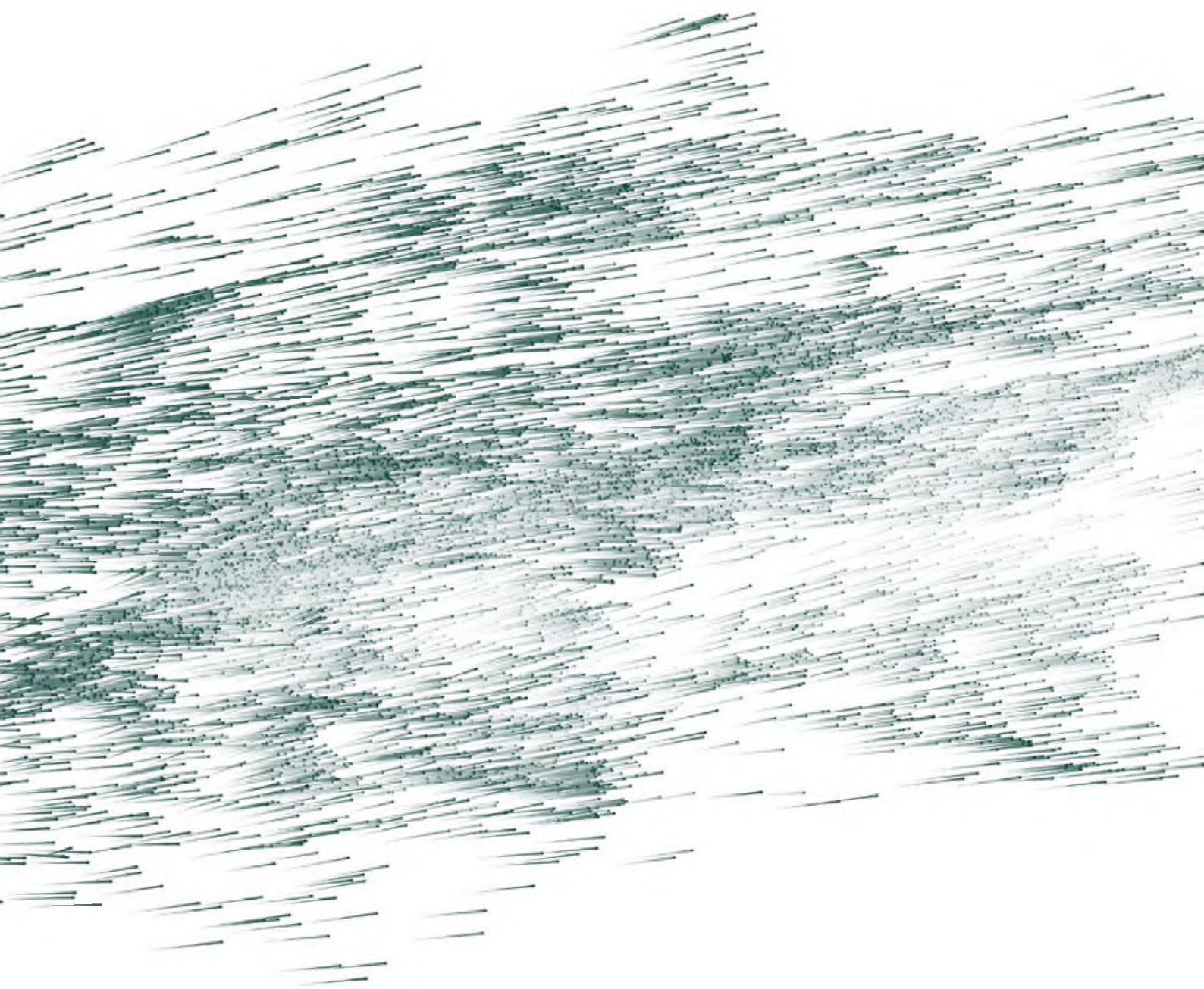


Farma wiatrowa Aurora

Powiadomienie zgodnie z konwencją z Espoo

Listopad 2021



Dane administracyjne

Operator

OX2 AB
Lilla Nygatan
Box 2299
103 17 STOCKHOLM

Numer organizacyjny: 556675-7497
Kristina Nilsson Bromander, kierowniczka projektu
Adres e-mail: aurora@ox2.com
Telefon: + 46 70 995 50 19

Konsultacja środowiskowa

AFRY (ÅF Infrastructure AB)
Selma Pacariz, kierowniczka projektu
Adres e-mail: selma.pacariz@afry.com
Telefon: +46 72 185 49 39

Pełnomocnictwo

Mannheimer Swartling Advokatbyrå
Madeleine Edqvist, adwokatka
Adres e-mail: madeleine.edqvist@msa.se

Informacje o projekcie

Nazwa projektu: Farma wiatrowa Aurora
Strona projektu: <https://www.ox2.com/projects/aurora/>
Raport: Farma wiatrowa Aurora – Powiadomienie zgodnie z konwencją z Espoo
Opracowanie: OX2 i AFRY
Weryfikacja: Elina Cuéllar, OX2
Zatwierdzenie: Kristina Nilsson Bromander, OX2

O powiadomieniu

Konwencja o ocenach oddziaływania na środowisko w kontekście transgranicznym, zwana konwencją z Espoo, to konwencja o ochronie środowiska obowiązująca w Europie, Kanadzie i Stanach Zjednoczonych, dotycząca współpracy w celu zapobiegania oddziaływaniu na środowisko w skali transgranicznej.

Zgodnie z konwencją z Espoo, strona pochodzenia, która planuje realizację przedsięwzięcia o potencjalnie transgranicznym wpływie na środowisko, jest zobowiązana do powiadomienia i zaproszenia stron zainteresowanych (tzn. innych państw), które mogą zostać dotknięte przedsięwzięciem, do wzięcia udziału w procedurze sporządzania oceny oddziaływania na środowisko.

Niniejsze powiadomienie zostało przygotowane w celu przedstawienia ogólnego opisu projektu, obszaru działalności oraz wstępnych wniosków służących do opracowania oceny oddziaływania na środowisko, zgodnie z konwencją z Espoo, która kładzie szczególny nacisk na oddziaływanie transgraniczne.

Spis treści

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | Podstawy opracowania..... | 1 |
| 1.1 | Wprowadzenie | 1 |
| 1.2 | Zapotrzebowanie na morskie elektrownie wiatrowe | 1 |
| 1.3 | Działalność OX2 | 3 |
| 2. | Procedura wydawania pozwoleń zgodnie z prawem szwedzkim..... | 4 |
| 3. | Opis planowanego przedsięwzięcia..... | 5 |
| 3.1 | Lokalizacja | 5 |
| 3.2 | Farma wiatrowa | 6 |
| 3.3 | Kable wyprowadzenia mocy | 7 |
| 3.4 | Zakres i wykonanie | 8 |
| 3.5 | Działania realizowane na różnych etapach projektu | 25 |
| 3.6 | Wstępny harmonogram..... | 33 |
| 4. | Opis obszaru | 34 |
| 4.1 | Warunki geologiczne i głębokość morza | 34 |
| 4.2 | Warunki meteorologiczne..... | 35 |
| 4.3 | Warunki hydrograficzne | 35 |
| 4.4 | Środowisko naturalne | 36 |
| 4.5 | Dziedzictwo kulturowe..... | 46 |
| 4.6 | Zarządzanie zasobami naturalnymi..... | 47 |
| 4.7 | Klimat..... | 49 |
| 4.8 | Geologiczne składowanie dwutlenku węgla | 50 |
| 4.9 | Infrastruktura i proces planowania..... | 50 |
| 5. | Wstępna ocena oddziaływania na środowisko | 55 |
| 5.1 | Warunki geologiczne i cechy dna..... | 55 |
| 5.2 | Warunki hydrograficzne | 56 |
| 5.3 | Środowisko naturalne | 56 |
| 5.4 | Krajobraz | 64 |
| 5.5 | Dziedzictwo kulturowe..... | 65 |
| 5.6 | Rekreacja i wypoczynek..... | 65 |
| 5.7 | Rybołówstwo..... | 65 |
| 5.8 | Środowiskowe normy jakości | 66 |
| 5.9 | Klimat..... | 66 |
| 5.10 | Infrastruktura i proces planowania..... | 67 |
| 5.11 | Oddziaływanie skumulowane | 68 |
| 6. | Potencjalne oddziaływanie transgraniczne..... | 70 |
| 6.1 | Ptaki..... | 70 |

| | | |
|-----------|--------------------------------|-----------|
| 6.2 | Ssaki morskie | 70 |
| 6.3 | Rybołówstwo..... | 70 |
| 6.4 | Transport morski..... | 71 |
| 6.5 | Oddziaływanie skumulowane..... | 71 |
| 7. | Bibliografia | 72 |

Streszczenie

Firma OX2 AB jest jednym z czołowych europejskich podmiotów świadczących usługi w zakresie wielkoskalowej energetyki wiatrowej. Firma planuje obecnie utworzenie morskiej farmy wiatrowej w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji na Morzu Bałtyckim, na wschód od Olandii i południowy zachód od Gotlandii. Przewiduje się, że farma wiatrowa, o nazwie Aurora, będzie produkować energię elektryczną na poziomie ok. 24 TWh na rok, co odpowiada zużyciu energii elektrycznej przez maksymalnie pięć milionów gospodarstw domowych. Aktualny obszar realizacji projektu, o powierzchni ok. 1045 km², znajduje się w odległości nieco ponad 30 km od Olandii i nieco ponad 20 km od Gotlandii. Budowa farmy wiatrowej zostanie prawdopodobnie przeprowadzona w kilku etapach.

Według planów, farma będzie się składać łącznie z ok. 220 – 370 turbin wiatrowych oraz dodatkowego wyposażenia, np. stacji transformatorowych, podmorskich kabli i platform (platform mieszkalnych oraz ewentualnych platform służących do magazynowania lub konwersji energii, np. za pomocą wodoru). Maksymalna wysokość całkowita turbin wiatrowych to 370 m n.p.m. Szacuje się, że pierwszy etap budowy farmy wiatrowej zostanie zakończony i oddany do użytku w 2030 r.

Odległość pomiędzy lokalizacją planowanej farmy wiatrowej Aurora a Wyspami Alandzkimi (należącymi do Finlandii) wynosi ok. 380 km, mierząc od samej farmy, i ok. 290 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru (opis typów korytarzy został przedstawiony w punkcie 3.3. Kable wyprowadzenia mocy). Odległość między lokalizacją farmy wiatrowej a Finlandią kontynentalną wynosi ok. 450 km, mierząc od samej farmy, i ok. 370 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru. Farma wiatrowa znajdzie się ok. 280 km od estońskiej wyspy Sarema i ok. 390 km od Estonii kontynentalnej. Odległość między farmą wiatrową a Łotwą wyniesie ok. 190 m, a między farmą a Litwą – ok. 205 km. Odległość od Obwodu kaliningradzkiego, rosyjskiej eksklawy, to ok. 230 km.

Odległość pomiędzy lokalizacją planowanej farmy wiatrowej a Polską wynosi ok. 190 km, mierząc od samej farmy, i ok. 160 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru. Odległość między lokalizacją farmy wiatrowej a duńską wyspą Bornholm wynosi ok. 200 km, mierząc od samej farmy, i ok. 130 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru. Odległość między lokalizacją farmy wiatrowej a niemiecką wyspą Rugia wynosi ok. 300 km, mierząc od samej farmy, i ok. 240 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru.

Zgodnie z konwencją z Espoo strona pochodzenia, która planuje realizację przedsięwzięcia o potencjalnie transgranicznym wpływie na środowisko, jest zobowiązana do powiadomienia i zaproszenia stron zainteresowanych (tzn. innych państw), które mogą zostać dotknięte przedsięwzięciem, do wzięcia udziału w procedurze sporządzania oceny oddziaływania na środowisko. Niniejsze powiadomienie zostało przygotowane w celu przedstawienia ogólnego opisu projektu, obszaru działalności oraz wstępnych wniosków służących do opracowania oceny oddziaływania na środowisko, zgodnie z konwencją z Espoo, która kładzie szczególny nacisk na oddziaływanie transgraniczne.

Podsumowując główny wniosek niniejszego dokumentu należy stwierdzić, że oddziaływanie wywołane planowanym przedsięwzięciem szacuje się na ograniczone w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji, co oznacza, że ewentualne oddziaływanie transgraniczne może mieć niewielki zasięg.

Pojęcia i definicje

Aby ułatwić odbiorcom lekturę tekstu, firma OX2 sporządziła wykaz pojęć wraz z definicjami, które wykorzystano do opisu planowanych działań, warunków realizacji projektu i spodziewanego oddziaływania na środowisko.

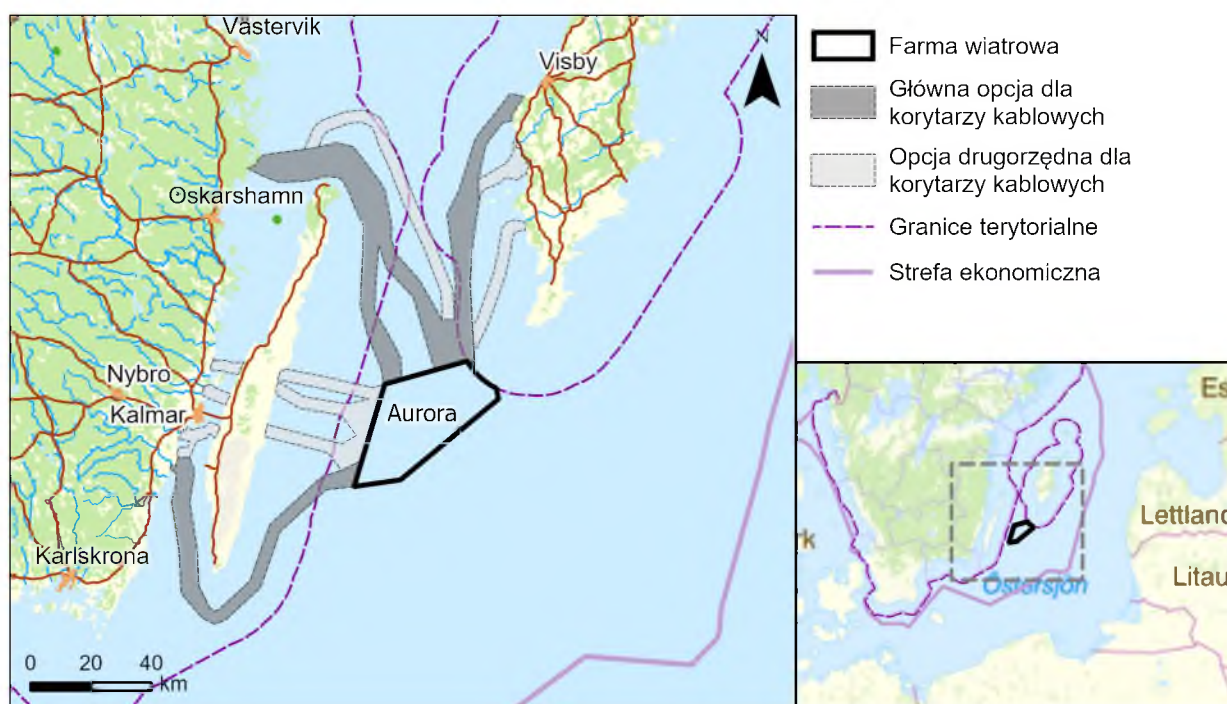
| | |
|--|--|
| Moc | Energia przekształcona w jednostce czasu. Moc zainstalowana jest mierzona w kilowatach (kW) i wielokrotnościach tej jednostki: 1000 kW = 1 megawat (MW), 1000 MW = 1 gigawat (GW), 1000 GW = 1 terawat (TW). |
| Korytarz kablowy | Obszar lub obszary, gdzie planowane jest ewentualne poprowadzenie kabli przyłączeniowych farmy wiatrowej (określane także jako kable eksportowe), tj. kable, które służą do przesyłania wyprodukowanej energii elektrycznej z farmy do punktu lub punktów odbioru na lądzie. |
| Ocena oddziaływania na środowisko | Dokument dołączany do wniosku o pozwolenie na budowę. Opisuje bezpośrednie i pośrednie oddziaływanie mające wpływ na zdrowie ludzi oraz środowisko i umożliwia zbiorczą ocenę konsekwencji, które mogą wystąpić na skutek planowanych działań. |
| Obszar realizacji projektu | Obszar, na którym planowana jest farma z turbinami wiatrowymi, stacjami transformatorowymi, wewnętrzną siecią kablową, platformami i ewentualnymi elementami konstrukcji przeznaczonymi do produkcji, magazynowania i dystrybucji wodoru oraz innymi platformami (platformami mieszkalnymi oraz platformami do magazynowania energii lub konwersji energii, np. za pomocą wodoru). |
| Dokument konsultacyjny | Dokument zawierający informacje o planowanym projekcie, który w ujęciu ogólnym przedstawia skutki dla środowiska mogące powstać w związku z planowaną działalnością. |
| Środki zapobiegawcze | Działania podejmowane w celu uniknięcia, zmniejszenia i usunięcia negatywnego oddziaływania na środowisko. |
| Wysokość całkowita | Wysokość elektrowni wiatrowej mierzona do czubka łopaty wirnika w najwyższej pozycji. |

1. Podstawy opracowania

1.1 Wprowadzenie

Firma OX2 AB (zwana dalej OX2) planuje budowę morskiej farmy wiatrowej na obszarze Bałtyku Właściwego, w okolicach wybrzeży Kalmaru i regionu Gotlandii, na terenie wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji (Rysunek 1). Planowana farma wiatrowa nosi nazwę Aurora.

Po skończeniu budowy farma Aurora ma potencjał, by rocznie produkować energię na poziomie ok. 24 TWh, co odpowiada rocznemu zużyciu energii elektrycznej przez maksymalnie pięć milionów gospodarstw domowych. Budowa farmy wiatrowej będzie prawdopodobnie prowadzona etapami, w ramach których będą zagospodarowywane kolejne fragmenty jej obszaru.



Rysunek 1. Rysunek poglądowy lokalizacji farmy wiatrowej Aurora na obszarze Bałtyku Właściwego. © [Lantmateriet] 2021 [na podstawie: Naturvårdsverket]

1.2 Zapotrzebowanie na morskie elektrownie wiatrowe

Zgodnie z celami polityki energetycznej Szwecji, energia elektryczna produkowana w tym kraju powinna najpóźniej w 2040 r. pochodzić w 100% z odnawialnych źródeł, a do roku 2045 kraj powinien osiągnąć zerową emisję gazów cieplarnianych netto. W celu sprostania wyzwaniom

rozwijającego się rynku, coraz więcej firm i przedsiębiorstw przemysłowych przechodzi na bezemisyjną działalność oraz produkcję, co powoduje duże zapotrzebowanie zarówno na energię elektryczną ze źródeł odnawialnych, jak i na paliwa niekopalne takie jak wodór, wyprodukowane z wykorzystaniem energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.

Coraz większa elektryfikacja obszarów życia codziennego społeczeństwa, przemysłu i branży transportowej wiąże się z większym zapotrzebowaniem na energię elektryczną. Prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną w Szwecji w roku 2045 to ok. 240–310 TWh (Energiforsk & Profu, 2021). Obecne zapotrzebowanie wynosi ok. 140 TWh rocznie.

Wiele z obecnie działających elektrowni zbliża się do końca okresu eksploatacji, dlatego potrzebne jest stworzenie nowych miejsc produkujących energię elektryczną. W południowej Szwecji następuje spadek produkcji energii elektrycznej, między innymi w związku z wyłączeniem z użytku reaktorów jądrowych. Jednocześnie, możliwości zaopatrywania tego regionu w energię elektryczną ze źródeł odnawialnych z północnej Szwecji są ograniczone z powodu niewystarczającej wydajności sieci przesyłowej oraz rosnącego zapotrzebowania na energię elektryczną ze źródeł odnawialnych na północy kraju. Szwecja ma odpowiednie warunki do rozwoju energetyki wiatrowej oraz produkcji energii elektrycznej z innych źródeł odnawialnych, co umożliwi nie tylko transformację energetyczną, lecz także eksport prądu do innych krajów. To z kolei może przełożyć się na redukcję emisji na innych rynkach, jeśli produkcja energii przez elektrownie węglowe i gazowe zostanie zastąpiona produkcją ze źródeł odnawialnych w Szwecji.

Morskie elektrownie wiatrowe mają największy potencjał, aby zaspokoić rosnące zapotrzebowanie na konkurencyjną cenowo energię elektryczną ze źródeł odnawialnych. Budowa nowej, wielkoskalowej elektrowni wiatrowej na lądzie w południowej Szwecji jest utrudniona ze względu na dużą gęstość zaludnienia i rywalizację o zagospodarowanie terenu. Największe możliwości zwiększenia wydajności, a jednocześnie możliwie najlepszego wykorzystania istniejącej sieci elektroenergetycznej, ma morska elektrownia wiatrowa w okolicy południowego wybrzeża Szwecji. W porównaniu z lądowymi farmami wiatrowymi morskie elektrownie wiatrowe mogą być budowane przy użyciu większych turbin o wyższej mocy. Warunki do rozwoju morskiej energetyki wiatrowej są lepsze, ponieważ prędkość wiatru jest wyższa, a wiatry wieją w bardziej przewidywalny sposób, co przekłada się na stabilniejszą i wydajniejszą produkcję energii elektrycznej. Morskie elektrownie wiatrowe mogą być również wykorzystane do produkcji wodoru lub tzw. e-paliw (np. amoniaku lub metanolu), zapewniając niekopalne paliwa dla przemysłu, transportu morskiego i rolnictwa. Rozwój rozwiązań technologicznych służących do konwersji energii nabiera tempa w Szwecji i na całym świecie,

co umożliwia magazynowanie energii oraz stabilniejsze i bezpieczniejsze dostawy energii elektrycznej.

1.3 Działalność OX2

Firma OX2 rozwija i sprzedaje farmy wiatrowe i słoneczne, a jej działalność przyczynia się do transformacji energetycznej i przejścia na system energetyczny oparty na źródłach odnawialnych. Po 16 latach działań w sektorze wielkoskalowych, lądowych farm wiatrowych i zrealizowaniu inwestycji, o całkowitej mocy na poziomie 2,5 GW w Szwecji, Finlandii, Polsce i Norwegii, firma OX2 zajmuje czołową pozycję na rynku i może pochwalić się imponującym portfelem projektów. W latach 2014–2020 firma OX2 zrealizowała więcej farm wiatrowych w Europie niż jakikolwiek inny operator. Firma OX2 ma oddziały w Szwecji, Finlandii, Polsce, Francji, na Litwie, w Norwegii, Hiszpanii, Włoszech i Rumunii, a jej główne biuro znajduje się w Sztokholmie. Obrót firmy w 2020 r. wyniósł 5,2 miliarda koron. Firma OX2 jest notowana na giełdzie Nasdaq First North Premier Growth Market.

2. Procedura wydawania pozwoleń zgodnie z prawem szwedzkim

Do budowy i użytkowania elektrowni wiatrowej wraz ze związanymi z nią obiektami, w tym obiektami do produkcji i magazynowania wodoru, w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji wymagane jest otrzymanie pozwolenia od szwedzkiego rządu, zgodnie z ustawą o wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji (1992:1140).

Pozwolenie rządu jest wymagane również zgodnie z ustawą o szelfie kontynentalnym (1966:314), aby móc ułożyć kable podmorskie i rurociągi na obszarze szelfu kontynentalnego, w tym kable podmorskie znajdujące się na terenie farmy wiatrowej i łączące ją z lądem oraz rurociągi do transportu wodoru.

Do realizacji planowanych czynności na szwedzkim terytorium, tj. położenia kabli oraz rurociągów w celu połączenia farmy wiatrowej z punktem lub punktami odbioru na lądzie, wymagane jest także pozwolenie zgodnie z Kodeksem Ochrony Środowiska (Miljöbalken 1998:808), ustawą o energii elektrycznej (Ellagen 1997:857) i ustawą o rurociągach (Rörledningslagen 1978:160).

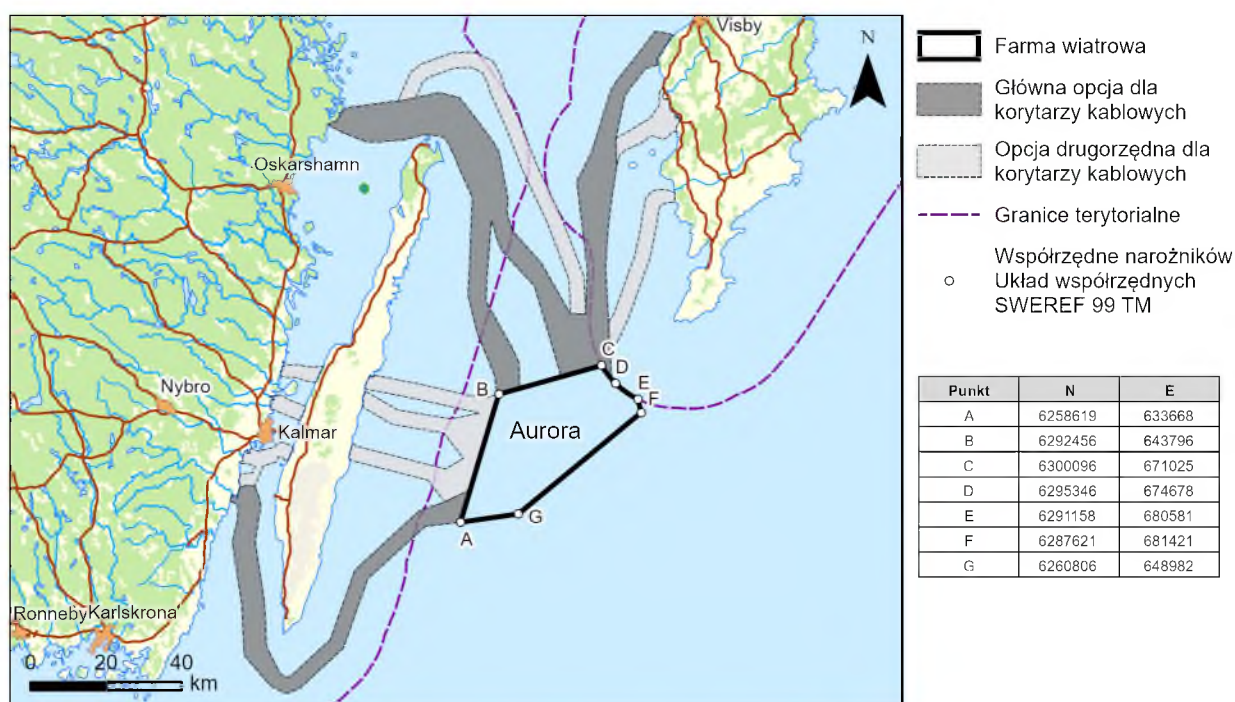
Prowadzenie działań i przedsięwzięć, które mogą w znaczący sposób wpłynąć na obszary Natura 2000, wymaga specjalnego pozwolenia na działanie na takim obszarze na mocy § 28a rozdziału 7 Miljöbalken (Kodeksu ochrony środowiska). Dla przedsięwzięć podejmowanych w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji za wydanie pozwolenia odpowiada Länsstyrelsen (zarząd regionalny), mający siedzibę w najbliższej odległości od przedsięwzięcia realizowanego na morzu. W przypadku tego projektu jest to Länsstyrelsen w regionie Gotlandii.

Na mocy konwencji z Espoo, z uwagi na możliwe oddziaływanie transgraniczne, kraje ościenne muszą zostać poinformowane o planowanym przedsięwzięciu i należy przeprowadzić konsultacje projektu.

3. Opis planowanego przedsięwzięcia

3.1 Lokalizacja

Planowana farma wiatrowa Aurora znajdzie się w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji na obszarze Bałtyku Właściwego (Rysunek 1), nieco ponad 30 km na wschód od Olandii i nieco ponad 20 km na południowy zachód od południowego krańca Gotlandii. Obszar realizacji projektu jest ograniczony wierzchołkami (punktami załamania granic) o współrzędnych, które przedstawia Rysunek 2 (system SWEREF99TM). Obszar zajmuje powierzchnię ok. 1045 km², a głębokość morza wynosi 43–88 m.



Rysunek 2. Współrzędne wierzchołków obszaru realizacji projektu. © [Lantmateriet] 2021

Uznaje się, że obszar ten ma korzystne warunki do budowy elektrowni wiatrowej, ponieważ średnia prędkość wiatru na tym terenie wynosi ok. 9,5 m/s (na wysokości 100 m n.p.m.). Obszar to otwarte morze, na którym nie występują żadne wyspy.

Substrat dna morskiego na terenie farmy wiatrowej składa się głównie z gliny i gytii z domieszką drobnoziarnistego i gruboziarnistego piasku, otoczków i żwiru. Mniejsze obszary substratu dna morskiego w środkowej, północnej i północno-wschodniej części farmy składają się z kamieni i głazów.

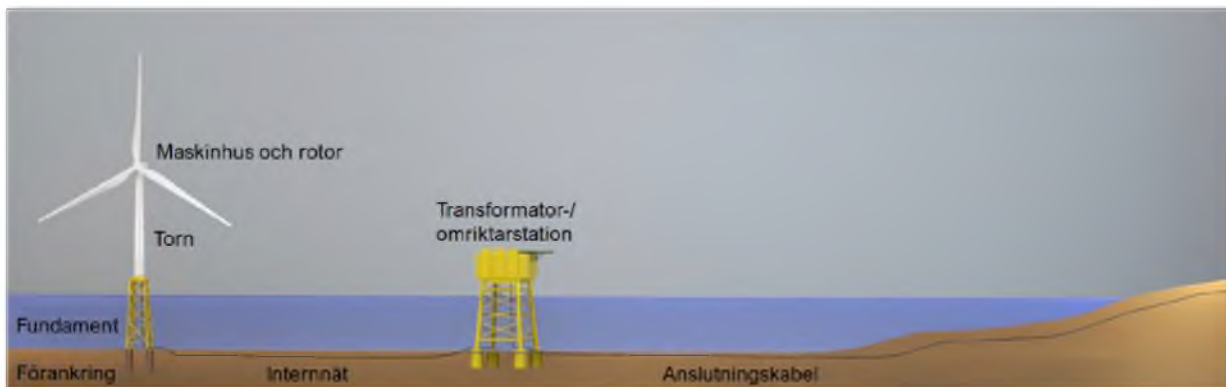
Odległość pomiędzy lokalizacją planowanej farmy wiatrowej Aurora a Wyspami Alandzkimi (należącymi do Finlandii) wynosi ok. 380 km, mierząc od samej farmy, i ok. 290 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru. Odległość między lokalizacją farmy wiatrowej a Finlandią kontynentalną wynosi ok. 450 km, mierząc od samej farmy, i ok. 370 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru. Farma wiatrowa znajdzie się ok. 280 km od estońskiej wyspy Sarema i ok. 390 km od Estonii kontynentalnej. Odległość między farmą wiatrową a Łotwą wyniesie ok. 190 m, a między farmą a Litwą – ok. 205 km. Odległość od Obwodu kaliningradzkiego, rosyjskiej eksklawy, to ok. 230 km.

Odległość pomiędzy lokalizacją planowanej farmy wiatrowej a Polską wynosi ok. 190 km, mierząc od samej farmy, i ok. 160 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru. Odległość między lokalizacją farmy wiatrowej a duńską wyspą Bornholm wynosi ok. 200 km, mierząc od samej farmy, i ok. 130 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru. Odległość między lokalizacją farmy wiatrowej a niemiecką wyspą Rugia wynosi ok. 300 km, mierząc od samej farmy, i ok. 240 km, mierząc od najbliższej położonego korytarza kablowego pierwszego wyboru.

3.2 Farma wiatrowa

Moc zainstalowana planowanej farmy wiatrowej Aurora wyniesie ok. 5500 MW. Na farmie zostanie zainstalowanych około 220–370 turbin w zależności od ich rozmiaru. Turbiny osadza się na fundamencie i łączy ze sobą za pomocą wewnętrznej sieci kabli, która podłącza turbiny do stacji transformatorowych służących do podwyższenia napięcia a w przypadku stacji przekształtnikowych również zmiany prądu zmiennego na prąd stały w celu dalszego przesyłu energii na ląd.

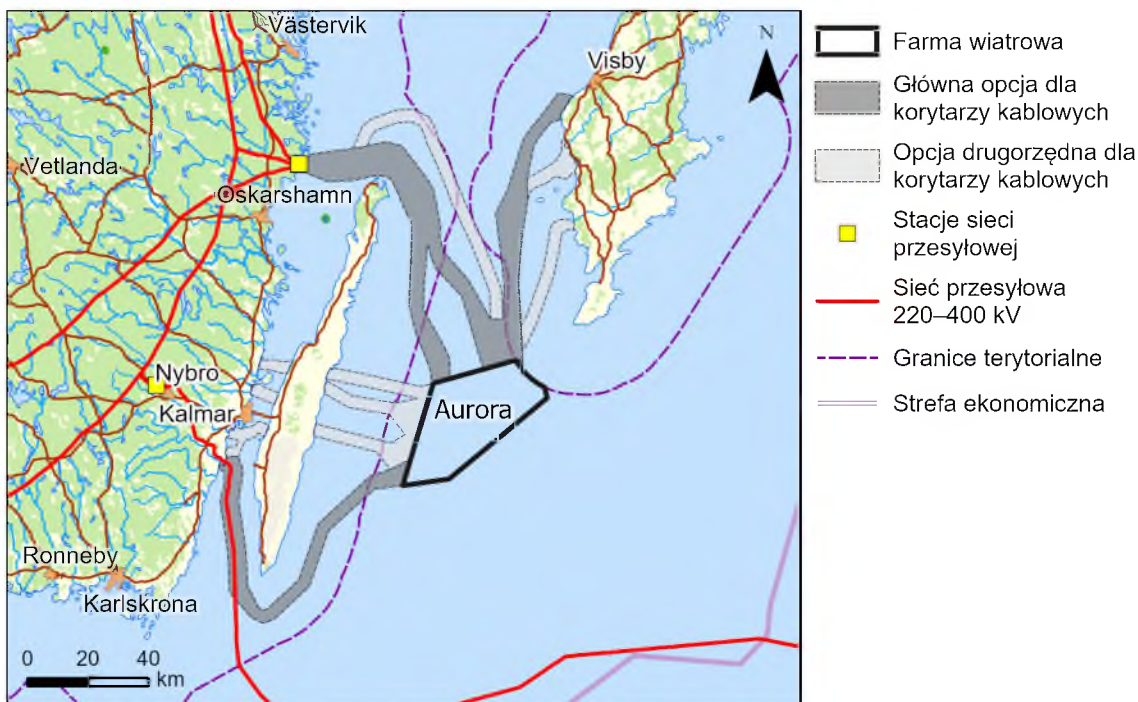
Kable wyprowadzenia mocy będą przesyłać wyprodukowaną energię elektryczną z właściwej stacji transformatorowej w każdej strefie farmy wiatrowej do punktów odbioru na lądzie. Ponadto, farma może zostać wyposażona w jeden lub kilka masztów do pomiarów meteorologicznych oraz boje do pomiarów parametrów fal i prądów morskich. W obrębie farmy wiatrowej mogą także zostać wybudowane platformy mieszkalne oraz platformy do magazynowania i/lub konwersji energii. Rysunek 3 przedstawia schemat różnych obiektów, z których zazwyczaj składa się farma wiatrowa.



Rysunek 3. Obiekty i ich elementy, z których zazwyczaj składa się farma wiatrowa.

3.3 Kable wyprowadzenia mocy

Obecnie trwają prace badawcze nad różnymi sposobami przyłączenia farmy wiatrowej Aurora do sieci. Z uwagi na rozmiary farmy i prawdopodobną realizację budowy elektrowni w ramach kilku etapów możliwe jest wykorzystanie kilku punktów odbioru (Rysunek 4). Rozważane możliwości poprowadzenia korytarzy kablowych zostały opracowane z uwzględnieniem wykonalności i lokalizacji możliwych punktów odbioru. Firma OX2 przeprowadziła badanie wykonalności proponowanych korytarzy kablowych.



Rysunek 4. Proponowane korytarze kablowe, istniejące stacje transformatorowe oraz dostępna sieć przesyłowa. © [Lantmäteriet] 2021 [na podstawie: Svenska kraftnät]

Brane pod uwagę korytarze kablowe podzielono na opcje pierwszego wyboru (proponowane) i opcje drugiego wyboru, na podstawie badań wykonalności i uwzględnionych w nich parametrów (technicznych, środowiskowych, ekonomicznych. itd.). Uwzględniając przyszłe

badania, rozwój technologiczny i inne czynniki, w odniesieniu do kabli i / lub rurociągów wodorowych można rozważyć jedną lub więcej ze wskazanych powyżej opcji, pierwszego i drugiego wyboru, w zakresie korytarzy wyprowadzenia mocy.

Jednym z korytarzy pierwszego wyboru jest bezpośrednio połączenie z siecią przesyłową na lądzie. W przypadku takiego rozwiązania punktami odbioru może być stacja w Nybro (gmina Nybro) lub stacja w Ekhyddan (gmina Oskarshamn). Inne rozwiązanie zakłada np. podłączenie części farmy wiatrowej Aurora poprzez Gotlandię, co stanowiłoby element przyszłych połączeń handlowych między krajami nad basenem Morza Bałtyckiego.

Jako uzupełnienie tradycyjnego systemu połączeń sieciowych badane są możliwości budowy platform do magazynowania i/lub konwersji energii. Ma to na celu wdrożenie rozwiązań technologicznych, które umożliwiłyby przekształcanie energii elektrycznej w e-paliwa, takie jak wodór i amoniak oraz zastosowanie innych rozwiązań w zakresie magazynowania energii. Obecnie trwają prace nad rozwojem takiej technologii (zwanej „power-to-X”). Dzięki produkcji wodoru energia może być magazynowana i transportowana za pomocą rurociągów na obszarze realizacji projektu oraz na ląd, co umożliwia skuteczne magazynowanie energii, poprawia stabilności systemu elektroenergetycznego i może być stosowane jako alternatywa lub uzupełnienie systemu połączeń sieciowych.

Wybór rozwiązania odpowiedniego na danym etapie, w danym momencie, będzie uzależniony od punktów odbioru energii elektrycznej, możliwości odprowadzania wodoru i jego wydajności.

Na koniec należy zaznaczyć, że badane korytarze na rysunkach uwzględnionych w dokumencie konsultacyjnym mają szerokość ok. 4–6 km, aby na późniejszym etapie móc wyznaczyć trasę przebiegu o dobrych warunkach technicznych i możliwie najmniejszym oddziaływaniu na środowisko. W rzeczywistości pojedynczy kabel przyłączeniowy po ułożeniu na dnie zajmuje tylko kilka metrów szerokości. Kabel zakopany w dnie morskim w ogóle nie zajmuje powierzchni dna na etapie użytkowania elektrowni.

3.4 Zakres i wykonanie

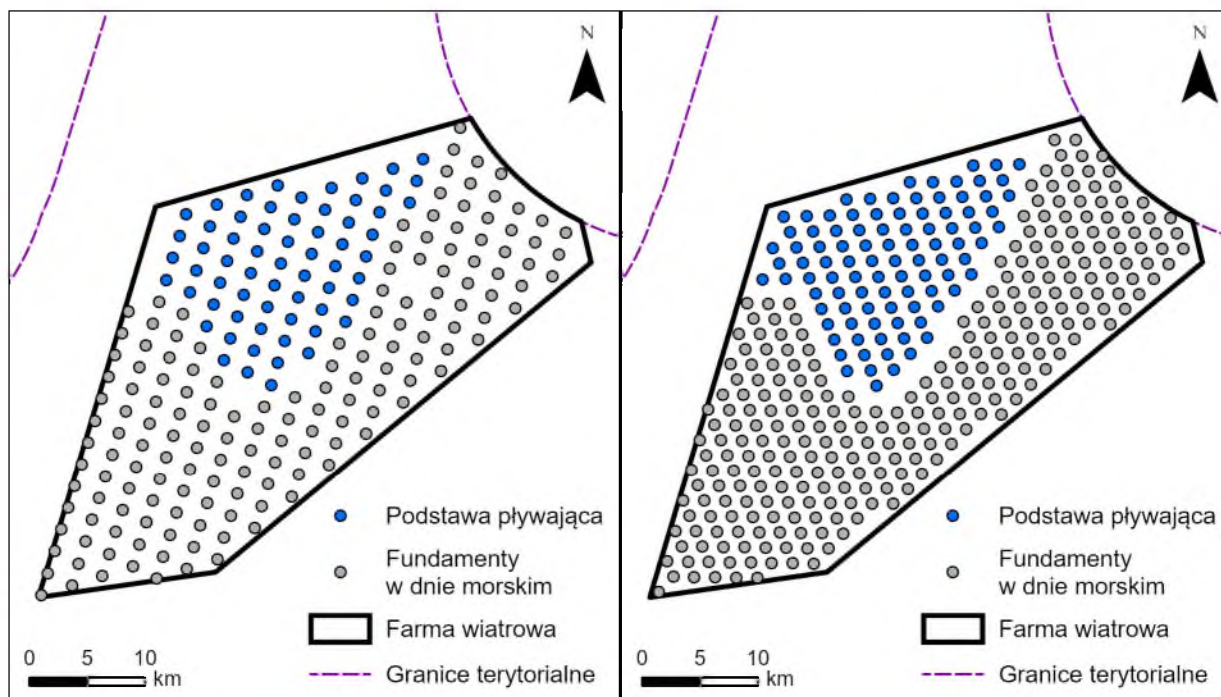
Procedura wydawania pozwoleń oraz proces budowy morskiej farmy wiatrowej są długotrwałe (zob. wstępny harmonogram prac w rozdziale 3.6). W tym samym czasie ma miejsce szybki i stały rozwój technologiczny, dzięki czemu wraz z upływem czasu zwiększa się dostępność tańszej i bardziej ekologicznej technologii. W ostatnich latach sektor energetyki wiatrowej nieustannie zwiększał wymiary wirnika, powiększając jego średnicę ze 170 metrów do ponad 235 metrów. Przekłada się to na zwiększenie produkcji energii elektrycznej i wydajniejsze

wykorzystanie powierzchni farmy. Jednocześnie, konieczne jest zachowanie szerszych odstępów między turbinami, aby zwiększyć stopień sprawności farmy wiatrowej. Szacuje się, że w okolicy roku 2030 średnica wirnika może wynieść do 340 metrów.

Projekt farmy wiatrowej, w tym położenie kabli, stacji transformatorowych i ewentualnych innych platform oraz elementów konstrukcji, zostanie dostosowany do warunków miejsca, z uwzględnieniem m.in. wiatru, klimatu, fal, prądów morskich, aspektów środowiskowych oraz właściwości geotechnicznych. Firma OX2 będzie zatem zabiegać o uzyskanie pozwoleń dopuszczających elastyczność w kwestii lokalizacji, wykonania i wyboru technologii. Ostateczny sposób realizacji farmy wiatrowej jest więc uzależniony od tego, jakie możliwości technologiczne będą dostępne w momencie składania zamówień i budowy oraz od tego, jakie rozwiązania będą najlepsze pod kątem produkcji energii elektrycznej. Od rozmiaru i liczby turbin wiatrowych zależy, jakie opcje zostaną wzięte pod uwagę po uwzględnieniu warunków wietrzności na obszarze realizacji projektu.

Konstrukcja fundamentów jest stale optymalizowana, co dostarcza nowych możliwości. Usprawniana jest także technologia przesyłu energii elektrycznej na ląd. Projekt farmy wiatrowej prezentowany w niniejszym dokumencie należy zatem traktować jako przykładowy, gdyż dostępna technologia może ulec zmianie przed rozpoczęciem budowy.

Rysunek 5 przedstawia dwa przykładowe schematy farmy Aurora, z uwzględnieniem mniejszych i większych turbin oraz fundamentów pływających i mocowanych do dna. Szacuje się, że maksymalna liczba turbin wiatrowych wyniesie 370. Turbiny na farmie mogą się różnić pod względem rozmiaru w zależności od etapu realizacji. Oznacza to, że na poszczególnych etapach mogą być używane turbiny o różnych średnicach wirnika. Na schematach pokazano rozmieszczenie elektrowni w obszarze realizacji projektu. Należy podkreślić, że schematy te są jedynie przykładowe, a farma może mieć ostatecznie inny kształt. Ewentualne różnice dotyczące rodzajów fundamentów w różnych strefach farmy zostaną dokładniej opisane w ocenie oddziaływania na środowisko.



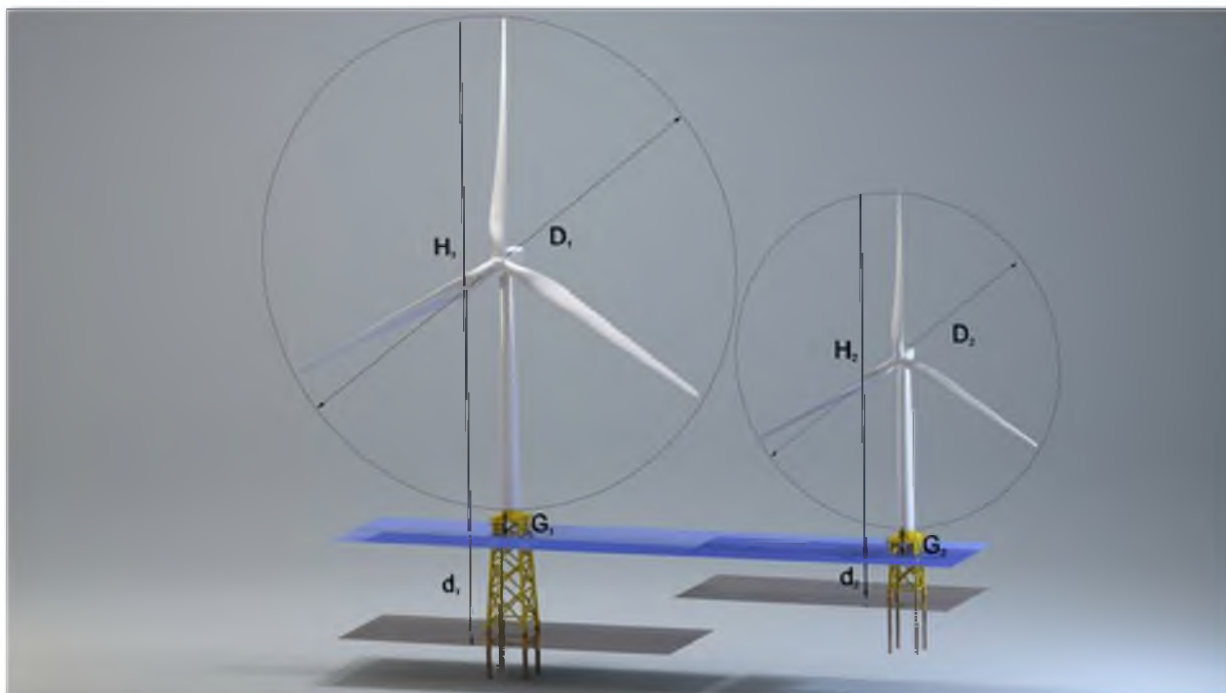
Rysunek 5. Dwa przykładowe schematy farmy wiatrowej Aurora, z uwzględnieniem większych i mniejszych turbin oraz fundamentów pływających i mocowanych do dna.

3.4.1 Turbiny wiatrowe

Turbina wiatrowa składa się z wieży, gondoli i wirnika i jest osadzona na fundamencie posadowionym na dnie lub zakotwiczonym do dna morskiego. Energia elektryczna, produkowana przez turbiny, jest przesyłana za pomocą wewnętrznej sieci kabli do jednej lub kilku stacji transformatorowych.

Turbiny wiatrowe mogą mieć poziomą lub pionową oś obrotu z dwiema lub trzema łopatom wirnika. Turbina o poziomej osi obrotu może być wyposażona w wirnik po stronie nawietrznej lub zawietrznej. Najwcześniej opracowany i najczęściej spotykany typ to turbiny trzyłopatowe o osi poziomej.

Wybór modelu turbiny dla farmy wiatrowej Aurora zostanie dokonany w późniejszej fazie realizacji projektu po uwzględnieniu uwarunkowań miejsca i rozwoju technologicznego, który nastąpi do momentu poprzedzającego rozpoczęcie budowy farmy. Model, który najprawdopodobniej zostanie wybrany, to tradycyjna turbina z trzema łopatom, o poziomej osi obrotu. Szacuje się, że średnica wirnika będzie wynosić 240–340 m, a maksymalna wysokość całkowita turbiny osiągnie 370 m n.p.m. Prześwit między końcówką łopaty w najniższym położeniu a lustrem wody wyniesie ok. 20–30 m. Rysunek 6 oraz Tabela 1 przedstawiają przykładowe wymiary morskiej turbiny wiatrowej.



Rysunek 6. Przykładowa turbina wiatrowa. D = średnica wirnika, H = wysokość całkowita, G = prześwit, d = głębokość wody.

Tabela 1. Przykładowa specyfikacja elektrowni wiatrowej

| | Przykład 1 | Przykład 2 |
|----------------------------|------------|------------|
| Moc turbiny wiatrowej (MW) | 15 | 25 |
| Liczba turbin wiatrowych | 370 | 220 |
| Średnica wirnika (m) | 240 | 340 |
| Wysokość całkowita (m) | 270 | 370 |
| Minimalny prześwit (m) | 20–30 | 20–30 |

Łopaty wirnika są zazwyczaj wykonane głównie z włókna szklanego lub kompozytów polimerowych wzmocnianych włóknem węglowym, z kolei na wieżę składają się zwykle sekcje z rur stalowych. Przewiduje się, że turbina będzie w stanie produkować energię elektryczną przy prędkości wiatru zaczynającej się od 3 m/s, a maksymalny poziom produkcji osiągnie przy prędkości wiatru 10–14 m/s. Jeśli prędkość wiatru przekroczy 30 m/s, nastąpi wyłączenie turbiny, która automatycznie uruchomi się ponownie, gdy prędkość wiatru zmaleje.

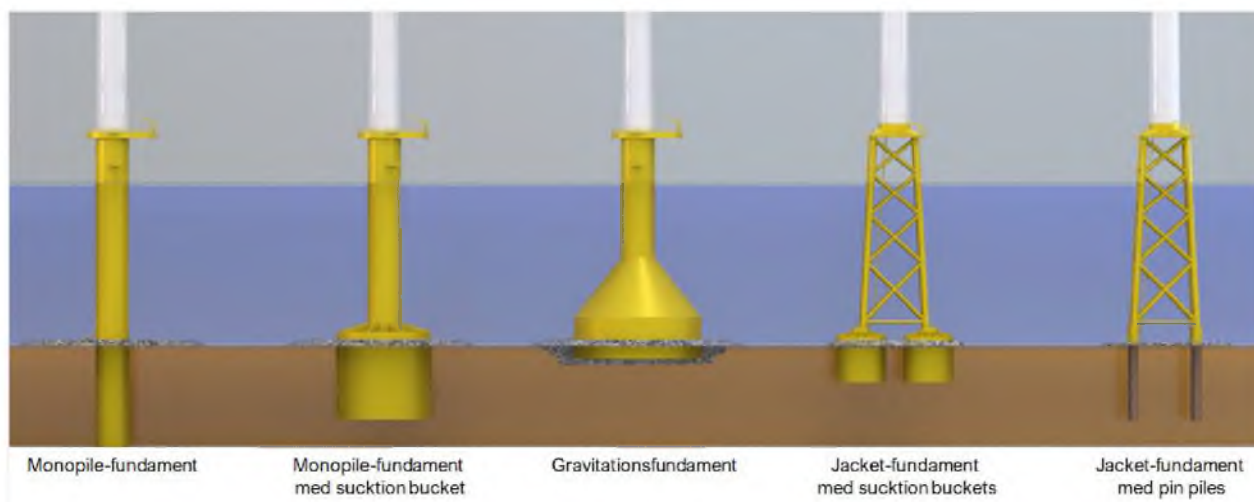
Turbiny wiatrowe oraz maszty pomiarowe zostaną wyposażone w oznaczenia dla transportu lotniczego i morskiego, zgodnie z obowiązującymi regulacjami i przepisami. Ponadto,

przeprowadzone zostaną konsultacje z odpowiednimi instytucjami na temat niezbędnych środków poprawiających bezpieczeństwo.

3.4.2 Fundamenty

Dobór fundamentu jest uzależniony od wielu różnych czynników: głównie od głębokości wody, uwarunkowań geologicznych, działania wiatru i fal oraz względów środowiskowych i kosztów. Z uwagi na to, że na terenie farmy wiatrowej występuje zmienna głębokość wody i różne uwarunkowania geologiczne, możliwe jest zastosowanie zarówno fundamentów mocowanych na stałe, jak i pływających. Poniżej przedstawiony został opis różnych rodzajów fundamentów, mocowanych na stałe oraz pływających, które są brane pod uwagę przy realizacji projektu.

Na podstawie obecnie dostępnej technologii zakłada się, że możliwe jest wykorzystanie trzech rodzajów fundamentów mocowanych na stałe: fundamentów grawitacyjnych, monopali oraz fundamentów kratownicowych, zwanych dalej fundamentami typu jacket. Te trzy podstawowe rodzaje mogą być także połączone w jeden fundament hybrydowy. Fundamenty posadowione na stałe mogą wykorzystywać kesony (suction buckets) lub układ wielopalowy. Przykłady różnych rodzajów fundamentów przedstawia Rysunek 7. Orientacyjne wymiary fundamentów zostaną podane w ocenie oddziaływania na środowisko, po przeprowadzeniu odpowiednich badań nad uwarunkowaniami obszaru realizacji projektu.



Rysunek 7. Przykłady różnych rodzajów fundamentów mocowanych na stałe.

Na górze fundamentu montuje się zazwyczaj element przejściowy (tzw. transition piece), na szczycie którego montowana jest wieża. Na dnie morskim, bezpośrednio przy fundamentach, wykonywane jest zabezpieczenie przed erozją, które zapewnia ochronę przed efektem wypłukiwania dna morskiego wokół fundamentów. Zabezpieczenie przed erozją jest wykonywane w zależności od działania fal, prądów morskich i rodzaju osadów morskich.

Najpopularniejsze zabezpieczenie przed erozją to warstwa kamieni, żwiru i piasku o różnej ziarnistości, którą układa się wokół podstawy fundamentu.

Fundament grawitacyjny

Fundament grawitacyjny (Rysunek 8) to duża konstrukcja posadowiona na dnie morskim, która dzięki swoim rozmiarom i masie utrzymuje turbinę w pozycji pionowej. Fundament grawitacyjny to najczęściej betonowy keson lub stalowy zbiornik wypełniany balastem.



Rysunek 8. Fundament grawitacyjny. Ilustracja COWI

Fundamenty grawitacyjne są stawiane na płaskim dnie, a ich zastosowanie jest korzystne w przypadku rodzajów podłoża o dużej nośności i przy mniejszej głębokości wody. Na większej głębokości wody konieczne jest stosowanie większych i cięższych konstrukcji, zwłaszcza jeśli weźmiemy pod uwagę coraz większe rozmiary turbin wiatrowych. Przed montażem należy przygotować dno morskie, pogłębiając je i kładąc warstwę nośną, aby wyrównać podłoże. Prace pogłębiarskie polegają na wykonaniu wgłębienia w dnie morskim. W razie wystąpienia dużych głazów może być konieczne ich usunięcie. Po zakończeniu pogłębiania kładziona jest płaska warstwa kruszywa, na której posadawiany jest fundament. Gdy warstwa kamieni zostanie ułożona, dźwig pływający posadawia fundament na miejscu, gdzie wypełniany jest balastem.

Szacuje się, że średnica dolnej części fundamentów grawitacyjnych na farmie wiatrowej Aurora wyniesie około 45–60 m. Wokół fundamentu wykonywane zostanie zabezpieczenie przed erozją.

Monopal

Monopal (Rysunek 9) składa się z prostego cylindra stalowego („pile”) osadzanego głęboko w dnie morskim poprzez palowanie lub wiercenie, ewentualnie palowanie połączone z wierceniem. Średnica fundamentu oraz głębokość posadowienia są obliczane na podstawie masy turbiny wiatrowej, uwarunkowań geotechnicznych, głębokości wody oraz działania wiatru i fal morskich.

Posadowienie fundamentów monopalowych jest względnie łatwe i zwykle nie wymaga żadnego przygotowania dna. Do montażu konieczny jest jednak statek o dużym udźwigu. Wbijając monopala młotem hydraulicznym, posadawia się go w dnie morskim. Moc i częstotliwość uderzeń młota dostosowuje się do panujących warunków.



Rysunek 9. Monopal. Ilustracja COWI

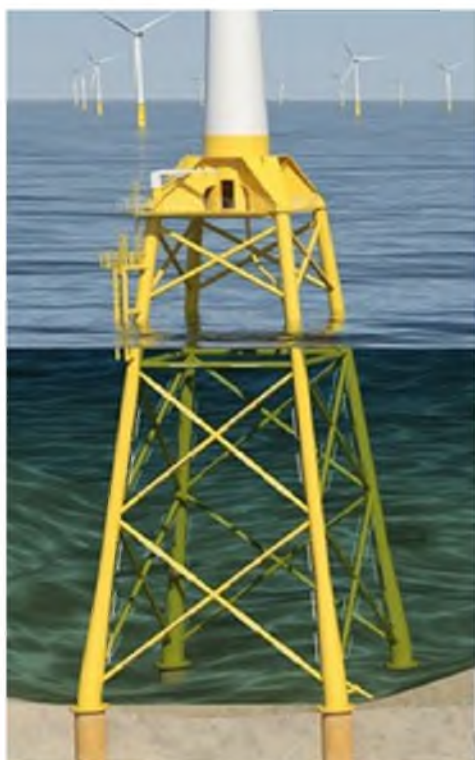
Monopale to sprawdzona technologia często stosowana w morskich farmach wiatrowych na całym świecie. Monopale występują w pobliżu szwedzkich wód terytorialnych na farmie Anholt firmy Ørsted, na farmie Kriegers flak projektu firmy Vattenfall, znajdującej się na duńskich wodach terytorialnych, na farmie EnBW Baltic 2 (część Kriegers flak), znajdującej się na

niemieckim wodach terytorialnych graniczących ze Szwecją oraz na farmie Arkona firmy RWE, zlokalizowanej na południowy zachód od miejscowości Rønne. Zalety stosowania monopali to sprawdzona konstrukcja, która jest łatwa w produkcji, transporcie i montażu. Na etapie eksploatacji konstrukcję można łatwo poddać inspekcji. Ten rodzaj fundamentu nie wymaga zaawansowanego przygotowania podłoża przed montażem, zajmuje stosunkowo małą powierzchnię dna morskiego, a jego montaż jest względnie szybki.

Monopali o lekko stożkowej konstrukcji wykorzystany na farmie Aurora będzie miał maksymalną średnicę około 15 metrów. Aby osiągnąć odpowiednią stabilność konstrukcji, monopali można wbić w dno morskie na głębokość 50–60 metrów. Wokół fundamentu wykonywane zostanie zabezpieczenie przed erozją, o wielkości równej około czterem średnicom monopala, tj. maksymalnie 60 m.

Fundament typu jacket

Fundament typu jacket (Rysunek 10) to fundament kratownicowy wykonany ze stalowych rur/belek na trzech lub czterech nogach. Technologia wywodzi się z przemysłu naftowo-gazowniczego i sprawdziła się na większych głębokościach, najczęściej ponad 40 metrów. Rury stalowe są zazwyczaj mocowane ze sobą poprzez spawanie lub za pomocą odlewanych nasadek.



Rysunek 10. Fundament typu jacket. Ilustracja COWI

Fundament typu jacket wykorzystujący pale szpilkowe („pin piles”) jest zakotwiczony do dna poprzez wpalowanie trzech lub czterech rur stalowych w warstwę osadów morskich. W kolejnym kroku montuje się całą konstrukcję stalową w jednej części. W przypadku dna skalistego może być konieczne wiercenie. Palowanie odbywa się w podobny sposób, jak w przypadku monopali. Pojedyncze pale fundamentu wykorzystywane na farmie Aurora będą miały maksymalną średnicę ok. 4,5 m, a ich głębokość osadzenia w dnie wyniesie ok. 45–65 metrów.

Fundament typu suction-bucket

Fundament typu suction-bucket to odwrócone do góry dnem zbiorniki zawierające stalowe cylindry, które można montować na monopalach (tzw. monobucket) lub na fundamencie typu jacket. Podczas montażu zbiornik jest umieszczany na dnie, po czym następuje wypompowanie wody ze zbiornika i wytworzenia podciśnienia. Podciśnienie powoduje zassanie zbiornika w warstwę osadów. Posadowienie fundamentu typu suction bucket nie wymaga palowania ani wiercenia. Aby możliwe było zastosowanie tej technologii, konieczne jest natomiast występowanie osadów konkretnego typu.

Pływający fundament z kotwieniem

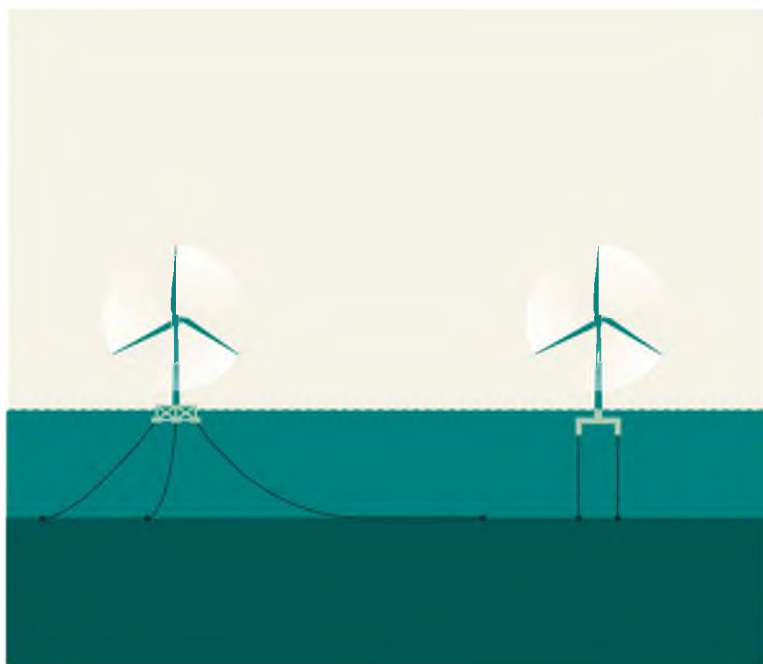
Pływające fundamenty to wciąż rozwijana technologia. Obecnie realizowanych jest kilka projektów pilotażowych na całym świecie, jednak fundamenty pływające nie są obecnie wykorzystywane na żadnej z komercyjnych farm wiatrowych. W najbliższych latach można się jednak spodziewać szybkiego rozwoju tej technologii. Pływające fundamenty są wykorzystywane w przemyśle naftowo-gazowym, przy wydobywaniu ropy naftowej na dużej głębokości. Z tego względu możliwe jest, że ta technologia zostanie zastosowana na tych obszarach farmy Aurora, gdzie głębokość wody jest większa.

Technologia umożliwi montaż turbin na większej głębokości morza (powyżej 60 metrów) niż tradycyjne, mocowane do dna fundamenty. W przypadku zastosowania fundamentu tego rodzaju właściwości dna nie mają takiego znaczenia, a dzięki technologii unoszenia możliwe jest ograniczenie, wywołanego wierceniem/palowaniem, oddziaływania na środowisko dna i ekosystem morski.

Istnieją różne rodzaje fundamentów pływających. Można je podzielić na cztery kategorie. Boje typu Spar, fundament typu barka (barge) i fundament typu półpływającego (Rysunek 11) to trzy warianty dużych fundamentów kotwiczonych do dna morskiego za pomocą długich łańcuchów lub lin zabezpieczających, mocowanych za pomocą elementów na kształt kotwicy. Czwarta kategoria to platformy kotwicone pionowo TLP (tension leg platform, Rysunek 11), o niewielkiej

platformie przytwierdzonej do dna za pomocą lin o przebiegu pionowym. Ta technologia wymaga użycia wyjątkowo mocnych lin kotwiących i solidnego mocowania na dnie.

Niezależnie od rodzaju fundamentu możliwe jest zastosowanie różnych rozwiązań do mocowania, opartych na linach i kotwicach. Na wybór technologii wpływają m.in. właściwości dna i osadów.



Rysunek 11. Po lewej stronie na rysunku przedstawiono fundament pływający przytwierdzony do dna morskiego długimi linami kotwiącymi. Po prawej stronie na rysunku zaprezentowano platformę kotwiczną pionowo TLP (tension leg platform), która jest przytwierdzana do dna linami o przebiegu pionowym.

Boje typu Spar

Boje typu Spar to sprawdzona technologia w przemyśle naftowo-gazowym. Pionowo unosząca się boja o nisko położonym środku ciężkości zapewnia stabilność. To rozwiązanie składa się z walca, którego powierzchnia styku z lustrem wody jest stosunkowo niewielka w porównaniu z innymi podstawowymi technologiami. Walec jest wypełniony balastem, który przesuwając środek ciężkości w dół w odniesieniu do ośrodka wyporu. Może być wykonany ze stali, betonu lub mieszanki obu tych materiałów. Rozmiary boi sprawiają pewne trudności w jej transporcie na farmę wiatrową oraz w instalacji, ponieważ montaż należy przeprowadzać na farmie lub w porcie o bardzo dużej głębokości wody.

Fundament typu barka

Fundament typu barka jest wyposażony w dużą, pływającą platformę, która osiąga stabilność statyczną dzięki wykorzystaniu siły wyporu i swojej dużej powierzchni na poziomie lustra wody.

Konstrukcja platformy zapewnia stabilność, gdyż powierzchnia styku z wodą zostaje przesunięta ze środka wieży na platformę, zmniejszając presję wywołaną ruchem fal. Zbudowanie konstrukcji nie wymaga tylu materiałów, co w przypadku wcześniej omawianych boi typu Spar, dzięki czemu jest prostszym i tańszym rozwiązaniem. Fundament jest zakotwiczany do dna morskiego za pomocą długich, luźno puszczonej lin kotwiących.

Zaletą fundamentu typu barka jest możliwość wykonania montażu i testów na lądzie przed transportem na farmę. Ze względu na szerokość platformy do jej montażu w porcie konieczna jest duża powierzchnia. W zamian za to można zmniejszyć wysokie koszty montażu fundamentu na morzu. Duża platforma ułatwia wszelkiego rodzaju prace związane z konserwacją na etapie eksploatacji.

Fundament półpływający

Fundament półpływający stanowi połączenie technologii wykorzystywanych w fundamencie typu barka oraz bojach typu Spar. Składa się z platformy częściowo zanurzonej pod powierzchnią wody. Kształtem przypomina fundament typu barka, który jest bardziej rozciągnięty w poziomie niż boja typu Spar. Tak samo, jak w przypadku fundamentu typu barka, montaż fundamentu półpływającego może zostać przeprowadzony na lądzie. Czynności, które należy wykonać na miejscu, to zakotwiczenie do dna morskiego (które odbywa się przy użyciu wstępnie zamontowanej kotwicy) oraz podłączenie do wewnętrznej sieci kablowej.

Tension leg platform

Tension leg platform (platforma kotwiczona pionowo TLP, Rysunek 11) to rzadziej stosowana technologia, której stabilność, w odróżnieniu od omawianych wcześniej rozwiązań, wynika z napięcia łańcuchów kotwiących fundament do dna. Na fundament składa się względnie mała platforma o dużej wyporności, która jest w pełni zanurzona pod powierzchnią wody. Technologia wymaga zastosowania solidnego rozwiązania do kotwienia z wykorzystaniem kotwicy grawitacyjnej lub innego elementu podobnego typu, który wytrzyma presję napiętych lin. Zaletą takiego rozwiązania jest pionowy przebieg lin od platformy do dna morskiego. Dzięki temu ta technologia jest względnie tania przy wykorzystaniu na większą skalę na dużej głębokości wody.

Konstrukcja platformy kotwicznej pionowo TLP sprawia, że jest ona mniejsza i lżejsza w porównaniu z innymi fundamentami. Z drugiej strony to rozwiązanie cechuje się mniejszą stabilnością, a ryzyko związane z zerwaniem liny kotwiącej jest większe niż w przypadku pozostałych fundamentów pływających. Instalacja jest przeprowadzana z użyciem specjalnie zaprojektowanego statku, wspomagającego montaż.

Tak jak w przypadku fundamentów mocowanych do dna, wybór odpowiedniego rozwiązania zależy od uwarunkowań danego miejsca. Dzięki rozwojowi technologicznemu fundamenty mocowane do dna mogą być instalowane na coraz głębszych wodach. Podobnie, szybki rozwój technologiczny sprawia, że fundamenty pływające mogą być wykorzystywane na coraz płytszych wodach.

Kotwiczenie

Wszystkie fundamenty pływające wymagają zakotwiczenia do dna morskiego za pomocą długich lin zabezpieczających lub łańcuchów. Są one mocowane do dna za pomocą elementów na kształt kotwicy. W zależności od właściwości dna i warstwy osadów oraz innych uwarunkowań lokalnych dokonuje się wyboru najlepszej metody kotwienia. Zastosowanie rozwiązań kotwiących z wykorzystaniem kotwicy zakopywanej w dnie morskim stawia wyższe wymagania w zakresie warunków panujących na dnie. Kotwiczenie grawitacyjne to technologia najmniej uzależniona od rodzaju dna, jednak jej wadą jest produkcja wymagająca większej ilości materiałów. Mocowanie do dna za pomocą pali wymaga często palowania generującego podwodny hałas.

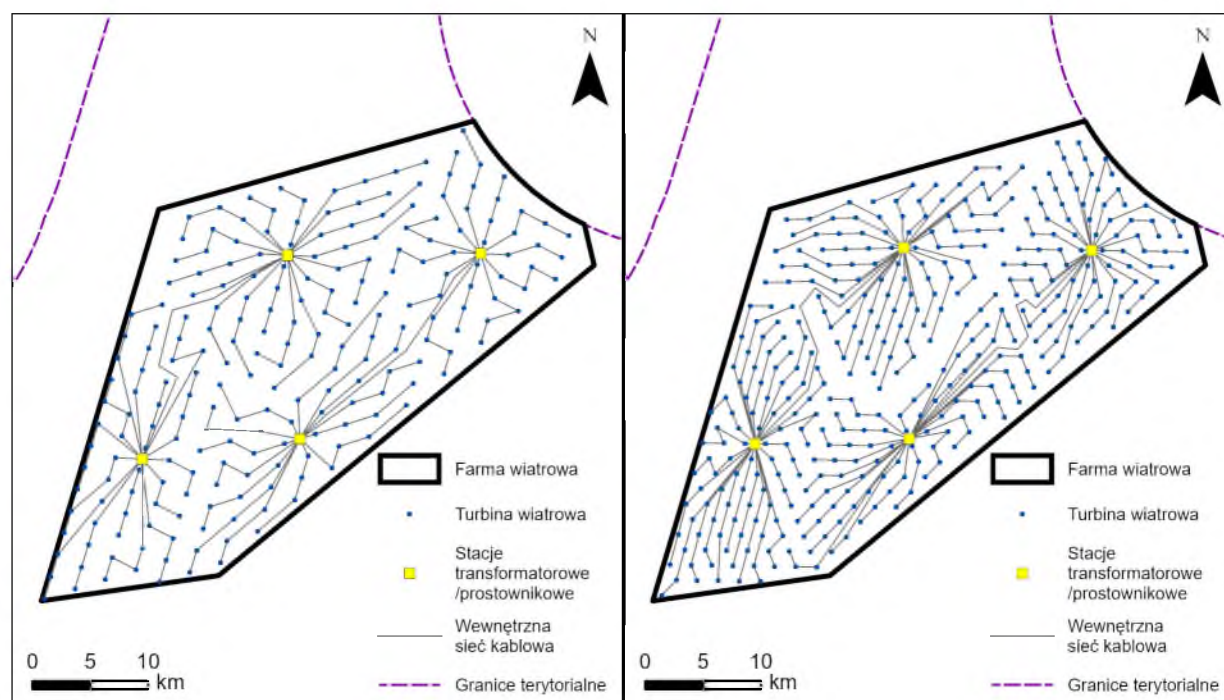
Niezależnie od ich rodzaju, fundamenty są wyposażone w trzy lub więcej lin kotwiących. Element mocujący do lin kotwiących może być wykorzystany przez więcej niż jedną linię/łańcuch. Jedna lina kotwiąca w każdej turbinie jest wyposażona w możliwość regulacji napięcia. To rozwiązanie przydaje się szczególnie w fazie montażu, ale w razie potrzeby może służyć do regulacji także w fazie eksploatacji.

3.4.1 Wewnętrzna sieć kablowa

Wewnętrzna sieć kablowa łączy elektrownie ze stacjami transformatorowymi, tworząc połączenia pomiędzy pojedynczymi elektrowniami w grupach (promieniach), a następnie łącząc je z odpowiednią stacją transformatorową. Wewnętrzna sieć kablowa składa się zazwyczaj ze zbrojonego kabla trójżyłowego z trzema kablami fazowymi o wybranej średnicy. Rdzeń kabla stanowi przewódnik miedziany lub aluminiowy izolowany za pomocą tworzywa sztucznego PEX lub gumy EPR. Na zewnątrz kable fazowe są wyposażone w ekran zabezpieczony warstwą z tworzywa sztucznego PE. Puste przestrzenie między kablami fazowymi są wypełniane, aby kabel miał okrągły kształt. Kable są następnie zbrojone, najczęściej za pomocą galwanizowanych drutów stalowych. Kabel z zewnątrz jest wyposażony w zabezpieczenie transportowe z przędzy lub tworzywa PE. Jedna z pustych przestrzeni jest przeznaczona na tubę światłowodową.

Przy założeniu wykorzystania obecnie dostępnej technologii, wewnętrzna sieć kablowa może składać się np. z kabli 66 kV, których zdolność przesyłowa wynosi 80–90 MW na kabel. Oznacza to, że sześć elektrowni 15 MW może zostać podłączonych wzdłuż tego samego promienia. Szacuje się, że napięcie w wewnętrznej sieci kablowej zostanie zwiększone do około 170 kV w ciągu najbliższych 5–10 lat. Spowoduje to zwiększenie zdolności przesyłowej wszystkich kabli i zmniejszenie liczby promieni, a tym samym całkowitej długości kabli. Oprócz kabli łączących elektrownie możliwe jest także wyposażenie farmy w dodatkowe kable w celu stworzenia efektu redundancji w systemie oraz do zasilania ewentualnych platform.

Rysunek 12 przedstawia dwa przykładowe schematy wewnętrznej sieci kabli, z uwzględnieniem większych i mniejszych turbin oraz fundamentów pływających i mocowanych do dna.



Rysunek 12. Dwa przykładowe schematy wewnętrznej sieci kabli na farmie Aurora, z uwzględnieniem większych i mniejszych turbin oraz fundamentów pływających i mocowanych do dna.

W odróżnieniu od fundamentów mocowanych do dna wewnętrzna sieć kabli dla fundamentów pływających składa się z dwóch rodzajów kabli: dynamicznych i statycznych. Kabel dynamiczny to luźno wisząca część kabla między fundamentem pływającym a dnem morskim. Z uwagi na poruszanie się fundamentów kable połączeniowe muszą być wykonane tak, by uniknąć zerwania. Taki kabel ma najczęściej kształt fali („lazy wave”) (Rysunek 13), który pomaga mu poruszać się wraz z fundamentem. Kabel dynamiczny łączy się zazwyczaj na dnie morza z kablem statycznym (Rysunek 14), który w celu zabezpieczenia można zakopać w dnie. Ten kabel jest z kolei podłączany do stacji transformatorowej posadowionej na dnie morskim.



Rysunek 13. Fundament pływający podłączony do kabla dynamicznego, który porusza się wraz z fundamentem.



Rysunek 14. Sposób połączenia elektrowni wiatrowych wyposażonych w linie kotwiące z wewnętrzną siecią kabli.

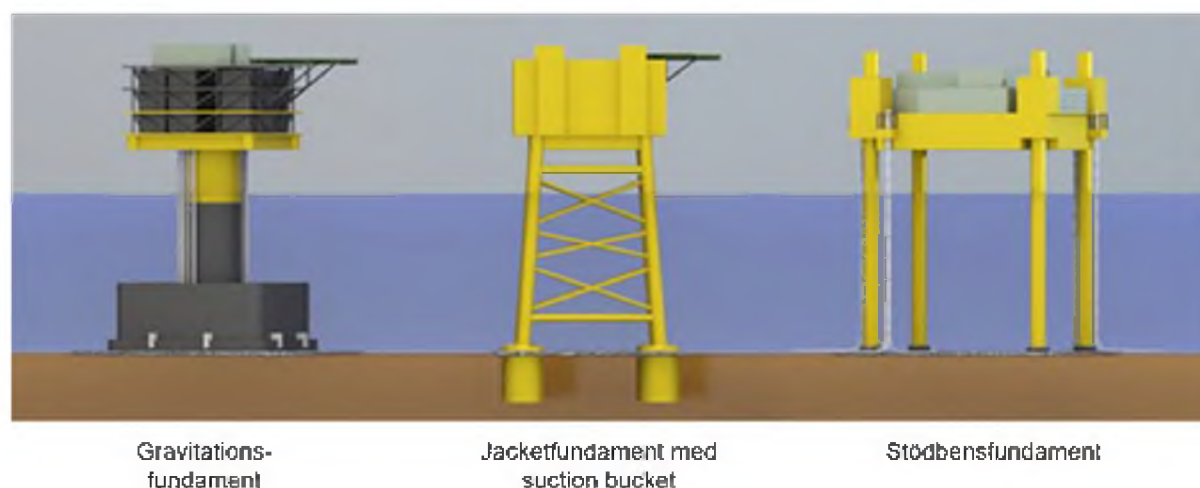
3.4.2 Morskie stacje transformatorowe

Na terenie farmy wiatrowej zostanie zainstalowana jedna lub kilka stacji transformatorowych (offshore substations, „OSS”), do których wewnętrzna sieć kabli przesyła energię elektryczną wyprodukowaną przez elektrownie wiatrowe. Od stacji transformatorowej poprowadzone są kable przyłączeniowe eksportujące energię elektryczną do punktów odbioru na lądzie. Stacja transformatorowa składa się z urządzeń elektrycznych, m.in. transformatorów podwyższających

poziom napięcia energii dostarczanej przez wewnętrzną sieć kabli. Jeśli energia elektryczna jest przesyłana na ląd w technologii stałoprądowej, wśród sprzętu elektrycznego stacji znajduje się też przekształtnik, stąd nazwa stacja przekształtnikowa. W zależności od wybranej technologii sprzęt do podwyższania poziomu napięcia można czasami umieścić na tym samym fundamencie, na którym stoi turbina wiatrowa.

Stacja transformatorowa to platforma składająca się z kilku poziomów, czasami łącznie z lądowiskiem dla helikopterów. Platformy to elementy prefabrykowane, montowane w modułach na jednym lub kilku fundamentach.

Rodzaje fundamentów pod stacje transformatorowe są co do zasady takie same jak pod turbiny wiatrowe, z tą różnicą, że ich wymiary dostosowuje się do obciążenia generowanego przez konstrukcję stacji. W związku z tym platforma może zostać umieszczona na kilku fundamentach, a fundament typu jacket wykorzystywany pod stację jest wyposażony w więcej nóg niż w przypadku tych samych fundamentów stosowanych pod turbinę wiatrową. Rysunek 15 przedstawia przykłady platform i fundamentów.



Rysunek 15. Przykłady morskich stacji transformatorowych wraz z fundamentami.

Dokładna liczba, konstrukcja i umiejscowienie stacji transformatorowych zostaną określone w fazie planowania szczegółowego i będą uzależnione od rozmiaru i liczby turbin wiatrowych, właściwości dna oraz optymalnego ułożenia kabli.

Rozmiary platform różnią się w zależności od producenta pod względem wydajności oraz rodzaju komponentów. Platforma lub platformy zostaną wyposażone w oznaczenia dla transportu morskiego i lotniczego zgodnie z obowiązującymi regulacjami.

3.4.3 Kable przyłączeniowe

Po przekształceniu napięcia energii elektrycznej i ewentualnej zmianie z prądu zmiennego na prąd stały energia elektryczna jest przesyłana jednym lub kilkoma kablami przyłączeniowymi (tzw. kablami eksportowymi) do punktów odbioru na lądzie. Liczba i konstrukcja kabli jest uzależniona od wyboru technologii (HVAC, prąd zmienny wysokiego napięcia lub HVDC, prąd stały wysokiego napięcia) oraz poziomu napięcia. Końcowy punkt odbioru oraz uwarunkowania na terenie realizacji projektu (np. właściwości geologiczne podłoża, interes publiczny i prywatny) decydują o obszarze zajmowanym przez kable oraz ich długości.

Punkty odbioru i korytarze rozważane obecnie przez firmę OX2 przedstawia Rysunek 4. Możliwe jest, że konieczne będzie wykorzystanie także innych punktów odbioru.

3.4.4 Platformy mieszkalne

Na farmie wiatrowej może znajdować się także platforma mieszkalna przeznaczona dla pracowników zajmujących się obsługą i konserwacją farmy. Na platformach będzie dostępne jedzenie i woda, miejsca noclegowe, pralnia, warsztaty, magazyn i biura. Rodzaje fundamentów i procedura montażu platform mieszkalnych są takie same jak w przypadku stacji transformatorowych, z tą różnicą, że wymiary fundamentów dostosowuje się do obciążeń generowanych przez platformy mieszkalne.

3.4.5 Platformy do magazynowania/konwersji energii

Z uwagi na rosnące zapotrzebowanie na paliwa niekopalne oraz możliwości magazynowania energii, na farmie wiatrowej mogą powstać platformy do magazynowania/konwersji energii. Platforma do konwersji energii może służyć do przemiany energii elektrycznej produkowanej przez elektrownie wiatrowe w tzw. e-paliwa takie jak wodór, amoniak lub metanol. Platformy mogą zostać wyposażone m.in. w elektrolizery. Transport paliw z platform może się odbywać przy udziale nowych lub planowanych gazociągów, ewentualnie za pomocą statków. Platforma do magazynowania energii może zostać także wyposażona w akumulatory magazynujące energię. Dzięki temu w okresie o niekorzystnych warunkach wiatrowych farma będzie mogła nadal dostarczać energię elektryczną.

Szacuje się, że pojedyncza platforma do konwersji energii jest w stanie obsłużyć elektrolizer o wydajności ok. 300–350 MW. W momencie sporządzenia niniejszego dokumentu przyjmuje się, że całkowita moc, którą będzie można przeznaczyć do konwersji energii za pomocą elektrolizera, wyniesie do ok. 2000–2500 MW.

Rodzaje fundamentów i procedura montażu platform do magazynowania i konwersji energii są takie same, jak w przypadku fundamentów pod turbiny wiatrowe i stacje transformatorowe, z tą różnicą, że wymiary fundamentów dostosowuje się do obciążeń generowanych przez platformy. Możliwe jest np. zastosowanie fundamentu typu jacket o większej liczbie nóg niż w przypadku tego samego fundamentu wykorzystywanego pod pojedynczą turbinę wiatrową, a także zastosowanie dwóch fundamentów typu jacket.

Alternatywnym rozwiązaniem dla platform do konwersji energii jest montaż elektrolizerów bezpośrednio na elemencie przejściowym znajdującym się na fundamencie elektrowni. Tę technologię można zastosować w przypadku fundamentów, których dostępna powierzchnia jest wystarczająco duża, by umożliwić montaż niezbędnych komponentów elektrolizera. Wodór produkowany na każdym z fundamentów jest przesyłany za pomocą wewnętrznej sieci rurociągów do infrastruktury rurociągowej połączonej z farmą wiatrową, a stamtąd transportowany na ląd.

Elektrolizery

Elektrolizer jest zasilany prądem stałym, przetworzonym z prądu zmiennego wytwarzanego przez turbiny, a woda morska, pompowana do układu elektrolizera, podlega wcześniejszej demineralizacji. W kolejnej fazie woda jest rozszczepiana na atomy wodoru i tlenu w procesie elektrolizy. Jeśli elektrolizer zamontowano na pojedynczym fundamencie, wodór jest przesyłany za pomocą wewnętrznej sieci rurociągów do infrastruktury rurociągowej połączonej z farmą wiatrową, a stamtąd transportowany na ląd.

Obecnie na rynku są dostępne dwa rodzaje elektrolizerów do komercyjnego użytku: elektrolizery alkaliczne („Alkaline Electrolyzer”, w skrócie AEL) oraz elektrolizery membranowe z wymianą protonów („Proton Exchange Membrane Electrolyzer”, w skrócie PEMEL). Dodatkowo, trwają prace nad rozwojem kolejnego rodzaju elektrolizera, który nie jest jeszcze dostępny do użytku komercyjnego, czyli elektrolizera na tlenek stały („Solid Oxide Electrolyzer”, w skrócie SOE).

AEL, elektrolizer alkaliczny, to sprawdzona technologia, która na chwilę obecną jest najbardziej ekonomiczną opcją o najdłuższej żywotności. Elektrolitem używanym w elektrolizerze alkalicznym AEL do procesu elektrolizy jest wodorotlenek potasu (KOH). Na czas wyłączenia systemu i prac konserwacyjnych do układu wprowadzany jest azot, który wypłukuje i czyści elektrolizer. Zużyty azot jest następnie uwalniany z systemu do atmosfery.

Produkty uboczne z produkcji wodoru za pomocą procesu elektrolizy to woda słona o większym stężeniu chlorku sodu niż woda morska wykorzystana w procesie, tlen rozszczepiony od atomów wodoru podczas elektrolizy oraz energia cieplna. Tlen może zostać wypuszczony do atmosfery lub magazynowany i transportowany do potencjalnego dalszego użytku.

Według wstępnych obliczeń wykonanych przez firmę OX2 możliwa jest roczna produkcja wodoru na poziomie ok. 250 000 ton przy wykorzystaniu elektrolizera o mocy 2000–2500 MW. Roczna produkcja na takim poziomie wymagałaby użycia ok. 4 500 000 m³ wody morskiej.

3.4.6 Rurociągi

Wodór produkowany na platformach do konwersji energii wymaga transportu na ląd lub transferu na statki w celu dalszej dystrybucji. Transport wodoru na ląd może się odbywać przy wykorzystaniu nowo wybudowanej infrastruktury gazociągowej lub poprzez włączanie wodoru do istniejącej już sieci gazowej.

W przypadku włączania wodoru do istniejącej sieci gazowej wymagana będzie oddzielna platforma, zwana platformą przyłączeniową, zainstalowana pionowo nad punktem połączenia międzysystemowego. Wodór z platform do konwersji energii jest doprowadzany do platformy przyłączeniowej, a następnie włączany do istniejących gazociągów za pomocą przewodów wznoszących (ang. risers).

Rurociągi mogą być także poprowadzone między elektrowniami wiatrowymi, w przypadku gdy elektrolizer zostanie umieszczony na fundamencie elektrowni.

3.4.7 Maszty pomiarowe

Możliwe jest zainstalowanie jednego lub kilku masztów do pomiaru m.in. prędkości i kierunku wiatru, temperatury, wilgotności. Maszt może służyć także do pomiarów warunków oceanograficznych takich, jak falowanie, prądy morskie i temperatura wody. Na obszarze realizacji projektu mogą także powstać maszty przeznaczone na urządzenia komunikacyjne.

3.5 Działania realizowane na różnych etapach projektu

Niniejszy rozdział stanowi podsumowanie działań realizowanych na etapie badań wstępnych, budowy, eksploatacji i likwidacji farmy wiatrowej, kabli oraz ewentualnych rurociągów.

3.5.1 Badania wstępne

Przed przystąpieniem do budowy farmy, układania kabli i ewentualnych rurociągów zostanie przeprowadzone badanie cech dna morskiego z uwzględnieniem warunków geologicznych

i warstwy osadów. Celem tego badania jest uzyskanie szczegółowych informacji potrzebnych do podjęcia ostatecznej decyzji o wyborze fundamentów oraz opracowania szczegółowej koncepcji ułożenia kabli i rur, a także określenia dokładnego rozmieszczenia elektrowni wiatrowych. Badania geofizyczne, takie jak pomiary sonarem bocznym (sidescan sonar, SSS), echosondą wielowiązkową (multibeam echo sounder, MBES) oraz różnego rodzaju badania sejsmiczne (2D i 3D), pozwalają uzyskać wysokorozdzielcze dane batymetryczne na temat osadów dennych oraz budowy geologicznej aż do około 70 metrów pod dnem morskim, a także informacje na temat występowania naturalnych i sztucznych obiektów oraz ewentualnych kieszeni gazowych na dnie.

Badanie geotechniczne obejmuje m.in. wykonanie odwiertów badawczych oraz sondowanie CPT (ang. cone pressure testing) i Vibrocore i pozwala ustalić nośność dna, a tym samym dokonać wyboru fundamentów. Badanie dostarcza także informacji potrzebnych do podjęcia decyzji o sposobie montażu. Magnetometria to metoda stosowana w celu upewnienia się, że prace budowlane są wykonywane w miejscu, gdzie nie występują miny, ani inne rodzaje broni (tzw. UXO, niewybuchy podwodne).

3.5.2 Etap budowy

Budowa farmy wiatrowej Aurora będzie najprawdopodobniej realizowana etapami na przestrzeni kilku lat. Faza budowy każdego etapu obejmuje wszystkie czynności od momentu prowadzenia przygotowań po montaż farmy. Poniżej przedstawiono pokrótce, jak może przebiegać proces montażu farmy wiatrowej. Często podejmuje się próbę przeprowadzenia prac montażowych w czasie jednego sezonu, bez przerwy na okres zimowy (w miarę możliwości unika się prowadzenia prac na morzu w czasie zimy), jednak czasami prace montażowe mogą być realizowane przez kilka sezonów.

Zwykle proces montażu rozpoczyna się od instalacji fundamentów pod turbiny wiatrowe, stacje transformatorowe oraz pozostałe platformy, łącznie z elementami nadbudowy. W dalszej kolejności podłączane są kable przyłączeniowe, wewnętrzna sieć kabli oraz ewentualne rurociągi. Jako ostatnie montowane są turbiny wiatrowe składające się z wieży, gondoli i łopaty wirnika. Po zakończeniu instalacji turbin wiatrowych następuje ich uruchomienie oraz testy. Jeśli wyniki testów zostaną zatwierdzone, elektrownie są oddawane do użytku firmie zajmującej się ich eksploatacją.

Port przedmontażowy

Główne komponenty są transportowane statkami z portów produkcyjnych do portu przedmontażowego (tzw. „pre-assembly harbour”) lub bezpośrednio na obszar budowy farmy

wiatrowej. Z pobliskiego portu instalacyjnego odbywa się codzienny transport załogi i mniejszych komponentów. Oprócz transportu na statkach możliwe jest także korzystanie z transportu helikopterowego.

Ruch statków

Na etapie montażu główne komponenty farmy wiatrowej (turbiny wiatrowe, stacje transformatorowe, platformy, maszty pomiarowe, fundamenty oraz ewentualne elementy konstrukcji do produkcji, magazynowania i dystrybucji wodoru) są transportowane na obszar realizacji projektu, ustawiane i montowane. Na obszarze farmy wiatrowej podczas jej montażu będą działać różnego rodzaju statki instalacyjne i platformy robocze. Prawdopodobnie kilka etapów instalacji będzie przeprowadzanych równolegle w różnych częściach obszaru realizacji projektu. Być może konieczne będzie też wykorzystanie holowników oraz statków pomocniczych przeznaczonych na sprzęt i załogę. Nadzór nad ruchem statków sprawuje osoba odpowiedzialna za ruch na morzu (ang. marine coordinator). Możliwe jest utworzenie strefy ochronnej dookoła obszaru, na którym trwają prace montażowe, aby zmniejszyć ryzyko wypadków.

Do niektórych prac może zostać użyty statek typu jack-up (Rysunek 16) lub platforma typu jack-up. Ich podpory opuszczają się i osadzają na dnie morza. Przy powierzchni dna morskiego wynoszącej około dziesięć razy dziesięć metrów, podpory spoczywają na dnie morskim.. W zależności od właściwości dna podpory mogą też zostać wbite w podłoże. Sam kadłub statku lub platforma unoszą się nad poziomem morza, dzięki czemu ruch fal nie ma na nie wpływu. Alternatywną opcją jest wykorzystanie statku typu semi-jack-up. Kadłub takiego statku unosi się na wodzie, a za jego stabilność odpowiadają podpory przenikające dno morskie.



Rysunek 16. Montaż elektrowni wiatrowej z wykorzystaniem statków typu jack-up. Źródło: COWI

Tak zwane Crew Transfer Vessels (CTV), czyli jednostki transportu załóg, zostaną użyte do transportu załogi oraz mniejszych komponentów. Te statki będą wypływać z pobliskiego portu instalacyjnego.

Oprócz wyżej wymienionych statków na obszarze realizacji projektu będą działać też statki specjalnego przeznaczenia, np. do badań lub działań w sytuacjach kryzysowych. Na etapie budowy możliwe jest także wykorzystanie jednego lub kilku mniejszych statków, które będą odgradzać obszar, na którym trwają prace montażowe, od pozostałego ruchu.

Fundamenty

W celu montażu fundamentu grawitacyjnego, konieczne jest przygotowanie obszaru dna morskiego, na którym zostanie posadowiony fundament. Można to zrobić, zastępując materiał z górnej warstwy dna jednolitą, równą warstwą żwiru. Fundamenty transportuje się, splawiając je na miejsce za pomocą holowników bądź na barkach lub statkach. W kolejnym kroku fundamenty są opuszczane na warstwę żwiru przy użyciu wciągarki/dźwigu. Podczas

opuszczania fundamenty powoli wypełniają się wodą, a po ustawieniu na miejscu napelnia się je balastem.

Monopale transportuje się na farmę, splawiając je, lub przewożąc na pokładzie statku instalacyjnego albo barki. Monopal jest posadawiany na dnie morskim za pomocą platformy typu jack-up lub dźwigów pływających. Następnie fundament jest wbijany w dno poprzez palowanie, wbijanie wibracyjne lub wwiercanie. Zależnie od okoliczności montaż może być przeprowadzony z użyciem kilku metod.

Fundament typu jacket wymaga stosunkowo płaskiego dna morskiego, dlatego przed jego montażem konieczne jest wyrównanie podłoża. Fundament jest transportowany na miejsce na barce lub statku instalacyjnym. Do umieszczenia go na dnie morskim wykorzystuje się platformy typu jacket lub dźwigi pływające. W przypadku wykorzystania pali szpilkowych wbija się je w dno poprzez palowanie, wbijanie wibracyjne lub wwiercanie stalowych rur w dno morskie w każdym punkcie narożnym fundamentu. Pale szpilkowe są następnie łączone z fundamentem za pomocą odlewów lub kotwienia mechanicznego. Jeśli właściwości geologiczne i pozostałe warunki na to pozwalają, fundament typu jacket można przytwierdzić do dna za pomocą kesonu zasysającego, czyli stalowego lub betonowego walca, który zagłębia się w dno morskie, wykorzystując podciśnienie.

Po zainstalowaniu fundamentu wykonywane jest w razie potrzeby zabezpieczenie przed erozją, które ma zapobiec oddziaływaniom prądów dennych zmieniającym otoczenie fundamentu i osłabiającym jego zakotwiczenie. Zabezpieczenie przed erozją składa się zazwyczaj z warstwy dolnej wykonanej ze żwiru oraz warstwy górnej z kamieni o różnej wielkości. Jako ostatni przeprowadzany jest montaż pozostałych komponentów podrzędnych, np. elementu przejściowego, drabin, poręczy, dźwigów, itp.

W przypadku fundamentów pływających elementy te są holowane na miejsce, zazwyczaj razem ze zmontowaną turbiną wiatrową. Fundament kotwiczony według tych samych zasad, które mają zastosowanie w przypadku fundamentów mocowanych do dna, z tą różnicą, że do kotwienia można użyć kotew różnego rodzaju.

Wewnętrzna sieć kablowa i kable wyprowadzenia mocy

Aby móc przystąpić do układania kabli, zazwyczaj przeprowadza się najpierw badanie trasy kablowej magnetometrem, aby upewnić się, że na obszarze nie występują niewybuchy. Prowadzi się także prace przygotowawcze w celu zapewnienia bezpieczeństwa i wykluczenia zakłóceń podczas układania i instalacji kabli. Prace przygotowawcze polegają na usunięciu skał

i głazów z dna morskiego oraz pozbyciu się obcych przedmiotów takich, jak sieci rybackie, liny, itp. Oczyszczanie terenu wiąże się z przenikaniem w głąb dna morskiego. Elementem prac może być także wyrównanie dna morskiego, jeśli występują na nim piaszczyste wzniesienia lub innego rodzaju ruchliwe podłoże, którego nie da się uniknąć, czy obszary, gdzie dno jest strome.

Kable nawinięte na duże szpule są transportowane na obszar realizacji projektu za pomocą specjalistycznych statków instalacyjnych. Kable układa się na dnie morskim, zakopując je na głębokości 1–2 m pod dnem, aby zabezpieczyć je przed uszkodzeniem przez sprzęt rybacki, kotwice, itp. Ostateczna głębokość ułożenia kabli zależy od uwarunkowań geologicznych i stopnia wymaganej ochrony. Powyższe zostanie przeanalizowane w fazie planowania szczegółowego. Kable mogą być układane na różnej głębokości na obszarze realizacji projektu. Układanie kabli odbywa się zazwyczaj poprzez wplukiwanie lub zaoranie.

Jeśli uwarunkowania geologiczne nie pozwalają na układanie kabli w dnie morskim, można zastosować zabezpieczenie polegające na przykryciu ich np. kamieniami czy materacami betonowymi lub poprowadzeniu ich przez rury. Gdy konieczne jest skrzyżowanie kabla z istniejącym przewodem lub inną infrastrukturą, należy zabezpieczyć zarówno nowe, jak i istniejące struktury liniowe. Zabezpieczenie kabli może być wykonane np. z materaców betonowych lub stalowych bądź betonowych obudów. Szczegóły dotyczące przecinania się kabli określa się w umowie dotyczącej krzyżowania kabli opracowanej przez zainteresowane strony.

Układanie i podłączanie kabli eksportowych odbywa się tak, jak w przypadku wewnętrznej sieci kabli, z tą różnicą, że głębokość układania w przypadku kabli eksportowych jest nieco większa i wynosi ok. 1–3 m. Jest to uzasadnione tym, że poza farmą wiatrową istnieje większe ryzyko zerwania kabla, a konsekwencje takiego wydarzenia są poważniejsze.

Turbiny wiatrowe

Do montażu turbin wiatrowych używane są zazwyczaj statki typu jack-up oraz dźwigi pływające. Główne komponenty turbiny mogą być transportowane na farmę statkiem instalacyjnym lub osobnym statkiem transportowym. Transport może wyruszyć bezpośrednio z portu zlokalizowanego w pobliżu producenta turbin lub z portu instalacyjnego. Komponenty są następnie montowane za pomocą dźwigu, zazwyczaj w ciągu jednego dnia przy sprzyjających warunkach pogodowych.

Montaż turbin wiatrowych zostanie prawdopodobnie przeprowadzony częściowo na morzu. Instalacja turbiny wiatrowej wymaga dużej precyzji i może być z tego względu ograniczona

przez warunki wiatrowe i fale. Po zainstalowaniu turbin komponenty podłącza się do wewnętrznej sieci elektroenergetycznej, a następnie przeprowadza test turbiny.

Stacja transformatorowa, platforma mieszkalna i inne platformy

Stacja transformatorowa, tak jak moduły mieszkalne i nadbudowy innego rodzaju, jest montowana do fundamentu za pomocą dźwigu pływającego. W zależności od konstrukcji stacji transformatorowych i ich fundamentów platformy da się czasami przesunąć lub montować za pomocą innych technologii unoszących, np. własnych podpór. Alternatywnie można najpierw wznieść fundament, a następnie umieścić na nim nadbudowę. Po zainstalowaniu stacji transformatorowej zostaje ona podłączona do wewnętrznej sieci kabli.

Rurociągi

Do układania rurociągów wykorzystuje się specjalne statki, które w zależności od średnicy rur umożliwiają zastosowanie różnych metod układania. Rurociągi są kładzione albo bezpośrednio na dnie morskim, albo zakopywane w rowie, a następnie zasypywane.

3.5.3 Etap eksploatacji

Turbiny wiatrowe, stacje transformatorowe i ewentualne elementy konstrukcji do produkcji, magazynowania i dystrybucji wodoru są monitorowane zdalnie i bezzałogowo w trybie normalnej pracy. Jednak ze względu na stale prowadzone prace konserwacyjne na farmie wiatrowej konieczny jest transport załogi i materiałów na statkach serwisowych lub zwykłych albo helikopterem. Inną opcją jest transport na platformę mieszkalną, a stamtąd przemieszczanie załogi i materiałów w obrębie farmy. W razie potrzeby przeprowadzany jest przegląd kabli i ewentualnych rurociągów, np. aby upewnić się, że zabezpieczenia kabli i ewentualnych rurociągów przy fundamentach elektrowni są nienaruszone. W przypadku uszkodzenia kabla jego naprawa odbywa się po uniesieniu uszkodzonej części przez kablowiec, po czym kabel jest ponownie układany na dnie za pomocą tej samej metody, którą wykorzystano na etapie budowy farmy. Aby zabezpieczyć kable i ewentualne rurociągi przed uszkodzeniem, nie należy prowadzić połowu ryb włokami dennymi na obszarze realizacji projektu, ani w miejscu ułożenia kabli przyłączeniowych.

Opracowanie ostatecznej strategii dotyczącej eksploatacji i konserwacji odbędzie się na późniejszym etapie. Prawdopodobnie zostanie utworzona lądowa baza obsługowo-serwisowa, skąd będzie możliwe monitorowanie farmy oraz dostarczanie mniejszych części zamiennych. Do obsługi farmy zostaną wykorzystane głównie jednostki Crew Transfer Vessels (CTV), ale możliwe jest także użycie helikopterów. W czasie dłuższych okresów konserwacji dopuszcza

się wykorzystanie Service Operation Vessels (SOV), czyli pływających hoteli, gdzie załoga może stacjonować przez dłuższy czas. Większe prace konserwacyjne mogą wymagać użycia statku typu jack-up. Na jednym z etapów eksploatacji stacja będzie wymagać bardziej zaawansowanej konserwacji, polegającej np. na wymianie dużych komponentów. Tego rodzaju konserwacja może zostać przeprowadzona z wykorzystaniem statku typu jack-up.

3.5.4 Etap likwidacji

Po mniej więcej 40–45 latach okres użytkowania farmy wiatrowej prawdopodobnie dobiegnie końca, po czym farma zostanie zlikwidowana. Likwidacja zostanie przeprowadzona zgodnie z praktyką i przepisami prawa obowiązującymi w momencie likwidacji. Turbiny wiatrowe, fundamenty, stacje transformatorowe i ewentualne elementy konstrukcji do produkcji, magazynowania i dystrybucji wodoru zostaną rozłożone na części, a miejsca mocowania fundamentów zostaną w niezbędnym zakresie przywrócone do pierwotnego stanu.

Na ogół elementy konstrukcji demontuje się, jeśli nie powoduje to większego oddziaływania na środowisko niż w przypadku pozostawienia ich w morzu. Z uwagi na to, że technologia i stan wiedzy szybko się zmieniają, szczegółowy plan likwidacji farmy jest opracowywany w porozumieniu z organem nadzorczym.

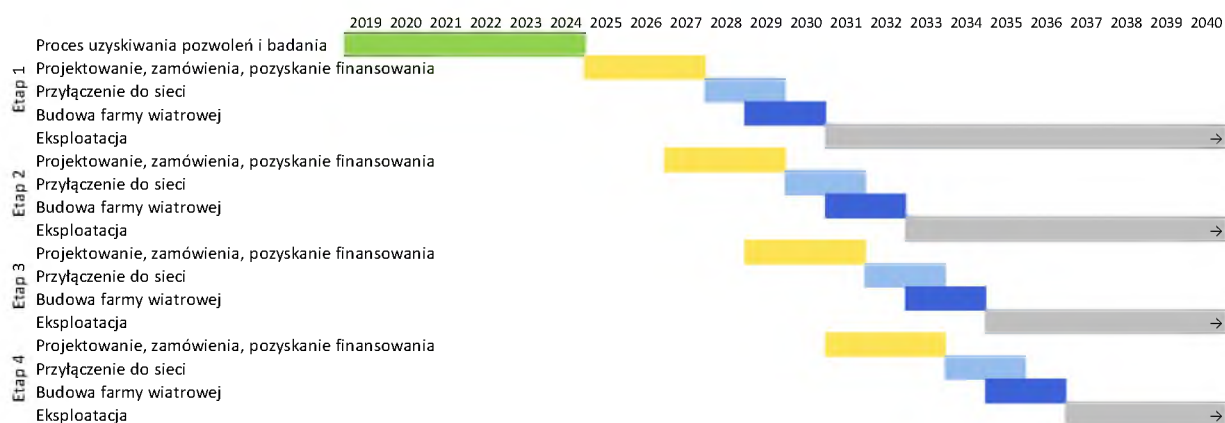
Prawdopodobnie struktury znajdujące się nad powierzchnią wody zostaną zlikwidowane. Na przykład fundamenty grawitacyjne można wtedy usunąć, a monopale i fundamenty typu jacket przeciąć kilka metrów poniżej powierzchni dna morskiego, aby usunąć odciętą część. Niektóre elementy konstrukcji można zostawić na miejscu po likwidacji farmy. Są to np. kable wewnętrzne, rurociągi i kable eksportowe.

Za pozostawieniem części struktur na miejscu przemawia to, że mogą przekształcić się w wysoko cenioną sztuczną rafę. Jeśli konieczne jest usunięcie kabli i rurociągów, należy je najpierw odsłonić, a następnie podnieść z dna. Kamienie użyte do przykrycia kabli i/lub rurociągów prawdopodobnie nie zostaną usunięte, tak samo jak zabezpieczenia wzniesione w miejscu krzyżowania się kabli. Wokół miejsca prowadzenia prac likwidacyjnych zostanie ponownie utworzona strefa ochronna, aby zapewnić bezpieczeństwo załogi, sprzętu i stron trzecich.

Biorąc pod uwagę, że budowa farmy będzie się odbywać w kilku etapach, również likwidacja farmy może zostać podzielona na części.

3.6 Wstępny harmonogram

Harmonogram działań związanych z projektem został przedstawiony na Rysunek 17 poniżej. Harmonogram oraz podział na etapy należy traktować jako wstępną prognozę. Wiele różnych czynników może spowodować zmiany w harmonogramie, które będą skutkować koniecznością dostosowania go do przebiegu projektu. Na przykład kilka etapów może wymagać równoległej realizacji. Ocenia się, że wybudowanie farmy w całości zajmie do 15 lat.

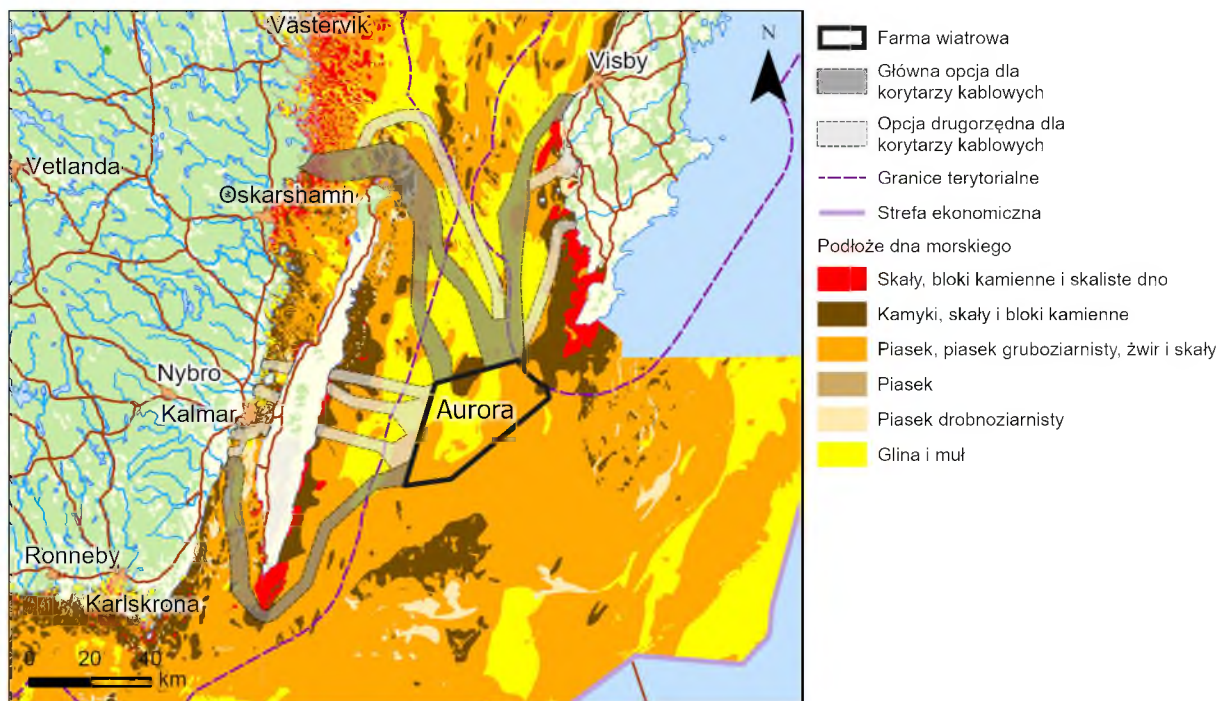


Rysunek 17. Wstępny harmonogram działań związanych z projektem.

4. Opis obszaru

4.1 Warunki geologiczne i głębokość morza

Wiedza o warunkach geologicznych i głębokości morza na obszarze realizacji projektu jest zasadniczo dobra, zwłaszcza jeśli chodzi o zachodnią część, ponieważ dysponujemy wynikami pomiarów wykonanych echosondą wielowiązkową. Substrat dna morskiego składa się głównie z gliny z domieszką drobnoziarnistego i gruboziarnistego piasku, otoczków i żwiru, z wyjątkiem niewielkiej części w północno-wschodniej części farmy, gdzie występują kamienie i głazy (Rysunek 18). Warstwy ułożone głębiej są zdominowane przez glinę lodowcową i polodowcową. Głębokość morza w obszarze realizacji projektu waha się od 43 do 88 metrów (Rysunek 19).



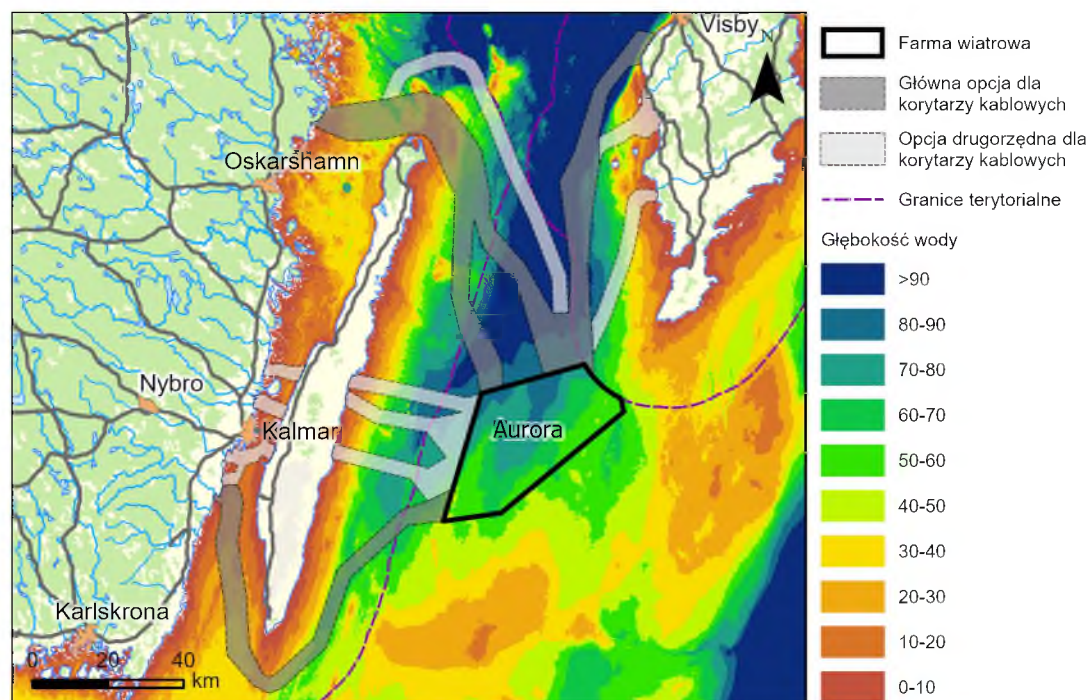
Rysunek 18. Mapa geologiczna obszaru planowanej farmy wiatrowej. © [Lantmäteriet] 2021 [na podstawie: SGU]

Obszar w miejscu pierwszego i drugiego wyboru lokalizacji korytarzy kablowych, znajdujący się na północ od farmy, ma substrat dna zdominowany początkowo przez glinę z domieszką piasku. Blżej wybrzeży (Olandii, Gotlandii i lądu stałego) następuje zmiana składu substratu na piasek drobno- i gruboziarnisty, żwir i kamienie, a przy samej linii brzegowej substrat dna składa się z kamieni, głazów i podłoża skalnego.

W przypadku korytarzy kablowych drugiego wyboru, które prowadzą bardziej na zachód od farmy i przecinają Olandię, substrat dna składa się początkowo z gliny z domieszką piasku.

Mniej więcej w połowie drogi między farmą wiatrową a Olandią dominującymi składnikami substratu dna stają się piasek drobno- i gruboziarnisty, żwir, kamienie oraz otoczaki, głazy i podłoże skalne.

Korytarz kablowy pierwszego wyboru prowadzący na południe od farmy ma substrat dna składający się głównie z piasku drobno- i gruboziarnistego, kamieni i żwiru. Wokół południowego krańca Olandii korytarz kablowy może przechodzić przez dno skaliste.



Rysunek 19. Mapa głębokości morza na obszarze planowanej farmy wiatrowej. © [Lantmäteriet] 2021 [na podstawie: EMODnet]

4.2 Warunki meteorologiczne

Szacuje się, że średnia prędkość wiatru na farmie wiatrowej wyniesie ok. 9,5 m/s na wysokości 100 m n.p.m. Jeśli chodzi o kierunek wiatru, dominuje wiatr z południowego zachodu o częstotliwości występowania 42% (ERA5).

4.3 Warunki hydrograficzne

Różnice stanu wody wynikają głównie z działania wiatru oraz wymiany wód przez Cieśniny Duńskie. Oddziaływanie księżyca i słońca uznaje się za nieistotne. W normalnych warunkach poziom wody może być wyższy o 1,5 metra lub niższy o 1,5 metra od średniego stanu wody. W warunkach ekstremalnych możliwe jest wystąpienie większych lub mniejszych różnic w poziomie wody.

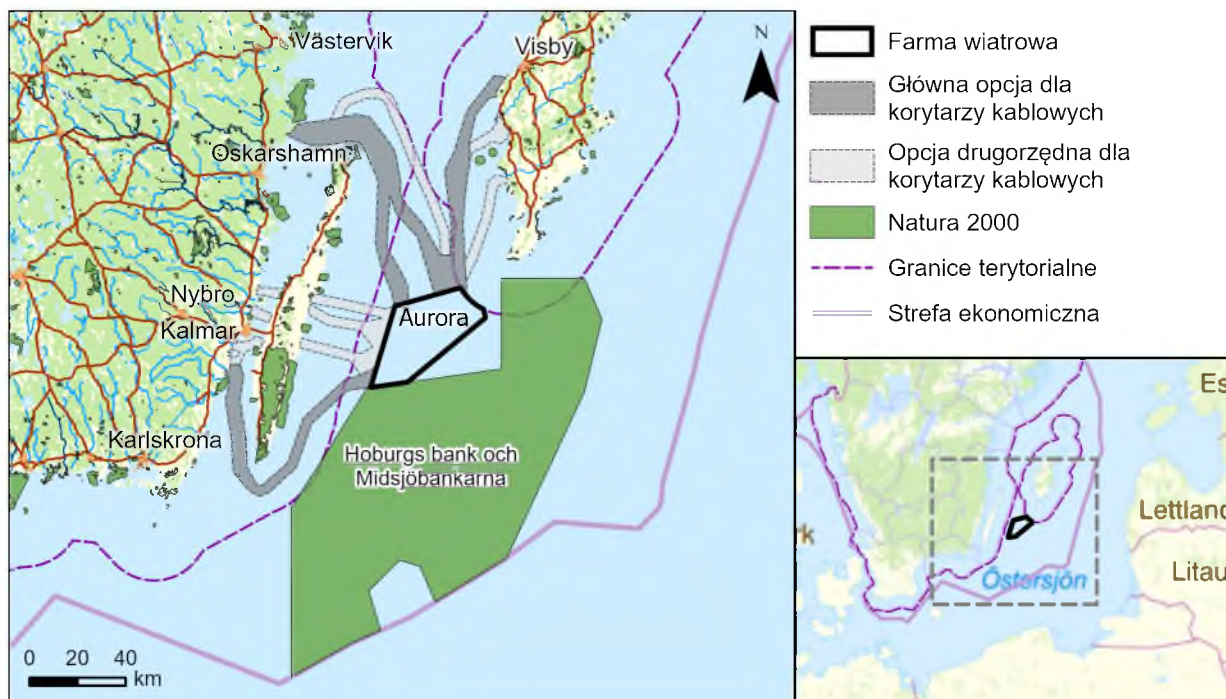
Tak jak w przypadku wiatru, klimat falowy jest zdominowany przez fale rozchodzące się z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego. Te fale są jednocześnie najwyższymi falami. Średnia wysokość fali znacznej wynosi ok. 1,1 metra, a wysokość maksymalna fali w skali roku to 6 metrów (ERA5). Prądy morskie występujące na obszarze płyną w kierunku północnym i południowym, odpowiednio przez 26% i 28% czasu. Prędkość prądów morskich jest mała i wynosi średnio mniej niż 0,1 m/s, przy czym osiąga maksymalną roczną prędkość na poziomie ok. 0,4 m/s (ERA5).

Okresy zimowe o niższych temperaturach, od -5 do -10 stopni, mogą powodować powstawanie pokrywy lodowej na morzu. Grubość lodu zależy od poziomu zasolenia wód i waha się od 6 do 8‰ na obszarze oraz w pobliżu farmy wiatrowej. Na mapach maksymalnego zasięgu zlodowacenia Szwedzkiego Instytutu Meteorologiczno-Hydrologicznego (SMHI) nie odnotowano występowania pokrywy lodowej na obszarze farmy wiatrowej Aurora w ciągu ostatnich 20 lat. Mapy z dwóch roczników (2011 i 2018) pozwalają zauważyć, że zasięg zlodowacenia sięgnął do południowych wybrzeży Gotlandii, a lód zaklasyfikowano jako „nyis”, czyli cienką, świeżą warstwę lodu (SMHI 2020).

4.4 Środowisko naturalne

4.4.1 Obszary Natura 2000

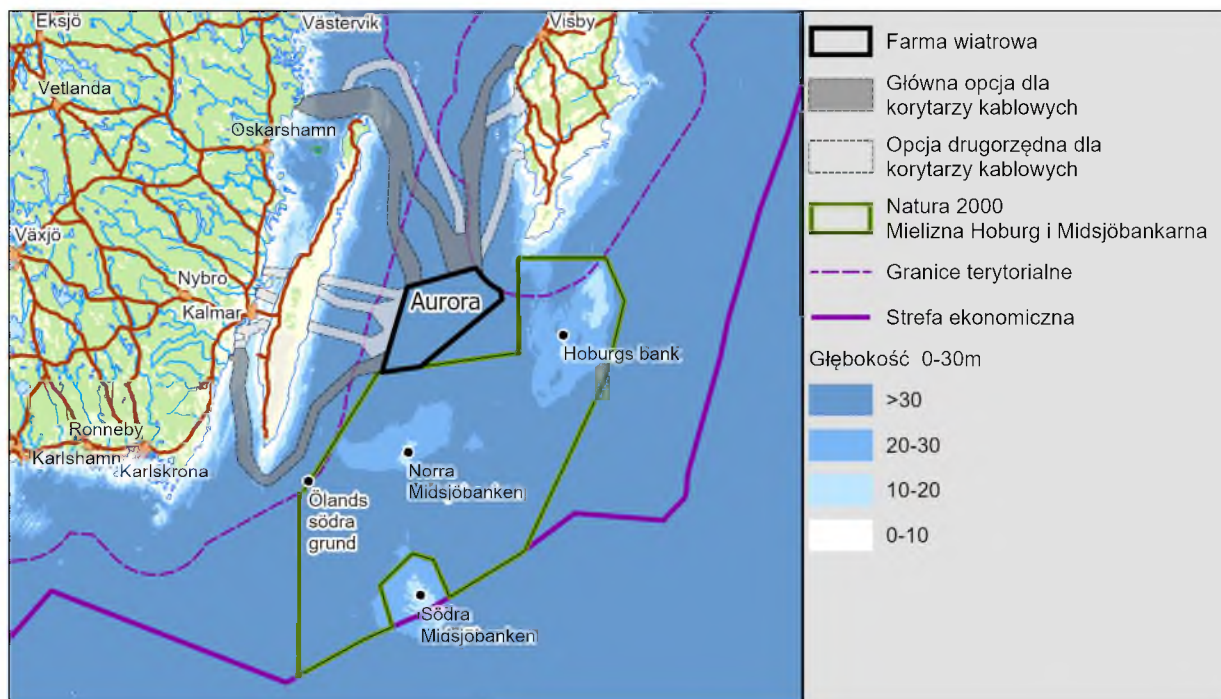
Obszar Natura 2000 o nazwie Ławica Hoburska i Ławice Środkowe, który został ustanowiony obszarem chronionym zgodnie z unijną dyrektywą w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (Site of Community Importance, SCI) i dyrektywą w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (Special Protection Area, SPA), jest położony na południowy wschód od planowanej farmy wiatrowej (Rysunek 20). Obszar Natura 2000 obejmuje teren o powierzchni ok. 1 051 000 hektarów, co odpowiada ok. 10 510 km². Głębokość morza w tym obszarze waha się od 17 do 80 metrów. Płycizny występują w pobliżu ławic będących częścią obszaru (Rysunek 21).



Rysunek 20. Rysunek poglądowy położenia farmy wiatrowej Aurora na obszarze Bałtyku Właściwego, brane pod uwagę możliwości poprowadzenia korytarzy na kabłe wyprowadzenia mocy oraz pobliski obszar Natura 2000. © [Lantmateriet] 2021 [na podstawie: Naturvårdsverket]

Najważniejsze przedmioty o dużej wartości ochronnej na obszarze Natura 2000 to gatunki morświn, lodówka i nurnik zwyczajny, które występują na całym obszarze lub jego częściach oraz typy siedlisk: rafa i piaszczyste ławice podwodne wraz z gatunkami oraz różnorodnością biologiczną charakterystyczną dla tego typu habitatów (Tabela 2). W chwili obecnej nie ma zatwierdzonego planu ochrony obszaru Ławica Hoburska i Ławice Środkowe. Opracowaniem planu zajmuje się Länsstyrelsen i Kalmar län [zarząd regionu Kalmar] oraz Länsstyrelsen i Gotlands län [zarząd regionu Gotlandia].

Na wschodnim i zachodnim wybrzeżu Gotlandii znajduje się kilka mniejszych obszarów Natura 2000. Największe z nich, Stora Karlsö i Lilla Karlsö (odpowiednie kody to SE0340023 i SE0340025), są znacznie mniejsze niż Ławica Hoburska i Ławice Środkowe. Obszar Flisviken (SE0340162) jest położony najbliżej planowanej farmy wiatrowej i zajmuje teren wzdłuż południowego wybrzeża Gotlandii, obejmujący przybrzeżne siedliska murawowe. Flisviken to ważne siedlisko lęgowe wielu ptaków morskich i obszar chroniony na mocy dyrektywy w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory, a także dyrektywy w sprawie ochrony dzikiego ptactwa. Ochronie na mocy dyrektywy w sprawie ochrony dzikiego ptactwa podlega także mniejszy obszar Heligholmen (SE0340121) u południowo-wschodniego wybrzeża Gotlandii, gdyż stanowi on ważny obszar lęgowy dla mew oraz ich podrodziny – rybitw (Naturvårdsverket, b.r.).



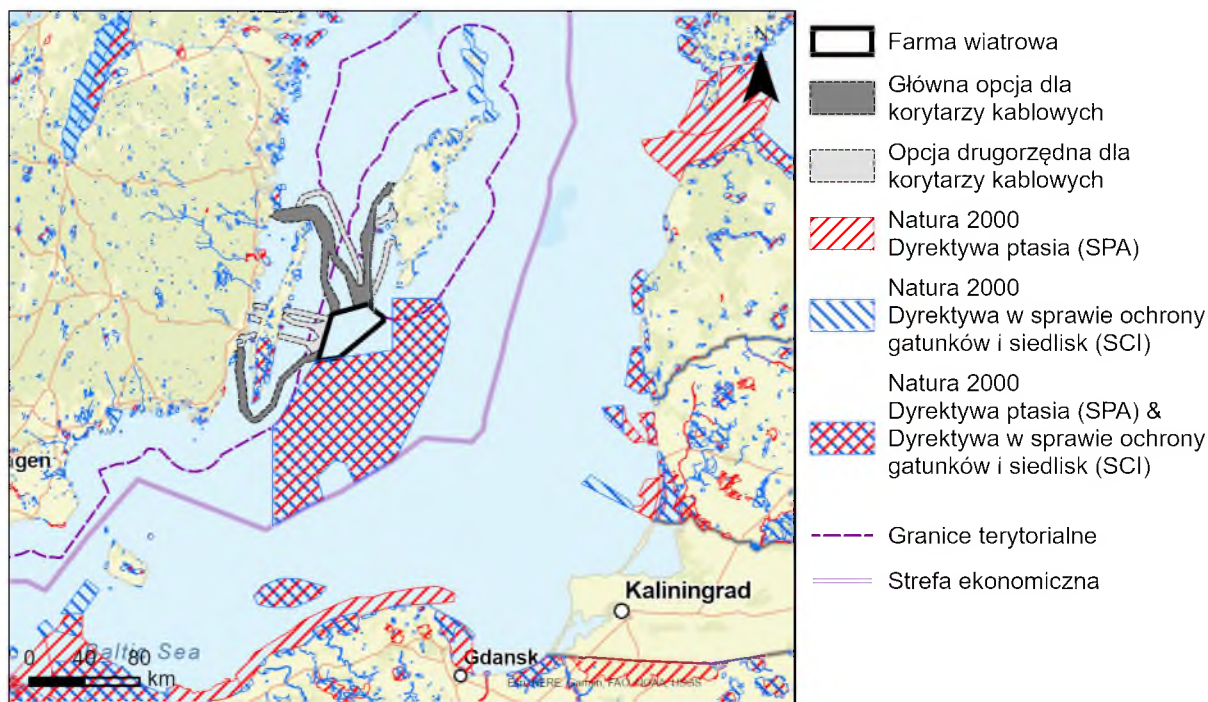
Rysunek 21. Płycizny o głębokości 0–30 metrów na obszarze Natura 2000 Ławica Hoburska i Ławice Środkowe oraz najbliższe otoczenie farmy Aurora. Kolorem jasnoniebieskim zaznaczono płycizny. © [Lantmateriet] 2021 [na podstawie: Naturvårdsverket i EMODnet]

Tabela 2. Siedliska i gatunki stanowiące przedmiot ochrony obszaru Ławica Hoburska i Ławice Środkowe na podstawie dyrektywy w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory, a także dyrektywy w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (Länsstyrelsen i Kalmar län 2016).

| Typy siedlisk | Gatunki |
|------------------------------------|-------------------------|
| Rafa (1170) | Morświn (1351) |
| Piaszczyste ławice podwodne (1110) | Nurnik zwyczajny (A202) |
| | Lodówka (A064) |

4.4.2 Obszary Natura 2000 na terytorium innych państw

Obszary Natura 2000 należące do krajów nad basenem Morza Bałtyckiego (z wyjątkiem Obwodu kaliningradzkiego, rosyjskiej eksklawy) są zlokalizowane zarówno na morzu, jak i wzdłuż wybrzeży państw (Rysunek 22). Obszar Natura 2000 położony najbliżej planowanej farmy wiatrowej to Ławica Słupska (Polska), zlokalizowana ok. 160 km na południe od farmy i ok. 110 km od południowego korytarza kablowego pierwszego wyboru. Pozostałe obszary Natura 2000, należące do krajów nad basenem Morza Bałtyckiego, są zlokalizowane w dalszej odległości od farmy.



Rysunek 22. Obszary Natura 2000 należące do krajów nad basenem Morza Bałtyckiego. © [Lantmateriet] 2021 [na podstawie: Europejska Agencja Środowiskowa (EAŚ)]

4.4.3 Fauna i flora dna morskiego

Na terenie farmy wiatrowej Aurora dominuje miękkie dno z dużą ilością gliny, różnoziarnistego i gruboziarnistego piasku, otoczków i żwiru. Występują też mniejsze obszary z domieszką kamieni. Gatunki bentosowe, które przeważają w tej części Morza Bałtyckiego, to głównie małże (*Macoma balthica*), wieloszczety (*Pygospio elegans*, *Bylgides sarsi*, *Marenzelleria*) oraz skorupiaki (np. *Monoporeia affinis*). Ogólnie rzecz biorąc, liczba gatunków bentosowych jest mała i silnie powiązana ze stężeniem tlenu przy dnie. Obszary o stężeniu tlenu powyżej 4 mg/l charakteryzują się występowaniem 6–10 gatunków podczas, gdy obszary o stężeniu tlenu poniżej 4 mg/l cechuje występowanie 0–3 gatunków (DHI 2016, Gogina i in. 2016).

Zawartość tlenu w wodzie na obszarze farmy Aurora jest prawdopodobnie zróżnicowana: w północnych i zachodnich częściach wody przy dnie mogą być pozbawione tlenu lub ubogie w tlen (<4 mg/l), natomiast na pozostałym terytorium farmy wody przy dnie są dobrze natlenione (SMHI 2019, Gogina i in. 2016). Na obszarach, które mogą być pozbawione tlenu, nie występuje żadna makrofauna. Z uwagi na dużą głębokość wody na obszarze farmy Aurora (ponad 50 metrów) warunki świetlne przy dnie są słabe, dlatego przypuszcza się, że nie występuje tam morska roślinność denna, ani w strefach bogatych w tlen, ani w strefach pozbawionych tlenu.

W północno-wschodniej części farmy wiatrowej Aurora znajduje się niewielki obszar dna skalistego o głębokości ok. 50 m (Rysunek 18). W tym miejscu mogą występować inne

organizmy niż fauna typowa dla podłoża gliniastego. Twardy substrat dna może być zasiedlony przez epifaunę, która przytwierdza się do podłoża. Przykładowy gatunek to omulek jadalny (*Mytilus edulis*).

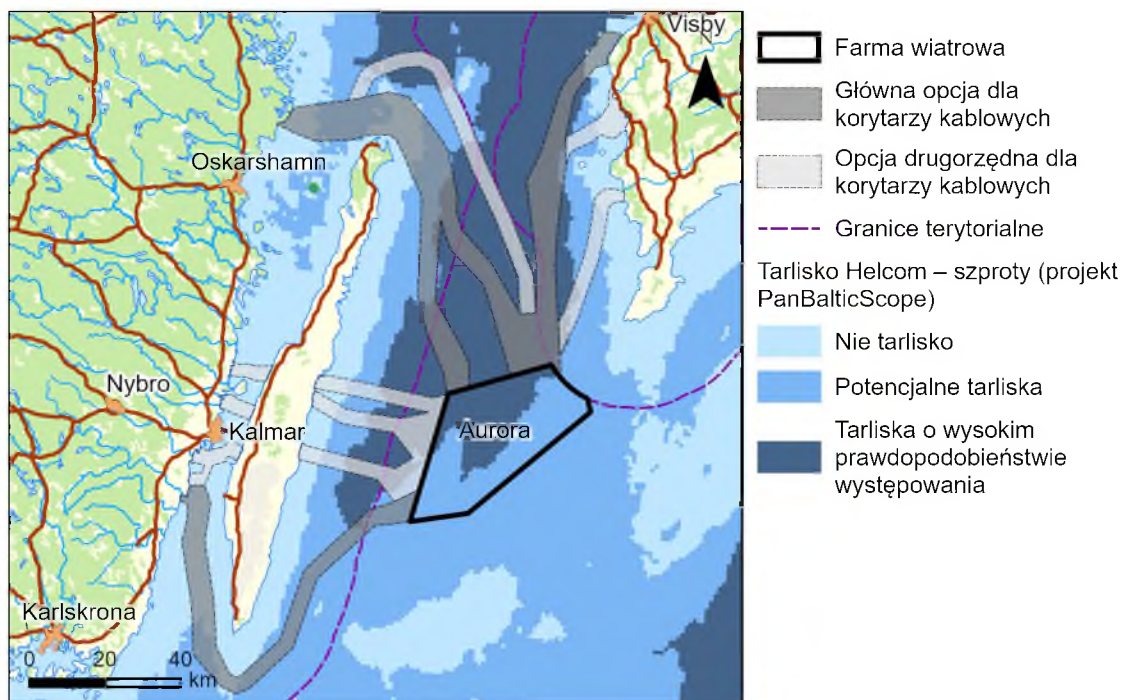
Na obszarze korytarzy wyprowadzenia mocy prowadzących od farmy wiatrowej do lądu stałego substrat dna jest zmienny i występuje w nim glina, piasek drobno- i gruboziarnisty oraz pojedyncze głazy. Na tym terenie fauna i flora dna morskiego mogą składać się z organizmów żyjących w warstwie osadów oraz epifauny wykorzystującej skaliste dno do przytwierdzania się do podłoża, np. omułka jadalnego (*Mytilus edulis*) oraz roślin, np. krasnorostów (*Rhodophyta* spp.), widlika zaostzonego (*Furcellaria lumbricalis*) oraz różnych gatunków alg brunatnych, takich jak morszczyn pęcherzykowaty (*Fucus vesiculosus*). Flora występuje głównie bliżej lądu, gdzie znajduje się większy obszar dna skalistego. Takie dno charakteryzuje obszary północnych korytarzy kablowych prowadzących od farmy do lądu. Inne środowisko dna morskiego na południowych trasach korytarzy kablowych występuje zwłaszcza wokół południowego cypla Olandii, gdzie dno jest skaliste i przypuszcza się, że występuje także epifauna.

4.4.4 Ryby

Morze Bałtyckie jest zamieszkiwane przez różne gatunki słodko- i słonowodne, ponieważ jest płytkim zbiornikiem wody brackiej zasilanym okresowo przez słoną wodę z Cieśnin Duńskich oraz stały dopływ wody słodkiej z rzek uchodzących do Bałtyku. Z tego względu ichtiofauna w południowo-zachodnich częściach Bałtyku jest zdominowana przez gatunki słonowodne, a w północno-wschodnich obserwuje się występowanie zarówno słono-, jak i słodkowodnych gatunków.

Z uwagi na to, że na obszarze farmy dominuje dno miękkie, a stężenie soli w tej części Bałtyku wynosi ok. 5–10‰, prawdopodobne jest występowanie różnych gatunków flądry, w tym storni, turbota i gładzicy. Niska zawartości tlenu w wodzie na obszarze farmy wiatrowej może wpływać na występowanie tych gatunków, gdyż flądroształtne unikają wód ubogich w tlen (Switzer i in. 2009). Często występujące gatunki na tym obszarze to także szprot i śledź bałtycki (HaV 2020). Farma Aurora jest zlokalizowana w miejscu potencjalnych i wysoko prawdopodobnych tarlisk szprota (Rysunek 23) (HELCOM 2016). Potencjalne najbliższe tarliska dorsza są zlokalizowane w odległości ok. 90 km od farmy (HELCOM 2020), jednak przewiduje się, że ten gatunek będzie występował sporadycznie na obszarze realizacji projektu, tak samo jak węgorz europejski i łosoś (HaV 2020). Ważnym siedliskiem dla młodego dorsza mogą być obszary pływiczne Morza Bałtyckiego, np. obszar Ławic Środkowych (Bergström i in. 2011, Hinrichsen i in. 2009).

Ichtiofauna, występująca wzdłuż korytarzy kablowych w pobliżu lądu, może składać się z ryb bez znaczenia gospodarczego, takich jak babka piaskowa, babka mała, ciernik i głowacz, gdyż substrat dna na tym obszarze to różnorodne piaski i podłoże skaliste. Ze względu na niski poziom zasolenia wód przybrzeżnych mogą tutaj występować gatunki ryb słodkowodnych, takie jak okoń czy szczupak (HaV 2020).



Rysunek 23. Mapa ilustruje prawdopodobieństwo wystąpienia tarlisk szprota na obszarze farmy Aurora. © [Lantmateriet] 2021 [na podstawie: HELCOM]

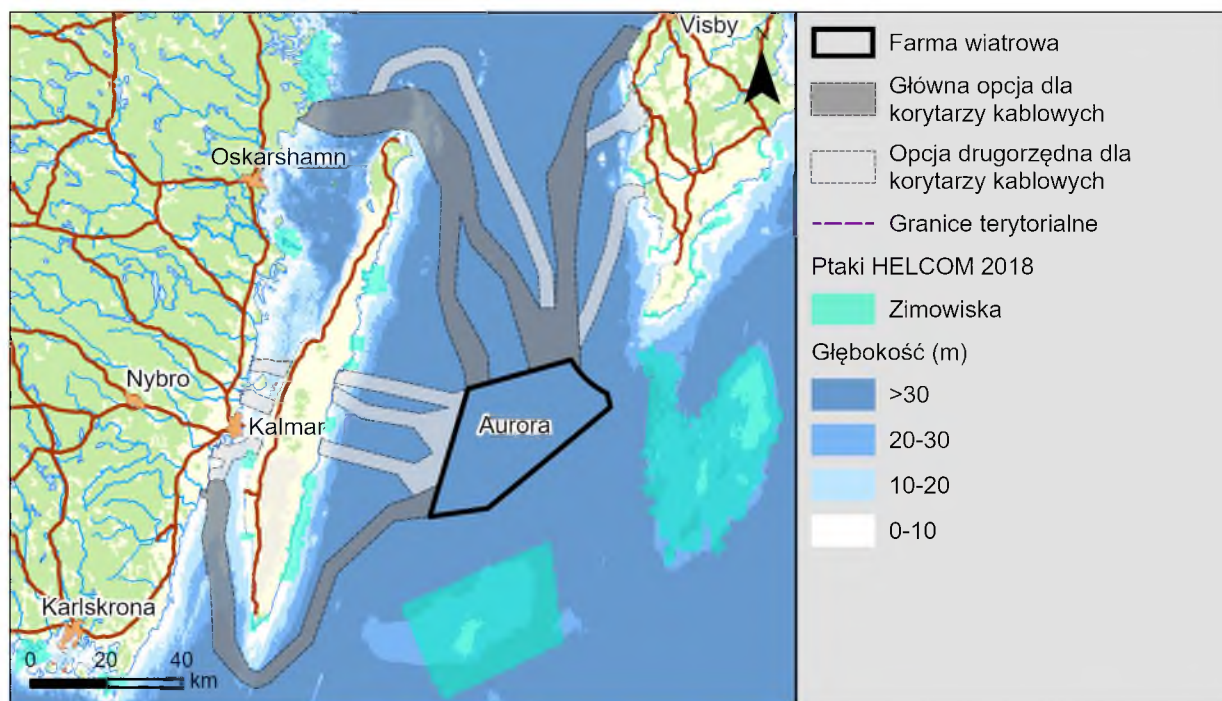
4.4.5 Ptaki

Obszary morskie w centralnej części Bałtyku stanowią miejsce zimowania, lęgu i żerowania dla wielu gatunków ptaków morskich. Ptaki morskie występujące w tym obszarze to m.in. edredon, lodówka, uhla, markaczka oraz różne gatunki alk, nurów i mew. Larsson (2018) wskazuje kilka obszarów morskich wokół Gotlandii i Olandii o dużym znaczeniu dla ptaków. Żaden z nich nie znajduje się na terenie farmy wiatrowej.

Nurzyk zwyczajny i alka zwyczajna, które żywią się głównie rybami pelagicznymi, mogą występować na obszarze farmy Aurora w niewielkiej ilości w okresach zimowych. Poza letnim okresem lęgu, alki występują na rozproszonych siedliskach na całym obszarze morskim i nie są powiązane z żadnym szczególnym terytorium (Larsson 2018).

Obszar Natura 2000 Ławica Hoburska i Ławice Środkowe, położony na południowy wschód od farmy wiatrowej Aurora, to ważne miejsce zimowania ptaków morskich występujących na Morzu

Bałtyckim (Rysunek 24). Ławice mają szczególne znaczenie dla narażonej na wyginięcie północnoeuropejskiej i rosyjskiej populacji lodówki (Larsson 2016, Larsson 2018). Lodówki oraz edredony żerują głównie na stosunkowo płytkich obszarach, łowiąc organizmy bentosowe takie, jak małże i drobne bezkręgowce. Ze względu na stosunkowo dużą głębokość morza (ponad 50 metrów) na obszarze farmy wiatrowej Aurora teren ten nie jest uznawany za ważne miejsce żerowania tych gatunków.



Rysunek 24. Mapa obszarów zimowania ptaków w okolicy farmy wiatrowej Aurora z uwzględnieniem ławic. © [Lantmateriet] 2021 [na podstawie: HELCOM]

Wiele ptaków morskich migruje szerokim frontem przez centralną część Morza Bałtyckiego, w okresie wiosennych i jesiennych wędrówek. Migrując, ptaki mogą się zbliżyć do obszaru planowanej farmy wiatrowej.

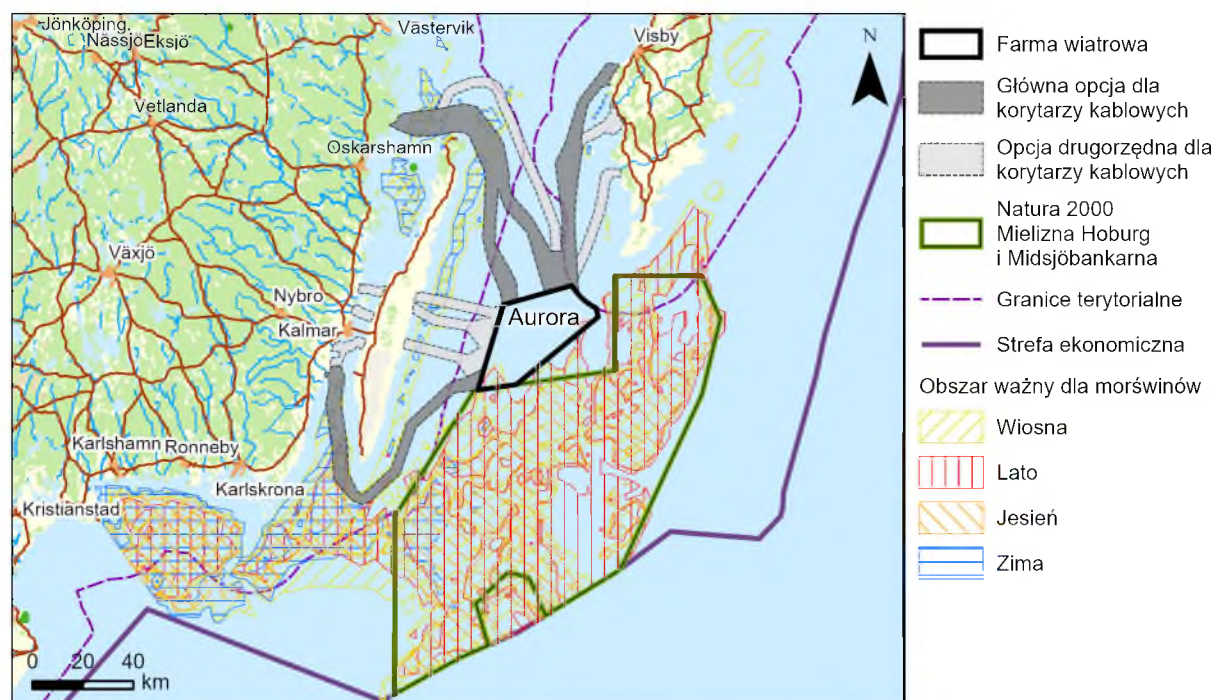
4.4.6 Ssaki morskie

4.4.6.1 Morświn

Morświny są przedmiotem ochrony na obszarze Natura 2000 Ławica Hoburska i Ławice Środkowe (Länsstyrelsen Kalmar 2016). W regionie Morza Bałtyckiego istnieją trzy różniące się genetycznie populacje morświnów: populacja z cieśniny Skagerrak, populacja z Cieśnin Duńskich i populacja z Bałtyku Właściwego. Na obszarze Natura 2000 Ławica Hoburska i Ławice Środkowe oraz w jego okolicy występuje jedynie populacja z Morza Bałtyckiego.

Badania nad występowaniem morświnów w Morzu Bałtyckim wykazały, że zwierzęta te przebywają głównie wokół ławic na obszarze Bałtyku Właściwego w okresie od maja do

października, z kolei w okresie od listopada do kwietnia rozpraszają się po większym terenie (Carlén i in. 2018, Rysunek 25). Wynika to prawdopodobnie z tego, że morświny gromadzą się na ławicach na czas godów trwających od czerwca do sierpnia. Większą liczebność morświnów w tym okresie udokumentowano zwłaszcza w okolicach Ławic Środkowych (SAMBAH 2016). Na obszarze farmy wiatrowej Aurora liczebność morświnów jest niska, mimo niewielkiego oddalenia od Ławic Środkowych. Występowanie morświnów na tym obszarze w okresie letnim szacuje się na 0–0,0005 osobników/km² (SAMBAH 2016).



Rysunek 25. Ważne dla morświnów siedliska na terenie farmy wiatrowej Aurora z uwzględnieniem zmian sezonowych. © [Lantmateriet] 2021 [na podstawie: Carlström i Carlén, 2016]

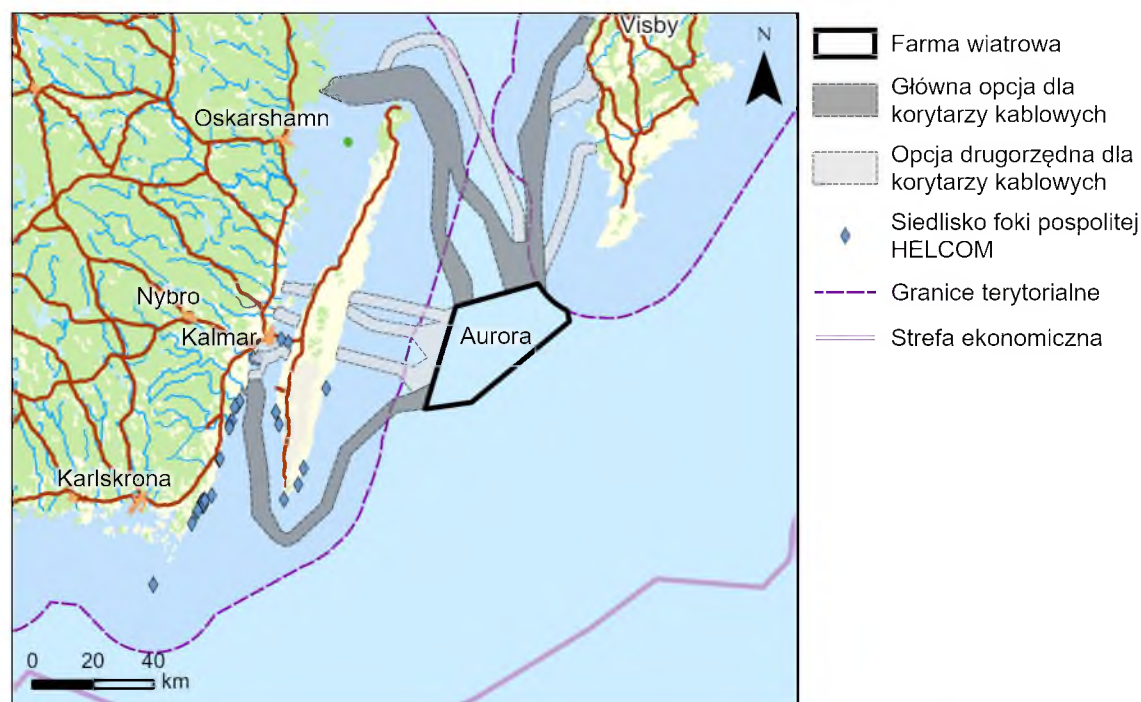
Populacja morświnów z Bałtyku Właściwego została oszacowana na mniej więcej 500 osobników (SAMBAH 2016) i jest określana jako krytycznie zagrożona (CR) według szwedzkiej czerwonej listy (SLU ArtDatabanken 2020). Przyłowy morświna oraz zanieczyszczenie środowiska w XX wieku to prawdopodobna przyczyna zmniejszenia populacji, której obecna liczebność jest bardzo niska. Obecnie, przyłowy nadal stanowią zagrożenie dla populacji, podobnie jak podwodny hałas oraz zmniejszony dostęp do pożywienia.

4.4.6.2 Foki

Populacja foki pospolitej w Morzu Bałtyckim dzieli się na trzy subpopulacje: populację z cieśniny Kattegatt, populację z południowo-zachodniego Bałtyku oraz populację z Cieśniny Kalmarskiej. Na obszarze farmy wiatrowej Aurora możliwe jest wystąpienie populacji z Cieśniny Kalmarskiej (SAMBAH 2016). Liczebność tej subpopulacji została oszacowana na mniej więcej

1000 osobników (HELCOM 2018a) i jest określana jako zagrożona (VU) według szwedzkiej czerwonej listy (SLU ArtDatabanken 2020). Z danych inwentaryzacyjnych dotyczących lat 2003–2016 wynika, że przyrost roczny populacji z Cieśniny Kalmarskiej to 7,9% (HELCOM, 2018a).

Populacja bytuje głównie w cieśninie lub na południowo-wschodnim wybrzeżu Olandii (SAMBAH 2016), gdzie znajdują się ważne legowiska tego gatunku (Rysunek 26). Nie jest do końca jasne, w jakim stopniu obszar wokół ławic jest wykorzystywany przez fokę pospolitą. Nie przeprowadzono jednak żadnych obserwacji populacji foki pospolitej na obszarze ławic (Szwedzka Agencja Ochrony Środowiska 2010, HELCOM b.r.). Gatunek jest chroniony na mocy załączników nr 2 i 4 do unijnej dyrektywy w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory, a także szwedzkiego rozporządzenia w sprawie ochrony gatunków Artskyddsförordningen (2007:845), jednak populacja foki pospolitej z Cieśniny Kalmarskiej nie jest przedmiotem ochrony na obszarze Natura 2000 Ławica Hoburska i Ławice Środkowe (Szwedzka Agencja Ochrony Środowiska).



Rysunek 26. Ważne siedliska foki pospolitej na obszarze Morza Bałtyckiego. © [Lantmateriet] 2021 [na podstawie: HELCOM]

Foka szara to gatunek foki najczęściej występujący na całym obszarze Morza Bałtyckiego. Inwentaryzacja foki szarej przeprowadzona w 2014 roku pozwoliła na oszacowanie liczebności tego gatunku na 40 000 osobników (HELCOM 2015) i uznanie go za gatunek najmniejszej troski

(LC) według szwedzkiej czerwonej listy (SLU ArtDatabanken 2020). Stan gatunku według HELCOM został oceniony na dobry (HELCOM 2018a).

Foka szara może przemieszczać się na dużych obszarach na Morzu Bałtyckim. Prześledzenie trasy jedenastu fok oznaczonych nadajnikami u południowego wybrzeża Szwecji pozwoliło ustalić, że foka szara może dopłynąć aż do wybrzeży na wysokości regionu Uppland. Udokumentowane legowiska, gdzie foka szara linieje (tzw. miejsca haul-outu), znajdują się zarówno na Olandii, jak i Gotlandii. Legowisko położone w najbliższej odległości od farmy Aurora to obszar południowej Gotlandii, znajdujący się około 30 km od terenu farmy wiatrowej (HELCOM 2018d).

4.4.7 Nietoperze

Nietoperze mogą przelatywać nad morzem w okresie migracji (Hatch i in. 2013), a ich występowanie zostało zaobserwowane w odległości do 14 km od wybrzeży Cieśniny Kalmarskiej (Ahlén i in. 2009). Nie zaobserwowano występowania nietoperzy na terenie farmy wiatrowej Aurora. Wykazano jednak, że południowy kraniec Gotlandii znajdujący się nieco ponad 20 km na północny wschód od farmy Aurora jest punktem wylotowym migrujących nietoperzy (Ahlén i in. 2009, Ahlén i in. 1997).

Na Gotlandii i Olandii występuje populacja nocka rudego (*Myotis daubentonii*), którego częste siedliska to wybrzeża i okolice jezior. W okolicy Cieśniny Kalmarskiej zaobserwowano występowanie na morzu mroczaka posrebrzanego (*Vespertilio murinus*), który prawdopodobnie wykonywał przelot do miejsc zimowania. Zaobserwowano również przeloty nocka łydkowłosego (*Myotis dasycneme*) nad obszarem morskim w okolicy Olandii i Gotlandii, jednak gatunek ten jest rzadki i nie ustalono występowania stałych kolonii (Ahlén i in. 2011). Inne często występujące gatunki przebywają głównie na lądzie stałym, jednak możliwe jest występowanie ich na obszarze morskim podczas przelotów do miejsc zimowania.

4.4.8 Usługi ekosystemowe i zielona infrastruktura

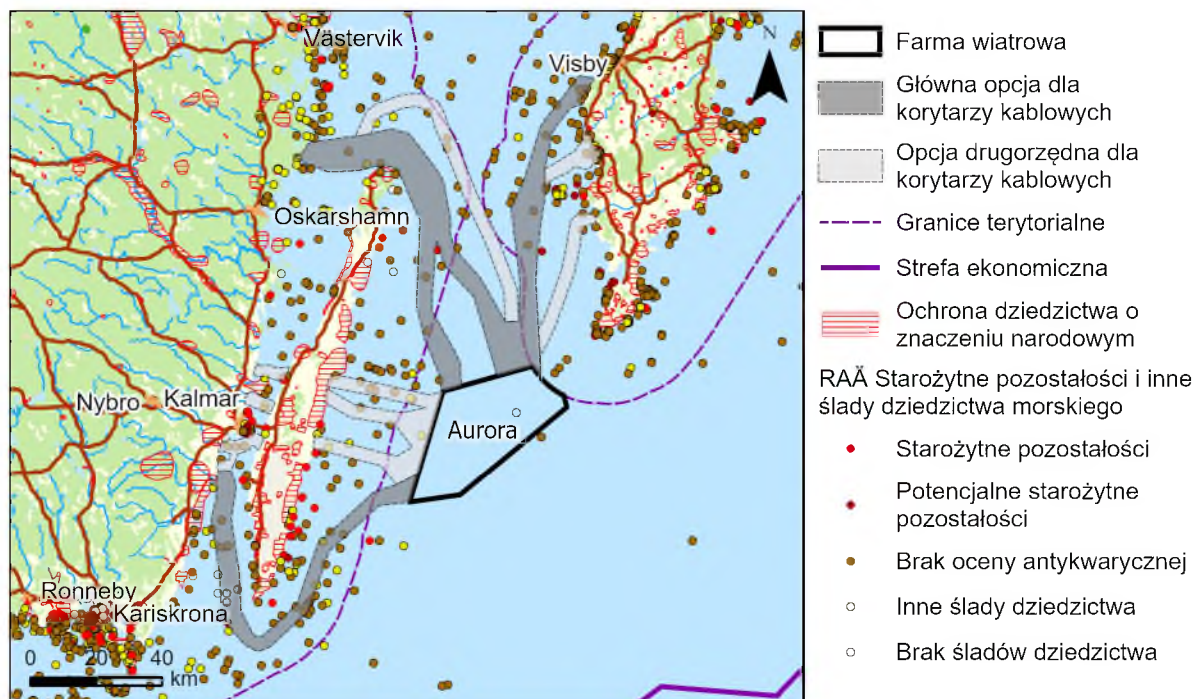
Usługa ekosystemowa odnosi się do produktu lub usługi, którą ekosystem świadczy na rzecz człowieka i która poprawia nasz dobrobyt i jakość życia. Przykładem takich usług i produktów jest naturalna regulacja stosunków wodnych, rekreacja na łonie natury czy zasoby naturalne. Zielona infrastruktura to ekologicznie funkcjonalne sieci siedlisk, struktur i obszarów przyrodniczych oraz wszystkich tych elementów, które umożliwiają dostarczanie różnych usług ekosystemowych.

Ławice objęte obszarem Natura 2000 graniczące z planowaną farmą wiatrową mogą świadczyć usługi ekosystemowe o walorach rekreacyjnych, np. jako miejsce wypoczynku. Dodatkowo, obszary wokół ławic, o większym zagęszczeniu omułka jadalnego, mogą również przyczyniać się do świadczenia regulacyjnych usług ekosystemowych, takich jak oczyszczanie wody. Na tym obszarze eksploatowane są również zasoby naturalne w postaci rybołówstwa komercyjnego.

4.5 Dziedzictwo kulturowe

Farma Aurora jest zlokalizowana daleko od brzegu, nieco ponad 20 km na południe od Gotlandii i nieco ponad 30 km na wschód od Olandii. Nie występują na niej żadne formy dziedzictwa kulturowego powiązanego z lądem stałym. Serwis wyszukiwania Fornsök, udostępniany przez Szwedzką Narodową Radę Dziedzictwa, zawierający informacje o wszystkich znanych i zarejestrowanych obiektach dziedzictwa archeologicznego oraz pozostałych zabytkach kulturowo-historycznych w Szwecji, nie wykazał występowania znanych zabytkowych miejsc na obszarze realizacji projektu (Rysunek 27) (Riksantikvarieämbetet 2019).

Według informacji z Fornsök, na wszystkich branych pod uwagę trasach korytarzy przeznaczonych na kable przyłączeniowe znajdują się wraki statków. Na północ od farmy Aurora wraki są głównie zlokalizowane blisko lądu i w okolicach punktów odbioru na lądzie. Na trasach korytarzy kablowych, prowadzących na południe od farmy Aurora, większość zarejestrowanych wraków znajduje się daleko od lądu, a w pobliżu punktów odbioru na lądzie nie znaleziono żadnych wraków. (Riksantikvarieämbetet 2019).



Rysunek 27. Zabytki o szczególnym znaczeniu narodowym oraz istniejące obiekty dziedzictwa archeologicznego w pobliżu farmy. © [Lantmäteriet] 2021 [na podstawie: Länsstyrelsen, Riksantikvarieämbetet]

4.6 Zarządzanie zasobami naturalnymi

4.10.1 Rybołówstwo

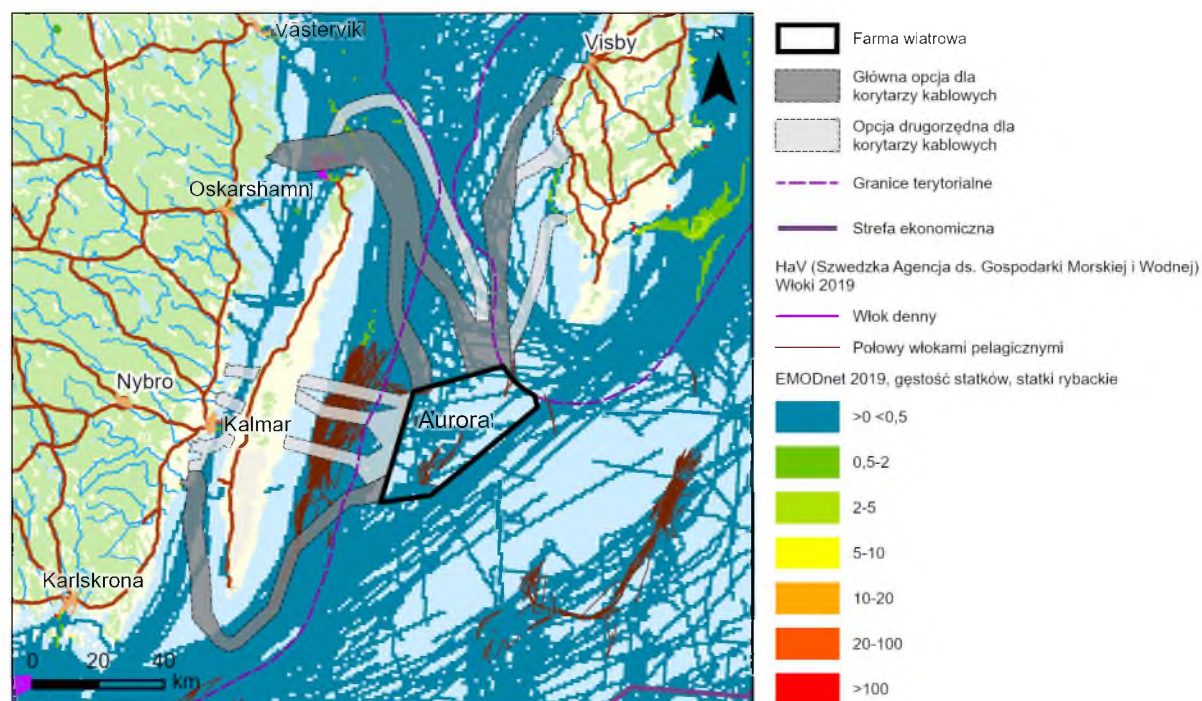
Rybołówstwo komercyjne prowadzone na Morzu Bałtyckim jest ukierunkowane na zaledwie kilka gatunków. Dorsz, śledź bałtycki i szprot stanowią 95% poławianych ryb (ICES, 2018). Połowy ryb pelagicznych (głównie za pomocą włoków pelagicznych) prowadzone na całym obszarze Morza Bałtyckiego obejmują przede wszystkim połowy śledzia bałtyckiego i szpróta (Jordbruksverket i Havs- och vattenmyndigheten, 2016). To właśnie połowy tych ryb są wagowo największe w regionie (Havs- och vattenmyndigheten 2018). Najistotniejsze połowy denne to połowy włokiem dorsza i różnych gatunków flądry, głównie storni i gładzicy, skupione w południowej i zachodniej części Morza Bałtyckiego, jednak nie są one prowadzone na obszarze farmy Aurora. Inne gatunki o lokalnym i sezonowym znaczeniu ekonomicznym to łosoś, zimnica, nagład, turbot, sandacz, szczupak, okoń, sieja, węgorz oraz troć wędrowna. Rybołówstwo przybrzeżne (sieci pułapkowe/skrzelowe, żaki i inne rodzaje sprzętów stacjonarnych) występuje sporadycznie w zależności od łowionego gatunku.

Farma Aurora jest położona na obszarze tzw. prostokąta statycznego ICES o numerze 42G7, zlokalizowanego w obszarach podrzędnych ICES 27.3.D.25 i 27.3.D.27. Jest to przestrzeń międzynarodowa, gdzie rejestruje się wyładunek połowów komercyjnych (ICES Statistical Rectangles b.r.). Wymienione obszary podrzędne ICES są miejscem połowów prowadzonych

przez dziewięć krajów, a państwem o największych wyładunkach jest Polska. Na drugim miejscu znajduje się Szwecja, następnie Dania, która prowadzi połowy na zdecydowanie mniejszą skalę oraz w dalszej kolejności Niemcy, Estonia, Litwa i Finlandia.

Na obszarze dookoła farmy Aurora prowadzi się rzadkie połowy komercyjne. Szwedzki Urząd ds. Monitorowania Rybołówstwa (Fiskeriövervakningsenheten, VMS), nadzorujący szwedzką flotę rybacką w czasie rzeczywistym (Havs- och vattenmyndigheten 2013) wykazał, że na obszarze farmy Aurora są prowadzone bardzo rzadkie połowy.

Dane udostępnione przez VMS pozwalają stwierdzić, że niemal wszystkie połowy prowadzone na wschód i zachód od farmy Aurora są wykonywane za pomocą włoka na średniej głębokości (Rysunek 28), skąd wniosek, że połowy na tych obszarach są prawdopodobnie ukierunkowane na śledzia bałtyckiego i szprota (Havs- och vattenmyndigheten 2021). Rybołówstwo przybrzeżne jest prowadzone także u zachodnich wybrzeży Olandii, przy wybrzeżu w okolicy miejscowości Oskarshamn oraz Kalmar. Rybołówstwo morskie odbywa się również u północno-wschodnich wybrzeży Olandii oraz w okolicy południowego krańca wyspy na wysokości Gräsgård i dalej w kierunku południowym (Havs- och vattenmyndigheten 2014). Przy wybrzeżu istnieje możliwość prowadzenia połowów za pomocą sieci pułapkowych/skrzelowych, żaków oraz włoków dennych.



Rysunek 28. Rybołówstwo komercyjne prowadzone na obszarze w 2019 roku. Zaciągi włoków szwedzkich trawlerów. © [Lantmäteriet] 2021 [na podstawie: Havs- och vattenmyndigheten]

Południowy korytarz kablowy pierwszego wyboru prowadzący od farmy Aurora ku lądowi stałemu przechodzi przez obszar, w którym prowadzone jest rybołówstwo przemysłowe o szczególnym znaczeniu narodowym. Większość połowów włokiem w tym obszarze jest prowadzona na średniej głębokości, jednak nie można wykluczyć prowadzenia przydennych połowów włokiem.

4.10.2 Pozyskiwanie materiałów

Pozyskiwanie materiałów z dna morskiego polega np. na wydobywaniu piasku i żwiru z dna morskiego w celu użycia ich głównie do produkcji materiałów budowlanych (Havs- och vattenmyndigheten 2019a). Pozyskiwanie materiałów nie jest obecnie prowadzone, nie ma też planów rozpoczęcia prac wydobywczych na obszarze farmy Aurora oraz na terenie proponowanych korytarzy na kable wyprowadzenia mocy (Havs- och vattenmyndigheten 2019a). Z uwagi na to można zakładać, że budowa farmy nie wpłynie na tego typu działania.

4.7 Klimat

Środowisko Morza Bałtyckiego jest narażone na wiele czynników stresogennych takich, jak eutrofizacja, zanieczyszczenia oraz przełowienie. Zmiany klimatu mogą spowodować pogorszenie istniejących problemów. Modelowanie klimatu pozwala stwierdzić, że w tym stuleciu nastąpi wzrost temperatur (HELCOM 2007), co przyczyni się do wcześniejszych wiosennych zakwitów glonów i będzie skutkowało zwiększeniem obciążenia materiałem organicznym na dnie oraz grozić rozszerzeniem dennych stref beztlenowych i ubogich w tlen (Hjerne i in., 2019; Meier i in., 2012).

To z kolei może doprowadzić do słabszej rekrutacji ryb, a w przypadku powstania dna beztlenowego w środowisku przydennym przeżyją tylko niektóre bakterie (Tallqvist i in. 1999, Hermans i in., 2019). Warunki życia wielu gatunków występujących w Morzu Bałtyckim mogą ulec zmianie wraz z mniejszym przenikaniem światła słonecznego w głąb morza, słabszą wymianą składników odżywczych w słupie wody oraz obniżeniem zawartości tlenu. Te czynniki mogą oddziaływać na biogeochemiczne procesy i wpływać na cały ekosystem (Andersson i in., 2015).

Budowa elektrowni wiatrowych to jedno z najważniejszych krajowych przedsięwzięć realizowanych w celu ograniczenia nadchodzących zmian klimatu oraz osiągnięcia przez Szwecję celów klimatycznych zakładających zerową emisję gazów cieplarnianych netto w 2045 r. Farma wiatrowa przyczyni się zatem do ograniczenia globalnych zmian

klimatycznych, a tym samym do zmniejszenia negatywnego wpływu na gatunki występujące lokalnie.

4.8 Geologiczne składowanie dwutlenku węgla

Składowanie dwutlenku węgla w strukturach geologicznych jest sposobem na zmniejszenie emisji dwutlenku węgla do atmosfery. Rozważa się uwzględnienie tej technologii w planie działania na rzecz osiągnięcia celów klimatycznych. W chwili obecnej dwutlenek węgla nie jest składowany na obszarach morza terytorialnego Szwecji.

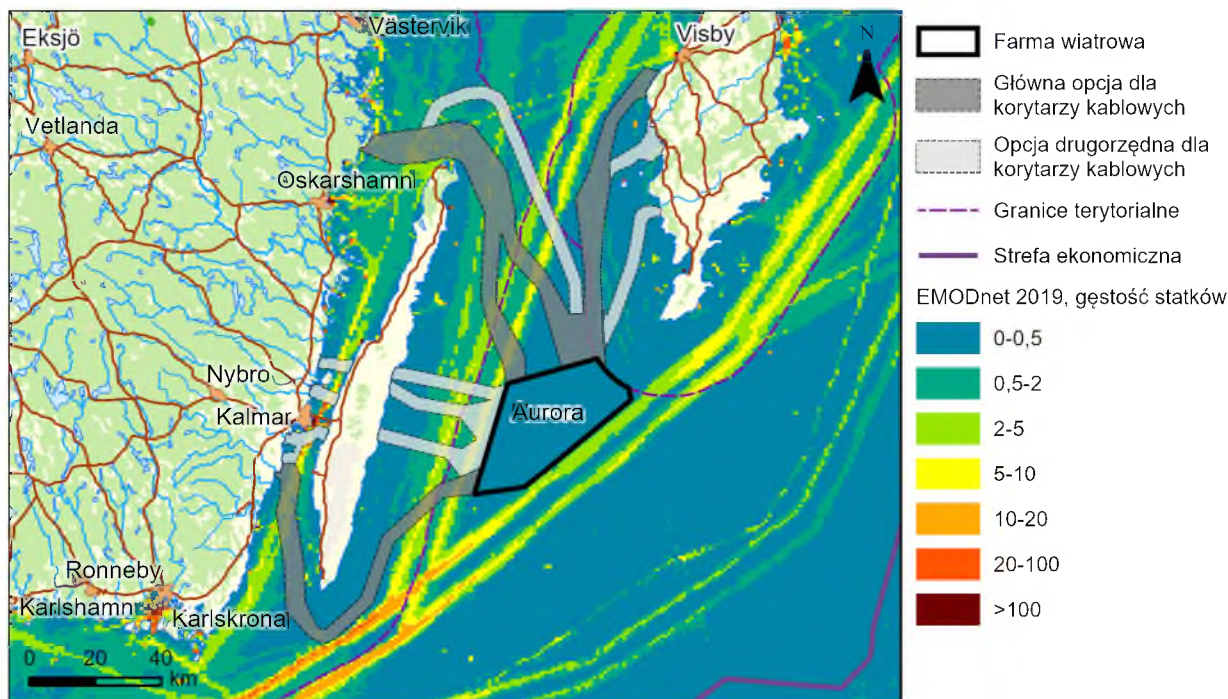
Składowanie dwutlenku węgla jest uzależnione od lokalnej struktury geologicznej. Szwedzkie obszary morskie, które mogą nadawać się do składowania dwutlenku węgla, to przede wszystkim południowo-wschodni Bałtyk i obszary przylegające do południowo-zachodniej części Skanii. Do składowania dwutlenku węgla często wykorzystuje się podłoże ze skał osadowych, np. porowatych piaskowców. Na obszarze Europy występuje dużo skał osadowych, np. piaskowiec i wapień.

Farma wiatrowa Aurora znajduje się na terenie, gdzie dno tworzą skały osadowe (piaskowce określane nazwą Faluddensandstenen). Części tego obszaru stanowią potencjalne miejsce składowania dwutlenku węgla. Takie miejsca nie występują jednak na terenie farmy Aurora.

4.9 Infrastruktura i proces planowania

4.14.1 Transport morski

Dwa duże szlaki morskie przebiegają przez wschodnią granicę farmy Aurora oraz częściowo przez jej zachodnią granicę (Rysunek 29) (Havs och vattenmyndigheten, 2019a). Te szlaki żeglugowe prowadzą m.in. z i do wewnętrznych obszarów Morza Bałtyckiego. Mimo tego na obszarze farmy występuje mały ruch statków. Ruchy dużej liczby statków (towarowych, rybackich, pasażerskich, pomocniczych, zbiornikowców, kontenerowców, itp.) można śledzić w systemie AIS (Automatic Identification System). Dane z systemu AIS z lat 2017 i 2018 pokazują, że ten rodzaj statków mija farmę wiatrową, kierując się ku lądowi lub wypływając na Morze Bałtyckie. Ruchy statków rybackich są nieco mniej jednorodne, gdyż obszary połowów zależą od wybranego gatunku.



Rysunek 29. Mapa ilustrująca miesięczne zagęszczenie ruchu statków w roku 2019 mierzone na godzinę w strefach 1×1 km oraz szlaki żeglowne przebiegające w pobliżu farmy wiatrowej. © [Lantmäteriet] 2020 [na podstawie: EMODnet 2020]

Proponowane korytarze na kable wyprowadzenia mocy przebiegają przez różne szlaki żeglowne oraz często uczęszczane trasy żaglówek i mniejszych łodzi motorowych.

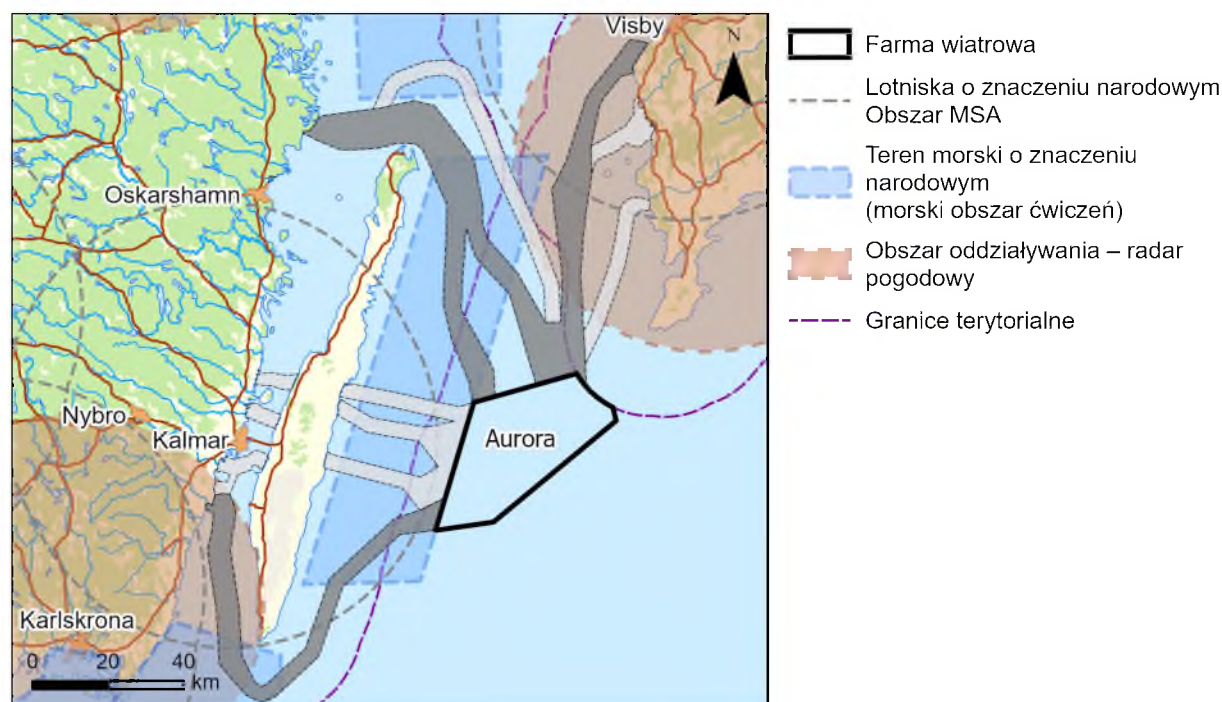
4.14.2 Transport lotniczy

Lotnisko znajdujące się najbliżej farmy Aurora to port lotniczy Kalmar Öland Airport, zlokalizowany ok. 60 km na zachód od obszaru realizacji projektu. Powierzchnia MSA (Minimum Sector Altitude) to obszar w kształcie koła o promieniu 55 km, mierząc od infrastruktury wspomagającej lądowanie. Obszar ten jest podzielony na cztery sektory, w których minimalna dopuszczona wysokość lotu wynosi 300 metrów nad najwyższą położoną fizyczną barierą każdego sektora. Piloci samolotów dysponują zatem marginesem bezpieczeństwa wynoszącym 300 metrów odległości od najwyższego położonego obiektu w każdym sektorze (Trafikverket 2020). Z uwagi na to, że budowa farmy Aurora jest planowana w miejscu oddalonym o 60 km od lotniska, nie pokrywa się ona z powierzchnią MSA.

Proponowane korytarze na kable przyłączeniowe przebiegają przez powierzchnię MSA, jednak nie oddziałują na transport lotniczy, ponieważ nie wystają nad powierzchnię morza.

4.14.3 Obszary wojskowe

Farma Aurora graniczy z należącą do Försvarsmakten (szwedzkich sił zbrojnych) morską strefą ćwiczeń Martin (TM0304) o szczególnym znaczeniu narodowym (Rysunek 30). Obszary wojskowe znajdują się także w okolicy północnego i południowego krańca Olandii.



Rysunek 30. Obszary istotne dla Försvarsmakten oraz obszar oddziaływania radarów meteorologicznych. © [Lantmäteriet] 2021 [na podstawie: Försvarsmakten, Trafikverket, EMODnet]

Korytarze kablowe pierwszego i drugiego wyboru biegnące na północ w kierunku zachodniego wybrzeża Gotlandii nie przecinają obszarów wojskowych. Pozostałe korytarze pierwszego i drugiego wyboru na północ od farmy Aurora, z punktami odbioru na lądzie stałym, przebiegają przez morską strefę ćwiczeń Försvarsmakten. Korytarze drugiego wyboru, prowadzące przez Olandię, przechodzą przez obszar wojskowy. Korytarz pierwszego wyboru, biegnący na południe od farmy Aurora, przecina dwie strefy ćwiczeń wojskowych: jedna z nich graniczy z farmą, a druga znajduje się na południe od Olandii (Havs- och vattenmyndigheten 2019a). Firma OX2 nie ma wiedzy o istnieniu stref ćwiczeń wojskowych należących do innych państw, na które farma wiatrowa lub korytarze kablowe mogłyby w jakiś sposób oddziaływać.

4.14.4 Obiekty niebezpieczne dla środowiska i miejsca strefy zrzutu (obszary zagrożone wybuchem min)

Na terenie farmy Aurora oraz w bezpośredniej okolicy obszaru realizacji projektu nie występują żadne znane miejsca strefy zrzutu. Na obszarze realizacji projektu nie ma też obiektów

Firma Hexicon planuje budowę farmy wiatrowej w okolicy północnej granicy farmy Aurora. Proponowana powierzchnia farmy wynosi 553 km². Projekt jest na razie we wczesnej fazie rozwoju, a firma nie złożyła jeszcze wniosku o pozwolenie na budowę (Hexicon, 2021).

Firma RWE planuje budowę farmy wiatrowej na terenie Południowej Ławicy Środkowej. Farma ma być oddalona o 100 km od szwedzkiego wybrzeża i znajdować się przy granicy z Polską. Projekt jest na razie na etapie przygotowania, nie złożono jeszcze wniosku o pozwolenie Natura 2000. Przyjmując uzyskanie odpowiednich pozwoleń, można założyć, że farma zostanie oddana do użytku ok. 2027 r. (RWE Renewables, 2021).

Duńskie przedsiębiorstwo elektroenergetyczne Ørsted prowadzi prace nad projektem dwóch farm wiatrowych w pobliżu farmy Aurora: morskiej farmy wiatrowej Gotland, której obszar pokrywa się częściowo z terenem farmy Aurora oraz morskiej farmy wiatrowej Öland zlokalizowanej na południe od farmy Aurora. Oba projekty są we wczesnym stadium przygotowawczym (Ramboll, 2018). Dalej na południe od farmy Aurora jest planowana budowa szeregu polskich farm wiatrowych, w tym najbliższej położone Bałtyk 1, Baltica 1 oraz farmy w obszarach 60.E.3 i 60.E.4, zgodnie z polską ustawą o promowaniu wytwarzania energii elektrycznej w morskich farmach wiatrowych. .

Oprócz istniejących i planowanych farm wiatrowych obszar wokół farmy Aurora jest wykorzystywany do innych działalności, np. transportu morskiego. Przez obszar przebiegają też kable i rurociągi. Transport morski został dokładniej przedstawiony w rozdziale 4.14.1.

5. Wstępna ocena oddziaływania na środowisko

Farma wiatrowa może oddziaływać na środowisko na czterech etapach budowy opisanych w rozdziale 3.4, tj. na etapie badań wstępnych, budowy, eksploatacji i likwidacji. Co do zasady oddziaływanie na środowisko morskie jest najsilniejsze na etapie budowy, gdyż prace mogą generować podwodny hałas i rozprzestrzenienie się osadów.

W tym rozdziale znajduje się omówienie potencjalnego oddziaływania na środowisko związanego z budową farmy wiatrowej Aurora. Oddziaływanie to należy uwzględnić w dalszych etapach procesu realizacji projektu. Potencjalne oddziaływanie transgraniczne zostało opisane w następnym rozdziale. Dokładna prezentacja i ocena wpływu na środowisko, wraz z konsekwencjami, zostanie przedstawiona w ocenie oddziaływania na środowisko. Ocena oddziaływania na środowisko będzie się opierać na najbardziej pesymistycznym scenariuszu (ang. worst-case scenario) dla wszystkich elementów środowiska, które zostaną poddane takiemu oddziaływaniu. Na przykład ocena oddziaływania na ssaki morskie, wywołanego hałasem, będzie zakładać wykorzystanie fundamentów generujących największy hałas podczas mocowania. W przypadku tego projektu największy hałas powstaje przy palowaniu fundamentu typu monopal. Ocena wpływu na faunę i florę dna morskiego zostanie przeprowadzona w ten sam sposób, czyli przy założeniu, że rozprzestrzenienie się osadów będzie spowodowane użyciem fundamentu, który generuje zawiesinę o największej koncentracji.

Dodatkowo, wpływ na gatunki i siedliska chronione na pobliskim obszarze Natura 2000 Ławica Hoburska i Ławice Środkowe zostanie opisany w ocenie oddziaływania na obszar Natura 2000.

5.1 Warunki geologiczne i cechy dna

Główne oddziaływanie na struktury geologiczne i środowisko dna, które może powstać na etapie budowy farmy, to usunięcie istniejącego substratu dna i zastąpienie go twardym substratem oraz twardymi strukturami wykorzystywanymi do wznoszenia fundamentów. Stopień takiego oddziaływania zależy głównie od wyboru fundamentu. Na przykład fundament grawitacyjny to technologia, która zajmuje największą powierzchnię dna i wiąże się z użyciem największej ilości twardego substratu i twardych struktur.

Monopale i fundamenty typu jacket nie zajmują tak dużej powierzchni dna, ale wymagają zakotwiczenia w dnie na głębokości 45–65 metrów, co wiąże się z koniecznością zastosowania zabezpieczenia przed erozją, które powoduje oddziaływanie w pionie na struktury geologiczne.

Trwałość zmian na powierzchni dna zależy częściowo od okresu eksploatacji farmy, a częściowo od tego, czy na etapie likwidacji fundamenty zostaną pozostawione na dnie czy usunięte. Szacuje się, że wpływ na struktury geologiczne i środowisko dna na etapie budowy, eksploatacji i likwidacji będzie minimalny, gdyż powierzchnia dna zajmowana przez fundamenty jest bardzo mała.

5.2 Warunki hydrograficzne

Zmiany w warunkach hydrograficznych można podzielić na zmiany prądów, fal oraz pionowe mieszanie się mas wód powierzchniowych i dolnych. Zmiany hydrograficzne wywołane mieszaniem się wód w pionie zależą głównie od prędkości prądów morskich (silniejszy prąd powoduje przyspieszone mieszanie), siły oddziaływania warstwy skoku oraz od tego, czy fundament turbiny jest posadowiony głębiej niż warstwa skoku (Hammar i in., 2008a).

Do tej pory przeprowadzono wiele badań warunków hydrograficznych w związku z budową różnych konstrukcji morskich w Szwecji, np. badania poprzedzające budowę farmy wiatrowej Lillgrund czy mostu Øresundsbron (Øresundskonsortiet 2000, Møller i Edelvang 2001, Karlsson i in. 2006). Elektrownie wiatrowe prawdopodobnie nie wpłyną na zmiany hydrograficzne z wyjątkiem mniejszych powierzchni wodnych, np. cieśnin (Hammar i in. 2008a). Zmiany w ruchach fal i prądów obserwowane wokół elektrowni wiatrowych są znikome (Hammar i in. 2008a). Z uwagi na to, że farma Aurora będzie się mieścić daleko od brzegu, wpływ na warunki hydrograficzne na etapie budowy, eksploatacji i likwidacji będzie prawdopodobnie bardzo ograniczony.

5.3 Środowisko naturalne

5.3.1 Fauna i flora dna morskiego

Oddziaływanie na faunę i florę dna morskiego to głównie fizyczne zakłócenia na dnie morskim, które powstają w momencie mocowania fundamentów, zabezpieczeń przed erozją oraz kładzenia wewnętrznej sieci kablowej. Oprócz ryzyka wyrządzenia bezpośredniej szkody na organizmach haptobentosowych (tj. organizmach na stałe przytwierdzonych do dna), mocowanie fundamentów elektrowni może wywołać tymczasowe rozprzestrzenienie się cząstek zawieszonych. Spowoduje to prawdopodobnie przykrycie części organizmów osadem, co może mieć negatywny wpływ na niektóre gatunki. Instalacja wewnętrznej sieci kablowej i rurociągów może również wiązać się z lokalnym rozprzestrzenieniem osadów.

Dno morskie na obszarze farmy wiatrowej Aurora jest głównie miękkie i piaszczyste, co oznacza, że fauna bentosowa składa się przede wszystkim z organizmów zakopujących się w osadzie, tzw. infauny. Z reguły zwiększony poziom cząstek zawieszonych i intensywniejsza sedymentacja nie wpływają negatywnie na takie organizmy, gdyż są one przystosowane do życia w środowisku o dużej ilości cząstek zawieszonych, a także do całkowitego zakrywania na skutek gromadzenia się osadów. Wiele organizmów morskich ma także zdolność do ponownego kolonizowania zmienionych obszarów w szybkim tempie po ustaniu zakłóceń. Ponadto, gatunki zwierząt, dominujące na obszarze farmy wiatrowej Aurora, są organizmami często spotykanymi w dużych ilościach w tej części Morza Bałtyckiego. Przykłady to m.in. rogowiec bałtycki (*Macoma balthica*) i pontoporeja czarnooka (*Monoporeia affinis*). Ocenia się, że te gatunki nie ulegną negatywnemu wpływowi na skutek zwiększenia ilości cząstek zawieszonych lub intensywniejszej sedymentacji, gdyż żyją w warstwie osadów. Znane są także przesłanki mówiące o istnieniu przydennych stref beztlenowych na obszarze farmy wiatrowej, co wiąże się z brakiem fauny bentosowej w tych miejscach (Gogina i in. 2016, Josefsson i in. 2020).

Biorąc pod uwagę dużą głębokość, miękki substrat dna oraz ewentualne rozszerzanie się przydennych stref beztlenowych lub ubogich w tlen na obszarze farmy Aurora, ocenia się, że na obszarze nie występuje roślinność, która mogłaby ucierpieć na skutek zacienienia lub zwiększonej sedymentacji.

Głównym oddziaływaniem na organizmy żyjące na dnie morskim podczas etapu eksploatacji będzie zmiana w strukturze i utrata siedlisk w miejscach, gdzie wykopano dno i zamocowano fundamenty oraz wykonano zabezpieczenie przed erozją, zastępując tym samym istniejące wcześniej siedliska. Skala utraty siedlisk zależy od ostatecznego kształtu farmy wiatrowej, tj. jej rozmiarów oraz liczby zamontowanych turbin wiatrowych. Szacuje się, że utrata siedlisk z miękkim dnem będzie bardzo niewielka, a większość z nich przetrwa. Ponadto, na obszarze farmy wiatrowej Aurora nie występują żadne znane siedliska ani fauna denna o szczególnej wartości przyrodniczej. Z uwagi na to można zakładać, że budowa farmy nie wpłynie znacząco na środowisko dna. Ponadto, twarda powierzchnia fundamentów stanowi podłoże, do którego mogą się przyczepiać glony i inne organizmy. Tym samym fundamenty tworzą podłoże do wzrostu organizmów (tzw. efekt sztucznej rafy), dzięki czemu gatunki żyjące na dnie twardym mogą rozwijać się przy elektrowni, zwiększając różnorodność biologiczną (Lu et al. 2020). Na etapie likwidacji fundamentów i kabli może nastąpić rozprzestrzenienie się osadów, jednak na mniejszą skalę niż podczas montażu.

Ocenia się, że budowa korytarzy kablowych może również przyczynić się do rozprzestrzeniania się osadów na danym obszarze. W tym przypadku taki efekt ma zasięg lokalny i krótkotrwały.

Na tych obszarach nie wystąpi też zmiana substratu dna morskiego, gdyż kable są zakopywane w dnie i nie wpływają na miękkie dno morskie.

Planuje się opracowanie modeli rozprzestrzeniania się osadów, aby móc oszacować, w jakim kierunku będą się rozprzestrzeniać podczas budowy farmy wiatrowej. Modele rozprzestrzeniania się osadów posłużą jako podstawa dokładniejszej analizy wpływu tego zjawiska na faunę i florę dna morskiego w ocenie oddziaływania na środowisko.

5.3.2 Ryby

Powstawanie zawiesiny w wodzie jest zjawiskiem naturalnym, które występuje w dłuższych lub krótszych okresach. Na etapie budowy zwiększona ilość cząsteczek zawieszonych może mieć negatywny wpływ na ryby (szczególnie na ikrę i narybek), gdyż cząstki zawieszane mogą przyklejać się do skrzel, zakrywać ikrę i zmniejszać szanse na przeżycie. Największe zagrożenie stanowi przyklejanie się cząstek do skrzel młodych ryb, gdyż dorosłe osobniki są zdolne przepłynąć w inne miejsce, aby uniknąć przebywania w zmętnionej wodzie (Bergström i in. 2012). Etap budowy jest jednak względnie krótką fazą, a ilość zawieszonych cząstek powstałych na skutek wiercenia można ograniczać na różne sposoby, np. wypuszczając zawiesinę przy dnie, a nie w wyższych warstwach wody. Efektem takich działań jest szybsze osadzanie się materiału. Cząstki zawieszane przemieszczają się w dalsze obszary wraz z prądem morskim, dzięki czemu wpływ zawiesin na środowisko uznaje się za ograniczony (Didrikas i Wijkmark 2009). W razie potrzeby można zastosować zabezpieczenia techniczne lub inne środki zapobiegawcze, aby zmniejszyć oddziaływanie na ryby. Przykładem takich rozwiązań jest unikanie na etapie budowy prac generujących zawiesinę i hałas w okresie tarła (Anon 2001).

Podczas budowy możliwe jest także wystąpienie hałasu na zwiększonym poziomie, co może wpływać na zdolności ryb do orientacji, lokalizacji pożywienia, komunikacji oraz rekrutacji. Badania prowadzone przed rozpoczęciem etapu budowy mogą spowodować, że niektóre gatunki zaczną wykazywać przejściowe zachowania unikające, jak ma to miejsce w przypadku dorszów znajdujących się w pobliżu statków badawczych. Uznaje się, że hałas generowany na etapie budowy ma największy wpływ na dorsze w okresie tarła (Hammar i in. 2014). Na obszarze farmy Aurora oraz w jej okolicy nie występują żadne znane miejsca tarła (HELCOM 2018c), stąd ewentualny wpływ na ryby powinien być ograniczony.

Podczas eksploatacji elektrownie emitują hałas (<700 Hz), który może wpływać na zachowanie ryb i zagłuszać wydawane przez ryby dźwięki (Popper i Hawkins 2019). Skupiska ryb

zaobserwowane wokół fundamentów farmy wiatrowej wskazują jednak, że potencjalny wpływ hałasu, generowanego na etapie eksploatacji, ma znaczenie marginalne.

Mocowanie fundamentów może się wiązać ze zmianami siedlisk i pozytywnie wpływać na środowisko życia ryb dzięki tzw. efektowi sztucznej rafy. Takie struktury przyciągają zazwyczaj populacje ryb (Wright i in. 2020), a liczebność skupisk wokół fundamentów koreluje pozytywnie ze stopniem złożoności struktury (Hammar i in. 2008b). Wystąpienie większych skupisk ryb na etapie eksploatacji może zależeć od zmiany miejsca bytowania i/lub od przyrostu populacji (Andersson i Öhman 2010, Bergström i in. 2012). Wiele badań wykazało, że na obszarach, gdzie nie prowadzi się połowów, można zauważyć widoczny i mierzalny efekt w postaci większej ilości ryb (Öhman i in. 1997, Roberts i in. 2001, Kamukuru i in. 2004, White i in. 2008). Farma wiatrowa ma także potencjał, by do pewnego stopnia chronić populację ryb na swoim obszarze, zwłaszcza jeśli takie populacje nie są objęte żadnymi regulacjami o rybołówstwie morskich (Szwedzka Agencja Ochrony Środowiska 2011).

Podczas eksploatacji farmy wokół kabli morskich wytwarza się pole elektromagnetyczne, które może oddziaływać na ryby, np. węgorza (Öhman i in. 2007; Rølvåg i in. 2020). Badania nad oddziaływaniem kabli na węgorze na obszarze farmy wiatrowej Lillgrund nie wykazały zmian zachowania tych organizmów, zaobserwowano jednak pewną skłonność do szybszych ruchów przy wyższym natężeniu prądu w kablach. Badanie troci wykazało, że pole elektromagnetyczne może mieć negatywny wpływ na ikrę, z kolei oddziaływanie na narybek jest znikome (Fey i in. 2009). Inne badania również nie dowiodły, aby kable morskie mogły w znaczący sposób oddziaływać na ryby (Dunlop i in., 2016). Szacuje się, że całkowity wpływ kabli morskich na ryby będzie ograniczony.

5.3.3 Ptaki

Na etapie budowy oraz podczas prowadzenia badań możliwe jest wypieranie ptaków morskich powodowane zwiększonym ruchem statków oraz pracami generującymi hałas, mogącymi wystąpić na obszarze realizacji projektu. Zakłócenia te występują jednak w ograniczonym czasie i na mniejszych częściach obszaru, dzięki czemu działania wypierające nie będą występować na dużej powierzchni farmy podczas całego procesu.

Potencjalny wpływ na ptaki może wystąpić głównie na etapie eksploatacji. Oddziaływanie eksploatowanej elektrowni na ptaki można zasadniczo podzielić na trzy rodzaje: efekt wypierania, efekt bariery i ryzyko kolizji.

Efekt wypierania polega na przemieszczeniu się danego gatunku poza farmę wiatrową lub jej najbliższe otoczenie. Oddziaływanie powodujące wypieranie ma różny zakres w zależności od

gatunku. Na przykład lodówki w znacznym stopniu unikają przebywania na obszarze farmy, podczas gdy inne ptaki morskie wydają się nie reagować na efekt wypierania (Nilsson i Green 2011; Fox i Petersen 2019). Lodówki bytują głównie na płytkich ławicach i ocenia się, że ich występowanie na obszarze planowanej farmy wiatrowej będzie ograniczone. Powodem tego jest umiejscowienie farmy Aurora na obszarze o dużej głębokości (>50 m) i miękkim dnie, gdzie występowanie omułek jadalnych ocenia się jako rzadkie. Lodówki żerują głównie w miejscach, gdzie głębokość wody wynosi <25 m, okresowo na terenach o nieco większej głębokości. Na obszarach, gdzie głębokość morza przekracza 30 metrów, lodówki są rzadko spotykane (Žydelis i Ruškytė 2005; Nilsson 2016; Nilsson i in. 2016).

Alki takie, jak nurzyk zwyczajny i alka zwyczajna na ogół unikają obszaru farmy wiatrowej przez pierwsze lata po jej wybudowaniu. Analiza porównawcza różnych farm wiatrowych wykazała, że efekt wypierania obserwuje się na niektórych farmach, podczas gdy w przypadku innych oddziaływanie to nie występuje, a nawet możliwe jest zwiększenie liczebności ptaków (Dierschke i in. 2016).

Ryzyko kolizji to ryzyko obrażeń lub śmierci ptaków na skutek zderzenia z łopata wirnika lub turbulencji, które występuje za łopatami wirnika. Ważnym czynnikiem podczas oceny ryzyka kolizji jest uwzględnienie wysokości lotu różnych gatunków ptaków. Grążyce, morskie kaczki nurkujące, latają na ogół nisko, dzięki czemu nie ryzykują kolizji. Zasadniczo ryzyko zderzenia ptaków morskich z elektrownią wiatrową jest niewielkie, gdyż ptaki dostosowują trasę lotu, przemieszczając się w bezpiecznej odległości od farm. Gatunki takie, jak nur rdzawoszyi (Petersen i in. 2014; Mendel i in. 2019; Vanermen i Stienen 2019) i lodówka (Petersen i in. 2011) unikają obszaru farmy wiatrowej, co zmniejsza ryzyko kolizji.

Trzecim rodzajem oddziaływania jest efekt bariery, jako że farma wiatrowa stanowi przeszkodę dla przelatujących ptaków. Ten efekt obniża wprawdzie ryzyko kolizji, ale naraża ptaki na poniesienie wysokich strat energetycznych w związku z koniecznością wybrania dłuższej trasy, niezbędnej do ominięcia farmy. Wydłużenie trasy lotu jest jednak znikome w stosunku do tras całkowitych pokonywanych przez ptaki podczas jesiennych i wiosennych wędrówek.

Farma wiatrowa Aurora jest położona na trasie przelotu ptaków w okresach migracji, jednak większość ptaków morskich unika kolizji, wybierając dłuższy lot wokół farmy lub przemieszczając się między rzędami turbin wewnątrz farmy (Fox & Petersen 2019). Ponadto, szlaki migracyjne wielu ptaków morskich wiodą nisko nad powierzchnią wody. Trasa przelotu omijająca farmę wiatrową wiąże się z niewielkim nadłożeniem drogi w stosunku do całkowitej długości trasy pokonywanej przez ptaki morskie podczas migracji. Oddziaływanie na ptaki

ocenia się jako ograniczone, gdyż w pobliżu farmy nie występują kolonie ptaków morskich ani znane trasy między żerowiskami.

5.3.4 Ssaki morskie

Hałas podwodny może oddziaływać na ssaki morskie. Rzeczywisty wpływ na ssaki zależy m.in. od natężenia i częstotliwości dźwięku, zasolenia wody, cech dna morskiego, odległości od źródła dźwięku, zakresu słyszalności i wrażliwości na dźwięk danych gatunków zwierząt oraz od tego, czy źródło dźwięku jest impulsywne czy stałe. Podwyższony poziom hałasu może wywoływać zachowania unikające u ssaków morskich. W przypadku, gdy ssaki morskie nie omijają obszaru realizacji projektu, podlegają stałemu narażeniu na wysoki poziom hałasu, co stwarza najpierw ryzyko tymczasowego uszkodzenia słuchu (TTS), a następnie trwałego przesunięcia progu słyszenia (PTS).

Etap budowy to faza, w której generowany jest największy hałas. Przed przystąpieniem do budowy oraz w jej trakcie możliwe jest występowanie emisji dźwięku z wielu różnych źródeł, m.in. statków, urządzeń badawczych oraz prac takich, jak palowanie.

5.3.4.1 Morświn

Morświny mają dobrze rozwinięty słuch, przez co są szczególnie wrażliwe na hałas. Dotyczy to zwłaszcza wysokich dźwięków o charakterze impulsowym, np. dźwięków emitowanych przy palowaniu, które mogą powstać podczas instalacji fundamentów elektrowni wiatrowej. Odległość, z jakiej morświny są w stanie usłyszeć dźwięk, zależy od jego natężenia u źródła i częstotliwości. Propagacja dźwięku jest skorelowana częściowo z natężeniem dźwięku u źródła, a częściowo z jego częstotliwością, gdyż fale dźwiękowe o niskiej częstotliwości rozchodzą się w wodzie na dalszą odległość.

Hałas podwodny może oddziaływać na morświny na różnych poziomach. Im większy poziom hałasu, tym silniejsze oddziaływanie na morświny. Początkowo morświn wykrywa dźwięk, ale nie wpływa to na jego zachowanie (tzw. detekcja). Wyższy poziom dźwięku może powodować zmiany behawioralne, gdyż morświny niepokojone hałasem oddalają się od obszaru realizacji projektu. W przypadku, gdy morświn nie oddala się od obszaru realizacji projektu, podlega stałemu narażeniu na wysoki poziom hałasu, co stwarza ryzyko tymczasowego lub trwałego uszkodzenia słuchu takiego osobnika. Dodatkowo, dźwięki o wysokim natężeniu mogą wpływać na umiejętność zdobywania pożywienia oraz zdolność do komunikowania się z innymi morświnami podczas parowania (Villadsgaard i in. 2007).

Palowanie na etapie budowy generuje największe poziomy hałas. Prace te są jednak prowadzone w ograniczonym czasie i na ograniczonych obszarach, dzięki czemu działania wypierające nie będą występować na dużej powierzchni farmy podczas całego etapu budowy. Aby zminimalizować zakłócenia, można zastosować środki zapobiegawcze w celu ograniczenia propagacji dźwięku na etapie prac budowlanych. Zastosowanie środków zapobiegawczych pozwoli prawdopodobnie uniknąć istotnego wpływu na morświny.

W czterech z pięciu zbadanych farm na etapie eksploatacji zaobserwowano powrót morświnów do swoich siedlisk w takiej samej liczebności (Vallejo i in. 2017). Dźwięki o niskiej częstotliwości, generowane przez elektrownie wiatrowe na etapie eksploatacji, mogą prawdopodobnie zostać wychwycone przez morświny i foki, jednak wyniki badań nie pozwalają jednoznacznie określić wpływu tych dźwięków na zmiany behawioralne zwierząt. W niektórych przypadkach zagęszczenie morświnów na terenie farmy okazało się większe na etapie eksploatacji niż przed nim, prawdopodobnie ze względu na zwiększony dostęp do pożywienia spowodowany przyciąganiem ryb do fundamentów (Scheidat i in. 2011). Innym powodem może być zmniejszony ruch statków.

Prace związane z likwidacją farmy będą także powodować emisję dźwięków w powietrzu i wodzie, np. podczas odcinania fundamentów i usuwania turbin wiatrowych. Emisje dźwięków mogą potencjalnie powodować zakłócenia oddziałujące na morświny, lecz ich zakres ocenia się jako mniejszy w porównaniu z oddziaływaniem na etapie budowy.

Przed sporządzeniem oceny oddziaływania na środowisko wpływ hałasu na ssaki morskie zostanie zbadany za pomocą modelowania propagacji dźwięku.

5.3.4.2 Foka

Foki nie są tak wrażliwe na podwodny hałas jak morświny (Kastelein i in. 2013), nie odnotowano też, aby farma wiatrowa oddziaływała na te zwierzęta w znaczny i długotrwały sposób (Tougaard i in. 2003, Edren i in. 2004). Wrażliwość słuchowa fok jest największa przy częstotliwościach 1–40 kHz (Sills i in. 2015), jednak w odróżnieniu od morświnów foki mogą trzymać narządy słuchu nad powierzchnią wody. Udowodniono jednak, że hałas związany z budową farmy wywołuje u fok efekt wypierania sprawiający, że opuszczają one teren farmy w czasie palowania (Edrén i Andersen, 2010; Brasseur i in., 2012). Nie wykazano, aby farma wiatrowa powodowała długotrwały negatywny wpływ na fokę pospolitą lub szarą (Bergström i in. 2012; Tougaard i in., 2006). Foki są szczególnie wrażliwe w okresie linienia i latem, gdy rodzą potomstwo. Foka pospolita jest gatunkiem względnie osiadłym w porównaniu z foką szarą, która porusza się na dużych obszarach, szukając pożywienia. Oba gatunki mogą

jednak przemieszczać się na skutek zakłóceń związanych z palowaniem (Havs- och vattenmyndigheten 2012; Thompson i in. 2013). Foka szara i pospolita mają swoje legowiska (czyli miejsca, gdzie lineją i rodzą potomstwo) w pobliżu farmy Aurora. Odległość od farmy do najbliższego legowiska wynosi 20 km (Rysunek 26), co ogranicza oddziaływanie na te zwierzęta.

Na etapie eksploatacji częstotliwość hałasu generowanego przez elektrownie wynosi najczęściej mniej niż 0,2 kHz, okresowo przekraczając poziom 2 kHz (Thomsen i in., 2016). Foki mogą wytwarzać i słyszeć dźwięki o minimalnej częstotliwości 0,1 kHz. Dźwięki o niskiej częstotliwości emitowane przez źródła sztuczne mogą zatem zakłócić komunikację fok (Sills i in., 2015). Ocenia się jednak, że farma wiatrowa na etapie eksploatacji nie będzie wywierać dużego wpływu na foki. Tzw. efekt sztucznej rafy może przyciągnąć ryby na obszar farmy, a aktywne polowanie fok w okolicach fundamentów farmy zostało już udowodnione badaniami (Bergström i in. 2012, Russel i in. 2014).

5.3.5 Nietoperze

Inwentaryzacja na morzu w odległości kilku kilometrów od lądu wykazała występowanie nietoperzy na obszarze farm wiatrowych oraz w ich okolicy (Ahlén i in., 2009). Występowanie nietoperzy wynika najpewniej z dużej liczby owadów, które przyciągają nietoperze (Ahlén i in., 2009). Badania farm Kårehamn oraz Bockstigen 1 nie wykazały większej aktywności migrujących gatunków nietoperzy. Te farmy nie są jednak położone w tak dużej odległości od lądu, jak farma Aurora.

Nietoperze mogą migrować, przemieszczając się nad otwartym morzem (Hatch i in. 2013), dlatego obszar wokół farmy Aurora może stanowić potencjalny szlak wędrówek nietoperzy. Wnioski z różnych badań pozwalają jednak stwierdzić, że migracje nietoperzy odbywają się w ograniczonym czasie i przy niskiej prędkości wiatru, kiedy turbiny na farmie nie poruszają się lub są wprawiane w niewielki ruch. Dzięki wynikom jednego z badań wędrówek nietoperzy nad otwartym morzem wiemy, że farmy zlokalizowane w odległości większej niż ok. 20 km od brzegu mają niewielkie oddziaływanie na nietoperze (Sjollema i in. 2014). Istotnym czynnikiem, od którego zależy oddziaływanie farmy na nietoperze, jest wysokość przemieszczania się nad obszarem morskim. Badania wykazały, że nietoperze migrujące nad Morzem Bałtyckim latają stosunkowo nisko, co zmniejsza ryzyko kolizji z łopatomy wirnika (Ahlén i in., 2009).

Potencjalne oddziaływanie na nietoperze zostanie opisane w ocenie oddziaływania na środowisko.

5.3.6 Usługi ekosystemowe i zielona infrastruktura

W okolicach farm wiatrowych mogą się rozwijać różne formy usług ekosystemowych. Rozwój sztucznej rafy na fundamentach sprzyja pojawieniu się organizmów filtrujących wodę (Andersson i Öhman 2010), co lokalnie może działać jako potencjalna usługa regulująca, prowadzącą do poprawy jakości wody na danym obszarze (McLaughlan i Aldridge 2013). Zwiększenie występowania organizmów filtrujących i fotosyntetyzujących wokół fundamentów może spowodować zagęszczenie ryb, co z kolei jest sprzyjającym czynnikiem dla rybołówstwa (usługa produkcyjna) (Grove i in. 1989).

Poprawa warunków siedlisk ryb poławianych komercyjnie, w połączeniu ze zmniejszeniem skali połowów włokiem, sprzyja rozwojowi przybrzeżnej działalności połowowej, co może stanowić ważną usługę kulturową na danym obszarze. Tereny wokół farmy Aurora są regularnie wykorzystywane do połowów przemysłowych. Zmniejszona skala połowów włokiem może spowodować rekrutację gatunków istotnych komercyjnie i wywołać efekt spill-over, który sprzyja połowom przemysłowym (Stobart i in., 2009).

5.4 Krajobraz

Turbiny wiatrowe zmieniają wygląd krajobrazu, w którym zostały umieszczone. Wpływ na wygląd krajobrazu i obserwatorów może być bardzo różny i wynika z subiektywnych emocji i ocen. Farma Aurora jest zlokalizowana na morzu, ok. 20 km od najbliższego lądu. Oznacza to, że znajduje się w dużej odległości od miejsc zamieszkałych przez ludzi oraz innych zabudowań. Całkowita wysokość planowanej farmy wyniesie prawdopodobnie 370 m. Z tego względu farma będzie widoczna z dużej odległości na rozległych przestrzeniach znajdujących się w pobliskiej okolicy. W warunkach dobrej widoczności farma podczas eksploatacji będzie widoczna z lądu. Turbiny o wysokości całkowitej przekraczającej 150 metrów muszą być wyposażone w oświetlenie ostrzegawcze dla samolotów, które zwiększa widoczność elektrowni nocą. W ocenie oddziaływania na środowisko, w części analizującej wpływ farmy na krajobraz, zostaną uwzględnione następujące czynniki: rozmiary turbin, ich liczba, kształt, konstrukcja, widoczność i odległość od punktów obserwacyjnych.

Farma będzie widoczna wyłącznie z obszaru Szwecji, bez względu na jej ostateczny kształt i wysokość całkowitą. W ramach oceny oddziaływania na środowisko zostanie także przeprowadzona analiza widoczności farmy wskazująca miejsca w otaczającym krajobrazie, z których farma będzie widoczna.

5.5 Dziedzictwo kulturowe

Na obszarze Morza Bałtyckiego znajduje się wiele wraków, które mogą mieć wartość archeologiczną. Zostanie to wzięte pod uwagę przed przystąpieniem do instalacji fundamentów i układania kabli. Etap eksploatacji nie będzie wpływał na ewentualne podmorskie zabytki archeologiczne, ponieważ możliwe oddziaływanie farmy zostanie wyeliminowane na etapie budowy.

Jeśli na etapie badań zostaną wykryte wcześniej nieznanne pozostałości statków lub inne zabytki kulturowo-historyczne, fakt ten zostanie zgłoszony władzom szwedzkim, zgodnie z ustawą o dziedzictwie kulturowym Kulturmiljölagen (1988:950).

5.6 Rekreacja i wypoczynek

Rekreacja i wypoczynek na morzu mogą być utrudnione na etapie budowy i likwidacji farmy ze względu na wzmożony ruch statków, hałas i odgrodzenie obszaru. Podczas budowy i likwidacji farmy odgrodzenie obszaru może powodować konieczność nadkładania drogi przez jednostki rekreacyjne, jednak z uwagi na fakt, iż szlaki żeglowne nie prowadzą przez obszar farmy, takie oddziaływanie należy uznać za ograniczone. Położenie farmy z dala od brzegu dodatkowo ograniczy negatywny wpływ na rekreację. Na etapie eksploatacji farma może poprawić warunki do połowów rekreacyjnych, gdyż fundamenty przyciągają ryby, a uregulowanie połowów włokiem na obszarze farmy ogranicza połowy na dużą skalę.

5.7 Rybołówstwo

Główna działalność rybacka prowadzona na obszarze farmy wiatrowej Aurora, czyli połowy za pomocą włoków pelagicznych nakierowane głównie na połów dorsza, śledzia bałtyckiego i szprota, zostanie prawdopodobnie ograniczona na obszarze farmy. Działalność rybacka na obszarze farmy Aurora (dane AIS 2019) jest jednak stosunkowo niewielka, co pozwala szacować, że ograniczenie połowów na terenie farmy nie wpłynie w znaczący sposób na rybołówstwo przemysłowe.

Zdolność elektrowni do wytworzenia efektu sztucznej rafy i zwiększenia populacji ryb (Andersson i Öhman 2010, Reubens i in. 2011), w połączeniu z ograniczeniem połowów na terenie farmy, może mieć w dłuższej perspektywie pozytywny wpływ na rybołówstwo (Fayram i Risi 2007). Wiele badań wskazuje, że na obszarach o ograniczonej działalności rybackiej może nastąpić przyrost biomasy ryb, co w perspektywie da większe zyski w sektorze rybołówstwa (Roberts i in. 2001, Gell i Roberts 2003, White i in. 2008, Lester i in. 2009, Gaines i in. 2010).

Również w krajowych planach zagospodarowania przestrzennego obszarów morskich podaje się, że produkcja energii elektrycznej i rozwój środowiska naturalnego mogą współistnieć z rybołówstwem przemysłowym.

Na obszarach, przez które przechodzą korytarze kablowe, prowadzone jest głównie rybołówstwo przybrzeżne. Na tych terenach może nastąpić ograniczenie połowów włokiem dolnym, co może oddziaływać na rybołówstwo przemysłowe. Korytarze kablowe pierwszego wyboru, prowadzące ku lądowi stałemu, przechodzą przez obszary w okolicy Olandii, na których prowadzone jest rybołówstwo przemysłowe o znaczeniu narodowym. Trzy korytarze kablowe drugiego wyboru także mogą zostać poprowadzone przez tereny ważne dla rybołówstwa o znaczeniu narodowym. Obszary zajmowane przez korytarze kablowe mają jednak bardzo małą powierzchnię, co sprawia, że nie wpływają one znacząco na połowy prowadzone w okolicy.

Nie da się wykluczyć, że planowana farma wiatrowa nie wpłynie na pojedynczych rybaków i że nie wystąpi konflikt interesów. Ważne jest, aby prowadzić dialog ze stronami zainteresowanymi, które zajmują się rybołówstwem i mogą zostać dotknięte wpływem farmy wiatrowej.

Oddziaływanie na rybołówstwo zostanie dokładniej przedstawione w ocenie oddziaływania na środowisko.

5.8 Środowiskowe normy jakości

Na etapie budowy i rozwoju farmy ruch statków roboczych może przyczynić się do zwiększenia emisji spalin oraz zmętnienia osadów, a także potencjalnie skazić środowisko podczas układania kabli. To z kolei stwarza ryzyko negatywnego wpływu na stan chemiczny wód. Szacuje się jednak, że wpływ ten będzie miał pomijalne znaczenie, gdyż objętość wody jest znacznie większa niż powierzchnia, która może zostać zmieniona takimi działaniami. Ewentualne oddziaływanie zostanie dokładniej zbadane w ocenie oddziaływania na środowisko.

5.9 Klimat

Budowa farmy wiatrowej zostawia pewien ślad węglowy w związku z produkcją nowych turbin i innych konstrukcji, działalnością transportową oraz pracami montażowymi. Ślad węglowy powstaje też na etapie likwidacji farmy i wiąże się z eksploatacją różnych pojazdów, itp. Tego rodzaju działalność będzie ograniczona co do zakresu i czasu trwania. Na etapie eksploatacji farma Aurora przyczyni się natomiast do realizacji celów klimatycznych Szwecji, zakładających osiągnięcie zerowej emisji gazów cieplarnianych netto w 2045 r. Farm wiatrowa będzie

produkowała energię elektryczną na poziomie ok. 24 TWh rocznie, co pozwoli dostarczyć energię z odnawialnego źródła dla maksymalnie pięciu milionom gospodarstw domowych. Innymi słowy, farma wiatrowa to jedno z najważniejszych przedsięwzięć w kraju realizowanych w celu ograniczenia nadchodzących zmian klimatu i przejścia na system energetyczny oparty na źródłach odnawialnych. Wpływ farmy wiatrowej na klimat zostanie dokładnie przeanalizowany w ocenie oddziaływania na środowisko.

5.10 Infrastruktura i proces planowania

5.10.1 Transport morski

Na etapie budowy możliwe jest wystąpienie oddziaływania na transport morski z uwagi na zwiększenie ruchu statków i ewentualne odgródzenie niektórych obszarów budowy. Zakłócenia będą jednak tymczasowe i ograniczone do czasu prowadzenia prac budowlanych.

Z uwagi na to, że położenie farmy Aurora nie koliduje ze szlakami żeglownymi, można oczekiwać, że oddziaływanie farmy na etapie eksploatacji będzie ograniczone. Budowa farmy może się jednak wiązać ze zwiększonym ryzykiem wypadków, zwłaszcza w warunkach o pogorszonej widoczności. Lista kolizji statków i wypadków na morzu pozwala stwierdzić, że mimo zwiększonego ruchu morskiego wokół farmy Aurora od 2006 r. nie zanotowano na tym obszarze żadnego wypadku (HELCOM 2018).

Jak wspomniano wcześniej, rybołówstwo przemysłowe może podlegać regulacjom na obszarze farmy w czasie jej eksploatacji, co może przełożyć się na zmniejszenie liczby statków rybackich.

Korytarze kablowe i rurociągi, których planowana trasa wiedzie zarówno na północ, jak i południe od farmy Aurora, przecinają szlaki żeglowne. Układanie kabli przyłączeniowych i rurociągów jest mocno ograniczone w czasie i szacuje się, że nie będzie miało znaczącego wpływu na transport morski, gdyż po ułożeniu na dnie elementy te nie oddziałują na ruch statków. Dokładniejsza analiza zagrożeń dla transportu morskiego zostanie uwzględniona w ocenie oddziaływania na środowisko.

5.10.2 Transport lotniczy

Nowe przeszkody na powierzchni MSA mogą mieć negatywne skutki dla lotnictwa i wiązać się z koniecznością wprowadzenia zmian w wysokości lotu na powierzchni MSA. Budowa elektrowni wiatrowych może utrudnić procedury lotu zarówno na lotnisko, jak i z lotniska oraz skutkować koniecznością wydłużenia tras lotniczych, co może zmniejszać skuteczność rozwiązań lotniczych podejmowanym w celu poprawy sytuacji w zakresie oddziaływania na

środowisko. Z uwagi na to, że obszar farmy Aurora nie nachodzi na powierzchnię MSA lotniska Kalmar Öland ani portu lotniczego Visby, farma wiatrowa nie będzie oddziaływać na ruch lotniczy w tym zakresie.

Farma może wpłynąć na operacje lotnicze prowadzone przez Försvarmakten poprzez ograniczenia odnoszące się m.in. do wysokości i tras lotu. Obszar farmy Aurora nie nachodzi jednak na żadną wyznaczoną strefę lotów na niskich wysokościach ani obszar prowadzenia działań lotniczych przez Försvarmakten. Z tego względu farma nie powinna oddziaływać na ruch lotniczy na żadnym etapie. Potencjalny wpływ oraz współpraca z zainteresowanymi stronami zostaną dokładniej przeanalizowane w ocenie oddziaływania na środowisko.

5.10.3 Obszary wojskowe

Teren farmy Aurora nie pokrywa się z żadnym znanym obszarem wojskowym. Farma Aurora graniczy jednak z należącą do Försvarmakten morską strefą ćwiczeń Martin (TM0304) o szczególnym znaczeniu narodowym.

Obiekty o wysokości powyżej 20 m mogą wpłynąć na interesy sił zbrojnych. Turbiny wiatrowe mogą oddziaływać negatywnie m.in. na systemy radarowe, łączność radiową, rozpoznanie systemów radiolokacyjnych, operacje lotnicze oraz ćwiczenia i szkolenia strzeleckie. Wysokie obiekty zlokalizowane w pobliżu radarów meteorologicznych mogą powodować mniej dokładne prognozy pogody. W związku z tym budowa farmy wiatrowej nie jest dozwolona w odległości mniejszej niż 5 km od radarów meteorologicznych. Konieczne jest też przeprowadzenie specjalistycznych analiz w przypadku farm wiatrowych położonych w obrębie 50 km. Farma Aurora znajduje się poza granicami tych stref, dlatego nie powinna oddziaływać na wojskową infrastrukturę meteorologiczną.

Obszary wojskowe znajdują się także w okolicy północnego i południowego krańca Olandii. Proponowane korytarze kablowe prowadzą na południe i północ od farmy Aurora w kierunku lądu stałego i przetną obszar należący do Försvarmakten (Havs- och vattenmyndigheten, 2019). Ocenia się jednak, że kable przyłączeniowe nie będą miały negatywnego wpływu na działania prowadzone przez Försvarmakten.

5.11 Oddziaływanie skumulowane

Oddziaływanie skumulowane obejmuje wpływ innych działalności i przedsięwzięć, które mogą oddziaływać na środowisko na obszarze realizacji danego projektu. Skumulowane skutki to takie, które mogą wystąpić w konsekwencji połączenia skutków, np. oddziaływań będących efektem tej samej działalności lub różnych przedsięwzięć. W ocenie oddziaływania na

środowisko zostanie przeprowadzona identyfikacja i ocena oddziaływania skumulowanego z uwzględnieniem istniejących działalności oraz przedsięwzięć, które uzyskały wymagane pozwolenia. Skumulowane skutki to np. oddziaływanie na ptaki, ryby i ssaki morskie wywołane różnego rodzaju działalnością na danym obszarze geograficznym.

Obecnie w okolicy farmy Aurora działają tylko dwie inne farmy wiatrowe: Kårehamn i Bockstigen Offshore (E.ON, 2012; Länsstyrelsen, 2012). Ponadto, istnieją plany budowy nowych farm na obszarze Bałtyku Właściwego (4offshore wind, 2020), które należy uwzględnić przy ocenie oddziaływania skumulowanego, o ile w momencie sporządzania oceny oddziaływania na środowisko farmy te otrzymają odpowiednie pozwolenia na realizację. Dodatkowo, trwają też prace nad budową farmy wiatrowej 100 km na południe od szwedzkiego wybrzeża, przy granicy z Polską, na terenie Południowej Ławicy Środkowej (RWE Renewables 2021). Ten projekt należy również uwzględnić, o ile w momencie sporządzania oceny oddziaływania na środowisko zostaną wydane odpowiednie pozwolenia na budowę.

Co więcej, ocena oddziaływania na środowisko uwzględni też oddziaływanie skumulowane innych elementów na obszarze realizacji projektu, np. transportu morskiego i kabli.

6. Potencjalne oddziaływanie transgraniczne

Ocena i opis spodziewanego oddziaływania transgranicznego zostaną uwzględnione w ocenie oddziaływania na środowisko sporządzanej zgodnie z art. 4 konwencji z Espoo. W tym rozdziale przedstawiono opis najważniejszych oddziaływań transgranicznych, które mogą wynikać z budowy farmy.

6.1 Ptaki

Potencjalne oddziaływanie na ptaki opisane w rozdziale 5.3.3 może objąć swoim zasięgiem obszar poza wyłączną strefą ekonomiczną Szwecji, szczególnie jeśli weźmie się pod uwagę, że niektóre gatunki ptaków poruszają się po dużym terytorium i występują na obszarach morskich należących do różnych państw. Oddziaływanie na ptaki w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji szacuje się na ograniczone, co oznacza, że również ewentualne oddziaływanie transgraniczne będzie miało niewielki zasięg. Wpływ na ptaki zostanie opisany w ocenie oddziaływania na środowisko.

6.2 Ssaki morskie

Morświn, foka szara i foka pospolita to przedmioty ochrony wielu obszarów Natura 2000 należących do Szwecji, Polski, Niemiec i Danii. Potencjalne oddziaływanie opisane w rozdziale 5.3.4 może objąć obszar poza granicami Szwecji, szczególnie jeśli weźmie się pod uwagę, że występowanie tych gatunków może obejmować obszary należące do różnych państw. Oddziaływanie na ssaki morskie w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji szacuje się na ograniczone, co oznacza, że również ewentualne oddziaływanie transgraniczne będzie miało niewielki zasięg. Wpływ na ssaki morskie zostanie opisany w ocenie oddziaływania na środowisko.

6.3 Rybołówstwo

Potencjalne oddziaływanie na rybołówstwo opisane w rozdziale 5.7 może objąć swoim zasięgiem także rybaków zawodowych z innych krajów. Oddziaływanie na rybołówstwo w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji szacuje się na ograniczone, co oznacza, że również ewentualne oddziaływanie transgraniczne będzie miało niewielki zasięg. Wpływ na rybołówstwo zostanie opisany w ocenie oddziaływania na środowisko.

6.4 Transport morski

Potencjalne oddziaływanie przedstawione w rozdziale 5.10.1 może mieć zasięg transgraniczny i wywierać głównie ewentualny tymczasowy wpływ na transport morski na danym obszarze z powodu zwiększonego ruchu statków oraz ewentualnego odgrózenia obszaru budowy. Jak opisano wcześniej, planowana farma wiatrowa jest położona poza istniejącymi szlakami żeglugowymi, można więc założyć, że wpływ eksploatacji farmy będzie ograniczony. Oddziaływanie na transport morski w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji szacuje się na ograniczone, co oznacza, że również ewentualne oddziaływanie transgraniczne będzie miało niewielki zasięg. Wpływ na transport morski zostanie opisany w ocenie oddziaływania na środowisko.

6.5 Oddziaływanie skumulowane

Możliwe oddziaływanie skumulowane opisane w rozdziale 5.11 może potencjalnie mieć zasięg transgraniczny. Oddziaływanie skumulowane w wyłącznej strefie ekonomicznej Szwecji szacuje się na ograniczone, co oznacza, że również ewentualne oddziaływanie transgraniczne będzie miało niewielki zasięg. Oddziaływanie skumulowane zostanie opisane w ocenie oddziaływania na środowisko.

7. Bibliografia

ArtDatabanken. 2019. Artfakta.

ArtDatabanken. 2020. Rödlistade arter i Sverige 2020. ArtDatabanken SLU, Uppsala.

Benke, H., Bräger, S., Dähne, M., Gallus, A., Hansen, S., Honnef, C. G. i Narberhaus, I. 2014. Baltic Sea harbour porpoise populations: status and conservation needs derived from recent survey results. *Marine Ecology Progress Series*, 495, 275–290.

Bergström, L., Kautsky L., Malm, T., Ohlsson, H., Wahlberg, M., Rosenberg, R. i Åstrand Capetillo, N. 2012. Vindkraftens effekter på marint liv – En syntesrapport. VINDVAL, rapport 6488.

Brandt M. J., Dragon A. C. Diederichs A., Bellmann M.A., Wahl V., Piper W., Nabe-Nielsen J. i Nehls G. 2018. Disturbance of harbour porpoises during construction of the first seven offshore wind farms in Germany. *Marine Ecology Progress Series*. 596, 213–232.

Carlén, I., Thomas, L., Carlström, J., Amundin, M., Teilmann, J., Tregenza, N., i Loisa, O. 2018. Basin-scale distribution of harbour porpoises in the Baltic Sea provides basis for effective conservation actions. *Biological Conservation*, 226, 42–53.

Carlström, J. i Carlén, I. 2016. Skyddsvärda områden för tumlare i svenska vatten. *AquaBiota Report 2016:04*. str. 91.

EMODnet 2018. <https://www.emodnet.eu/>

Energiforsk & Profu. 2021. Efterfrågan på fossilfri el – Analys av högnivåscenario, Slutrapport 2021-04-23

Florén, K, Hansson, P. i Skoglund, S. 2017. Vegetationsklädda bottnar i Gävleborgs läns kustvatten – Trendövervakning 2016. Länsstyrelsen Gävleborg. Rapport 2017:5. str. 58.

Fox, A.D. i Petersen, I.K. 2019. Offshore wind farms and their effects on birds. *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 113:86-101.

Hammar, L., Andersson, S. i Rosenberg, R. 2008. Miljömässig optimering av fundament för havsbaserad vindkraft. Naturvårdsverket. Vindval, rapport 5828.

Hexicon. 2021. Kultje vindkraftspark Samrådsunderlag. Hexicon AB.

Kastelein, R. A., P. J. Wensveen, L. Hoek, W. C. Verboom i J. M. Terhune. 2009. Underwater detection of tonal signals between 0.125 and 100 kHz by harbor seals (*Phoca vitulina*). *Journal of the Acoustical Society of America*, 125:1222-1229.

Kastelein, R.A., Hoek, L., De Jong C.A. i 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., Van de Voorde, S i Jennings, N. 2018. Swimming Speed of a Harbor Porpoise (*Phocoena phocoena*) During Playbacks of Offshore Pile Driving Sounds. *Aquatic Mammals* 44(1), 92-99.

King, S. 2019. Seabirds: collision. Sid 206–234 i Perrow, M.R. (ed.) 2019. *Wildlife and Wind Farms, Conflict and Solutions. Volume 3 Offshore: Potential Effects*. Pelagic Publishing, Exeter, UK.

Knott, N.A., Underwood, A.J., Chapman, M.G. i Glasby, T.M. 2004. Epibiota on vertical and horizontal surfaces on natural reefs and on artificial structures. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 84: 1117–1130.

- Kullander, S.O., Nyman, L., Jilg, K. i Delling, B. 2012. *Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Strålfeniga fiskar. Actinopterygii. ArtDatabanken, SLU, Uppsala*
- Maar, M., Bolding, K., Petersen, J. K., Hansen, J. L., i Timmermann, K. 2009. *Local effects of blue mussels around turbine foundations in an ecosystem model of Nysted off-shore wind farm, Denmark. Journal of Sea Research, 62(2-3), 159-174.*
- Madsen, P.T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. i Tyack, P. 2006. *Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. Marine Ecology Progress Series 309: 279–295.*
- McConnell, B., Lonergan, M., Dietz, R. 2012. *Interactions between seals and offshore wind farms. The Crown Estate, 41 pages.*
- Naturvårdsverket. 2006. *Inventering av marina naturtyper på utsjöbankar. Stockholm: Naturvårdsverket (5576).*
- Naturvårdsverket. 2010. *Undersökning av utsjöbankar. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport 6385).*
- Naturvårdsverket. 2011a. *Rev, EU-kod 1170. Vägledning för svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1 NV-04493-11.*
- Naturvårdsverket. 2011b. *Sandbankar, EU-kod 1110. Vägledning för svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1 NV-04493-11.*
- Naturvårdsverket. 2016. *Hoburgs bank och Midsjöbankarna. Länsstyrelsen i Kalmar län. Skyddad natur, Naturvårdsverket: <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>.*
- Naturvårdsverket. 2017. *Förutsättningar för provningar och tillsyn i Natura 2000-områden. Stockholm. Naturvårdsverket. (Handbok 2017:1).*
- Nilsson L. 2016. *Changes in numbers and distribution of wintering Long-tailed Ducks Clangula hyemalis in Swedish waters during the last fifty years. ORNIS SVECIA 26:162-176, 2016.*
- Nilsson, L. & Green, M. 2011. *Birds in southern Öresund in relation to the windfarm at Lillgrund. Final report of the monitoring program 2001–2011. Rapport från Biologiska Institutionen, Lunds universitet.*
- Norling P & Kautsky N. 2007. *Structural and functional effects of Mytilus edulis on diversity of associated species and ecosystem functioning. Mar Ecol Prog Ser 351:163–175. doi: 10.3354/meps07033.*
- Näslund, J., Beltran, J., Fyhr, F. i Isaeus, M. 2019. *Kartering av naturvärden på Hoburgs bank. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:XX.*
- Perkol-Finkel S. i Benayahu Y. 2005. *Recruitment of benthic organism onto a planned artificial reef: shifts in community structure one decade post-deployment. Mar. Environ. Res. 59: 79-99.*
- Perrow, M.R. (ed) 2019. *Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions. Volume 4 Offshore: Monitoring and Mitigation. Pelagic Publishing, Exeter, UK.*
- Russell, D. F., S. M. J. M. Brasseur, D. Thompson, Hastie G. D., Janik V. M., Aarts G., McClintock B. T., Matthiopoulos J., Moss S. E.W. i McConnell B. 2014. *Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. Current Biology 24:R638-R639.*
- SAMBAH. 2016. *Static Acoustic Monitoring of the Baltic Sea Harbour Porpoise (SAMBAH). Final report under the LIFE+ project LIFE08 NAT/S/000261. Kolmårdens Djurpark AB, SE-618 92 Kolmården, Sweden. 81pp.*
- Scheidat, M., Tougaard, J., Brasseur, S., Carstensen, J., van Polanen Petel, T., Teilmann, J. i Reijnders, P. 2011. *Harbour porpoises (Phocoena phocoena) and wind farms: a case study in the Dutch North Sea. Environmental Research Letters 6: 025102.*
- SGU. 2021. *Geologiska förutsättningar för koldioxidlagring: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/ccs-koldioxidlagring/geologiska-forutsattningar-for-koldioxidlagring/>*

Sjöberg, M. & Ball, J.P., 2000. Grey seal, *Halichoerus grypus*, habitat selection around halout sites in the Baltic Sea: bathymetry or central-place foraging? *Canadian Journal of Zoology* 78: 1661–1667.

Skov, H., Heinanen, S., Žydelis, R., Bellebaum, J., Bzoma, S., Dagys, M., Durinck, J., Garthe, S., Grishanov, G., Hario, M., Kieckbusch, J.J., Kube, J., Kuresoo, A., Larsson, K., Luigujoe, L., Meissner, W., Nehls, H.W., Nilsson, L., Petersen, I.K., Roos, M.M., Pihl, S., Sonntag, N., Stock, A., Stipniece, A., Wahl, J., 2011. Waterbird populations and pressures in the Baltic Sea. *TemaNord* 2011:550. Nordic Council of Ministers, Copenhagen

Svane I. i Petersen J.K. 2001. On the Problems of Epibioses, Fouling and Artificial Reefs, a Review. *Mar. Ecol.* 22(3): 169-188.

Tollit, D.J., Black, A.D., Thompson, P.M., Mackay, A., Corpe, H.M., Wilson, B., Van Parijs, S.M., Grellier, K. i Parlane, S. 1998. Variations in harbour seal *Phoca vitulina* diet and dive-depths in relation to foraging habitat. *Journal of Zoology*, 244(2), 209-222.

Tougaard J. Wright A.J. i Madsen P.T. 2015. Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. *Marine Pollution Bulletin*, 90, 196–208

Tougaard, J. i Mikaelson, M. 2018. Effects of larger turbines for the offshore wind farm at Kriegers's Flak, Sweden. Assessment of impact on marine mammals. *Scientific Report No.286*. Aarhus University, NIRAS.

Vallejo, G.C., Grellier, K., Nelson, E.J., McGregor, R.M., Canning, S.J., Caryl, F.M., i McLean, N. 2017. Responses of two marine top predators to an offshore wind farm. *Ecology and evolution*, 7(21), 8698-8708.

Villadsgaard, A., Wahlberg, M. i Tougaard, J. 2007. Echolocation signals of wild harbour porpoises, *Phocoena phocoena*. *Journal of Experimental Biology*, 210(1), 56-64.

Wisniewska, D.M.M., Johnson, M., Teilmann, J., Rojano-Doñate, L., Shearer, J., Sveegaard, S., Miller, L.A., Siebert, U. i Madsen, P.T.T. 2016. Ultra-High Foraging Rates of Harbor Porpoises Make Them Vulnerable to Anthropogenic Disturbance. *Current Biology*, 26(11), 1441–1446.

Odniesienia do danych przedstawionych na mapach

Metria

<https://metria.se/>

Lantmateriet

<https://www.lantmateriet.se/>

Naturvårdsverket

<https://www.naturvardsverket.se/>

Transportstyrelsen

<https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Riksintressen/Kartor-over-riksintressen/>

Riksantikvarieämbetet

<https://www.raa.se/>

Länsstyrelsen

<https://ext-geodatakatalog.lansstyrelsen.se/GeodataKatalogen/>

Havs- och vattenmyndigheten

<https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/kartor-och-gis/karttjanster.html>

Emodnet

<https://emodnet.eu/en/bathymetry>

Energimyndigheten

<http://www.energimyndigheten.se/>

Sjöfartsverket

<https://www.sjofartsverket.se/sv/>

Europejska Agencja Środowiskowa

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

Helcom

<https://helcom.fi/>

BSH

https://www.bsh.de/DE/Home/home_node.html

4COffshore

<https://www.4coffshore.com/>

GeoSeaPortal

<https://www.geoseaportal.de/>

SGU

<https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data>

Vatteninformationssystem Sverige (VISS)

<https://viss.lansstyrelsen.se/>

