



Wprowadzenie teoretyczne

Zajęcia w Akwariu Gdynskim MIR - wprowadzenie

Geologia i geografia Morza Bałtyckiego

Morze Bałtyckie jest jednym z najmłodszych mórz Oceanu Atlantyckiego – liczy tylko ok. 12 tys. lat. Powstało w wyniku zalania wodą wielkiego zagłębienia terenu, które pozostało po lądolodzie skandynawskim. W swoim rozwoju przechodziło kilka etapów, m.in. traciło kontakt z wodami oceanu i stawało się jeziorem. Obecnie jest to płytkie morze szelfowe wewnątrzkontynentalne czyli leżące wewnątrz jednego kontynentu. Znajduje się w północnej Europie, w północnej strefie klimatu umiarkowanego. Morze Bałtyckie jest akwenem śródlądowym, połączonym z Morzem Północnym trzema wąskimi **Cieśninami Duńskimi: Sundem, Wielkim Bełtem i Małym Bełtem**. Bardzo ograniczona wymiana wód w dużym stopniu kształtuje specyficzne warunki panujące w tym morzu. Cieśnina Sund i próg podwodny na głębokości 18 – 20 m stanowią zachodnią granicę największego akwenu, jaki możemy w Bałtyku wyodrębnić, czyli **Bałtyku Właściwego**. Po drugiej stronie **Morza Bełtów** znajduje się **Kattegat** – szeroka cieśnina, również zaliczana do Morza Bałtyckiego. Od północy **Wyspy Alandzkie** stanowią naturalną granicę z częścią nazywaną **Morzem Botnickim**, która zwęża się w wysuniętą najdalej na północ **Zatokę Botnicką**. Na wschodzie akwenu wyraźnie rysują się także **Zatoka Fińska** i **Zatoka Ryska**. Powierzchnia Bałtyku to wynosi ok. **415 266 km²**, a powierzchnia jego zlewni to 1 721 233 km², co oznacza, że powierzchnia zlewni jest 4 razy większa od samego akwenu. Południkowo długość morza wynosi 1 300 km, a jego rozciągłość równoleżnikowa mierzona przez Zatokę Fińską, a więc w najszerszym miejscu to 600 km. W najwęższym miejscu natomiast Bałtyk mierzy jedynie 100 km. Linia brzegowa Morza Bałtyckiego, mierząca 8 100 km, jest bardzo urozmaicona. Na polskim wybrzeżu najczęściej spotykanymi formami ukształtowania brzegu są **piaszczyste plaże**, półwyspy, zatoki i, rzadsze, **wybrzeża wysokie, klifowe**. W północnej części morza występują natomiast kamieniste plaże i piękne **wybrzeża szkiełkowe**, czyli małe wysepki powstałe w wyniku zalania pagórkowatej rzeźby polodowcowej.

Batymetria Bałtyku – charakterystyka dna morskiego

Średnia głębokość Bałtyku to jedynie **52 m**, co więcej średnia głębokość żadnej z jego części nie przekracza 70 m, jest to więc morze bardzo płytkie. Tym bardziej warto wspomnieć o jego najgłębszych punktach: **Głębia Landsort - 459 m, Głębia Alandzka – 405 m, Głębia Botnicka – 294 m, Głębia Gotlandzka – 250 m, Głębia Gdańska – 118 m, Głębia Bornholmska – 105 m, Głębia Arkońska – 53 m**.

Największe wyspy na Morzu Bałtyckim

Lp.	WYSPA	Powierzchnia [km ²]	Ludność [tys.]	Przynależność państwowa
1	Zelandia	7031	2 115,3	Dania
2	Gotlandia	3140	57,4	Szwecja
3	Fionia	2984	447,1	Dania
4	Sarema	2673	40,3	Estonia
5	Olandia	1342	23,0	Szwecja
6	Lolland	1243	66,7	Dania
7	Hiuma	965	10,0	Estonia
8	Rugia	935	73,0	Niemcy
9	Aland	685	24,5	Finlandia
10	Bornholm	588	44,1	Dania
11	Falster	514	47,0	Dania
12	Uznam	(373/72) 445	31,5/36,0	Niemcy/Polska
13	Als	312	50,0	Dania
14	Langeland	285	15,0	Dania
15	Wolin	265	17,0	Polska

Największe półwyspy Morza Bałtyckiego

Lp.	PÓŁWYSEP	Długość [km]	Przynależność państwowa
1	Mierzeja Kurońska	(49/49) 98	Rosja/Litwa
2	Mierzeja Wiśłana	(34/26) 60	Polska/Rosja
3	Fischland-Darß-Zingst	45	Niemcy
4	Mierzeja Helska	35	Polska
5	Hanko	30	Finlandia
6	Cypel Grenen	30	Dania

Poziom wód Bałtyku jest wyższy niż w Morzu Północnym czy Oceanie Atlantydzkim o ok. **30 cm**, co jest efektem dodatniego bilansu wodnego. Poziom morza od XIX wieku podniósł się o ponad 20 cm i stale rośnie o 3-4 mm rocznie, szybciej w części południowej i nieco wolniej w północnej. Większe sztormy powodują lokalne spiętrzenia ponad 1 m powyżej średniego poziomu morza, choć zdarzają się sztormy z ponad 2-metrowym spiętrzeniem sztormowym.

Zasolenie i temperatura Bałtyku

Wody w Bałtyku tworzą trzy wyraźne warstwy. Pierwsza to powierzchniowa warstwa o niskim zasoleniu (średnio ok. 7 PSU), dobrze natleniona i wymieszana, gdzie temperatura w zależności od pory roku waha się od 0°C do 20°C. Druga to warstwa głębinowa o dużym zasoleniu od 12 do 22 PSU i stałej temperaturze 4–6°C. Pomiędzy nimi istnieje trzecia warstwa – przejściowa, tzw. **haloklina** (40–80 m głębokości), charakteryzująca się tym, że następuje w niej gwałtowny wzrost zasolenia.

Bałtyk należy do mórz chłodnych. W zależności od szerokości geograficznej i zasolenia temperatura wody waha się od 0°C do 18°C (zimą w bardziej zasolonych obszarach może zejść nieco poniżej 0°C, a latem w zatokach może osiągać do 22°C). Każdej zimy znaczna część akwenu zamarza, a wody Zatoki Botnickiej i Zatoki Fińskiej bywają skute lodem nawet przez okres dłuższy niż 6 miesięcy.

Prądy morskie, fale i pływy

Na Morzu Bałtyckim występują lokalne prądy morskie. W Zatoce Botnickiej na powierzchni powstaje **prąd wody słodkiej**, który kieruje się w stronę Cieśnin Duńskich. Natomiast w strefie przydennej, w kierunku przeciwnym przemieszcza się **prąd wody słonej** powstający w Morzu Północnym. Wzdłuż polskich wybrzeży rozpoznano słabe prądy wywołane wiatrami zachodnimi, tzw. **dryfy (dryfty)**. Fale na Bałtyku są na ogół krótkie i strome. Typowa wysokość fali wynosi 3–5 m, ale w czasie bardzo silnych sztormów może przekroczyć nawet 10 m. Dnia 23.12.2004 roku w czasie sztormu w rejonie północnego Bałtyku zarejestrowano pojedynczą falę o wysokości prawie 14 m. Sztormy na Bałtyku są niebezpieczne dla żeglugi statków. Podczas sztormu zatonięły m.in. trzy duże promy: 14 stycznia 1993 roku polski Jan Heweliusz, 28 września 1994 roku estoński Estonia, a 1 listopada 2006 roku szwedzki Finnbrich. Fale potrafią też niszczyć brzegi morza. Przez ostatnie stulecia spowodowały one m.in. cofnięcie się polskiego wybrzeża miejscami nawet o kilka kilometrów. Na Bałtyku nie ma dobrych warunków do występowania pływów morskich – brak głębokich zatok. Największe amplitudy pływów notowane są w Zatoce Fińskiej i wynoszą nie więcej niż 0,5 m. W Zatoce Gdańskiej jest to zaledwie kilka centymetrów. Przyczynia się do tego również zanikanie fali pływowej z Morza Północnego w płytkich Cieśninach Duńskich.

Bioróżnorodność Bałtyku

Z powodu małego zasolenia i małej przejrzystości wód w Bałtyku nie ma zbyt wielu gatunków organizmów morskich. Często można spotkać glony (zielenice i brunatnice), rzadziej rośliny kwiatowe (np. rdestnicę, trawę morską i wywłócznika). Wśród zwierząt dominują ryby, np. śledzie, dorsze, szproty, flądry, makrele, płastugi, łososie, węgorze. Sporadycznie występują duże ssaki morskie – morświny oraz foki (szare, pospolite i obrączkowane). Z ptaków najczęściej pojawiają się tutaj rybitwy, mewy śmieszki i łabędzie nieme. Są też meduzy, pierścienice, drobne małże i skorupiaki oraz inne małe organizmy zaliczane do zooplanktonu.

Zanieczyszczenia w Bałtyku

Wody Bałtyku są zanieczyszczane głównie w strefie przybrzeżnej. Na wybrzeżu rozwinęły się miasta, porty i zakłady przemysłowe, z których ścieki często odprowadza się bezpośrednio do morza. Wielu zanieczyszczeń dostarczą też uchodzące do Bałtyku rzeki. Dotyczy to zwłaszcza rzek płynących z gęściej zaludnionego południa i wschodu – Wisły, Odry, Niemna, Dźwiny, Newy. Niosą one ze sobą m.in. ścieki komunalne i przemysłowe, a także wypłukane z pól nawozy sztuczne i pestycydy (chemiczne środki ochrony roślin). Bałtyk, ze względu na swoje położenie i pół zamknięty akwen, otoczony obszarami rolniczymi odbiera duże ilości **związków azotu i fosforu** z nawozów, które spływają rzekami. Nagromadzenie tych pierwiastków powoduje intensywny wzrost biomasy fitoplanktonu. Nadmiar wszystkich tych substancji powoduje **eutrofizację wód Bałtyku**, czyli jej przeżyźnienie. Nieskonsumowany fitoplankton po obumarciu opada na dno, gdzie w trakcie jego rozkładu zużywany jest tlen, co powoduje powstawanie **stref beztlenowych**. Prowadzone od lat międzynarodowe działania w zakresie oczyszczania wód i nowoczesne metody rolnictwa zmniejszyły ilość związków azotu i fosforu trafiających do Bałtyku. Niestety, nagromadzone w osadach dna bałtyckiego zapasy fosforu w warunkach beztlenowych uwalniane są ponownie do toni wodnej. Według badań nadmierne ilości fosforu będą aktywne jeszcze przez kilkadziesiąt lat, powodując ustawiczny rozwój glonów. Często, zwłaszcza latem, słyszy się o tzw. **zakwitaniu wód Bałtyku** – to właśnie skutek eutrofizacji. Szczególnie szkodliwe są zakwity sinic (cyjanobakterii) wydzielających niebezpieczne cyjanotoksyny.

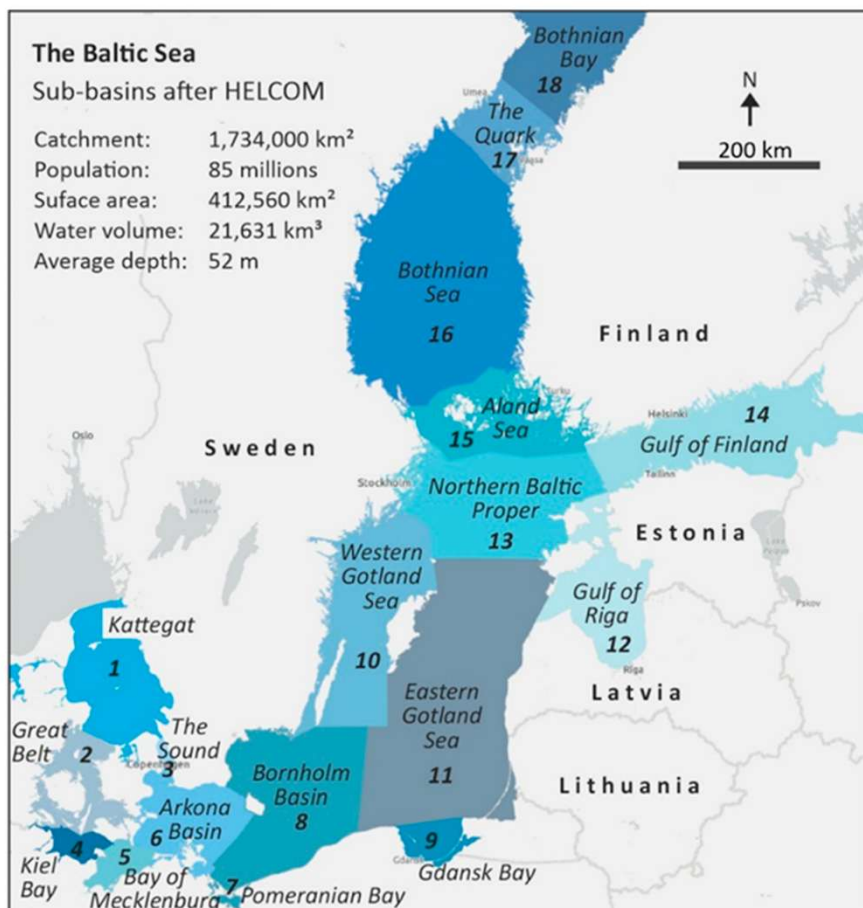
Na pełnym morzu nieczystości, odpady i **substancje ropopochodne** bywają zrzucane przez statki wprost do wody. Zdarzają się również ich awarie, co skutkuje wyciekami paliwa lub innych płynów. Zagrożeniem dla wód Bałtyku są też liczne wraki oraz inne pozostałości po II wojnie światowej (amunicja, chemikalia), które wciąż zalegają na dnie morza. Ponadto, tak jak wszędzie, wraz z wiatrami przenoszone są zanieczyszczenia powietrza, które mogą osiadać na morzu. Monitoring zanieczyszczeń i zagrożeń w Morzu Bałtyckim prowadzi na szeroką skalę Bałtycka Komisja Ochrony Środowiska Morskiego (HELCOM – Baltic Marine Environment Protection Commission).



Rys. 1. Mapa Morza Bałtyckiego przedstawiająca baseny, zlewnię, główne rzeki, miasta i kraje. Różnice w głębokości wody zaznaczono różnymi odcieniami niebieskiego (J.H. Andersen, 2012)

Największe rzeki wpływające do Bałtyku

Lp.	Nazwa rzeki	Przepływ
1.	Newa	82,0 km ³ / rok
2.	Wisła	30,0 km ³ / rok
3.	Dźwina	21,7 km ³ / rok
4.	Niemen	21,3 km ³ / rok
5.	Kemijoki	18,3 km ³ / rok
6.	Odra	17,0 km ³ / rok
7.	Lule	16,2 km ³ / rok



Rys. 2. Morze Bałtyckie i jego podział na oficjalne obszary morskie (baseny) zgodnie z klasyfikacją HELCOM (Komisja Helsińska), a także podstawowe dane dotyczące Morza Bałtyckiego według HELCOM. Liczby wskazują jedynie numerację basenów.

Typy wybrzeży:

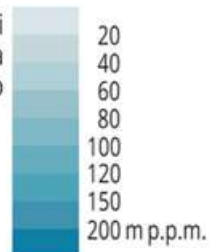
- zalewowo-mierzejowe
- klifowe
- fiordowo-szkierowe
- szkierowe
- fiordowe

MORZE BAŁTYCKIE i jego zlewisko

Cyfrowe oznaczenia mierzei:

- | | |
|---------------------------|------------|
| 1 – Kurońska | 4 – Helska |
| 2 – Wiśłana | 5 – Hanko |
| 3 – Fischland-Darß-Zingst | 6 – Grenen |

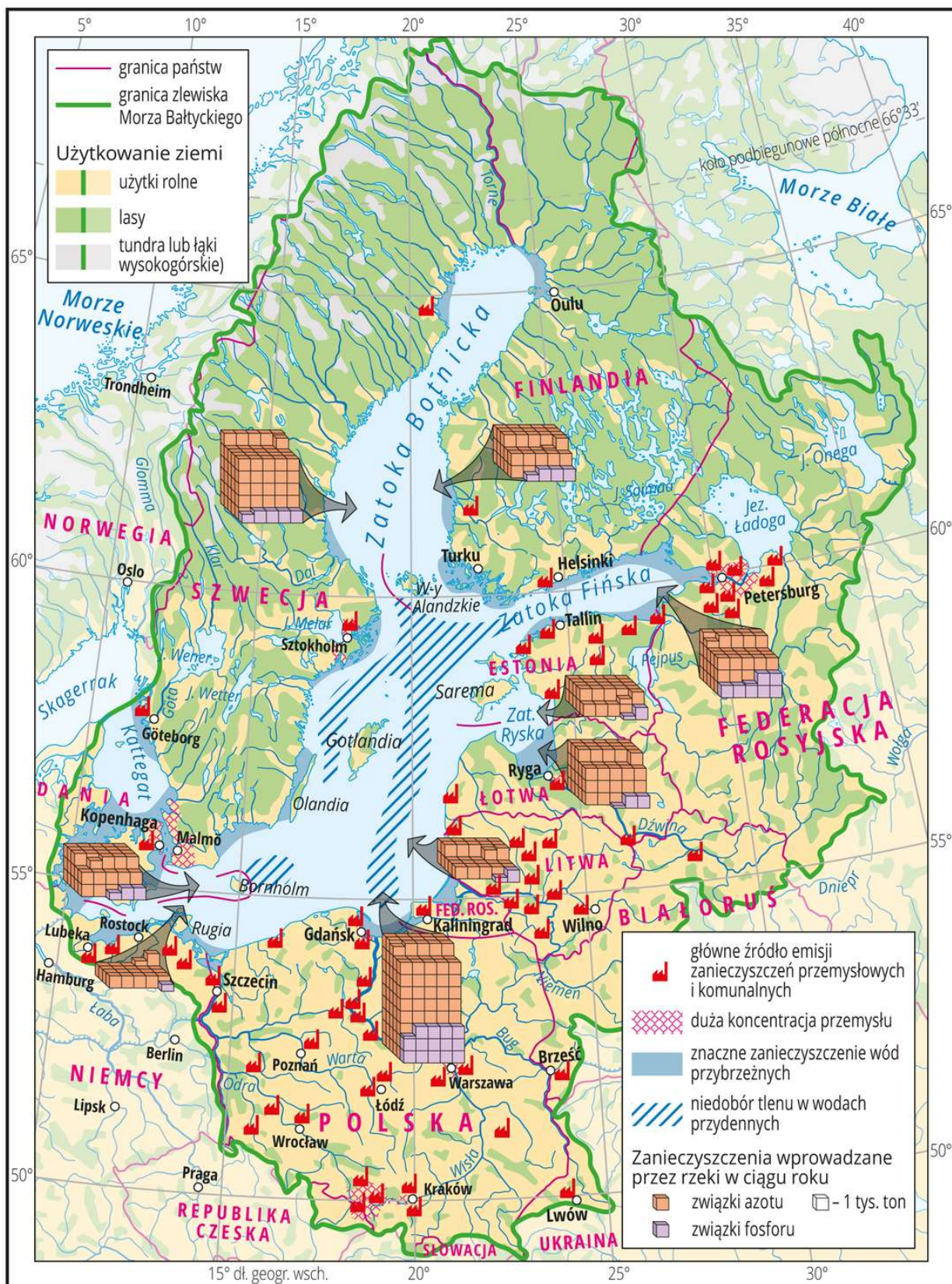
Głębokości
Morza
Bałtyckiego



MORZE BAŁTYCKIE I JEGO ZLEWISKO

zanieczyszczenie środowiska

0 200 km



Źródło: Wydawnictwo Edukacyjne Wiking, licencja: CC BY 3.0.

ZAJĘCIA W SALI BAŁTYCKIEJ przy makiecie dna Bałtyku

1. Wskaż na mapie zatoki i cieśniny Morza Bałtyckiego.
2. Wskaż na mapie najczęściej używane szlaki morskie Bałtyku.
3. Jaka jest średnia głębokość Bałtyku w porównaniu z głębokością innych mórz i oceanów? Jaka jest głębokość największych zatok Bałtyckich?
4. Podaj lokalizację i głębokość przynajmniej czterech głębi Bałtyku.
5. Jakie kraje wchodzi w obszar zlewni Bałtyku? Wymień i wskaż największe rzeki uchodzące do Bałtyku.
6. Jaki jest bilans wodny Bałtyku?
7. Na czym polega mechanizm wlewów do Morza Bałtyckiego? Jakie są rodzaje wlewów? Czym się charakteryzują? Jak często dochodzi do takich wlewów?
8. Jakie typy fal możemy zaobserwować na Bałtyku? Jaka jest średnia wysokość fali bałtyckiej?
9. Jak wyznaczamy kierunek wiatru? Podaj metody lokalnego i globalnego pomiaru kierunku i siły wiatru. Jak stałe wiatry wieją na Morzu Bałtyckim?
10. Jaka jest częstotliwość sztormów na Bałtyku? W jakich miesiącach występują częściej? Jaką wysokość może osiągać fala podczas sztormu?
11. Kiedy i w jakich obszarach pojawia się lód na Bałtyku? Jak się to zmieniało na przestrzeni kilku ostatnich stuleci?
12. Jakie służby monitorują stan Morza Bałtyckiego pod względem meteorologicznym i ekologicznym?
13. Gdzie można znaleźć prognozy meteorologiczne dla Bałtyku? Gdzie można znaleźć dane hydrologiczne dotyczące Morza Bałtyckiego?
14. Jakie są główne zanieczyszczenia Bałtyku i skąd pochodzą?
15. Jakie parametry hydrologiczne, meteorologiczne i ekologiczne są obecnie monitorowane zdalnie (z wykorzystaniem technik satelitarnych) w obszarze Morza Bałtyckiego?

Plan aktywności

Część A. Geografia hydrologiczna Bałtyku

1. Wskazujemy zatoki i cieśniny Bałtyku.
2. Wskazujemy najgłębsze obszary Bałtyku.
3. Identyfikujemy ujścia największych rzek do Bałtyku.
4. Wskazujemy obszar zlewni Bałtyku oraz identyfikujemy zanieczyszczenia, które pochodzą z różnych regionów.

Część B. Dynamika Morza Bałtyckiego

1. Wyjaśniamy mechanizm wlewów do Morza Bałtyckiego.
2. Określamy typy fal na Bałtyku i typową wysokość fali znacznej w różnych jego obszarach.
3. Opisujemy sposób rozprzestrzeniania się sztormów na Bałtyku.
4. Wskazujemy kierunki stałych wiatrów na Bałtyku.
5. Wskazujemy prądy Bałtyckie.
6. Wskazujemy obszary zlodzenia Bałtyku dawniej i dziś.

Część C. Odczyt danych i pomiary z wykorzystaniem aplikacji

1. SatBałtyk – szybkość i kierunek wiatru, zlodzenie
2. HELCOM – wskaźniki zanieczyszczeń i zagrożeń, ruch morski
3. Marine Copernicus Service

Część D. Bioróżnorodność Bałtyku – zajęcia prowadzone przez edukatora MIR

CHARAKTERYSTYKA HYDROLOGICZNA BAŁTYKU

Każdy student wykonuje notatkę z zajęć w Akwarium Gdyńskim zgodnie z wzorem sprawozdania **w wersji elektronicznej**. Sprawozdanie należy przesłać na adres e-mail podany przez prowadzącego zajęcia.

Sprawozdanie powinno zawierać:

1. Wstęp teoretyczny dotyczący Morza Bałtyckiego (kilka zdań).
2. Mapę batymetryczną Bałtyku z zaznaczonymi głębiami, z krótkim komentarzem.
3. Mapę Bałtyku z dnia zajęć* z zaznaczonymi akwenami Bałtyku (z systemu Satbałtyk) z **jedną wybraną** charakterystyką (każdy student inną) oraz krótkim komentarzem:
 - a. Temperatura powierzchni morza
 - b. Zasolenie powierzchniowe
 - c. Szybkość i kierunek wiatru
 - d. Prądy morskie na powierzchni
 - e. Poziom morza
 - f. Wysokość fali znacznej i średni kierunek (z modelu BaltWave)
 - g. Powierzchniowa koncentracja tlenu
 - h. Koncentracja tlenu na głębokości 30 m
 - i. Stężenie chlorofilu-a na powierzchni morza
 - j. Stężenie fosforanów
 - k. Stężenie azotanów
 - l. Głębokość strefy eufotycznej
 - m. Biomasa sinic
 - n. Biomasa fitoplanktonu
 - o. Bilans promieniowania na powierzchni morza
 - p. Dobowa doza PAR
 - q. Strumień energii PUR

*Jeśli mapa z dnia zajęć nie jest dostępna, proszę wyszukać dostępne dane dla innego najbliższego dnia.

4. Mapę z systemu HELCOM Map and data service (<https://maps.helcom.fi/website/mapservice/>) z **jednym wybranym** wskaźnikiem (każdy student innym) zanieczyszczenia lub zagrożenia Morza Bałtyckiego, przykładowo:

State of the Baltic Sea 2016-2021 assessment

- a. Eutrophication – nutrient status
- b. Chlorophyll-a
- c. Dissolved inorganic nitrogen
- d. Dissolved inorganic phosphorus
- e. Oxygen debt
- f. Total nitrogen
- g. Total phosphorus
- h. Water clarity
- i. Integrated contamination status
- j. Beach litter
- k. Metals - cadmium
- l. Metals - copper

- m. Metals – mercury
- n. Polyaromatic carbons PAHs
- o. Radioactive substances: Cesium-137
- p. Oils spill assessment
- Human activities
- q. Dredging and disposal sites
- r. Fishing intensity
- Pressures
- s. HELCOM pollution hotspots
- t. Chemical warfare materials
- u. Hazardous wrecks
- Shipping
- v. Detected oil spills
- w. Traffic intensity

Mapę należy opatrzyć krótkim komentarzem dotyczącym wybranego wskaźnika.

5. Podsumowanie zawierające notatkę z kluczowymi informacjami z części prowadzonej przez edukatora Akwarium Gdyńskiego MIR.

Oceniane będzie wykonanie i opis map oraz własne komentarze.