

Data:

Marzec 2019

RUROCIĄG PODMORSKI BALTIC PIPE – POZWOLENIA I PROJEKTOWANIE METODYKA MODELOWANIA EMISJI HAŁASU PODWODNEGO

Wykonawca Raportu:

Ramboll Denmark A/S

Hannemanns Alle 53
2300 Copenhagen S
Denmark

CDM Smith Sp. z o.o.

Al. Jerozolimskie 123 A
02-017 Warszawa, Polska

Autorzy Raportu:

Johnny Lund-Wendt

Ireneusz Borkowski

SPIS TREŚCI

1.	WSTĘP	1
2.	METODYKA MODELOWANIA	1
3.	DANE WEJŚCIOWE	2
3.1	Określenie lokalizacji i wielkości ładunków UXO	2
3.2	Poziom ekspozycji na hałas (SEL)	4
3.3	Batymetria	4
3.4	Właściwości geoakustyczne	4
3.5	Profile prędkości rozchodzenia się dźwięku	5
4.	BIBLIOGRAFIA	5

1. WSTĘP

Niniejszy dokument przedstawia szczegółowe założenia przyjęte do modelowania hałasu podwodnego związanego z ryzykiem eksplozji w przypadku napotkania na trasie planowanego gazociągu Baltic Pipe pozostałości broni konwencjonalnej w postaci niewybuchów i ładunków chemicznych (zwanym dalej UXO) i konieczności jej detonacji.

W niniejszym dokumencie zostały zawarte także tabelaryczne wyniki modelowania rozchodzenia się hałasu podwodnego w funkcji odległości względem przyjętych progowych wartości granicznych słuchu ryb i ssaków morskich, a także graficzne zobrazowanie zasięgów rozchodzenia się fali akustycznej.

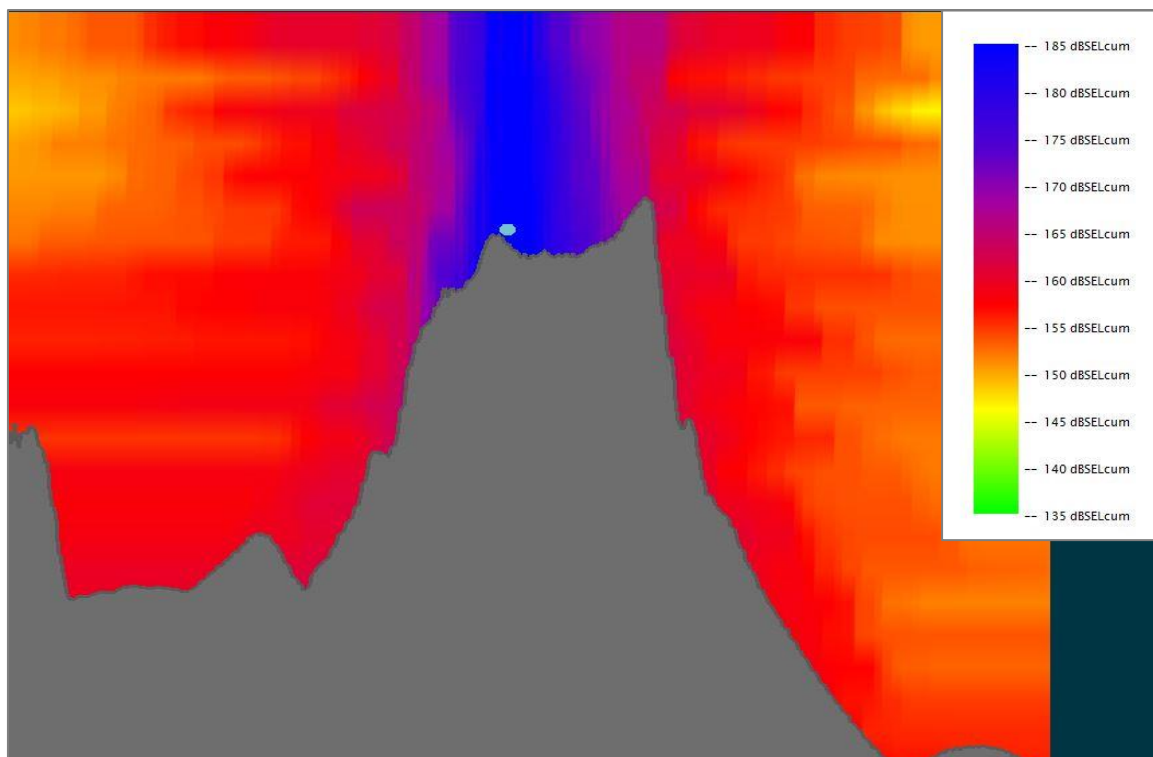
2. METODYKA MODELOWANIA

Modelowanie rozprzestrzeniania się hałasu podwodnego bazuje na obliczeniach estymacji pola dźwiękowego generowanego z podwodnych źródeł dźwięku, w tym przypadku z detonacji przedmiotów wybuchowych pochodzenia wojskowego. Wyniki modelowania są wykorzystywane do określenia potencjalnych obszarów oddziaływania (wykresy konturowe) podwodnych źródeł hałasu, dla różnych zidentyfikowanych organizmów morskich w danym obszarze. Na podstawie lokalizacji źródła i poziomu dźwięku źródła podwodnego, pole akustyczne w dowolnym zakresie od źródła jest szacowane za pomocą modelu propagacji akustycznej dBSEA (metoda równania parabolicznego, Jensen i in., 2011). Modelowanie propagacji dźwięku wykorzystuje parametry akustyczne odpowiednie dla określonego regionu geograficznego, w tym oczekiwany profil prędkości dźwięku kolumny wody, batymetrię i właściwości geoakustyczne dla dna morskiego, w celu wytworzenia specyficznych dla miejsca oszacowań pola promieniowania emitowanego w funkcji zasięgu i głębokości. Model akustyczny służy do przewidywania kierunkowego tłumienia pomiędzy lokalizacją źródła a lokalizacją odbiornika.

Modelowanie rozprzestrzeniania się hałasu podwodnego zostało przeprowadzone przy wykorzystaniu programu **dBSea**, wersja 2.2.

Model propagacji podwodnego dźwięku oszacowuje zasięg oddziaływania akustycznego generowanego przez podwodne źródło dźwięku, w tym przypadku detonacji pozostałości broni konwencjonalnej, jaka może zalegać na trasie planowanego gazociągu. Wyniki przeprowadzonego modelowania mogą być wykorzystywane do określenia obszarów potencjalnego oddziaływania podwodnych źródeł hałasu w odniesieniu do konkretnych, zidentyfikowanych organizmów morskich, występujących w analizowanym obszarze. W oparciu o daną lokalizację i wyznaczony poziom dźwięku źródła podwodnego istnieje możliwość oceny oddziaływania w dowolnej odległości od źródła emisji. Modelowanie propagacji dźwięku wykorzystuje parametry akustyczne odpowiednie dla określonego regionu geograficznego, w tym wyznaczony profil prędkości dźwięku w wodzie, batymetrię i właściwości geoakustyczne charakterystyczne dla dna morskiego analizowanego obszaru, w celu wytworzenia specyficznego dla miejsca prowadzonej analizy pola promieniowania emitowanego w funkcji zasięgu i głębokości.

W celu zobrazowania zasady działania programu dBSea, na poniższym rysunku przedstawiono przykład pionowego przekroju rozchodzenia się dźwięku wywołanego wysadzeniem pod wodą w okolicach Bornholmu niewybuchu o masie ładunku wybuchowego wynoszącej 340 kg. Na Rysunku 1 przedstawiono pole wartości ekspozycji na dźwięk w całej toni wodnej otrzymane w wyniku modelowania eksplozji. Odległości przewidywane dla poszczególnych wartości progowych odpowiadają maksimum na każdej głębokości od powierzchni do dna morza. Wykres zilustrowano bez zachowania proporcji, ponieważ głębokość wynosi 60 m, zaś szerokość — 86 km.



Rysunek 1 Przykładowy przekrój pionowy rozchodzenia się dźwięku od wysadzenia niewybuchu (Ramboll, 2018a).

Należy dodać, iż biorąc pod uwagę przedstawiony powyższy przykład wyższe poziomy niż 185 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ będą występować, jednakże celem tego przykładowego przekroju rozchodzenia się dźwięku jest pokazanie, w jaki sposób poziomy hałasu zmniejszają się względem odległości.

3. DANE WEJŚCIOWE

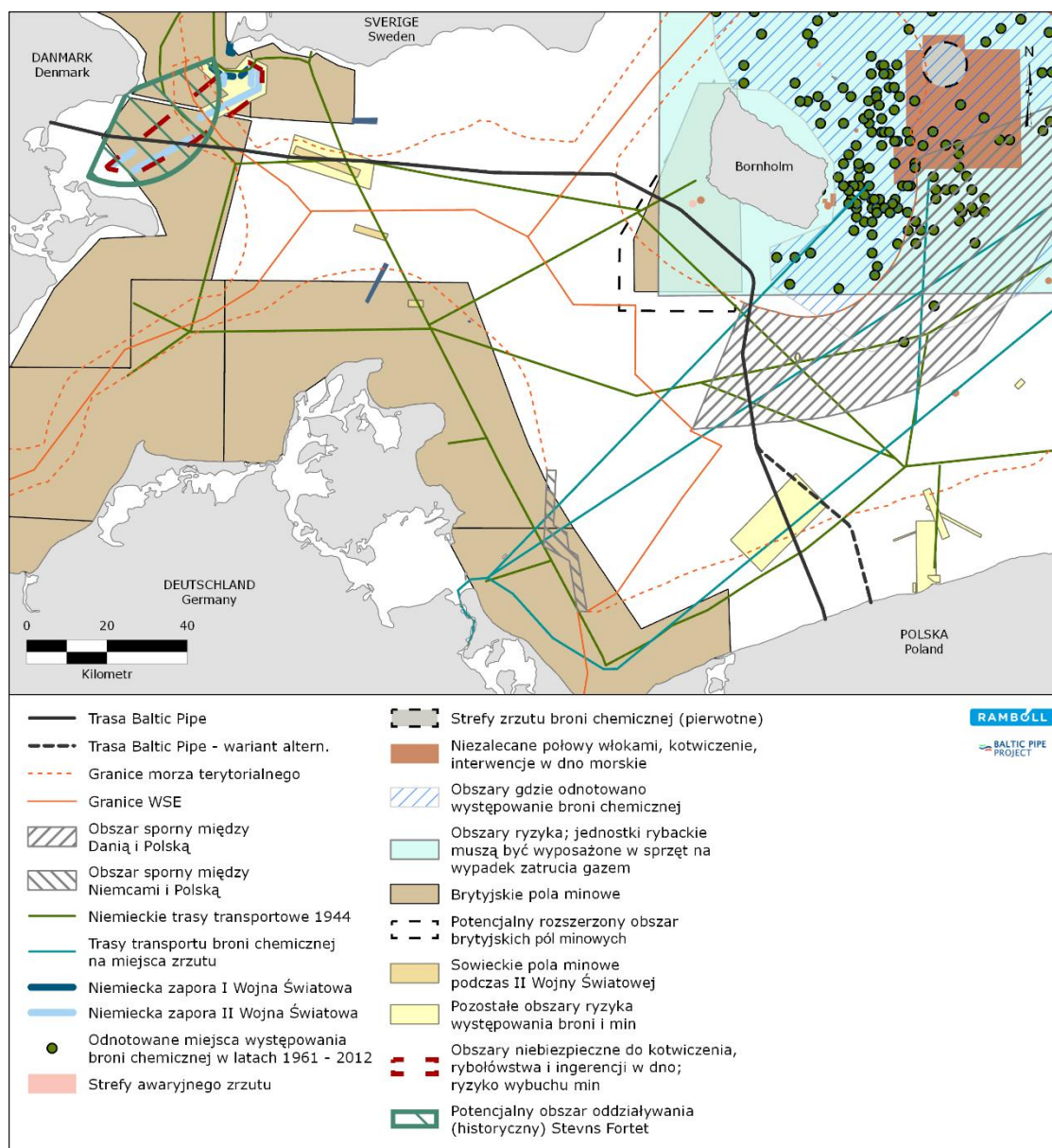
Poniżej przedstawiono parametry wejściowe dla modelu rozchodzenia się hałasu podwodnego związanego z ryzykiem eksplozji w przypadku konieczności detonacji broni konwencjonalnej zidentyfikowanej na trasie gazociągu Baltic Pipe położonego na terytorium Polski.

3.1 Określenie lokalizacji i wielkości ładunków UXO

Trasa gazociągu przecina obszary, w których istnieje zagrożenie występowania niewybuchów konwencjonalnych. W ramach przygotowania projektu inwestycyjnego gazociągu Baltic Pipe przeprowadzono opracowanie źródeł bibliograficznych, służące poznaniu problematyki niewybuchów na dnie Morza Bałtyckiego i ich położenia względem planowanej trasy Baltic Pipe (Ramboll, 2018a). W opracowaniu ustalono obecność następujących obszarów zagrożonych niewybuchami i ładunkami chemicznymi w granicach korytarza trasy gazociągu:

- pola minowe brytyjskie z okresu I Wojny Światowej;
- miny niemieckie z okresu II Wojny Światowej.,
- sowieckie pola minowe z okresu II Wojny Światowej;
- prawdopodobne niewybuchy pochodzące z poligonu Stevns Forter;
- obszary ćwiczeń marynarki wojenne;
- obszar niebezpiecznego składowiska broni chemicznej;
- zatopiona lub porzucona celowo broń konwencjonalna (np. amunicja artyleryjska, bomby lotnicze, itp.).

Miejsca potencjalnego występowania UXO w obszarze planowanej trasy gazociągu Baltic Pipe zobrazowano na poniższym rysunku.



Rysunek 2 Mapa obszarów o podwyższonym ryzyku wystąpienia niewybuchów i broni chemicznej (Ramboll, 2018a). Mapa orientacyjna na podstawie dostępnych danych.

Poziomy hałas źródłowego podwodnego towarzyszące usuwaniu UXO w miejscach leżących w obrębie wód Polski wynikają z oczekiwanych mas ładunków miotających i wybuchowych w UXO. Rozchodzenie się hałasu podwodnego zamodelowano przyjmując łączną masę ładunków miotających i wybuchowych podaną w Tabeli 1.

Lokalizacje źródła rozchodzenia się hałasu podwodnego wyznaczono na podstawie rozpoznanych obszarów ryzyka zalegania UXO, jako reprezentatywne, patrz Rysunek 2. Tym samym wyniki modelu ilustrują możliwe strefy oddziaływania od rozchodzącego się hałasu.

Tabela 1 Zestawienie sumarycznej masy ładunków miotających i wybuchowych UXO w dwóch miejscach na wodach terytorialnych Polski: Niechorze-Pogorzelnica i Rogowo

Miejsce usuwania UXO	Miejsce czujnika detonacji UTM 33 WGS84		Głębokość detonacji [m]	Łączna masa ładunku (pocisk donoszący + ładunek wybuchowy) [kg]
	Północ	Wschód		
Niechorze-Pogorzelnica	498 000	6 024 000	16	150
				950

Rogowo	516 600	6 015 900	16	150
--------	---------	-----------	----	-----

3.2 Poziom ekspozycji na hałas (SEL)

Poziomy źródła hałasu dla UXO wyrażono w postaci poziomu ekspozycji na hałas (SEL). Obliczono ich wartości z równania empirycznego o następującej postaci:

$$SEL = 6.14 * \log_{10} \left(W^{1/3} \left(\frac{R}{W^{1/3}} \right)^{-2.12} \right) + 219$$

gdzie:

- SEL - wyraża się w dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ w odl. 1 m,
- W - oznacza masę ładunku w kilogramach trotylu,
- R - jest zasięgiem pomiaru w metrach — w tym przypadku przyjęto 1 m (Soloway & Dahl, 2014).

Przyjęte w Tabeli 2 wartości SEL są parametrami wejściowymi dla warunków w okresie letnim i zimowym

Tabela 2 Obliczone wartości SEL dla przyjętych mas ładunków UXO.

Miejsce usuwania UXO	Rodzaj UXO	Łączna masa ładunku (pocisk donoszący + ładunek wybuchowy)	Poziom ekspozycji na hałas (SEL) [dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ w odl. 1 m]
Niechorze-Pogorzelnica	nieznany	150	232,9
Rogowo	nieznany	950	238,0

3.3 Batymetria

Geometria dna morskiego jest ważnym czynnikiem w obliczeniach rozchodzenia się dźwięku pod wodą. Zarys profilu powierzchni opisuje się na podstawie topografii podmorskiej lub badań batymetrycznych. Na potrzeby modelowania rozchodzenia się hałasu podwodnego uzyskano szczegółowe dane z batymetrii w zakresie wystarczającym dla całego badania. Ich źródłem jest EMODnet Bathymetry Viewing and Download Service (EMODnet, 2018).

3.4 Właściwości geoakustyczne

Warstwy przyjęte w modelu rozchodzenia się hałasu podwodnego i zasadnicze parametry geoakustyki warstw dennych w dwóch wybranych miejscach na dnie wód polskich podano w Tabeli 3 na podstawie pracy Jensen i in. (2011).

Właściwości geoakustyczne wyrażono następująco: C_p = prędkość fali sprężystej, α = współczynnik tłumienia.

Tabela 3 Zestawienie profilu geoakustycznego dna morskiego przyjętego do modelowania dla analizowanych obszarów Jensen et al. (2011).

Pozycja	Warstwa dna morskiego	Materiał	Właściwość geoakustyczna
Niechorze-Pogorzelnica Rogowo	0 – 30 m	Piaski	$C_p = 1,650 \text{ m/s}$, $\alpha = 0,8 \text{ dB}/\lambda$
	> 30 m	Skała macierzysta	$C_p = 5,250 \text{ m/s}$, $\alpha = 0.1 \text{ dB}/\lambda$

3.5 Profile prędkości rozchodzenia się dźwięku

Profile prędkości dźwięku obliczano na podstawie wyników pomiarów temperatury i zasolenia z głębokością.

W Tabeli 4 przedstawiono profile prędkości rozchodzenia się dźwięku przyjęte w modelu rozchodzenia się hałasu podwodnego. Charakterystyka rozchodzenia się dźwięku pod wodą zależy od pory roku. W modelu przyjęto wartości profili prędkości dźwięku typowe dla zimy (grudzień-marzec) i lata (od lipca do września).

Tabela 4 Dane słupa wody (profil prędkości rozchodzenia się dźwięku) dla stanowisk pomiarowych w lokalizacjach Niechorze-Pogorzelica i Rogowo.

Głębokość	Niechorze-Pogorzelica i Rogowo	
	Prędkość dźwięku zimą [m/s]	Prędkość dźwięku latem [m/s]
0 m	1424,7	1477,5
5 m	1425,0	1477,8
10 m	1425,1	1477,8
15 m	1425,3	1477,7
20 m	1425,6	1477,6
25 m	1426,3	1477,7
30 m	1427,5	1478,1

4. BIBLIOGRAFIA

Jensen, F.B., Kuperman, W.A., Porter, M.B. & Schmidt, H., 2011. Computational Ocean Acoustics (Modern Acoustics and Signal Processing).

Software dBSea, version 2.2 <http://www.dbsea.co.uk/>

Ramboll, 2018a. Baltic Pipe Project. Baltic Pipe Offshore Pipeline – Permitting and design. ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT - BALTIC SEA – DENMARK, 2018.11.02, Document ID: PL1-RAM-12-Z02-RA-00003-EN.

EMODnet, 2018. European Marine Observation and Data Network, Bathymetry viewing and download service, <http://portal.emodnet-bathymetry.eu/>, Date accessed: July 2018.