował pierwsze od 10 lat spadki. Sektor energetyczny to jeden z determinujących kierunków w przemyśle budowlanym. Jest to sieciowa infrastruktura energetyczna oraz infrastruktura wytwórcza. Oznacza to, że szansą na poprawę koniunktury budowlanej może stać się rynek dla kontraktów związanych z budową fundamentów i infrastruktury drogowej dla farm wiatrowych. Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej (obecnie Ministerstwo Infrastruktury Rozwoju) przygotowało mapę potencjalnych miejsc pod lokalizację farm wiatrowych (rys. 2).

SPOJRZENIE NA MORSKĄ ENERGETYKĘ WIATROWĄ DUŃSKICH EKSPERTÓW

Dania jest przykładowym krajem, na którym powinny wzorować się pozostałe kraje unijne chcące rozwijać branżę *offshore*. Według duńskich ekspertów [11] na przestrzeniach morskich nie ma dodatkowych przeszkód w zasilaniu turbin wiatrem wynikających z nierówności krajobrazu. Dodatkowo po 7 miesiącach pracy turbin możliwe jest przyczynienie się do znacznej redukcji emisji CO₂. Doświadczenie pokazuje, że podczas przygotowywania kolejnych projektów można założyć czas pracy tur-

biny na 95%. Najlepszym umiejscowieniem turbin wiatrowych jest odległość 20 km od brzegu. Panują tam najlepsze warunki wietrzne, choć odległość ta nie sprzyja podziwianiu walorów turystycznych tych obiektów.

Możliwe jest również zwiększenie potencjału technologicznego poprzez badania i rozwój. Obecnie wprowadza się nowoczesne turbiny o mocy $6 \div 10$ MW (pojedyncza turbina).

Przewiduje się, że potencjał morskiej energetyki wiatrowej w Europie będzie stale wzrastał:

- 2015 – 5000 MW
- 2020 – 14000 MW
- 2026 – 25000 MW

Polska znajduje się na 3. miejscu pod kątem potencjału ze względu na znaczący obszar Morza Bałtyckiego.

FUNDAMENTOWANIE MORSKICH FARM WIATROWYCH

Obecnie, zgodnie z opracowaniem „Gospodarcze i społeczne aspekty rozwoju morskiej energetyki wiatrowej w Polsce” wydanym przez Instytut Energii Odnawialnej w maju 2010 roku [4], rozwój projektów morskich farm wiatrowych koncentruje się na stosunkowo małych głębokościach (do 20 m) oraz blisko lądu (do 20 km). Przewiduje się, że do 2030 roku standardem będzie lokalizacja farm wiatrowych na morzach o głębokości 60 m i w odległości do 60 km od lądu.

Sposoby zakotwiczenia morskich farm wiatrowych pokazano na rys 3. Są to kolejno:

- fundament grawitacyjny (*gravity base*),
- trójnóg (*tripod*),
- pojedynczy pal (*monopile*),
- fundament kratownicowy (*jacket*),

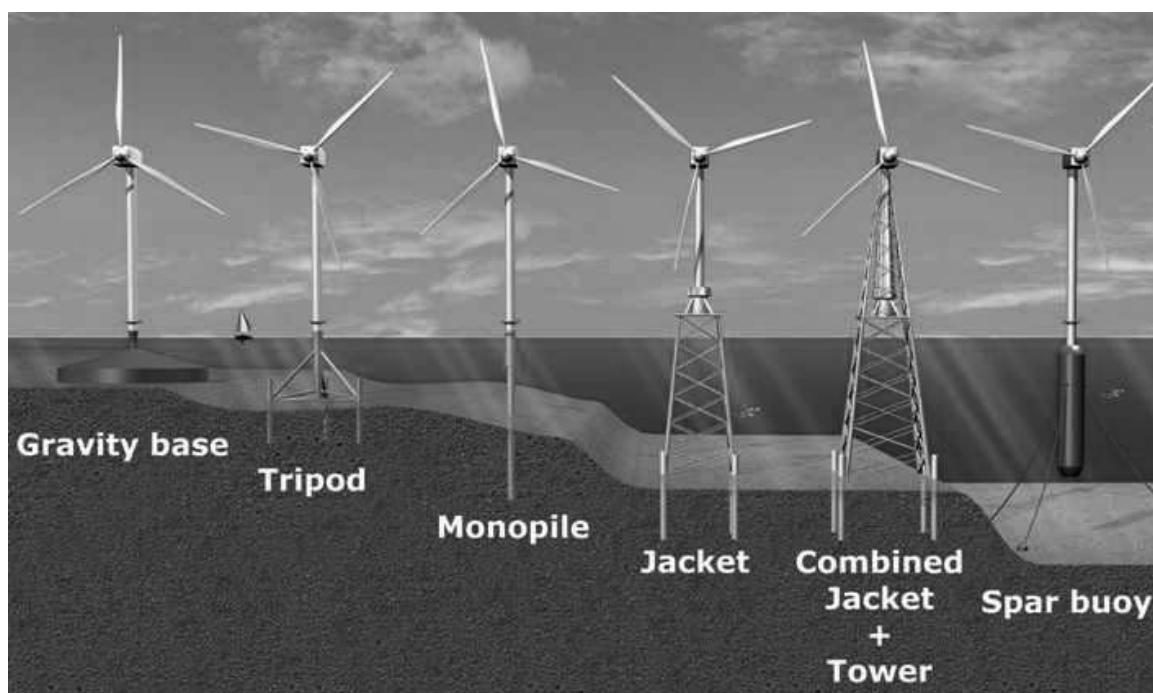
- połączenie fundamentu kratownicowego z wieżą (*combined jacked + tower*),
- fundament na boi (*spar buoy*).

FABRYKA PRODUKUJĄCA FUNDAMENTY MORSKICH WIEŻ WIATROWYCH W REGIONIE

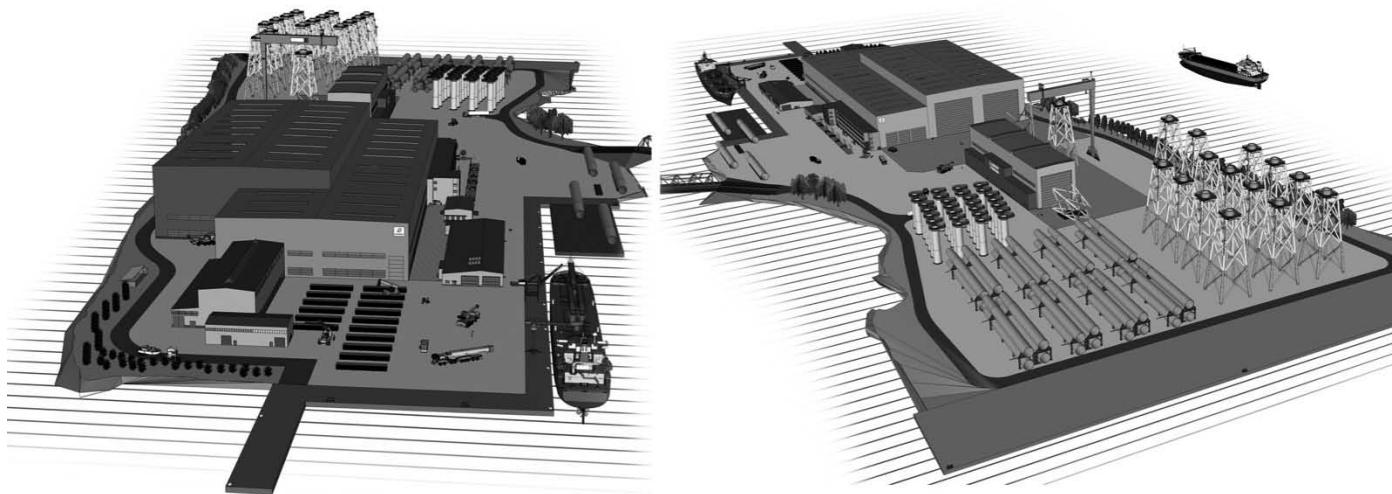
Znacznym wyzwaniem jest opracowanie technologii transportu wyposażenia farm wiatrowych na miejsce instalacji z różnych miejsc Europy. Jest to skomplikowany proces logistyczny, który wymaga dużych jednostek transportowych oraz nakładów finansowych. Istniejące zakłady budujące morskie elementy wiatrowe zlokalizowane w krajach na zachód od Szczecina nie są zakładami dedykowanymi, lecz powstają z przekształcenia byłych zakładów produkcyjnych, opierających działalność na elementach metalowych, przykładowo byłych stocznii.

W związku z tym warto podkreślić jest rozpoczęcie budowy na dawnym terenie Szczecińskiej Stoczni Remontowej „Gryfia” fabryki produkującej fundamenty morskich wież wiatrowych, na których montowane będą maszty i turbiny wiatrowe. Obszar inwestycji to 20 ha [2], z czego połowa to obszar objęty zadaszonymi halami. Ambicją inwestora, spółki Bilfinger Crist Offshore, jest, aby był to najbardziej nowoczesny zakład konstruowania tego rodzaju elementów w Europie i na świecie (rys. 4).

Nowoczesność ta polega na zainstalowaniu liniowej produkcji fundamentów kratownicowych. Efektem tego ma być większa efektywność technologiczna i branżowa względem konkurencji. Są to wielkogabarytowe elementy, które wymagają wysokiej klasy obróbki stali oraz spawania. Szczecińska fabryka ze względu na dobrą lokalizację, najnowocześniejsze technologie oraz wykwalifikowane kadry, w znacznej części wywodzące się ze szczecińskiego przemysłu stoczniowego, zamierza odegrać istotną rolę w rywalizacji o obiecujący rynek wielkogabarytowych konstrukcji stalowych w sektorze energetyki morskiej.



Rys. 3. Sposoby zakotwiczenia elektrowni wiatrowych na dnie morskim w zależności od głębokości (źródło: Carbon Trust – opracowanie IEO [4])



Rys. 4. Produkcja fundamentów kratownicowych w nowym zakładzie spółki Bilfinger Crist Offshore, wizualizacja obiektów należących do planowanej fabryki (źródło: Bilfinger Crist Offshore [2])

PROCES BUDOWY FABRYKI

Według informacji uzyskanych od spółki Bilfinger Crist Offshore obecnie są dostarczane na Gryfię żelbetowe pale oraz piasek [1]. Kruszywo jest potrzebne, aby podnieść poziom wyspy o kilka metrów oraz wzmocnić grunt. Dzięki temu będzie można postawić tam fabryczne hale. Szacuje się, że na Gryfii jest prawie 10-metrowa warstwa torfu, dlatego potrzeba aż 60 tysięcy ton piasku. Powstanie z niego specjalny nasyp, który dociąży teren. Natomiast zainstalowane wcześniej drenaże sprawiają, że torf ściśnie się, a znajdująca się w nim woda wypłynie na powierzchnię. Palowanie oraz obszar po wykonaniu palowania przedstawiają kolejno rys. 5 i 6.

Według założeń proces inwestycyjny dobiegnie końca w 2014 roku. Od tego momentu firma nabierze zdolności produkcyjnych, by osiągnąć pełną sprawność w 2015 roku.

Polska zyska bezpośredniego dostawcę fundamentów morskich, co zmniejszy znacznie koszty transportu. Wartością projektu jest jego międzynarodowy charakter, nowoczesna branża oraz wykorzystanie intelektualnego i materialnego potencjału szczecińskiego środowiska stoczniowego. Ponadto przedsiębiorca budujący fabrykę Spółka Bilfinger Crist Offshore planuje zatrudnić i docelowo ponad 500 osób.

FUNDAMENTY KRATOWNICOWE

W nowej fabryce jest planowana produkcja fundamentów morskich wież wiatrowych (około 90 tzw. fundamentów kratownicowych o wymiarach $32\text{ m} \times 32\text{ m} \times 80\text{ m}$ i masie około 1000 Mg).

Będą to fundamenty kratownicowe (ang. *jackets*) – konstrukcje strukturalne z rur średniośrednicowych ($500 \div 2000\text{ mm}$), wykorzystywane jako fundamenty wież wiatrowych na większych głębokościach (do około 50 m). Łączna masa jednego fundamentu to około 1000 Mg. Fundamenty te składają się z rozległej struktury stalowych prętów, które są umieszczone symetrycznie poza osią główną całej struktury – prowadzi to do znacznej oszczędności materiałów (rys. 7) [1].

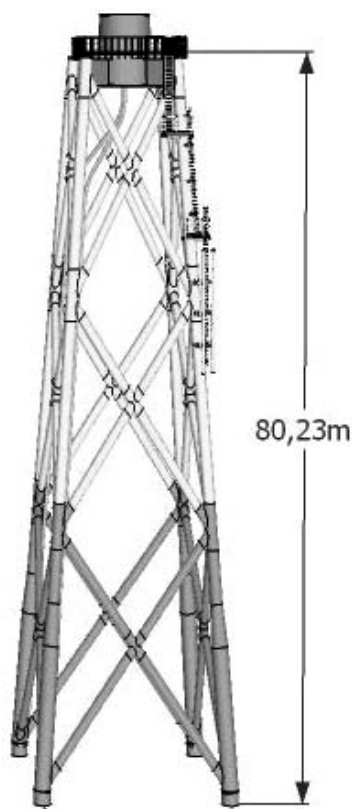


Rys. 5. Palowanie (źródło: Bilfinger Crist Offshore [2])



Rys. 6. Obszar po palowaniu (źródło: Bilfinger Crist Offshore [2])

Jedną z głównych zalet tych konstrukcji jest większa elastyczność geometryczna. Siły działające na poszczególne pręty w węzłach po posadowieniu konstrukcji będą pochodzić z pionowego nacisku konstrukcji wieży wiatrowej, jak również z oddziaływania fal morskich (np. podczas sztormu) działających na

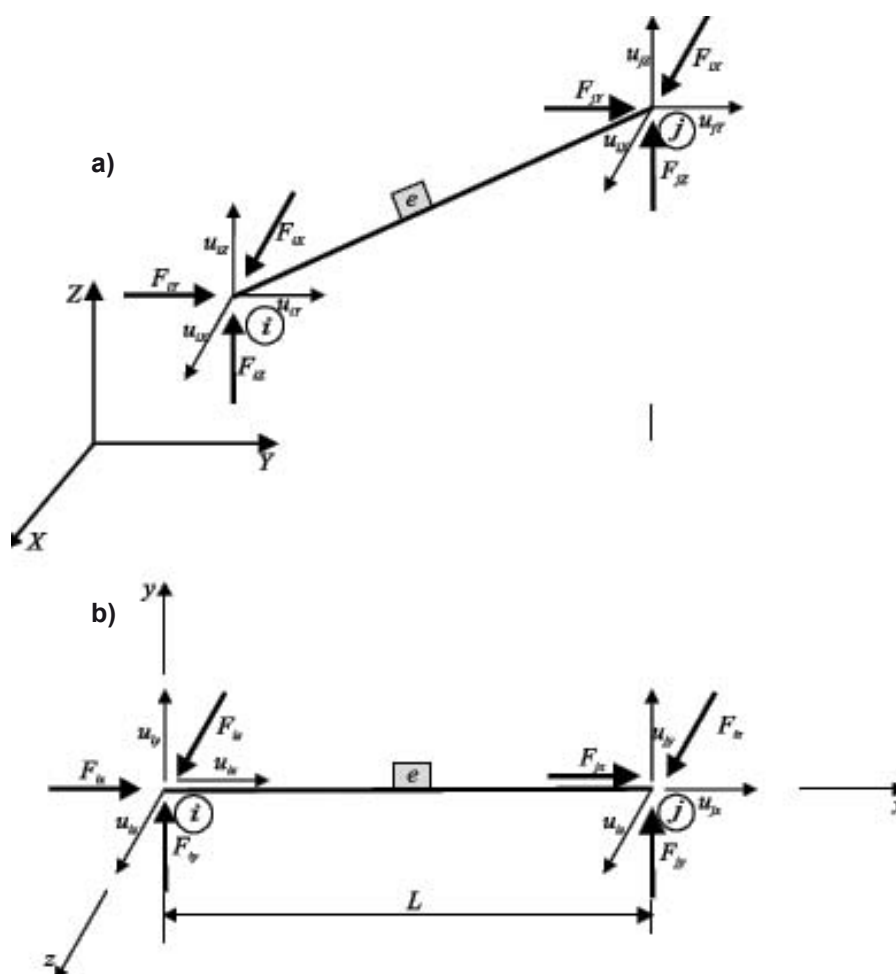


Rys. 7. Fundament kratownicowy (źródło: Bilfinger Crist Offshore [2])

konstrukcję w sposób dynamiczny i stochastyczny. Wówczas część prętów będzie podlegać ścisnaniu, a część rozciąganiu. Przestrzenne układy kratowe przenoszą obciążenia w sposób „inteligentny”. Pręty ściskane nie ulegają wyboczeniu, ponieważ nadmiar obciążeń rozkłada się na trzy składowe w trójwymiarowym układzie przestrzennym (rys. 8). Obciążenia w prętach rozciąganych są przekazywane do sąsiadujących prętów w postaci siły dociskającej, by zrównoważyć układ, dlatego konstrukcja nie traci stateczności (rys. 9, 10).

ZAKOŃCZENIE

Rozwój gospodarczy województwa zachodniopomorskiego jest zależny z pewnością od skuteczności współpracy świata biznesu i świata nauki, które stanowią dla siebie wzajemną szansę. Zachodniopomorscy inżynierowie pracują obecnie na najbardziej wymagających obszarach morskich w północno-zachodniej Europie przy budowaniu morskich farm wiatrowych. Potencjał naukowy tworzą obecnie Akademia Morska w Szczecinie i Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, które od kilkudziesięciu lat prężnie działają na rzecz rozwoju oceanotechniki, energetyki, elektryki i konstrukcji. Dlatego jest wskazane prowadzenie dalszych prac badawczych nad nowymi efektywniejszymi konstrukcjami fundamentów morskich, co wymaga szerokiej wiedzy zarówno w dziedzinie nośności konstrukcji stalowych, jak również fundamentowania.



Rys. 8 Element kraty przestrzennej – przemieszczenia i siły węzłowe [3, 13]



Rys. 9. Proces montażu fundamentu kratownicowego
(źródło: The building of an offshore wind farm, Alpha Ventus [10])



Rys. 10. Widok zamontowanych fundamentów i turbin wiatrowych
(źródło: The building of an offshore wind farm, Alpha Ventus [10])

LITERATURA

1. Bilfinger Crist Offshore: portal <http://www.bilfingercrestoffshore.com/pl/>.
2. Bilfinger Crist Offshore: Prezentacja „Produkcja stalowych fundamentów do morskich farm wiatrowych. Koncepcja fabryki”. VII konferencja „Odnawialne źródła energii szansą zrównoważonego rozwoju regionu”. Szczecin, 28 marca 2014 r.
3. Dyląg Z., Jakubowicz A., Orłowski Z.: Wytrzymałość materiałów. Tom I. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
4. Gospodarcze i społeczne aspekty rozwoju morskiej energetyki wiatrowej w Polsce. Instytut Energii Odnawialnej, maj 2010.
5. LORC: <http://www.lorc.dk>.
6. Ministerstwo Infrastruktury Rozwoju: https://www.mir.gov.pl/Gospodarka_Morska/Pozwolania/Documents/Mapa_potencjalnych_miejsc_farmy_wiatrowe.pdf.
7. Plan zagospodarowania przestrzennego woj. zachodniopomorskiego
8. Rynek Budowlany w Polsce: portal www.rynekbudowlany.com.
9. Strategia rozwoju województwa zachodniopomorskiego
10. The building of an offshore wind farm, Alpha Ventus
11. Urząd Marszałkowski Województwa Zachodniopomorskiego, spotkanie z ekspertami energetyki wiatrowej z firmy SIEMENS w dniu 7 października 2013 r.
12. Urząd Regulacji Energetyki – Mapa odnawialnych źródeł energii: www.ure.gov.pl.
13. Włodarczyk W.: Konstrukcje stalowe. Cz I. Podstawy projektowania. Wydawnictwa Naukowo Pedagogiczne.