

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności
w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko.
Projekt: „Ochrona ssaków i ptaków morskich - kontynuacja”



Wytyczne dla działań minimalizujących negatywny wpływ inwestycji morskich na ssaki morskie – hałas podwodny.

Autor:

Iwona Pawliczka vel Pawlik

Publikacja zrealizowana w ramach projektu

„Ochrona ssaków i ptaków morskich – kontynuacja” POIS.02.04.00-00-0042/18

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności w ramach
Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Fundusz Spójności



Spis treści

1.	Wstęp	3
2.	Ssaki morskie w polskich wodach Bałtyku i znaczenie dźwięku w ich życiu.....	4
2.1	Morświny.....	5
2.2	Foki szare	6
3.	Hałas podwodny jako zanieczyszczenie i skutki jego oddziaływania na ssaki morskie	7
3.1	Hałas impulsowy	10
3.2	Hałas ciągły	10
4.	Sposoby minimalizowania hałasu podwodnego	10
4.1	Hałas impulsowy	11
4.2	Hałas ciągły	12
5.	Zasady realizacji inwestycji morskich uwzględniające minimalizację hałasu podwodnego.....	13
6.	Literatura	15

1. Wstęp

Dźwięk w morzach i oceanach jest generowany przez wiele źródeł naturalnych, takich jak wiatr, falowanie, trzęsienia ziemi, opady atmosferyczne, pękający lód, wokalizację saków morskich czy ryb oraz wiele innych. Dźwięki wytwarzane przez działalność człowieka stanowią coraz większą składową ogólnych dźwięków w środowisku morskim, a stając się hałasem podwodnym są szkodliwe dla ekosystemu i jego mieszkańców. Źródłami podwodnego hałasu generowanego przez człowieka są m.in.: energetyka wiatrowa, transport morski i rybołówstwo, sporty motorowodne, przemysł wydobywczy, drażenia tuneli, pogłębianie torów wodnych, badania geofizyczne, sonary wojskowe i rybackie, eksplozje, detonacje broni konwencjonalnej, kładzenie kabli i rurociągów oraz inwestycje hydrotechniczne. Do takich inwestycji zalicza się głównie trwałe struktury, ingerujące w linię brzegową i w dno morskie, takie jak porty, przystanie i pomosty, terminale przeładunkowe, nabrzeża, tunele, oczyszczalnie ścieków, elektrownie czy nabrzeża, których budowa czy modernizacje oraz etap eksploatacji mogą ingerować w lądowe i morskie siedliska ssaków morskich i innych zwierząt.

Ze względu na rosnące zagrożenie hałasem podwodnym dla ekosystemu morskiego, uwaga naukowców i przyrodników skoncentrowana jest obecnie na energetyce wiatrowej z racji powiększającej się liczby i skali tego typu inwestycji zarówno już funkcjonujących, aktualnie realizowanych, jak i planowanych, głównie w strefie offshorowej. Dzięki monitorowaniu wpływu funkcjonujących tego typu inwestycji na ssaki morskie, zarówno podczas wznoszenia konstrukcji jak i w trakcie eksploatacji, wiadomo, że przedsięwzięcia te mogą oddziaływać negatywnie na zwierzęta. Szczególnie szkodliwy wpływ ma tzw. palowanie, czyli wbijanie fundamentów w dno morskie, kiedy generowany jest najwyższy poziom hałasu (Weilgart, 2007; Gilles i in. 2009; Teilmann i Carstensen, 2012). Metody minimalizowania hałasu podwodnego generowanego podczas budowy i eksploatacji morskich elektrowni wiatrowych, a także generowanego przez transport morski i rybołówstwo, detonacje broni, prace prowadzone podczas układania kabli i rurociągów, echosondy i sonary oraz przez ruch jednostek motorowodnych przedstawione zostały w opracowaniu pt. Instrukcja minimalizowania hałasu podwodnego jako istotnego zagrożenia dla morświna *Phocoena phocoena* w Morzu Bałtyckim (Górski i in. 2019 *dostępne online*). Niniejsze opracowanie, dotyczące sposobów minimalizowania zagrożeń wynikających z generowania hałasu podwodnego, skupia się na inwestycjach realizowanych głównie w strefie przybrzeżnej – tej części ważnego siedliska ssaków morskich, w których, ze względu na intensywność i różnorodność działalności człowieka, jej wpływ ma charakter skumulowany (Desforges i in.

2016). Będąc na najwyższym poziomie łańcucha troficznego, ssaki morskie narażone są nie tylko na zagrożenia bezpośrednie, ale także na wszystkie te, które zakłócają równowagę niższych poziomów troficznych, m.in. zanieczyszczenia chemiczne, odpady morskie (tworzywa sztuczne), brak światła i tlenu (np. poprzez wzrost zawiesiny w toni morskiej), brak pokarmu (poprzez rozproszenie stad ryb) czy gatunki obce. Wszystkie te zagrożenia towarzyszą procesowi realizacji inwestycji ingerujących w różnym stopniu w równowagę ekosystemów przybrzeżnych i zmieniających najczęściej w sposób trwały linię brzegową.

2. Ssaki morskie w polskich wodach Bałtyku i znaczenie dźwięku w ich życiu

Morze Bałtyckie zamieszkują 4 gatunki ssaków morskich, reprezentujących płetwonogie i walenie, spośród których dwa - foka szara, *Halichoerus grypus* i morświn, *Phocoena phocoena* - występują regularnie w Polskich Obszarach Morskich. Foki jako gatunki wodno-łądowe, odbywające ważne etapy swojego cyklu życiowego takie jak rozród czy linienie na lądzie, a także będące w stanie ewakuować się na ląd w razie zakłóceń w środowisku wodnym, nie są tak narażone na oddziaływanie hałasu podwodnego jak w pełni zdane zarówno na to środowisko, jak i na posługiwanie się wyłącznie dźwiękiem, morświny.

Bałtyckie ssaki morskie, występujące w polskich obszarach morskich – morświn i foka szara, będąc gatunkami migrującymi, eksplorują cały zasięg tych obszarów. Występują zarówno w otwartych wodach, jak i w strefie przybrzeżnej. Morświny często żerują na bardzo płytkich wodach, gdzie skupiają swoją echolokacyjną aktywność na poszukiwaniu ofiar przy dnie, z rzadka tylko skanując otoczenie w celach orientacyjnych. Efekty niespodziewanych silnych dźwięków w zakresie ich słyszalności mogą wówczas wywołać skutki nieporównywalnie większe niż na otwartych wodach, gdzie mają one zwykle nieograniczone możliwości ucieczki w dowolnych kierunkach, a dźwięk rozchodzi się swobodnie w całej toni. Foki, z racji użytkowania siedlisk lądowych w całym cyklu życiowym zwykle przebywają w płytkich wodach blisko tych siedlisk, choć pokonują też długie dystanse żerowiskowe lub eksploracyjne, szczególnie obserwowane wśród młodych osobników, rozpoczynających samodzielne życie. Ze względu na zasięg występowania dla obu gatunków niebezpieczny może być hałas podwodny generowany przez człowieka zarówno na pełnym morzu, jak w strefie brzegowej, gdzie realizowanych jest wiele inwestycji hydrotechnicznych.

Oba gatunki ssaków zasiedlających polskie obszary morskie, tak jak i występujące okazjonalnie w polskich wodach pozostałe gatunki fok – pospolita, *Phoca vitulina* i obrączkowana, *Pusa*

hispid, są ściśle chronione w Polsce na mocy rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt (Dz. U. 2022 poz. 2380), a morświn podlega dodatkowo tzw. ochronie czynnej. Wobec obu gatunków obowiązują między innymi zakazy umyślnego płoszenia lub niepokojenia, niszczenia siedlisk lub ostoi, będących ich obszarem rozrodu, wychowu młodych, odpoczynku, migracji lub żerowania; niszczenia legowisk lub innych schronień czy umyślnego uniemożliwiania dostępu do schronień.

Ponadto, foka szara i morświn zostały ujęte w załącznikach Dyrektywy Rady Europy 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory – tzw. Dyrektywy Siedliskowej, jako gatunki będące przedmiotem zainteresowania Wspólnoty, których ochrona wymaga wyznaczenia specjalnych obszarów ochrony w ramach sieci Natura 2000.

Polska zobowiązana jest do ochrony foki szarej i morświna również m.in. w ramach Konwencji o ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego (tzw. Konwencji Helsińskiej), której zalecenia wobec tych gatunków określają, że stanowią one i powinny takimi pozostać, istotne i cenne składniki ekosystemu Morza Bałtyckiego, związane z jakością środowiska Bałtyku.

2.1 Morświny

Bałtycka populacja morświna, licząc zaledwie ok. 500 osobników (Amundin i in., 2022), jest uznana za krytycznie zagrożoną wyginięciem (IUCN, 2012). Badania prowadzone od dziesięcioleci w różnych akwenach na świecie dowiodły, że zwierzęta te są wyjątkowo wrażliwe na antropogeniczny hałas (Tougaard i in., 2015; Southall i in., 2019), stąd stał się on jednym z najpoważniejszych zagrożeń branych pod uwagę w skutecznej ochronie morświnów i zarządzaniu gospodarowaniem obszarami morskimi.

Słuch jest podstawowym zmysłem wykorzystywanym przez morświny. Żyjąc wyłącznie w toni morskiej są one pozbawione możliwości orientacji w środowisku za pomocą wzroku, węchu czy smaku. Jak inne gatunki waleni morświny używają częstotliwości, która może pokrywać się z częstotliwością dźwięków generowanych przez różną aktywność człowieka.

Słuch morświna jest bardzo czuły i obejmuje szeroki zakres częstotliwości (Andersen, 1970; Popov i in., 1986; Kastelein i in., 2002; Kastelein, 2010). Wraz z jej wzrostem zarówno zdolności słuchowe morświnów jak i sygnały echolokacyjne stają się coraz bardziej

ukierunkowane. Poprawia to ich możliwości detekcji czyniąc je mniej podatnymi na hałas tła i na sygnały odbite od innych obiektów niż zamierzony cel (Kastelein i in. 2005).

Morświny emitują impulsy dźwiękowe o częstotliwości około 120-130 kHz, zwane potocznie „klikami” (Richardson i in., 1995), które służą im do lokalizowania ofiar, orientacji w otoczeniu (Amundin, 1991; Verfuss i in., 2002) oraz do komunikacji (Clausen i in., 2010; Sørensen i in., 2018). Morświny słyszą dźwięki o częstotliwościach pomiędzy 16 kHz a 140 kHz, a największa czułość ich aparatu słuchu zawiera się zakresie od 100 kHz do 140 kHz (Veerbom i Kastelein, 1995). Przyjmuje się, że zwierzęta te są całkowicie zależne od dźwięków echolokacyjnych o wysokiej częstotliwości i wąskim paśmie (Au i in., 1999; Møhl i Andersen, 1973). Długość kliknięć wynosi około 50-175 μ s i występują one w seriach, między którymi obserwuje się odstępy czasowe o długości od 150 ms w tzw. „trybie poszukiwania” do 3 ms w przypadku zbliżania się do celu (Linnenschmidt i in., 2013; Miller, 2010; Wright, 2013). Maksymalna częstotliwość dźwięków wynosi około 130 kHz (Au i in., 1999), a poziom źródła dźwięku przez nie generowanego może wynosić do 205 dB w odległości 1 m od namierzanego obiektu, co przekłada się na możliwość wykrycia dorosłego śledzia z odległości do 40 m (Villadsgaard i in., 2007). Inni autorzy sugerują maksymalną odległość skanowania otoczenia przez morświny do 102 m (Linnenschmidt i in., 2013). W dobowym cyklu życiowym morświnów odnotowuje się pewne różnice osobnicze, ale zwykle korzystają one z echolokacji niemal w sposób ciągły (Carlström, 2005; Linnenschmidt i in., 2013; Todd i in., 2009; Wahlberg i in., 2015; Wright, 2013).

2.2 Foki szare

Foki szare obserwowane są wzdłuż całego polskiego wybrzeża Bałtyku, użytkując zarówno strefę wodną, jak i plaże czy w celu okresowego odpoczynku czy corocznej zmiany sierści. Jedynym siedliskiem lądowym w Polsce, w którym bytuje stado fok szarych, jest rejon ujścia Przekopu Wisły. Foki wykorzystują tam piaszczyste łachy, tworzące się w stożku ujściowym rzeki, odległe od lądu i zapewniające tym samym ich niezakłócone bytowanie. Foki wykorzystują wody Zatoki Gdańskiej jako miejsce żerowania, stąd najczęściej są obserwowane właśnie w tym akwenie i na jego brzegach. Wybierają zwykle miejsca spokojne, bez obecności ludzi, w tym także tereny portów, ich akwenów i niedostępnych dla ludzi urządzeń, gdzie czują się bezpiecznie. Dźwięków pod wodą używają głównie do komunikacji, szczególnie w okresie godowym, kiedy samce starają się zwabić samice i odstraszać konkurentów, znacząc głosem swój teren. Maskowanie tego dźwięku poprzez źródła hałasu antropogenicznego mogą

negatywnie wpłynąć na sukces rozrodczy, a także zmienić zachowania towarzyszące żerowaniu.

Wg przeprowadzonych dotąd nielicznych badań przez Ridgway i Joyce (1975) oraz Ruser i in. (2014) foki szare najlepiej słyszą dźwięki w zakresie częstotliwości 1-20 kHz, a nawet wyższej. Jednocześnie ich godowa wokalizacja obejmuje tzw. „warczenie” o niskiej częstotliwości 100-500 Hz, dźwięki gardłowe o częstotliwości 100 Hz-3 kHz i kliknięcia o częstotliwości ok. 3 kHz (Asselin i in., 1993).

3. Hałas podwodny jako zanieczyszczenie i skutki jego oddziaływania na ssaki morskie

W związku z rosnącą intensywnością gospodarczej i rekreacyjnej działalności człowieka na morzu, wzrasta presja na ekosystem Morza Bałtyckiego i jego mieszkańców między innymi poprzez wzrost poziomu hałasu podwodnego. Dyrektywa Ramowa w sprawie Strategii Morskiej (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/56/WE z dnia 17 czerwca 2008 r.) wymienia hałas podwodny jako zanieczyszczenie środowiska morskiego, a stopień tego zanieczyszczenia jako jeden z 11 wskaźników jakości środowiska morskiego. Świadomość społeczna tego zagrożenia i jego źródeł jest jednak wciąż znikoma, co skutkuje ignorowaniem tego problemu zarówno przez sektor gospodarczy, jak i indywidualnych użytkowników morza.

Hałas podwodny oddziałuje negatywnie na wszystkie formy życia morskiego, jednak jego skutki dla poszczególnych grup organizmów czy gatunków jest jeszcze słabo poznane. Na takie oddziaływanie, ze względu na swój tryb życia i uzależnienie swoich funkcji życiowych wyłącznie od dźwięku, narażone są w Bałtyku najbardziej morświny. Szeroki zakres częstotliwości odbieranych sygnałów akustycznych sprawia, że zwierzęta te są bardzo wrażliwe na występujące w środowisku dźwięki antropogeniczne. Nawet nieznaczny hałas ma wpływ na te zwierzęta, powodując płoszenie, zmieniając ich zachowanie, komunikację międzyosobniczą, zdolność polowania oraz rozpoznawania przeszkód czy stres, wywołujący różne skutki o okresowym lub trwałym charakterze. Intensywny hałas, zwłaszcza impulsowy, może powodować m.in. trwałe wypłoszenie z siedliska, utrudniony dostęp do pokarmu, utratę kontaktu samicy z karmionym mlekiem potomstwem, oddzielenie osobników od grupy, uszkodzenie aparatu słuchowego czy wręcz bezpośrednią śmierć. Zarówno hałas impulsowy, jak i długotrwanie utrzymujący się hałas ciągły mogą wpływać i zagrażać przeżyciu osobników. Hałas podwodny może powodować uszkodzenia narządu słuchu, tymczasową (TTS –

temporary treshold shift) lub trwałą (PTS – permanent treshold shift) utratę słuchu, maskowanie akustyczne dźwięków komunikacyjnych lub zaburzenia zachowania (Richardson i in. 1995). Uszkodzenia mogą powodować krwotoki lub zatory w uchu wewnętrznym (Evans i Miller, 2004). TTS lub PTS powodują zakłócenia w zdolności słyszenia, skutkując mniejszą wrażliwością na dźwięki o określonej częstotliwości lub jej całkowitą utratą. W środowisku hałasu podwodnego może także dojść do maskowania akustycznego, które powstaje wtedy, gdy częstotliwość dźwięków obcych w środowisku morskim pokrywa się z częstotliwością używaną przez zwierzęta, skutkując u morświnów obniżeniem zdolności detekcji obiektów lub komunikacji, a u fok głównie zakłócenia w komunikacji. W konsekwencji wpływa to na obniżenie zdolności wykrywania pokarmu i przeszkód oraz utratę kontaktu z innymi osobnikami gatunku, co ma szczególne znaczenie dla matek i ich potomstwa. W końcu hałas może spowodować zmiany w zachowaniu ssaków morskich, takie jak zmianę sposobu i głębokości nurkowania, zaprzestanie żerowania lub karmienia potomstwa, a także oddalenie się od źródła dźwięku często przekładające się na opuszczenie swojego siedliska (Novacek i in. 2007).

Zakres najlepszej słyszalności morświnów wynosi od 4 do nawet 150 kHz, co plasuje je w grupie zwierząt zarówno doskonale słyszających, jak i emitujących ultradźwięki. Morświn jest też rekordzistą wśród waleni w wytwarzaniu dźwięków o wysokiej częstotliwości aż do 180 kHz (ultradźwięki). Gatunki waleni posługujące się ultradźwiękami, w tym morświny, ze względu na budowę ucha wewnętrznego mają przypuszczalnie obniżony próg utraty słuchu w porównaniu z innymi gatunkami waleni (Lucke i in., 2009), co w większym stopniu naraża je na skutki hałasu podwodnego. Najniższy poziom hałasu, przy którym zarejestrowano zmiany behawioralne morświnów, wynosił ponad 96 dB przy częstotliwości 16kHz. Zmiany te dotyczyły zakresu głębokości nurkowania oraz zaprzestanie posługiwania się echolokacją, co prowadziło do obniżenia skuteczności żerowania (Wiśniewska i in., 2018). Mimo zakresu słyszalności przez morświny w wysokich częstotliwościach - ponad 4 kHz, szkodliwy wpływ hałasu podwodnego w postaci różnorodnych zmian behawioralnych, wypłaszania z siedliska czy braku komunikacji międzyosobniczej odnotowano już przy częstotliwościach 125 i 400 Hz i zbliżonym poziomie hałasu 103 i 115 dB (Pirota i in., 2014, Teilmann i Carstensen, 2012). W powyższych badaniach najniższy poziom hałasu, przy którym nie obserwowano zmian behawioralnych morświnów, wynosił 80 dB.

Przeprowadzona przez Bagočiusa w 2015 r. analiza dźwięków podwodnej wokalizacji fok szarych oraz hałasu generowanego przez przepływające obok statki pokazała, że hałas statków

powoduje niemal całkowite maskowanie wokalizacji fok w pełnym zakresie częstotliwości, uniemożliwiając im komunikację międzysobniczą.

W zależności od siły i parametrów źródła dźwięku i sposobu prowadzenia operacji generujących hałas podwodny, od odległości zwierząt narażonych na wpływ hałasu generowanego przez to źródło, a także od właściwości środowiska, w którym dźwięk się rozchodzi, zwierzęta mogą być narażone na różnego stopnia konsekwencje (Wartzok i in. 2004; Southall i in. 2007), wywołujące różne reakcje zwierząt, dla których wytwarzany hałas jest słyszalny. Rodzaje reakcji szereguje się w przybliżonej kolejności według rosnącej dotkliwości oddziaływania, ale malejącego prawdopodobieństwa:

- zmiany nieobserwowane – zwierzęta mogą okresowo utracić wrażliwość aparatu słuchowego np. na skutek wielokrotnej ekspozycji na powtarzany hałas,
- zwiększona czujność,
- niewielkie reakcje behawioralne takie jak modyfikacje nadawanych dźwięków, związane głównie z efektem maskowania,
- zaprzestanie żerowania lub/i interakcji społecznych,
- tymczasowe unikanie strefy ekspozycji hałasu (jedno z najczęstszych obserwowanych zachowań w odpowiedzi na impulsy hałasu),
- zmiany zachowań, w tym rodzajów aktywności na poziomie indywidualnym lub w grupach socjalnych,
- trwałe porzucenie siedliska,
- fizyczne uszkodzenia aparatu słuchu lub śmierć na skutek bezpośredniego działania fali uderzeniowej lub na skutek reakcji fizjologicznych.

Wszystkie powyższe zachowania stanowią bezpośrednią lub pośrednią reakcję na hałas, jednak nie jest możliwe ustalenie ogólnie akceptowalnej definicji i kryteriów biologicznie znaczącego zaburzenia zachowania zwierząt eksponowanych na to zagrożenie. Tym bardziej wskazuje to na konieczność przyjęcia zasady unikania lub minimalizacji poziomu i liczby operacji generujących podwodny hałas lub ograniczenia jego propagacji dla zmniejszenia potencjalnego negatywnego wpływu na zachowanie ssaków morskich (NRC, 2003; Southall i in., 2007).

3.1 Hałas impulsowy

Hałas impulsowy definiowany jest jako jedno lub wiele zdarzeń akustycznych następujących po sobie, każdy o krótkim czasie trwania ($<1s$) i o wysokim poziomie ciśnienia akustycznego. Powstający podczas realizowania inwestycji morskich stanowi największe zagrożenie dla ssaków morskich. Jest on produktem ubocznym prowadzonych działań związanych z poszczególnymi etapami wznoszonych konstrukcji, nie spełniającym żadnej funkcji, jak ma to miejsce na przykład w badaniach sejsmicznych. Powstaje między innymi podczas takich prac jak palowanie, wiercenie, narzuty, betonowanie czy zbrojenie. Jego źródło może znajdować się zarówno w morzu, jak i na brzegu, skąd hałas jest również przenoszony do toni morskiej. Jako wyłącznie efekt uboczny wykonywanych prac inwestycyjnych może być poddawany ograniczeniom redukującym szkodliwy wpływ na ssaki morskie bez szkody dla samego przebiegu inwestycji.

3.2 Hałas ciągły

Hałas ciągły to stały lub długotrwały hałas o wysokim poziomie ciśnienia akustycznego. Źródłem hałasu ciągłego jest głównie ruch statków, ale także eksploatacja platform wydobywczych czy ruch jednostek komercyjnych czy rekreacyjnych. W związku z tym w planowaniu inwestycji morskich i ich ocenach oddziaływania na środowisko powinien być także uwzględniony hałas podwodny, generowany w fazie funkcjonowania gotowej inwestycji. Budowa czy rozbudowa portów i przystani wiąże się zwykle ze zwiększeniem liczby jednostek cumujących, a tym samym ze wzrostem hałasu ciągłego generowanym przez silniki jednostek komercyjnych i rekreacyjnych w określonym zasięgu danej inwestycji.

4. Sposoby minimalizowania hałasu podwodnego

Mimo, iż negatywne konsekwencje oddziaływania hałasu podwodnego na ssaki morskie zostały potwierdzone badaniami przeprowadzonymi w różnych akwenach morskich (Anderwald i in., 2013; Culloch i in., 2016; Ketten, 1995; Nowacek i in., 2007; Simmonds i Brown, 2010; Mann i Teilmann, 2013; Evans, 2008), wiedza o tym problemie, w szczególności o granicznych parametrach hałasu w określonych środowiskach, jego krótko- i długotrwałym wpływie na poziomie indywidualnym i populacyjnym, o sile i skutkach reakcji indywidualnych

i grupowych, a także konsekwencji behawioralnych, fizjologicznych czy fizycznych dla tych osobników, jest wciąż zbyt słabo poznana dla określenia konkretnych działań mitygujących. Z tego powodu, przyjęcie zasady ostrożnościowego podejścia w sposobie realizacji planów inwestycyjnych na morzu jest niezwykle istotne dla uniknięcia nawet choćby potencjalnego ryzyka szkodliwego oddziaływania na ssaki morskie. Takie podejście należy również zastosować w przypadku podjęcia legislacyjnych kroków regulujących kwestie ograniczania hałasu podwodnego jako skutku prowadzonej działalności gospodarczej na morzu. W przypadku Morza Bałtyckiego, zamieszkałego przez jedyny gatunek waleni – krytycznie zagrożonego wyginięciem morświna, eliminowanie zagrożeń w całym zasięgu występowania gatunku, jest szczególnie ważne dla przetrwania jego lokalnej, genetycznie odmiennej populacji. Ze względu na znikome prawdopodobieństwo zaobserwowania bałtyckiego morświna i status ochronny gatunku oraz nieadekwatność metod monitoringu inwestycyjnego przyjętego w państwach, których wody zamieszkują znacznie liczniejsze populacje waleni (np. bezpośrednie obserwacje z powietrza czy na wodzie), wskazane jest opracowanie dobrych praktyk zarówno monitoringu, jak i działań mitygujących wobec generowanego przez człowieka hałasu podwodnego dla ssaków morskich Morza Bałtyckiego.

4.1 Hałas impulsowy

Hałas impulsowy może być ograniczany za pomocą modyfikacji sposobów wykonywania poszczególnych prac poprzez zastosowanie cichszych urządzeń czy technologii lub poprzez minimalizowanie szkodliwego oddziaływania hałasu za pomocą działań i konstrukcji mitygujących. Ograniczanie hałasu impulsowego opiera się na trzech głównych zasadach: redukcji hałasu wytwarzanego (modyfikacja źródła hałasu), redukcji hałasu rozchodzącego się w wodzie (tłumienie) i unikanie narażenia ssaków na odbiór generowanego hałasu (ograniczenie działań w obszarach i okresach wrażliwych dla zwierząt lub odstraszenie ich od stref niebezpiecznych przed wygenerowaniem hałasu). Metody te można stosować równolegle, zwiększając w ten sposób stopień osiągniętego złagodzenia wpływu hałasu (Lamoni i Tougaard, 2023).

Modyfikacje źródła hałasu impulsowego są specyficzne dla samego źródła i polegają na: zmniejszeniu całkowitego natężenia hałasu rozchodzącego się w wodzie do minimalnego poziomu, przy którym możliwe jest wykonanie danego zadania; modyfikowaniu zarówno sprzętu, jak i stosowanych procedur w celu ograniczenia emitowanego hałasu (np. podczas

wbijania pali czy wiercenia) oraz zmianie technologii na cichsze alternatywy (np. fundamenty nie wymagające wbijaniu pali pod konstrukcje i instalacje. Dostępnych jest kilka rodzajów skutecznych technik ograniczania emisji hałasu, obejmujących między innymi kurtyny pęcherzykowe/bąbelkowe/powietrzne lub inne rodzaje materiałów absorpcyjnych stosowanych jako osłona pomiędzy źródłem hałasu a jego odbiorcami - zwierzętami. Zasada mająca na celu ograniczenie hałasu odbieranego powinna być zastosowana priorytetowo w postaci rozplanowania prac wytwarzających hałas odpowiednio czasowo i rejonowo tak, aby ograniczyć do minimum wpływ na zwierzęta. Przede wszystkim, jeśli to możliwe, należy rozważyć wybór miejsca inwestycji, aby wybrać takie o najmniejszym znaczeniu dla gatunków, na które hałas podwodny oddziałuje, a w dalszej kolejności także porę roku i dnia realizacji poszczególnych prac, kiedy zwierzęta są najmniej wrażliwe na takie oddziaływanie. Jest to jednak możliwe tylko wówczas, gdy znane jest rozmieszczenie geograficzne i sezonowe gatunków, a także intensywność i sposób użytkowania przez nie siedliska, w którym znajduje się obszar planowanych prac inwestycyjnych. Ta sama zasada jednak nie znajduje zastosowania, gdy takie dane nie są dostępne oraz gdy mamy do czynienia z gatunkami lub ich populacjami zagrożonymi wyginięciem, kiedy każdy osobnik w populacji ma wpływ na przeżycie tej populacji. W Morzu Bałtyckim takim gatunkiem jest morświn, którego zasięg występowania obejmuje cały akwen morza (Carlen i in. 2018), ale wiedza dotycząca biologii gatunku, jak i sposobu użytkowania siedlisk przybrzeżnych, ze względu na skrajnie małą liczebność populacji i wynikającą z tego rzadkość wykrywania osobników w całym zasięgu, jest wciąż zbyt skromna dla zastosowania jej dla charakterystyki parametrów populacji. W przypadku tego gatunku należy rozważyć wszystkie możliwe działania mitygujące w myśl zasady podejścia ostrożnościowego, mającej na celu zapobieganie możliwym negatywnym skutkom i ryzyku takich skutków, a brak odpowiednich informacji naukowych nie jest traktowany jako powód niezastosowania środków ochrony.

4.2 Hałas ciągły

W przypadku hałasu ciągłego fakt długotrwałej emisji hałasu przez m.in. przemieszczające się jednostki limitują możliwość zastosowania podobnych metod jak przy ograniczaniu hałasu impulsowego ze stałych, punktowych źródeł. Poza modyfikacjami technicznymi kadłubów i silników statków, najprostszym sposobem ograniczenia hałasu jest redukcja prędkości jednostek oraz wybór terminu realizacji poszczególnych etapów inwestycji wymagających wzmożonej obsługi jednostek pływających, który w uwzględnieniu zapewnienia spokoju w środowisku w kluczowych dla ssaków morskich okresach, takich jak rozród czy sezonowe

żerowanie. Ze wzmożonym ruchem statków uczestniczących w realizacji inwestycji wiąże się również zwiększenie poziomu hałasu podwodnego na skutek użycia echosond i innych systemów sonarów pokładowych. Ich potencjalny wpływ może zostać ograniczony poprzez odpowiednio dostosowaną do rejonu prac zmianę charakterystyki emitowanych sygnałów, ich poziom oraz czas trwania pojedynczej wiązki akustycznej, jej szerokość oraz częstotliwość ich wysyłania przez urządzenie.

5. Zasady realizacji inwestycji morskich uwzględniające minimalizację hałasu podwodnego

Wiele gałęzi przemysłu, w tym morska energetyka wiatrowa, rybołówstwo, transport morski czy inwestycje hydrotechniczne, dzieli ocean z dziką przyrodą morską. Branże te mają obowiązek pracować w sposób ograniczający negatywny wpływ na bioróżnorodność morską. Współistnienie z morską przyrodą i jej ochrona oznacza dołożenie wszelkich starań, aby zminimalizować lub maksymalnie złagodzić wszelkie zagrożenia dla zwierząt morskich i ich siedlisk.

Przed przystąpieniem do planowania inwestycji morskiej w celu zminimalizowania negatywnego wpływu generowanego podczas realizacji konstrukcji i jej późniejszej eksploatacji należy przewidzieć i przedsięwziąć poniższe kroki:

- a. dokonać analizy danych o występowaniu ssaków morskich w rejonie planowanego przedsięwzięcia na tle całego zasięgu występowania lub, jeśli takie dane nie istnieją, przeprowadzić co najmniej 1-letni monitoring ich obecności w tym rejonie przy zastosowaniu odpowiedniej dla gatunku metodyki i częstości pomiarów,
- b. określić, czy i które gatunki ssaków morskich mogą być zagrożone wpływem planowanej inwestycji oraz w miarę możliwości rozpatrzyć zmianę lokalizacji przedsięwzięcia uwzględniającej zminimalizowanie jego wpływu na siedliska użytkowane przez zwierzęta,
- c. jeśli jest to niemożliwe, określić w jakich okresach roku ssaki morskie mogą być niepokojone na skutek realizacji planowanego przedsięwzięcia,
- d. sporządzić wykaz planowanych i dopuszczonych do realizacji prac i urządzeń generujących hałas podwodny, określić parametry tego hałasu (natężenie, częstotliwość i propagacja) oraz liczbę i okres trwania prac,

- e. określić maksymalną prędkość jednostek pływających obsługujących inwestycję i odległość ich tras od siedlisk,
- f. sporządzić harmonogram uwzględniający wykonywanie prac generujących hałas podwodny impulsowy w okresach najmniejszej aktywności ssaków morskich w rejonie inwestycji i w jej sąsiedztwie,
- g. rozważyć wybór lub zmianę technologii wykonywania prac w celu zredukowania generowanego hałasu podwodnego,
- h. określić rodzaj i skalę potencjalnego negatywnego wpływu poszczególnych etapów realizacji przedsięwzięcia na ssaki morskie oraz przewidziane działania niezbędne dla zminimalizowania tego wpływu,
- i. w przypadku braku alternatywy dla osłabienia siły hałasu impulsowego poprzez zmianę lub modyfikację jego źródła, zastosować co najmniej następujące środki mitygacji (także równolegle):
 - a. system soft start, czyli stopniowe zwiększanie poziomu hałasu generowanego podczas realizacji prac,
 - b. kurtyny powietrzne tłumiące rozprzestrzeniający się w wodzie hałas przy realizacji części inwestycji wymagających zabijania konstrukcji w dnie morskim (palowanie) lub detonacji,
 - c. akustyczne odstraszacze dla morświnów (Acoustic Deterrent Devices - ADD) w postaci pingerów, emitujących dźwięki ostrzegające morświny przez niebezpieczeństwem, w promieniu co najmniej 500m od źródła dźwięku. Należy mieć na uwadze, że ten środek, odstraszając morświny od danego miejsca powoduje zakłócenia w naturalnym zachowaniu morświnów, ale może ochronić zwierzęta przed poważniejszymi konsekwencjami,
- j. zaplanować monitorowanie oddziaływania hałasu podwodnego na zwierzęta poprzez prowadzenie obserwacji bezpośrednich (odpowiednio przeszkoleni obserwatorzy, drony, kamery termowizyjne) i detekcji akustycznej obecności i reakcji behawioralnych zwierząt w rejonie inwestycji w promieniu ok.1km przed wygenerowaniem hałasu, w trakcie i po jego ustaniu; w przypadku zaobserwowania ssaków morskich bezzwłocznie zdezaktywować źródło hałasu i podjąć prace ponownie jeśli ssaki znikną z pola widzenia,
- k. w przypadku ingerencji przedsięwzięcia w sposób trwały w siedliska lądowe rozważyć możliwość zaplanowania w miejscach wolnych od intensywnego użytkowania inwestycji, konstrukcji kompensujących utratę tych siedlisk potencjalnie dostępnych dla fok,

1. w powyższych działaniach podjąć współpracę z instytucją naukową, prowadzącą badania ssaków morskich w polskiej strefie Bałtyku i posiadającą odpowiednią wiedzę na temat występowania, behawioru i biologii ssaków morskich .

Należy zwrócić uwagę, że rzetelne przygotowanie planu realizacji inwestycji pod kątem ochrony i dobrostanu ssaków morskich i zrealizowanie powyższych wytycznych we współpracy merytorycznej z naukowcami, pełna dokumentacja prowadzonych prac i ich efektów, zarejestrowanie dokonanych obserwacji ssaków morskich w rejonie prowadzonych prac, mogą stanowić przyczynić się do lepszego zrozumienia zachowań ssaków morskich i stanowić znaczny wkład w proces wypracowania katalogu najlepszych praktyk dotyczących minimalizowania negatywnego wpływu hałasu podwodnego towarzyszącego realizacji i późniejszej eksploatacji inwestycji hydrotechnicznych w Morzu Bałtyckim, przyczyniając się z jednej strony do skuteczniejszej ochrony ssaków morskich, a z drugiej kreując pro-przyrodniczy wizerunek inwestora wykazującego dbałość o morską różnorodność biologiczną i przetrwanie fok i morświnów jako naturalnego dziedzictwa Bałtyku.

6. Literatura

Amundin, M., 1991. Sound production in odontocetes with emphasis on the harbour porpoise *Phocoena phocoena*. Stockholm.

Amundin, M., Amundin, M., Carlström, J., Thomas, L., Carlén, I., Koblitz, J., Teilmann, J., Tougaard, J., Tregenza, N., Wennerberg, D., Loisa, O., Brundiers, K., Kosecka, M., Kyhn, L. A., Tiberi Ljungqvist, C., Sveegaard, S., Burt, M. L., Pawliczka, I., Jussi, I., Koza, R., i in. (2022). Estimating the abundance of the critically endangered Baltic Proper harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) population using passive acoustic monitoring. *Ecology and Evolution*, 12, e8554. <https://doi.org/10.1002/ece3.8554>

Andersen, S. 1970. Auditory sensitivity of the harbour porpoise *Phocoena Phocoena*. Pilleri, G. (Ed.) *Investigations on cetaceans, Vol. II*. Institute of Brain Anatomy, Bern, Switzerland. 255-259.

- Anderwald, P., Brandecker, A., Coleman, M., Collins, C....Walshe, L. 2013. Displacement responses of a mysticete, an odontocete, and a phocid seal to construction-related vessel traffic. *Endangered Species Research*, 21, 231-240
- Asselin, S., Hammill, M.O., Barrette, C. 1993. Underwater vocalisation of ice breeding seals. *Canadian Journal of Zoology*, 71: 2211-2219.
- Au, W.W.L., Kastelein, R.A., Rippe, T., Schooneman, N.M. 1999. Transmission beam pattern and echolocation signals of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*). *J. Acoust. Soc. Am.* 106, 3699–3705. <https://doi.org/10.1121/1.428221>
- Bagočius, D. 2015. Potencial masking of the Baltic grey seal vocalisation by underwater shipping noise in the Lithuanian area of the Baltic Sea. *Environmental Research, Engineering and Management*.
- Carlen, I., Thomas, L., Carlström, J., Amundin, M., Teilmann, J., Tregenza, N., ... & Acevedo-Gutiérrez, A. 2018. Basin-scale distribution of harbour porpoises in the Baltic Sea provides basis for effective conservation actions. *Biological Conservation*, 226, 42-53.
- Carlström, J., 2005. Diel variation in echolocation behavior of wild harbor porpoises. *Mar. Mammal Sci.* 21, 1–12. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2005.tb01204.x>
- Clausen, K.T., Wahlberg, M., Beedholm, K., Deruiter, S., Madsen, P.T. 2010. Click communication in harbour porpoises *Phocoena phocoena*. *Bioacoustics Int. J. Anim. Sound Its Rec.* 20, 1–28.
- Culloch, R., Anderwald, P., Brandecker, A., Haberlin, D., ...Cronin, M. 2016. Effect of construction-related activities and vessel traffic on marine mammals. *Marine Ecology Progress Series*, 549, 221-242
- Desforges, J.W.; Sonne, C.; Levin, M.; Siebert, U.; Guise, S.D.; Dietz, R. 2016. Immunotoxic effects of environmental pollutants in marine mammals. *Environ. Int.*, 86, 126–139

Evans, P. G. H., Miller, L. A. (Eds). 2004. Active sonar and cetaceans. W: Proceedings of workshop held at the ECS 17th Annual Conference, Las Palmas, Gran Canaria. Kiel: European Cetacean Society

Evans, P. G. H. 2008. Offshore wind farms and marine mammals: Impacts and methodologies for assessing impacts. In: Proceedings of the ASCOBANS/ECS workshop held in San Sebastian, Spain, 22 April 2007. European Cetacean Society Special Publication Series, pp.1-68.

Fernandez, A., Arbelo, M., Deaville, R., Patterson, I., ...Jepson, P. 2004. Pathology: Whales, sonar and decompression sickness. *Nature*, 428, 1-2.

Gilles, A., Scheidat, M., Siebert, U. 2009. Seasonal distribution of harbour porpoises and possible interference of offshore wind farms in the German North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 383, 295-307

Górski, W., Koza, R., Pawliczka, I. 2019. Instrukcja minimalizowania hałasu podwodnego jako istotnego zagrożenia dla morświna *Phocoena phocoena* w Morzu Bałtyckim. Fundacja WWF Polska.

IUCN. 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. Available at: www.iucnredlist.org. (Accessed: 12 October 2023)

Kastelein, R.A., Bunschoek, P., Hagedoorn, M., Au, W.W.L., de Haan, D. 2002. Audiogram of a harbour porpoise *Phocoena phocoena* measured with narrow-band frequency-modulated signals. *Journal of the Acoustical Society of America*. 112 (1): 334-344.

Kastelein, R. A, Hoek, L., de Jong, C.A.F., Wensveen, P.J. 2010 The effect of signal duration on the underwater detection thresholds of a harbor porpoise *Phocoena phocoena* for single frequency-modulated tonal signals between 0.25 and 160 khz. *Journal of the Acoustical Society of America*. 128: 3211-3222.

Kastelein, R.A., Gransier, R., Marijt, M.A.T., Hoek, L. 2015 Hearing frequency thresholds of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by played back

offshore pile driving sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 137(2):556-564.

Ketten, D.R. 1995. Estimates of blast injury and acoustic zones for marine mammals from underwater explosions. In: R.A. Kastelein, J.A. Thomas i P.E. Nachtigall (Eds.) *Sensory system of Aquatic Mammals* (pp.391-407). Woerden, NL: De Spil Publishers.

Lamoni, L. i Tougaard, J. 2023. Measures for reduction of anthropogenic noise in the Baltic. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 556. Report to the HELCOM SOM project

Linnenschmidt, M., Teilmann, J., Akamatsu, T., Dietz, R., Miller, L.A., 2013. Biosonar, dive, and foraging activity of satellite tracked harbor porpoises (*Phocoena phocoena*). *Mar. Mammal Sci.* 29, E77–E97

Lucke, K., Siebert, U., Lepper, P., Blanchet, M. (2009). Temporary shift in masked hearing thresholds in harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. *J. Acous. Soc. Am.* 125, 4060-4070.

Mann, J. i Teilmann, J. 2013. Environmental impact of wind energy. *Environmental Research Letters*, 8, 035001.

Miller, L.A., 2010. Prey capture by harbor porpoises (*Phocoena phocoena*): A comparison between echolocators in the field and in captivity. *J. Mar. Acoust. Soc. Jpn.* 37, 156–168.

Møhl, B. i Andersen, S., 1973. Echolocation: high-frequency component in the click of the Harbour Porpoise (*Phocoena ph. L.*). *J. Acoust. Soc. Am.* 54, 1368–1372. <https://doi.org/10.1121/1.1914435>

Novacek, D., Thorne, L. H., Johnston, D. W., Tyack, P. L., 2007. Responses of cetacean to anthropogenic noise. *Mammal Review*, 37(2), 81-115.

National Research Council. 2005. *Marine mammal populations and ocean noise: Determining when noise causes biologically significant events*. The National Academic Press, Washington, DC.

Pirotta, E., Brookes, K.L., Graham, I.M. I Thomson, D.H. 2014. Variation in harbour porpoise activity in response to seismic survey noise. *Biol. Lett.* 10: 20131090.

Popov, V.V., Ladygina, T.F., Supin, A.Y. 1986. Evoked potentials of the auditory cortex of the porpoise, *Phocoena phocoena*. *J. Comp. Physiol A.* 158: 705-711.

Richardson, W. J., Greene, C. R., Malme, C. I., Thomson, D. H. 1995. *Marine mammals and noise*. San Diego, CA: Academic Press

Ridgway, S.H., Joyce, P.L. 1975 Studies on seal brain by radiotelemetry. *Rapp. P.-v. Reun. Int. Explor. Mer.* 169: 81-91.

Ruser, A., Dahne, M., Sundermeyer, J., Lucke, K., Houser, D.S., Finneran, J.J., Driver, J., Pawliczka, I., Rosenberg, T., Siebert, U. (2014). In-air evoked potential audiometry of grey seals (*Halichoerus grypus*) from the North and Baltic Seas. *Plos One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0090824

Simmonds, M.P. i Brown, V.C. 2010. Is there a conflict between cetacean conservation and marine renewable energy development ? *Wildlife Research*, 37, 688-694.

Southall, B.L., Finneran, J.J., Reichmuth, C., Nachtigall, P.E., Ketten, D.R., Bowles, A. i in. (2019). Marine mammal noise exposure criteria: updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquat. Mamm.* 45, 125-232.

Sørensen, P.M., Wisniewska, D.M., Jensen, F.H., Johnson, M., Teilmann, J., Madsen, P.T., 2018. Click communication in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Sci. Rep.* 8, 9702. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28022-8>

Tougaard, J., Wright, A.J. I Madsen, P.T. 2015. Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoise, *Mar. Pollut. Bull.* 90, 196-208.

Teilmann, J., Carstensen, J. 2012. Negative long term effects on harbour porpoises from a large scale offshore wind farm in the Baltic – evidence of slow recovery. *Environmental Research Letters*, 7(4), 045101 10pp.

Todd, V.L.G., Pearse, W.D., Tregenza, N.C., Lepper, P.A., Todd, I.B., 2009. Diel echolocation activity of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) around North Sea offshore gas installations. ICES J Mar Sci fsp035. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp035>

Veebom, W.C., Kastelein, R.A. 1995. Structure of harbour porpoise click train signals. Pp.343-362. In: A.J. Read, P.R. Wiepkema i P.E. Nachtigall, (Eds.) The biology of the Harbour Porpoise. De Spil Publishers, Woerden, The Netherlands

Verfuss, U., Miller, L.A. i Schnitzler, H.-U. 2002. Comparing echolocation behaviour during orientation and foraging of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*). Liege, Belgium, pp. 13–14

Villadsgaard, A., Wahlberg, M., Tougaard, J., 2007. Echolocation signals of wild harbour porpoises, *Phocoena phocoena*. J. Exp. Biol. 210, 56–64

Wahlberg, M., Linnenschmidt, M., Madsen, P.T., Wisniewska, D.M., Miller, L.A., 2015. The Acoustic World of Harbour Porpoises. Am. Sci. 103, 46–53

Weilgart, L.S. 2007. The impact of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. Canadian Journal of Zoology, 85, 1091-1116

Wiśniewska, D.M.M., Johnson, M., Teilmann, J., Siebert, U., Galatius, A., Dietz, R. i in. 2018. High rates of vessel noise disrupt foraging in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 285:1872.

Wright, A.J. 2013. How harbor porpoises utilise their natural environment and respond to noise. Ph. D. thesis, Aarhus University, Aarhus, Denmark