



**micore**

Morphological Impacts  
and COastal Risks induced  
by Extreme storm events



[www.micore.eu](http://www.micore.eu)

## SYSTEM WCZESNEGO OSTRZEGANIA PRZED SKUTKAMI SZTORMÓW

### MATERIAŁY INFORMACYJNE

pod redakcją  
prof. Kazimierza Furmańczyka



Uniwersytet Szczeciński  
Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej  
Październik 2011

[www.micore.ztikm.szczecin.pl](http://www.micore.ztikm.szczecin.pl)



# SYSTEM WCZESNEGO OSTRZEGANIA PRZED SKUTKAMI SZTORMU

## Co to jest System Wczesnego Ostrzegania ?

Głównym celem Systemu Wczesnego Ostrzegania jest uprzedzanie lub ostrzeganie użytkowników brzegu przed możliwością występowania sztormu o określonej sile, którego skutki na brzegu będą przewidziane w postaci uciążliwej lub niebezpiecznej dla użytkowników. System działa automatycznie, pobierając niezbędne dane z odpowiednich modeli prognostycznych, a wyniki prognozy są zamieszczane na bardzo łatwej w obsłudze stronie internetowej z możliwością dodatkowego powiadamiania odpowiednich służb/osób drogą sms'ową.

## Spis treści:

<b>Projekt MICORE</b>	2
<i>Wstęp</i>	2
<i>Pakiety Robocze</i>	2
<i>Współpraca</i>	3
<i>5 najważniejszych osiągnięć Projektu</i>	4
<i>Obszar badawczy</i>	4
<b>System Wczesnego Ostrzegania przed skutkami sztormów</b>	5
<i>Koncepcja Systemu</i>	5
<i>Schemat działania</i>	5
<i>Moduły budujące System</i>	5
<i>Strona internetowa Systemu</i>	6
<i>Wskaźniki - skala barwna i stopień zagrożenia</i>	7
<i>Podział na sektory</i>	8
<i>Lokalizacja profilu reprezentatywnego i najniżej położonego punktu</i>	8
<b>Wskaźniki Oddziaływania Sztormu</b>	9
<i>Profil reprezentatywny a Wskaźniki</i>	9
<i>Tabela referencyjna Wskaźników Oddziaływania Sztormu</i>	10
<b>Model XBeach 1D</b>	11
<i>Dane wejściowe</i>	11
<i>Przykład symulacji</i>	11
<i>Dane wyjściowe</i>	12
<b>Rola kamery video w ulepszaniu Systemu Wczesnego Ostrzegania</b>	13
<i>Możliwości</i>	13
<i>Wykorzystanie</i>	14
<b>Model XBeach 2D</b>	15
<i>Dane wejściowe</i>	15
<i>Przykład symulacji</i>	15
<i>Dane wyjściowe</i>	16
<b>Mapa zagrożenia</b>	17
<b>Miejsce na notatki</b>	18

## Wstęp:

Projekt MICORE był projektem badawczym realizowanym w latach 2008 - 2011 w ramach 7 Programu Ramowego Unii Europejskiej w tematyce ENV. 2007.1.3.1.1. przez konsorcjum złożone z 16 zespołów badawczych z: Włoch, Portugalii, Hiszpanii, Francji, Belgii, Wielkiej Brytanii, Bułgarii, Holandii i Polski. Koordynatorem projektu był prof. Paolo Ciavola z Uniwersytetu w Ferrarze (Włochy).

Głównym celem projektu było opracowanie i zademonstrowanie działającego w czasie rzeczywistym Systemu Wczesnego Ostrzegania przed skutkami erozji brzegu (w tym powodzi sztormowej), spowodowanej silnym sztormem, jako potencjalne profesjonalne wsparcie procedur w strategii zarządzania kryzysowego. Prace badawcze prowadzone były w obrębie 9 obszarów studyjnych w różnych obszarach Europy. Obszarem studyjnym zlokalizowanym na południowych brzegach Bałtyku była Mierzeja Dziwnowska.

Szczegółowe cele projektu skorelowane były z poszczególnymi pakietami roboczymi, które realizowane były w Polskiej części projektu przez pracowników Zakładu Teledetekcji i Kartografii Morskiej Uniwersytetu Szczecińskiego przy współpracy Urzędu Morskiego w Szczecinie i Gminy Dziwnów. Szczegółowe cele projektu zwarte były w poszczególnych pakietach roboczych.

## Pakiety Robocze:

### **Pakiet roboczy 1- Sztormy historyczne.**

Dokonanie w skali historycznej przeglądu sztormów, które miały znaczący wpływ na brzegi europejskie w celu zebrania danych dotyczących charakterystycznych parametrów sztormów, ich skutków morfologicznych oraz społeczno-ekonomicznych. Wzięto pod uwagę specyfikę regionalną brzegów, jak np. Atlantyk, Morze Północne, Bałtyk, Morze Czarne, Morze Śródziemne.

### **Pakiet roboczy 2 - Standardy danych.**

Tworzenie nowych standardów danych w celu archiwizacji informacji zebranych w pakiecie roboczym WP1 oraz danych, które były zbierane w trakcie realizacji projektu, zwłaszcza pakietu roboczego WP3.

### **Pakiet roboczy 3 - Monitoring.**

Dokonanie monitoringu 9 obszarów studyjnych przez okres jednego roku. Zgromadzenie danych dotyczących batymetrii i topografii z użyciem najnowszych technologii jak: LIDAR, ARGUS, Radar, GPS RTK itp., przy jednoczesnym pomiarze falowania i poziomu morza.

### **Pakiet roboczy 4 - Modelowanie.**

Rozwój i testowanie wiarygodnych metod modelowania numerycznego zmian morfologicznych spowodowanych przez sztorm, w tym:

- przetestowanie zdolności przewidywania wielkości falowania i spiętrzenia sztormowego na podstawie rutynowo używanych modeli;
- powiązanie modeli morfologicznych z modelami falowania;
- ocena dokładności istniejących (dotychczasowych) modeli do przewidywania skutków sztormu.

### **Pakiet roboczy 5 - Opracowanie Systemu Wczesnego Ostrzegania**

Stworzenie działającego w czasie rzeczywistym systemu wczesnego ostrzegania przed skutkami sztormu z sugestią wykorzystania go w państwowym systemie zarządzania kryzysowego.

### **Roboczy 6 - Rozpowszechnianie wyników.**

Rozpowszechnienie wyników wśród potencjalnych użytkowników na szczeblu: krajowym, europejskim i międzynarodowym poprzez:

- organizację serii spotkań roboczych;
- sporządzenie wielojęzycznego raportu;
- zastosowanie interaktywnej strony internetowej z Web-GiS technologią.

### **Pakiet roboczy 7 – Zarządzanie projektem.**

Zarządzanie projektem i administracja finansowa.

## **Współpraca:**

W Polsce projekt MICORE realizowany był przez zespół **Zakładu Teledetekcji i Kartografii Morskiej Instytutu Nauk o Morzu Uniwersytetu Szczecińskiego** w składzie:

Prof. nzw. dr hab. Kazimierz Furmańczyk,

Dr Joanna Dudzińska – Nowak,

Mgr Natalia Brzezowska,

Mgr Paweł Terefenko,

Mgr Andrzej Giza,

Mgr Rafał Benedyczak,

Mgr Paweł Andrzejewski

Mgr Marcin Szymczak

Borys Romanko oraz studenci realizujący prace magisterskie w ramach projektu.

### **przy współpracy z:**

Prof. Dr hab. Stanisław Musielak (INoM, US)

Dr Barbara Paplińska-Swerpel (IBW PAN)

Dr Konrad Furmańczyk (WZIM SGGW)

### **Partnerzy Projektu:**

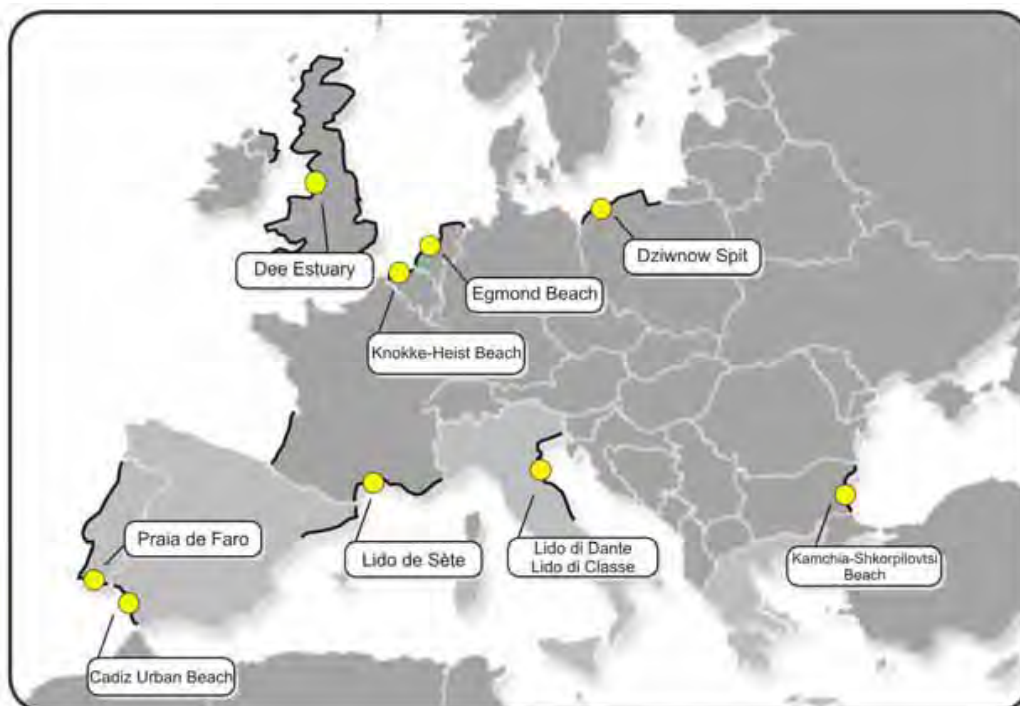
Urząd Morski w Szczecinie

Gmina Dziwnów

## 5 najważniejszych osiągnięć Projektu:

- Zrozumienie trendów sztormów historycznych w Europie;
- Prezentacja nowych formatów danych i protokołów wymiany wiedzy za pomocą narzędzia OpenEarth;
- Rozbudowa i walidacja nowego modelu o otwartym kodzie źródłowym do przewidywania skutków sztorm;
- Utworzenie prototypu operacyjnego, działającego on-line Systemu Wczesnego Ostrzegania przed skutkami sztormów;
- Budowa lepszych relacji pomiędzy ekspertami strefy brzegowej i użytkownikami końcowymi.

## Obszar badawczy:



Rozmieszczenie obszarów studyjnych.



Obszar studyjny Polski – Mierzeja Dziwnowska



# System Wczesnego Ostrzegania przed skutkami sztormów

## Koncepcja Systemu:

Podstawą Systemu Wczesnego Ostrzegania jest morfologiczny model XBeach oraz Wskaźniki Oddziaływania Sztormu. Dane wejściowe do modelu XBeach stanowią dane falowe, poziomy morza oraz dane morfologiczne. Opracowane Wskaźniki Oddziaływania Sztormu ukazują 3 rodzaje zagrożeń wraz z ich skalą oddziaływania na brzeg podczas trwania sztormu. Następnie wyniki symulacji modelem XBeach porównywane są z wartościami progowymi Wskaźników a stopień zagrożenia prezentowany jest na stronie internetowej.

## Schemat działania:

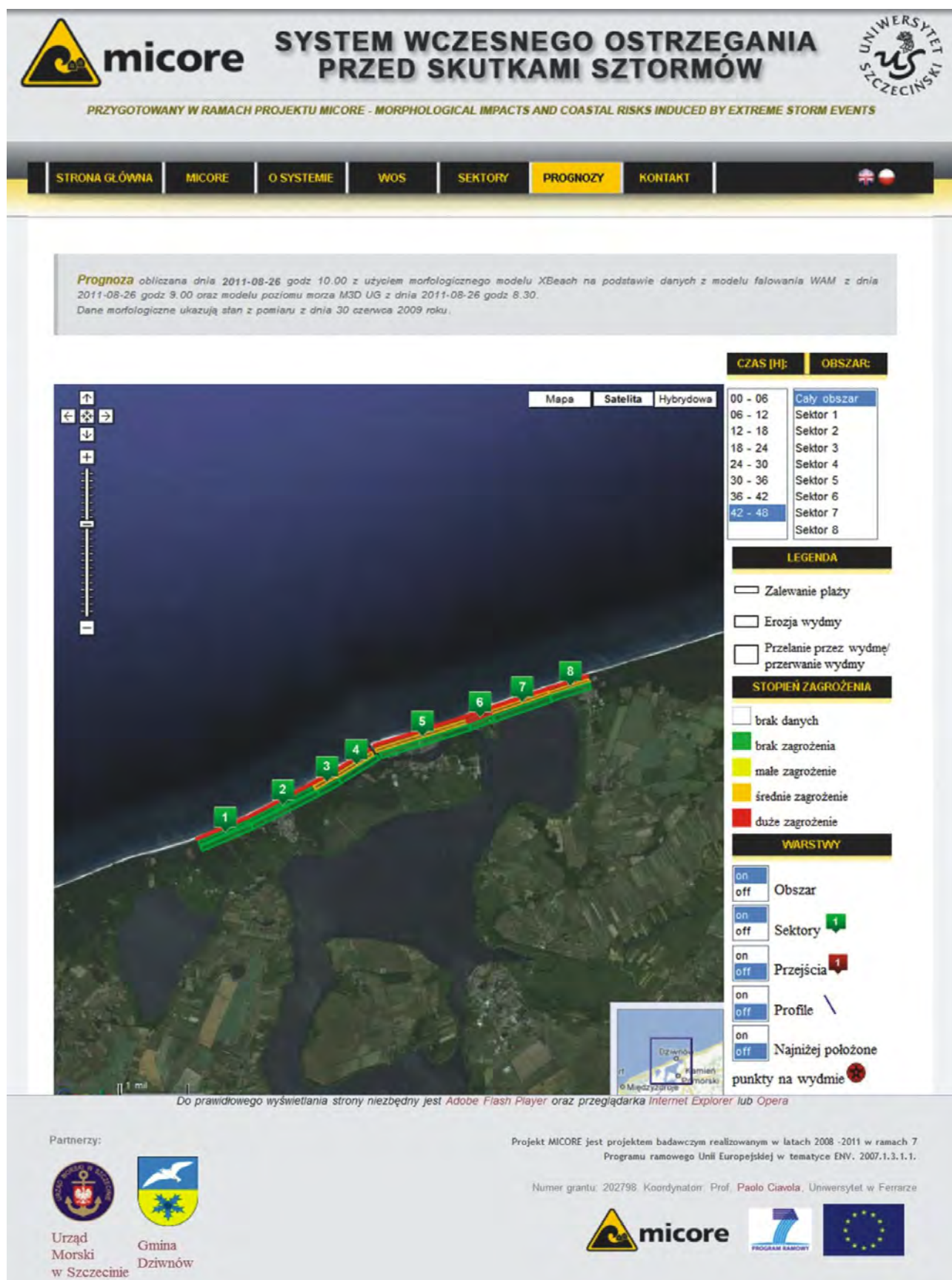


## Moduły budujące System:

- **Moduł obserwacji**, w którym gromadzone są dane niezbędne do modelowania numerycznego, opisujące parametry hydro-meteorologiczne oraz pomiary morfologii brzegu;
- **Moduł prognozy**, składający się z numerycznych modeli prognoz: pogody, falowania, wezbrań i morfologii (XBeach);
- **Moduł wspomaganie decyzji**, zawierający narzędzia (tj. Wskaźniki Oddziaływania Sztormu i mapy zagrożeń) w celu wspierania podejmowania decyzji;
- **Moduł ostrzegania**, gdzie zagrożenia definiowane są w zależności od lokalnych wartości progowych;
- **Moduł wizualizacji**, wyświetlający informacje on-line w celu wspomaganie decyzji użytkowników końcowych.

## Strona internetowa Systemu:

Prognoza zagrożeń brzegu zdefiniowana za pomocą Wskaźników Oddziaływania Sztormu prezentowana jest na stornie internetowej: [www.micore.ztikm.szczecin.pl](http://www.micore.ztikm.szczecin.pl). Wizualizacja stopnia zagrożenia odbywa się na interaktywnym podkładzie Google Maps za pomocą skali barwnej.



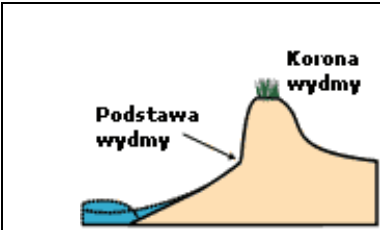
## Wskaźniki - skala barwna i stopień zagrożenia

Opracowane zostały 3 Wskaźniki:

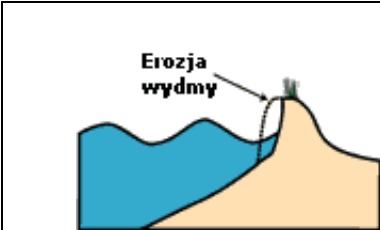
1. zalewanie plaży,
2. erozja wydmy,
3. przelanie przez wydmy/przerwanie wydmy.

Przewidywany poziom zagrożenia dla każdego ze Wskaźników określony jest skalą barwną: kolor zielony - brak zagrożenia, żółty - małe zagrożenie, pomarańczowy - średnie zagrożenie i czerwony - duże zagrożenie.

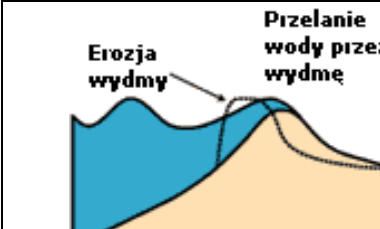
### Wskaźnik 1: zalewanie plaży

	Skala barwna	Stopień zagrożenia
	brak danych	-----
		brak zagrożenia
		małe zagrożenie
		średnie zagrożenie
		duże zagrożenie

### Wskaźnik 2: erozja wydmy

	Skala barwna	Stopień zagrożenia
	brak danych	-----
		brak zagrożenia
		małe zagrożenie
		średnie zagrożenie
		duże zagrożenie

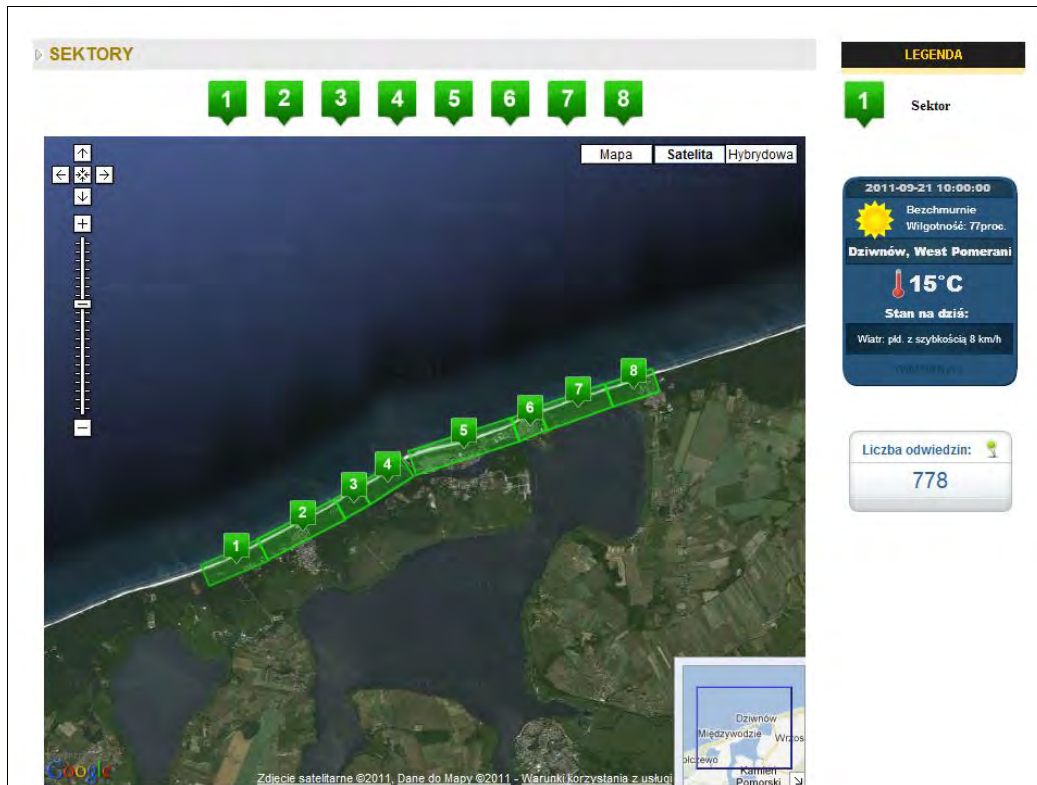
### Wskaźnik 3: przelanie przez wydmy/ przerwanie wydmy

	Skala barwna	Stopień zagrożenia
	brak danych	-----
		brak zagrożenia
		małe zagrożenie
		średnie zagrożenie
		duże zagrożenie



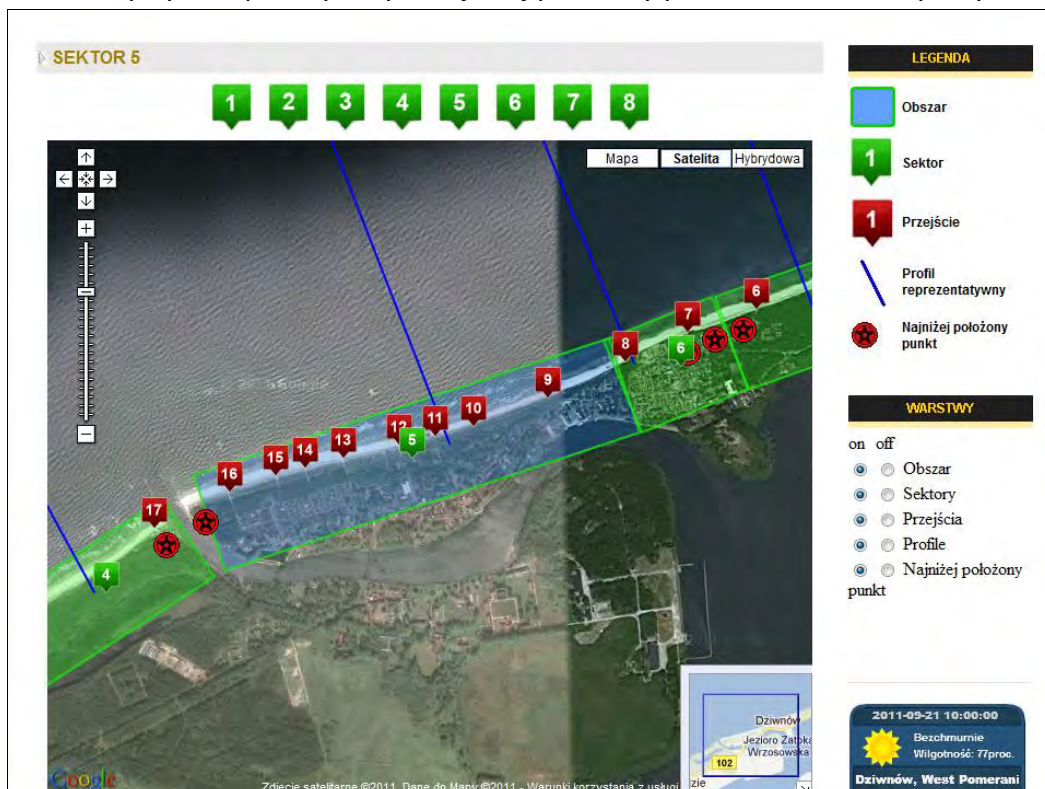
## Sektory:

Obszar Mierzei Dziwnowskiej został podzielony na 8 sektorów charakteryzujących się podobnymi warunkami morfologicznymi (szerokość plaży, wysokość wydmy) oraz obecnością budowli ochronnych brzegu.



## Lokalizacja profilu reprezentatywnego i najniżej położonego punktu

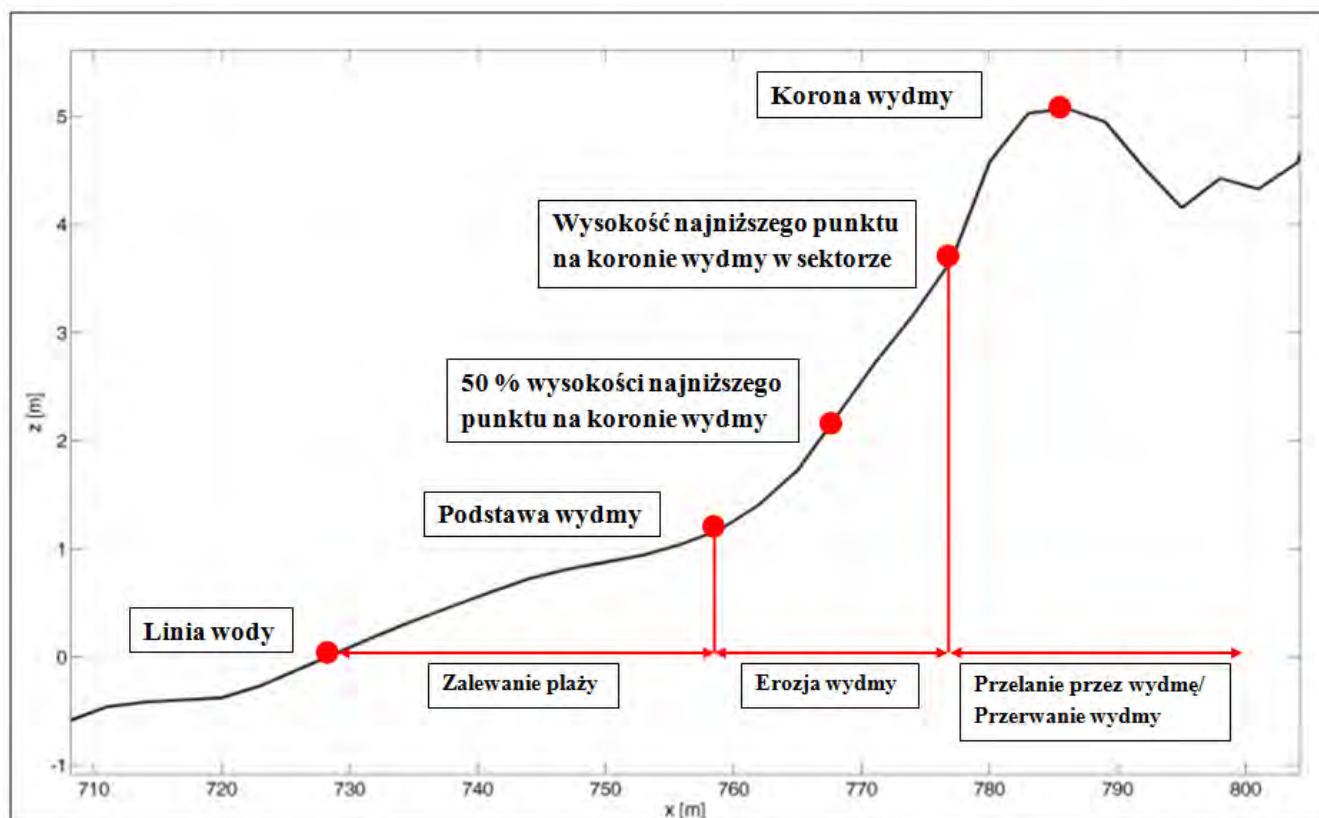
W każdym sektorze prognoza zagrożeń określana jest na bazie reprezentatywnego profilu, na który naniesiono charakterystyczne punkty w tym najniżej położony punkt na koronie wydmy w sektorze.



# Wskaźniki Oddziaływania Sztormu

## Profil reprezentatywny a Wskaźniki

Profil reprezentatywny dla każdego z ośmiu sektorów stanowi profil batymetryczno-topograficzny brzegu. Na profilu zdefiniowano punkty na podstawie których określany jest odpowiedni Wskaźnik Oddziaływania Sztormu oraz jego stopień zagrożenia. Do punktów tych należą: „linia wody”, „podstawa wydmy” oraz „korona wydmy”, które stanowią podstawowe elementy profilu brzegu morskiego. I tak pomiędzy punktem „linia wody” i „podstawa wydmy” znajduje się obszar oddziaływania Wskaźnika – **zalewanie plaży**. Pomiedzy punktem „podstawa wydmy” i „korona wydmy”, które stanowią obszar oddziaływania Wskaźnika – **erozja wydmy**, dodatkowo określono punkty: „50% wysokości najniższego punktu na koronie wydmy” oraz „wysokość najniższego punktu na koronie wydmy w sektorze”, które stanowią stopień zagrożenia tego Wskaźnika. Po przekroczeniu najniższej położonego punktu na koronie wydmy w sektorze następuje oddziaływanie ostatniego ze Wskaźników – **przelanie przez wydmy/przerwanie wydmy**.



Lokalizacja charakterystycznych punktów na profilu reprezentatywnym, na podstawie których określany jest obszar i stopień oddziaływania poszczególnych Wskaźników Oddziaływania Sztormu.

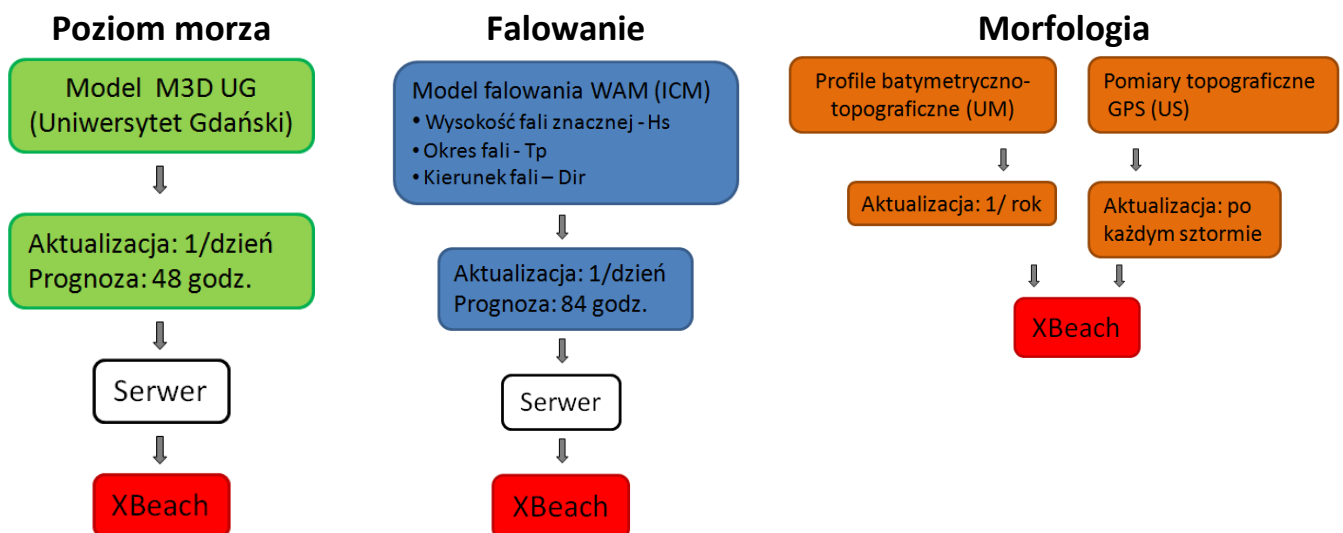
Tabela referencyjna Wskaźników Oddziaływania Sztormu							
WOS	Cel strategiczny	Cel operacyjny	Koncepcja podejścia ilościowego	Parametr systemowy	Parametry modelu	Procedura powiadomienia i interwencji	Ocena Procedury
Zalewanie plaży	Gwarancja minimalnego zagrożenia dla osób korzystających z plaży i infrastruktury znajdującej się na plaży	Minimalizacja zagrożeń dla ludzkiego zdrowia i życia oraz zminimalizowanie uszkodzeń infrastruktury	Przestrzenne mapy określające zasięg nabeżania fali na brzeg	<b>brak zagrożenia:</b> 0 - 25 % szerokości plaży pod wodą <b>małe zagrożenie:</b> 25 - 50 % szerokości plaży pod wodą <b>średnie zagrożenie:</b> 50 - 75 % szerokości plaży pod wodą <b>duże zagrożenie:</b> 75 - 100 % szerokości plaży pod wodą	Wyniki modelu określające zasięg napływu fal	Poinformowanie Urzędu Morskiego i społeczności lokalnej o zasięgu zalania plaży. Usunięcie przenośnych części infrastruktury przez ich właścicieli oraz pracowników UM	Wykonanie kontroli szkód przez inspektora UM.
Erozja wydmy	Zapewnienie bezpiecznych warunków dla mieszkańców i nieruchomości położonych na zapleczu wydmy oraz infrastruktury przejść	Minimalizacja zagrożenia życia ludzkiego i uszkodzenia mienia oraz infrastruktury przejść	Mapy obszarów narażonych na erozję	<b>brak zagrożenia:</b> maksymalny napływ fali < szerokość plaży <b>małe zagrożenie:</b> podstawa wydmy < maksymalny napływ fali < 50% wysokości najniższej położonego punktu na koronie wydmy <b>średnie zagrożenie:</b> 50% wysokości najniższej położonego punktu na koronie wydmy < maksymalny napływ fali < wysokość najniższej położonego punktu na koronie wydmy <b>duże zagrożenie:</b> erozja korony wydmy najniższej położonego punktu	Wyniki modelu określające erozję wydmy	Poinformowanie Urzędu Morskiego i społeczności lokalnej o możliwości erozji wydmy. Zamknięcie dostępu do plaży	Posztormowa inspekcja szacująca dokładność prognozy modelu
Przelanie / przerwanie wydmy	Zapewnienie bezpiecznych warunków dla mieszkańców i nieruchomości położonych na zapleczu wydmy	Minimalizacja zagrożenia życia ludzkiego i uszkodzenia mienia	Mapy obszarów zagrożonych zalaniem	<b>brak zagrożenia:</b> maksymalny napływ fali < wysokość najniższej położonego punktu na koronie wydmy <b>małe zagrożenie:</b> napływ fali "dochodzi" do wysokości najniższej położonego punktu na koronie wydmy <b>średnie zagrożenie:</b> erozja korony wydmy, przelanie przez najniższej położony punkt <b>duże zagrożenie:</b> erozja korony wydmy, wielokrotne przelanie przez najniższej położony punkt	Wyniki modelu określające miejsca przelania się wody przez wydmy oraz przelania wydmy	Poinformowanie Urzędu Morskiego oraz władz lokalnych o możliwości przelania się wody przez wydmy lub przelania wydmy Ewakuacja i akcja ratunkowa ludzi z obszarów zagrożonych powodzią	Sprawdzenie poprawności przewidywań

# Model XBeach 1D

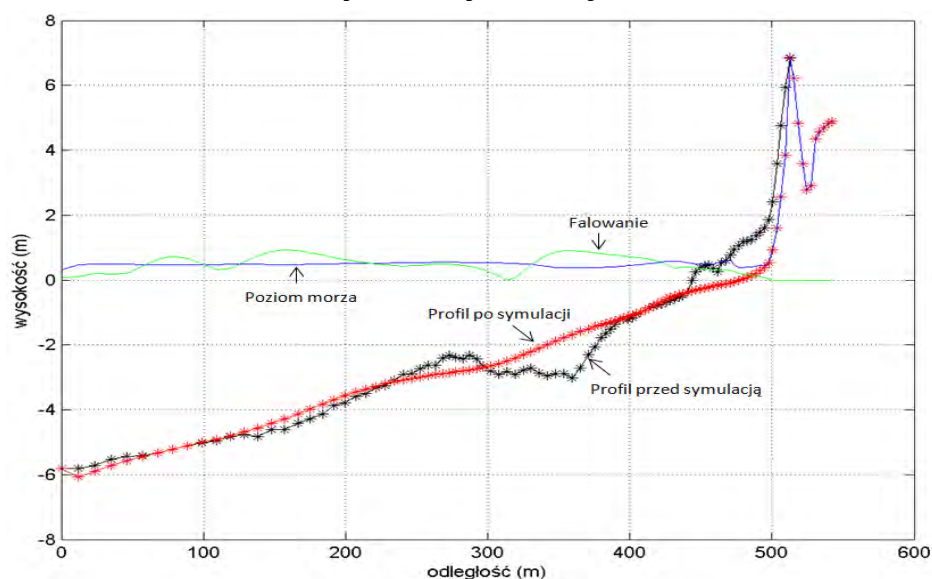
Model **XBeach** (**eXtreme Beach behavior model**) to morfologiczny model do przewidywania 'zachowania się' brzegu wydmy podczas zmiennych w czasie warunków sztormowych. Pozwala modelować takie procesy jak: nabieganie fal, erozja wydmy, przelanie wody przez wydmy, przerwanie wydmy. Model został pierwotnie opracowany i wykorzystywany przez US Army Corps of Engineers. Obecnie model jest bezpłatny, a o jego ciągły rozwój odpowiedzialni są Deltares and Delft University of Technology.

## Dane wejściowe:

Dane wejściowe do modelu XBeach stanowią dane hydrologiczne: poziom morza z modelu M3D UG, falowanie z modelu WAM oraz dane morfologiczne, które stanowią pomiary terenowe. Prognozowane dane hydrologiczne aktualizowane są codziennie natomiast dane morfologiczne - raz do roku przez Urzędy Morskie oraz ewentualnie uaktualniane po każdym sztormie przez użytkowników Systemu.

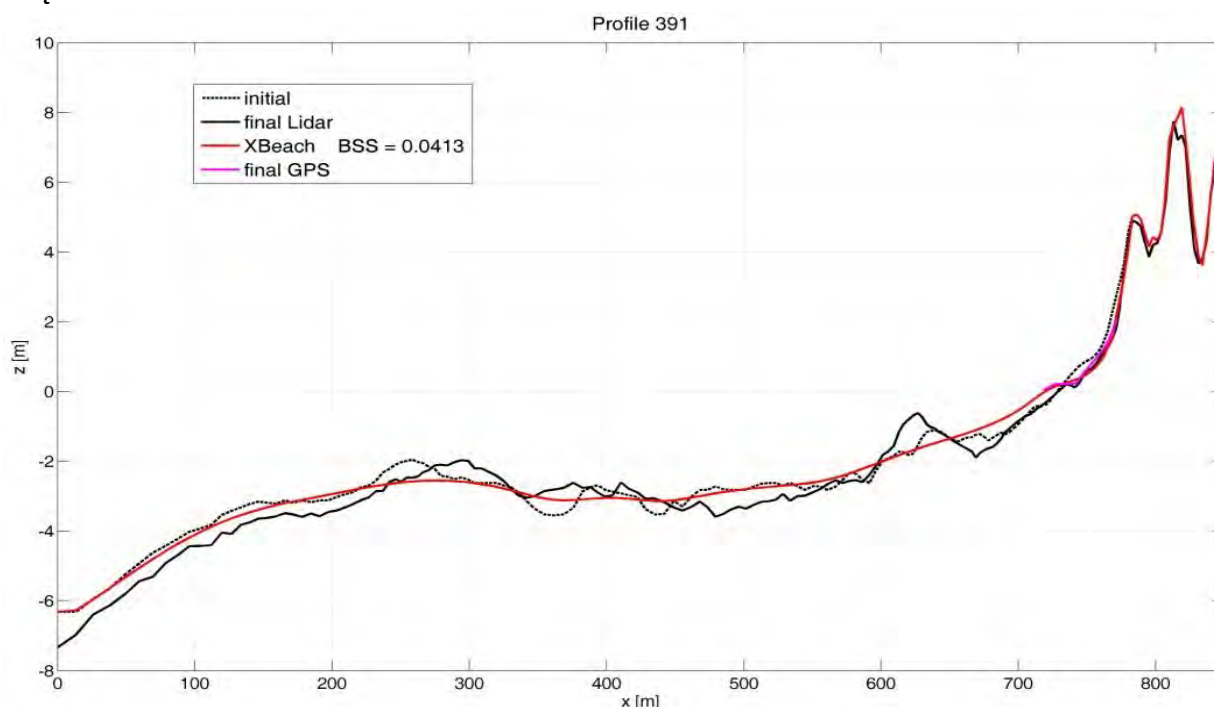


## Przykład symulacji 1D





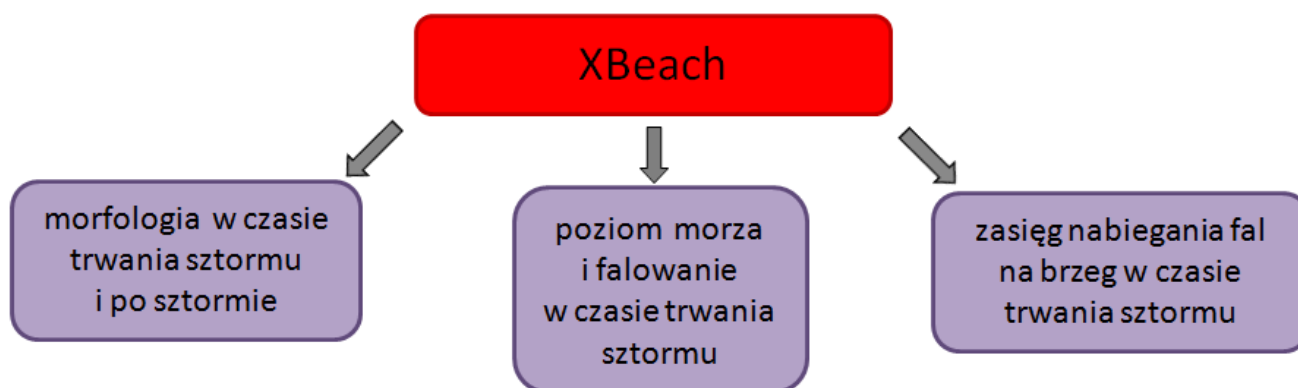
Po każdym sztormie, prognozowane wyniki modelu są porównywane z danymi rzeczywistym zabranymi w trakcie pomiarów terenowych. Przykład takiego porównania przedstawia poniższy rysunek, na którym profil przed symulacją zaznaczony jest czarną linią, a profil po symulacji – czerwoną. Ponadto czarną linią przerywaną oznaczono rzeczywisty profil po sztormie pomierzony za pomocą lotniczego skanera laserowego (Lidar), natomiast linią fioletową - rzeczywisty profil plaży po sztormie, zmierzony za pomocą GPS RTK.



Porównanie wyników symulacji z pomiarami wykonanymi po sztormie.

Wyniki, które można uzyskać z morfologicznego modelu XBeach, charakteryzują się dużą różnorodnością. Do najważniejszych z nich zalicza się: zmienną w czasie morfologię profilu, zmienne w czasie warunki hydrologiczne, w tym nabieganie fal podczas sztormu, które bezpośrednio używane jest jako Wskaźnik w Systemie Wczesnego Ostrzegania.

### Dane wyjściowe:

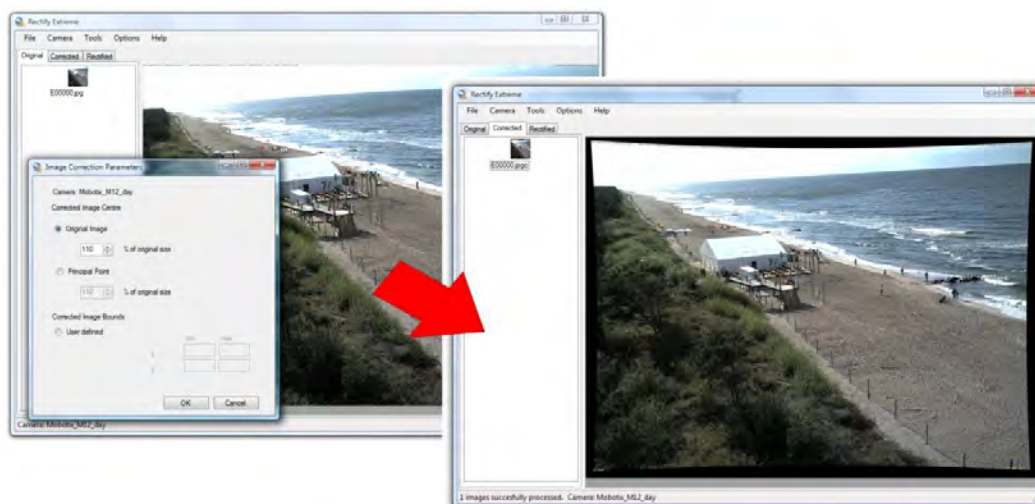




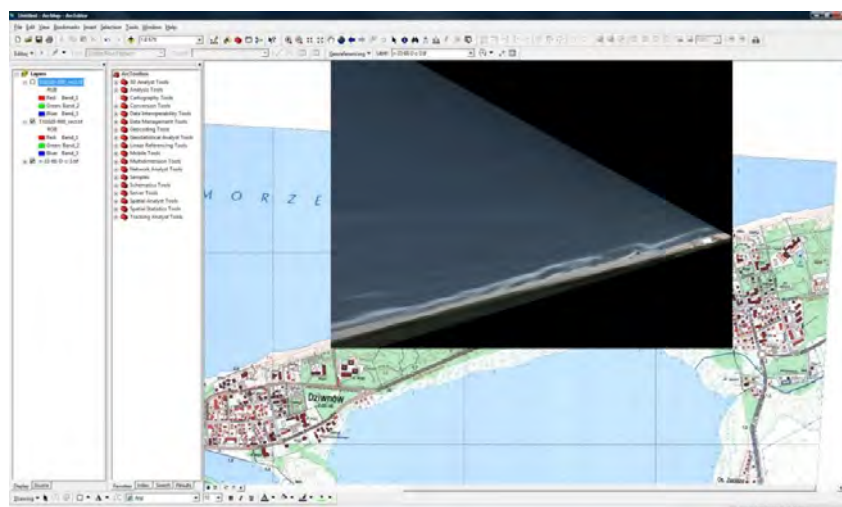
# Rola kamery video w ulepszaniu Systemu Wczesnego Ostrzegania

## Możliwości:

- dozór linii brzegowej na odcinku około 2 kilometrów 24h na dobę, również przy słabych warunkach oświetleniowych,
- magazynowanie obrazów,
- nadanie zdjęciom współrzędnych geograficznych,
- konwersja obrazu z postaci skośnej do pionowej,
- możliwość dokonania szeregu pomiarów na zdjęciach takich jak:
  - szerokość plaży,
  - powierzchnia plaży,
  - zasięg nabiegania fali na brzeg,
  - przemieszczanie się wału brzegowego,
  - wybrane parametry falowania (np. okres, czy długość fali).



Korekcja zniekształceń optyki kamery.



Nadanie obrazom lokalizacji geograficznej i ich rektyfikacja.

## Wykorzystanie:

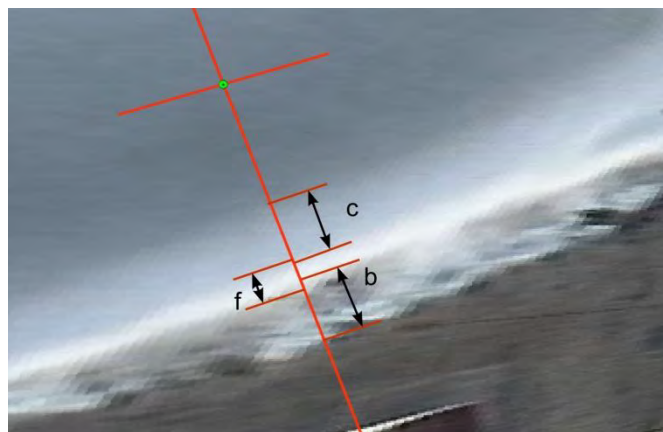
- Weryfikacja danych wejściowych do systemu (falowanie, poziom morza) na podstawie obserwacji video ,
- śledzenie rozwoju zjawiska i porównanie z danymi modelowymi,
- możliwość stałego udoskonalania poprzez kalibrację i weryfikację Systemu Wczesnego Ostrzegania.



Kamera Mobotix M12



Obraz z kamery w trakcie nabiegania fal na brzeg.

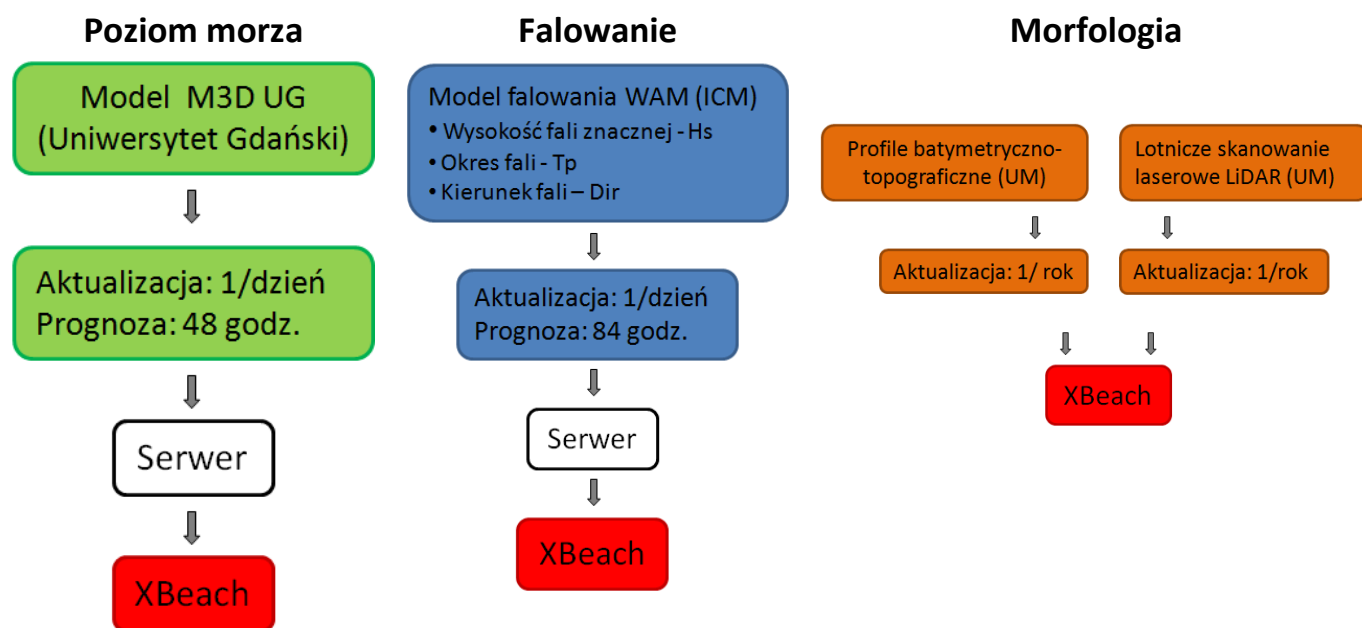


Pomiar parametrów nabiegania fali na brzeg.

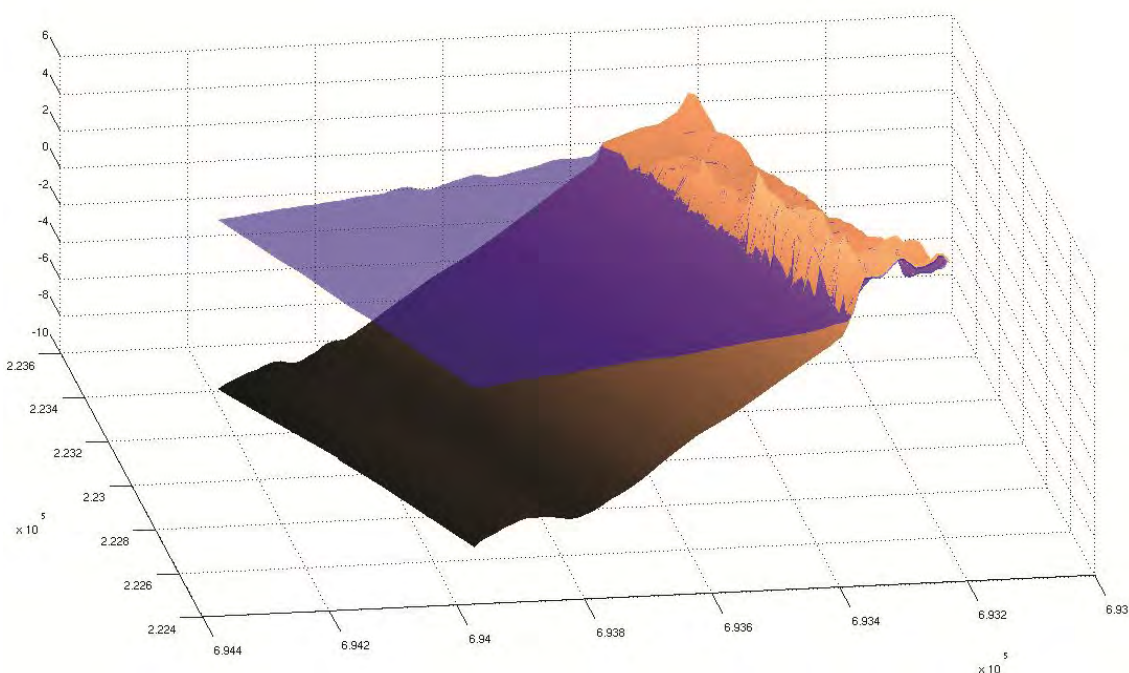
## Model XBeach 2D

Model XBeach może pracować w trybie 1D tj. w profilu jak i również w trybie 2D, czyli w domenie (obszarze). Dane wejściowe w trybie 2D są niemal identyczne jak w 1D jeśli chodzi o hydrologię. Modyfikacji ulegają dane morfologiczne, które powinny stanowić m. in. pomiary lotniczym skanerem laserowym aby uzyskać jak najbardziej rzeczywisty obraz strefy brzegowej, a w szczególności obszary wydmy, które stanowią pierwszą linię defensywną w razie powodzi sztormowej.

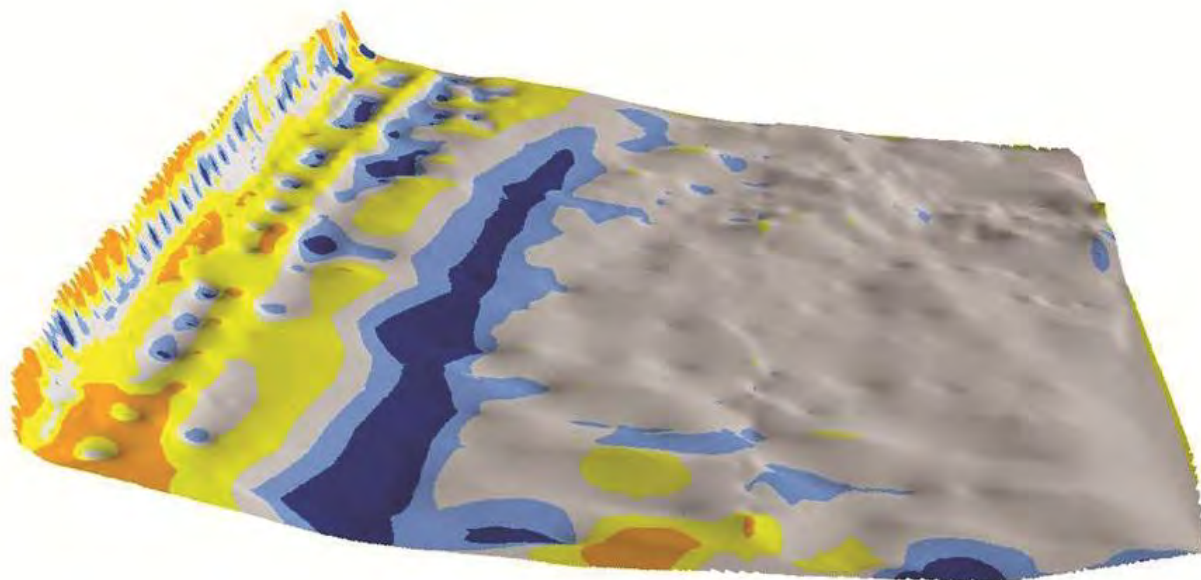
### Dane wejściowe:



### Przykład symulacji 2D:



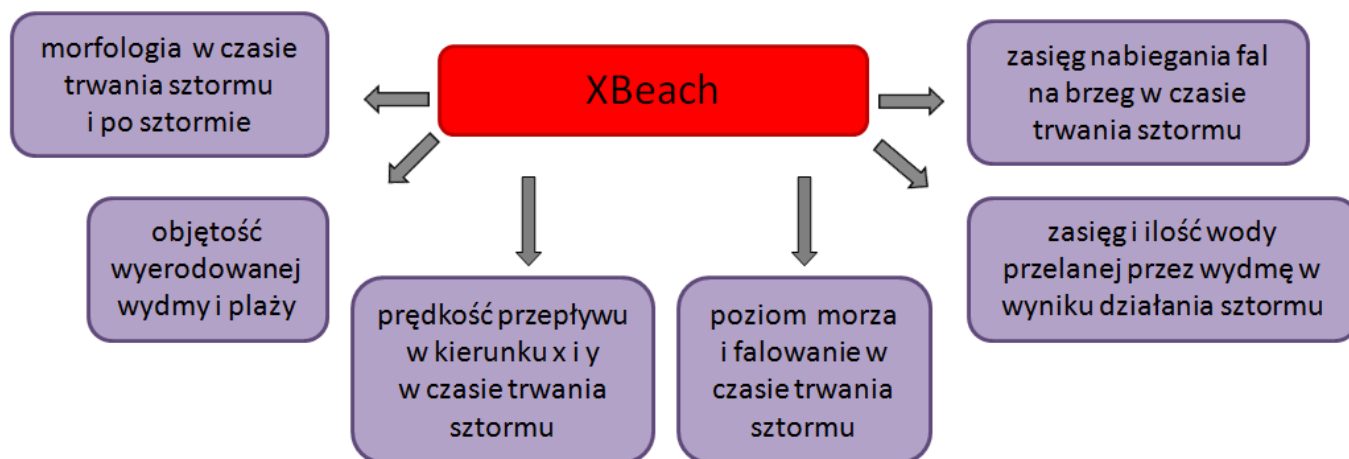
Praca z modelem XBeach w trybie 2D daje o wiele więcej możliwości prognozowania zmian posztormowych brzegu morskiego. Poniżej przedstawiono przykład wizualizacji danych, na którym obszar szary to stan brzegu przed sztormem, natomiast obszary kolorowe obrazują zmiany (erozję lub akumulację) jakie nastąpiły w wyniku oddziaływania sztormu na brzeg morski.



Przykładowa wizualizacja zmian morfologii po sztormie.

Do danych, które odgrywają istotną rolę w modelowaniu 2D, a których nie da się określić w trybie 1D bądź ich określenie nie jest precyzyjne należą m.in. : objętość wyerodowanej wydmy, prędkości przepływów oraz zasięg i ilość wody przelanej przez wydmę.

### Dane wyjściowe:





# Mapa zagrożenia





Miejsce na notatki

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.



**micore**

Morphological Impacts  
and COastal Risks induced  
by Extreme storm events



[www.micore.eu](http://www.micore.eu)

Opracowali:

dr hab. Kazimierz Furmańczyk, prof. US

dr Joanna Dudzińska-Nowak

mgr Paweł Andrzejewski

mgr Natalia Brzezowska

mgr Łukasz Cieszyński

mgr Tomasz Zawionka

mgr Andrzej Giza

mgr Paweł Terefenko

mgr Rafał Benedyczak

**KONTAKT:**

**Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej**  
**Uniwersytet Szczeciński, Instytut Nauk o Morzu**  
**ul. A. Mickiewicza 18, 70-383 Szczecin**  
**[www.ztikm.univ.szczecin.pl](http://www.ztikm.univ.szczecin.pl)**