

## Morskie farmy wiatrowe i ich wpływ na faunę Morza Bałtyckiego

Julia Musiał

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii

E-mail: [j.musial.115@studms.ug.edu.pl](mailto:j.musial.115@studms.ug.edu.pl)

tutor: dr hab. Urszula Janas, prof. UG

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii,

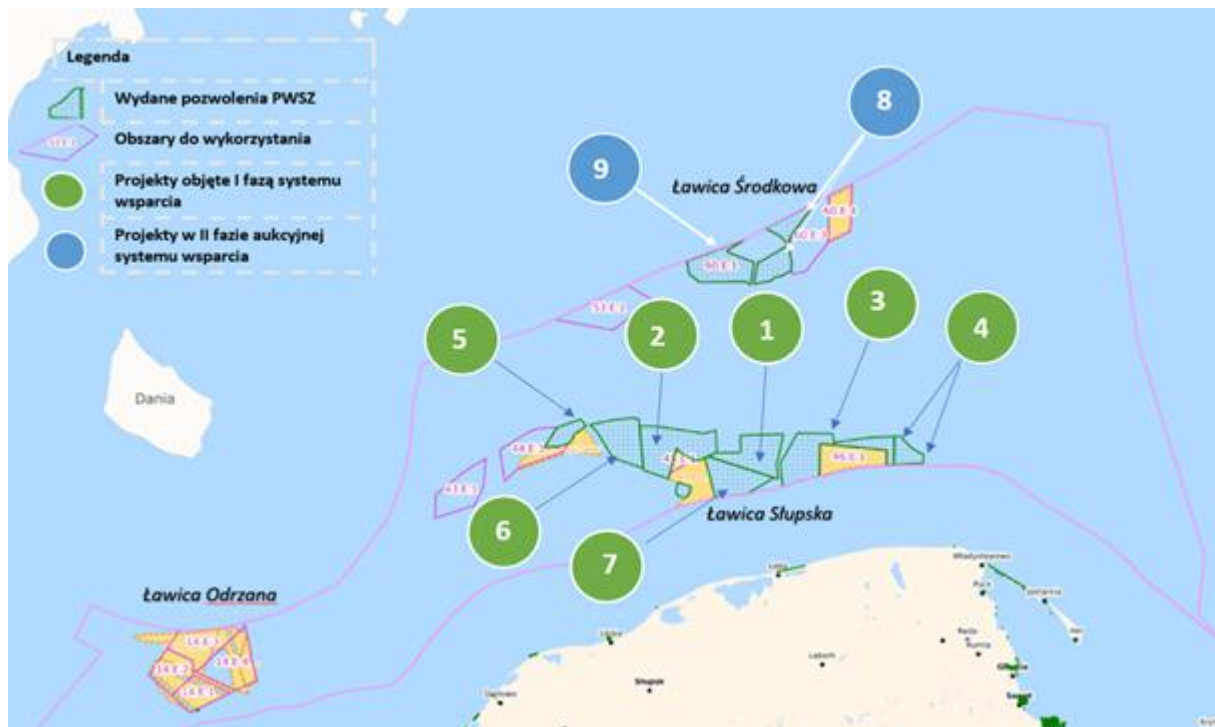
Katedra Ekologii Morza, Pracownia Ekologii Eksperymentalnej Organizmów Morskich

*Słowa kluczowe: morskie farmy wiatrowe, hałas, pole elektromagnetyczne*

**Streszczenie:** Morskie farmy wiatrowe to obecnie często wybierana metoda produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Zapewniają dużą wydajność, a położone są z dala od zabudowań mieszkalnych. Jednak obecność turbin na morzu wpływa na żyjące tam organizmy: ryby, ssaki, a nawet bezkręgowce oraz rośliny. W największym stopniu na otoczenie oddziałuje hałas, obecny głównie podczas etapu konstrukcji i likwidacji turbin. Zbyt głośne dźwięki mogą skutkować m.in. uszkodzeniem tkanek i zaburzeniami behawioru. Kładzenie kabli oraz sama instalacja elementów farmy wiatrowej powoduje niszczenie siedlisk zarówno zwierząt, jak i roślin żyjących na dnie morskim. Co więcej, czynnościom tym towarzyszy poruszenie osadów dennych, które zwiększa mętność wody. Kable, którymi odprowadzany jest prąd wytwarzający z kolei pole elektromagnetyczne oraz ciepło, które zmienia temperaturę osadów oraz ich

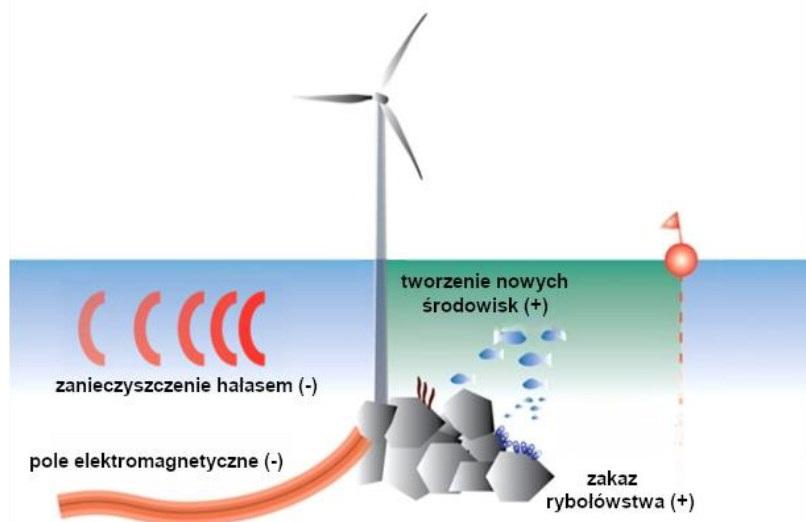
właściwości. Tak samo jak elementy turbiny, niezakopane kable stanowią przystępne miejsce do rozwoju organizmów wymagających twardego podłoża. Zwiększa się przez to bioróżnorodność, istnieje również możliwość pojawienia się gatunków obcych. Zmianie ulega także rozmieszczenie przestrzenne wielu gatunków zwierząt. Każda morska farma wiatrowa powstaje jednak w różnych warunkach, przez co ich wpływ na otoczenie może być odmienny.

Światowe zapotrzebowanie na energię stale wzrasta. Źródła nieodnawialne powoli się wyczerpują, co więcej, związane są z emisją gazów cieplarnianych przyczyniających się do globalnego ocieplenia. Morskie farmy wiatrowe stanowią alternatywne źródło energii odnawialnej. Mają one duży potencjał na Bałtyku ze względu na często występujące mocne i bardziej stabilne wiatry (Bergström i in., 2014). Planuje się obecnie budowę dziewięciu morskich farm wiatrowych w polskiej wyłącznej strefie ekonomicznej Morza Bałtyckiego (Ryc. 1) [1].



Ryc.1. Lokalizacje planowanych morskich farm wiatrowych na polskich obszarach morskich [1]

Przy omawianiu czynników wpływających na otoczenie farm wiatrowych, wyróżnia się trzy fazy: ich konstrukcję, eksploatację oraz likwidację. Zarówno podczas konstrukcji, jak i likwidacji, zakłócenia akustyczne oraz zaburzenia osadów stanowią największe zagrożenie dla organizmów. Wieloletnie użytkowanie turbiny skutkuje utworzeniem nowych siedlisk, wyłączeniem konkretnych miejsc z rybołówstwa, emitowaniem hałasu oraz pola elektromagnetycznego (Ryc. 2). Zjawiska te w różnym stopniu wpływają na organizmy żyjące w wodach. W Bałtyku wyróżnić można trzy główne grupy zwierząt, na które oddziałują te zjawiska: ssaki morskie, ryby oraz organizmy bentosowe (żyjące na, w dnie lub na innych podłożach stałych) (Bergström i in., 2014). Celem niniejszej pracy jest omówienie wpływu wybranych czynników towarzyszących konstrukcji, eksploatacji, jak i likwidacji morskiej farmy



wiatrowej na wybrane grupy zwierząt zasiedlających basen Morza Bałtyckiego.

Ryc.2. Zobrazowanie czynników towarzyszących funkcjonowaniu turbiny wiatrowej, wraz z ogólną pozytywną (+) lub negatywną (-) oceną oddziaływania na środowisko (Bergström i in., 2014, zmodyfikowany)

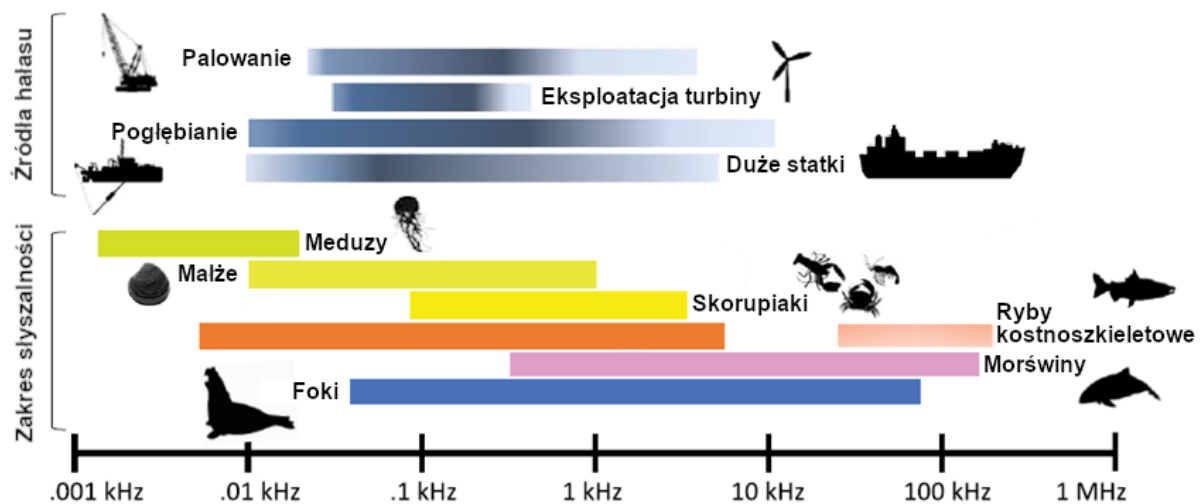
## Hałas

Hałas towarzyszy każdemu etapowi inwestycji morskiej farmy wiatrowej. Podczas konstrukcji i likwidacji są to dźwięki spowodowane montażem elementów turbiny (głównie mocowaniem jej w dnie morskim) oraz zwiększonym ruchem statków. Stopień zanieczyszczenia hałasem podczas budowy turbiny zależy głównie od sposobu zakotwiczenia jej w podłożu. Wśród tych najczęściej spotykanych wyróżnia się pale wielkośrednicowe oraz fundamenty grawitacyjne (Bednarska i in., 2017). Pierwszy z nich charakteryzuje się najwyższym poziomem hałasu podczas instalacji, ze względu na konieczność wbicia w dno morskie. Zabieg ten emituje dźwięki o wysokim natężeniu, co skutecznie odstrasza morświny oddalone nawet o 20 km od źródła hałasu (Brandt i in., 2011). Głośne dźwięki mogą skutkować uszkodzeniem narządu słuchu u ryb, ich zwiększoną śmiertelnością, zmianami behawioralnymi, a u morświnów maskowaniem dźwięków (utrudniając np. komunikację między osobnikami). Co więcej, tereny na których planowana jest budowa polskich farm wiatrowych stanowią drogę migracji zarówno dla ryb, jak i ssaków morskich. Hałas obecny w tych rejonach może znacznie utrudnić wędrówki związane z poszukiwaniem pokarmu oraz rozrodem (Górski i Pawliczka, 2019; [2]).

Podczas zabiegów będących głównym źródłem hałasu stosuje się jednak systemy jego redukcji, np. kurtyny powietrzne. Ściana bąbelków powietrza ma skutecznie wygłuszyć dźwięki, a dodatkowe zastosowanie pingerów (urządzenia emitujące impulsy dźwiękowe) na 2h przed rozpoczęciem prac powinno odstraszyć okoliczne ssaki morskie (Górski i Pawliczka, 2019; [2]). Drugi sposób mocowania konstrukcji turbiny wiatrowej w dnie morskim to fundamenty grawitacyjne. Ich instalacja wiąże się z koniecznością wyrównania podłoża, czasem jego pogłębienia lub ewentualnej wymiany gruntu. Oznacza to

mniej zanieczyszczenie hałasem w porównaniu do pali wielkośrednicowych, jednak prace przygotowawcze skutkują naruszeniem struktury osadów dennych, a także ich rozproszeniem w wodzie (Bednarska i in., 2017).

Hałas spowodowany samym ruchem dużych statków osiąga częstotliwości słyszalne dla wszystkich zwierząt zamieszkujących Morze Bałtyckie (Ryc. 3). Podobna sytuacja ma miejsce przy palowaniu. Dźwięki towarzyszące tej czynności są jednak o wiele głośniejsze, przez co mają większy wpływ na organizmy. Wibracje podczas użytkowania turbiny wiatrowej wytwarzają dźwięki o ciśnieniu akustycznym rzędu 80–150 dB re 1  $\mu$ Pa i o częstotliwościach słyszalnych i odczuwalnych dla fok, ryb kostnoszkieletowych, skorupiaków oraz małży (Duarte i in., 2021). Jednak w mniejszym stopniu zakłócają funkcjonowanie morświnów, ponieważ nie osiągają wystarczająco wysokich częstotliwości (Bergström i in., 2014; Duarte i in., 2021). Długotrwała ekspozycja na hałas może wywołać zmianę zachowania zwierząt. Zjawisko to zaobserwowano np. u morświnów, jednak z różnymi efektami (Scheidat i in., 2011). Czasem unikają one terenów farm wiatrowych nawet po dłuższym czasie ich funkcjonowania, kiedy indziej ulegają habituacji (zanika u nich reakcja na bodziec zewnętrzny), zdarza się nawet, że preferują te obszary. Głównym czynnikiem wpływającym na reakcję okolicznych zwierząt na turbiny jest otaczające je środowisko. W przypadku miejsc o dużym natężeniu ruchu morskiego, farmy wiatrowe stanowią pewnego rodzaju oazę i są w porównaniu do otoczenia cichsze i spokojniejsze (Scheidat i in., 2011; Bergström i in., 2014).



Ryc.3. Porównanie zakresów częstotliwości dźwięków słyszalnych i odczuwalnych dla grup zwierząt morskich oraz tych towarzyszących budowie, funkcjonowaniu i dekonstrukcji farm wiatrowych (Duarte i in., 2021, zmodyfikowany)

## Kładzenie kabli

Kolejnym mało oczywistym czynnikiem towarzyszącym budowie farm wiatrowych jest sposób kładzenia kabli w lub na dnie morskim. Jeśli na planowanej trasie znajdują się przeszkody uniemożliwiające umieszczenie kabla, są one przemieszczane. Jedną z metod usuwania wszystkich obiektów zalegających na dnie, jest ciągnięcie po wyznaczonym pod kabel terenie haka, który zbiera np. resztki lin lub pozostałości po sieciach rybackich. Istnieją różne sposoby umieszczania kabla w dnie morskim. Pierwszym z nich jest wykorzystanie pługu kablowego, który za pomocą siły mechanicznej wykonuje rów oraz umieszcza w nim kabel (Ryc. 4). Kolejnym są sanki lub koparki ciśnieniowe oraz frezarki kablowe. Te ostatnie używane są głównie do podłoża twardszego. Za pomocą koła lub łańcucha tnącego formują one rów, w którym umieszczany jest kabel (Opioła i in., 2022). Każda z powyższych metod wpłynie na organizmy żywe w mniejszym lub większym stopniu. W zasięgu ich oddziaływania niszczone są siedliska zarówno zwierząt, jak i roślin bentosowych. Wszystkie metody

skutkują także poruszeniem osadów morskich, zwiększając tym samym mętność wody, która może utrzymywać się nawet kilka dni. Skutkuje to m.in. zmniejszoną przejrzystością wody, co ogranicza dopływ światła, osłabiając fotosyntezę. Zjawisko to utrudnia też zdobywanie pokarmu zwierzętom, zarówno przez obniżenie widoczności, jak i utrudnienie filtracji. Unoszące się w wodzie cząsteczki piasku mogą uszkadzać skrzela młodocianych ryb lub oblepić ikrę pelagiczną (dryfującą) zmniejszając m.in. jej wymianę gazową. Natomiast ikra składana na powierzchni dna może ulec zakopaniu razem z kablem podczas jego instalacji (Taormina i in., 2018).

## Obecność kabli na oraz w dnie

Obecność kabli niezbędnych do transportu energii wytwarzanej przez morskie farmy wiatrowe wpływa nieustannie na otaczające je środowisko (Ryc. 5). Najbardziej jednak wspomnianym czynnikiem oddziałującym na organizmy żywe to pola elektromagnetyczne wytwarzane właśnie przez przepływający kablami prąd. W przypadku kabli zmiennoprą-

dowych (prądu przemiennego) wykorzystywanych często do transportu energii z morskich farm wiatrowych na ląd wytwarzane pole elektromagnetyczne ma niskie częstotliwości (ok. 50 Hz). Izolacja takiego kabla sprawia, że powstałe pole elektromagnetyczne ma nieduży zasięg. Jednak może ono wpłynąć na organizmy zasiedlające najbliższe otoczenie kabla, przykładowo zmieniając przepuszczalność błon biologicznych, poprzez tworzenie nowych w nich porów. Może to skutkować zaburzonym transportem jonowym, powodując zaburzenia ciśnienia osmotycznego (Jakubowska i in., 2019; Otremba i in., 2019). Niektóre zwierzęta (ssaki, skorupiaki lub ryby, w tym węgorz europejski i występujące sporadycznie w Bałtyku rekiny) wykorzystują ziemskie pole elektromagnetyczne do orientacji w terenie i migracji. Inne są w stanie wykrywać takie pola

specjalnymi receptorami, co ułatwia im znalezienie pożywienia i unikanie drapieżników. Obecność takiego stworzonego przez człowieka pola może zaburzyć funkcjonowanie tych zwierząt lub ich orientację w terenie (Bergström i in., 2014). Badania wykazały, że węgorz europejski zmniejsza prędkość poruszania się w okolicy kabla, co jedynie opóźnia nieznacznie jego tempo migracji (Westerberg i Lagenfelt, 2008). W miejscach, gdzie możliwe jest zakopanie kabla w dnie, wpływ pól elektromagnetycznych jest zmniejszony, jednak dalej obecny. Nie wszędzie jest to jednak możliwe, na twardszym lub kamienistym podłożu kable kładzione są na jego powierzchni. W takich wypadkach obkładane są betonowymi materacami albo głazami w celu zmniejszenia ich oddziaływania na otoczenie (Smith i in., 2015, Gill i in., 2020).

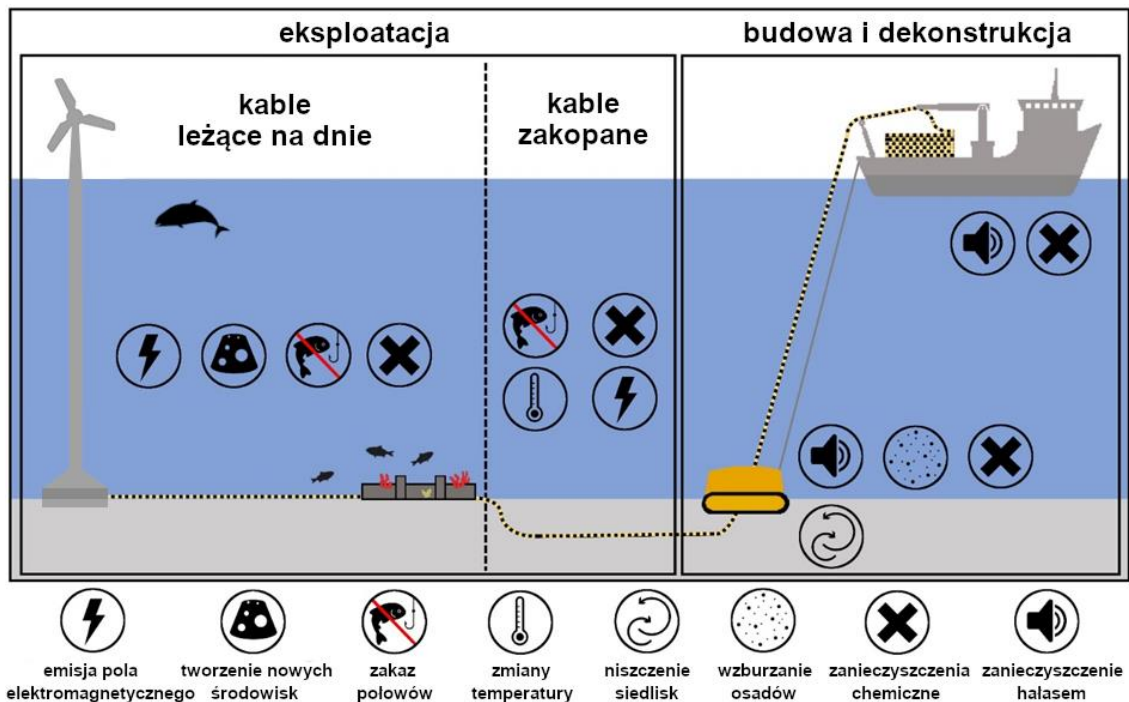


Ryc.4. Rów wykopany pod kabel [3]

## Obecność kabli na oraz w dnie

Obecność kabli niezbędnych do transportu energii wytwarzanej przez morskie farmy wiatrowe wpływa nieustannie na otaczające je środowisko (Ryc. 5). Najbardziej jednak wspomnianym czynnikiem oddziałującym na organizmy żywe to pola elektromagnetyczne wytwarzane właśnie przez przepływający kablami prąd. W przypadku kabli zmiennoprądowych (prądu przemiennego) wykorzystywanych często do transportu energii z morskich farm wiatrowych na ląd wytwarzane pole elektromagnetyczne ma niskie częstotliwości (ok. 50 Hz). Izolacja takiego kabla sprawia, że powstałe pole elektromagnetyczne ma nieduży zasięg. Jednak może ono wpłynąć na organizmy zasiedlające najbliższe otoczenie kabla, przykładowo zmieniając przepuszczalność błon biologicznych, poprzez tworzenie nowych w nich porów. Może to skutkować zaburzonym transportem jonowym, powodując zaburzenia ciśnienia osmotycznego (Jakubowska i in., 2019; Otremba i in., 2019). Niektóre zwierzęta

(ssaki, skorupiaki lubryby, w tym węgorz europejski i występujące sporadycznie w Bałtyku rekiny) wykorzystują ziemskie pole elektromagnetyczne do orientacji w terenie i migracji. Inne są w stanie wykrywać takie pola specjalnymi receptorami, co ułatwia im znajdowanie pożywienia i unikanie drapieżników. Obecność takiego stworzonego przez człowieka pola może zaburzyć funkcjonowanie tych zwierząt lub ich orientację w terenie (Bergström i in., 2014). Badania wykazały, że węgorz europejski zmniejsza prędkość poruszania się w okolicy kabla, co jedynie opóźnia nieznacznie jego tempo migracji (Westerberg i Lagenfelt, 2008). W miejscach, gdzie możliwe jest zakopanie kabla w dnie, wpływ pól elektromagnetycznych jest zmniejszony, jednak dalej obecny. Nie wszędzie jest to jednak możliwe, na twardszym lub kamienistym podłożu kable kładzione są na jego powierzchni. W takich wypadkach obkładane są betonowymi materacami albo głazami w celu zmniejszenia ich oddziaływania na otoczenie (Smith i in., 2015, Gill i in., 2020).



Ryc.5. Zjawiska wywołane obecnością kabli na etapie budowy, eksploatacji oraz dekonstrukcji morskiej turbiny wiatrowej (Taormina i in., 2018, zmodyfikowany)

Podczas transportu energii elektrycznej kablami, wydzielane jest ciepło. W przypadku kabli położonych na dnie, nie stanowi to większego zagrożenia, ze względu na stale przemieszczające się masy wody. Ewentualne zmiany temperatury byłyby więc niewielkie, a ciepło szybko rozpraszane. Jednak w przypadku kabli wkopanych w dno, istnieje ryzyko podgrzania otaczających osadów dennych nawet w odległości kilkudziesięciu centymetrów od źródła ciepła. Taka zmiana temperatury może wpłynąć na fizyczne i chemiczne właściwości osadów dennych, zaburzyć rozwój mikroorganizmów lub wywołać zmiany fizjologiczne u zwierząt żyjących w dnie (Taormina i in., 2018).

## Tworzenie nowych siedlisk oraz wykluczenie terenów z rybołówstwa

Jednym z efektów budowy morskich farm wiatrowych jest tworzenie nowych siedlisk. Większość polskich turbin na Bałtyku będzie budowana na podłożu piaszczystym. Ich konstrukcja uwzględnia jednak duże betonowe fundamenty lub zabezpieczenia antyerozyjne układane dookoła pala. Oznacza to, że w środowisku zdominowanym przez organizmy żyjące na lub w piaszczystym dnie, zaczną pojawiać się te, zamieszkujące podłoża twarde, co będzie skutkowało wzrostem bioróżnorodności. Z uwagi na fakt, że nowe gatunki stanowią łatwo dostępne źródło pożywienia, ich obecność może przyciągać też inne zwierzęta, np. ryby i ssaki morskie (De Mesel i in., 2013). Badania u wybrzeży Danii i Wielkiej Brytanii pokazały, że zarówno foka szara, jak i foka pospolita mają tendencję do podążania za położonymi na dnie kablami, a także przemieszczania się między turbinami morskich farm wiatrowych. Najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem tego zjawiska jest podążanie za rybami, które skupiają się wokół elementów turbin (Russell i in., 2014). Jednak tworzenie nowych środowisk do życia może mieć także negatywne skutki.

Fundament jest potencjalnym siedliskiem dla osiadłych gatunków obcych, których występowanie może stanowić zagrożenie dla rodzimych organizmów (De Mesel i in., 2013). Badania na płastugach, czyli rybach żyjących przy dnie i zagrzebujących się w piasku, wykazały przebywanie większej liczby osobników pomiędzy kamieniami zabezpieczenia antyerozyjnego turbin. Przyczyną tego zachowania jest najprawdopodobniej obecność dużej ilości pokarmu oraz łatwo dostępne schronienie zarówno przed drapieżnikami, jak i prądami morskimi (Buyse i in., 2022). Wykazano także, że płastugi żyjące w okolicy turbin żywią się innym pokarmem niż te zamieszkujące niezmiennione, naturalne tereny. Zamiast żerować na dnie miękkim, odżywiają się one organizmami osiadłymi, porastającymi elementy turbin. Co więcej, ryby te osiągały większe rozmiary niż osobniki schwyte poza obszarem farmy wiatrowej. Możliwą przyczyną tego zjawiska jest łatwiejsza dostępność pokarmu, z czym związane jest mniejsze zużycie energii na polowanie. Zdobywane tam pożywienie jest także wysokoenergetyczne oraz obfite w wielonienasycone kwasy tłuszczowe. Piaszczyste przestrzenie pomiędzy elementami zabezpieczenia antyerozyjnego pozwalają płastugom na szybkie schowanie się przed drapieżnikami, dzięki czemu także oszczędzana jest energia. Może ona zostać wykorzystana m.in. na intensywniejszy wzrost lub rozród (Buyse i in., 2023).

Powstanie farm wiatrowych wiąże się także z wykluczeniem pewnych terenów z ruchu morskiego, włączając w to rybołówstwo. Dla gatunków, które są regularnie poławiane, skutkiem byłby wzrost zagęszczenia i biomasy organizmów. Rzadsze korzystanie z narzędzi połowowych wleczonych po dnie może spowodować łatwiejszy rozwój organizmów przydennych, a także otaczającego ich środowiska, co oznaczałoby wzrost bioróż-

norodności. Często miejsca połowowe są relokowane z powodu budowy farm wiatrowych. Czyńjąc to należy jednak zachować ostrożność, ponieważ istnieje możliwość wybrania terenu mniej odpornego na połowy, co może mieć negatywny wpływ na liczebność lokalnych populacji ryb (Gill i in., 2020).

## Przyszłość morskich farm wiatrowych

Aktualnie na polskich obszarach morskich nie istnieje żadna farma wiatrowa. Rozpoczęcie budowy pierwszego takiego obiektu planowane jest jednak na rok 2024 (źródło internetowe 4). Ciekawą alternatywą dla opisanych powyżej konstrukcji, których budowa możliwa jest także na Bałtyku, są pływające turbiny wiatrowe. Mocowane są one w podłożu za pomocą lin zakończonych kotwicami, o stosunkowo małej średnicy. Dzięki mniejszym rozmiarom hałas wytwarzany podczas umieszczania ich w podłożu jest znacznie mniejszy (Koschinski i Lüdemann, 2013). Istnieją też kotwice, które utrzymują turbinę w prawidłowym położeniu za pomocą własnego ciężaru lub zaczepiając się w podłożu, zmniejszając znacznie problem zanieczyszczenia hałasem podczas konstrukcji. W przeciwieństwie do turbin osadzonych w dnie, pływające nie mają ograniczenia głębokości wody na których mogą funkcjonować. Oznacza to, że mogą znajdować się dalej od lądu, gdzie wiatry są mocniejsze i bardziej stabilne. Zmniejszają one także powierzchnię możliwą do zasiedlenia przez organizmy, ograniczając ją głównie do lin mocujących kotwice. Zarówno kable, jak i liny stanowić mogą zagrożenie dla dużych ssaków morskich. Ze względu na ich stosunkowo małą średnicę istnieje ryzyko zaplątania się tych zwierząt. Mniejsze ssaki (np. foki lub morświny) nie mają jednak trudności ze sprawnym ominięciem takich przeszkód. Dodatkowo, turbiny pływające w mniejszym stopniu zmieniają dynamikę wód (van Berkel i in., 2020).

Istotna jest także kwestia likwidacji turbiny po skończonym okresie jej eksploatacji. (Birchenough i Degraer, 2020). Części nad osadem muszą być rozmontowane, w przeciwnym razie nadal uniemożliwiałyby transport morski w danym rejonie. Jednak elementy podwodne z biegiem czasu mogą przekształcić się w bogate, może nawet unikalne ekosystemy. Czy powinniśmy w takim wypadku usuwać te siedliska, aby okolica powróciła do swojego pierwotnego stanu, czy chronić je w celu utrzymania bioróżnorodności? Odpowiadając na to pytanie, należy brać pod uwagę aspekty środowiskowe, takie jak gatunki zamieszkujące ten teren (czy są one obce czy rodzime), czy jest to miejsce rozrodu zwierząt lub kluczowe źródło ich pokarmu.

## Literatura:

- Bednarska M., Brzeska-Roszczyk P., Dawidowicz D., Dembska G., Drgas A., Dworniczak J., Fey D., Gajewski J., Gajewski L., Gajewski Ł., Galer-Tatarowicz K., Hac B., Kaczmarek N., Kałas M., Kapiński J., Keslinka L., Koszałka J., Kruk-Dowgiałło L., Kubacka M., Kuzebski E., Meissner W., Nermer T., Opiola R., Osipowicz I., Osowiecki A., Pazikowska-Sapota G., Rudowski S., Skov H., Spich K., Szeffler K., Świstun K., Thomssen F., Typiak M., Tyszecki A., Wąs M., Wróblewski R., Yalçın G., Zydellis R. Gdańsk, 2017, *Raport o oddziaływaniu na środowisko Morskiej Farmy Wiatrowej Baltica*.
- Bergström L., Kautsky L., Malm T., Rosenberg R., Wahlberg M., Capetillo NÅ, Wilhelmsson D. 2014, Effects of offshore wind farms on marine wildlife - A generalized impact assessment, *Environmental Research Letters*, 9(3).
- Birchenough S. N. R., Degraer S. 2020, Science in support of ecologically sound decommissioning strategies for offshore man-made structures: Taking stock of current knowledge and considering future challenges, *ICES Journal of Marine Science*, 77(3).



- Brandt M. J., Diederichs A., Betke K., Nehls G. 2011, Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea, *Marine Ecology Progress Series*, 421.
- Buyse J., Hostens K., Degraer S., De Backer A. 2022, Offshore wind farms affect the spatial distribution pattern of plaice *Pleuronectes platessa* at both the turbine and wind farm scale, *ICES Journal of Marine Science*, 79(6).
- Buyse J., Hostens K., Degraer S., De Troch M., Wittoeck J., De Backer A. 2023, Increased food availability at offshore wind farms affects trophic ecology of plaice *Pleuronectes platessa*, *Science of the Total Environment*, 862.
- De Mesel I., Kerckhof F., Rumes B., Norro A., Houziaux J.S., Degraer S. 2013, Fouling community on the foundations of wind turbines and the surrounding scour protection, *Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes*.
- Duarte C. M., Chapuis L., Collin S. P., Costa D. P., Devassy R. P., Eguiluz V. M., Erbe C., Gordon T. A. C., Halpern B. S., Harding H. R., Havlik M. N., Meekan M., Merchant N. D., Miksis-Olds J. L., Parsons M., Predragovic M., Radford A. N., Radford C. A., Simpson S. D., Slabbekoorn H., Staaterman E., Van Opzeeland I. C., Winderen J., Zhang X., Juanes F. 2021, The soundscape of the Anthropocene ocean, *Science*, 371(6529).
- Gill A. B., Degraer S., Lipsky A., Mavraki N., Methratta E., Brabant R. 2020, Special Issue on Understanding the Effects of Offshore Wind Energy Development on Fisheries Setting the Context for Offshore Wind Development Effects on Fish and Fisheries, *Oceanography*, 33(4).
- Górski W., Pawliczka I. 2019, Morskie elektrownie wiatrowe w polskich obszarach morskich - charakterystyka i stan zaawansowania prac.
- Jakubowska M., Urban-Malinga B., Otremba Z., Andrulowicz E. 2019, Effect of low frequency electromagnetic field on the behavior and bioenergetics of the polychaete *Hediste diversicolor*, *Marine Environmental Research*, 150(May).
- Koschinski S., Lüdemann K. 2013, Development of Noise Mitigation Measures in Offshore Wind Farm Construction.
- Opióła R., Gajewski J., Kaczmarek N., Balicka I., Barańska A., Bojke A., Broclawik O., Brzezińska A., Celmer Z., Chreptowicz M., Dembska G., Drgas A., Druzd N., Dworniczak J., Dziaduch D., Edut J., Fey D., Flasińska A., Gajewski Ł., Galer-Tatarowicz K., Grygiel W., Horbowa K., Jasper B., Kałas M., Kapiński J., Kołakowska E., Kubacka M., Kunicki M., Kuzebski E., Lisimenka A., Littwin M., Marcinkowski T., Meissner W., Mirny Z., Misiewicz E., Mortensen L., Nermer T., Nocoń M., Olenydz M., Olszewski T., Ostrowska D., Pazikowska-Sapota G., Pick D., Radtke K., Rydzkowski P., Sadowska U., Samocińska J., Schmidt B., Schöninger L., Skov H., Strzelecki D., Stöber U., Suska M., Szczepańska K., Szymanek L., Thomsen F., Tjørnløv R. S., Tuhuteru N., Wróblewski R., Wyszyński M., Załęski K. 2022, Raport o oddziaływaniu morskiej farmy wiatrowej Baltic Power na środowisko.
- Otremba Z., Jakubowska M., Urban-Malinga B., Andrulowicz E. 2019, Potential effects of electrical energy transmission - the case study from the Polish Marine Areas (southern Baltic Sea), *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 48(2).
- Russell D. J. F., Brasseur S. M. J. M., Thompson D., Hastie G. D., Janik V. M., Aarts G., McClintock B. T., Matthiopoulos J., Moss S. E. W., McConnell B. 2014, Marine mammals trace anthropogenic structures at sea, *Current Biology*, 24(14).
- Scheidat M., Tougaard J., Brasseur S., Carstensen J., van Polanen Petel T., Teilmann J., Reijnders P. 2011, Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms: A case study in the Dutch North Sea, *Environmental Research Letters*, 6(2).
- Smith G., Garrett C., Gibberd G. 2015, Logistics and Cost Reduction of Decommissioning Offshore Wind Farms, 44(March).
- Taormina B., Bald J., Want A., Thouzeau G., Lejart M., Desroy N., Carlier A. 2018, A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps,

recommendations and future directions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96.

van Berkel J., Burchard H., Christensen A., Mortensen L. O., Petersen O. S., Thomsen F. 2020, The Effects of Offshore Wind Farms on Hydrodynamics and Implications for Fishes, *Oceanography*, 33(4).

Westerberg H., Lagenfelt I. 2008, Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European eel, *Fisheries Management and Ecology*, 15(5–6).

## Źródła internetowe:

- [1] <https://www.gov.pl/web/morska-energetyka-wiatrowa/program-rozwoju-morskich-farm-wiatrowych> [dostęp: 29.05.2023]
- [2] <https://electrical-engineering-portal.com/installing-submarine-transmission-cable> [dostęp: 11.06.2023]
- [3] <https://www.gov.pl/attachment/c2a38cfa-7684-4804-9a0d-98d6d2c89245> [dostęp: 01.07.2023]
- [4] <https://balticpower.pl/o-projekcie/> [dostęp: 04.10.2023]

Notka o autorce: Studentka pierwszego roku studiów magisterskich na kierunku ocenografia. Interesuje się zoologią oraz wpływem działalności człowieka na środowisko naturalne.