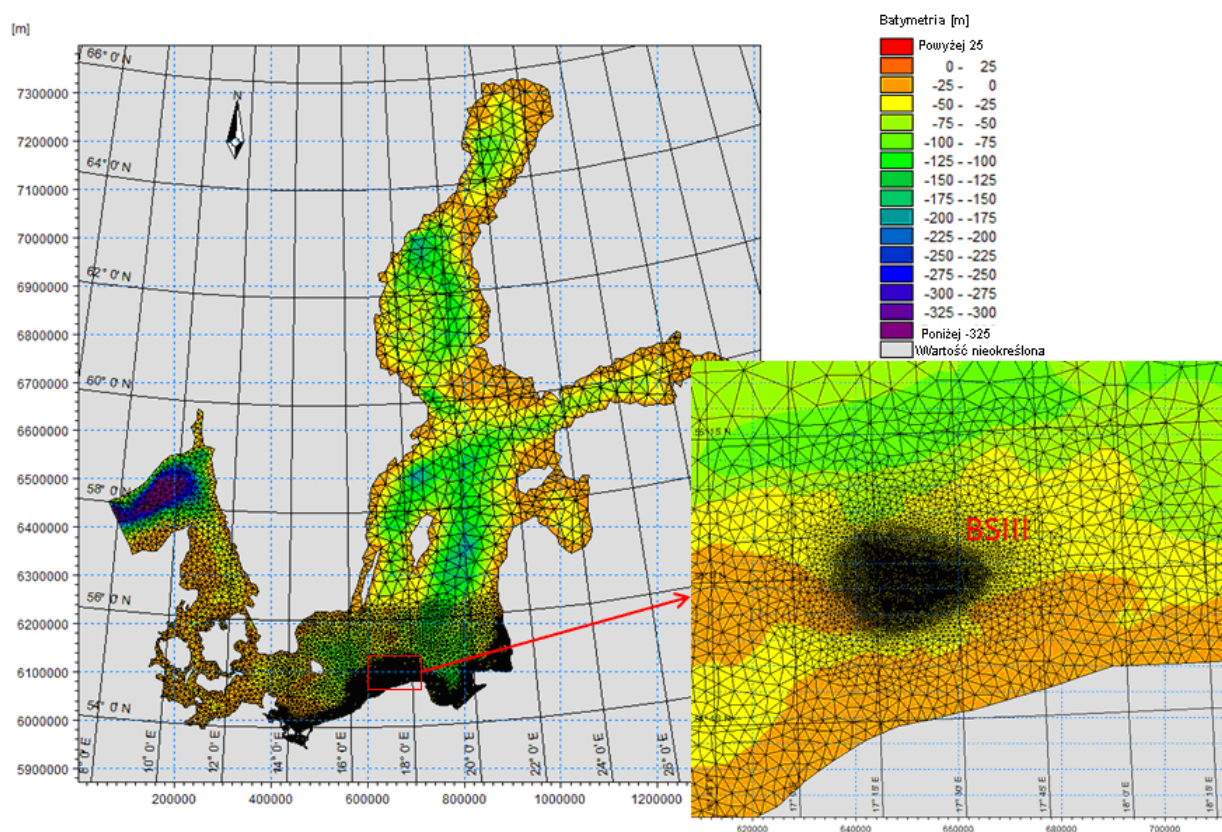


# Ocena oddziaływania na środowisko morskiej farmy wiatrowej Bałtyk Środkowy III

Ustawienia modelu i ocena oddziaływania na hydrografię wariantu wybranego i racjonalnego wariantu alternatywnego





Niniejszy raport opracowano w ramach Systemu Zarządzania Działalnością DHI posiadającego certyfikat zgodności z normą ISO 9001 (Zarządzanie Jakością) wydany przez DNV

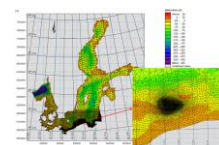


DNV Business Assurance, Danmark A/S

# Ocena oddziaływania na środowisko morskiej farmy wiatrowej Bałtyk Środkowy III

Ustawienia modelu i ocena oddziaływania na hydrografię wariantu wybranego i racjonalnego wariantu alternatywnego

Opracowano dla Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o.  
Reprezentowanej przez Aleksandrę Sowałę



Kierownik projektu	Mads Nistrup Madsen
Opracowanie	Paulina Lech-Surowiec, Klavs Eske Bundgaard, Mads Nistrup Madsen
Nadzór jakościowy	Anders Jensen
Numer projektu	38800051-6
Data zatwierdzenia	18 marca 2015
Wersja	Końcowa v6
Klasyfikacja	Poufny



# SPIS TREŚCI

<b>Lista skrótów .....</b>	<b>iii</b>
<b>1</b>	<b>Streszczenie w języku niespecjalistycznym .....</b>
	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Wstęp .....</b>
	<b>2</b>
2.1	Tło .....
	2
2.2	Zawartość raportu .....
	3
2.3	Wybór systemu do modelowania .....
	4
2.4	Metodyka modelowania .....
	5
<b>3</b>	<b>Model hydrodynamiczny.....</b>
	<b>7</b>
3.1	Uzasadnienie modelu i procedura .....
	7
3.2	Ustawienia modelu.....
	7
3.2.1	Obszar objęty modelowaniem i siatka modelu .....
	7
3.2.2	Okres, ustawienia i granice modelu .....
	8
3.2.3	Walidacja.....
	10
<b>4</b>	<b>Model fal .....</b>
	<b>21</b>
4.1	Ustawienia modelu.....
	21
4.2	Kalibracja i walidacja.....
	21
<b>5</b>	<b>Opis przedsięwzięcia .....</b>
	<b>25</b>
5.1	Wstęp .....
	25
5.2	Analizowane warianty przedsięwzięcia.....
	26
5.2.1	Racjonalny wariant alternatywny .....
	26
5.3	Wariant przyjęty do realizacji .....
	27
5.4	Porównanie wariantów .....
	28
<b>6</b>	<b>Warunki bazowe .....</b>
	<b>31</b>
6.1	Wybór okresu hydrograficznego .....
	31
<b>7</b>	<b>Ocena oddziaływania .....</b>
	<b>34</b>
7.1	Wpływ na prądy.....
	34
7.1.1	Założenia.....
	34
7.1.2	Modelowanie .....
	36
7.1.3	Ocena.....
	46
7.1.3.1	Ocena MFW BS III .....
	46
7.1.3.2	Ocena oddziaływań skumulowanych .....
	55
7.1.3.3	Ocena oddziaływania na obszary Natura 2000 .....
	57
7.2	Wynoszenie osadów podczas robót pogłębieniowych .....
	57
7.2.1	Założenia.....
	57
7.2.2	Modelowanie .....
	59
7.2.3	Ocena.....
	66
7.2.3.1	Ocena MFW BS III .....
	66
7.2.3.2	Ocena oddziaływań skumulowanych .....
	66
7.2.3.3	Ocena oddziaływania na obszary Natura 2000 .....
	66
7.3	Tłumienie fal.....
	67
7.3.1	Założenia.....
	67
7.3.2	Modelowanie .....
	67
7.3.3	Ocena.....
	67
7.3.3.1	Ocena MFW BS III .....
	67

7.3.3.2	Ocena oddziaływań skumulowanych .....	73
7.3.3.3	Ocena oddziaływania na obszary Natura 2000 .....	73
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>74</b>
<b>9</b>	<b>Rysunki .....</b>	<b>75</b>
<b>10</b>	<b>Tabele.....</b>	<b>77</b>

## Lista skrótów

ASI	Automatyczny System Identyfikacji
BANSAI	Podstawowa struktura modelu hydrodynamicznego MIKE z 2000 r., obejmującego Morze Północne i Morze Środkowe
BŚ III	Bałtyk Środkowy III
C-MAP	Światowa baza danych map elektronicznych udostępniona przez Jeppesen Norway
CFSR	Reanaliza systemu prognoz klimatycznych [Climate Forecast System Reanalysis]
(D)	Średnice turbin wiatrowych
DNV	Det Norske Veritas
WSE	polska Wyłączna Strefa Ekonomiczna
Stężenie bez tła	Stężenie bez stężenia tła
OOS	Ocena oddziaływania na środowisko
Model regionalny FEHY	Regionalny Model Hydrodynamiczny Wielkiego Bełtu
(G)	Odległości między turbinami wiatrowymi
CFG	Ciężki fundament grawitacyjny
HBV model	Konceptualny zdecentralizowany model hydrologiczny HBV (Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning).
HDdkbs	Nazwa istniejącego modelu hydrologicznego DHI dla Morza Bałtyckiego
Hm0	Wysokość fali znacznej
Hmax	Wysokość fali najwyższej
Hmean	Wysokość fali średniej
HVDC	Prąd stały wysokiego napięcia
ICES	Międzynarodowa Rada Badań Morza
IMGW	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Mike 21 SW	Spektralny model fal
Mike 3 Flow Model FM	Model przepływu Mike 3 z elastyczną siatką
Mike 3 MT	Model transportu osadów
Mike 3D HD	Model hydrodynamiczny
MP	(np. średnica MP)
ŚPM	Średni poziom morza
NCEP/NOAA	Krajowe Centra Prognoz Środowiskowych/Krajowa Administracja ds. Oceanów i Atmosfery
MFW	Morska farma wiatrowa
PSU	Praktyczne jednostki zasolenia
PSZW	Pozwolenie na wznoszenie i wykorzystanie sztucznych wysp, konstrukcji i urządzeń w polskich obszarach morskich
RH	Royal Haskoning
IMG	Instytut Morski w Gdańsku
SMHI	Szwedzki Instytut Meteorologiczno-Hydrologiczny
Opracowanie SPM84	Opracowanie „Podręcznik Ochrony Brzegów” (1984)
SWdkbs	Model spektralny Fali Krótkiej stworzony dla projektu Wielki Bełt
Tm02	Okres fali
Tp	Okres maksymalny
TP	(np. masa TP)
CUS	Chwilowa utrata słuchu
u	Prędkość pozioma
UNESCO	Organizacja Narodów Zjednoczonych ds. Edukacji, Nauki i Kultury
Vejr2 A/S	Nazwa komercyjnej firmy meteorologicznej
v	Prędkość pionowa



WAMIT

Model firmy MIT do oceny wzajemnego oddziaływania fal  
<http://www.wamit.com/index.htm>

Model WRF

Model Badania i Prognozowania Pogody



## 1 Streszczenie w języku niespecjalistycznym

Niniejszy raport skupia się na hydrografii i zawiera opis zastosowanych modeli hydrologicznych, opis warunków bazowych oraz ocenę oddziaływania budowy morskiej farmy wiatrowej BŚ III położonej ok. 23 km na północ od wybrzeża polskiego.

Na potrzeby opracowania i kalibracji modelu numerycznego zdecydowano się na wykorzystanie intensywnych pomiarów wykonanych przez Instytut Morski w Gdańsku (IMG). Model ten posłużył następnie jako ważny wkład w ocenę warunków siedliskowych w kontekście inwentaryzacji ptaków przeprowadzonej w okresie od czerwca 2013 r. do lutego 2014 r. Model numeryczny wykorzystano również na potrzeby prognozy przyszłych oddziaływań farm wiatrowych zarówno jeżeli chodzi o hydrodynamikę, jak i wynoszenie osadów. Do modelowania potencjalnego oddziaływania turbin na prądy i fale niezbędne jest ustalenie warunków bazowych. Na potrzeby niniejszego opracowania za warunki bazowe przyjęto referencyjny rok hydrograficzny wykorzystany do sporządzenia oceny oddziaływania.

Analiza oddziaływań w fazie eksploatacji miała przede wszystkim charakter analizy porównawczej, w ramach której określono parametry oddziaływań turbin wiatrowych i wpisano je do modeli numerycznych, a oddziaływania oceniono porównując sytuację „przed” i „po”. Oddziaływania na etapie budowy, takie jak wynoszenie osadów spowodowane robotami pogłębieniowymi, przeanalizowano przeprowadzając symulacje wynoszenia w oparciu o doświadczenia z podobnych projektów. Oddziaływania na warunki hydrograficzne w fazie likwidacji uważa się za nieistotne, ale potencjalne kwestie z tym związane zostały również poddane ocenie.

Ocenę przeprowadzono rozważając najgorszy scenariusz hydrograficzny w odniesieniu do projektu farmy wiatrowej. Wyniki scopingu wskazują, że ciężkie fundamenty grawitacyjne stanowią generalnie najmniej korzystny przypadek dla wariantu wybranego i dla racjonalnego wariantu alternatywnego. Nie przewiduje się istotnych różnic między fundamentami jednopalowymi (monopile), trójnożnymi (tripod) czy kratownicowymi (jacket).

Przewidywany wpływ farmy wiatrowej na warunki hydrodynamiczne jest niewielki. Prędkości prądów w analizowanym obszarze wynoszą średnio 0,1-0,2 m/s, ale mogą osiągać około 0,5 m/s. Dodatkowy opór hydrauliczny spowodowany przez farmę wiatrową prowadzi do niewielkiego zmniejszenia prędkości prądów w obrębie farmy wiatrowej i poniżej farmy. Redukcje prędkości prądów przekraczające 2% w stosunku do warunków istniejących występują wyłącznie w granicach farmy wiatrowej BŚ III. Jednak średnie zmiany prędkości są bardzo niewielkie: stwierdzono, że przy powierzchni są one rzędu 0,001 m/s.

Również wpływ na falowanie uznaje się za jedynie niewielki. Występujące fale są zwykle falami generowanymi przez wiatr, ograniczanymi odległością od lądu i czasem trwania pola wiatru. W fazie eksploatacji farma wiatrowa będzie powodowała odbijanie lub ugięcie części energii fali wokół fundamentów i wież. Tłumienie fali w wyniku odbicia / dyfrakcji będzie niewielkie. Ogólnie biorąc, zmiany pola fal będą niewielkie, przy czym przewiduje się jedynie nieistotne zmiany w pobliżu polskiego wybrzeża.

Przeprowadzono analizę sedymentacji i przemieszczania się osadów w wyniku robót pogłębieniowych na etapie budowy. Stwierdzono, że w fazie budowy stężenia zawieszono osadu nie przekroczą 10 mg/l przy dnie morskim poza granicami farmy wiatrowej, co mieści się w zakresie naturalnej zmienności stężenia tła w tym obszarze. Obliczono, że powodowana robotami sedymentacja w granicach przedsięwzięcia wyniesie mniej niż 3,5 mm.

## 2 Wstęp

W niniejszym raporcie przedstawiamy wyniki modelowania hydrograficznego warunków bazowych oraz ocenę oddziaływania odpowiednio **wariantu przyjętego do realizacji i racjonalnego wariantu alternatywnego** (z zastosowaniem najmniej korzystnego scenariusza) dla przedsięwzięcia polegającego na budowie morskiej farmy wiatrowej BŚ III.

### 2.1 Tło

Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o. planuje budowę morskiej farmy wiatrowej Bałtyk Środkowy III w polskiej Wyłącznej Strefie Ekonomicznej na Morzu Bałtyckim. Projekt ten wymaga oceny oddziaływania na środowisko (OOŚ). Firmie DHI zlecono pomoc w przeprowadzeniu OOŚ w zakresie obejmującym :

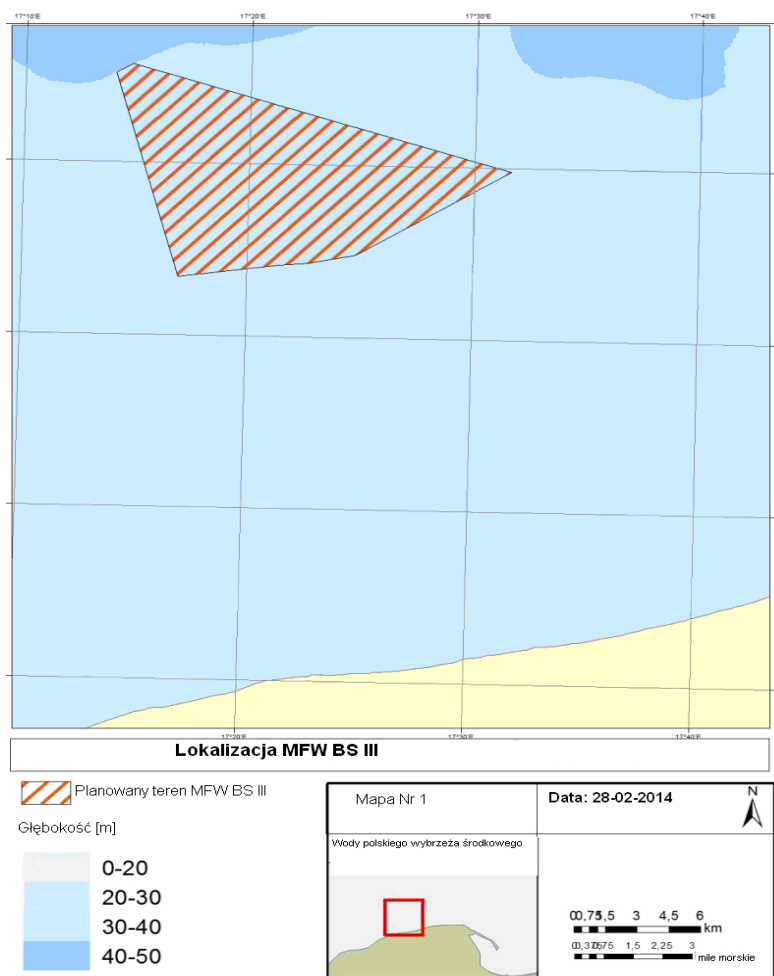
- hydrografię i wynoszenie osadów
- ssaki morskie
- hałas
- ptaki

Ocenę oddziaływania na środowisko należy przeprowadzić odpowiednio dla **wariantu przyjętego do realizacji** oraz dla **racjonalnego wariantu alternatywnego**, przy czym w celu określenia potencjalnych znaczących oddziaływań należy przede wszystkim rozpatrzyć najmniej korzystny scenariusz. Wybór rozwiązania technicznego, jakie należy poddać ocenie zmienia się więc w zależności od rozpatrywanego elementu środowiska. Na przykład z punktu widzenia ochrony ssaków morskich największe potencjalne oddziaływanie mogłyby wywołać fundamenty jednopalowe, natomiast za najmniej korzystny scenariusz w odniesieniu do przemieszczania się osadów uważa się ciężkie fundamenty grawitacyjne.

Niniejszy raport dotyczy OOŚ w zakresie hydrografii (określanej przez Klienta i konsultanta OOŚ z IMG jako hydrologia). Ostateczny raport OOŚ zostanie opracowany na podstawie kompleksowych badań warunków bazowych, przeprowadzonych przez Zakład Oceanografii Operacyjnej Instytutu Morskiego w Gdańsku, przedstawionego w niniejszym opracowaniu modelu numerycznego oraz przy udziale Klienta (specyfikacje projektowe odpowiednio dla wariantu przyjętego do realizacji i dla racjonalnego wariantu alternatywnego) i na podstawie ogólnych badań projektowych (High Level design study) Royal Haskoning (RH). Niniejszy raport dotyczy głównie przedsięwzięcia Bałtyk Środkowy III, ale uwzględniono w nim skumulowane oddziaływania innych przedsięwzięć zrealizowanych lub planowanych w południowo-wschodniej części Morza Bałtyckiego.

Przedsięwzięcie „Bałtyk Środkowy III” zlokalizowane jest poza granicami polskich wód terytorialnych, ok. 23 km od wybrzeża (

Rys. 2-1).



Rys. 2-1 Lokalizacja planowanej MFW „Bałtyk Środkowy III”

Całkowita powierzchnia obszaru farmy wiatrowej wynosi odpowiednio ok. 89 km<sup>2</sup> dla wariantu przyjętego do realizacji (120 turbin) i 117 km<sup>2</sup> dla racjonalnego wariantu alternatywnego (200 turbin). Wszystkie turbiny będą wzajemnie połączone, a farma wiatrowa będzie miała kablowe połączenie z lądem.

## 2.2 Zawartość raportu

Niniejszy raport dotyczy warunków hydrograficznych i falowania, a także wynoszenia osadów podczas budowy. Modelowanie hydrograficzne ma na celu:

- Określenie obszaru obejmującego warunki bazowe w odniesieniu do fal, prądów, zasolenia i temperatury wody
- Ocenę stałych oddziaływań hydrodynamicznych proponowanej farmy wiatrowej oraz oddziaływań tymczasowych i stałych związanych z robotami pogłębieniowymi. W tym kontekście przez oddziaływania stałe rozumie się oddziaływania występujące po przekazaniu farmy wiatrowej do eksploatacji, natomiast oddziaływania tymczasowe to oddziaływania występujące podczas budowy
- Wsparcie procesu identyfikacji i analizy rozmieszczenia siedlisk odpowiednich dla ssaków morskich i ptaków wodnych (rozmieszczenie czasowe i przestrzenne np. frontów zasolenia, prądów, głębokości itp.)

W analizowanym kontekście przez warunki hydrograficzne należy rozumieć fale, prądy, poziomy wód, zasolenie i temperatury morza. Ponadto, pojęcie to obejmuje przemieszczanie się osadów podczas robót pogłębieniowych.

Na warunki hydrograficzne, takie jak warunki przepływu (prądy, zasolenie i temperatura) i pole fal, będą miały wpływ fundamenty, które oddziałują na przepływ i fale, ponieważ fundamenty i wieże powodują dodatkowy opór dla przepływu i fal.

Jakość wody jest ściśle związana z warunkami hydrograficznymi, przy czym wszelkie oddziaływania na warunki hydrograficzne mogą wpływać na parametry jakości wody, takie jak stężenia tlenu. Na jakość wody mają również wpływ roboty pogłębieniowe podczas budowy. Roboty pogłębieniowe z całą pewnością powodować będą wynoszenie osadów, co z kolei może wpływać na siedliska bentosowe i faunę bentosową. Jednakże niniejszy raport nie obejmuje kwestii jakości wody ani siedlisk.

Raport opisuje natomiast ustawienia i walidację modelu, analizę warunków bazowych i ocenę oddziaływania na środowisko. Na potrzeby niniejszego opracowania za warunki bazowe uznano referencyjny rok hydrograficzny wykorzystany do sporządzenia oceny oddziaływania. Analiza oddziaływań w fazie eksploatacji miała przede wszystkim charakter analizy porównawczej, w ramach której określono parametry oddziaływań turbin wiatrowych i wpisano je do modeli numerycznych, a następnie oceniono oddziaływania porównując sytuację „przed” i „po”. Oddziaływania na etapie budowy, takie jak wynoszenie osadów spowodowane operacjami pogłębiania, przeanalizowano przeprowadzając symulacje wynoszenia osadów z wykorzystaniem modelu, przyjmując standardowy scenariusz dla robót pogłębieniowych. W zakresie objętości wybieranego podłoża, tempa produkcji i tempa wynoszenia scenariusz standardowy oparty jest na doświadczeniach z podobnych operacji. Oddziaływania na warunki hydrograficzne w fazie likwidacji uważa się za nieistotne, ale potencjalne kwestie zostaną ocenione.

## 2.3 Wybór systemu do modelowania

W przypadku analizowanej farmy wiatrowej można zastosować cztery różne systemy (Ref /2/):

- Ciężki fundament grawitacyjny (CFG)
- Fundament kratownicowy
- Fundament jednopalowy
- Fundament trójnożny

Różne konstrukcje różnie wpływają na hydrodynamikę, jednakże wielkość ich oddziaływań można uszeregować. Konstrukcje kratownicowe i trójnożne składają się z systemu stosunkowo niewielkich rur stalowych. Równoważna średnica tych konstrukcji jest znacznie mniejsza niż średnica konstrukcji rurowych. Konstrukcja kratownicowa składa się z czterech nóg o średnicy 1 m. Daje to łączną maksymalną szerokość blokującą wynoszącą 4 m. Konstrukcja trójnożna składa się z 5-cio metrowego pala głównego i trzech nóg o średnicach 1-3 m. Daje to maksymalną szerokość blokującą 11 m przy dnie i 5 m przy powierzchni wody. Trzon konstrukcji jednopalowej ma średnicę 7,5 m, czyli dużo większą niż równoważna średnica w konstrukcji kratownicowej i podobną, jak konstrukcja trójnożna. Wreszcie, konstrukcja CFG ma również średnicę zbliżoną do jednopalowej, ale ponadto ma ona stożki na górze i na dole, co powoduje, że powierzchnia blokowania jest większa niż w pozostałych systemach. Dlatego najmniej korzystnym przypadkiem jeżeli chodzi o hydrodynamikę jest CFG, niezależnie od tego czy do realizacji wybierze się wariant przyjęty do realizacji czy racjonalny wariant alternatywny.

Jeżeli chodzi o wynoszenie osadów, to jedyną konstrukcją wymagającą znaczącego pogłębiania jest CFG.

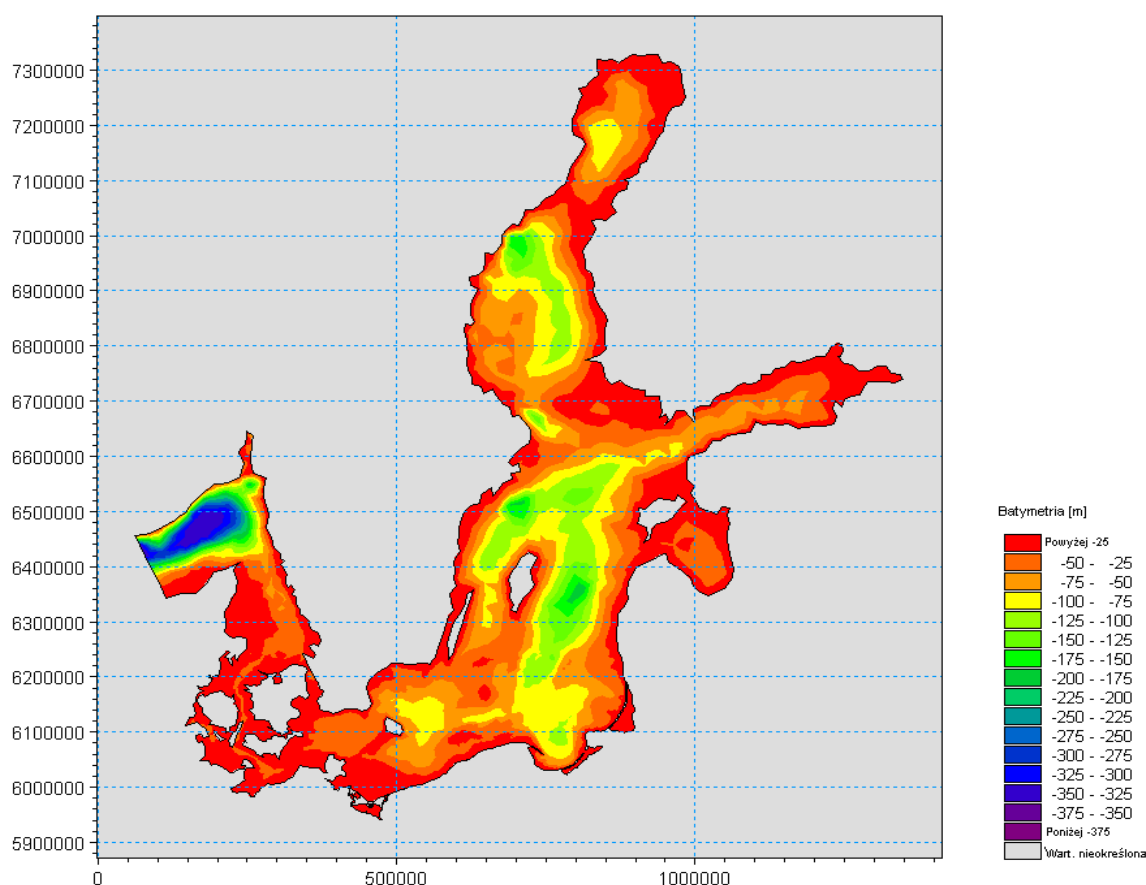
Jeżeli chodzi o fale, to największe odbicie, dyfrakcję i absorpcję będzie powodowała konstrukcja o największym przekroju poprzecznym przy powierzchni. W tym przypadku również największe oddziaływania ma CFG.

Jeżeli chodzi o metodę układania kabli, najmniej korzystnym przypadkiem będzie zagłębienie kabli w piasku i mule na całej długości i dlatego ten właśnie przypadek uwzględniono w modelu.

## 2.4 Metodyka modelowania

Model hydrograficzny dla BŚ III oparto w dużym stopniu na istniejących, opracowanych przez DHI modelach: modelu hydrodynamicznym 3D i modelu fal dla Morza Bałtyckiego oraz wód duńskich, por. Rys. 2-2. W modelowaniu wykorzystano oprogramowanie MIKE firmy DHI, obejmujące różne moduły obliczeniowe służące różnym celom:

- MIKE 3 HD (Model hydrodynamiczny): do symulacji prądów, poziomów wód, zasolenia i temperatury wód
- MIKE 21 SW (Spektralny model fal): do symulacji warunków falowania
- MIKE 3 MT (Transport osadów): do symulacji przemieszczania się osadów w wyniku pogłębienia. Model oblicza osadzanie na dnie morskim oraz stężenia osadu w słupie wody



Rys. 2-2 Istniejący model 3D firmy DHI dla Morza Bałtyckiego

Istniejący model hydrodynamiczny i model falowania firmy DHI zostały opracowane i skalibrowane przez DHI na potrzeby służb prognostycznych DHI - Prognozy dla Wód. Modele wykorzystują ten sam model batymetryczny i siatkę obliczeniową, której rozdzielczość wynosi od 500-1000 m dla Wielkiego Bełtu, 1,0-2,5 km dla Bałtyku zachodniego i rejonu Fionii, 2-6 km dla Cieśniny Kattegat i dla obszaru na zachód od Bornholmu, 5-12 km dla Cieśniny Skagerrak,

do 5-20 km dla Morza Bałtyckiego na wschód od Bornholmu. Oba modele wykorzystują również ten same wymuszające parametry meteorologiczne, uzyskane z modelu WRF obejmującego Europę Północną, o rozdzielczości 0,1 stopnia. Na potrzeby DHI model ten jest obsługiwany przez StormGeo z Norwegii. Model hydrodynamiczny (HDdkbs) opracowano wykorzystując opracowany przez DHI trójwymiarowy system modelowania przepływu MIKE - MIKE 3 FM. Domena pionowa to kombinowana domena sigma-z, w której górne 10 m słupa wody reprezentowane jest przez 10 warstw sigma, a reszta słupa wody reprezentowana jest przez określoną liczbę warstw z, zależną od głębokości wody w danym miejscu. Przyjęta rozdzielczość pionowa umożliwia prowadzenie pełnych analiz w warstwach co 1 m dla zachodniego Morza Bałtyckiego i rejonu Fionii, w tym Wielkiego Bełtu.

Istniejący model hydrodynamiczny poddano kalibracji i walidacji w stosunku do obserwacji poziomów wód, prądów, temperatur i zasolenia z 14 stacji na wewnętrznych wodach duńskich i Morzu Bałtyckim, uzyskując zadowalającą zgodność pomiędzy modelem a pomiarami. Opracowanie i kalibracja były w dużym stopniu oparte na pracach przeprowadzonych w ramach usług hydrograficznych świadczonych przez DHI na rzecz Femern A/S w związku z projektem stałego połączenia pod Wielkim Bełtem (Fehmarnbelt Fixed Link).

Model fal (SWdkbs) opracowano wykorzystując opracowany przez DHI model spektralny fal MIKE 21 SW. Domenę częstotliwości podzielono na 25 przedziałów o minimalnej częstotliwości 0,055 Hz i współczynniku częstotliwości 1,128, uzyskując możliwość analizy okresów fal w przedziale 1,0-18,2 s, obejmującym również fale o krótkich okresach, występujące w niektórych duńskich wodach wewnętrznych. Kierunkową domenę 360 stopni podzielono na 24 przedziały po 15 stopni.

Do dalszego udoskonalenia i walidacji modelu dla obszaru BŚ III wykorzystano następnie wyniki pomiarów wykonanych przez IMG (por. Rozdział 3.3).

## 3 Model hydrodynamiczny

Model MIKE 3 HD (model hydrodynamiczny) jest podstawowym modułem całego systemu MIKE 3. Zawiera on podstawy hydrodynamiczne wykorzystywane do obliczeń przez większość pozostałych modułów. MIKE 3 HD rozwiązuje równania zachowania masy i pędu w funkcji czasu w trzech wymiarach (tzw. równania RANS [Reynolds-averaged Navier-Stokes equations]). Po wprowadzeniu batymetrii, szorstkości dna, pola wiatru, hydrograficznych warunków brzegowych itp., dla różnych funkcji wymuszających liczone jest pole przepływu i zmienność ciśnienia. W modelu ujęte są również równania zachowania ciepła i soli. MIKE 3 HD wykorzystuje równanie stanu wody morskiej UNESCO (1980), będące zależnością pomiędzy zasoleniem, temperaturą i gęstością.

Szczegółowy opis można znaleźć pod adresem:

[http://mikebydhi.com/Download/DocumentsAndTools/~media/Microsite\\_MIKEbyDHI/Publications/PDF/Short%20descriptions/MIKE213\\_FM\\_HD\\_Short\\_Description.ashx](http://mikebydhi.com/Download/DocumentsAndTools/~media/Microsite_MIKEbyDHI/Publications/PDF/Short%20descriptions/MIKE213_FM_HD_Short_Description.ashx)

Głównym celem modelu hydrodynamicznego jest:

- Dostarczenie danych wejściowych do modelowania siedlisk
- Stworzenie platformy do symulacji wynoszenia osadów
- Stworzenie platformy do oceny miejscowego oddziaływania na prądy i fale

### 3.1 Uzasadnienie modelu i procedura

Celem modelowania numerycznego jest dostarczenie narzędzia mogącego wypełnić luki przestrzenne i czasowe w danych pomiarowych i dostarczyć wiedzy dotyczącej przyszłych oddziaływań tam, gdzie pomiary nie są możliwe.

Każde modelowanie numeryczne wymaga znajomości batymetrii modelowanego obszaru i hydrodynamiki w jego granicach. Dane batymetryczne IMG zostały uwzględnione w podstawach modelu jako element siatki obliczeniowej. Siatka to powszechnie stosowany termin dla struktury, w której zlokalizowane są wszystkie punkty obliczeniowe. Po wygenerowaniu siatki i ustaleniu warunków brzegowych można uruchomić model. W rezultacie uzyskuje się parametry hydrodynamiczne (prądy, zasolenie, temperatura itp.) w każdym punkcie siatki. Wyniki te porównywano z pomiarami wykonanymi przez IMG. Jeżeli zgodność nie jest zadowalająca, model koryguje się do momentu uzyskania akceptowalnej korelacji z danymi pomiarowymi. Typowe korekty mogą dotyczyć szorstkości dna, tarcia wiatru, nasłonecznienia czy wielkości niektórych przekrojów poprzecznych mających wpływ na wyniki. Po uzyskaniu odpowiedniej korelacji można wykorzystać model do generowania danych hydrodynamicznych we wszystkich punktach obliczeniowych siatki. Można to zrobić dla serii czasowych, na powierzchni 2D lub w postaci 3D. Dodając bariery lub zmieniając warunki wymuszające można wykorzystać model do przewidywania przyszłych warunków. Jest to coś, czego nie da się uzyskać samymi pomiarami. W kolejnych rozdziałach opisano w jaki sposób ustalono ustawienia i skalibrowano model.

### 3.2 Ustawienia modelu

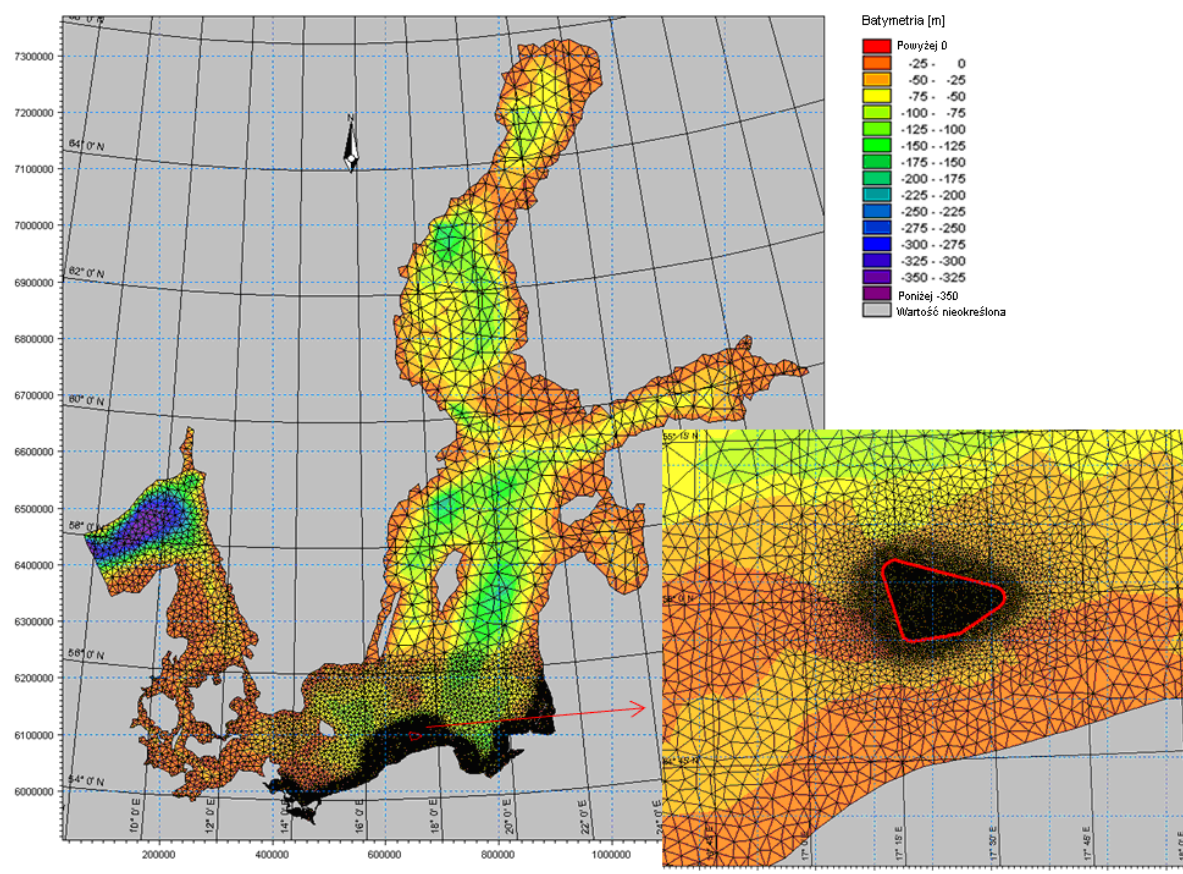
#### 3.2.1 Obszar objęty modelowaniem i siatka modelu

Opisany powyżej regionalny model hydrodynamiczny obejmujący wewnętrzne wody duńskie i wody Bałtyku zastosowano do obliczenia lokalnych warunków hydrodynamicznych w rejonie farmy wiatrowej BŚ III. Dla linii wybrzeża Polski i w szczególności dla obszaru farmy wiatrowej

BŚ III przyjęto wysoką rozdzielczość modelu, por. Rys. 3-1. Przy rozdzielczości wokół linii brzegowej wynoszącej 2000 m, rozdzielczość na farmie wiatrowej jest rzędu 300 m. Chociaż obszarem zainteresowania jest BŚ III, model musi obejmować znacznie większy obszar geograficzny w celu ustalenia wiarygodnych warunków brzegowych modelu. Źródła danych batymetrycznych to:

- Istniejący model DHI dla Morza Bałtyckiego (dane batymetryczne z C-MAP wraz z wynikami sondowania głębokości przekazanymi przez władze duńskie i niemieckie podczas badań Wielkiego Bełtu )
- Instytut Morski - batymetria wokół BŚ III zbadana w pierwszej połowie 2013 r.

Siatka nie uwzględnia komórek dla samych wiatraków. Wpływ poszczególnych wiatraków uwzględniono jako dodatkowy opór obliczony na podstawie właściwości geometrycznych każdego wiatraka. Zatem, aby w każdej komórce znajdował się nie więcej niż jeden wiatrak wystarczy, by komórki były mniejsze niż odległości pomiędzy wiatrakami.



Rys. 3-1 Ustawienia i rozdzielczość modelu wokół BŚ III

### 3.2.2 Okres, ustawienia i granice modelu

Model ma jedną otwartą granicę północną w kierunku granicy Morza Północnego. Parametry wymuszające na granicy z Morzem Północnym obejmują: poziom morza, strumień przepływu (prędkości  $u$  oraz  $v$ ), zasolenie oraz temperaturę wód. Kombinacja poziomu morza i strumienia przepływu przy tej granicy odpowiada warunkom brzegowym Flathera (więcej szczegółów można znaleźć w: Ref /1/ ). Początkowe wartości poziomu morza, zasolenia i temperatury zostały pobrane z istniejącego modelu DHI dla Morza Bałtyckiego. Wymuszające parametry meteorologiczne obejmują: wiatr, temperaturę powietrza, nasłonecznienie i opady



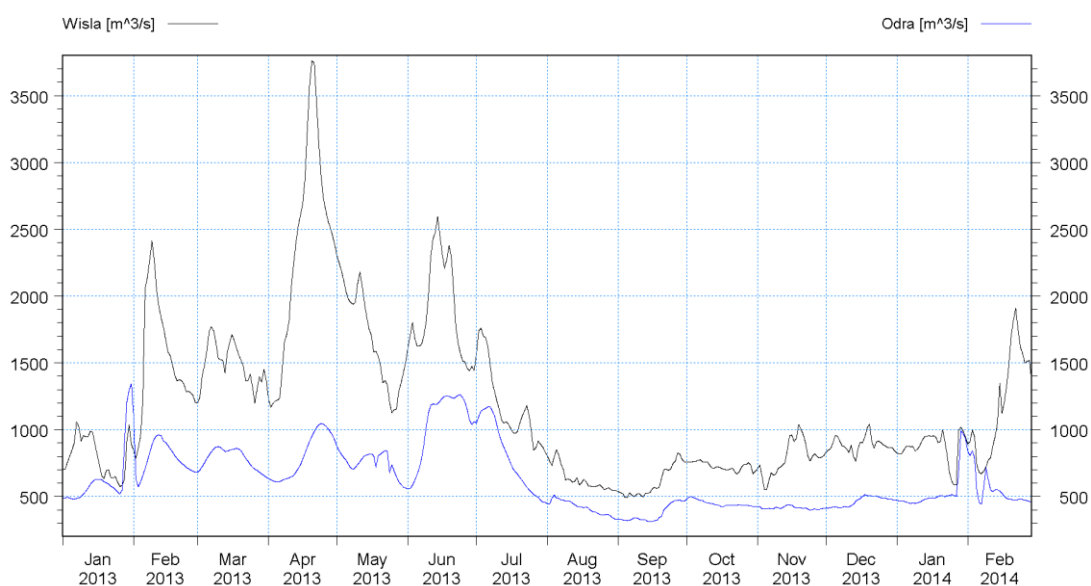
atmosferyczne. Dodatkowo jako wymuszający parametr wewnętrzny dodano potencjał pływów. Wreszcie, odpływ ze zlewni z rzekami uwzględniono jako kombinację miesięcznych wartości statystycznych (z rzek rosyjskich i szwedzkich) i rzeczywistego odpływu z większych rzek (wzdłuż linii brzegowej Polski i Niemiec - por. Rys. 3-2).

Tabela 3-1 przedstawia przegląd typów danych wykorzystanych do zasilenia modelu. Wymieniono również źródła danych. Należy zwrócić uwagę, że dane z 2004 r. wykorzystano do modelowania roku referencyjnego lub bazowego, zgodnie z opisem w Rozdziale 5. Dane z modelu za okres od czerwca 2012 do lutego 2014 wykorzystano do symulacji warunków hydrograficznych potrzebnych do modelowania siedlisk ptaków.

Tabela 3-1 Typy warunków brzegowych i źródła danych

Typy warunków brzegowych i parametry wymuszające	Źródło danych
Strumień przepływu ( u i v), poziom wód, zasolenie i temperatura przy granicy z Morzem Północnym	2004: Warunki brzegowe Flathera dla strumienia (u i v) oraz poziomu wód, zasolenia i temperatury z ustawień modelu dla Wielkiego Bełtu (FEHY)  2012-2014: Model operacyjny z <b>Prognozy dla Wód</b> (Dania) określił następujące warunki brzegowe: Warunki brzegowe Flathera dla strumienia (u i v) oraz poziomu wód z klasycznego modelu hydrostatycznego MIKE3 HD. Odniesienie do modelu HW  Zasolenie i temperatura z klasycznego modelu MIKE3 HD. Odniesienie do modelu BANSAL
Wewnętrzny parametr wymuszający - pływy	Ze składowych astronomicznych pływów
Dane meteorologiczne	2004: Wiatr i temperatura powietrza oraz całkowite opady atmosferyczne z Vejr2 A/S (Dania). Poprzedni dostawca danych pogodowych dla Prognozy dla Wód  Zachmurzenie z globalnego modelu pogody CFSR NCEP/NOAA ze względu na niedostępność u Vejr2 A/S  2012-2014: Dane meteorologiczne ze StormGeo (Norwegia). Dostawca danych dla <b>Prognozy dla Wód</b>

Odpiływy z rzek (miesięczne wartości statystyczne)	Operacyjny model odpiływów HBV Instytutu SMHI
Odpiływy z rzek (rzeczywisty odpiływ z Odry i Wisły)	IMGW (Polska)
Temperatura wody w odpiływach z rzek	Z modelu prognostycznego ( <a href="http://model.ocean.univ.gda.pl/php/frame.php?area=ZatokaGdanska">http://model.ocean.univ.gda.pl/php/frame.php?area=ZatokaGdanska</a> ) opracowanego i utrzymywanego przez Uniwersytet Gdański, Instytut Oceanografii



Rys. 3-2 Zarejestrowane wypiływy z rzek Odry i Wisły w 2013

### 3.2.3 Walidacja

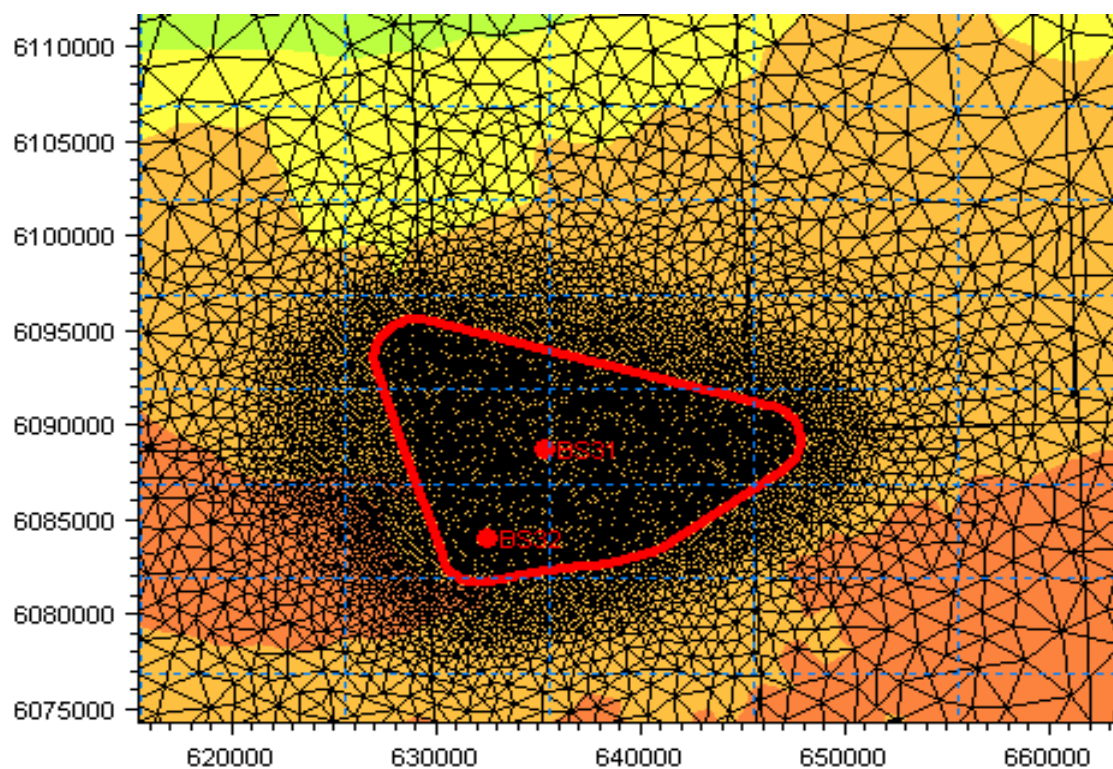
Walidacja obejmuje porównanie pomiarów i wyników uzyskanych przy użyciu modelu. Do walidacji wykorzystano następujące dane z badań i pomiarów Instytutu Morskiego: prądy, poziomy wód, zasolenie i temperatura. Dostępność danych przedstawiono poniżej w Tabeli 3-2 i Tabeli 3-3. W okresach badawczych występują pewne luki w danych.

Tabela 3-2 Dostępność danych ze stacji pomiarowej BS31: 54°59'50.268 N, 017°20'32.606 E

Rodzaj danych	Parametr/głębokość	Okres
Temperatura	Przy dnie Na głębokości 4, 8 i 16 m	2012.12.21 - 2014.02.19 2013.01.07 - 2013.10.21
Zasolenie	Przy dnie Na głębokości 4, 8 i 16 m	2013.02.02 - 2014.02.19 2013.01.07 - 2013.10.21
Prądy	Średnia prędkość i kierunek na głębokości 0-4 [m], 4-8 [m], 8-12 [m], 12-16 [m], 16-20 [m], 20-24 [m], 24-28 [m]	2012.12.21 - 2014.01.10
Fale	Hm0 [m], Tp [s], Hmax [m], Hmean [m], Tm02 [s], przeciętny kierunek [stopnie]	2012.12.21 - 2014.01.10
Meteorologia	Temperatura powietrza [stopnie C], kierunek wiatru [stopnie], prędkość wiatru [m/s]	2013.01.07 - 2014.02.19

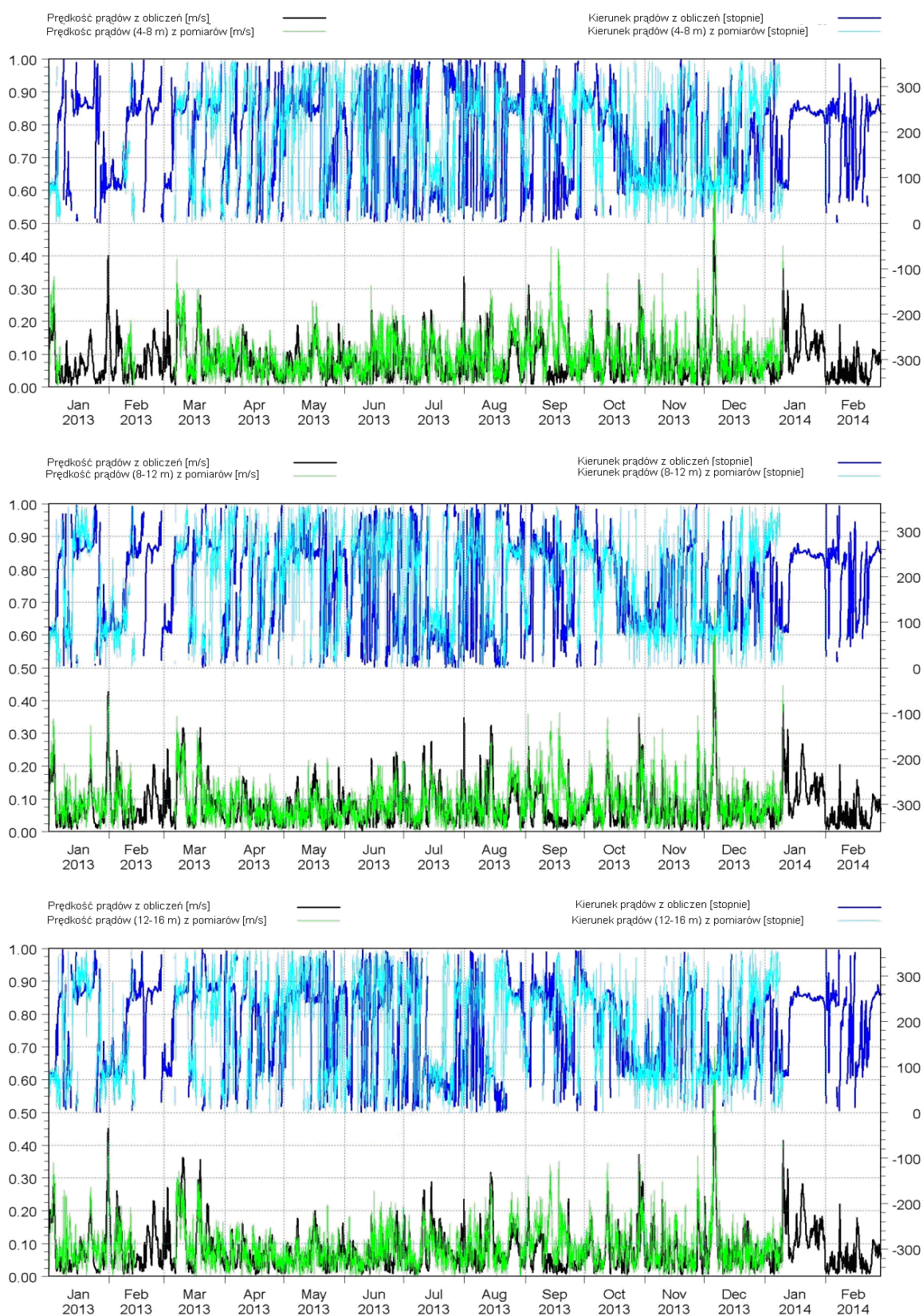
Tabela 3-3 Dostępność danych ze stacji pomiarowej BS32: 54°57'19.50875 N, 017°17'43.82026 E

Rodzaj danych	Parametr/głębokość	Okres
Temperatura	Przy dnie	2013.01.07 - 2014.02.19
Prądy	Średnia prędkość i kierunek na głębokości 0-4 [m], 4-8 [m], 8-12 [m], 12-16 [m], 16-20 [m], 20-24 [m], 24-28 [m]	2013.01.07 - 2014.02.19
Fale	Hm0 [m], Tp [s], Hmax [m], Hmean [m], Tm02 [s], Przeciętny kierunek [stopnie]	2013.01.07 - 2014.02.19

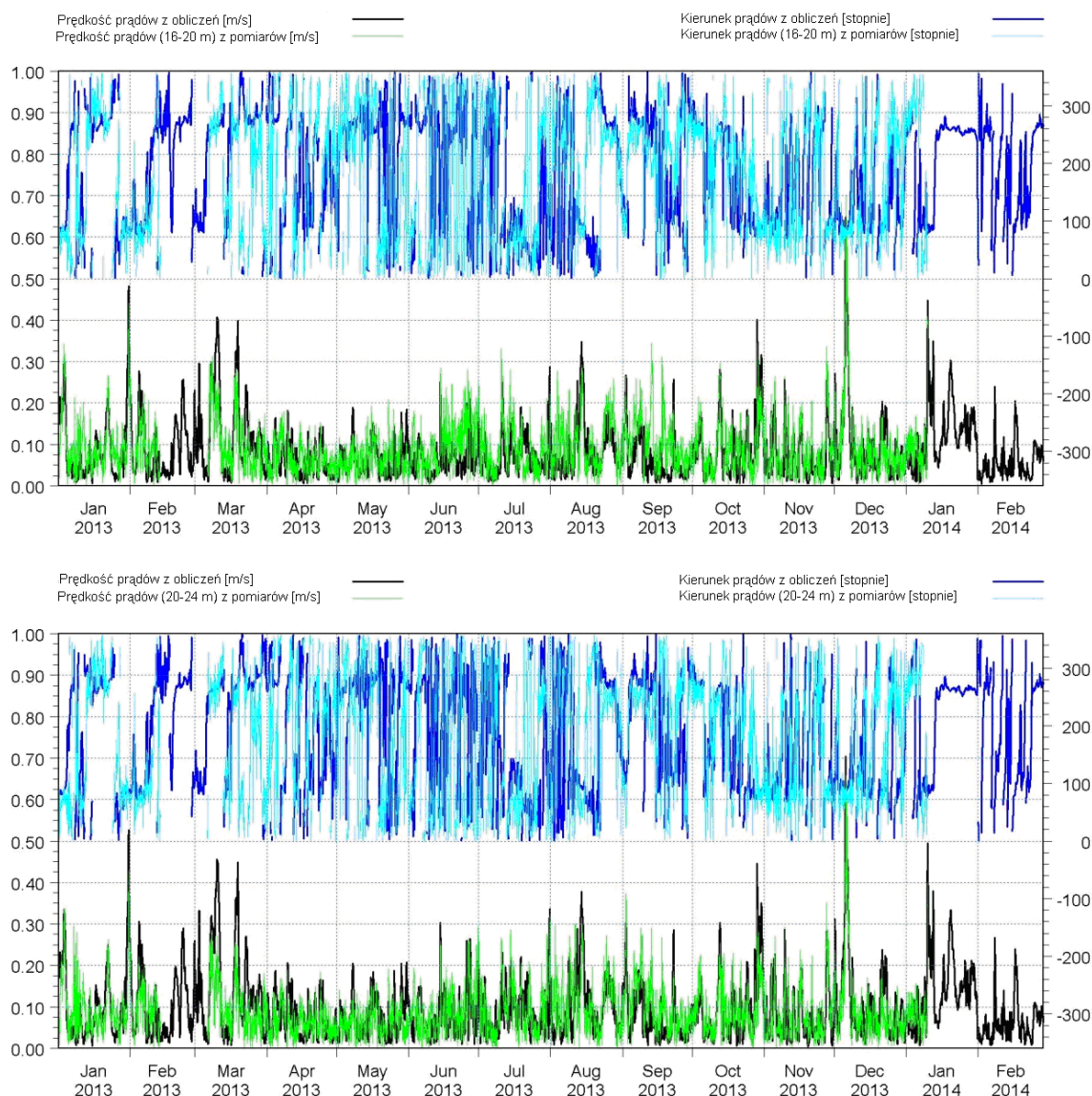


Rys. 3-3 Lokalizacja punktów pomiarowych

Prąd mierzono na różnych głębokościach. Porównanie wyników uzyskanych z modelu i z pomiarów przedstawiono na Rys. 3-4 do Rys. 3-7 odpowiednio dla stanowisk BS31 i BS32.

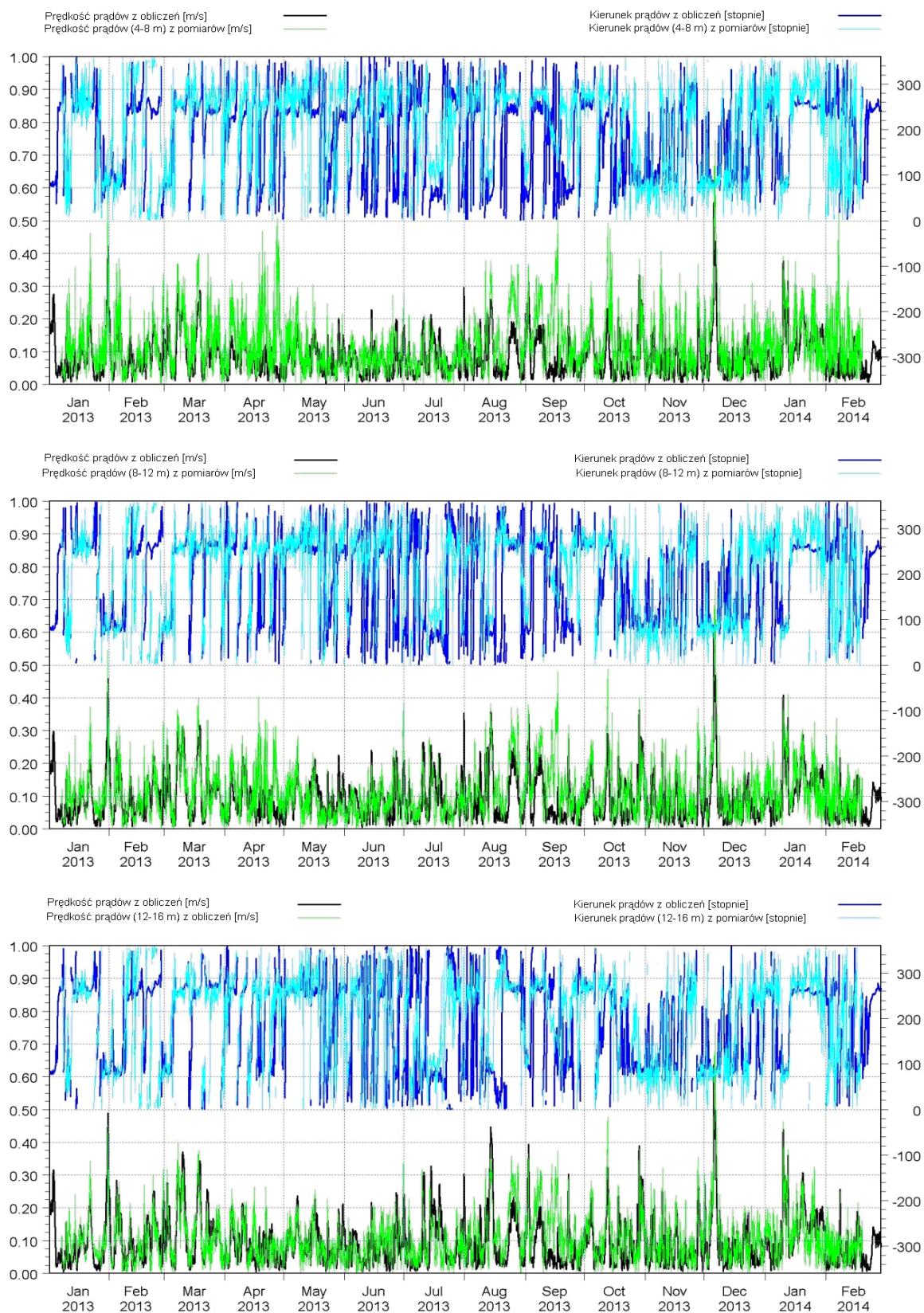


Rys. 3-4 Uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone: prędkość prądu (linie: czarna i zielona) oraz kierunek prądu (odpowiednio linie: ciemnoniebieska i jasnoniebieska) w okresie styczeń 2013 - luty 2014 na stanowisku BS31. Średnia prędkość prądów w przedziałach głębokości: 4-8 m, 8-12 m i 12-16 m poniżej powierzchni wody

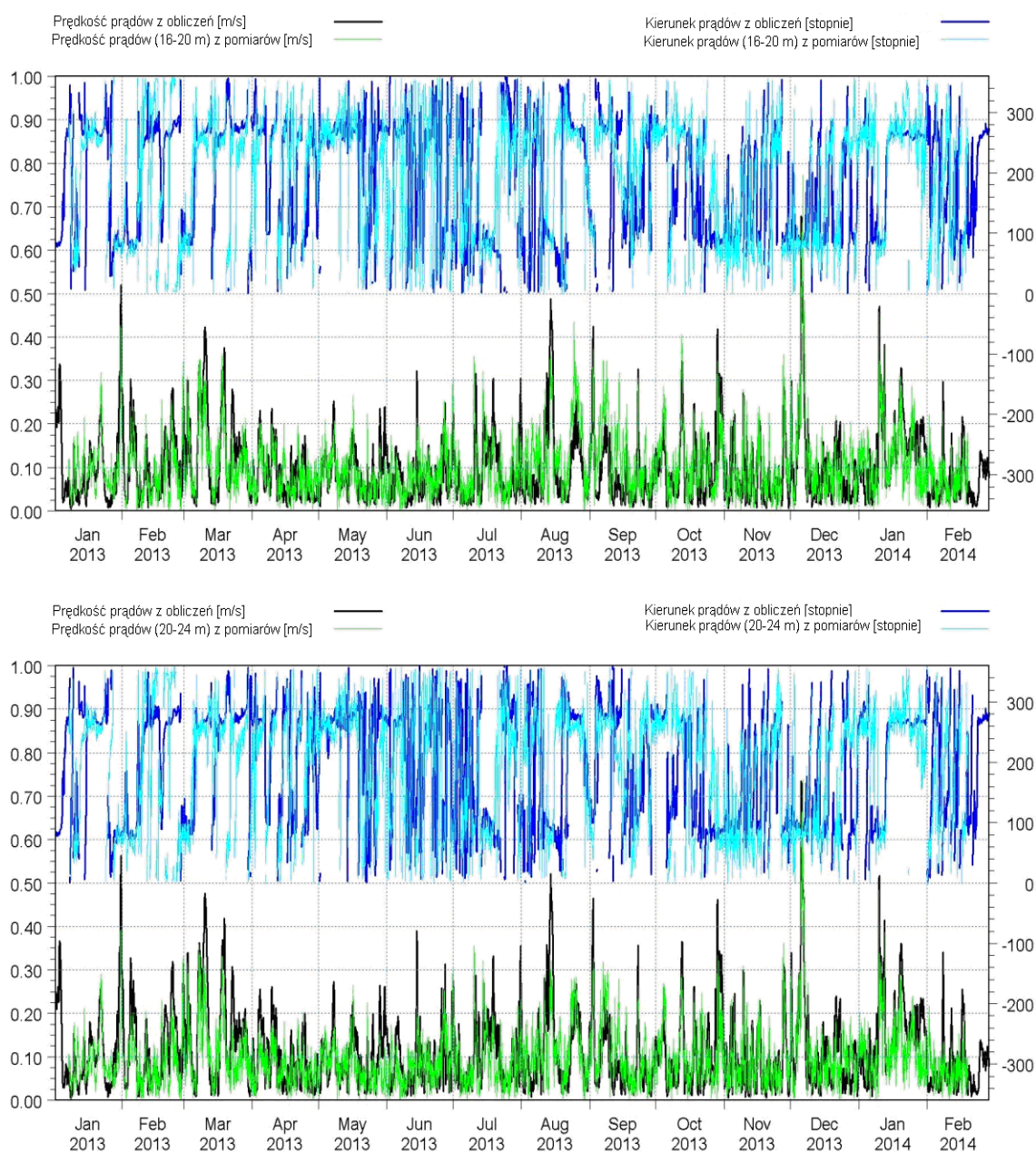


Rys. 3-5 Uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone: prędkość prądu (linie: czarna i zielona) oraz kierunek prądu (odpowiednio linie: ciemnoniebieska i jasnoniebieska) w okresie styczeń 2013 - luty 2014 na stanowisku BS31. Średnia prędkość prądów w przedziałach głębokości: 16-20 m i 20-24 m poniżej powierzchni wody

Wyniki ze stanowiska BS31 wykazują bardzo dużą zgodność. Modelowanie prądów jest zwykle najtrudniejszą częścią modelowania hydrodynamicznego, w związku z czym często zakłada się w przypadku prędkości prądów odchylenia 20% – 30%. W tym przypadku, odchylenia były generalnie mniejsze od 20 %, a kalibrację uznano za bardzo dobrą zarówno dla prędkości, jak i kierunków prądów. Uchwycono wszystkie istotne trendy.



Rys. 3-6 Uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone: prędkość prądu (linie: czarna i zielona) oraz kierunek prądu (odpowiednio linie: ciemnoniebieska i jasnoniebieska) w okresie styczeń 2013 - luty 2014 na stanowisku BS32. Średnia prędkość prądów w przedziałach głębokości: 4-8 m, 8-12 m i 12-16 m poniżej powierzchni wody



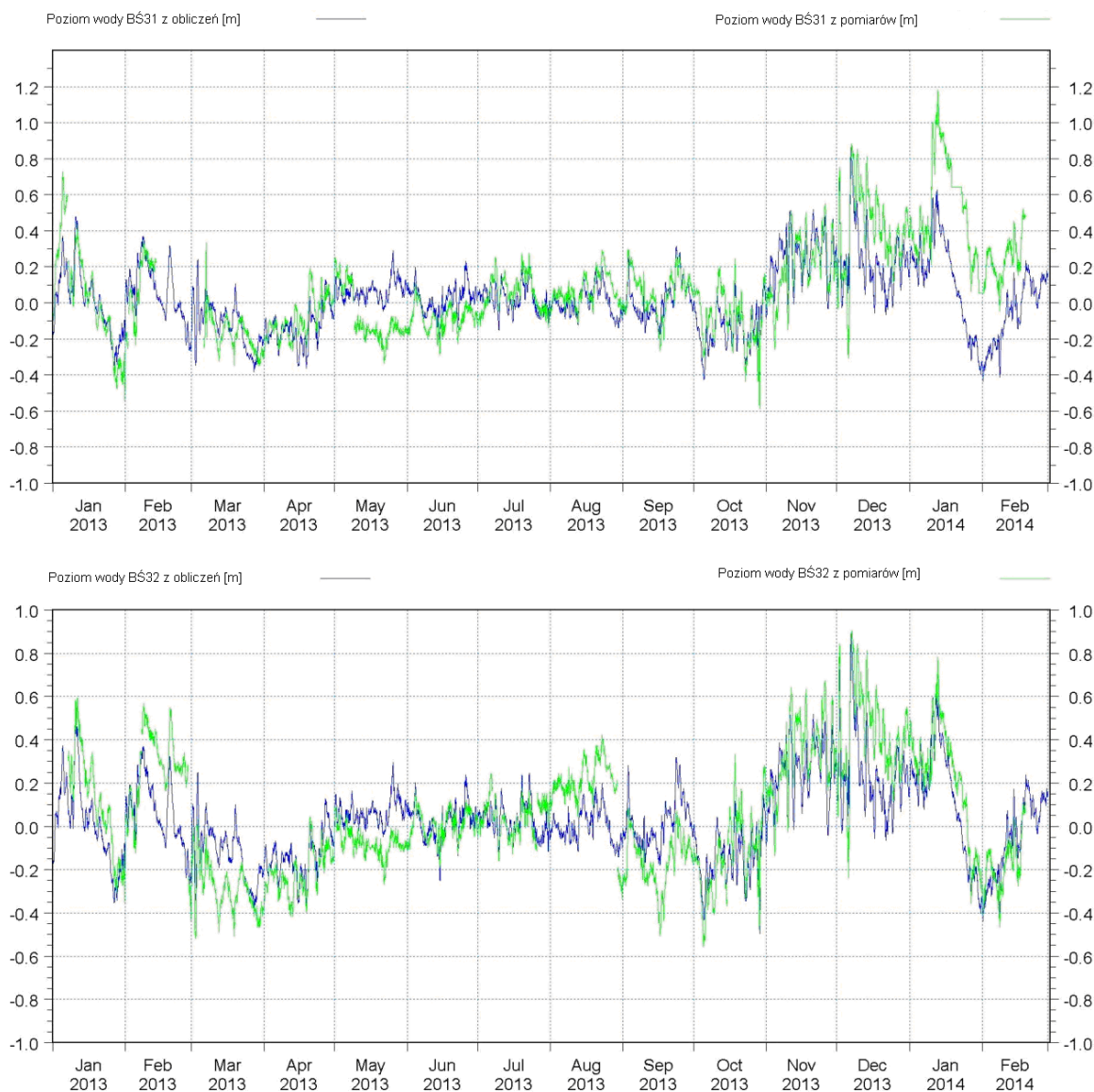
Rys. 3-7 Uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone: prędkość prądu (linie: czarna i zielona) oraz kierunek prądu (odpowiednio linie: ciemnoniebieska i jasnoniebieska) w okresie styczeń 2013 - luty 2014 na stanowisku BS32. Średnia prędkość prądów w przedziałach głębokości: 16-20 m i 20-24 m poniżej powierzchni wody

Wyniki ze stanowiska BS32 wykazują bardzo dużą zgodność. Modelowanie prądów jest zwykle najtrudniejszą częścią modelowania hydrodynamicznego, w związku z czym często zakłada się w przypadku prędkości prądów odchylenia 20% – 30%. W tym przypadku, odchylenia były generalnie mniejsze od 20%, a kalibrację uznano za bardzo dobrą zarówno dla prędkości, jak i kierunków prądów. Uchwycono wszystkie istotne trendy, chociaż przy powierzchni, model lekko niedoszacował prędkości prądów.

Generalnie istnieje bardzo duża zgodność pomiędzy wynikami z pomiarów i z symulacji modelowych. Porównano również zmierzone i uzyskane w wyniku symulacji poziomy wody na stanowisku pomiarowym na terenie farmy wiatrowej BŚ III. Porównanie pokazano na Rys. 3-8. Urządzenia pomiarowe nie mierzą bezpośrednio poziomu wody, natomiast mierzą słup wody powyżej urządzenia. Podjęto jedynie próbę przeliczenia zmierzonych głębokości na poziom



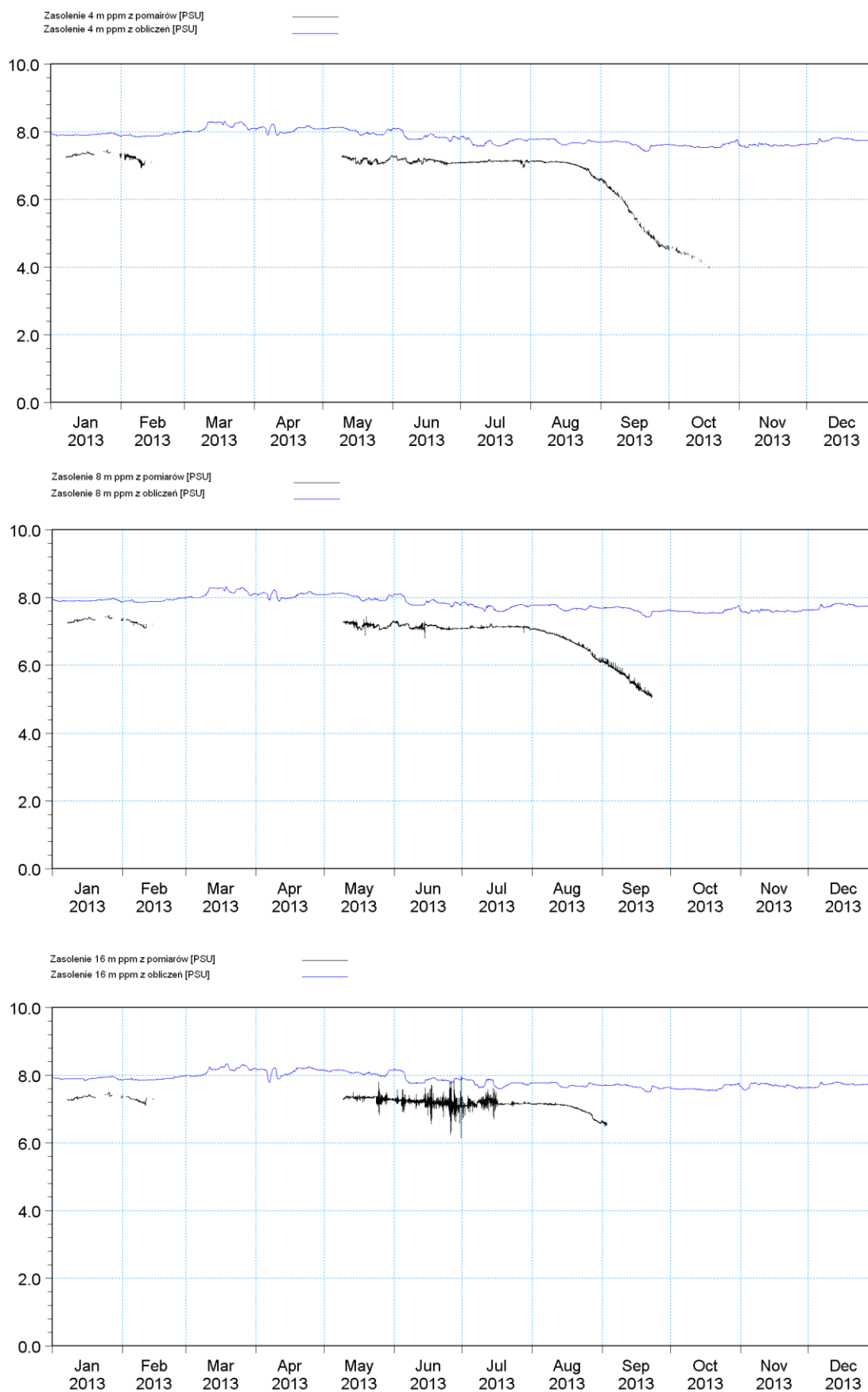
wody oceniając średnią wysokość słupa wody powyżej urządzeń. Należy zwrócić uwagę na fakt, że podczas serwisowania urządzenia pomiarowe ulegały nieznacznemu przesunięciu, co powodowało niewielkie nieciągłości poziomu wody, jak i nieciągłości czasowe.



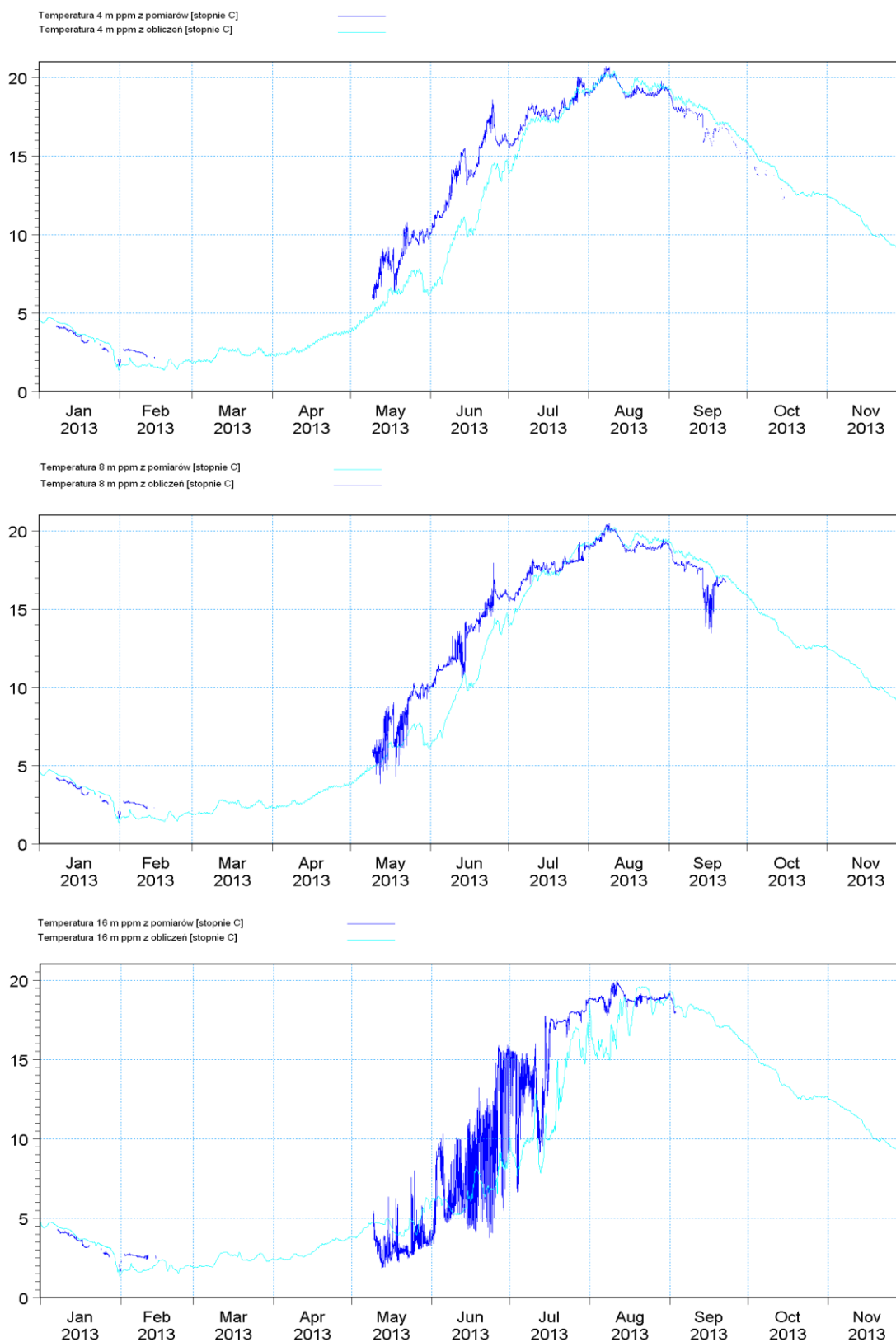
Rys. 3-8 Uzyskane w wyniku symulacji poziomy wód i zmierzone głębokości (przeliczone na poziom wód). Przesunięcie w niektórych okresach jest wynikiem zmiany pozycji stanowiska pomiarowego po czynnościach serwisowych

Nieciągłości spowodowane serwisowaniem widać w lutym, maju i sierpniu. Inne rozbieżności widoczne są w wynikach z lutego 2013 r., sierpnia 2013 r. i stycznia 2014 r. Ponieważ oba urządzenia pomiarowe znajdują się blisko siebie, jedno z nich musiało działać niewłaściwie jeżeli różnica w poziomie wody wynosiła 40 cm w styczniu 2014 r., 25 cm w lutym 2013 r. i 20 cm w sierpniu 2013 r. Jeżeli pominie się te okresy, to model dobrze odzwierciedla główne trendy. Należy zauważyć, że tę samą analizę można zastosować do innych okresów.

Również zasolenie i temperatura zostały zmierzone i obliczone przy użyciu modelu. Wyniki przedstawiono na Rys. 3-9 i Rys. 3-10.



Rys. 3-9 Zasolenie uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone



Rys. 3-10 Temperatura wody uzyskana w wyniku symulacji (linia jasnoniebieska) i zmierzona (linia niebieska)

Pomiary zasolenia i temperatury wykazują okresowo dziwne i niestabilne zachowanie. Pomiary zasolenia wykazują nagły, prawie liniowy spadek w sierpniu i wrześniu 2013 r. Normalne wartości zasolenia w tym obszarze wynoszą 7 – 9 PSU. Pomiary temperatury przy dnie wykazują niestabilne zachowanie od maja do lipca.

Model odtwarza poziom zasolenia z dokładnością do 0,5 PSU, którą generalnie należy uznać za zadowalającą. Nagły spadek spowodowany jest albo nieprawidłowym działaniem urządzenia pomiarowego albo dużym odpływem z Wisły lub jednej z innych rzek, którego model nie uchwycił. Ogólne trendy jeżeli chodzi o temperatury zostały dobrze wychwycone. Jednak w niektórych okresach model nieznacznie niedoszacowywał wartości temperatury.

Z punktu widzenia celów niniejszego raportu temperatury wody i zasolenie nie są istotnymi czynnikami wymuszającymi, w związku z czym na potrzeby raportu kalibracja modelu jest wystarczająca.

## 4 Model fal

Modelowanie fal oparto na numerycznym modelu fal DHI - MIKE 21 SW. Spektralny model fal MIKE 21 jest modelem spektralnym fal wiatrowych trzeciej generacji. Model umożliwia symulacje wzrostu, zanikania i przekształcania fal generowanych przez wiatr i fal martwych w obszarach przybrzeżnomorskich i przybrzeżnych, w wyniku rozwiązywania spektralnego równania bilansu falowania. W każdym punkcie siatki pole fal reprezentowane jest przez dyskretne dwuwymiarowe spektrum gęstości falowania. Model obejmuje następujące zjawiska fizyczne:

- Wzrost fal w wyniku działania wiatru
- Nieliniowe oddziaływanie fala-fala
- Rozpraszanie w wyniku tworzenia się baranka
- Rozpraszanie w wyniku łamania fal wywołanego głębokością
- Rozpraszanie na skutek tarcia dna
- Załamanie w wyniku zmiennej głębokości wody
- Oddziaływanie fala-prąd

Szczegółowy opis można znaleźć pod adresem:

<http://www.dhigroup.com/Software/Download/DocumentsAndTools/ShortDescriptions/Marine.aspx>

W ramach analizy oddziaływań na środowisko, w prognozowaniu fal uwzględniono wpływ turbin wiatrowych na fale napływające.

Celem modelu jest:

- Określenie warunków bazowych dla fal
- Stworzenie platformy do oceny oddziaływania na lokalne falowanie (np. efekt tłumienia)

### 4.1 Ustawienia modelu

Do symulacji fal wykorzystano obszar modelowania i batymetrię wykorzystane przy symulacji prądów (por. Rys. 3-1). Założenia dotyczące wiatru, będącego jedynym parametrem wymuszającym zastosowanym w modelu falowania, są również identyczne z przyjętymi w modelu hydrodynamicznym.

### 4.2 Kalibracja i walidacja

Model falowania wykonano dla całego okresu od 1 stycznia 2013 r. do 31 grudnia 2013 r. Następnie przeprowadzono kalibrację i walidację modelu. Walidacja obejmowała porównanie wysokości fali znacznych, okresów fal i kierunków fal zmierzonych (por. Tabela 3-2 i Tabela 3-3) oraz uzyskanych w wyniku symulacji.

Najważniejsze czynniki kalibracji przedstawiono poniżej.

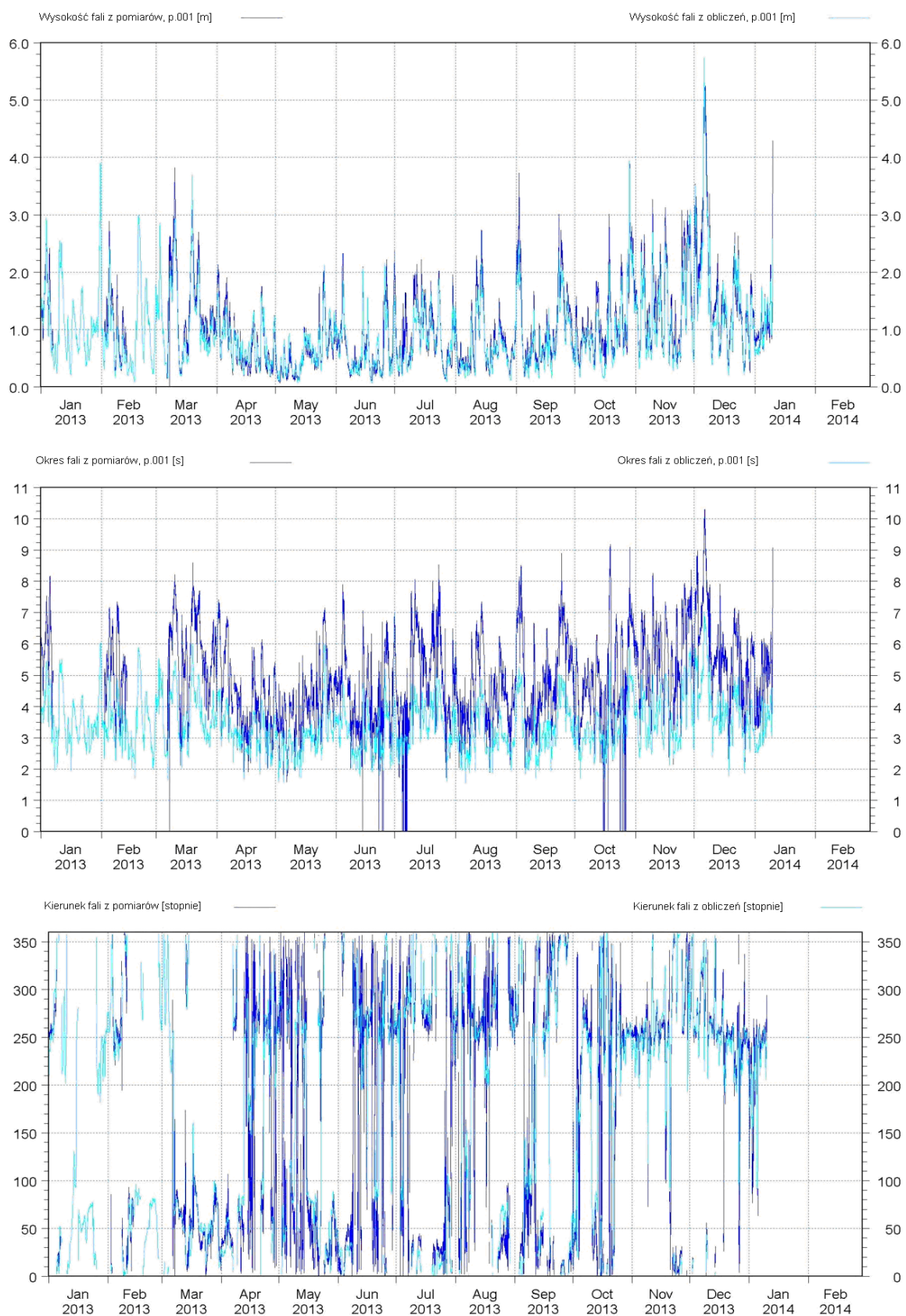
**Wiatr:** Wzór na tworzenie fal przez wiatr (rozprężone kierunkowe równanie parametryczne) oparty jest na zależnościach empirycznych. Zakłada się, że kierunkowe rozpręszanie się energii wiatru jest zgodne z rozkładem  $\cos^2\alpha$  i że średnia częstotliwość jest niezależna od kierunku. Spektralny moduł fal zawiera 5 równań na wiatr. Dla analizowanego przypadku wybrano równanie SPM84. Równanie SPM84 oparte jest na wzorach wyprowadzonych z zawartego w Podręczniku ochrony brzegów [Shore Protection Manual] (1984) równania na

wzrost fal dla stanów morza ograniczanych rozbiegiem w wodach głębokich, z zastosowaniem zależności potęgowej dla równań wzrostu. W powiązaniu z innymi parametrami kalibracji, równanie na wiatr SPM84 umożliwia uzyskanie najbardziej wiarygodnych wartości fal.

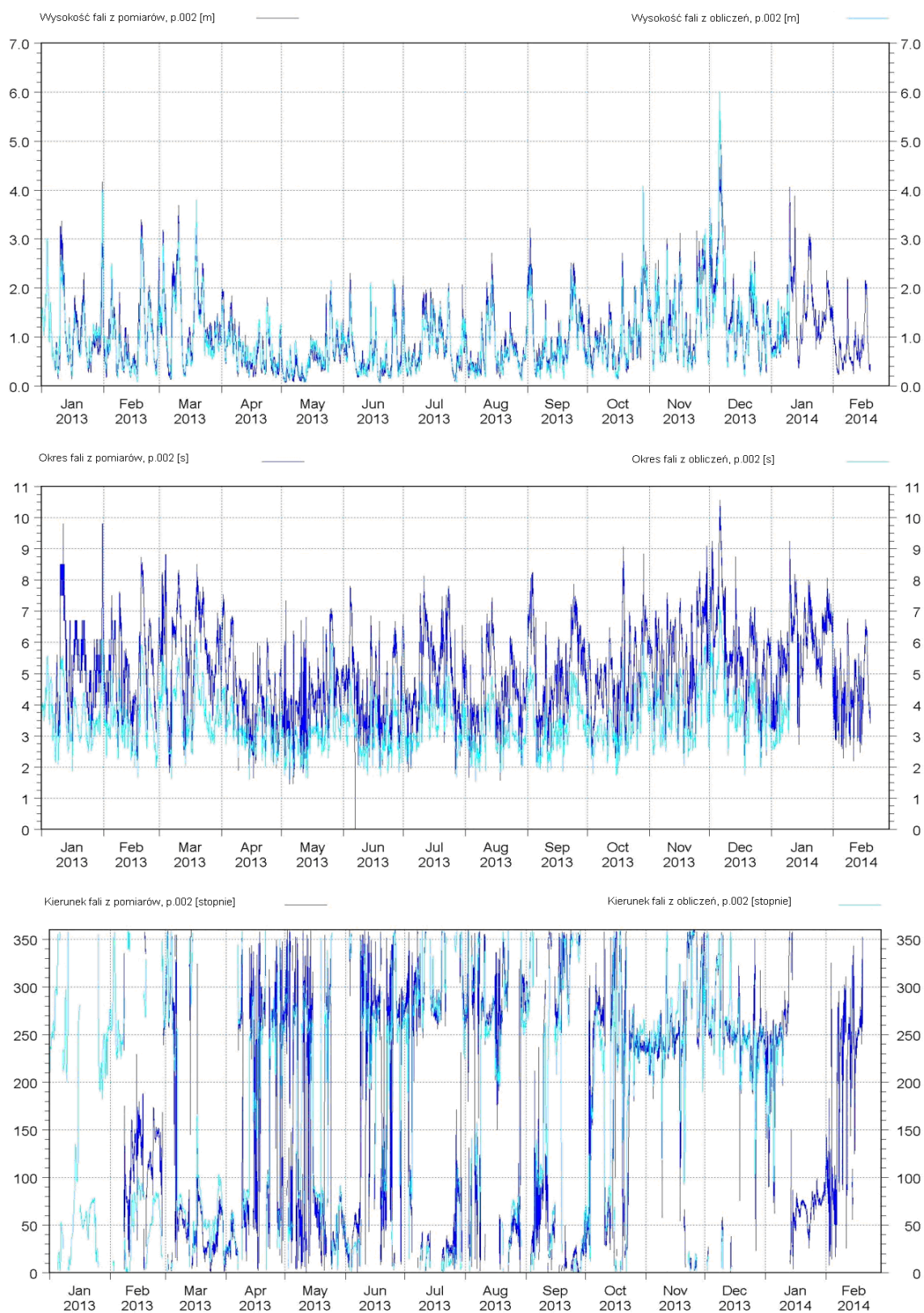
**Tarcie dna:** tarcie dna opisano szorstkością Nikuradse, kN. Dla całej domeny zastosowano stosunkowo niewielkie wartości wynoszącą 1,10-5 m.

Jak przedstawiono na Rys. 4-1 i Rys. 4-2, w obu punktach (p001 i p002) istnieje generalnie duża zgodność pomiędzy pomiarami a wynikami symulacji przy użyciu modelu chociaż model wydaje się niedoszacowywać okresu fali o 10-20%. Takie niedoszacowania wyników symulacji w stosunku do wyników pomiarów obserwuje się często z kilku powodów. W analizowanym przypadku uważa się, że nie ma ono decydującego znaczenia dla oceny potencjalnego oddziaływania turbin na falowanie. Lokalizacja dwóch punktów odpowiada lokalizacji dwóch rejestratorów fal w obszarze BŚ III (por. Tabela 3-2 i Tabela 3-3).

W związku z tym uznano, że model może generować wiarygodne dane do modelowania siedlisk i do dalszej oceny oddziaływania na prądy i na przemieszczanie się osadów.



Rys. 4-1 Uzyskane w wyniku symulacji (linia jasnoniebieska) i zmierzone (linia ciemnoniebieska) wysokości fal, okresy fal i kierunki fal na stanowisku BS31



Rys. 4-2 Uzyskane w wyniku symulacji (linia jasnoniebieska) i zmierzone (linia ciemnoniebieska) wysokości fal, okresy fal i kierunki fal na stanowisku BS32

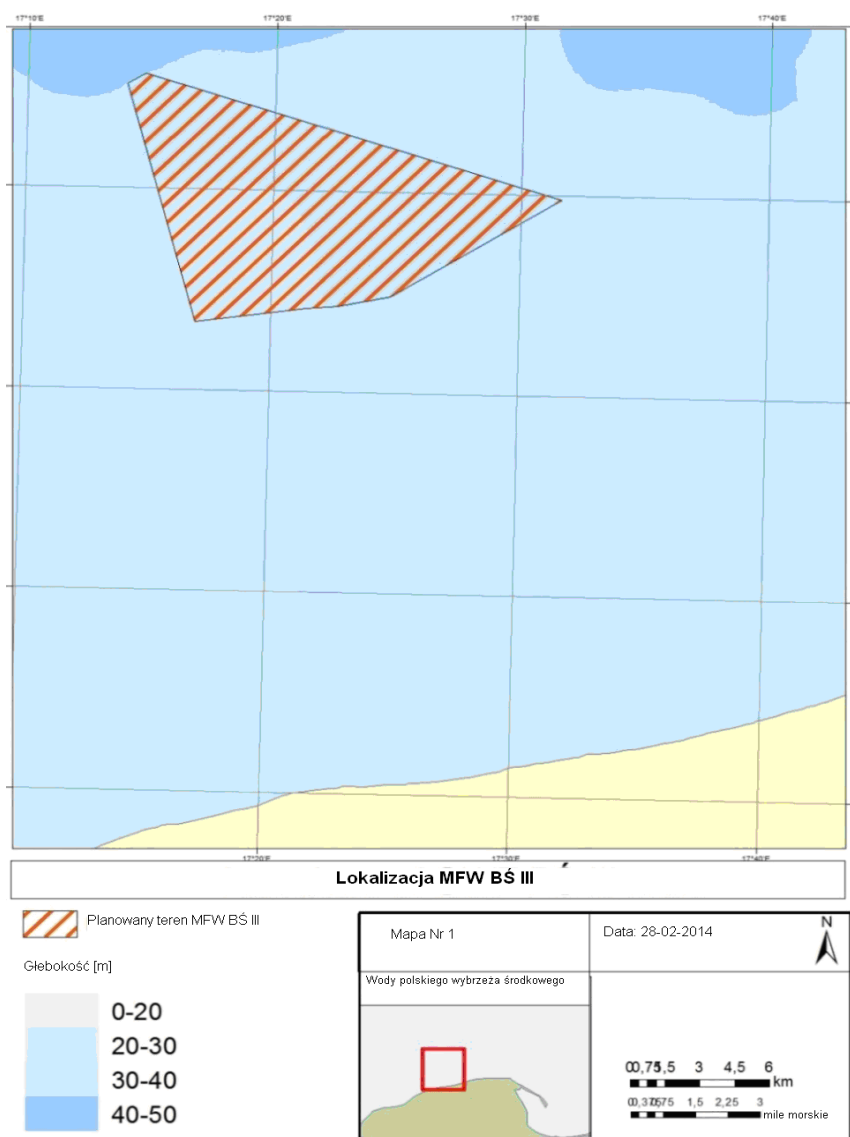


## 5 Opis przedsięwzięcia

### 5.1 Wstęp

Polenergia planuje budowę morskiej farmy wiatrowej „Bałtyk Środkowy III” w polskiej Wyłącznej Strefie Ekonomicznej na Morzu Bałtyckim. DHI została zaangażowana w proces OOS jako firma konsultingowa, przy czym powierzono jej przeprowadzenie badań środowiskowych w zakresie ssaków morskich, hałasu tła oraz ptaków migrujących, a także weryfikację i konsultacje w zakresie badań dotyczących innych komponentów i uwzględnienie wyników w dedykowanym modelu.

Przedsięwzięcie „Bałtyk Środkowy III” zlokalizowane jest poza polskimi wodami terytorialnymi w odległości ok. 23 km od wybrzeża (Rys. 5-1).

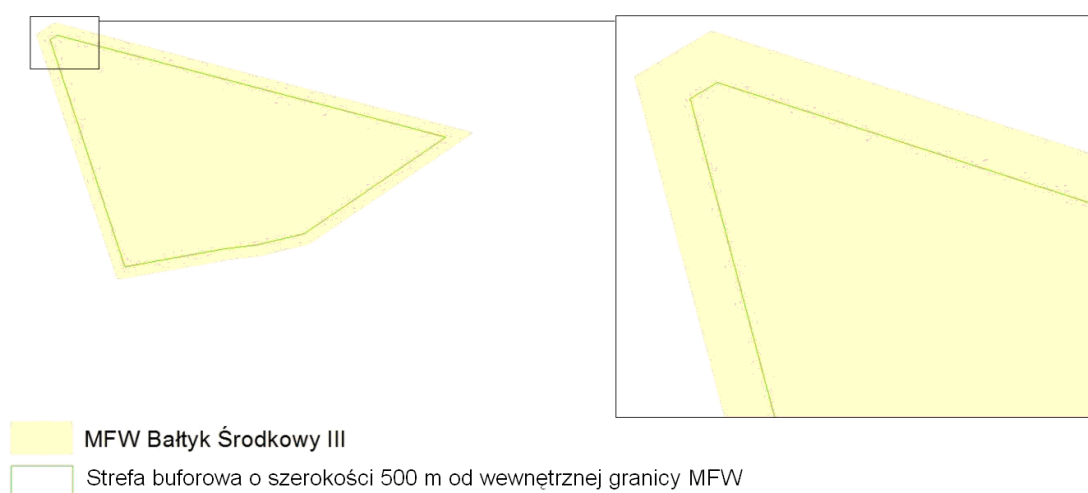


Rys. 5-1 Lokalizacja planowanej MFW „Bałtyk Środkowy III”

Zgodnie z PSZW (pozwoleniem na wznoszenie i wykorzystanie sztucznych wysp, konstrukcji i urządzeń w polskich obszarach morskich, wydanym dnia 30 marca 2012 r.), całkowita powierzchnia farmy wynosi ok. 119,52 km<sup>2</sup>.

Od określonej w PSZW całkowitej powierzchni należy odjąć strefę buforową o szerokości 500 m od wewnętrznej granicy obszaru realizacji przedsięwzięcia. Strefa ta jest wyłączona z lokalizacji jakichkolwiek elementów konstrukcyjnych farmy. Powierzchnia strefy buforowej (500 m) wynosi ok. 23 km<sup>2</sup>.

W związku z tym obszar morski przeznaczony pod realizację przedsięwzięcia to powierzchnia określona w PSZW pomniejszona o strefę buforową. Powierzchnia tego obszaru wynosi zatem 89 km<sup>2</sup> (Rys. 5-2).



Rys. 5-2 Granice obszaru MFW BŚ III i strefy buforowej (MFW Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o.)

## 5.2 Analizowane warianty przedsięwzięcia

### 5.2.1 Racjonalny wariant alternatywny

Opracowany przez Inwestora racjonalny wariant alternatywny łączy maksymalną efektywność wytwarzania energii z poszanowaniem formalnych i technicznych warunków realizacji przedsięwzięcia. W tym wariancie do realizacji przedsięwzięcia wykorzystuje się cały obszar MFW, z uwzględnieniem ograniczeń wynikających z:

- pozwolenia na wznoszenie i wykorzystanie sztucznych wysp, konstrukcji i urządzeń w polskich obszarach morskich dla przedsięwzięcia MFW Bałtyk Środkowy III (PSZW)
- „Warunków podłączenia MFW Bałtyk Środkowy III do sieci elektroenergetycznej”

Warunki brzegowe dla parametrów technicznych farmy wiatrowej wynikające z PSZW i „Warunków podłączenia ...” umożliwiają podłączenie maksymalnie 1 200 MW i maksymalnej liczby 200 elektrowni (PSZW). Maksymalne parametry techniczne przedsięwzięcia w tym wariancie przedstawiono w Tabeli 5-1.

Tabela 5-1 Podstawowe parametry techniczne MFW BŚ III (racjonalny wariant alternatywny)

Parametr	Wartość maksymalna
Całkowita wysokość elektrowni nad powierzchnią morza	212,5 m
Minimalna odległość od najniższej pozycji skrzydła do powierzchni morza	20 m
Średnica śmigła	192,5 m
Maksymalna liczba elektrowni	200
Maksymalna strefa pojedynczego śmigła	29 104 m <sup>2</sup>
Maksymalna strefa wszystkich śmigieł	5 820 800 m <sup>2</sup>
Maksymalna liczba fundamentów infrastruktury towarzyszącej	8
Maksymalna powierzchnia dna morskiego zajęta przez 1 fundament (CFG, średnica 40 m)	1 257 m <sup>2</sup>
Maksymalna powierzchnia dna morskiego zajęta przez fundamenty (208)	261 456 m <sup>2</sup>
Maksymalne zgęszczenie elektrowni (89 km <sup>2</sup> pod zabudowę)	2,25 elektrowni/km <sup>2</sup>
Maksymalna długość kabli infrastruktury wewnętrznych połączeń farmy wiatrowej	200 km

Źródło: MFW Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o. „Morska farma wiatrowa Bałtyk Środkowy III – opis metodyki wariantowania”, dane Inwestora

### 5.3 Wariant przyjęty do realizacji

Wariant przyjęty do realizacji jest jednocześnie wariantem korzystnym dla przyrody, zapewniającym osiągnięcie celu przedsięwzięcia, a tym samym efektywnym pod względem wytwarzania energii. Wariant ten jest wynikiem zastosowania środowiskowych warunków brzegowych w stosunku do technologii zastosowanych w racjonalnym wariantcie alternatywnym. Ograniczenia te pozwalają zbudować 120 elektrowni o maksymalnej mocy jednostkowej 10 MW i maksymalnej średnicy śmigła wynoszącej 200 m. Elektrownia zlokalizowane byłyby na powierzchni 89 km<sup>2</sup>. Maksymalne parametry techniczne przedsięwzięcia w tym wariantcie przedstawiono w Tabeli 5-2.

Tabela 5-2 Podstawowe parametry techniczne MFW BŚ III (wariant przyjęty do realizacji)

Parametr	Wartość maksymalna
Całkowita wysokość elektrowni nad powierzchnią morza	275 m
Minimalna odległość od najniższej pozycji skrzydła do powierzchni morza	20 m
Maksymalna odległość od najniższej pozycji skrzydła do powierzchni morza	75 m
Średnica śmigła	200 m
Maksymalna liczba elektrowni	120
Maksymalna strefa pojedynczego śmigła	31 400 m <sup>2</sup>
Maksymalna strefa wszystkich śmigieł	3 768 000 m <sup>2</sup>
Maksymalna liczba fundamentów infrastruktury towarzyszącej	6
Maksymalna powierzchnia dna morskiego zajęta przez 1 fundament (CFG, średnica 40 m)	1 257 m <sup>2</sup>
Maksymalna powierzchnia dna morskiego zajęta przez fundamenty (126)	158 232 km <sup>2</sup>
Maksymalne zgęszczenie elektrowni (89 km <sup>2</sup> pod zabudowę)	1,35 elektrowni/km <sup>2</sup>
Maksymalna długość kabli infrastruktury wewnętrznych połączeń farmy wiatrowej	200 km

Źródło: MFW Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o. „Morska farma wiatrowa Bałtyk Środkowy III – opis metodyki wariantowania”, dane Inwestora

## 5.4 Porównanie wariantów

W wariantcie przyjętym do realizacji liczbę elektrowni zmniejszono o 40%. W wyniku tej zmiany, powierzchnia dna morskiego zajęta przez fundamenty zmniejszyła się o 39%. Jednocześnie zmniejszyło się oddziaływanie na wynoszenie osadów, niszczenie bentosu, śmiertelność ptaków i nietoperzy w wyniku kolizji i hałasu generowanego podczas budowy, co oznacza, że wariant przyjęty do realizacji jest korzystniejszy dla środowiska.

Tabela 5-3 Porównanie parametrów technicznych obu wariantów

Parametr	Wariant przyjęty do realizacji	Racjonalny wariant alternatywny
Całkowita wysokość elektrowni nad powierzchnią morza	275 m	212,5 m
Minimalna odległość od najniższej pozycji skrzydła do powierzchni morza	20 m	20 m
Średnica śmigła	200 m	192,5 m
Maksymalna liczba elektrowni	120	200
Maksymalna strefa pojedynczego śmigła	31 400 m <sup>2</sup>	29 104 m <sup>2</sup>
Maksymalna strefa wszystkich śmigieł	3 768 000 m <sup>2</sup>	5 820 800 m <sup>2</sup>
Maksymalna liczba fundamentów infrastruktury towarzyszącej	6	8
Maksymalna powierzchnia dna morskiego zajęta przez 1 fundament (CFG, średnica 40 m)	1 257 m <sup>2</sup>	1 257 m <sup>2</sup>
Maksymalna powierzchnia dna morskiego zajęta przez fundamenty (126/208)	158 232 m <sup>2</sup>	261 456 m <sup>2</sup>
Maksymalne zgęszczenie elektrowni (89 km <sup>2</sup> pod zabudowę)	1,35 /km <sup>2</sup>	2,25 /km <sup>2</sup>
Maksymalna długość kabli infrastruktury wewnętrznych połączeń farmy wiatrowej	200 km	200 km



## 6 Warunki bazowe

Celem tego zadania było skartowanie bazowych warunków hydrograficznych obejmujących:

- Warunki modelu hydrodynamicznego (prądy, poziom wody, zasolenie i temperatura)
- Warunki falowania

W celu zapewnienia wystarczającej, szczegółowej czasowej i przestrzennej rozdzielczości warunków bazowych zastosowano model hydrodynamiczny opisany w Rozdziale 3. Określone przy użyciu modelu warunki bazowe stanowiły podstawę modelowania oddziaływań.

Pierwszym zadaniem w tym kontekście było wybranie okresu reprezentatywnego, odzwierciedlającego typowe warunki hydrograficzne.

### 6.1 Wybór okresu hydrograficznego

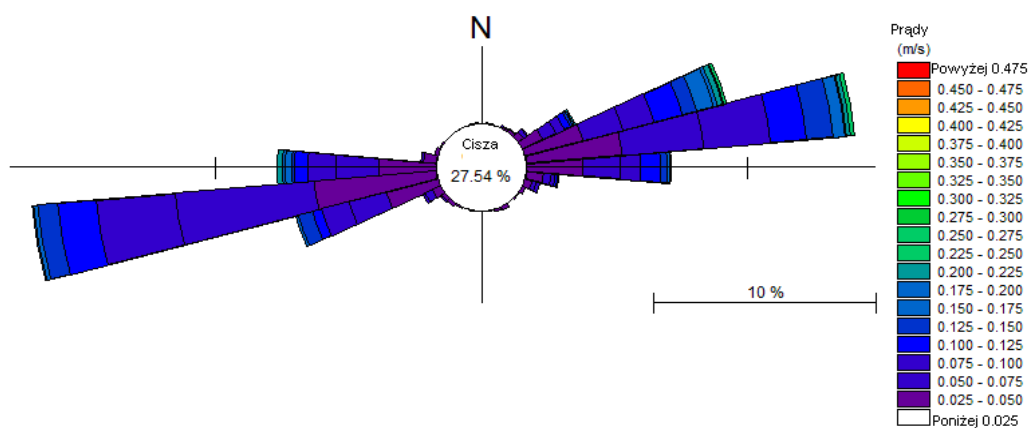
Głębokość wody na obszarze BŚ III wynosi od 25 m do 38 m. Zmienność pływów jest niewielka (poniżej 10 cm). Jednakże, jak wykazało modelowanie, a potwierdziły pomiary, poziom wód może wzrosnąć do powyżej 1 m przeciętnego poziomu morza na skutek sztormów zimowych. Podobnie, wysokości fali znacznej osiągają 4 m, co również pokazały pomiary i model dla stycznia 2013 r. (por. Rys. 4-2).

Chociaż dla głębszych części Morza Bałtyckiego typowa jest stratyfikacja, to kolumna wody na obszarze BŚ III wydaje się być dobrze wymieszana, z niewielką poziomą zmiennością zasolenia i temperatury wody (por. Rys. 3-9 i Rys. 3-10).

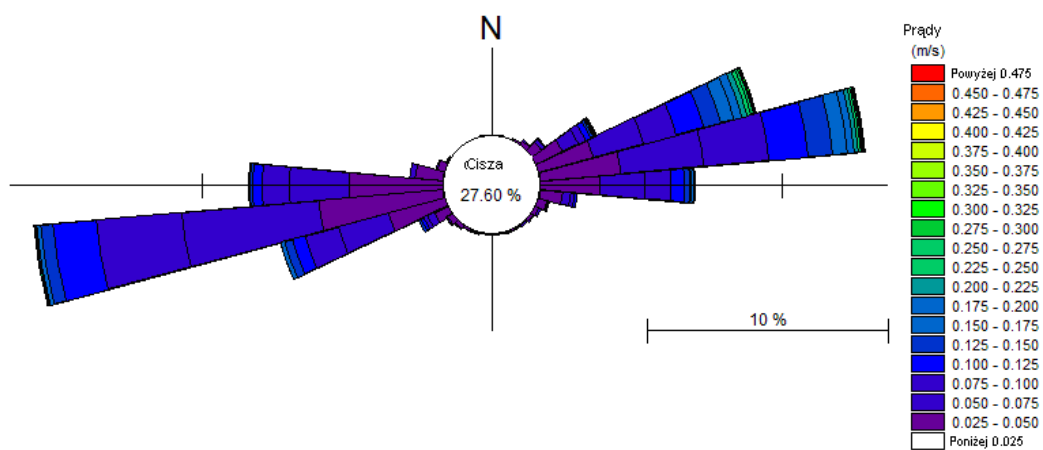
Typowe prędkości prądów blisko powierzchni swobodnej wynoszą ok. 0,25 m/s i wzrastają do 0,5 m/s podczas surowszych warunków pogodowych (Rys. 3-4).

W celu określenia typowego okresu hydrograficznego (w celu wykorzystania go do oceny hydrograficznych warunków bazowych i oddziaływania), przeprowadzono analizę statystyczną w oparciu o istniejącą bazę danych DHI. W bazie tej dane dotyczące wiatru pochodzą z globalnego modelu pogody CFSR NCEP/NOAA, a dane dotyczące prądów pochodzą z ustawień modelu dla rejonu Fehmarn (Model regionalny FEHY). Analizę oparto na danych z 10 lat.

Analiza statystyczna (wykresy róży) danych z istniejących modeli wskazuje, że typowym rokiem jeżeli chodzi o lokalne prądy i prędkości wiatru był rok 2004. Jak pokazano poniżej na Rys. 6-1 do Rys. 6-4, dane z 2004 r. są bardzo podobne do statystycznych wyników z 10 lat w odniesieniu do prądów, prędkości i kierunków wiatru. Wykresy róży pokazują roczny rozkład lub częstotliwość wystąpienia danej prędkości wiatru lub prądu z danego kierunku. Innymi słowy, okres ciszy (prędkość prądów poniżej 0,025 m/s) reprezentował 27,54% czasu w 2004 r. Patrząc na całe 10 lat, okres ciszy reprezentował 27,5% czasu. Zatem, 2004 r. był bardzo podobny do okresu 10 lat jeżeli chodzi o warunki ciszy. To samo odnosi się do wyższych prędkości i rozkładu kierunków.

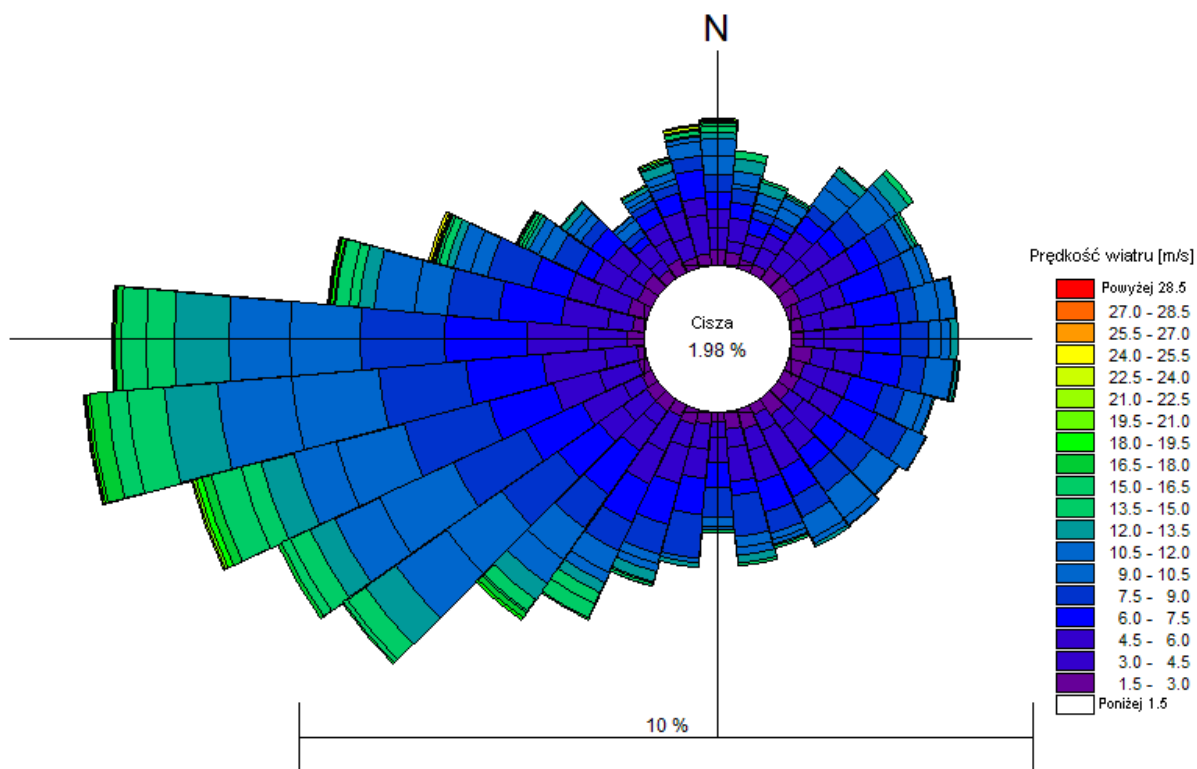


Rys. 6-1 Wykres róży dla prądów dla roku 2004

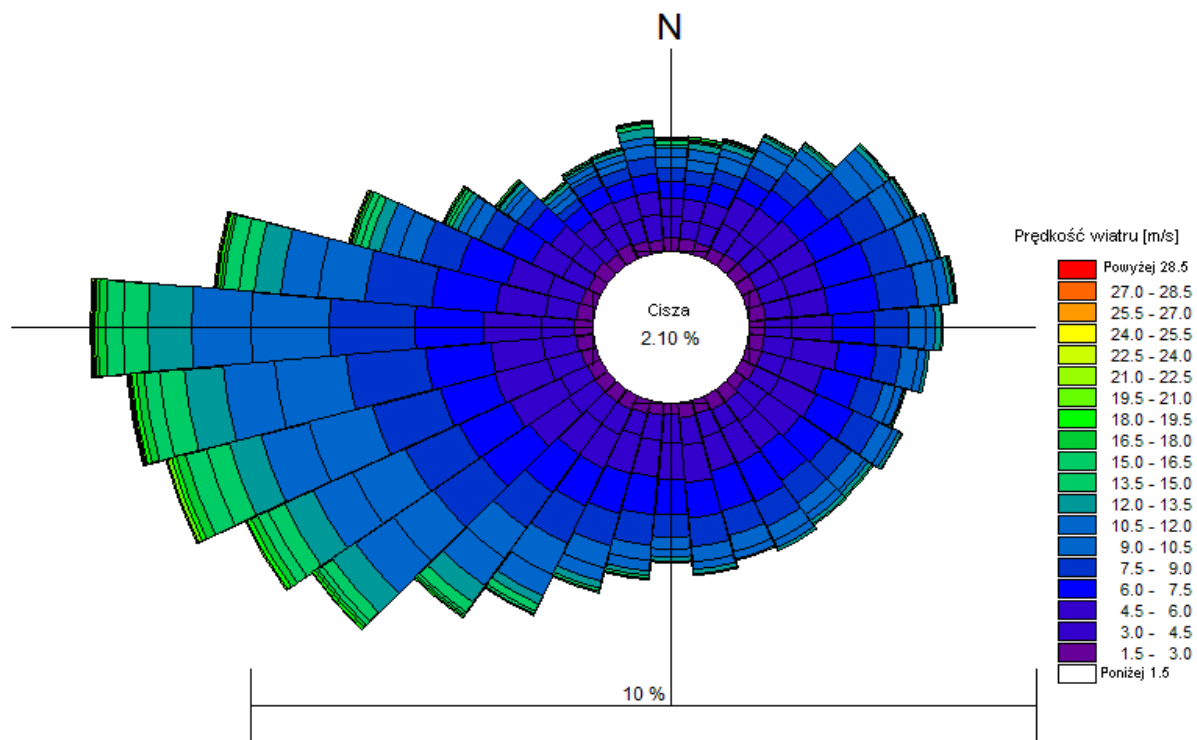


Rys. 6-2 Wykres róży dla prądów dla 10-letniego okresu 2000-2010





Rys. 6-3 Wykres róży dla wiatru dla roku 2004



Rys. 6-4 Wykres róży dla wiatru dla 10-letniego okresu 2000-2010

## 7 Ocena oddziaływania

Ocenę oddziaływania przeprowadzono wyłącznie dla opcji CFG (por. 2.3) i tym samym również wszystkie obliczenia wykonano dla CFG. Oceną objęto wariant przyjęty do realizacji i racjonalny wariant alternatywny.

Na potrzeby oceny DHI wybrała typowy rok hydrodynamiczny (2004) ponieważ ten rok reprezentuje typowe warunki, a zatem wyniki z tego roku są reprezentatywne dla warunków średnich.

O ile oddziaływania na prądy i falowanie mogą dotyczyć całego okresu eksploatacji, o tyle oddziaływanie polegające na wynoszeniu osadów w związku z prowadzeniem robót pogłębieniowych będzie ograniczone przede wszystkim do fazy budowy. Jednak przewiduje się, że największe oddziaływanie, niezależnie od tego czy chodzi o prądy, falowanie czy wynoszenie osadów, będzie związane z ciężkimi fundamentami grawitacyjnymi (CFG).

Ocenę dotyczącą prądów i falowania przeprowadzono dla dwóch okresów: jednego letniego (lipiec 2004) i jednego zimowego (styczeń 2004). Okresy te reprezentują typowe warunki letnie i zimowe. Jeżeli chodzi o wynoszenie osadów, to przewiduje się, że farma wiatrowa będzie budowana wyłącznie podczas spokojnych warunków pogodowych, a takie warunki występują raczej w okresie letnim.

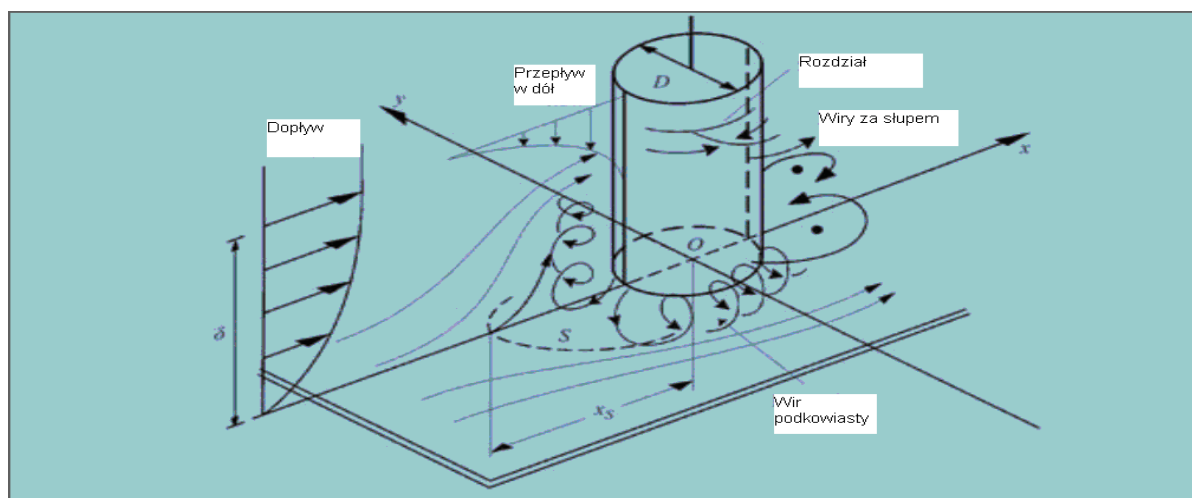
### 7.1 Wpływ na prądy

Oddziaływanie farmy wiatrowej na pole prądów można podzielić na *oddziaływania odczuwalne jedynie w niewielkiej odległości od fundamentu* (w odległości od turbiny wiatrowej odpowiadającej 1-2 średnicom fundamentu) oraz *oddziaływania regionalne* odczuwalne na obszarze o wielkości odpowiadającej powierzchni farmy wiatrowej. Poniżej opisano przyjęte założenia oraz wyniki modelu w odniesieniu do warunków bazowych i w odniesieniu do oddziaływania dla dwóch wariantów. W przypadku prądów przeanalizowano wyłącznie oddziaływania w fazie eksploatacji i wyłącznie dla opcji CFG.

#### 7.1.1 Założenia

Oddziaływania w bardzo niewielkiej odległości od fundamentu (por. Rys. 7-1) spowodowane są zmianami pola prądów i ciśnienia w bezpośrednim sąsiedztwie fundamentu wiatraka, kiedy to wymuszony jest przepływ wokół fundamentu. Zmiany te mogą spowodować:

- Powstawanie wirów lub wirów podkowiastych po bokach i za fundamentem wiatraka
- Wzrosty prędkości w bezpośrednim sąsiedztwie fundamentu w wyniku zwięzienia się pola prądu



Rys. 7-1 Szkic silnych ruchów turbulentnych wywołanych obecnością pionowego słupa stalowego przy przepływie w kanale otwartym

Poza zmianami prędkości może wzrosnąć również mieszanie w słupie wody, redukując siłę lub możliwość wystąpienia stratyfikacji. Zmiany te występują w niewielkiej odległości od fundamentów wiatraków, a ich wpływ jest nieznaczący w odległości od wiatraka większej niż odpowiadająca ok. 1-2 średnicom fundamentu. Odległości między turbinami wiatrowymi BŚ III są rzędu 80 średnic fundamentu, a zatem te oddziaływania nie zmieniają ogólnej charakterystyki prądów na farmie wiatrowej ani w jej otoczeniu.

Oddziaływania w bardzo niewielkiej odległości od fundamentu nie są przedmiotem niniejszego raportu OOS, ponieważ nie mają one istotnego wpływu na ogólną charakterystykę przepływu.

Oddziaływania regionalne obejmują zmiany pola prądów spowodowane zwiększonym oporem, jaki wywierają fundamenty na pole prądów jako całość. Oddziaływania te powodują zmianę pola prądów na terenie farmy wiatrowej i w jej otoczeniu.

Oddziaływania regionalne turbin wiatrowych oceniono przy użyciu modeli hydrodynamicznych opracowanych na potrzeby scharakteryzowania warunków bazowych (por. 3.1). Model zmodyfikowano uwzględniając oddziaływanie turbin wiatrowych na pole przepływu, przy czym oddziaływania oceniane są poprzez porównanie wyników obliczeń warunków bazowych i obliczeń ze zmodyfikowanymi ustawieniami, uwzględniającymi turbiny wiatrowe.

Opracowany trójwymiarowy model przepływu zastosowano do oceny oddziaływań w wybranym okresie referencyjnym (styczeń i lipiec 2004 r.). Gęstość siatki na obszarze przedsięwzięcia wynosi ok. 300 m. Z doświadczenia wynika, że oddziaływania regionalne na pole przepływu mają miejsce w odległości od farmy wiatrowej odpowiadającej mniej więcej wielkości farmy wiatrowej, tj. rzędu 10 km. Zatem, dobrana gęstość lokalnej siatki jest odpowiednia na potrzeby opisu przewidywanych zmian ogólnego pola przepływu na rozpatrywanym obszarze.

W modelach numerycznych poszczególne turbiny wiatrowe ujmujemy się zwiększając opór w miejscach ich lokalizacji w celu uwzględnienia w modelu hydrodynamicznym oporu wytwarzanego przez turbiny wiatrowe.

Do modelowania numerycznego wybrano najmniej korzystne scenariusze, tj. rozwiązania z ciężkimi fundamentami grawitacyjnymi (odpowiednio 120+6 i 200+8 fundamentów dla wariantu wybranego do realizacji i racjonalnego wariantu alternatywnego). Fundamenty były równomiernie rozmieszczone na powierzchni 89 km<sup>2</sup> przeznaczonej pod farmę w obu wariantach.

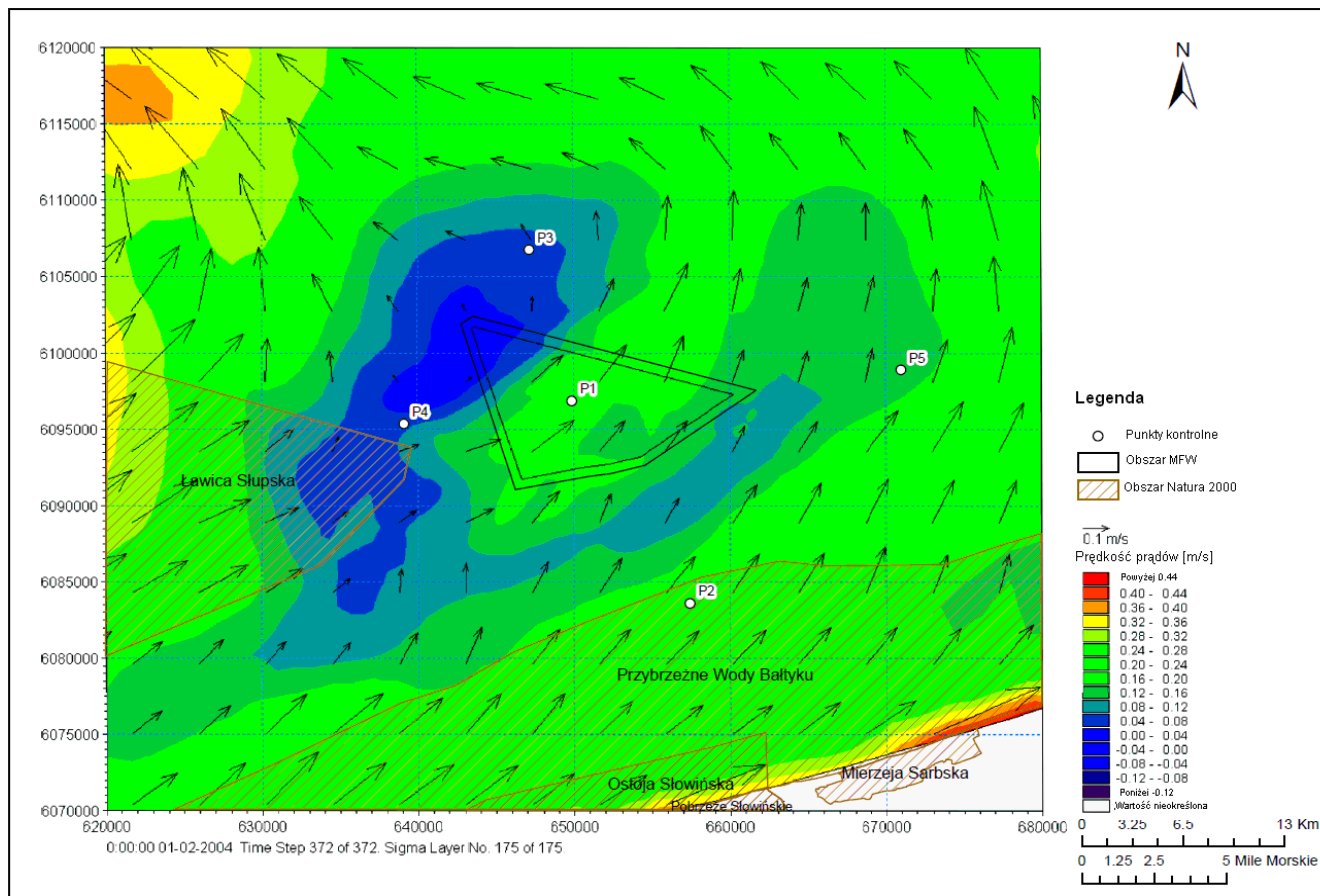
Oddziaływanie zależy od wielkości i kształtu fundamentów wiatraków oraz od stosunku odległości pomiędzy turbinami wiatrowymi do promienia turbin wiatrowych. Z jednej strony, jeżeli

turbiny wiatrowe umiesci się jedna przy drugiej, farma wiatrowa będzie działała jak jeden słup, którego średnica będzie równa średnicy całej grupy. Z drugiej strony, jeżeli turbiny wiatrowe umiesci się w bardzo dużej odległości od siebie, to będą one działały niezależnie od siebie bez żadnego efektu grupowego. Sumer i in. /3/ badali ten wpływ na potrzeby określenia wzajemnego oddziaływania w grupach słupów. Wykazali oni, że znaczenie ma nie tylko odległość między słupami, ale również szyk czy rozmieszczenie słupów. Wyciągnęli oni wniosek, że im mniej uporządkowane było ustawienie słupów, tym wyższy był łączny opór wytwarzany przez słupy. Jednak ich badania wykazały również, że jeżeli odległość pomiędzy słupami jest czterokrotnie większa niż średnice, to przepływ w środku odcinka pomiędzy słupami praktycznie nie zmienia się (zmiana prędkości przepływu poniżej 5%).

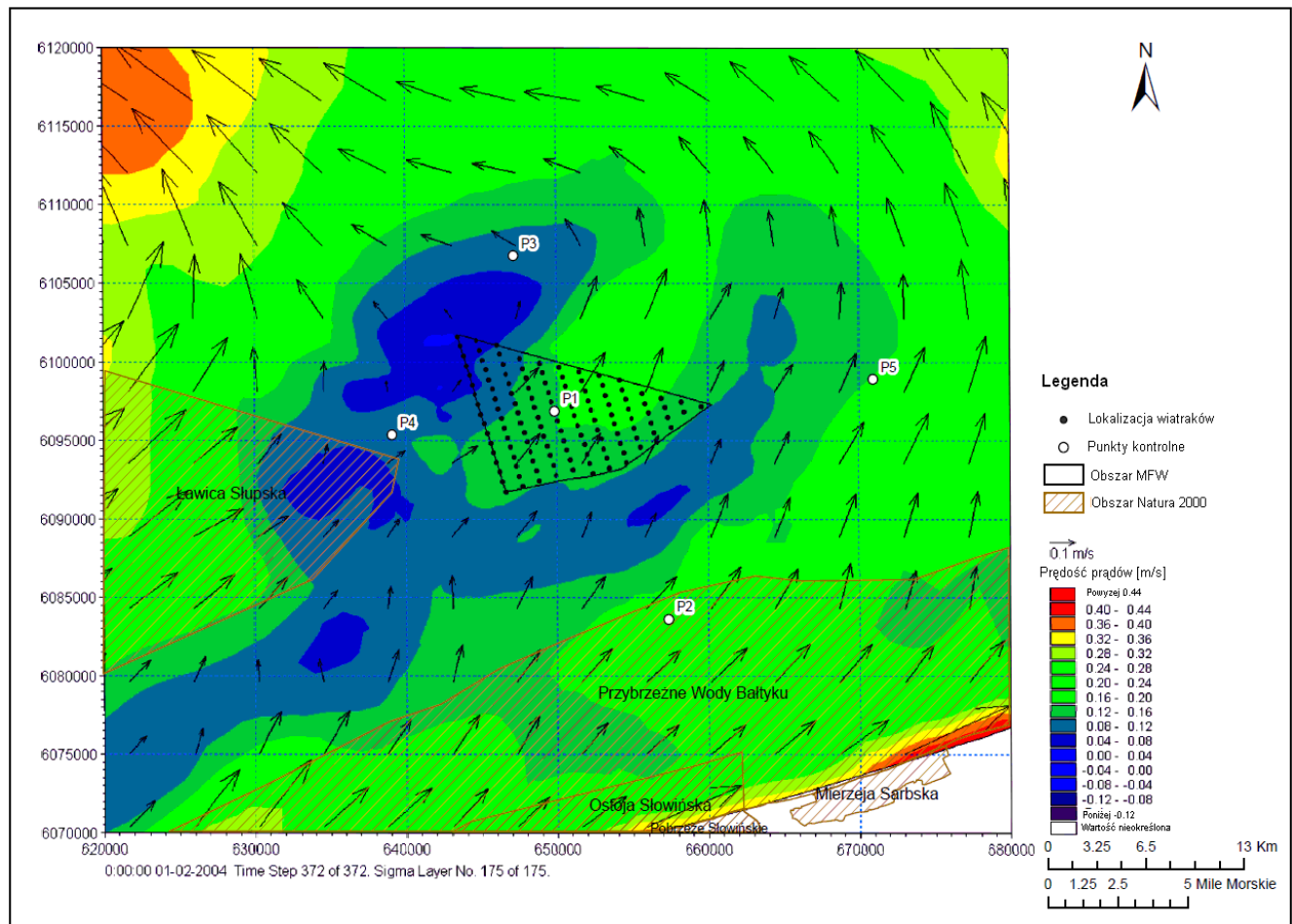
Na farmie wiatrowej BŚ III planowane odległości pomiędzy fundamentami wynoszą co najmniej 600 m, natomiast średnica słupów wynosi od 7,5 m (górna część słupa wody) do ok. 20 m (dolna część słupa wody). Daje to przybliżony stosunek  $G/D$  odległości między turbinami wiatrowymi ( $G$ ) do średnic ( $D$ ) wynoszący co najmniej 30 – 80. Na tej podstawie można stwierdzić, że przedsięwzięcie nie będzie miało praktycznego wpływu na ogólną charakterystykę przepływu. W zasadzie farma działa jak dodatkowa szorstkość lub częściowa bariera w polu prądów. Zablockowana objętość wody jest zmuszana do przepływu wokół farmy, co prowadzi do zmniejszenia przepływu na farmie i wzrostu prędkości przepływu po bokach farmy. W następnych rozdziałach przedstawione zostaną wyniki modelowania pokazujące wielkość tego oddziaływania.

### 7.1.2 Modelowanie

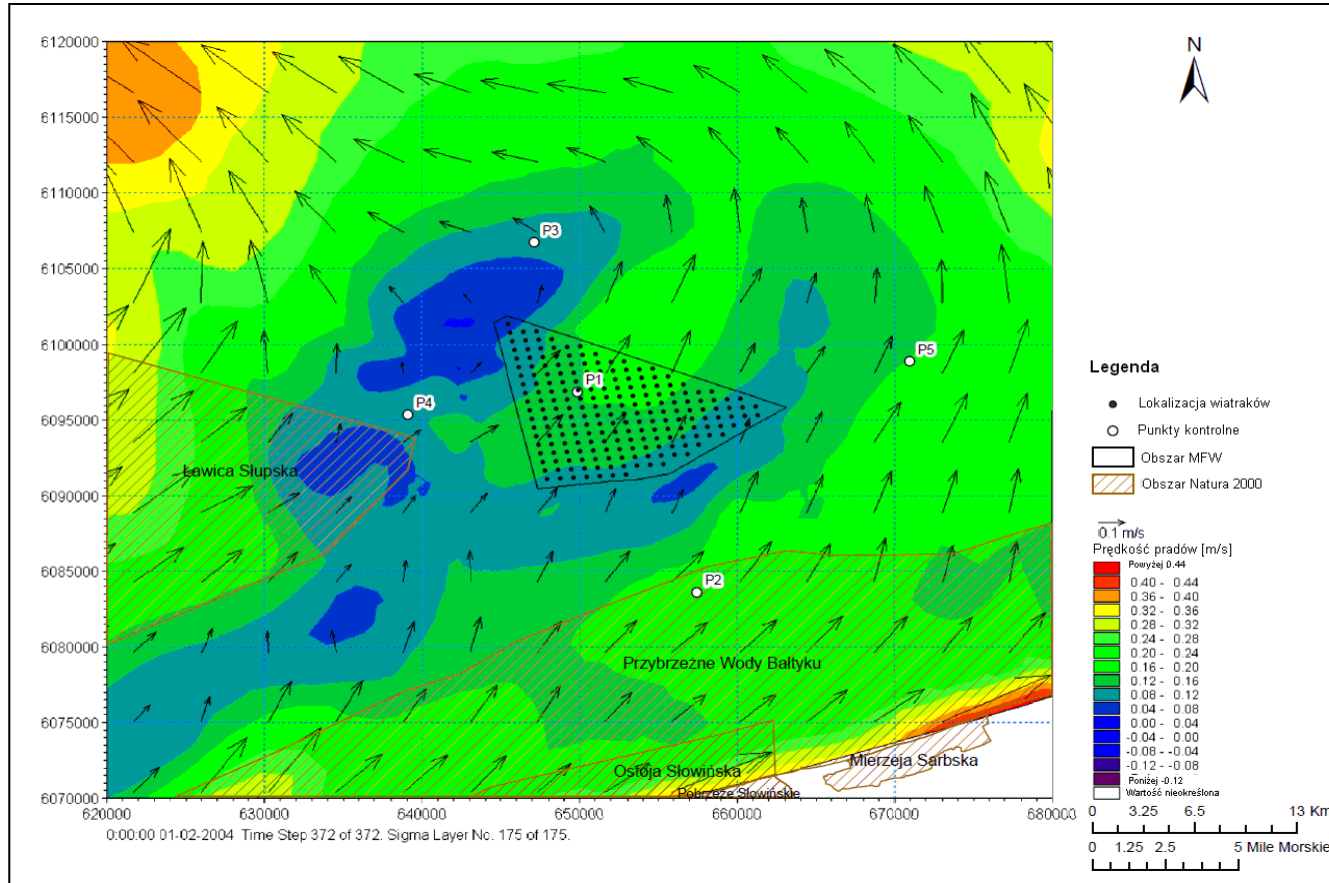
Opracowano dwa rodzaje prezentacji. Jeden zestaw przedstawia przegląd prądów w całej domenie wokół farmy wiatrowej, natomiast drugi zestaw przedstawia serie czasowe w wybranych miejscach. Pierwszy zestaw map obejmuje położenie obszarów Natura 2000 i przedstawia warunki bazowe, wariant przyjęty do realizacji i racjonalny wariant alternatywny w warunkach stycznia 2004 r. ( Rys. 7-2 do Rys. 7-4). Pokazano wyniki jedynie dla ostatniego kroku czasowego symulacji. Odpowiednie mapy dla miesiąca letniego, lipca 2004 r., przedstawiono na Rys. 7-5 do Rys. 7-7. Odpowiednie serie czasowe uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych w różnych punktach (P1,P2,P3,P4,P5) pokazano na Rys. 7-8 do Rys. 7-13. Uzyskane w wyniku symulacji maksymalne prędkości bazowe w pięciu punktach wyniosły ok. 0,827 m/s przy średnich prędkościach ok. 0,278 m/s.



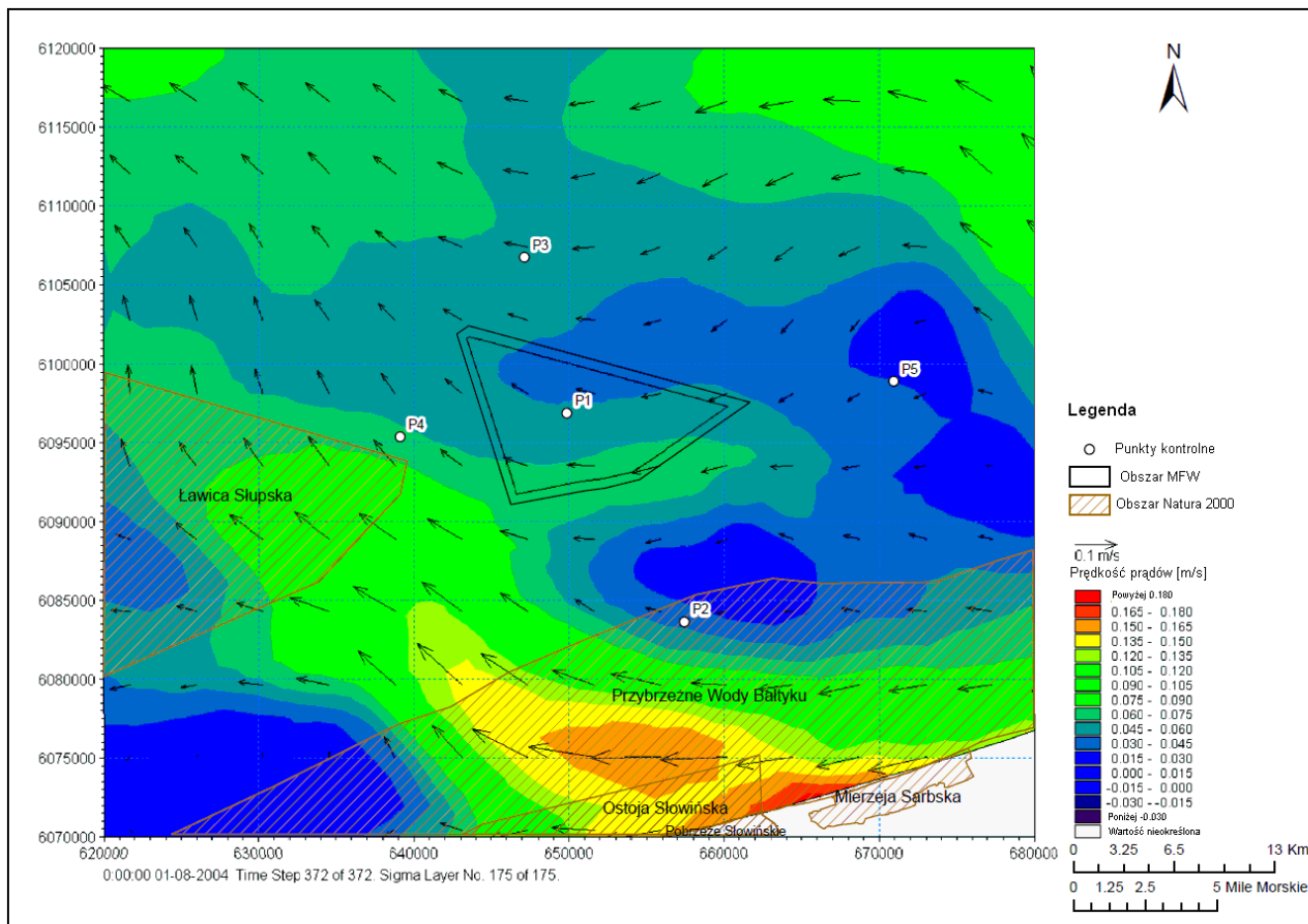
Rys. 7-2 Uzyskane w wyniku symulacji bazowe prędkości prądów w okresie zimowym przed budową farmy wiatrowej (tylko ostatni krok czasowy)



Rys. 7-3 Uzyskane w wyniku symulacji prędości prądów w okresie zimowym dla wariantu przyjętego do realizacji (tylko ostatni krok czasowy)

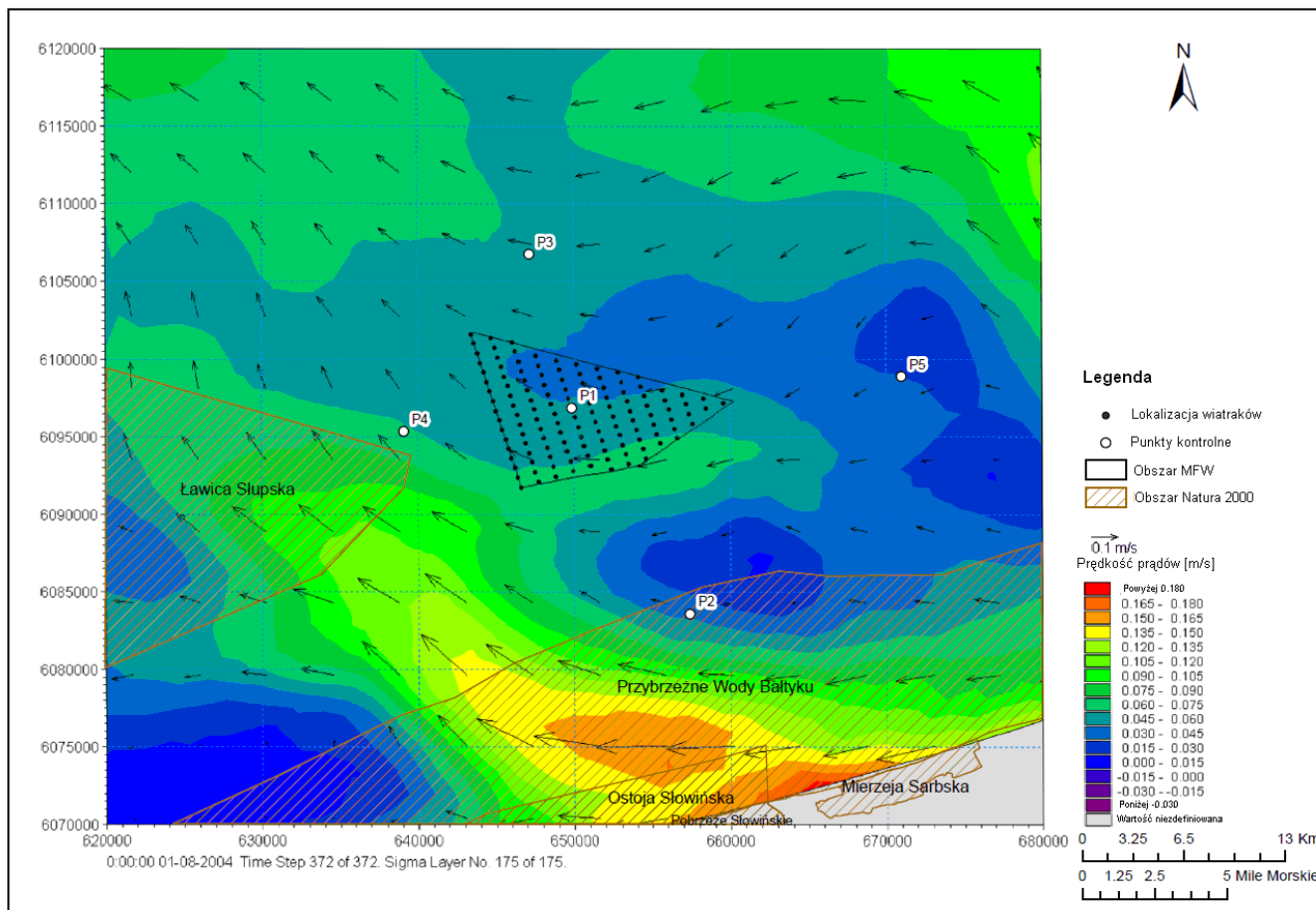


Rys. 7-4 Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów w okresie zimowym dla racjonalnego wariantu alternatywnego (tylko ostatni krok czasowy)

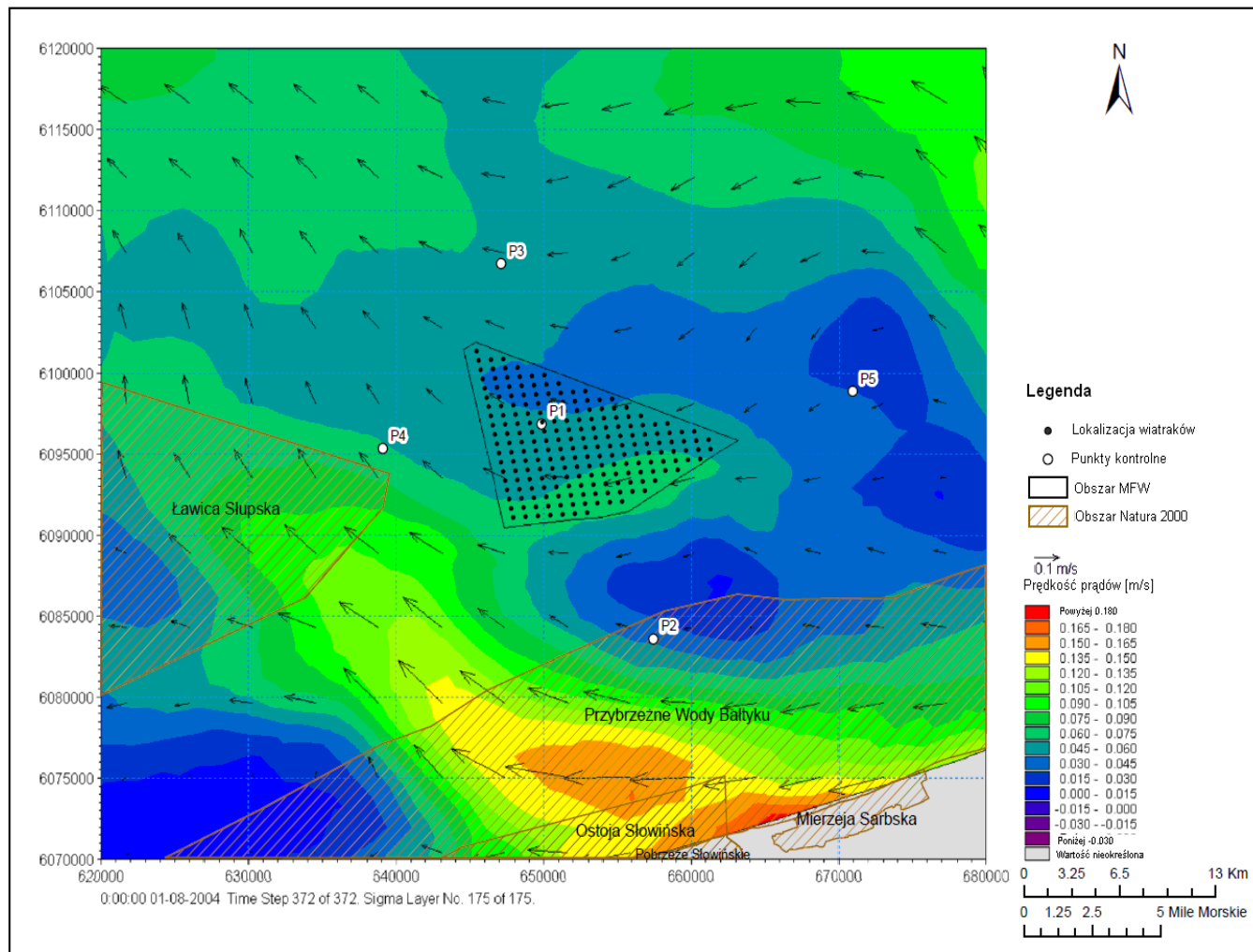


Rys. 7-5 Uzyskane w wyniku symulacji bazowe prędkości prądów w okresie letnim przed budową farmy wiatrowej

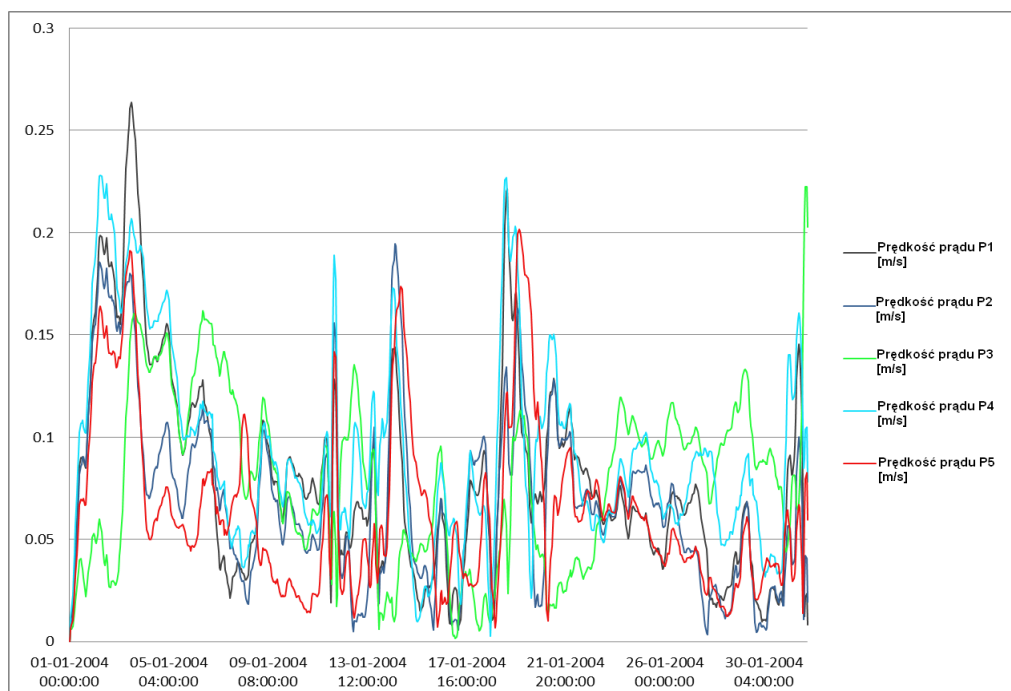




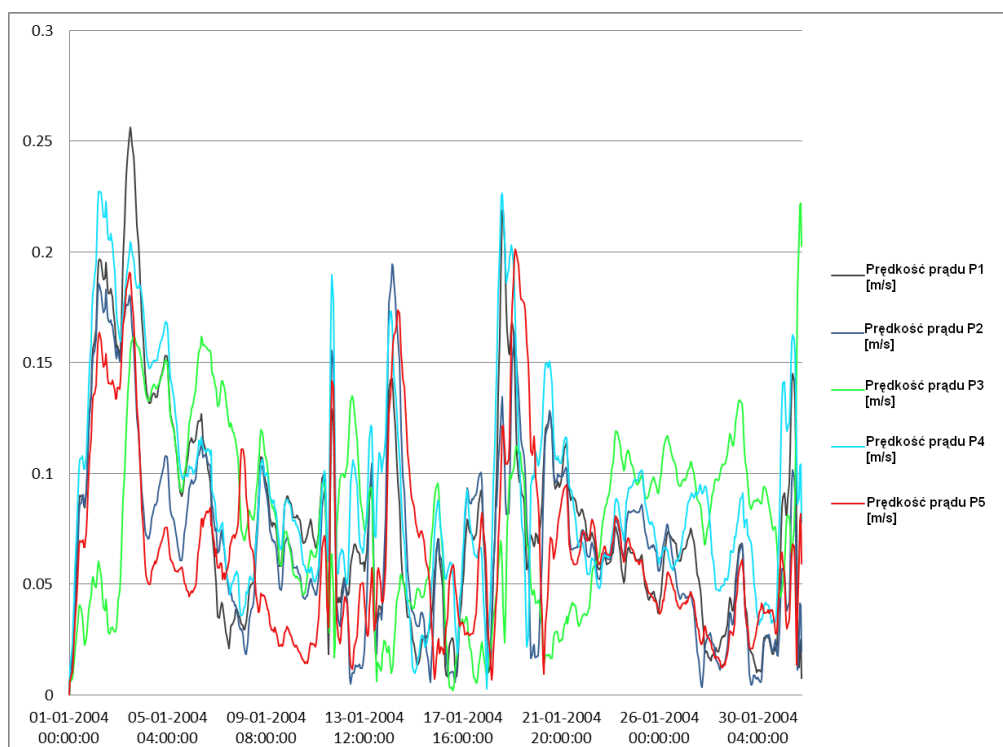
Rys. 7-6 Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów w okresie letnim dla wariantu przyjętego do realizacji



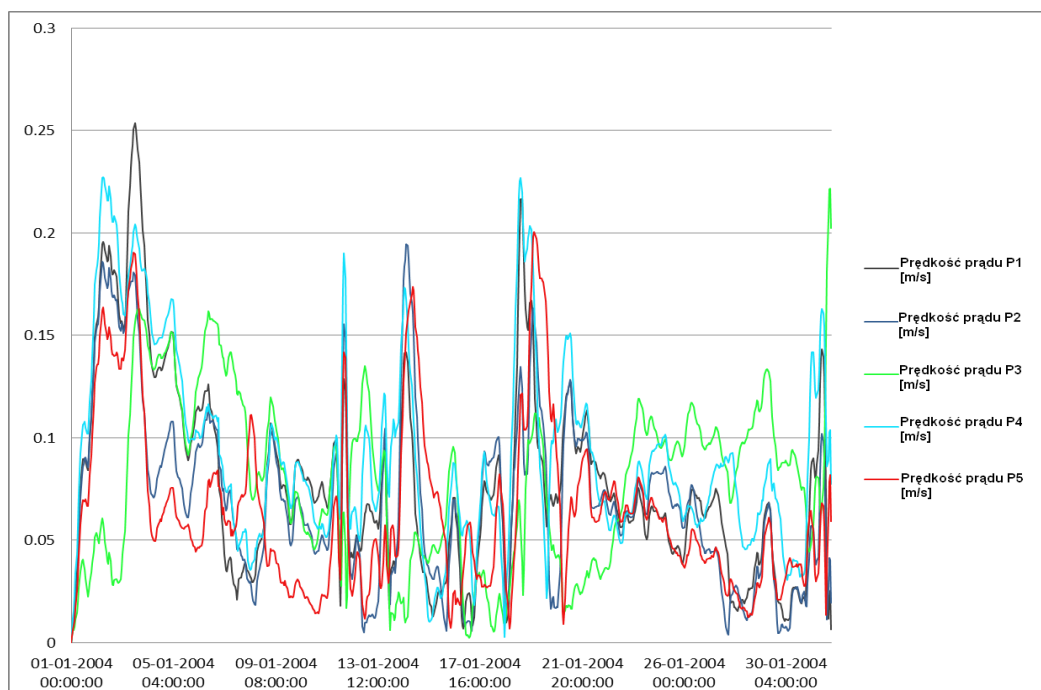
Rys. 7-7 Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów w okresie letnim dla racjonalnego wariantu alternatywnego



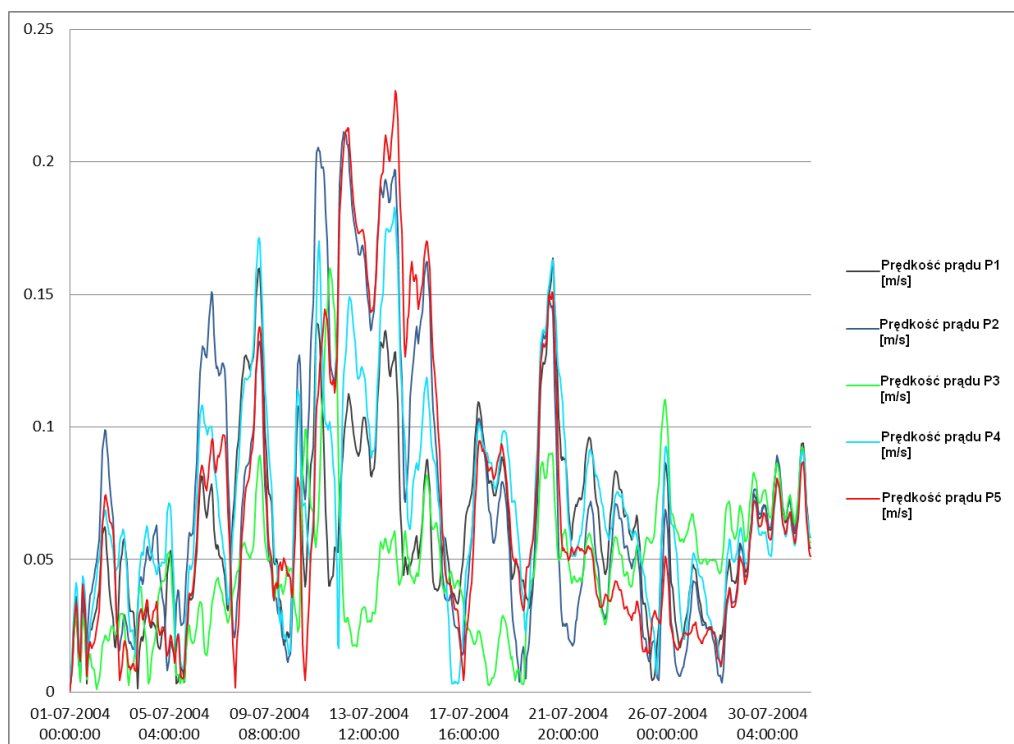
Rys. 7-8 Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla warunków bazowych w 5 punktach – styczeń 2004 r.



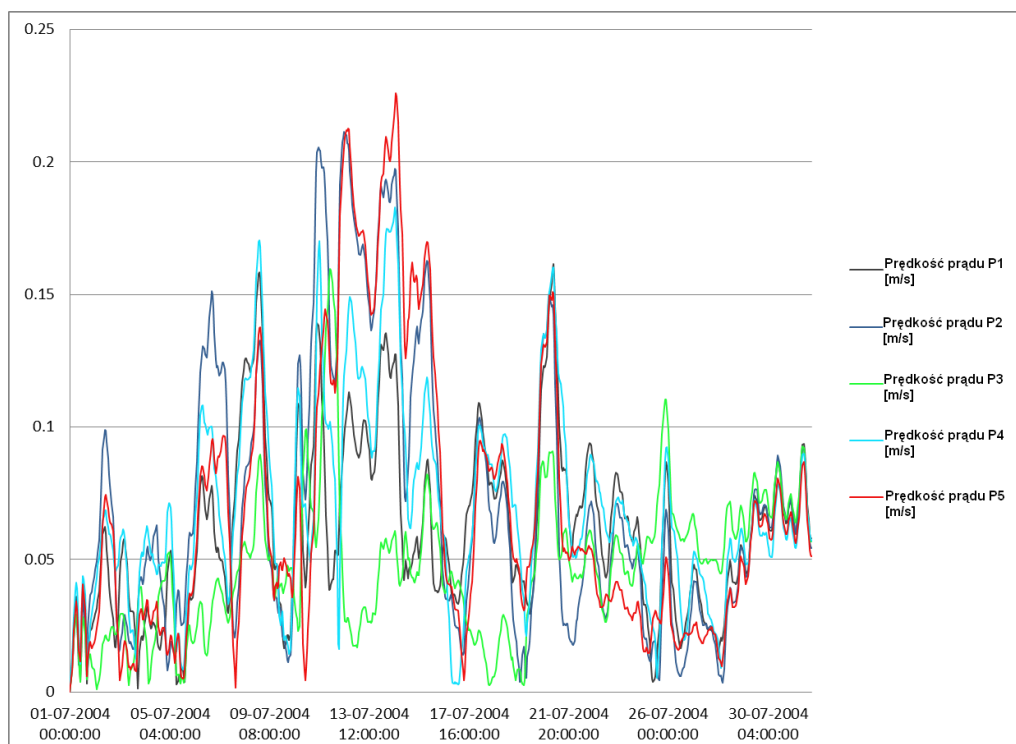
Rys. 7-9 Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla wariantu przyjętego do realizacji w 5 punktach - styczeń 2004 r.



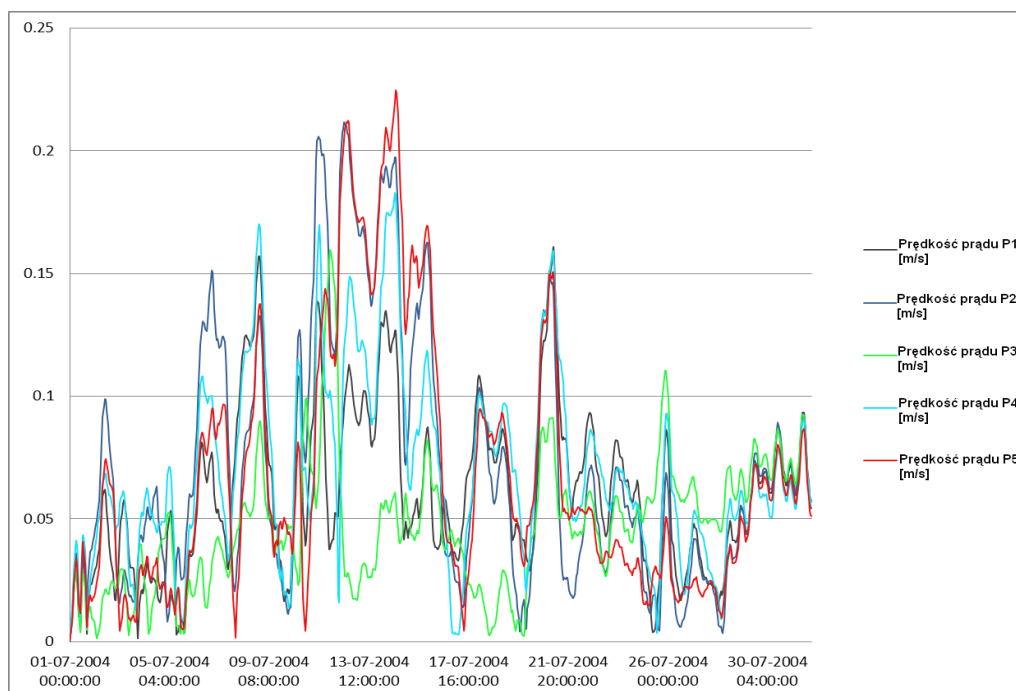
Rys. 7-10 Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla racjonalnego wariantu alternatywnego w 5 punktach - styczeń 2004 r.



Rys. 7-11 Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla warunków bazowych w 5 punktach – lipiec 2004 r.



Rys. 7-12 Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla wariantu przyjętego do realizacji w 5 punktach - lipiec 2004 r.



Rys. 7-13 Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla racjonalnego wariantu alternatywnego w 5 punktach - lipiec 2004 r.

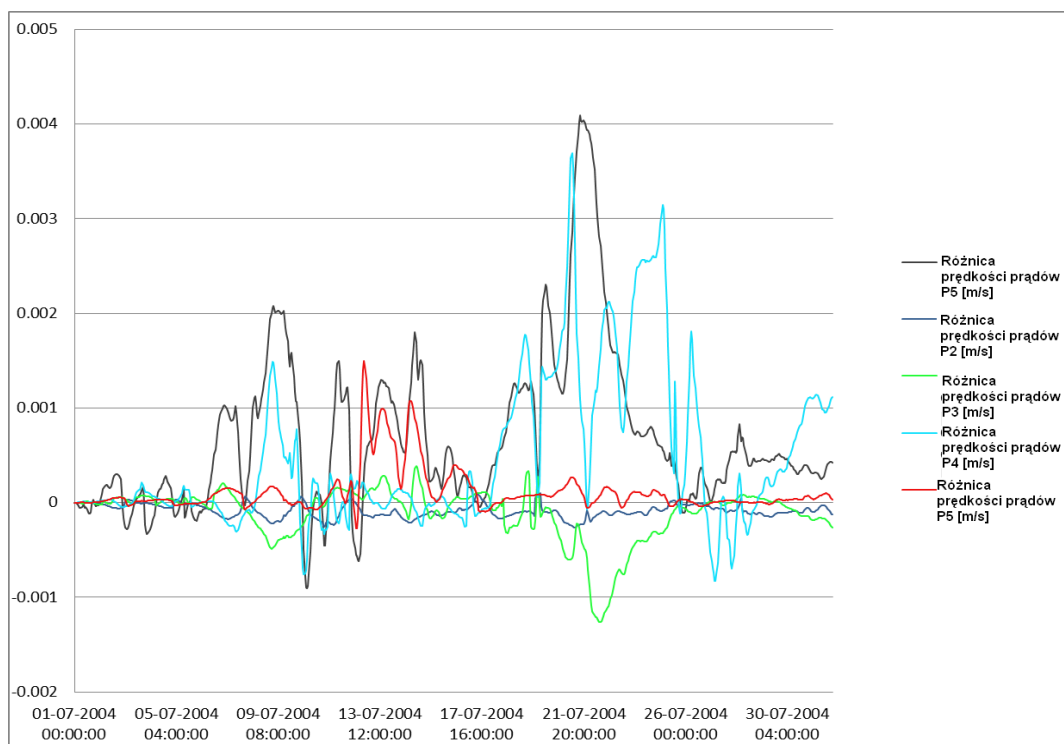
### 7.1.3 Ocena

#### 7.1.3.1 Ocena MFW BS III

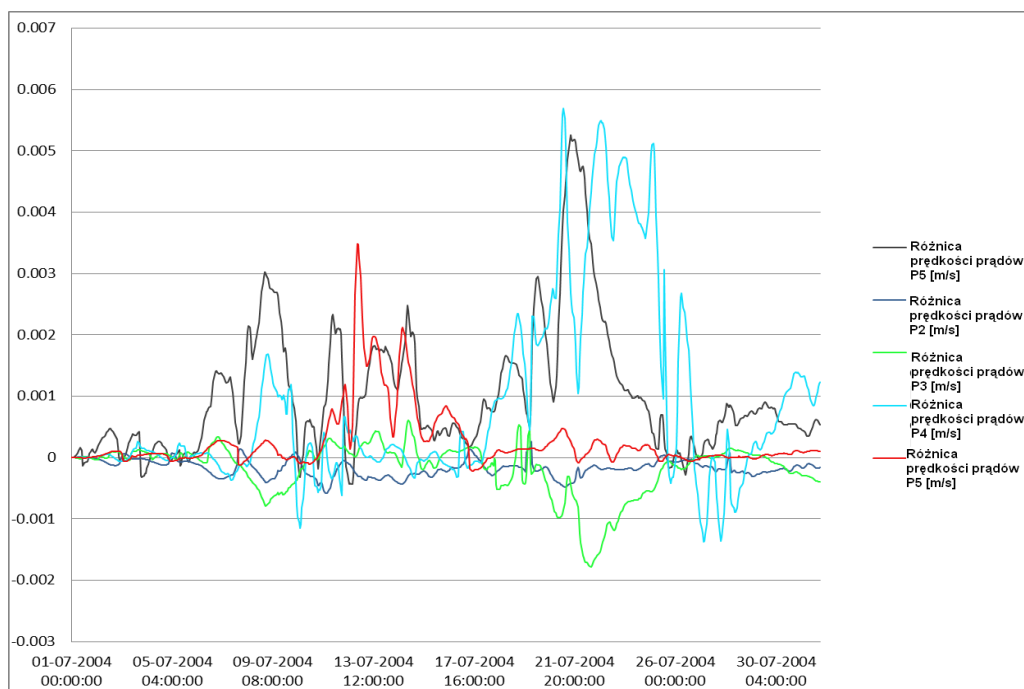
Różnicę uzyskanych w wyniku symulacji prędkości prądów z wiatrakami i bez nich przedstawiono na Rys. 7-14 - Rys. 7-17. Jak widać, oddziaływanie na prądy są zaledwie rzędu do 0,5 cm/s w lipcu i do 1 cm/s w styczniu dla obu wariantów. Różnica między oddziaływaniem dla obu wariantów jest niewielka. Średnie oddziaływanie na prędkości prądów w obszarze wokół farmy wiatrowej przedstawiono na Rys. 7-18 - Rys. 7-21. W tym przypadku również średnie oddziaływanie na prądy w stosunku do warunków bazowych jest niewielkie, przy czym zmniejszenie prędkości prądów na terenie przeznaczonym pod farmę wiatrową jest równoważone niewielkim wzrostem prędkości wokół farmy.

Największe oddziaływanie na prądy będą niewątpliwie wywierały fundamenty takiego typu i w takiej liczbie, która w największym stopniu ograniczy przepływ. W tym kontekście, największą barierę będą stanowiły fundamenty CFG. Jednak, jak już wykazano, nawet oddziaływanie konstrukcji z fundamentami CFG jest jedynie niewielkie, a zatem można wybrać dowolny typ fundamentu (CFG, jednopalowy, trójnożny czy kratownicowy) nie powodując przy tym znaczącego oddziaływania na reżim prądów. Wykazano również, że w przypadku tego typu oddziaływań istnieje tylko niewielka różnica pomiędzy dwoma wariantami.

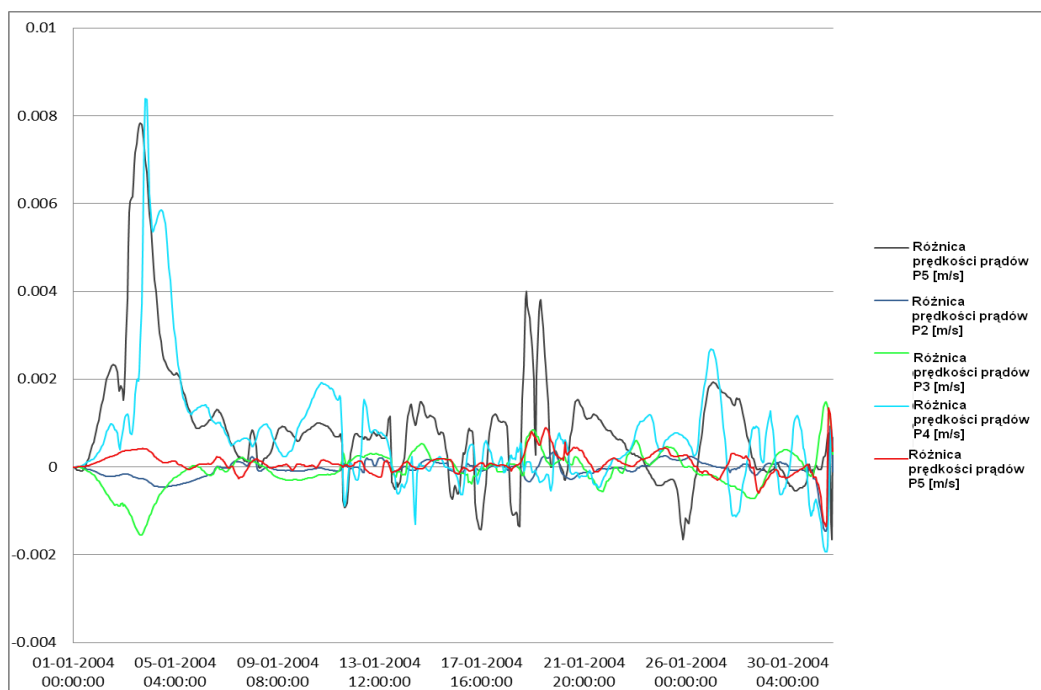
Gdyby były potrzebne działania ograniczające oddziaływanie na reżim prądów, należałoby zmniejszyć efekt blokowania przepływu, co można uzyskać jedynie zwiększając odległości pomiędzy wiatrakami, wykorzystując konstrukcje o jak najmniejszych przekrojach poprzecznych i stosując możliwie najbardziej opływowe kształty. Jednak biorąc pod uwagę niewielkie oddziaływanie w przypadku obu wariantów uznano, że nie ma potrzeby stosowanie środków ograniczających oddziaływanie.



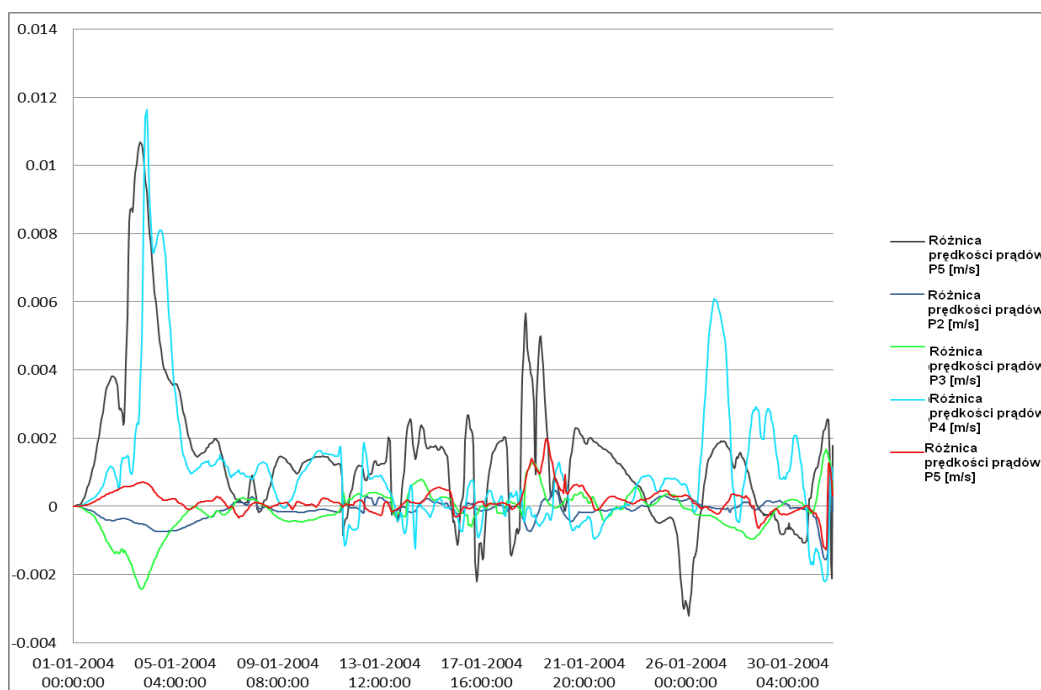
Rys. 7-14 Różnica w uzyskanych w wyniku symulacji prędkościach prądów powierzchniowych w 5 punktach, P1-P5, z wiatrakami i bez wiatraków - wariant przyjęty do realizacji, lipiec 2004 r.



Rys. 7-15 Różnica w uzyskanych w wyniku symulacji prędkościach prądów powierzchniowych w 5 punktach, P1-P5, z wiatrakami i bez wiatraków - racjonalny wariant alternatywny, lipiec 2004 r.

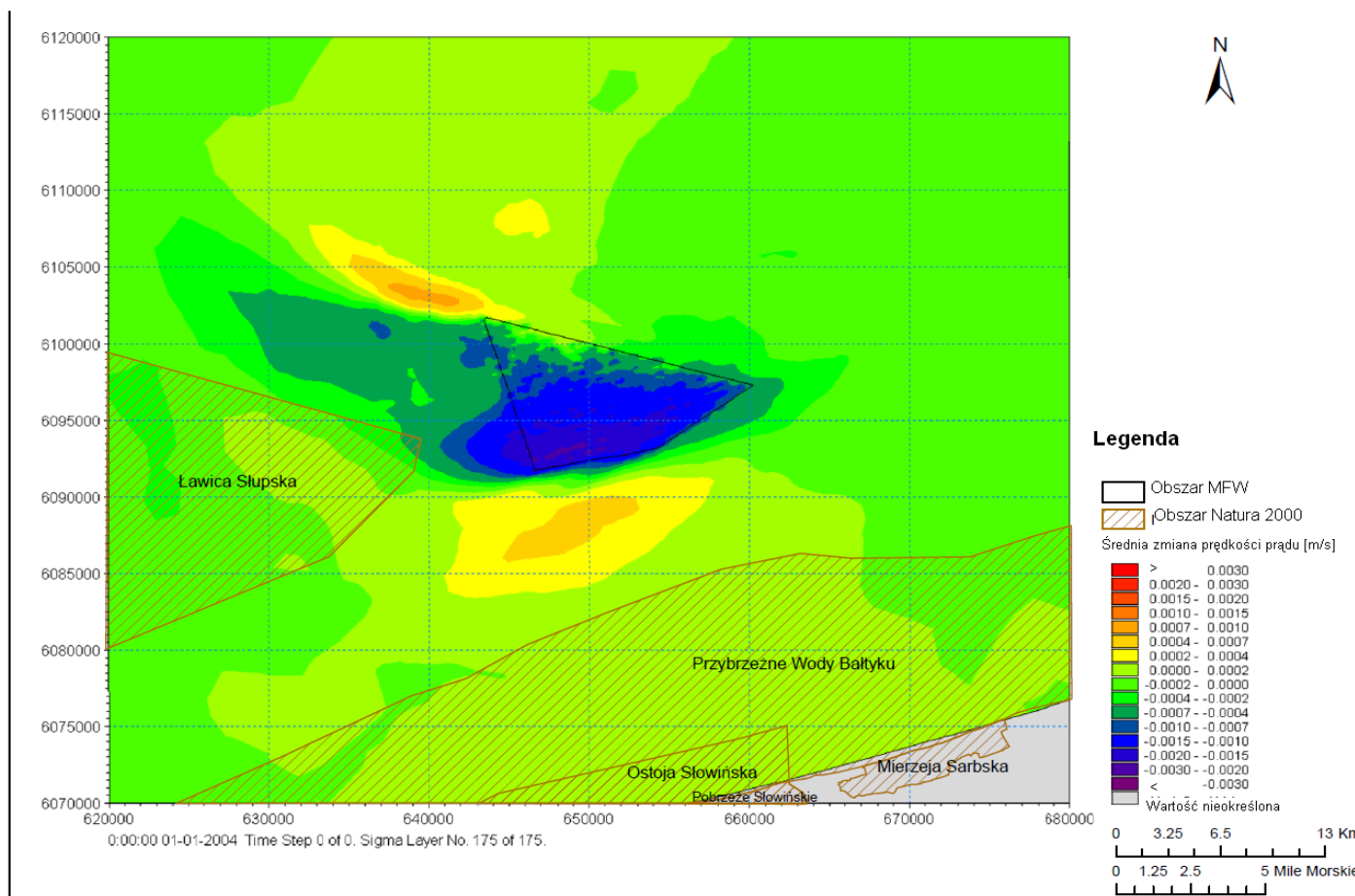


Rys. 7-16 Różnica w uzyskanych w wyniku symulacji prędkościach prądów powierzchniowych w 5 punktach, P1-P5, z wiatrakami i bez wiatraków - wariant przyjęty do realizacji, styczeń 2004 r.

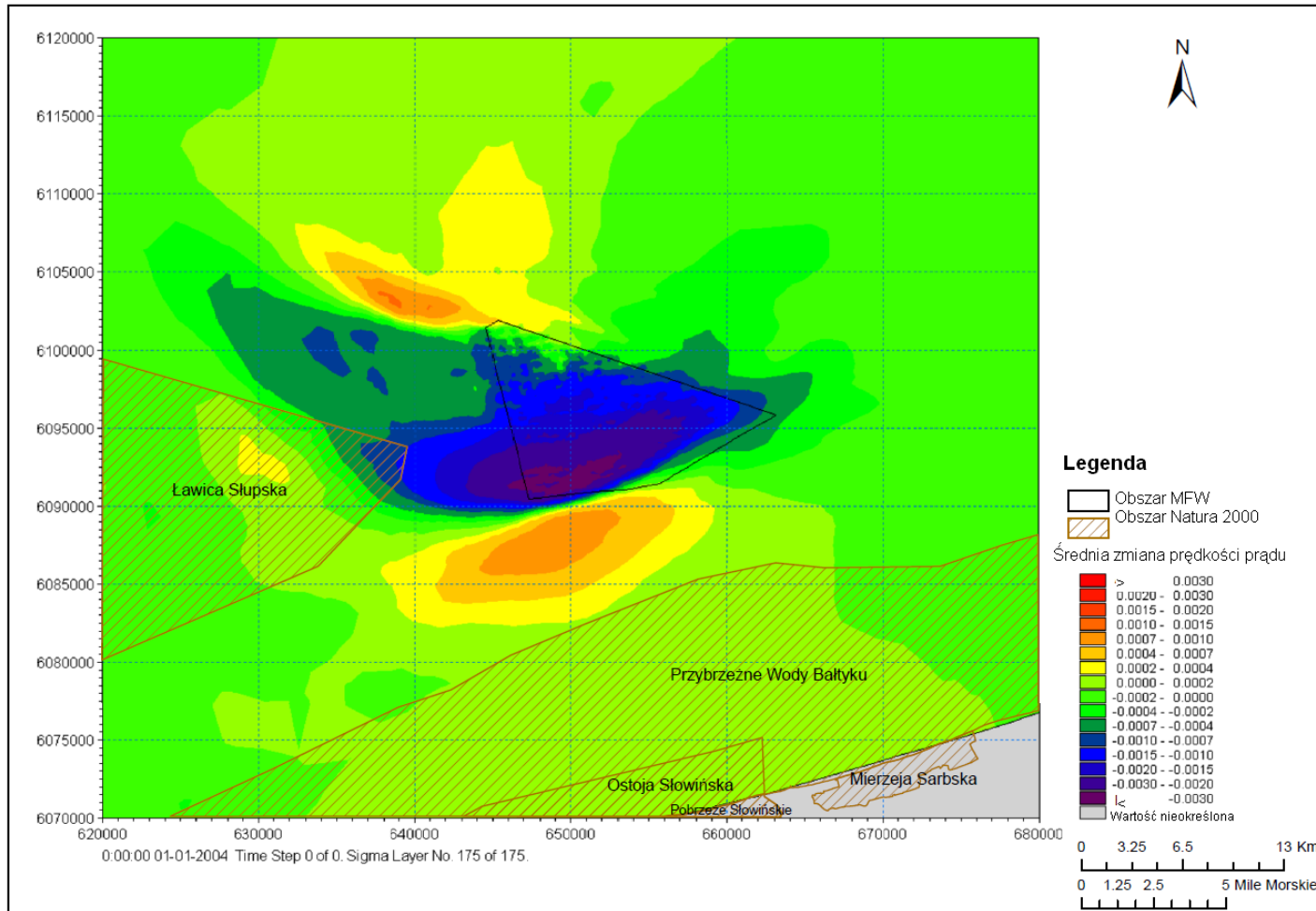


Rys. 7-17 Różnica w uzyskanych w wyniku symulacji prędkościach prądów powierzchniowych w 5 punktach, P1-P5, z wiatrakami i bez wiatraków - racjonalny wariant alternatywny, styczeń 2004 r.





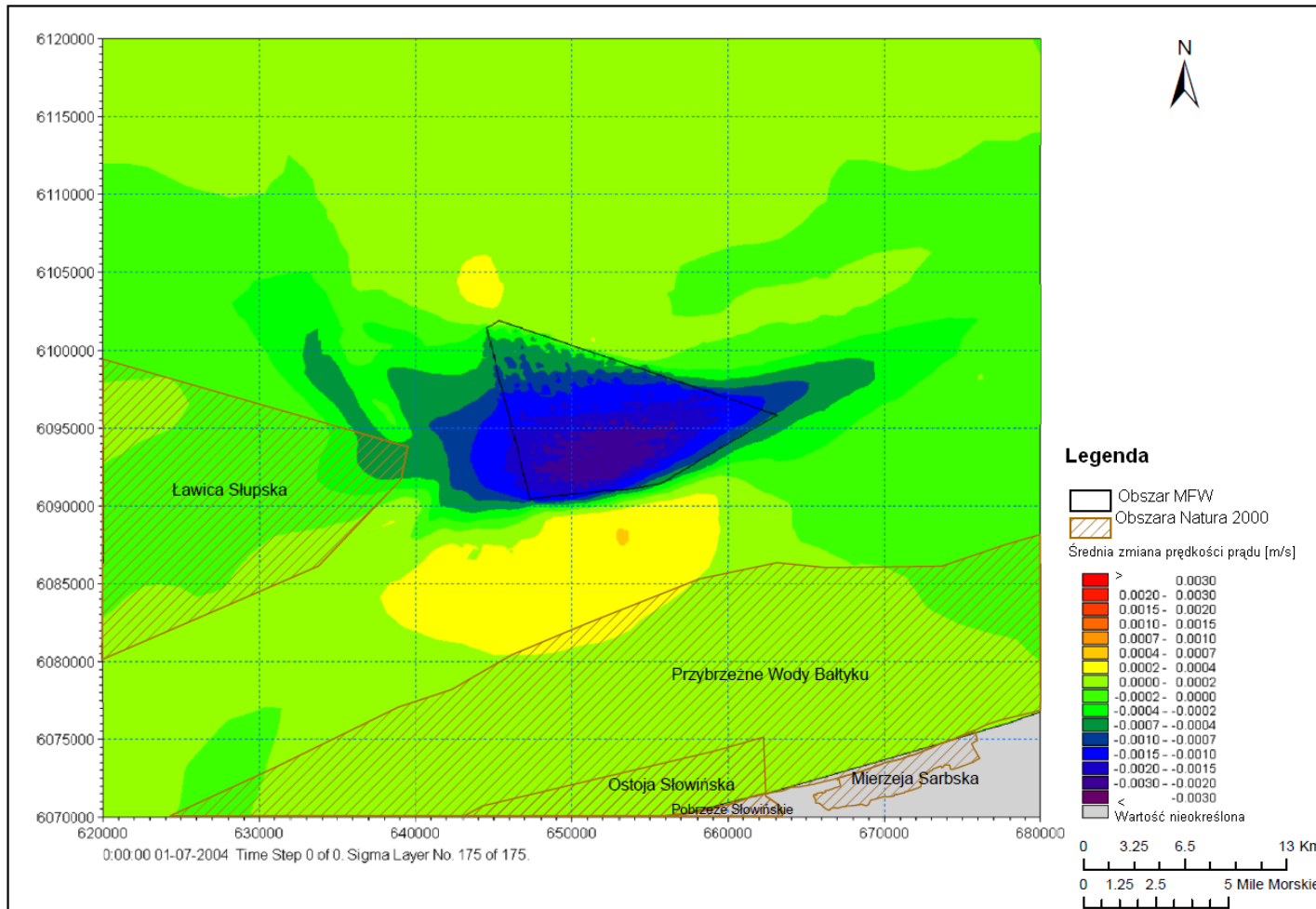
Rys. 7-18 Zmiana średniej prędkości prądów w warunkach bazowych w styczniu 2004 r. - wariant przyjęty do realizacji. Zielono-niebieskie kontury oznaczają zmniejszenie prędkości, czerwony kolor oznacza wzrost prędkości.



**Ocena oddziaływania**

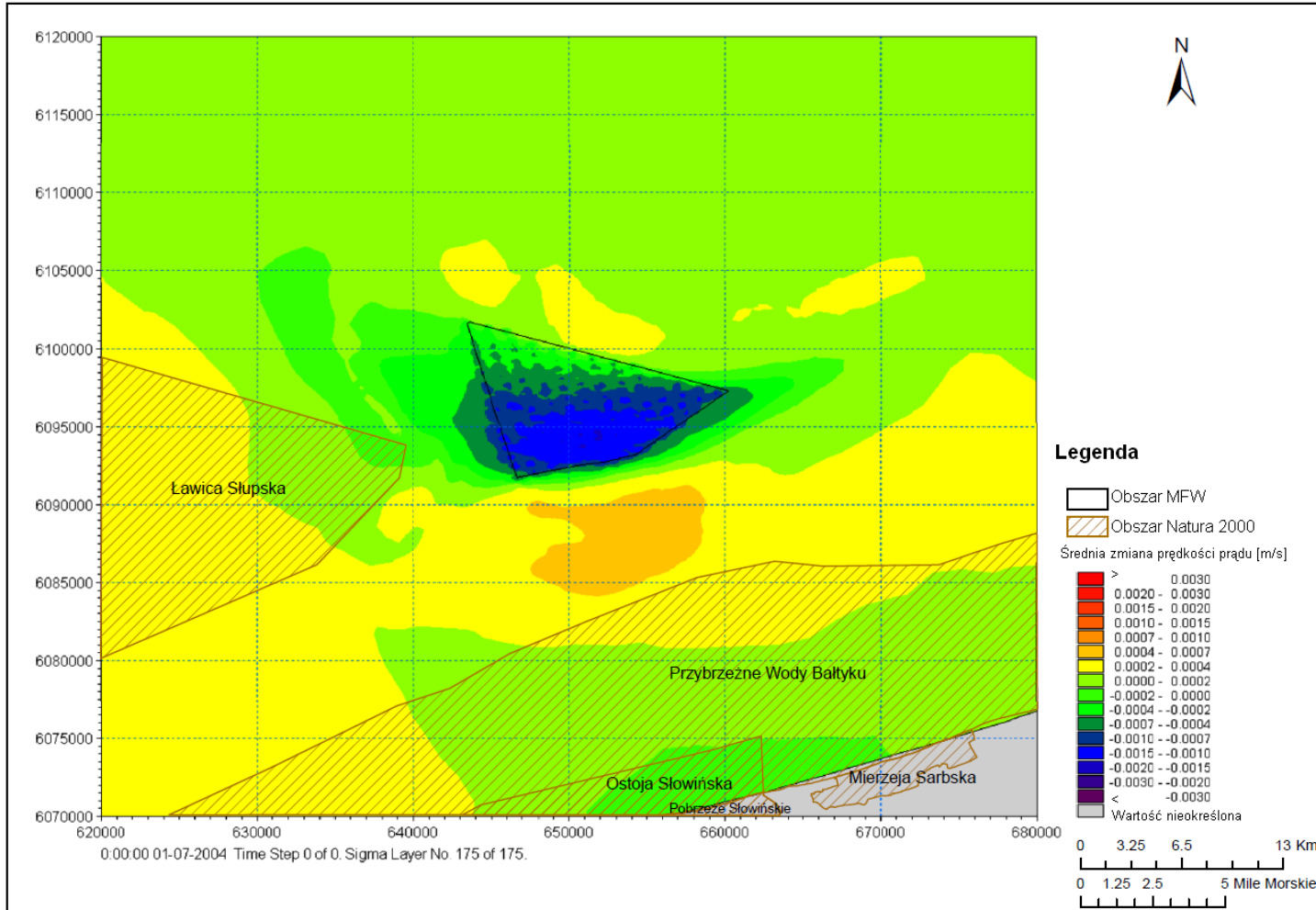
Rys. 7-19

Zmiana średniej prędkości prądów w warunkach bazowych w styczniu 2004 r. - racjonalny wariant alternatywny. Zielono-niebieskie kontury oznaczają zmniejszenie prędkości, czerwony kolor oznacza wzrost prędkości.



Rys. 7-20 Zmiana średniej prędkości prądów w warunkach bazowych w lipcu 2004 r. - wariant przyjęty do realizacji. Zielono-niebieskie kontury oznaczają zmniejszenie prędkości, czerwony kolor oznacza wzrost prędkości.





Rys. 7-21 Zmiana średniej prędkości prądów w warunkach bazowych w lipcu 2004 r. - racjonalny wariant alternatywny. Zielono-niebieskie kontury oznaczają zmniejszenie prędkości, czerwony kolor oznacza wzrost prędkości.

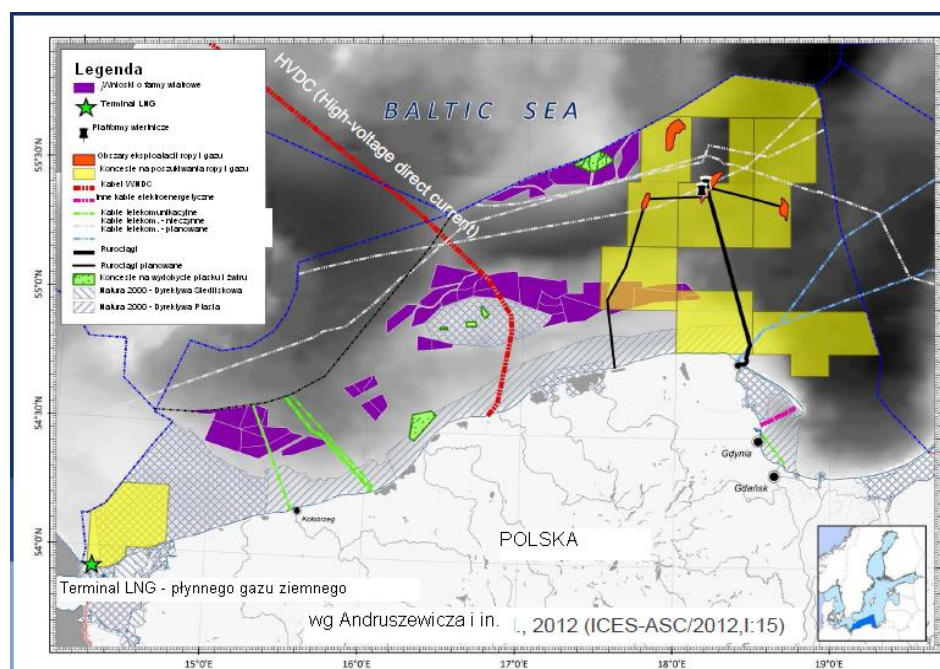
Biorąc pod uwagę jedynie niewielkie oddziaływanie wiatraków na prądy, skalę tego oddziaływania uznaje się za nieistotną, co pokazano w Tabeli 7-1. Wniosek ten dotyczy obu wariantów.

Tabela 7-1 Ocena oddziaływania na prądy

Oddziaływanie	Skala ekspozycji	Czas trwania	Intensywność	Skala oddziaływania
Na układ i prędkości prądów	Lokalna	Długookresowe	Niska	Pomijalna

### 7.1.3.2 Ocena oddziaływań skumulowanych

Oddziaływania skumulowane to oddziaływania niniejszego przedsięwzięcia BŚ III w powiązaniu z innymi planami i przedsięwzięciami w obszarze, które już zostały zrealizowane, zatwierdzone przez właściwe organy lub są na etapie uzgadniania przez właściwe organy.



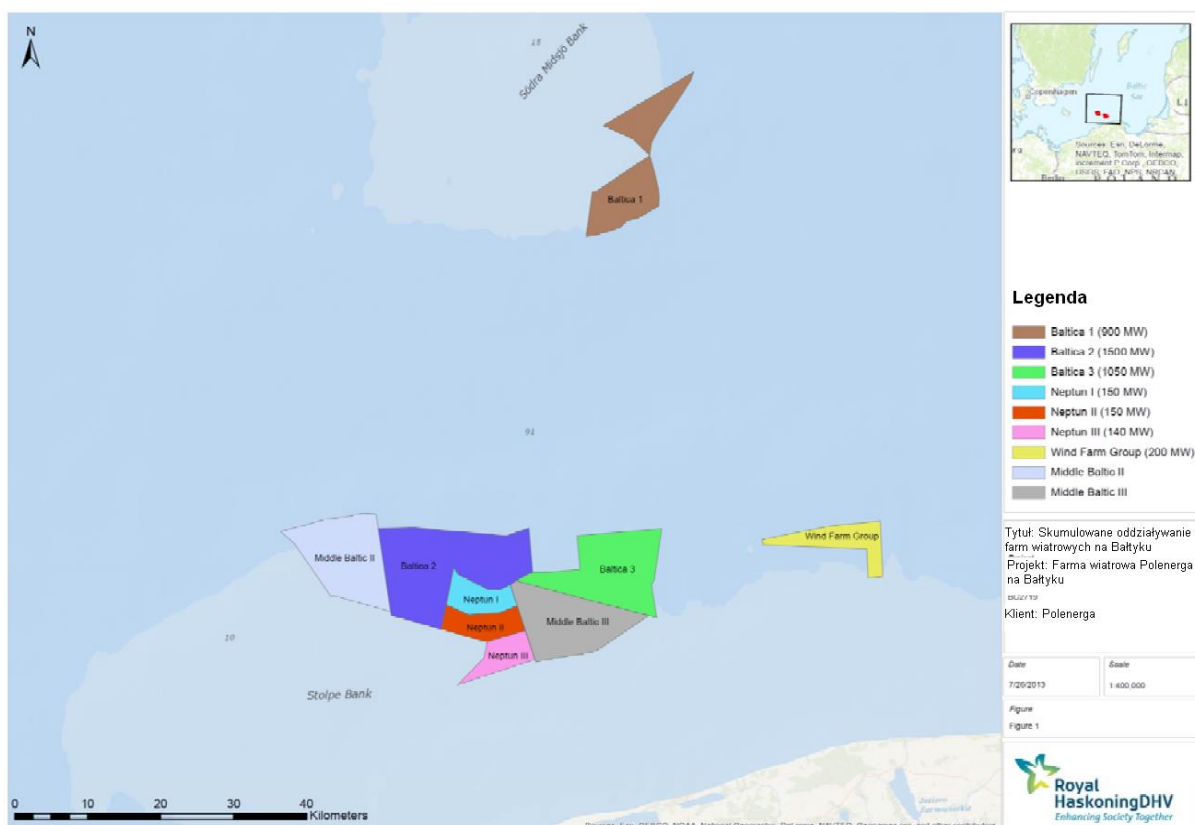
Rys. 7-22 Obecne i planowane wykorzystanie dna morskiego w polskiej WSE (źródło: Grygiel i in., 2013)

Do przedsięwzięć i planów, które dało się zidentyfikować i które mogą potencjalnie generować oddziaływania kumulujące się z oddziaływaniami BŚ III należą:

- Morskie farmy wiatrowe

W latach 2011 - 2013 w Ministerstwie Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej złożono dużą liczbę wniosków na morskie farmy wiatrowe w polskiej WSE. W rejonie Ławicy Słupskiej przedmiotem zainteresowania z perspektywy oceny oddziaływań skumulowanych mogłoby być siedem wymienionych poniżej farm wiatrowych:

- BŚ II
- Baltica 2
- Baltica 3
- Neptun I
- Neptun II
- Neptun III
- Baltica 1



Rys. 7-23 Planowane morskie farmy wiatrowe zlokalizowane w polskiej WSE (źródło: Royal Haskoning DHV 2014)

Stwierdzono, że wykonalnymi przedsięwzięciami z zakresu farm wiatrowych są jedynie BŚ II, BŚ III, Baltica 2 i Baltica 3. Obecnie w polskiej WSE nie ma żadnych działających morskich farm wiatrowych.

W szwedzkiej WSE tylko jedna morska farma wiatrowa może być istotna w kontekście oceny oddziaływań skumulowanych: Södra Midsjöbanken zlokalizowana w pobliżu WSE, obecnie na etapie planowania. Dla przedsięwzięcia sporządzono raport z oceny oddziaływania na środowisko. Maksymalna liczba turbin wyniesie 300 szt. przy maksymalnej wysokości <200 metrów ze śmigłem (E. ON Vind 2012).

Chociaż w pobliżu BŚ III zlokalizowanych jest kilka farm wiatrowych, to nie przewiduje się oddziaływań skumulowanych na reżim prądów. Wynika to głównie z faktu, że przewiduje się iż oddziaływanie innych farm będzie podobnie pomijalne, jak oddziaływanie podsumowane w Tabela 7-1.



### 7.1.3.3 Ocena oddziaływania na obszary Natura 2000

Oddziaływanie na reżim prądów wokół MFW BS III uznano za pomijalne dla obu wariantów, a zatem nie przewiduje się żadnego oddziaływania na znajdujące się w pobliżu obszary Natura 2000.

## 7.2 Wynoszenie osadów podczas robót pogłębieniowych

### 7.2.1 Założenia

Na etapie budowy na terenie przedsięwzięcia wybudowanych zostanie (120+6) lub (200+8) fundamentów. Przewiduje się, że wynoszenie osadów będzie miało miejsce na etapie budowy podczas układania w dnie morskim kabli pomiędzy turbinami wiatrowymi i – w przypadku fundamentów grawitacyjnych (CFG) – kiedy to miejsca posadwienia fundamentów będą pogłębiane do nośnych warstw geologicznych, które będą w stanie utrzymać fundamenty. Ponadto, należy się spodziewać, że wynoszenie osadów będzie miało również miejsce podczas układania kabla morskiego pomiędzy farmą wiatrową a morską stacją elektroenergetyczną. Podczas tych prac część drobnego materiału z dna morskiego zostanie przemieszczona do środowiska. Los tego materiału jest tematem niniejszego rozdziału.

Wynoszenie osadów spowodowane budową morskiej farmy wiatrowej BŚ III oszacowano przeprowadzając modelowanie sedymentacji i przemieszczania się osadów. Symulacje przeprowadzono zakładając realistyczny dobowy harmonogram robót pogłębieniowych, opisujący przemieszczanie się pogłębiarek po farmie wiatrowej i pogłębianie terenów pod fundamenty oraz rowy na kable połączeniowe. Działania powodujące wynoszenie osadów wraz z ich potencjalnym oddziaływaniem podsumowano w **Error! Reference source not found.**

Model śledził materiał wynoszony do wody aż do zakończenia robót pogłębieniowych. Dopóki osady są zawieszone w słupie wody, stężenie osadów wzrasta w miejscach, do których są one przemieszczane. Przemieszczanie i stężenie zależą od prędkości i kierunku prądów, turbulencji i prędkości sedymentacji osadów. Jeżeli cząsteczki opadną na dno morskie, to przy wystarczająco silnych oddziaływaniach hydrodynamicznych mogą one zostać z niego później wyniesione i ponownie zawieszone w słupie wody. Wzrost stężenia zawiesin można postrzegać jako pogorszenie się jakości wody, podobnie jak wzrost stężeń substancji biogennej i fitoplanktonu czy obniżoną zawartość tlenu rozpuszczonego. Stężenia zawiesin, które mogą być rzeczywiście szkodliwe dla środowiska zależą od stężenia tła. Jednak niniejszy raport nie obejmuje oceny oddziaływania przemieszczania się osadów na florę i faunę oraz jakość wody.

Tabela 7-2 Działania objęte przedsięwzięciem powodujące wynoszenie osadów i ich potencjalne oddziaływania

Działanie	Źródła potencjalnego oddziaływania	Potencjalne oddziaływania na środowisko
Roboty pogłębieniowe na potrzeby położenia fundamentów i kabli	Przemieszczanie się osadów	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jakość wody</li> <li>• Fauna denna</li> <li>• Siedlisko bentosu</li> <li>• Ryby</li> </ul>

Wynoszenie osadów podczas budowy farmy wiatrowej zależy przede wszystkim od objętości osadów poruszanych w czasie robót (np. fundamenty jednopalowe nie wymagają żadnych robót pogłębieniowych). Wybór fundamentów grawitacyjnych powoduje zwiększenie objętości osadów usuwanych w ramach pogłębiania, a tym samym zwiększenie tempa wynoszenia osadów. Pod względem geologicznym, dno morskie na farmie wiatrowej składa się z warstw mułu, piasku i skał,

co opisano w raporcie o geologicznych warunkach bazowych, opracowanym przez IMG. Na podstawie raportu RH przyjęto szereg założeń dotyczących robót pogłębieniowych. Przedstawiono je w Tabeli 7-3.

Tabela 7-3 Założenia dotyczące robót pogłębieniowych związanych z układaniem fundamentów

Wyszczególnienie	Racjonalny wariant alternatywny	Wariant przyjęty do realizacji
Kształt fundamentu	Okrągły	Okrągły
Średnica fundamentu u podstawy	40	40
Średnica warstwy ochronnej	70	70
Całkowite zagłębienie	3	3
Objętość usuwanego osadu/ fundament	2507*	2507*
Objętość warstwy ochronnej / fundament	11099*	11099*
Całkowita objętość / fundament	13606	13606
Liczba fundamentów	208	126
Całkowita objętość pogłębiania	2 830 048	1 714 356
Metoda pogłębiania	Pogłębiarka chwytakowa (PC)	Pogłębiarka chwytakowa (PC)
Lokalizacja wynoszonego materiału	Słup wody	Słup wody
Wynoszenie (%) (jedynie drobny osad)	3	3
Przyjęta sucha masa (kg/m <sup>3</sup> )	1800	1800
Całkowita ilość wyniesionego materiału (m <sup>3</sup> )	84084	51430
Czas pogłębiania / wiatrak (godziny)	24	24
Tempo pogłębiania (kg/s)	283	283
Tempo wynoszenia (kg/s)	8.50	8.50
Liczba pogłębiarek	3	2

\*Objętości obliczono przy wykorzystaniu wzoru na objętość stożka ściętego  $V=1/3*\pi*h*(a^2+ab+b^2)$ , w którym a i b to promienie u góry i na dole, a h to wysokość

Jako rodzaj sprzętu do pogłębiania przyjęto pogłębiarki chwytakowe. Założono, że pogłębiarka będzie pracowała 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu, praktycznie przy zerowym czasie przejścia do następnego fundamentu. Przyjęto, że udział frakcji wynoszonej wynosi 3%. Z doświadczeń DHI wynika, że jest to założenie dość ostrożne. Wynoszone osady będą rozmieszczone równomierne w słupie wody. Szereg założeń przyjęto również dla robót kablowych. Przedstawiono je w Tabeli 7-4.

Tabela 7-4 Założenia dotyczące robót pogłębieniowych pod kable wewnętrzne

Pogłębianie pod kable między turbinami	Racjonalny wariant alternatywny	Wariant przyjęty do realizacji
Kable wewnętrzne na farmie (km)	200	200*
Przyjęte zagłębienie (m)	3	3
Szerokość pasa dna objętego robotami	3	3
Metoda zagłębiania	Wdmuchiwanie	Wdmuchiwanie
Objętość dna objęta robotami (m <sup>3</sup> )	534545	326955
Wynoszenie (%) (jedynie drobny osad)	3	3
Wyniesiona masa (tony)	28865	17656
Tempo (m/dzień)	577	577
Tempo wynoszenia (kg/s)	2	2
Lokalizacja wynoszonego materiału	Dno	Dno
Liczba jednostek pływających	3	2**
Czas pogłębiania (dni)	69	63

\*Maksymalna wartość wskazana przez Inwestora. \*\* Przyjęto inną liczbę jednostek pływających, odpowiadającą planowanym robotom pogłębieniowym.

Zakłada się, że kable zostaną zagłębione 3 m pod dnem metodą wdmuchiwania. Przyjęto, że woda przenikająca od dołu wymyje drobną frakcję osadów z gruntu zawierającego się w trójkącie prostokątnym ponad przewodem. Frakcja ta zostanie uwolniona przy dnie.

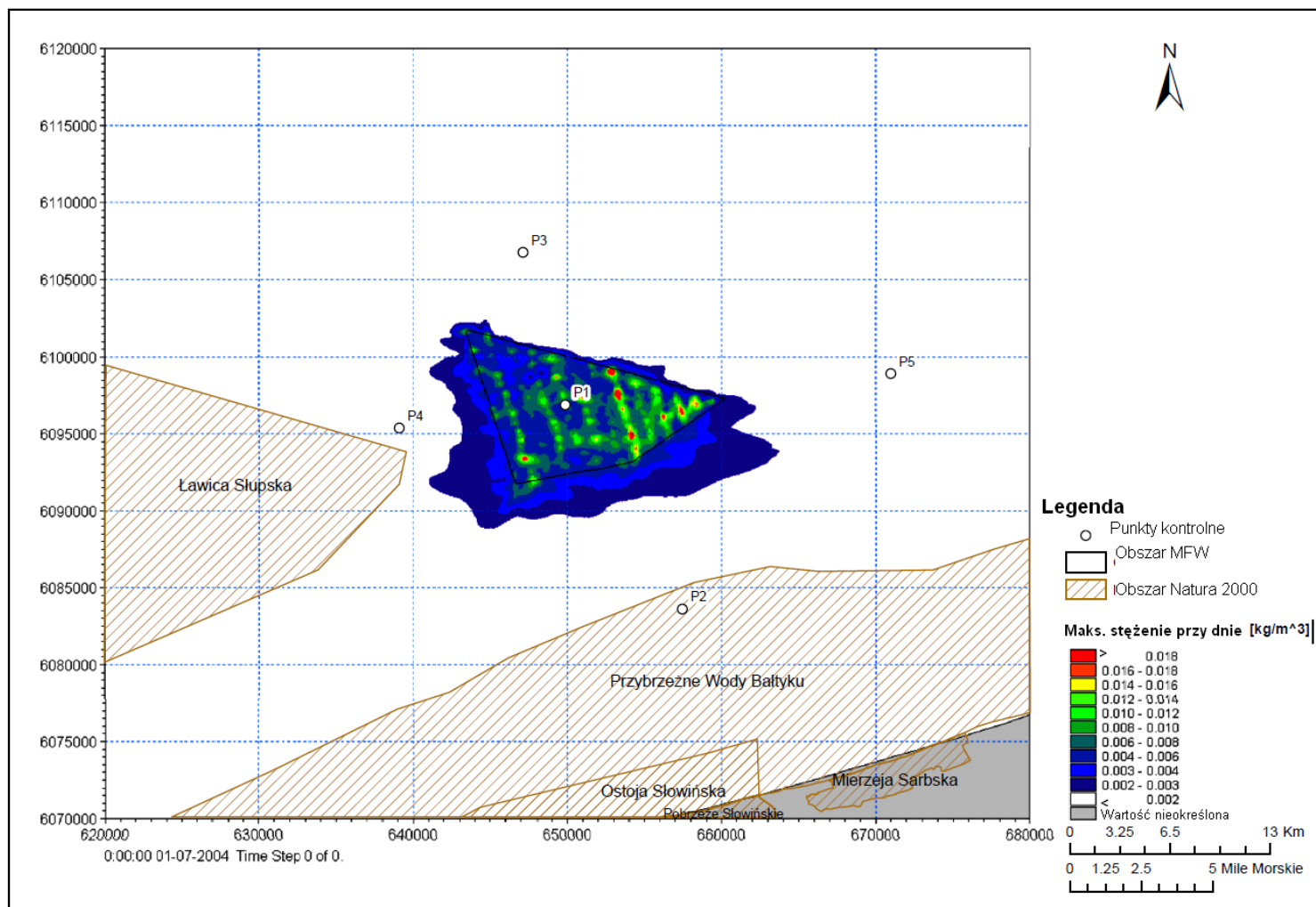
Zakłada się, że zagłębianie kabli rozpocznie się 2 tygodnie po rozpoczęciu pogłębiania pod fundamenty, tym samym przewidując dwutygodniowy okres na ułożenie fundamentu.

W modelu wynoszenie osadów przewidziano w miejscach pracy pogłębiarek przy fundamentach. Podobnie założono, że wdmuchiwanie kabli będzie miało miejsce na trasach planowanych kabli.

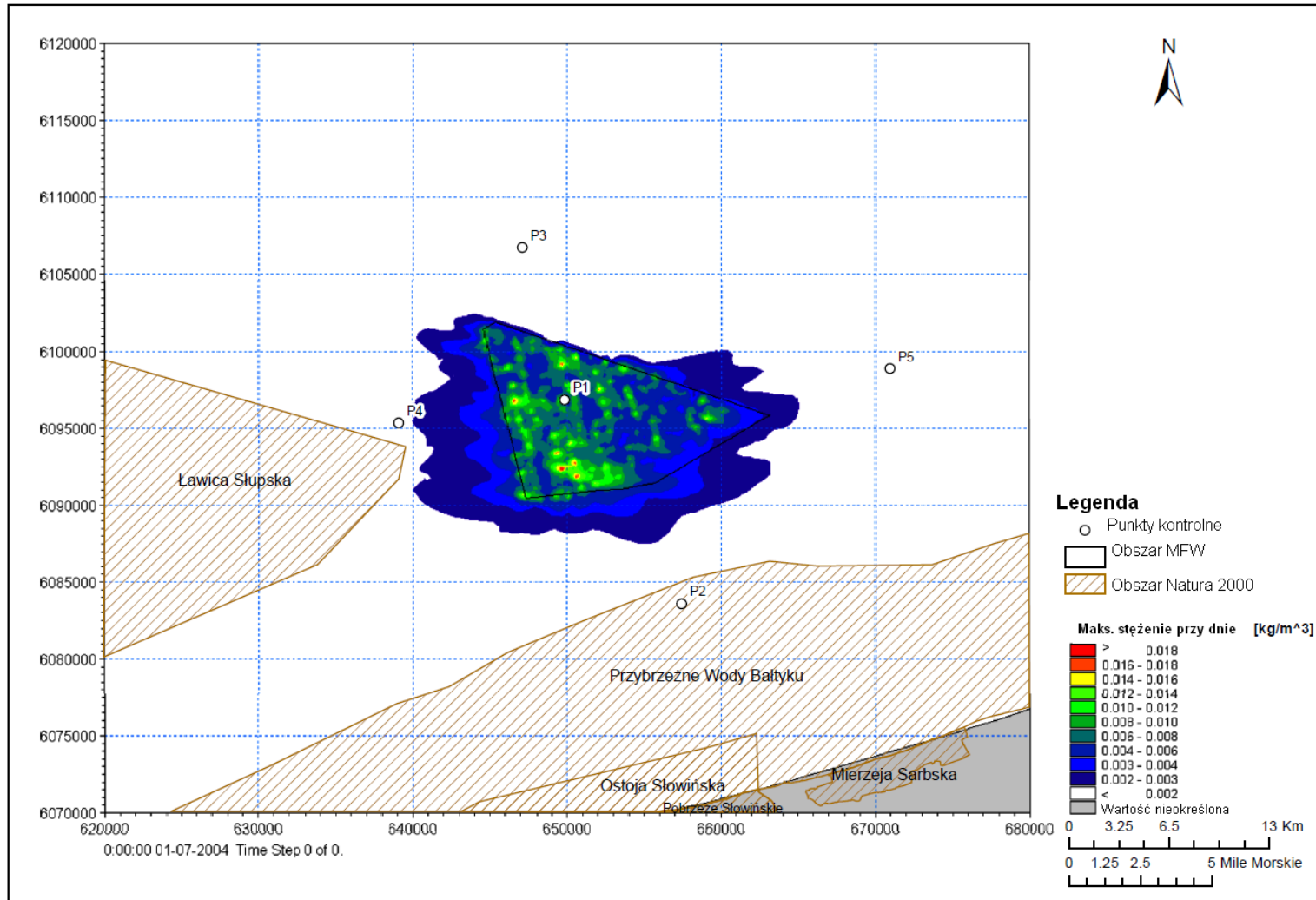
Model dotyczy jedynie drobnej frakcji osadów o średnicy poniżej 64  $\mu\text{m}$  ponieważ oczekuje się, że cząstki osadu o większych średnicach będą opadać tak szybko, że nie będą wynoszone z terenu robot. Model ma charakter tak zwanego modelu nadmiaru, co oznacza, że modelowaniu podlega jedynie osad wynoszony. Osad jest modelowany jako jedna frakcja o prędkości opadania 0,5 mm/s, odpowiadającej średniej grubości mułowi, i o naprężeniu ścinającym erozji 0,1 N/m<sup>2</sup>. Jest to wartość powyżej której osad zaczyna erodować. Progowe naprężenie ścinające osadzania ustawiono na 0,07 N/m<sup>2</sup>. Jest to wartość naprężenia ścinającego, poniżej której osad zaczyna się osadzać. Symulację wykonano dla trzech okresów w lipcu 2004, reprezentujących warunki ciszy, w których, jak się można spodziewać, będą prowadzone roboty pogłębieniowe. Warunki lipcowe wykorzystano do modelowania 3 kolejnych miesięcy, tym samym wykonując obliczenia dla całego trzymiesięcznego okresu trwania robót pogłębieniowych. Nie ma sensu modelowanie miesiąca zimowego, ponieważ taki miesiąc obejmuje zbyt wiele dni ze wzburzonym morzem. Jednak prawdopodobnie w rzeczywistości pogłębianie będzie prowadzone w różnych porach roku, o ile pozwoli na to pogoda.

## 7.2.2 Modelowanie

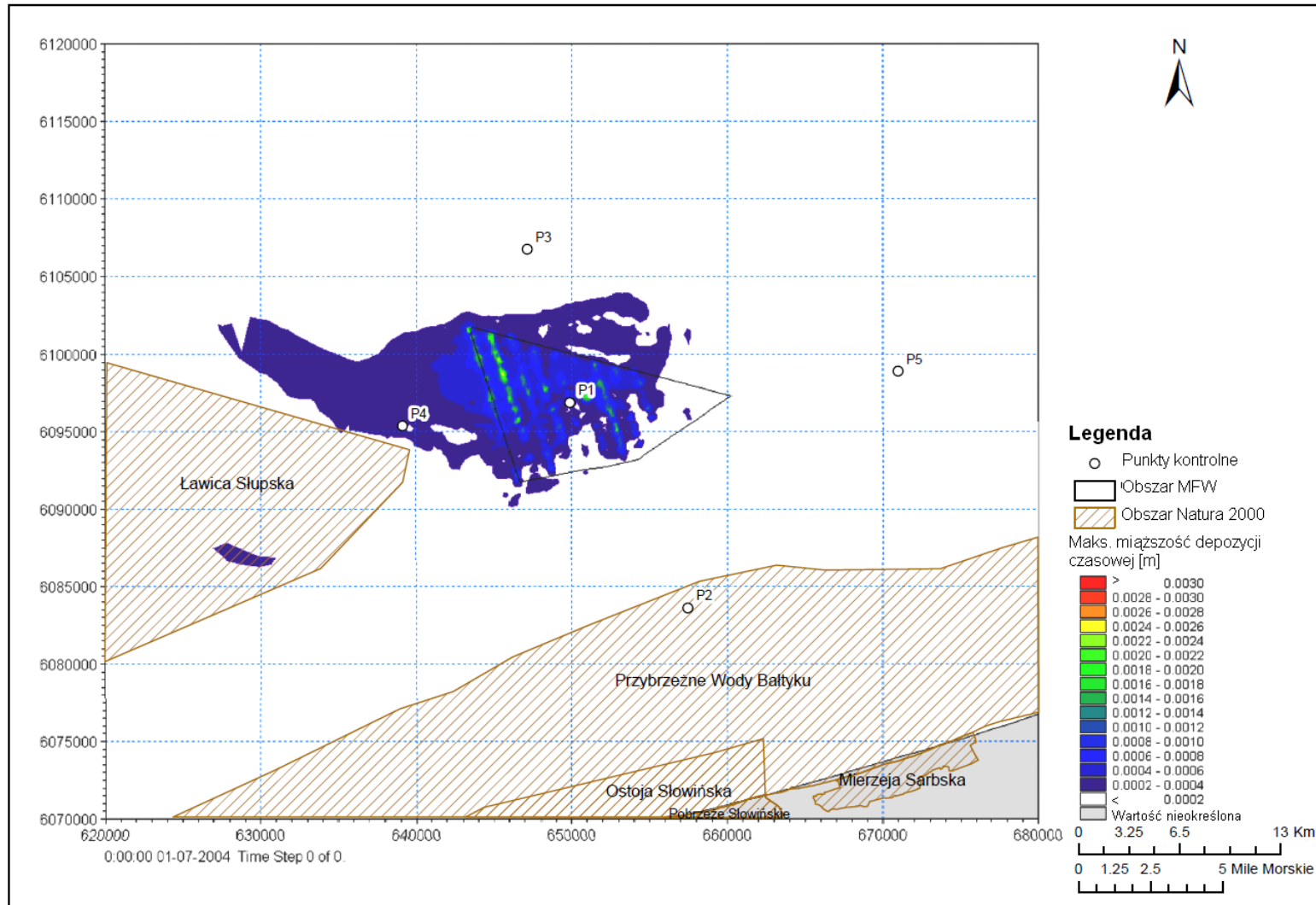
Wyniki przedstawiono na rysunkach od Rys. 7-24 do Rys. 7-29.



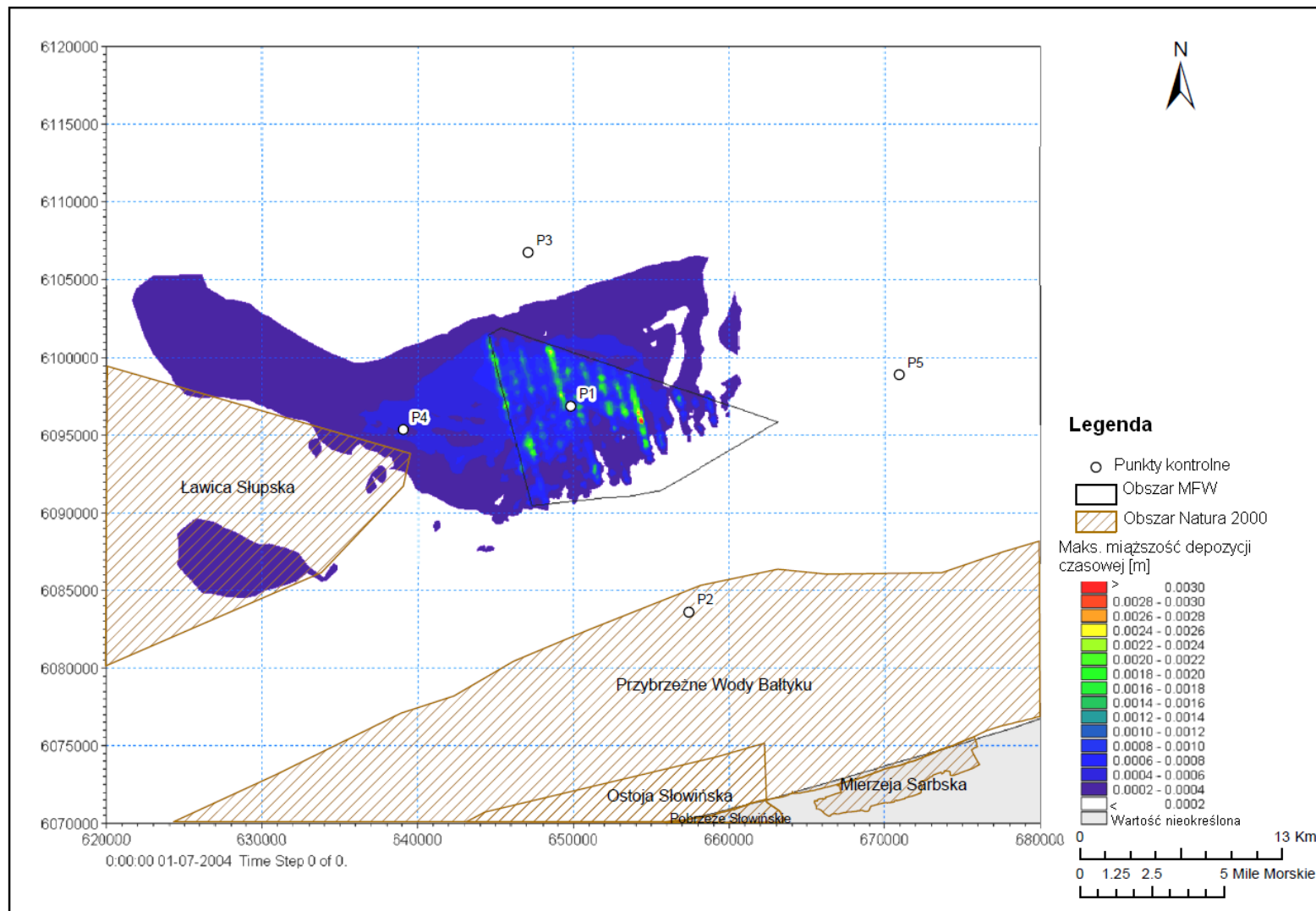
Rys. 7-24 Maksymalne stężenia przy dnie dla całego okresu robót pogłębieniowych – wariant przyjęty do realizacji



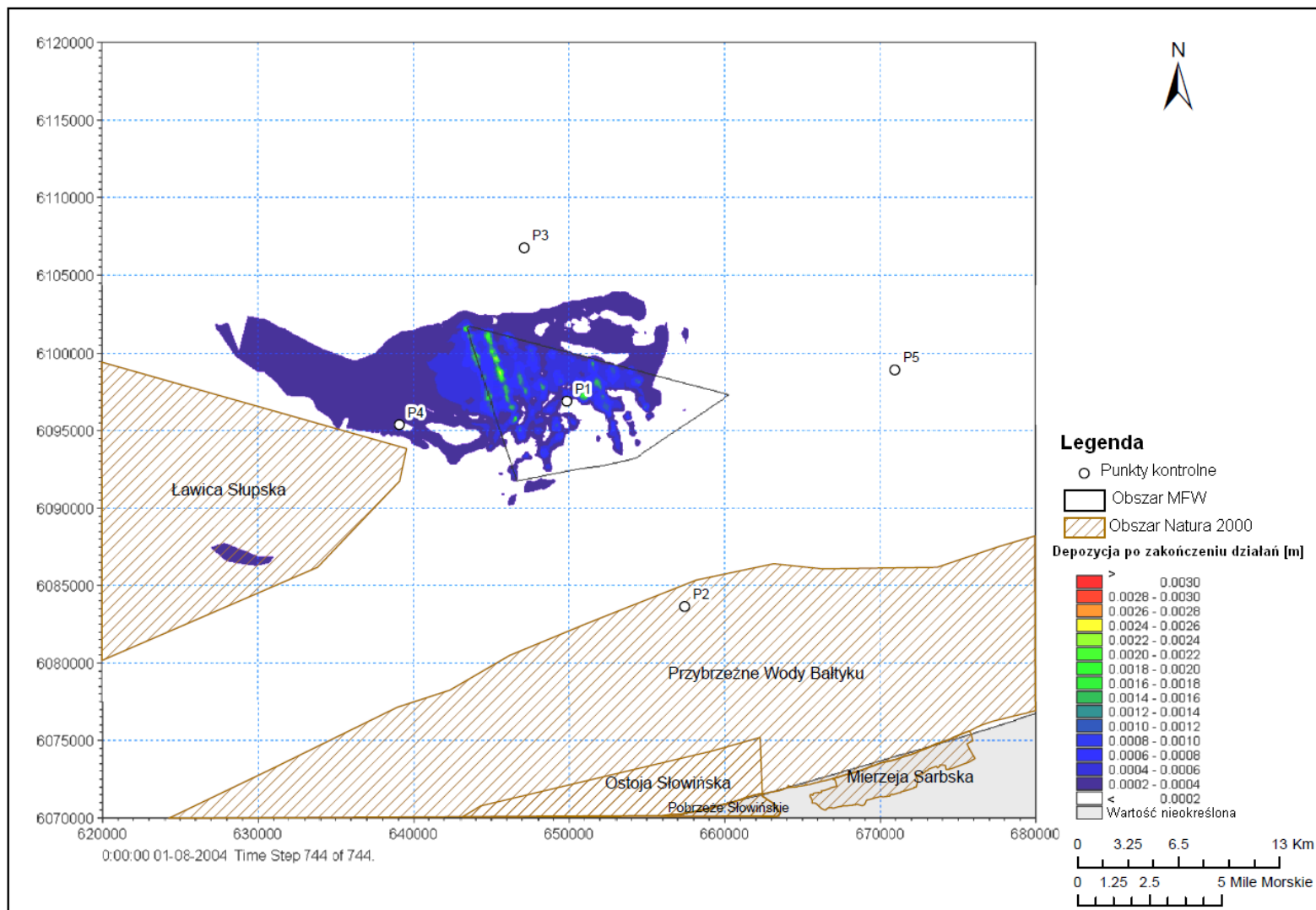
Rys. 7-25 Maksymalne stężenia przy dnie dla całego okresu robót pogłębieniowych - racjonalny wariant alternatywny



Rys. 7-26 Maksymalna głębokość czasowej depozycji osadów – wariant przyjęty do realizacji

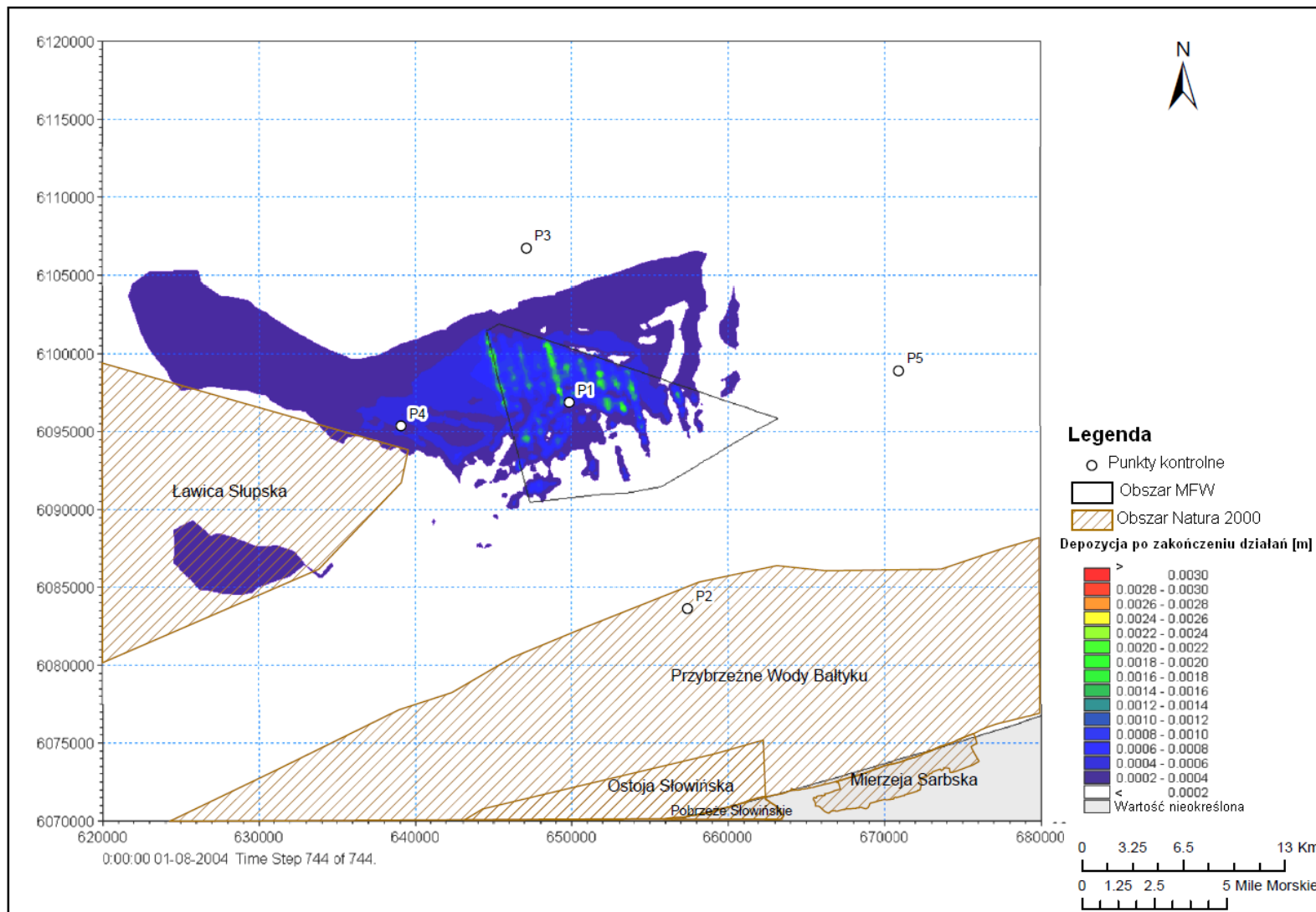


Rys. 7-27 Maksymalna głębokość czasowej depozycji osadów - racjonalny wariant alternatywny



Rys. 7-28 Depozycja osadu po zaprzestaniu wszelkich robót pogłębieniowych – wariant przyjęty do realizacji





Rys. 7-29 Depozycja osadu po zaprzestaniu wszelkich robót pogłębieniowych - racjonalny wariant alternatywny

## 7.2.3 Ocena

### 7.2.3.1 Ocena MFW BS III

Mapka maksymalnych stężeń przedstawia maksymalne stężenia, jakie wystąpią w poszczególnych miejscach. Tak więc, nie jest to obraz rzeczywistej chmury osadu, ale mapa przedstawiająca maksymalne stężenia w różnych punktach. Mapa ta wskazuje, że maksymalny wzrost stężeń ponad tło nigdzie nie przekroczy 20 mg/l w granicach farmy wiatrowej i 10 mg/l poza farmą wiatrową.

Podobnie, mapa depozycji pokazuje, że poziom depozycji osiągnie maksymalnie 2-3 mm w czasie trwania i po zakończeniu robót pogłębieniowych. Ta stosunkowo niewielka wartość wskazuje, że wynoszony materiał osiada na stosunkowo dużej powierzchni, co powoduje, że efekt długofalowy jest niewielki. W czasie robót pogłębieniowych może nastąpić depozycja czasowa. Maksymalny poziom tej depozycji przedstawia Rys. 7-26.

Wyniki wskazują na to, że będzie nastąpiła depozycja tymczasowa i że w okresie robót pogłębieniowych grubość zdeponowanych osadów może dochodzić do 3,5 mm.

Ocenę omawianego oddziaływania przedstawia Tabela 7-5.

Tabela 7-5 Ocena oddziaływania wynoszonego osadu

Oddziaływanie	Skala ekspozycji	Czas trwania	Intensywność	Skala oddziaływania
Reżim sedymentacji	Lokalna	Krótkotrwałe i długotrwałe	Niska	Pomijalna

Gdyby zaistniała potrzeba podjęcia działań ograniczających oddziaływanie, należałoby ograniczyć wynoszenie lub rozprzestrzenianie się osadów. Cel ten można osiągnąć stosując inne metody pogłębiania lub ekrany przeciwmulowe. Jednak wyniki wskazują na to, że nie ma takiej potrzeby ze względu na znikomość oddziaływania.

### 7.2.3.2 Ocena oddziaływań skumulowanych

Zważywszy pomijalne oddziaływanie poza obszarem farmy wiatrowej nie należy się spodziewać skumulowanych oddziaływań z sąsiednich farm.

### 7.2.3.3 Ocena oddziaływania na obszary Natura 2000

Wyniki wskazują na niewielki poziom depozycji na sąsiadujących z przedsięwzięciem obszarach Natura 2000; jednak zdeponowane ilości będą tak niskie, że w praktyce będą niewykrywalne. Nie przewiduje się mierzalnego wzrostu stężeń zawiesiny.

## 7.3 Tłumienie fal

### 7.3.1 Założenia

Kiedy fale uderzają o fundament elektrowni wiatrowej, część ich energii ulega odbiciu. Powoduje to zmianę charakterystyki falowania w granicach farmy wiatrowej oraz po stronie zawietrznej od farmy. Zmiana wysokości fal zależy od:

- Głębokości wody
- Okresu fal nadpływających
- Kształtu fundamentu i podwodnej części masztu
- Liczby i wzajemnego rozmieszczenia elektrowni wiatrowych

W ramach oceny oddziaływania na środowisko, w prognozowaniu fal uwzględniono wpływ turbin wiatrowych na fale nadpływające. Do obliczenia odbicia fal o fundamenty poszczególnych wiatraków posłużyły parametry określone tymi samymi lokalizacjami oraz właściwościami, jak w przypadku prądów i osadów.

### 7.3.2 Modelowanie

Do oceny oddziaływania obu wariantów na reżim falowania wybrano warunki stycznia 2013. Rok 2013 był również tym, dla którego dostępne były dane o falowaniu. Ponadto, falowanie zimą jest silniejsze niż latem, co widać na Rys. 4-1. Symulacje falowania wykonano dla sytuacji z elektrowniami wiatrowymi i bez nich, a następnie oceniono różnice między nimi.

### 7.3.3 Ocena

#### 7.3.3.1 Ocena MFW BŚ III

Średnią i maksymalną różnicę wysokości symulowanych fal znaczących w sytuacji z elektrowniami wiatrowymi i bez nich przedstawiają Rys. 7-31 - Rys. 7-33. Jak widać, oddziaływanie maksymalne jest niewielkie (1 cm dla wariantu przyjętego do realizacji i 4 cm dla racjonalnego wariantu alternatywnego) w porównaniu z falami niezaburzonymi, w związku z czym można je uznać za pomijalne.

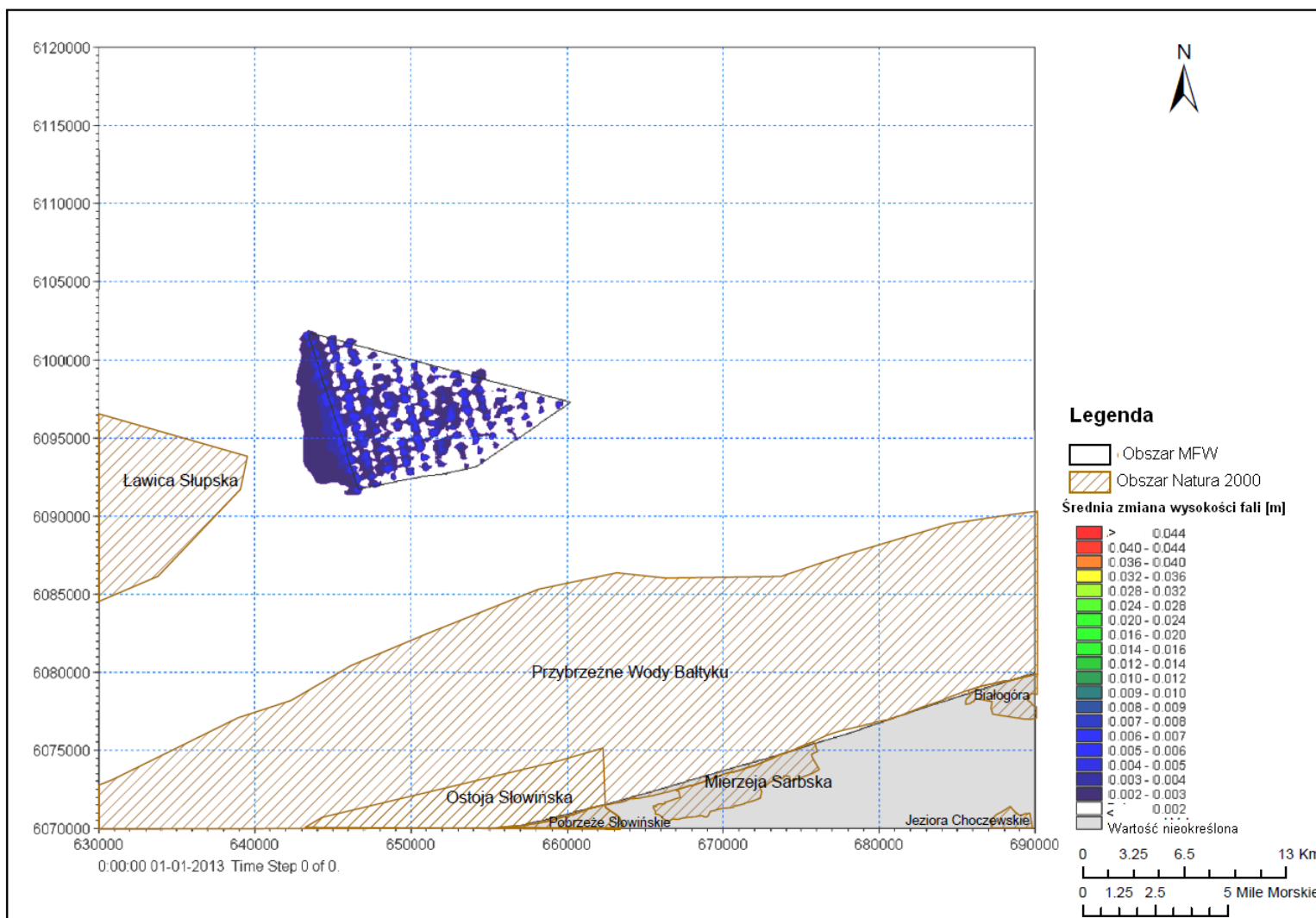
Z pewnością największy wpływ na falowanie będzie miał taki typ i taka liczba fundamentów, która powoduje największe odbicie. Największe odbicie powodują fundamenty CFG, a najsilniejsze oddziaływanie, jak widać, będzie się wiązało z racjonalnym rozwiązaniem alternatywnym. Jednak, jak już wykazano, oddziaływanie fundamentów CFG na fale będzie jedynie niewielkie, w związku z czym dopuszczalny jest wybór dowolnego typu fundamentów (CFG, jednopalowe, trójnożne, kratownicowe), ponieważ żaden z nich nie będzie znacząco oddziaływał na reżim falowania.

Zważywszy pomijalną skalę oddziaływania uznano, że nie ma potrzeby stosowania środków ograniczających oddziaływanie.

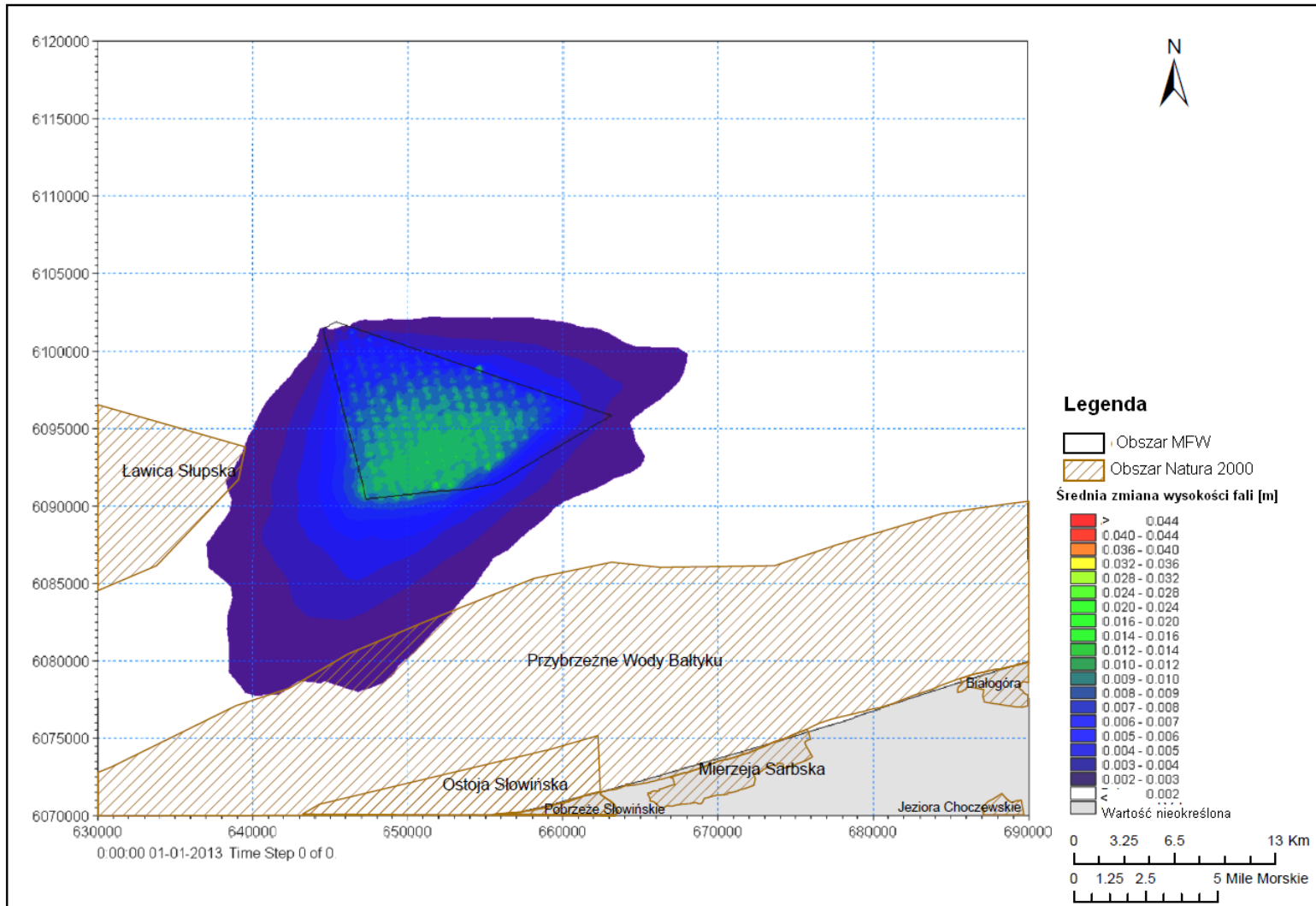
Ocenę oddziaływania na fale przedstawiono w Tabeli 7-6.

Tabela 7-6 Ocena oddziaływania na reżim falowania

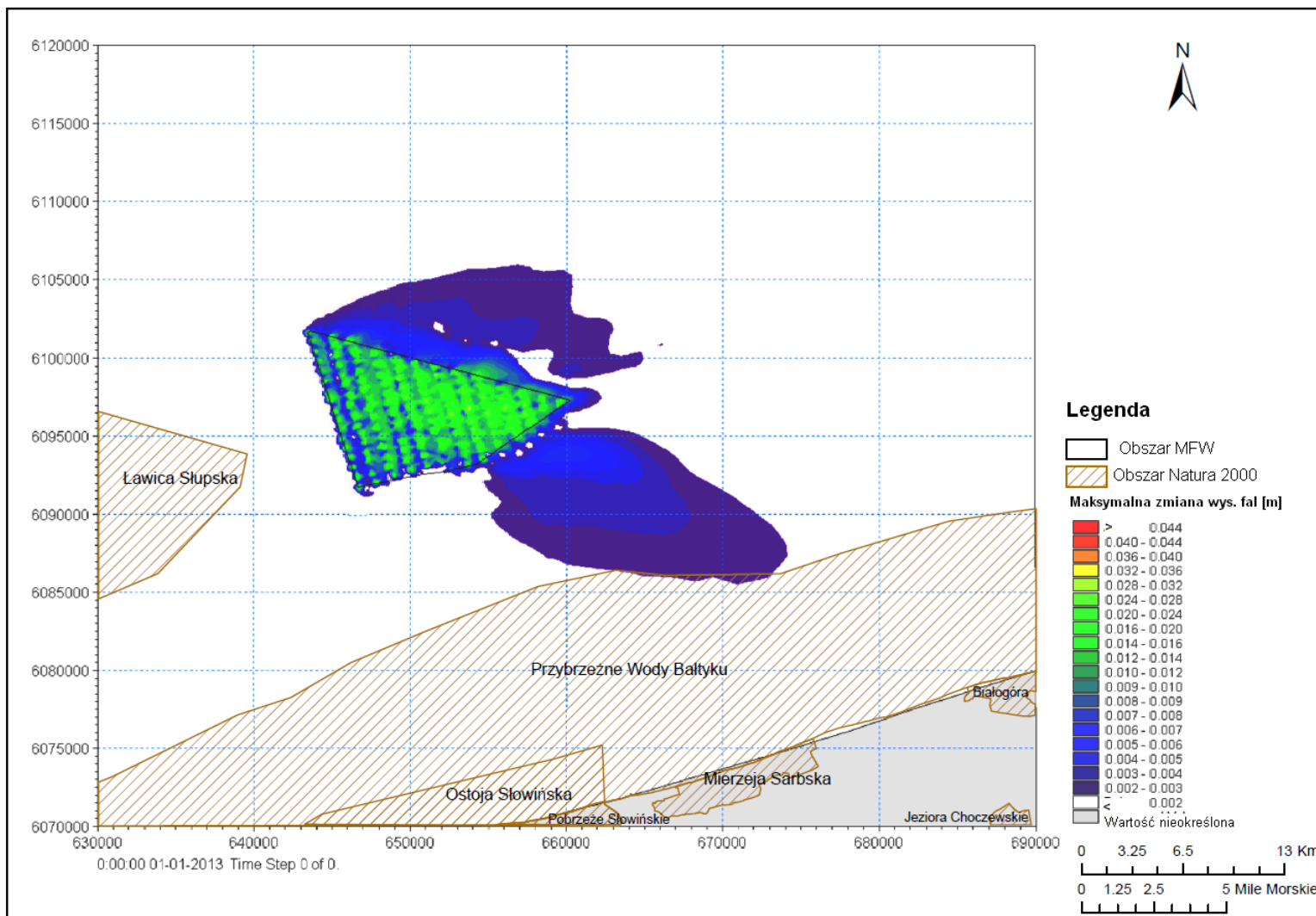
Oddziaływanie	Skala ekspozycji	Czas trwania	Intensywność	Skala oddziaływania
Reżim falowania	Lokalna	Krótkoterminowe i długoterminowe	Niska	Pomijalna



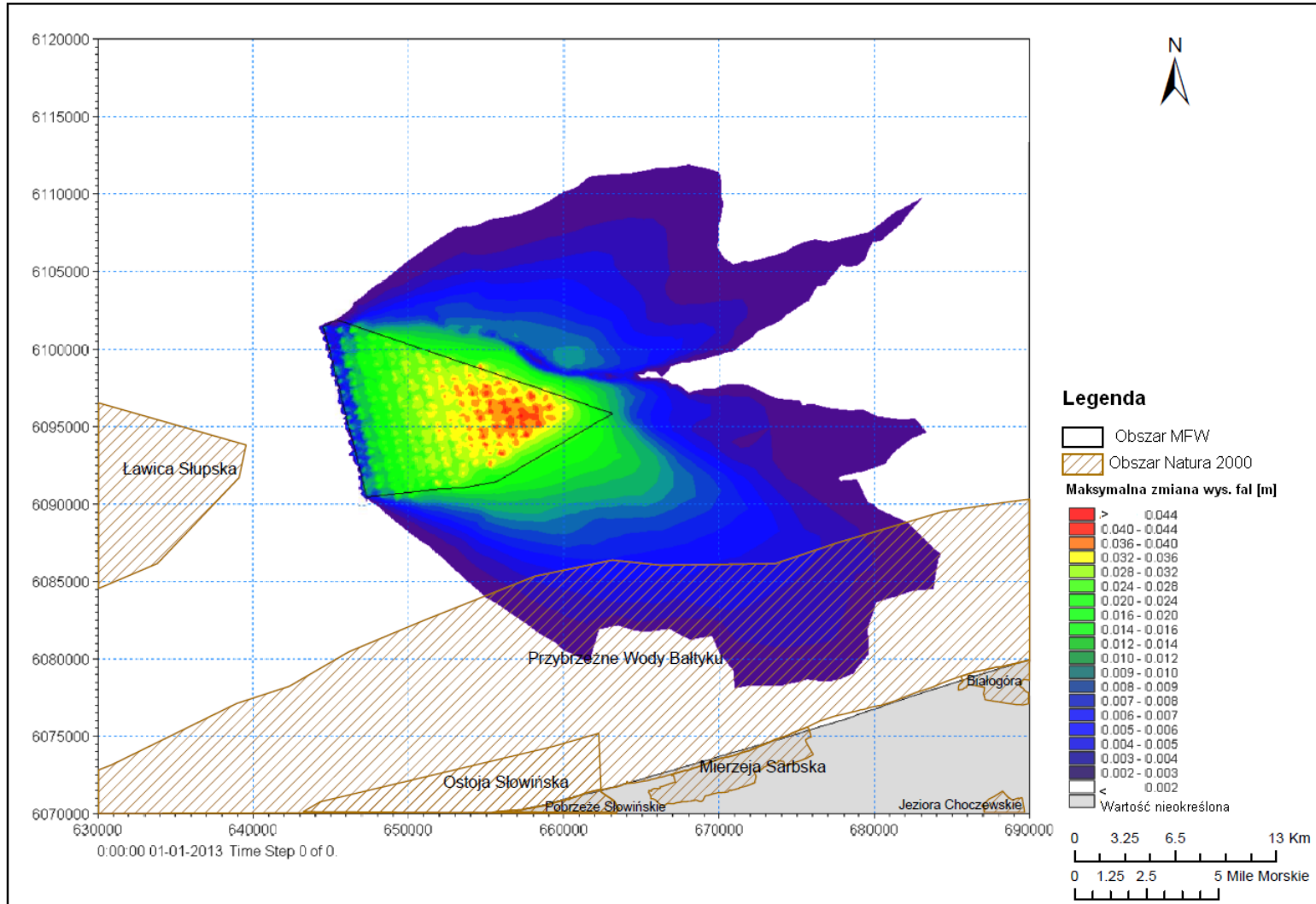
Rys. 7-30 Średnia zmiana wysokości fal - wariant przyjęty do realizacji



Rys. 7-31 Średnia zmiana wysokości fali -racjonalny wariant alternatywny



Rys. 7-32 Maksymalna zmiana wysokości fal - wariant przyjęty do realizacji



Rys. 7-33 Maksymalna zmiana wysokości fal - racjonalny wariant alternatywny



### 7.3.3.2 Ocena oddziaływań skumulowanych

Zważywszy pomijalną skalę oddziaływania nie należy się spodziewać skumulowanych oddziaływań z sąsiednich farm.

### 7.3.3.3 Ocena oddziaływania na obszary Natura 2000

Oddziaływanie na reżim falowania wokół MFW BŚ III uznano za pomijalne w obu wariantach. Tak więc, nie przewiduje się oddziaływań na przyległych obszarach Natura 2000. W przypadku racjonalnego wariantu alternatywnego maksymalne oddziaływanie w granicach obszarów Natura 2000 wyniesie poniżej 1 cm.

## 8 Literatura

- /1/ DHI, MIKE 3 Flow Model FM, Oceanographic downscaling Module, Step-by-step training
- /2/ /2/. Royal HaskoningDHV. High Level Technical Design Options Study. Polenergia Offshore Wind Developments for Projects Middle Baltic II and Middle Baltic III - 04.2.2014
- /3/ /3/ Sumer, B.M. and J. Fredsøe. 2002. The mechanics of scour in the marine environment. World Scientific, Singapore, 536 pp.
- /4/ MFW Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o., Morska farma wiatrowa Bałtyk Środkowy III – opis metodyki wariantowania, 4.12.2013
- /5/ Royal HaskoningDHV, High Level Technical Design Options Study. Version 1 – initial concept, Polenergia Offshore Wind Developments for projects Middle Baltic II and Middle Baltic III., 04 February 2014

## 9 Rysunki

Rys. 2-1	Lokalizacja planowanej MFW „Bałtyk Środkowy III” .....	3
Rys. 2-2	Istniejący model 3D firmy DHI dla Morza Bałtyckiego .....	5
Rys. 3-1	Ustawienia i rozdzielczość modelu wokół BŚ III .....	8
Rys. 3-2	Zarejestrowane wypływy z rzek Odry i Wisły w 2013 .....	10
Rys. 3-3	Lokalizacja punktów pomiarowych.....	12
Rys. 3-4	Uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone: prędkość prądu (linie: czarna i zielona) oraz kierunek prądu (odpowiednio linie: ciemnoniebieska i jasnoniebieska) w okresie styczeń 2013 - luty 2014 na stanowisku BS31. Średnia prędkość prądów w przedziałach głębokości: 4-8 m, 8-12 m i 12-16 m poniżej powierzchni wody .....	13
Rys. 3-5	Uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone: prędkość prądu (linie: czarna i zielona) oraz kierunek prądu (odpowiednio linie: ciemnoniebieska i jasnoniebieska) w okresie styczeń 2013 - luty 2014 na stanowisku BS31. Średnia prędkość prądów w przedziałach głębokości: 16-20 m i 20-24 m poniżej powierzchni wody.....	14
Rys. 3-6	Uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone: prędkość prądu (linie: czarna i zielona) oraz kierunek prądu (odpowiednio linie: ciemnoniebieska i jasnoniebieska) w okresie styczeń 2013 - luty 2014 na stanowisku BS32. Średnia prędkość prądów w przedziałach głębokości: 4-8 m, 8-12 m i 12-16 m poniżej powierzchni wody .....	15
Rys. 3-7	Uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone: prędkość prądu (linie: czarna i zielona) oraz kierunek prądu (odpowiednio linie: ciemnoniebieska i jasnoniebieska) w okresie styczeń 2013 - luty 2014 na stanowisku BS32. Średnia prędkość prądów w przedziałach głębokości: 16-20 m i 20-24 m poniżej powierzchni wody.....	16
Rys. 3-8	Uzyskane w wyniku symulacji poziomy wód i zmierzone głębokości (przeliczone na poziom wód). Przesunięcie w niektórych okresach jest wynikiem zmiany pozycji stanowiska pomiarowego po czynnościach serwisowych .....	17
Rys. 3-9	Zasolenie uzyskane w wyniku symulacji i zmierzone .....	18
Rys. 3-10	Temperatura wody uzyskana w wyniku symulacji (linia jasnoniebieska) i zmierzona (linia niebieska).....	19
Rys. 4-1	Uzyskane w wyniku symulacji (linia jasnoniebieska) i zmierzone (linia ciemnoniebieska) wysokości fal, okresy fal i kierunki fal na stanowisku BS31 .....	23
Rys. 4-2	Uzyskane w wyniku symulacji (linia jasnoniebieska) i zmierzone (linia ciemnoniebieska) wysokości fal, okresy fal i kierunki fal na stanowisku BS32 .....	24
Rys. 5-1	Lokalizacja planowanej MFW „Bałtyk Środkowy III” .....	25
Rys. 5-2	Granice obszaru MFW BŚ III i strefy buforowej (MFW Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o.).....	26
Rys. 6-1	Wykres róży dla prądów dla roku 2004.....	32
Rys. 6-2	Wykres róży dla prądów dla 10-letniego okresu 2000-2010.....	32
Rys. 6-3	Wykres róży dla wiatru dla roku 2004.....	33
Rys. 6-4	Wykres róży dla wiatru dla 10-letniego okresu 2000-2010.....	33
Rys. 7-1	Szkic silnych ruchów turbulentnych wywołanych obecnością pionowego słupa stalowego przy przepływie w kanale otwartym .....	35
Rys. 7-2	Uzyskane w wyniku symulacji bazowe prędkości prądów w okresie zimowym przed budową farmy wiatrowej (tylko ostatni krok czasowy) .....	37
Rys. 7-3	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów w okresie zimowym dla wariantu przyjętego do realizacji (tylko ostatni krok czasowy) .....	38
Rys. 7-4	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów w okresie zimowym dla racjonalnego wariantu alternatywnego (tylko ostatni krok czasowy) .....	39
Rys. 7-5	Uzyskane w wyniku symulacji bazowe prędkości prądów w okresie letnim przed budową farmy wiatrowej .....	40
Rys. 7-6	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów w okresie letnim dla wariantu przyjętego do realizacji .....	41
Rys. 7-7	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów w okresie letnim dla racjonalnego wariantu alternatywnego .....	42

Rys. 7-8	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla warunków bazowych w 5 punktach – styczeń 2004 r. ....	43
Rys. 7-9	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla wariantu przyjętego do realizacji w 5 punktach - styczeń 2004 r. ....	43
Rys. 7-10	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla racjonalnego wariantu alternatywnego w 5 punktach - styczeń 2004 r. ....	44
Rys. 7-11	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla warunków bazowych w 5 punktach – lipiec 2004 r. ....	44
Rys. 7-12	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla wariantu przyjętego do realizacji w 5 punktach - lipiec 2004 r. ....	45
Rys. 7-13	Uzyskane w wyniku symulacji prędkości prądów powierzchniowych dla racjonalnego wariantu alternatywnego w 5 punktach - lipiec 2004 r. ....	45
Rys. 7-14	Różnica w uzyskanych w wyniku symulacji prędkościach prądów powierzchniowych w 5 punktach, P1-P5, z wiatrakami i bez wiatraków - wariant przyjęty do realizacji, lipiec 2004 r. ....	47
Rys. 7-15	Różnica w uzyskanych w wyniku symulacji prędkościach prądów powierzchniowych w 5 punktach, P1-P5, z wiatrakami i bez wiatraków - racjonalny wariant alternatywny, lipiec 2004 r. ....	47
Rys. 7-16	Różnica w uzyskanych w wyniku symulacji prędkościach prądów powierzchniowych w 5 punktach, P1-P5, z wiatrakami i bez wiatraków - wariant przyjęty do realizacji, styczeń 2004 r. ....	48
Rys. 7-17	Różnica w uzyskanych w wyniku symulacji prędkościach prądów powierzchniowych w 5 punktach, P1-P5, z wiatrakami i bez wiatraków - racjonalny wariant alternatywny, styczeń 2004 r. ....	48
Rys. 7-18	Zmiana średniej prędkości prądów w warunkach bazowych w styczniu 2004 r. - wariant przyjęty do realizacji. Zielono-niebieskie kontury oznaczają zmniejszenie prędkości, czerwony kolor oznacza wzrost prędkości. ....	49
Rys. 7-19	Zmiana średniej prędkości prądów w warunkach bazowych w styczniu 2004 r. - racjonalny wariant alternatywny. Zielono-niebieskie kontury oznaczają zmniejszenie prędkości, czerwony kolor oznacza wzrost prędkości. ....	51
Rys. 7-20	Zmiana średniej prędkości prądów w warunkach bazowych w lipcu 2004 r. - wariant przyjęty do realizacji. Zielono-niebieskie kontury oznaczają zmniejszenie prędkości, czerwony kolor oznacza wzrost prędkości. ....	52
Rys. 7-21	Zmiana średniej prędkości prądów w warunkach bazowych w lipcu 2004 r. - racjonalny wariant alternatywny. Zielono-niebieskie kontury oznaczają zmniejszenie prędkości, czerwony kolor oznacza wzrost prędkości. ....	54
Rys. 7-22	Obecne i planowane wykorzystanie dna morskiego w polskiej WSE (źródło: Grygiel i in., 2013) ....	55
Rys. 7-23	Planowane morskie farmy wiatrowe zlokalizowane w polskiej WSE (źródło: Royal Haskoning DHV 2014) ....	56
Rys. 7-24	Maksymalne stężenia przy dnie dla całego okresu robót pogłębieniowych – wariant przyjęty do realizacji.....	60
Rys. 7-25	Maksymalne stężenia przy dnie dla całego okresu robót pogłębieniowych - racjonalny wariant alternatywny ....	61
Rys. 7-26	Maksymalna głębokość czasowej depozycji osadów – wariant przyjęty do realizacji.....	62
Rys. 7-27	Maksymalna głębokość czasowej depozycji osadów - racjonalny wariant alternatywny ....	63
Rys. 7-28	Depozycja osadu po zaprzestaniu wszelkich robót pogłębieniowych – wariant przyjęty do realizacji .....	64
Rys. 7-29	Depozycja osadu po zaprzestaniu wszelkich robót pogłębieniowych - racjonalny wariant alternatywny.....	65
Rys. 7-30	Średnia zmiana wysokości fal - wariant przyjęty do realizacji .....	69
Rys. 7-31	Średnia zmiana wysokości fal -racjonalny wariant alternatywny .....	70
Rys. 7-32	Maksymalna zmiana wysokości fal - wariant przyjęty do realizacji .....	71
Rys. 7-33	Maksymalna zmiana wysokości fal - racjonalny wariant alternatywny .....	72

## 10 Tabele

Tabela 3-1	Typy warunków brzegowych i źródła danych .....	9
Tabela 3-2	Dostępność danych ze stacji pomiarowej BS31: 54°59'50.268 N, 017°20'32.606 E .....	11
Tabela 3-3	Dostępność danych ze stacji pomiarowej BS32: 54°57'19.50875 N, 017°17'43.82026 E .....	11
Tabela 5-1	Podstawowe parametry techniczne MFW BŚ III (racjonalny wariant alternatywny) .....	27
Tabela 5-2	Podstawowe parametry techniczne MFW BŚ III (wariant przyjęty do realizacji) .....	28
Tabela 5-3	Porównanie parametrów technicznych obu wariantów .....	29
Tabela 7-1	Ocena oddziaływania na prądy .....	55
Tabela 7-2	Działania objęte przedsięwzięciem powodujące wynoszenie osadów i ich potencjalne oddziaływania .....	57
Tabela 7-3	Założenia dotyczące robót pogłębieniowych związanych z układaniem fundamentów .....	58
Tabela 7-4	Założenia dotyczące robót pogłębieniowych pod kable wewnętrzne .....	59
Tabela 7-5	Ocena oddziaływania wynoszonego osadu .....	66
Tabela 7-6	Ocena oddziaływania na reżim falowania .....	68